

DESATIVAÇÃO DE MINA

CONCEITOS, PLANEJAMENTO E CUSTOS

José Baptista de Oliveira Júnior



DESATIVACÃO DE MINA

CONCEITOS, PLANEJAMENTO E CUSTOS

Apoio



Diretoria

Presidente

Engº Mec. Marco Antonio Amigo

Vice-Presidente

Engº Civil Edgarde Gonsalves Cerqueira

1ª Secretária

Engª Agron. Giçara Maria Cadidê Duarte

2ª Secretário

Engº Mec. Hani Mohamed Abdel Ghani Hassan

1º Tesoureiro

Arqtº Carlos Ubiratã de Castro Souza

2º Tesoureiro

Engº de Minas José Baptista de Oliveira Júnior



Universidade Federal da Bahia

Reitor

Naomar Monteiro de Almeida Filho

Vice-reitor

Francisco José Gomes Mesquita



Editora da Universidade Federal da Bahia

Diretora

Flávia Mota Garcia Rosa

Conselho Editorial

Angelo Szaniecki Perret Serpa

Carmen Fontes Teixeira

Dante Eustachio Lucchesi Ramacciotti

Fernando da Rocha Peres

Maria Vidal de Negreiros Camargo

Sérgio Coelho Borges Farias

Suplentes

Bouzid Izerrougene

Cleise Furtado Mendes

José Fernandes Silva Andrade

Nancy Elizabeth Odonne

Olival Freire Junior

Sílvia Lúcia Ferreira

José Baptista de Oliveira Júnior

DESATIVAÇÃO DE MINA

CONCEITOS, PLANEJAMENTO E CUSTOS

Salvador
EDUFBA
2006

©2006 by José Baptista de Oliveira Júnior
Direitos para esta edição cedidos à Editora da Universidade Federal
da Bahia. Feito o depósito legal.

Revisão Editorial
Tania de Aragão Bezerra
Magel Castilho de Carvalho

Capa e Projeto Gráfico
Rogério Santos Amaral

Editoração Eletrônica
Rogério Santos Amaral

Fotos da Capa
Cid Moreira, Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) 2001

Biblioteca Central Reitor Macêdo Costa – UFBA

O482 Oliveira Júnior, José Baptista de.
Desativação de mina : conceitos, planejamento e custos / José Baptista de Oliveira Júnior.
- Salvador : EDUFBA, 2006.
112 p. : il.

ISBN 85-232-0382-6

1. Mineração – Desativação de Mina. 2. Fechamento de Mina. 3. Custos de Desativação
I. Título.

CDU – 622
CDD – 622.012.2

EDUFBA
Rua Barão de Geremoabo, s/n – Campus de Ondina
40170-290 Salvador Bahia
Tels (71) 32636160 / 32636164
www.edufba.ufba.br edufba@ufba.br

Malu e Sofia, este livro é para vocês.

Agradecimentos

Os meus sinceros agradecimentos:

Ao CREA-BA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia da Bahia, que subsidiou a publicação deste livro.

Aos colegas: Paulo Gustavo Cavalcante Lins, pelo empenho na transformação da tese de doutorado por mim elaborada em livro; Luiz Aníbal de Oliveira Santos, pelas correções e sugestões na etapa preliminar do processo de redação do livro; Cybèle Celestino Santiago, pelo incentivo, apoio e paciência na correção dos originais deste livro.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
---------------------	----

INTRODUÇÃO	13
-------------------	----

CAPÍTULO I

DESATIVAÇÃO DE MINA

CONCEITOS SOBRE DESATIVAÇÃO DE MINA	19
OBJETIVOS DA DESATIVAÇÃO DE MINA	22
PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA DESATIVAÇÃO	
INADEQUADA DE UMA MINA	23
RAZÕES DA DESATIVAÇÃO	25
FASES DA DESATIVAÇÃO	26
OBJETOS DA DESATIVAÇÃO DE MINA	35
Lavra subterrânea	35
Lavra a céu aberto (cavas)	38
Disposição de estéril e pilhas de minério lixiviado	39
Barragens ou bacias de rejeitos	42
Sistema de gerenciamento e tratamento de água	43
Obras civis e equipamentos	45
Áreas de infra-estrutura	48
ESTRATÉGIAS PARA A DESATIVAÇÃO DE MINA	49
Estratégia preventiva	49
Estratégia proativa	49

CAPÍTULO 2

PLANEJAMENTO DE DESATIVAÇÕES

PLANO DE DESATIVAÇÃO DE UMA MINA	53
OBJETIVOS DE UM PLANO DE DESATIVAÇÃO	55
PLANO DE DESATIVAÇÃO ELABORADO APÓS O FECHAMENTO	
DA MINA	59
Decisão de desativação	60
Caracterização da área	60
Descrição da mina	60
Caracterização da mina	60
Descrição detalhada de todos os passivos ambientais existentes	61

Destinação futura da área a ser recuperada	62
Plano de desmontagem e recuperação ambiental	62
Cronograma físico e financeiro	63
Relatório das atividades a serem desenvolvidas	63
Execução dos trabalhos	63
Monitoramento	63
PLANO DE DESATIVAÇÃO ELABORADO NO INÍCIO	
DO EMPREENDIMENTO MINEIRO	64
Condições atuais do ambiente	67
Alternativas de recuperação e custos	69
Plano de recuperação	70
Cronograma da recuperação	73
Monitoramento	74
Destinação futura da área	77
Consulta pública e autorização governamental	79
Execução do plano e acompanhamento	79
Ensaio comprobatórios	79
Relatório final e documentação	79

CAPÍTULO 3

CUSTOS ASSOCIADOS À DESATIVAÇÃO

CUSTOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	83
CUSTOS DE PROTEÇÃO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL	85
CUSTOS DE RECUPERAÇÃO DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES MINEIRAS	86
Itens de custo para lavra subterrânea	86
Itens de custo para lavra a céu aberto	88
Itens de custo para pilhas de estéril e minério lixiviado	90
Itens de custo para bacias e barragens de rejeitos	92
Itens de custo para equipamentos e obras civis	94
Itens de custo para a infra-estrutura	96
METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS	
DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	98
EXEMPLOS DE APROPRIAÇÃO DE CUSTOS DE RECUPERAÇÃO	
DE ÁREAS DEGRADADAS	101
PREVISÃO DE CUSTOS EM UM PLANO DE DESATIVAÇÃO	104

CONCLUSÕES	109
-------------------	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
-----------------------------------	-----

APRESENTAÇÃO

Desativação de mina é um tema relativamente novo. O autor tomou contato com este tema em 1996, quando da desativação da Mina de Maria Preta, situada no município de Santa Luz, nordeste do Estado da Bahia.

Antigamente, na mineração, a atividade fim era a lavra. Até o início dos anos oitenta do século XX, não havia preocupação com o meio ambiente. Com a conscientização neste sentido, a atividade fim passou a ser, então, a recuperação ambiental, o que trouxe a reboque a preocupação com a desativação de mina.

Por ser um tema novo, nem o órgão responsável pela mineração, o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), nem o responsável pelo meio ambiente, o Centro de Recursos Ambientais (CRA), no caso do Estado da Bahia, estão preparados para oferecer uma ajuda adequada no que se refere à desativação de mina. O autor quis apresentar, neste trabalho, sua visão acerca do assunto, uma visão de caráter acadêmico, mas baseada em sua experiência prática sobre como se pode enfrentar o problema da desativação de mina.

No caso da Mina de Maria Preta, primeira de porte médio a ser desativada no Estado da Bahia, não se tinha noção de como isto deveria ser realizado. Nenhum dos órgãos citados acima tinha roteiros satisfatórios que pudessem ser seguidos pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), antiga proprietária da mina. Fez-se necessário um estudo de um roteiro para a desativação, preparado pela equipe da Vale juntamente com a equipe da empresa Hidráulica e Saneamento S.A. (HISA), da qual o autor participou. Este roteiro, chamado de Plano de Fechamento e Monitoramento Ambiental para Encerramento das Atividades na Unidade Operacional da Fazenda Maria Preta, em

Santa Luz – BA, continha as principais informações que se pensava para a desativação de uma mina paralisada, na qual, quando em atividade, nenhum trabalho de recuperação ambiental havia sido realizado.

Após a finalização deste trabalho, o autor buscou maiores informações sobre o tema, o que culminou na realização de uma tese de doutorado: Desativação de Empreendimentos Mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental. Neste trabalho são abordados assuntos relacionados à desativação, de maneira geral, e o caso da Mina de Maria Preta, juntamente com outras minas do Estado da Bahia.

Este livro procura inocular nos leitores a preocupação com a desativação de um empreendimento mineiro, sugerindo alternativas que podem ser tomadas durante a vida da mina, mitigando o impacto ambiental e econômico por ocasião do seu fechamento.

José Baptista de Oliveira Júnior

INTRODUÇÃO

Quando uma mina de grande porte é instalada em uma pequena cidade, se a empresa, devido à extensa reserva mineral, tem a previsão de atuar na região por muitos anos, então o impacto causado será muito grande. Imagine uma empresa de grande porte chegando a uma região inóspita com reservas medidas para cerca de 100 anos, podendo chegar até mais, a depender da continuidade das atividades de pesquisa e prospecção. Com a contratação de técnicos de outros locais, a procura por moradia aumentará. Será preciso a criação de infra-estrutura para abrigar estes técnicos e, até mesmo, a construção de uma vila operária. Haverá necessidade de contratação de mão-de-obra local não especializada, que deverá ser treinada, gerando um maior incremento no comércio local. Terão que ser feitas melhorias na rede viária local (estradas, ferrovias, hidrovias etc.), dentre outras alterações que a região sofrerá.

Tudo isto sobreviverá enquanto a empresa estiver fortalecida, isto é, durante toda a vida útil da mina. Por outro lado, o que acontecerá quando as reservas chegarem à exaustão? O que ficará para esta comunidade, que teve sua economia virada de cabeça para baixo? Terá condição de voltar novamente ao que era antes da mineração? Ou terá que descobrir novas alternativas? Estas foram desenvolvidas e pensadas ao longo da vida da mina? Ou só se pensou nesta hipótese quando da desativação da mina? O que acontecerá com o meio ambiente, que foi bastante alterado ao longo dos anos?

A partir dos anos setenta do século XX, a proteção ambiental passou a ter mais importância e provocou sérias transformações na indústria mineira e, conseqüentemente, mudança da visão das atividades de mineração, por considerá-la, a partir de então, como uma forma de uso temporário do solo e não como uso final, como era no passado.

Como consequência desta mudança de visão, as empresas do setor mineral começaram a pensar em meio ambiente no início, durante e após o encerramento das atividades mineiras, com atividades dirigidas à revegetação, ao paisagismo, à melhoria do solo e ao desenvolvimento sócio-econômico regional.

Apesar das empresas de mineração começarem a pensar em meio ambiente, em associação às atividades de mineração, no Brasil, somente as grandes empresas se preocupam, algumas de forma bastante limitada, com as questões ambientais durante a vida útil dos seus empreendimentos. A título de exemplo, no Estado da Bahia, o cadastro de contribuintes da Secretaria da Fazenda, em 1994, registra 819 inscrições ativas, das quais 448 estão incluídas na categoria Extração e Tratamento Mineral e as 317 restantes são classificadas como Indústria de Mineração e Não Metálicos (brita, cal, argila e rochas ornamentais). Nos cadastros do CRA existem 72 empresas com algum pedido de licenciamento, relativo aos itens acima especificados, sendo que estas somam cerca de 180 pedidos de 1991 até 1996 com apenas 90 resoluções de aprovação ou indeferimento (CASSA et al, 1996).

Por sua vez, os órgãos ambientais governamentais, dentro do regime de concessão de licenças para preservação dos ambientes, solicitam sempre das empresas planos e programas de controle ambiental e plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD), inclusive fornecendo roteiros para a apresentação destes documentos técnicos. Em nenhum momento fala-se ou têm-se informações acerca de desativação de mina.

Em estudo realizado por Clark, Naito e Clark (2000), apresentado no *Workshop Mine Closure and Sustainable Development*, afirma-se que, apesar de diversas nações da Ásia e América do Sul (dentre as quais o Brasil) terem grandes minas, algumas em poder do Estado, a legislação para fechamento de minas é ampla e superficial e os planos, quando existem, são negociados e incorporados dentro dos planos da mina em particular.

Diante da falta de normas específicas para a desativação de empreendimentos mineiros, estudos sobre este tema são necessários, visando à criação de um modelo de Plano de Desativação de Empreendimentos Mineiros no qual sejam propostas estratégias proativas para a recuperação ambiental das áreas degradadas pela mineração, tendo como finalidade a diminuição de passivos ambientais gerados após a desativação das minas.

O modelo proposto neste texto tem como base a sua implementação juntamente com as fases da mineração, culminando com a descrição das etapas que se seguirão após a decisão de fechamento da mina.

Ressalte-se também a importância dos custos de desativação, que podem ser identificados antes, durante e após a desativação da mina.

CAPÍTULO I

DESATIVAÇÃO DE MINA

CONCEITOS SOBRE DESATIVAÇÃO DE MINA

Para um melhor entendimento deste texto e de toda a pesquisa, devemos definir algumas palavras que se referem à desativação de mina e, freqüentemente, são encontradas nos principais trabalhos consultados sobre o tema. Dentre elas, descomissionamento (“*decommissioning*”), fechamento (“*closure*”), pós-fechamento (“*post-closure*”) e com menos freqüência manutenção (“*care and maintenance*”).

Descomissionamento é uma palavra que vem sendo usada no Brasil como tradução do termo inglês “*decommissioning*”. Nos dicionários brasileiros, este termo existe com o significado de destituir (alguém) de cargo em comissão (FERREIRA, 1999). A definição encontrada em dicionários estrangeiros, que vem da definição usada para usinas nucleares, é a seguinte: “*to stop using a nuclear weapon or reactor and to prepare to take it into pieces*” (LONGMAN, 1995). Em tradução livre, “*parar a utilização de um reator ou arma nuclear e preparar para desmontá-lo*”. Com base nesta tradução que a mineração tomou emprestado, o termo pode ser traduzido como *parada das operações mineiras e o preparo para o desmonte das suas unidades*. Em seguida, algumas definições de outros autores:

Para Luz e Damasceno (1996), “*é o substituto da quarta operação de lavra, a recuperação, abrangendo tudo a que ela se propõe, além de introduzir um novo componente, este já moderno, que é a minimização de efluentes nocivos ao meio ambiente e também um período de transição entre a paralisação e o fechamento*”. Para Mudder e Harvey (1998), “*trata-se de uma atividade intermediária entre a lavra e a recuperação*”. Para Knoll (1998), “*parte importante do processo de fechamento o qual se inicia próximo, ou até a parada da produção de minério e incorpora a remoção de infra-estruturas não usuais, desenvol-*

vimento da forma final do solo e a construção de componentes específicos para o fechamento". Já segundo Vale (2000), *"é um processo que tem início na vizinhança do momento da paralisação da produção e termina com a remoção e/ou adequação da infra-estrutura, obras civis, etc. Seria o período de transição entre a paralisação das atividades e o fechamento da mina"*.

As definições de Knoll (1998) e Vale (2000) parecem mais adequadas. Além do descomissionamento ser considerado por eles como um período de transição, definem também o seu período de atuação. Na realidade, esta etapa cumpre o papel de preparação para a desativação futura.

O termo fechamento (*"closure"*) é definido por alguns autores como se segue: Mudder e Harvey (1998) definem-no como *"ponto do tempo ao qual as revegetações tenham sido completadas, soluções químicas nocivas foram eliminadas; um grau máximo de gerenciamento tenha sido implementado e um programa de monitoramento da superfície final ou de água subterrânea tenham sido iniciados"*.

Knoll (1998) acrescenta que *"o fechamento é um processo de toda a vida da mina que, tipicamente, culmina no abandono do imóvel"*. Para Vale (2000), *"é o processo que acompanha o ciclo de vida da mina e encerra as atividades de descomissionamento e restauração. A liberação da área seria dependente da aprovação dos trabalhos realizados e do nível de gerenciamento passivo que tenha sido implementado versus a necessidade de monitoramento"*. Atualmente, o fechamento é definido como um processo que acompanha todo o ciclo da vida de um empreendimento mineiro, apesar de não ser considerado por todas as empresas, nas quais todas as atividades de extração foram completamente paralisadas e já foram definidas as necessidades de cuidados ativos ou passivos nas áreas que estão sendo ou foram recuperadas.

Os trabalhos de manutenção (*"care and maintenance"*) são os cuidados que se deve ter com algumas áreas da mina desativada que necessitam de monitoramento constante por um determinado período. Este período pode durar de alguns meses até vários anos ou tornar-se perpétuo.

Pós-fechamento (“*post-closure*”) é também um termo usado por alguns autores. Mudder e Harvey (1998) definem-no como “*o ponto do tempo depois do qual nenhum gerenciamento, ou cuidados de manutenção passivos ou ativos, ou monitoramento adicional são necessários ou requeridos*”. Para Vale (2000), “estágio após o qual não são necessários trabalhos de monitoramento e de gestão passiva”.

Assume-se, pois, que pós-fechamento é o estágio no qual todos os cuidados com a manutenção, passiva ou ativa, já não são necessários, sendo a área completamente recuperada, podendo ser entregue a terceiros, sem restrições.

Neste texto, adota-se em lugar do termo genérico “fechamento”, popularmente utilizado, o termo “desativação”. A desativação de mina pode ser definida, pois, da seguinte maneira: é a paralisação da atividade mineira em decorrência de fatores físicos, econômicos, tecnológicos ou ambientais, de caráter parcial ou total, permanente ou temporário, tendo como finalidade principal a redução ou eliminação do passivo ambiental por meio de ações de recuperação desenvolvidas ao longo da vida da mina e após a sua paralisação.

Os fatores físicos (teor e quantidade de minério), econômicos (flutuação do preço do minério no mercado), tecnológicos (modernização de equipamentos e pesquisa) e ambientais (mineração em área urbana), são aqueles referentes às razões que levaram a mina à desativação e são discutidos posteriormente.

Quanto ao caráter, a desativação pode ser parcial, quando se trata do encerramento de uma frente de lavra (cava, pilhas de estéril etc.); total, quando se trata da desativação de toda a mina; permanente, quando não haverá mais retomada nas atividades ali desenvolvidas, e temporária, quando a empresa tem a perspectiva de retomar a produção, por exemplo, quando se trata de problemas de preço do bem mineral no mercado mundial.

O crescente fechamento de minas leva a caracterizar a desativação de mina como uma das fases da mineração, que tem como etapas que a compõem o descomissionamento, o fechamento, os cuidados ativos e passivos (manutenção) e o pós-fechamento.

OBJETIVOS DA DESATIVAÇÃO DE MINA

Os principais objetivos da desativação de uma mina são:

- » Proteger a saúde humana e o meio ambiente mediante a manutenção da sua estabilidade física e química;
- » Possibilitar a reutilização das terras, uma vez que as operações mineiras sejam concluídas.

A manutenção da estabilidade física implica na estabilidade de taludes, para evitar escorregamentos catastróficos; proteção contra a erosão eólica e de água, transporte de particulados e sedimentos a jusante; estabilidade de pilhas de estéril, barragens de rejeitos, taludes de estradas etc.

A manutenção da estabilidade química refere-se à contenção de substâncias químicas contaminantes e evitar que as mesmas sejam introduzidas no meio ambiente. Esta pode ser mantida pelo controle e tratamento das suas fontes de emissão. O controle das fontes de contaminantes nem sempre é possível; com isto, cabe controlar a migração de soluções de lixiviação despejadas no meio ambiente. Isto pode ser feito por encapsulações superficiais e subterrâneas com revestimentos de baixa permeabilidade ou muros de contenção, como ocorre, por exemplo, no caso da drenagem ácida de mina.

O uso adequado da terra que foi submetida à extração mineral pode incluir habitat de fauna silvestre, campos de pastagens, recreação em lagos especialmente desenhados, construção de instalações recreativas, construção de parques industriais etc. Obviamente, pretende-se que os habitantes das localidades próximas participem da definição do uso futuro destas terras e os órgãos ambientais funcionem como agentes reguladores entre os habitantes e as companhias mineiras. Outros objetivos secundários foram identificados por Mudder e Harvey (1998):

- » Minimizar, a longo prazo, a responsabilidade das empresas de mineração com o meio ambiente;
- » Conseguir a aquiescência dos órgãos e autoridades ambientais.

PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA DESATIVAÇÃO INADEQUADA DE UMA MINA

O fechamento inadequado de uma mina é fruto da falta de um Plano de Desativação que tenha sido previsto antes do início da operação ou durante a operação da mina e seja implementado ao longo da sua vida útil.

Dentre as desculpas apresentadas pelos mineradores para o não preparo e implementação de um Plano de Desativação, estão:

- 1** Os órgãos ambientais não os solicitam, apenas pedem planos de recuperação de áreas degradadas;
- 2** A longa vida da operação de uma mina – os mineradores alegam que têm muito tempo para preparara desativação;
- 3** As incertezas com a eventual produção podem tornar impraticável projetar um plano de fechamento com antecedência;
- 4** Possibilidade de que novas tecnologias possam ser desenvolvidas durante a vida útil operacional de uma mina.

Escudadas nestes argumentos, as desativações, quando ocorrem, só são pensadas com pouco tempo de antecedência. Desta maneira, o Plano de Desativação é projetado e implementado em pouco tempo apenas para atender às necessidades dos órgãos ambientais, sem consulta prévia à comunidade.

Nesta altura, as empresas estão descapitalizadas, portanto o plano deve ser o mais barato possível, o tempo de monitoramento menor e, muitas vezes, as desativações são executadas por terceiros, sem uma devida fiscalização e orientação da empresa contratante.

Sendo assim, as soluções são muito simplistas, isto é, não há avaliações de alternativas de recuperação. A manutenção será sempre passiva, e em pouco tempo estarão abandonando a área, sem, contudo, realizar uma recuperação adequada.

Knoll (1998) faz uma avaliação de três minas. Uma mina de diamante (*Diavik Diamond Mine*), no Canadá, na época em fase de implantação, mas com um Plano de Desativação, onde são previstas as atividades a serem desenvolvidas quando da paralisação, e outras duas minas – *Zortman and Landusky*, de ouro, nos Estados Unidos e *Island Copper*, de cobre, também no Canadá –, estas últimas com Planos de Desativação preparados durante a operação, o que trouxe enormes problemas com a comunidade local e os órgãos ambientais quando da sua implementação.

Dentre os problemas acarretados pela falta de Plano de Desativação, destacam-se:

- » Necessidade de recuperação de grandes áreas degradadas, áreas que não foram recuperadas na fase de operação;
- » Os custos de recuperação são mais elevados, devido à duplicidade de operações;
- » As empresas estão descapitalizadas, devido à paralisação, empregam alternativas mais baratas e menos duradouras para a recuperação das áreas mineradas;
- » A perda iminente do emprego pelo mineiro gera estresse, desestímulo, baixa a auto-estima, e, conseqüentemente, o relacionamento familiar torna-se ruim;
- » Não há uma consulta à comunidade, a recuperação é unilateral, isto é, as decisões são tomadas pela empresa, o que gera muitas vezes, insatisfação na comunidade.

Por outro lado, uma desativação organizada pode trazer grandes benefícios não só em termos técnicos, como ambientais e sociais. Noronha e Warhurst (1999) identificam alguns dos principais benefícios da desativação organizada de uma mina:

- 1 Assegura que os componentes ambientais necessários à produção (estoque de água, ar, terra etc.) estejam disponíveis para as operações futuras;
- 2 Fornece um ambiente sadio no qual os mineiros possam trabalhar e viver;

- 3 Reduz a extensão e o dispêndio com a recuperação final;
- 4 Melhora o perfil ambiental e registra a rotina dos trabalhos que servirão para as gerações futuras;
- 5 Reduz tensões e conflitos dentro das comunidades locais por meio de discussão dos trabalhos de recuperação entre a empresa, a comunidade e o órgão ambiental.

RAZÕES DA DESATIVAÇÃO

As principais razões que levam uma mina à desativação são descritas por Sánchez (1998) e reproduzidas a seguir:

“A necessidade de desativação de minas e instalações conexas deriva, portanto, em primeira análise da quantidade finita de recurso mineral existente em cada jazida. Com maior frequência trata-se de uma exaustão econômica e não física das reservas de minério, embora haja algumas notáveis exceções de minas que têm funcionado durante séculos”.

Outros acontecimentos podem causar a desativação precipitada de uma mina em circunstâncias extremas: são os fenômenos da natureza, tais como inundações e secas; acidentes ou incidentes, tais como explosão de gases em minas de carvão subterrâneas e ruptura de barragens de rejeitos (LAWRENCE, 2001).

As principais razões são:

1 Exaustão

- a) O custo do estéril a ser extraído é maior que a venda do minério e; b) O teor do minério é demasiado baixo face aos custos de produção da mina.

2 Obsolência

- A falta de investimento pode se dar por duas razões: a) A modernização das instalações leva à perda de competitividade ante os concorrentes, e; b) A falta de investimento em pesquisa mineral (ativa descoberta), tendo como conseqüências a estagnação das reservas.

3 Mercado

A flutuação de preço dos minérios, principalmente os fixados internacionalmente, como a maioria dos metais. Neste caso, o fechamento pode ser temporário.

4 Impactos ambientais

Fatores de ordem ambientais e relacionados com a comunidade, principalmente em zonas urbanas. Ex: pedreiras.

Alguns recursos minerais remanescentes, freqüentemente, podem ser reclassificados como reservas e minerados posteriormente, dependendo apenas de fatores econômicos e tecnológicos favoráveis.

FASES DA DESATIVAÇÃO

A desativação de uma mina é uma decisão que deve ser tomada depois de estudadas e amadurecidas todas as possibilidades do empreendimento manter-se em funcionamento. Não sendo mais possível o seu funcionamento, terão que ser adotadas algumas medidas que serão descritas adiante, para que as minas desativadas não causem problemas ambientais futuros.

A preocupação com o fechamento da mina deve começar desde o início dos trabalhos de mineração (pesquisa) e dos estudos de viabilidade. Os planos devem ser gestados nesta fase para serem implementados ao dia a dia das operações mineiras, culminando com a recuperação ambiental das áreas mineradas após o seu fechamento. Isto é, do berço ao túmulo.

Sassoon (2000) fortalece a preocupação de pensar-se na desativação da mina no início das operações mineiras quando diz que *“a reabilitação de uma mina deve ser progressiva para que, se possível, a proporção da recuperação seja similar à proporção do avanço dos trabalhos mineiros. Mineração é um uso temporário do solo e deve ser integrada com, ou seguida por outras formas de uso do solo, quando possível”*.

Reis e Barreto (2001) chamam a atenção que “*a desativação de empreendimento mineiro deverá ser encarada como mais uma fase ou etapa de empreendimento mineral. Isto já ocorre em alguns países, particularmente os países do Norte da América e da Europa com tradição mineral. Já nos países da América Latina nem sempre existe esta concepção, que muitas vezes é confundida com uma simples recuperação ambiental da área*”.

É nesta linha de raciocínio que se montou o fluxograma da Figura 1, englobando sucintamente as principais fases da mineração e a desativação de mina, explicando como é possível juntar uma simples recuperação ambiental da área minerada (Fase I) e a desativação de mina propriamente dita (Fase II).

As fases da mineração e desativação estão plenamente interligadas. Entretanto, para finalidade de estudo, são separadas em duas fases de desativação.

A fase I, denominada de **pré-desativação**, é a fase de preparação e início da implementação do Plano de Desativação de mina e desenvolve-se simultaneamente com as operações de mina (lavra e beneficiamento), onde passivos ambientais (cavas, pilhas de estéril, bacias ou barragens de rejeitos etc.) são gerados e medidas de preservação e controle ambientais podem e devem ser adotadas. Estas medidas visam exatamente diminuir o passivo ambiental a ser recuperado quando da desativação da mina. O plano gestado nesta fase sofre aperfeiçoamento durante a vida útil da mina até a sua implementação após a paralisação.

É nesta fase que se desenvolvem pesquisas para a futura desativação da mina, dentre as quais critérios e considerações de projeto, alternativas de fechamento e estimativas de custos, seleção das alternativas de fechamento preferenciais, expectativas do uso futuro das terras, custos e cronogramas.

Tem particular atenção as ferramentas complementares aos planos de desativação e recuperação de áreas degradadas, os sistemas de gestão ambiental desenvolvidos desde o final dos anos oitenta (SÁNCHEZ, 2001).

O sistema de gerenciamento ambiental da Fazenda Brasileiro (antiga mina de ouro da CVRD em Teofilândia – BA, hoje pertencente à Yamana Mineração) promove o controle contínuo e sistemático das unidades da mina, onde são analisados:

- 1 Monitoramento ambiental**
 - » Do ar
Medição da emissão de gases e particulados;
 - » Da água superficial e subterrânea
Medição do pH, odor, turbidez, teor de metais pesados, de cianetos, de arsênio etc;
 - » Do solo
Análise dos locais onde se verificam o carregamento e armazenamento de produtos químicos, além de óleos combustíveis e lubrificantes;
 - » Do clima
Para melhor conhecer e acompanhar as condições meteorológicas e melhor orientar os trabalhos na mina.

- 2 Sistemas de disposição de estéril e rejeitos**
 - » Escolha do local para a disposição
Estudos geotécnicos etc;
 - » Impermeabilização do local por meio de leito de areia com 10 a 15 cm de espessura e mantas de PVC com 0,8 a 1,2 mm, para evitar a percolação de cianeto;
 - » Furos de sonda a jusante das pilhas de minério lixiviado extinto e das bacias ou barragens de rejeitos, para a inspeção de água de sub-superfície. Aliados a estes furos, poços de inspeção são também construídos na área para verificar possíveis vazamentos.

- 3 Neutralização de minério extinto lixiviado e efluentes líquidos**

“Apesar de ocorrer a degradação natural do cianeto, em período de três meses, através da ação de raios

solares (fotodecomposição), acidificação pelo gás carbônico contido na atmosfera, oxidação, diluição e ação biológica (bactérias, algas e fungos)...” (NEGRÃO, 1996), em pilhas de minério lixiviado extinto é necessária a neutralização através da adição de hipoclorito de sódio ou cálcio. Só então estas pilhas podem ser dispostas em outro local. Bacias ou barragens de rejeitos têm esquema especial para a neutralização dos seus efluentes, através da construção de reservatórios de emergência para prevenir o extravasamento de efluentes em períodos de precipitações pluviométricas superiores à média da região. Neste reservatório, os efluentes excedentes são neutralizados com a adição de hipoclorito de sódio ou cálcio.

4 Tratamentos de efluentes oleosos oriundos da lavagem de veículos e equipamentos

São coletados em tambores ou em separadores de água e óleo (SAO), sendo o óleo vendido para ser reciclado.

5 Recuperação de áreas degradadas

Esta recuperação dependerá da vida útil das frentes de lavra e das áreas de disposição de estéril e rejeitos da mina. Por experiência, geralmente nesta primeira fase (Fase I) são recuperadas as pilhas de estéril, de minério lixiviado e as cavas de pequeno porte. As demais áreas serão recuperadas na Fase II, após a desativação da mina.

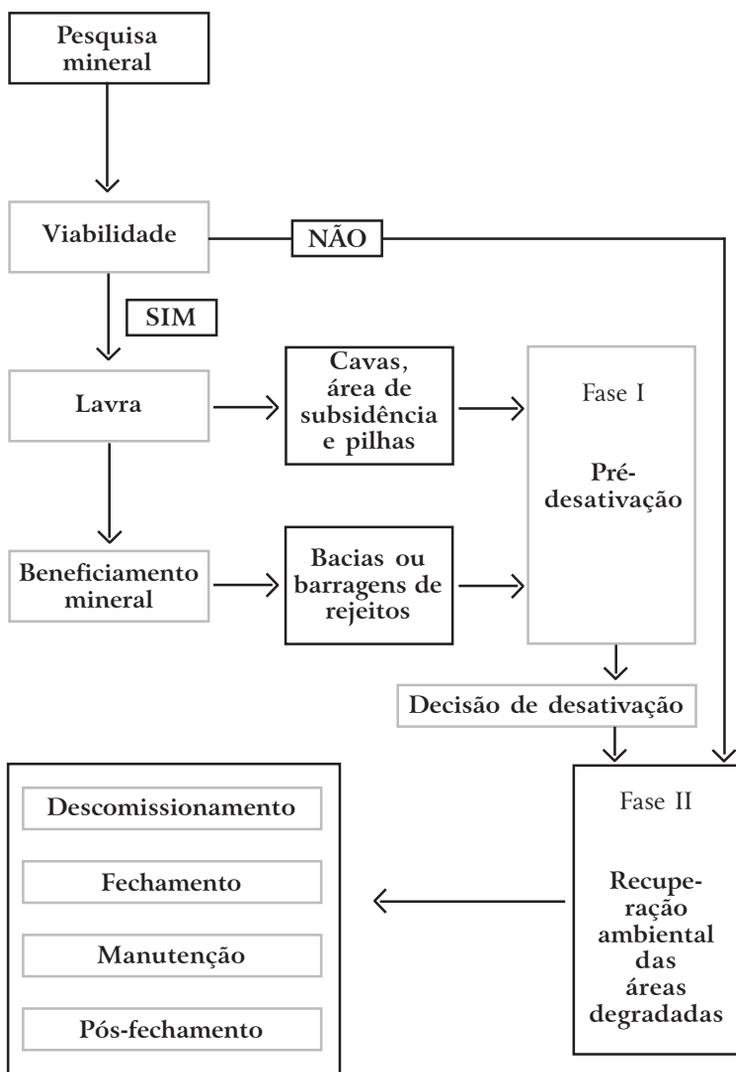


Figura 1. Fluxograma das fases da mineração e desativação de minas

A adoção de medidas para um adequado gerenciamento ambiental de uma mina, citada anteriormente, é condição essencial para garantir o sucesso da desativação.

A Fase II é a de efetiva recuperação ambiental das áreas mineradas remanescentes (que não foram recuperadas na fase anterior) e preparação para o uso futuro da terra; é complementar à primeira e tem início após a decisão de desativação da mina. Esta fase compreende o descomissionamento, o fechamento, a manutenção e o pós-fechamento.

O **descomissionamento** é a fase transitória entre a paralisação completa das atividades mineiras, programadas com antecedência, e o início da implantação de atividades visando uma correta desativação. Dentre as atividades estão a remoção de infra-estruturas, a construção de componentes que facilitem a desativação e o desenvolvimento que vise uma melhor forma de utilização do solo. Todo este trabalho deve seguir um Plano de Desativação previamente definido.

Operações que compõem esta etapa:

- » Suspensão da compra de insumos;
- » Dispensa de parte da mão-de-obra;
- » Paralisação das operações da lavra e beneficiamento;
- » Seleção das áreas que serão monitoradas e por quanto tempo;
- » Paralisação das pilhas de estéril e bacias ou barragens de rejeitos;
- » Paralisação das pilhas de lixiviação;
- » Paralisação das infra-estruturas;
- » Definição de data para a obtenção de licenças e autorizações ambientais.

O **fechamento** incluindo a recuperação é um processo que deve ser pensado durante toda a vida da mina e que tipicamente culmina no abandono do imóvel. Inclui a paralisação da planta de beneficiamento e sua demolição, a demolição das construções civis, a paralisação

das bacias ou barragens de rejeitos, a paralisação das pilhas de estéril e lixiviação, a paralisação de infra-estrutura, a seleção dos equipamentos que devem ser cuidados e mantidos, a venda de equipamentos, a eliminação dos excessos de soluções químicas do beneficiamento, a remoção de materiais contaminados, o fechamento das aberturas (túneis, poços verticais, trincheiras etc.), o gerenciamento dos sistemas de drenagens superficiais e subterrâneas, o isolamento de cursos d'água contaminados, a revegetação e o início dos programas de monitoramento da superfície final e de águas subterrâneas (MUDDER e HARVEY, 1998; McHAINA, 2000) .

Operações que compõem esta etapa:

- » Demolição das estruturas do beneficiamento e aproveitamento dos equipamentos;
- » Demolição ou aproveitamento das obras civis;
- » Venda de equipamentos e bens;
- » Seleção de equipamentos e bens que precisam de manutenção (ativa ou passiva);
- » Seleção dos locais que deverão ser monitorados e a duração do monitoramento;
- » Remoção de materiais contaminados e reagentes não utilizados;
- » Remoção e disposição de derivados de petróleo, produtos químicos, resíduos sólidos, resíduos tóxicos, solos contaminados e materiais diversos;
- » Recuperação da lavra, das pilhas de estéril, das barragens ou bacias de rejeitos;
- » Fechamentos das aberturas subterrâneas;
- » Gerenciamento das águas superficiais de drenagens e das águas subterrâneas e isolamento de cursos d'água contaminados;
- » Complementação da recuperação progressiva.

Manutenção é a fase onde se desenvolve o monitoramento da recuperação, das águas superficiais e subterrâneas, da estabilidade química e física, da qualidade do ar e da estabilidade ambiental e biológica. Os resultados do monitoramento é que vão mostrar se os trabalhos de recuperação encontraram as condições e usos esperados (McHAINA, 2000).

A duração do monitoramento varia de acordo com o empreendimento. Nas minas de urânio da *Rio Algom Limited*, próximas à cidade de Elliot Lake, no Canadá, é previsto para durar de 20 a 100 anos (PAYNE, 2000), enquanto o monitoramento da mina de cobre *Island Copper*, pertencente à *BHP Minerals Canada Ltd.*, em British Columbia, também no Canadá, seria de 5 anos (WELCHMAN e ASPINALL, 2000). A edição de maio 2001 da revista *Mining Environmental Management* publicou, na seção “*Environmine*”, um informe sobre a mina de urânio de Sherwood, pertencente à *Western Nuclear*, situada em uma reserva indígena da tribo Spokane, com vida útil de 16 anos (1968 a 1984), ficando paralisada até 1992, quando começou sua recuperação. Em 2000, foram entregues ao Departamento de Energia dos Estados Unidos a manutenção e o monitoramento perpétuo da planta de beneficiamento. Isto comprova que o monitoramento da mina depende de cada caso.

Operações que compõem esta etapa:

- » Monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, do solo, da qualidade do ar e das condições geotécnicas;
- » Manutenção passiva: monitoramentos ocasionais, manutenções esparsas de estrutura etc;
- » Manutenção ativa: operação e manutenção da planta de tratamento de água, programas de monitoramento para as estabilidades físicas, químicas, biológicas e para a qualidade do meio ambiente;
- » Desenvolvimento operacional de um plano continuado de gerenciamento de estruturas e revisão dos limites de manutenção para longo prazo.

Pós-fechamento (“*post-closure*”) e **novo uso do solo** (“*landuse*”) ocorrem quando os objetivos e o uso final da terra tenham sido atingidos. Isto é, a área recuperada apresenta estabilidade física sem processos erosivos intensos atuando e sem riscos excessivos de movimentação de terrenos, podendo ser utilizada novamente, e estabilidade química (não está sujeita a reações químicas que possam gerar compostos nocivos à saúde humana ou aos ecossistemas, ex: ácidos provenientes de pilhas de estéril contendo sulfetos e cianetos). Além disso, dependendo do uso pós-mineração, adiciona-se o requisito de estabilidade biológica (áreas utilizadas para finalidades de conservação ambiental) (SÁNCHEZ, 1998). Nesta etapa, nenhum monitoramento ou manutenção é exigido.

Chama-se atenção para as estruturas deixadas no local, tais como barragens de água utilizadas nas operações da mina e bacias e barragens de rejeitos. É preciso calcular para elas os períodos de recorrência das chuvas máximas.

Conforme Sánchez (1995), para a determinação dos índices pluviométricos e sua utilização no dimensionamento de obras onde se deve controlar a drenagem, os climatologistas e hidrólogos desenvolveram métodos de cálculo das chuvas máximas prováveis para diversos intervalos de tempo (denominados período de retorno ou período de recorrência).

As principais variáveis nas estimativas das chuvas máximas são a distribuição desigual no espaço e no tempo, que podem causar variações anuais nas chuvas totais em função de fatores locais e a variação significativa das chuvas ao longo do tempo. Isto ocorre de acordo com os meses do ano, variando de região para região.

Sánchez (1995) esclarece que o período de recorrência adotado é função do tipo de obra. Em uma bacia de rejeitos em uma mina de vida útil limitada por chuva decamilenar é razoável utilizar valores de recorrência entre 10 e 100 anos, dependendo do tipo de estrutura, seu porte e dos riscos ambientais a jusante. Já para vertedouros de barragens de rejeitos, o período de recorrência deve ser maior, uma vez que

os acidentes são mais graves. O período de recorrência recomendado para estas estruturas deve estar situado entre 1.000 a 10.000 anos, aliado à integridade das estruturas após a sua desativação.

OBJETOS DA DESATIVAÇÃO DE MINA

São objetos da desativação: áreas de operações de lavra subterrânea e a céu aberto; áreas de disposição de resíduos, pilhas de estéril e capeamento; bacias ou barragens de rejeitos; sistemas de gerenciamento e tratamento de água; planta de beneficiamento e tratamento de minérios; construções e equipamentos e serviços de infra-estrutura. Neste item serão discutidos estes assuntos sob a perspectiva da desativação de mina.

Lavra subterrânea

“Os principais problemas ambientais encontrados quando da desativação de uma escavação subterrânea são as liberações de água contaminadas dentro do regime hidrológico natural, as liberações de gás metano para a atmosfera e a superfície de subsidência” (SASSOON, 2000).

As escavações subterrâneas, por estarem abaixo da linha de água natural, necessitam de bombeamento constante durante a sua operação. Depois de cessada a operação, as suas galerias são inundadas, e ambas as fontes de águas, superficial e subterrânea, podem eventualmente ser descarregadas na superfície. Estas águas, por terem estado em contato com o minério, freqüentemente ácido, podem conter elevados níveis de metais pesados e sólidos em suspensão. O tratamento destas águas pode ser realizado com a adição de cal para diminuir o pH e os sólidos são separados.

O gás metano é comumente encontrado em minas de carvão durante as operações mineiras e é previamente liberado para a atmosfera. Como atualmente esta prática é inaceitável, coletores podem ser instalados nas aberturas da mina e o gás pode ser utilizado na geração de energia.

A lavra subterrânea geralmente requer um complexo sistema de acesso, escavação de alargamentos e galerias de acesso para recuperar o minério, tendo cada uma diferentes níveis de estabilidade. As mais amplas podem ser cheias ou abatidas.

As principais categorias em que estão inseridas as minas subterrâneas são:

- » Abatimento imediato
O abatimento é realizado juntamente com a extração do minério;
- » Abatimento posterior
A extração do minério ocorre sem enchimento posterior e o abatimento ocorre algum tempo após a extração do minério;
- » Alargamento mantido aberto com pilares
Pilares são deixados para a manutenção da estabilidade enquanto o minério é extraído: colapso e abatimento da superfície podem ocorrer no futuro;
- » Enchimento do alargamento
Os alargamentos deixados pela extração do minério são cheios com materiais, os quais podem ser cimentados. Estas técnicas reduzem a o potencial de perturbação na superfície.

O tamanho e a complexidade das escavações subterrâneas, os tipos de operações que tenham sido desenvolvidas e a geometria do corpo de minério, todos contribuem para potenciais impactos de longa duração.

Especial atenção deve ser dada na desativação de minas onde os métodos de lavra empregados utilizam pilares de sustentação. Uma vez cessada a lavra, os pilares serão avaliados para uma sustentação de longa duração. Esta avaliação é necessária para se selecionar a melhor medida a ser aplicada, após o fechamento, que seja compatível com o uso futuro da terra por longos períodos. O uso irrestrito da superfície pode ocorrer em áreas onde existem pilares seguros. Em locais onde os pilares estão instáveis, pode haver a necessidade de desmontá-

los, provocando uma subsidência controlada ou então se enche o vazio para evitar a subsidência.

Em casos que a subsidência é incontrollável, deve-se deixar a superfície do local livre de estradas, cidades, lagos artificiais etc., para em seguida recuperar a área afetada. Caso existam na superfície os itens citados acima, faz-se necessário o enchimento dos vazios subterrâneos com estéril e/ou pasta com cimento.

Os principais componentes que devem ser incluídos no fechamento são: áditos, túneis, poços verticais e inclinados, rampas de acesso à mina, chaminés, alargamentos abertos e pilares de mina etc.

O Quadro 1 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e uso da terra para as escavações subterrâneas.

Quadro 1

Objetivos e medidas de recuperação para lavra subterrânea

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<p>Estabilidade física Aberturas para a superfície (poços, áditos e planos inclinados); Remoção de equipamentos;</p>	Prevenir o acesso à mina;	Fechar ou selar as aberturas para a superfície; Encher poços e chaminés abertos para a superfície; Fazer orifícios para diminuir a pressão de água e gases.
Rompimento da superfície;	Estabilizar a superfície e o subsolo;	Usar métodos que resultem em uma superfície estável; Instalar valetas, cercas, postes de sinalização para áreas inseguras até ocorrer a estabilização natural.
Subsidência; Estabilização de pilares.	Prevenir colapso, inundação e/ou transferência de tensões para minas adjacentes.	Encher as aberturas pela superfície; Reconformar ou desviar as drenagens originais. Fazer suporte permanente de pilares; Assegurar o acesso às minas vizinhas e bombeamento contínuo.
<p>Estabilidade química Drenagem ácida e/ou lixiviação de minerais ou contaminantes;</p>	Melhorar a qualidade das águas superficiais por meio do controle de reações e/ou controle da migração, coleta e tratamento;	Controlar as reações na inundação; Fechar as galerias e furos de perfuração para controlar a migração;
Percolação dos reagentes da concentração no enchimento do subsolo e gás metano.	Prevenir a liberação dos gases.	Coletar e tratar águas contaminadas; Drenar óleos de equipamentos, motores e transformadores etc; Coletar e usar os gases.
<p>Uso futuro da área Produtivo, estético e drenagem.</p>	Recuperar a superfície igual à original ou outra alternativa de uso aceitável;	Encher as áreas abatidas e abertas à superfície, se prático; Reconformar a superfície; Revegetar.
	Restabelecer as drenagens.	

Lavra a céu aberto (cavas)

As cavas na mineração, por sua natureza, apresentam vazios que podem causar danos às pessoas e animais e resultar em descargas de água contaminada, quando escavadas abaixo do nível de água, causando mudanças no padrão do fluxo de água subterrânea e de drenagem superficial. Algumas cavas têm ligações com trabalhos subterrâneos. Após a lavra, muitas cavas são cheias parcial ou totalmente com água.

Os distúrbios causados à superfície podem ser minimizados através de um planejamento na pré-produção que pode incluir considerações sobre a elevação do nível d'água e reconformação apropriada dos taludes acima dele.

A geometria da cava é única e depende do teor do minério, da resistência das rochas, da topografia e do nível do lençol freático. Todas estas características são relevantes e irão ditar a configuração final da cava e o seu uso futuro.

Em cavas de pequeno porte é comum o seu enchimento com rocha estéril. Nas cavas de grande porte, esta recuperação torna-se muito dispendiosa, sendo comum o seu enchimento com água, desde que o mineral exposto não seja o sulfeto, pois este pode causar drenagem ácida.

Em regiões muito áridas e em casos que o minério seja benigno, é comum a permanência da cava, mesmo sem atingir o nível do lençol freático, sem enchimento para servir de depósito de acumulação de água. Fica claro que esta água deve ser monitorada e, se necessário, tratada para consumo humano.

Para assegurar que as cavas não tragam perigo aos usuários do local, as superfícies instáveis deverão ser reconformadas, preferencialmente durante as operações, e deverão facilitar os acessos e saídas da base da cava. As cercas são uma solução de curta duração, a menos que a empresa se responsabilize pela manutenção destas após a sua retirada da área.

O Quadro 2 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e uso da terra para as cavas.

Quadro 2

Objetivos e medidas de recuperação para lavra a céu aberto

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<i>Estabilidade física</i> Segurança;	Restringir o acesso às áreas perigosas;	Instalar valetas no entorno da cava e cercas e postes de sinalização nas cavas, se necessário;
	Prever acesso de emergência para água;	Estabilizar taludes.
	Prevenir rupturas inclinadas nos taludes;	Fornecer acesso para a água;
Ruptura de taludes; Estabilização das bancadas.	Controlar a descarga de sedimentos, se necessário.	Estabilizar com redução do ângulo do talude ou bermas de pé;
<i>Estabilidade química</i> Drenagem ácida e/ou lixiviação de metais.	Regular a qualidade da água (coletar água e instalar drenagens).	Restringir o acesso à cava com valetas/bermas e, se necessário, usar cercas e postes de sinalização; Revegetar ou colocar enrocamento nos taludes.
<i>Uso futuro da área</i> Produtivo e impactos visuais.	Recuperar a superfície igual à original ou outra alternativa de uso aceitável; Restabelecer as drenagens.	Controlar as reações na inundação; Cobrir para controlar as reações e/ou migração; Coletar e tratar; Instalar drenagens.
		Encher a cava com estéril onde for prático e benéfico; Aplainar os taludes; Encher de água; Revegetar os taludes; Recuperar para pesca, vida selvagem etc.

Disposição de estéril e pilhas de minério lixiviados

Com a necessidade de expor as camadas de minério, urge a retirada de materiais não aproveitados economicamente (estéril) ou então de minerais que já foram aproveitados economicamente (minério lixiviado) e precisam ser dispostos em algum lugar. Esta disposição resulta em estéril, freqüentemente disforme e com feições instáveis.

Estes materiais são dispostos em pilhas geralmente localizadas próximas às escavações (cavas), sem dificultar a futura lavra. Em alguns locais, o minério é colocado em pilhas e lixiviado, deixando nestes locais pilhas de minério lixiviado ou de baixo teor para serem recuperadas futuramente.

As pilhas de estéril incluem todos os materiais rochosos escavados, minério de baixo teor que não são processados economicamente e pilhas de minério lixiviado. As pilhas de decapeamento incluem todos os solos e camadas orgânicas escavadas.

A geometria das pilhas de rocha estéril e do capeamento são dependentes primariamente do método de construção e da topografia local. As pilhas podem ser construídas em camadas compactadas, resultando em configurações em camadas planas, ou podem ser descarregadas em ponta de aterro, resultando em um simples e contínuo talude da crista ao pé.

As pilhas, quando dispostas em camadas ascendentes, são mais seguras, uma vez que a inclinação dos taludes é mais suave, geralmente em torno de 26° (3 medidas na horizontal e uma na vertical – 3H:1V), as alturas das camadas são menores, variando de dez a doze metros e entre uma camada e outra existem bermas de segurança. Por outro lado, quando o estéril for disposto em ponta de aterro, as rochas formarão um talude único e o ângulo será o de repouso do material. Este tipo de disposição apresenta grandes alturas de bancada com grandes inclinações. Com isto, apesar da disposição ser mais rápida, as pilhas são mais instáveis.

As pilhas produzem uma grande quantidade de contaminantes, como drenagem ácida de metais pesados, sólidos em suspensão e particulados. No caso da operação de pilhas de minério lixiviado, são produzidos resíduos de processos químicos. Por esta razão, é essencial um planejamento cuidadoso da configuração da pilha de estéril com drenagem adequada, com a superfície em curva de nível ou impermeabilizada para minimizar a penetração da água e a disposição do material na formação de material ácido impermeabilizado pela capacidade de tamponamento do estéril inativo (SASSOON, 2000).

Outro problema é a drenagem ácida, devido ao estéril sulfídrico reativo, quando em contato com o ar e água, oxidar-se, produzindo uma solução ácida que percola através da pilha e dissolve qualquer metal pesado disponível. Esta corrente contaminada, então, flui até a drenagem natural. Para mitigar este problema, podemos isolar o ácido produzido na pilha com material inerte, produzindo material não ácido. Outra maneira é cobrir a pilha com uma camada de argila e compactá-la para prevenir a penetração

de água. Se necessário, qualquer descarga de água da pilha deve ser tratada por uma planta de tratamento ou por um *wetland* (terra úmida).

A recuperação da pilha envolve também medidas para reduzir a erosão superficial de água e particulados, reduzir o impacto visual, controlar a drenagem natural para fora da pilha, reconformar a superfície, suavizar os taludes e colocar o solo visando a revegetação.

O Quadro 3 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e uso da terra para as pilhas de estéril e minério lixiviado.

Quadro 3

Objetivos e medidas de recuperação para pilhas de minério lixiviado, marginal, concentrado e rochas de decapeamento

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<p>Estabilidade física Ruptura de taludes (erosão, drenagem e particulados).</p>	Evitar rupturas e escorregamentos, recalques, deformações e descarga de sedimentos.	<p>Selecionar locais e evitar a baixa resistência da fundação; Construir pilhas em camadas ascendentes; Construir drenagens internas para prevenir o aumento da pressão neutra; Instalar sistema de drenagens de águas pluviais; Cobrir ou colocar valetas para controlar a infiltração de água; Construir bermas de pé para diminuir a inclinação total do talude; Revegetar ou estabelecer enrocamento de proteção.</p>
<p>Estabilidade química Drenagem ácida e/ou lixiviação de metais, reagentes de flotação ou contaminantes.</p>	Melhorar a qualidade das águas superficiais por meio do controle de reações e/ou controle da migração, coleta e tratamento.	<p>Dispor a pilha sob a água para controlar reações; Fazer tratamento prévio com material alcalino para mitigar a drenagem ácida; Cobrir para controlar as reações e/ou migração; Segregar materiais nocivos para a disposição controlada ou construir células de pilha; Regular a qualidade da percolação dos efluentes de mina com o objetivo de cobrir e/ou reter as descargas em lagoas; Controlar e tratar o material contaminante.</p>
<p>Uso futuro da área Produtivo e impactos visuais.</p>	Recuperar a superfície igual à original ou outra alternativa de uso aceitável; Restabelecer as drenagens.	<p>Reconformar a topografia natural; Revegetar com espécies nativas ou outras, se possível.</p>

Barragens ou bacias de rejeitos

Os rejeitos de mineração são resíduos resultantes da extração de todos os minerais econômicos recuperáveis. São materiais com granulometria variando de areia a lamas que geralmente se dispõem com água ou polpa. Depois de processados, os rejeitos são acumulados em áreas construídas com o objetivo de proteger o meio ambiente dos impactos físico-químicos que eles podem causar. Geralmente são dispostos em locais que aproveitam a topografia natural dos terrenos, em uma barragem ou bacia, cujo objetivo é evitar que se espalhem.

As estruturas das barragens para a contenção de rejeitos são freqüentemente construídas com rocha, enchimento de terra ou com os próprios rejeitos que são descarregados em forma de praias ao longo das suas paredes. O excesso de água é decantado e descarregado no ambiente ou reciclado para a planta de beneficiamento. A drenagem é direcionada para fora do reservatório. Os rejeitos contidos no reservatório devem ser projetados para serem estáveis física e quimicamente após a desativação da barragem.

São considerados como bacias de rejeitos os locais onde são dispostos os rejeitos provenientes do beneficiamento, durante a vida útil da mina e após a sua desativação. A água acumulada nestas bacias é evaporada, sendo que, antes desta evaporação, os componentes químicos são neutralizados. Estas, quando em atividade, contêm mantas impermeáveis no seu leito para impedir a percolação do seu conteúdo para o solo e subsolo. No caso de conterem cianeto, proveniente da lixiviação do ouro, estas mantas devem permanecer.

A determinação do local e tipo de confinamento do rejeito, para um determinado projeto, dependem de alguns fatores, os quais incluem:

- » Topografia;
- » Riscos naturais;
- » Volume a ser contido;
- » Hidrografia;
- » Economia.

Os rejeitos, quando drenados, independentemente do tipo de reservatório (bacias ou barragens), têm potencial para produzir grandes quantidades de particulados, os quais podem conter resíduos de metais pesados. A superfície do rejeito deve ser disposta em curvas de nível para controlar a drenagem e minimizar a penetração no solo, em seguida coberta com solo e revegetada. A parede da barragem deve ser reconfigurada para atenuar a erosão e particulados, e reduzir o risco de ruptura. Em seguida, revegetada.

O Quadro 4 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e uso da terra para as bacias ou barragens de rejeitos.

Sistema de gerenciamento e tratamento de água

“A água é um componente que integra todas as operações mineiras. A construção, operação e a desativação de uma mina quase sempre causam mudanças nas águas subterrâneas e de superfície” (SASSOON, 2000).

O gerenciamento de águas aplica técnicas que asseguram que as águas que ocorrem e estão no entorno do sítio sejam controladas para beneficiar as operações de mina e o ambiente ao redor. Isto inclui a estocagem, condução, tratamento da água do processo e doméstica e o desvio do curso, descarga e tratamento do excesso de água. O gerenciamento das instalações na área da mina inclui: barragens, vertedouros, estrutura de captação de água, diques de desvio de água, bueiros, tubulações, casas de bombas para água limpa e para água contaminada, plantas de tratamento de água, bacias de sedimentação e sistemas de desagüamento.

O gerenciamento de águas de uma mina invariavelmente mudará o regime hídrico natural da área. Em alguns casos, terá méritos em retornar o regime de águas da superfície à situação de pré-mineração.

Os problemas associados ao sistema de gerenciamento e tratamento de água incluem a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, descargas sem controle sob eventos de inundação, acesso ilegal, impactos na saúde e segurança do homem, e impactos em animais silvestres e domésticos.

O controle das drenagens naturais e artificiais que circulam na mina visa minimizar a poluição. É necessário prever e gerenciar os impactos das operações de mina até a sua desativação, nas águas naturais, mas para isto é preciso conhecer e entender o regime climatológico e hidrológico da região (SASSOON, 2000).

Quadro 4

Objetivos e medidas de recuperação para sistemas de barragens ou bacias de rejeitos

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<p><i>Estabilidade física</i> Superfície dos rejeitos; Barragens; Outros;</p>	<p>Controlar a migração de poeiras e erosão pela água.</p> <p>Obter fator de segurança maior que 1,5 para condições estáticas com resistência à erosão e proteção contra transbordamento.</p> <p>Restringir o acesso à barragem.</p> <p>Remover ou estabilizar por longos períodos os vertedouros, torres de decantação e tubulação.</p>	<p>Estabelecer uma cobertura resistente à erosão com vegetação, solo, enrocamento ou água.</p> <p>Selecionar apropriadamente o local e o projeto da barragem; Estabilizar o corpo da barragem com a construção de bermas de pé e taludes menos inclinados; Controlar a erosão com cobertura de solo, enrocamento e vegetação; Aumentar a borda livre e/ou aumentar o vertedouro para prevenir erosão por transbordamento em eventos extremos. Executar valetas, bermas ou cercas para prevenir a erosão e o acesso com veículos motorizados. Remover, tampar e/ou encher estruturas e linhas de decantação através do corpo da barragem; Projetar e construir desvios e vertedouro para eventos extremos; Definir o monitoramento e manutenção de longa duração.</p>
<p><i>Estabilidade química</i> Lixiviação de materiais, drenagem ácida e reagentes do processo; Barragens e estruturas;</p>	<p>Melhorar a qualidade das águas superficiais por meio do controle de reações e/ou controle da migração, coleta e tratamento.</p>	<p>Dispor os rejeitos sob a água para controlar reações; Fazer tratamento prévio e remover os materiais deletérios para dispersão controlada ou misturar com material alcalino para mitigar a drenagem ácida; Cobrir para controlar as reações e/ou migração usando material inerte. Fazer trincheiras para desviar o escoamento superficial; Coletar e tratar o material contaminante; Não construir barragens com materiais que contenham potencial de drenagem ácida ou materiais lixiviáveis; Descontaminar e/ou remover os ácidos gerados ou materiais lixiviáveis.</p>
<p><i>Uso futuro da área</i> Produtivo e impactos visuais.</p>	<p>Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.</p>	<p>Fazer recuperação por meio de inundação, cobertura, revegetação etc.</p>

O sistema de tratamento físico e químico da água foi desenvolvido para priorizar o aumento da qualidade da água na descarga e no recebimento pelo ambiente ou na reciclagem para reutilização no tratamento mineral. Alguns contaminantes que podem ser encontrados e devem ser monitorados na água incluem:

- » Cianetos e outros reagentes da planta de beneficiamento;
- » Sólidos em suspensão (partículas finas);
- » Contaminantes de lixiviação ou drenagem ácida pela oxidação de sulfetos;
- » Agentes de detonação;
- » Amônia;
- » Metais.

Elevadas quantidades de metais dissolvidos na água, nutrientes ou reagentes tóxicos, tais como cianetos, podem ser tóxicas à vida aquática ou contaminar as fontes de água potável. Altas cargas de sólidos em suspensão podem assorear camadas do rio, afetar a desova dos peixes ou interferir no funcionamento das brânquias dos mesmos.

Os processos de tratamento de água implantados durante a operação da mina podem ser continuados durante a desativação até a qualidade da água atender aos objetivos desejados. Um projeto que requer um tratamento de água a longo prazo, depois da desativação, não pode ser considerado desativado.

O Quadro 5 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas as estabilidades físicas, químicas e ao uso da terra para o sistema de gerenciamento e tratamento de água.

Obras civis e equipamentos

Nesta seção incluem-se todas as construções (alojamento, escritórios, laboratório de ensaios, portaria, refeitórios etc.), toda a estrutura da usina de beneficiamento e equipamentos (britadores, ciclo-

nes, moinhos, células de flotação, filtros, tanques de adsorção, tanques de cianetação, espessadores etc.), estruturas associadas e equipamentos de superfície e subterrâneos, almoxarifados, oficinas para equipamentos diversos, usina geradora de energia, fabricação e armazenagem de explosivos, locais de armazenagem de produtos químicos e de minério, guias, guinchos e equipamentos de poço, transportadores e equipamentos móveis (perfuratrizes, escavadeiras, caminhões etc.).

Quadro 5

Objetivos e medidas de recuperação para tratamento de água usada na mina

(adaptado de Canadá (1995) e Sasso (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<p>Estabilidade física Água de barragens; Valetas profundas; Bueiros e galerias de drenagem; Tanque de armazenamento de água; Tubulações.</p>	<p>Assegurar a estabilidade com longo período sem transbordamento;</p> <p>Controlar a erosão pela água;</p> <p>Adequar a capacidade de inundação;</p> <p>Prevenir o transbordamento;</p> <p>Prevenir erosão;</p> <p>Assegurar manutenção e passagem livre para a água nos projetos sob condições de inundação.</p> <p>Remover da superfície tubulações rasas;</p>	<p>Monitorar e manter o corpo da barragem ou fendas indefinidamente.</p> <p>Proteger os taludes erodíveis;</p> <p>Fechar o ponto de entrada de água com concreto, fechar a decantação e remover torres;</p> <p>Manter em operação canais ou vertedouro, preferencialmente em rochas duras.</p> <p>Projetar para eventos extremos;</p> <p>Construir com materiais adequados para estabilidade de longa duração.</p> <p>Proteger com enrocamento;</p> <p>Definir e fazer manutenção por longo período.</p> <p>Remover galerias ou fendas;</p> <p>Providenciar manutenção de longa duração.</p> <p>Drenar, remover ou derrubar, encher e cobrir</p> <p>Remover da superfície e em pequenas profundidades, fechar tubulações em profundidade.</p>
<p>Estabilidade química Contaminação das águas de superfície e subterrâneas.</p>	<p>Melhorar a qualidade das águas superficiais por meio do controle de reações e/ou controle da migração, coleta e tratamento.</p>	<p>Drenar, tratar e descarregar; ou monitorar e tratar indefinidamente;</p> <p>Remover a cobertura e dispor os solos contaminados na base do rejeito ou em local previamente aprovado;</p> <p>Revegetar.</p>
<p>Uso futuro da área Barragens; Reservatórios; Trincheiras ou valetas profundas.</p>	<p>Recuperar as drenagens padrão;</p> <p>Determinar se existe uso alternativo;</p> <p>Retornar para o uso original ou aprovado pelas autoridades ambientais;</p> <p>Restaurar as drenagens originais.</p>	<p>Fazer fendas e restaurar as drenagens padrão para resistirem à erosão ou estabilizar e manter o lago;</p> <p>Definir meios para a transferência de propriedade;</p> <p>Manter o lago ou transferir a propriedade, ou drenar e revegetar;</p> <p>Nivelar e estabilizar com revegetação.</p>

A depender da necessidade, as construções podem ser deixadas no local para utilização por terceiros, ou então podem ser desmontadas e o local reconformado. A depender da localização do empreendimento e de sua utilização na fase anterior à mineração, o local pode ser revegetado.

Os equipamentos, tanto de lavra como da usina de beneficiamento, podem ser vendidos ou transferidos para outra unidade da empresa.

Especial atenção deve ser dada aos produtos químicos que são usados no processamento mineral, sistema de água e em atividades de suporte à mineração. Os produtos devem ser identificados e armazenados em locais seguros no período que antecede a sua utilização. Esta prática evitará acidentes com estes produtos. Na desativação da mina, os produtos químicos excedentes podem ser levados para outras unidades, devolvidos aos fabricantes ou então neutralizados e dispostos em locais adequados.

O Quadro 6 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e ao uso da terra para as obras civis e equipamentos.

Quadro 6

Objetivos e medidas de recuperação para equipamentos e obras civis

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<i>Estabilidade física</i> Construções, equipamentos e áreas de estocagem.	Controlar a entrada de pessoas estranhas.	Descontaminar, se necessário, desmontar e remover todos os equipamentos e construções; Encher as escavações; Remover tanques subterrâneos; Restaurar as drenagens naturais.
<i>Estabilidade química</i> Construções, equipamentos e áreas de estocagem de gás, produtos químicos, combustíveis, óleos e graxas.	Atender a critérios para a qualidade das águas. Disponibilizar os excessos de produtos químicos em outros locais.	Avaliar o solo contaminado caso a caso, deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada; Reciclar os produtos químicos de qualquer tipo, retorná-los ao revendedor, vendê-los, ou dispô-los em locais apropriados para solos contaminados.
<i>Uso futuro da área</i> Construções, equipamentos e áreas de estocagem.	Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.	Reconformar a topografia; Revegetar; Remover as fundações; Restaurar a drenagem natural.

Áreas de infra-estrutura

Incluem as instalações que fornecem suporte para as atividades da mina: estradas, ferrovias, pistas de aviação, linhas de transmissão, torres de comunicação, tubulação de suprimento de água etc.

A infra-estrutura necessária à mineração depende do local onde a jazida está. Se estiver em áreas inóspitas, uma boa parte da infra-estrutura deverá ser realizada pela empresa ou pelo Governo. Depois da desativação, estas instalações podem servir para o crescimento da região, dando-lhe uma outra vocação; caso contrário, devem ser desativadas e a área recuperada.

Se a mineração estiver em áreas com alguma infra-estrutura existente, obviamente que esta pode ser melhorada, e todas as instalações podem ser utilizadas durante a vida da mina e após a desativação.

O Quadro 7 resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e ao uso da terra para a infra-estrutura.

Quadro 7

Objetivos e medidas de recuperação da infra-estrutura

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoan (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas
<i>Estabilidade física</i> Estradas, pista de pouso, linhas de transmissão.	Controlar a erosão; Propiciar segurança à comunidade.	Remover bueiros, pontes, barricadas em vias de acesso e estabilização; Sulcar os solos compactados e estabilizar a vegetação; Restaurar as drenagens padrões. Seguir as normas locais de manutenção e prevenir a sua utilização desnecessária; Descarregar e travar todas as linhas de transmissão abertas e não essenciais.
<i>Estabilidade química</i> Estradas, pista de pouso.	Controlar a liberação das águas de superfície e subterrâneas de vertedouros ou de erosão.	Avaliar o solo contaminado, caso a caso (deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada).
<i>Uso futuro da área</i> Estradas, pista de pouso, linhas de transmissão.	Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.	Transferir aos novos proprietários, onde for apropriado; Remover todos os postes e fios elevados; Remover do terreno todos os cabos enterrados.

ESTRATÉGIAS PARA A DESATIVAÇÃO DE MINA

Dentre as estratégias adotadas pelas mineradoras e demais empresas, visando a desativação de minas, têm especial atenção as estratégias corretivas, preventivas e proativas (SÁNCHEZ, 2001). Destas, há alguns anos, quando a política de preservação do meio ambiente ainda não era muito difundida, a mais utilizada era a corretiva. A recuperação ou reabilitação só se realizava por intervenção dos órgãos ambientais.

Com o passar dos anos e a atuação mais intensa da comunidade e órgãos ambientais, os empreendedores passaram a adotar estratégias preventivas em suas empresas. Algumas delas, principalmente as de maior porte, já começam a adotar estratégias proativas, conscientes de que a atividade mineira, como qualquer outra, é transitória e deve-se minimizar ou eliminar os principais passivos ambientais, ainda na fase produtiva da mina, deixando para o final da sua vida útil uma menor quantidade de ações de recuperação ambiental.

Estratégia preventiva

É uma ação que visa a eliminação do passivo ambiental quando da desativação das operações ou término da obra, evitando, assim, que problemas como contaminação de solos e aquíferos prejudiquem o meio ambiente. Estão incluídas nesta muitas operações mineiras desenvolvidas atualmente. Posteriormente, será mostrado um modelo de Plano de Desativação utilizando a estratégia preventiva, assim como será descrita a experiência de uma desativação utilizando essa mesma estratégia.

Estratégia proativa

Esta estratégia consegue ir além das anteriores, quando considera as atividades mineiras transitórias e adota medidas que evitam a acumulação de passivos ambientais ao longo da sua vida útil. Estas medidas são adotadas conjuntamente com operações de construção, visando a proteção, controle e preservação do meio ambiente, o que pode ser executado através de um Plano de Desativação.

CAPÍTULO 2

PLANEJAMENTO DE DESATIVAÇÕES

PLANO DE DESATIVAÇÃO DE UMA MINA

“Planejar implica conhecer. Qualquer planejamento será de tão melhor qualidade quanto melhor a qualidade das informações e do conhecimento que se tenha acerca dos parâmetros necessários ao estabelecimento de qualquer programa” (SILVA, 2000). Quanto mais cedo forem preparados os planos de desativação de uma mina, mais tempo se terá para conhecer todos os parâmetros necessários ao emprego de um programa de desativação de qualidade.

O Plano de Desativação deve ser iniciado junto com a abertura da mina (exploração, viabilidade e estágio de projeto), isto é, o seu primeiro esboço pode ser preparado, visando identificar os objetivos da desativação e estabelecer a base da previsão financeira. Esta etapa é denominada por alguns autores, dentre eles Knoll (1998), de Plano Conceitual. Na fase posterior de construção e estágios operacionais da mina, o plano esboçado anteriormente toma uma forma mais acabada e pode sofrer alguns aperfeiçoamentos, visando corrigir o rumo definido na etapa anterior. Uma vez corrigidas as metas traçadas anteriormente, o plano pode ser posto em marcha. Para isto, ele tem que ter roteiros bastante claros, fazer uma provisão financeira, estabelecer o engajamento dos chefes e financiadores até a desativação total da mina. Todo planejamento, seja ele conceitual ou não, deve ser atualizado periodicamente, não só para se reavaliar as medidas a serem adotadas na recuperação, mas também para reajustar o aporte de verbas necessárias à execução do plano.

Alguns autores, como Mudder e Harvey (1998), defendem a atualização do plano de desativação anualmente. *“Os planos de fechamento devem ser revistos pelo menos a cada cinco anos, se não anualmente, considerando-se as modificações tecnológicas,*

ambientais e sociais ocorridas no período” (BRANDT, 1998). A atualização dos planos é consensual, porém o período para a revisão causa divergência. Portanto, a revisão de um plano deve ser realizada, de acordo com a vida útil da mina, pois, quanto maior a vida útil, mais modificações tecnológicas, ambientais e sociais, a mina estará sujeita mais freqüentemente às reavaliações. Para todas as minas, sugere-se a preparação de um plano conceitual junto com o plano de lavra. A sua primeira atualização deve ocorrer depois do início da operação da mina, quando esta estiver à plena carga; neste momento, já se tem um ritmo de produção real e, com certeza, pode ser reavaliada a sua vida útil. Além disso, já podem ser previstas as futuras áreas sujeitas à recuperação. A partir deste ponto, a atualização pode variar entre quinqüenal ou de acordo com a renovação da licença de operação, que varia conforme o Estado, de três a cinco anos. A avaliação anual só deve ser realizada se fatores externos (pressão social da população, riscos ambientais, ou alteração tecnológica) influenciarem no andamento da mina.

Para que um Plano de Desativação de mina tenha êxito, é necessário o envolvimento de todos os interessados no empreendimento mineiro desde o início da mina, isto é: a empresa, representada por diretores e funcionários; o órgão ambiental, representando o Estado; a comunidade, representada pela sua Associação de Moradores; e demais interessados (que podem ser Organizações Não Governamentais (ONG), ambientalistas e cidadãos comuns). Todos estes participantes têm como finalidade discutir a ampla desativação da mina (“*comprehensive mine closure*”) que, pela postura de Clark, Naito e Clark (2000), é essencial para se encontrar o desenvolvimento sustentável e necessário para que todos os interessados citados anteriormente iniciem um diálogo na fase anterior ao desenvolvimento da mina e este diálogo seja mantido, com ações positivas, ao longo da vida da mina e após a sua desativação.

Um Plano de Desativação de mina pode ser definido como um conjunto de ações preparadas na fase anterior às operações mineiras (fase de desenvolvimento) que é reavaliado periodicamente durante a

vida útil da mina, de modo a encontrar, com a participação de todos os interessados (empresa, governo, comunidade e demais cidadãos), o desenvolvimento sustentável da área após a desativação da mina.

OBJETIVOS DE UM PLANO DE DESATIVAÇÃO

O objetivo mais amplo de um Plano de Desativação, segundo Lima e Wathern (1999), McHaina (2000) e Sassoos (2000), é assegurar que a desativação e a recuperação de um sítio satisfaçam os seguintes requisitos:

- » Permitir um uso produtivo e sustentável do local degradado após a mineração que seja aceitável por todos os envolvidos (comunidade, empresa e órgão ambiental);
- » Proteger a saúde e a segurança públicas;
- » Diminuir ou eliminar danos ambientais e, como resultado, encorajar a sustentabilidade do ambiente;
- » Minimizar os impactos sócio-econômicos adversos (desemprego etc.);
- » Maximizar os benefícios sócio-econômicos.

Brandt (1998) complementa estes objetivos com a inserção de alguns pontos, tais como:

- » Identificar os possíveis usos futuros para a área ocupada pelo empreendimento;
- » Garantir a conveniente descontaminação da área e a sua estabilização física e química, a fim de evitar efeitos negativos de longa duração;
- » Garantir a inserção da área depois de “ecologicamente estabilizada” no contexto regional, após a desativação;
- » Desenvolver alternativas tecnológicas e de procedimentos para a desativação da mina a partir de usos futuros determinados;
- » Avaliar os impactos, riscos e problemas de cada alternativa;

- » Avaliar financeiramente cada alternativa proposta através de um balanço de despesa e receita;
- » Permitir o provisionamento de recursos que serão necessários quando do descomissionamento da mina;
- » Estabelecer programas para o fechamento.

Quando se trata do planejamento da desativação, Noronha e Warhurst (1999) citam que o objetivo principal é a redução da extensão dos danos ambientais e do lapso de tempo entre a ocorrência do dano e a recuperação. Isto significa que um Plano de Desativação deve integrar o ciclo de vida da mina e o gerenciamento ambiental. Isto inclui:

- » Reduzir a geração de estéril e encorajar a reciclagem;
- » Utilizar a energia de forma eficiente, sem desperdício;
- » Usar produtos químicos de forma eficiente e minimizar qualquer dano relacionado com o seu suprimento, estocagem, uso e disposição;
- » Estabilizar os resíduos para reduzir o potencial de drenagem ácida ou contaminação da água desde o início;
- » Dispor e conter estéreis para alcançar descarga zero ao longo do tempo;
- » Recuperar e revegetar progressivamente a área;
- » Assegurar o uso viável da terra para a região, após a mineração;
- » Assegurar que não haja impactos ambientais prejudiciais à saúde da comunidade local;
- » Assegurar que as comunidades locais não se tornem empobrecidas como resultado desta atividade ou no fim da vida da mina;
- » Distribuir os custos de recuperação durante a vida da mina.

Em muitas regiões do Brasil, a abertura de um empreendimento mineiro é uma fonte de emprego direto onde ela se instala, um apoio para a economia local e uma fonte de emprego indireto. Em muitos casos, a empresa assume a função de governo, construindo infra-estrutura e melhorando serviços que competem ao governo. Quando a mina é desativada sem um cuidadoso planejamento, pode causar danos à comunidade local que, de repente, se vê desprovida de seu maior apoio financeiro e sem ninguém para ocupar o seu lugar (SASSOON, 2000). Este tipo de acontecimento é muito comum em cidades que se tornaram fantasmas após o fechamento da mina, por exaustão das jazidas e evasão dos garimpeiros.

Considerações podem ser feitas com os problemas sócio-econômicos que ocorrem com os principais envolvidos, os empregados da mina e a comunidade situada no entorno da mina. Sassoon (2000) identifica os principais objetivos e controles que devem ser desenvolvidos com os envolvidos, conforme Quadro 8.

Quadro 8

Objetivos e controle que devem ser previstos para os empregados e a comunidade local na desativação de uma mina

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Envolvidos	Objetivos	Controle
Empregados;	Recolocação em outro emprego; Relocação dos empregados.	Dar apoio para a procura de um novo emprego; Dar apoio financeiro; Fazer recomendações.
Comunidade local.	Estabilidade econômica; Bem estar social; Melhora do nível educacional da comunidade.	Fazer plano de desenvolvimento regional; Desenvolver localmente empresas auto-sustentáveis; Estabelecer recursos ou depositar créditos para os serviços essenciais; Relocar migrantes.

Se houver falhas no envolvimento da comunidade no programa de desativação de uma mina, podem ocorrer, segundo Lawrence (2001):

- » Gastos desnecessários de tempo com a desativação por parte de gerentes e empregados;
- » Desequilíbrios sociais, como o alcoolismo e o aumento da criminalidade;
- » Queda sensível no comércio local;
- » Queda dos valores reais de patrimônios, tais como casas, terrenos etc.
- » Esvaziamento das comunidades locais (“cidades-fantasma”);
- » Problemas a longo prazo, em decorrência da impropriedade ou da falta da recuperação de áreas degradadas;
- » Imagem negativa do grupo ou de suas coligadas.

O Plano de Desativação pode ser implementado de duas maneiras: próximo ao fim do empreendimento, comum no Brasil, e utilizando-se de uma estratégia preventiva, ou então implementado no início da vida da mina, sendo a estratégia, neste caso, proativa. Algumas empresas brasileiras já começam a fazer adaptações com uma mistura das duas estratégias. Estas empresas apresentam o seguinte perfil: estão em atividade, têm vida útil prevista em torno de dez anos ou mais, já tiveram áreas completamente desativadas e perceberam o quanto é difícil recuperar as áreas sem uma dotação orçamentária prevista para isso e querem se preparar para não passar pelas mesmas dificuldades futuramente, quando desativarem a mina em atividade.

Neste trabalho, serão enfocados os planos de desativação após o fim das atividades mineiras e aqueles que se iniciam junto com as atividades mineiras.

PLANO DE DESATIVAÇÃO ELABORADO APÓS O FECHAMENTO DA MINA

A Figura 2 mostra um fluxograma da estratégia preventiva de desativação de mina.

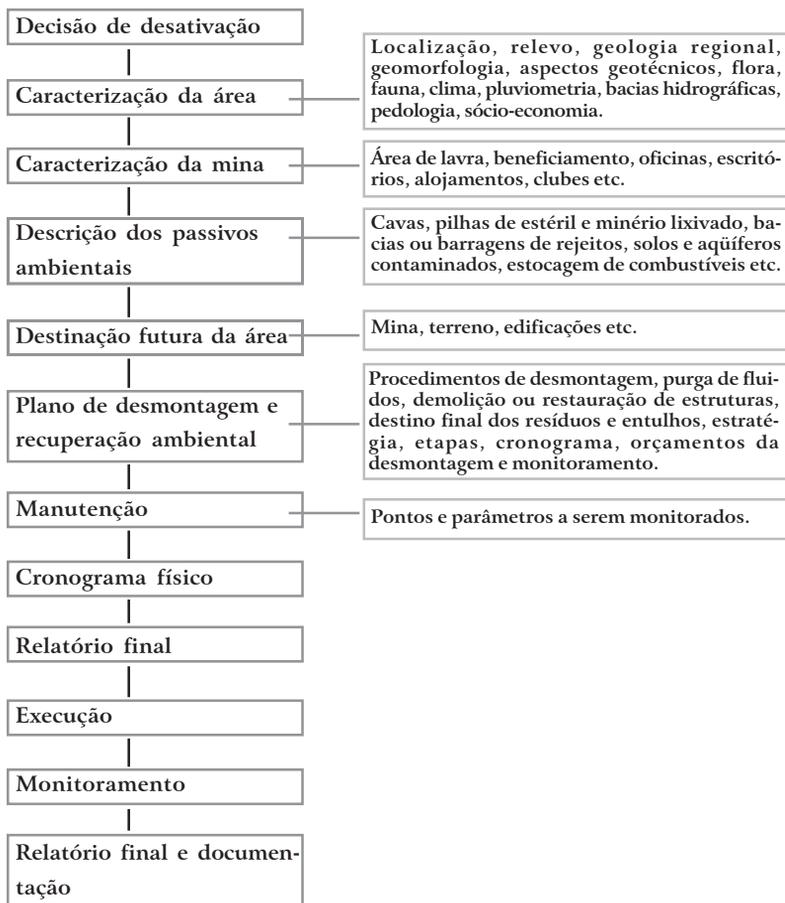


Figura 2. Fluxograma de estratégia preventiva de desativação de uma mina.

Decisão de desativação

Esta decisão é tomada devido a fatores que levaram à exaustão da jazida, flutuação do preço do metal no mercado internacional, falta de investimentos em pesquisa mineral e fatores de ordem ambiental. Todos estes foram descritos no item “Razões da desativação”.

Na prática, esta decisão é tomada poucos meses antes da desativação da mina e, nesse período, são preparadas as ações que devem ser iniciadas para recuperar a área degradada.

Caracterização da área

A caracterização geral da área é a individualização dos aspectos que a compõem e está relacionada com a situação atual de como se encontra o sítio, considerando-se geografia, geomorfologia, relevo, geologia regional e local, aspectos geotécnicos da área, flora, fauna, clima, bacia hidrográfica, pluviometria, pedologia e sócio-economia da região.

Descrição da mina

Esta parte descreve a história do sítio e as operações que afetaram a abrangência e interesses da área a ser reabilitada. O nível de detalhe requerido dependerá da relativa importância de cada característica das atividades de reabilitação.

Histórico do local através de:

- » Proprietários do terreno;
- » Atividades anteriores à descoberta e exploração;
- » Duração da atividade de exploração.

Caracterização da mina

Atividades mineiras

Quantidade de minério extraída anualmente, extensão da área degradada, a área e a profundidade de cada uma. No caso de mina a céu aberto: número de cavas, altura de bancadas, taludes, estabilidade da cava e acessos de proteção; na mina subterrânea: método de

lavra utilizado, localização de todas as aberturas para a superfície, incluindo pilares subterrâneos e zonas potenciais de subsidência.

Pilhas de estéril, minério lixiviado e concentrado

Descrição detalhada da localização, tamanho, quantidade, área, altura, inclinação, drenagem, estabilidade das pilhas etc.

Tratamento de minério

Descrição do processo de beneficiamento, fluxograma do processo, listagem de regentes, balanço de água do tratamento, características do processo de descarga de rejeitos e qualidade da água dos rejeitos.

Disposição de resíduos sólidos

Listagem dos estéreis sólidos dispostos, localização da disposição, método de disposição etc.

Disposição de rejeitos

Tipo de disposição, barragem ou bacia de rejeitos, área da disposição, pH, concentração de sólidos, reagentes etc.

Tratamento das águas utilizadas na mina

Descrição da localização dos equipamentos de tratamento de água, tais como, estruturas de controle de sedimentos, zonas de mistura etc.

Armazenagem de produtos químicos e óleos combustíveis

Inventário e detalhes de todos os locais de estocagem de produtos de petróleo, compostos químicos prejudiciais e materiais tóxicos.

Construções civis e infra-estrutura

Tipo, localização, área de cada estrutura e instalações. São incluídas localizações de monumentos conhecidos ou marcos de referência.

Descrição detalhada de todos os passivos ambientais existentes

Descrição de todas as áreas que compõem o passivo ambiental, que não foram recuperadas anteriormente e são passíveis de recuperação. Em geral, cavas secas ou inundadas, pilhas de estéril e minério lixiviado, barragens ou bacias de rejeitos, solos e águas contaminadas, aquíferos, estocagem de combustíveis, infra-estrutura, obras civis etc.

Destinação futura da área a ser recuperada

Pode-se pensar na reabilitação mantendo-se a mina nas condições similares às anteriores em termos de uso (recreativo, agrícola/florestal, urbano etc.), restauração ou conservação do patrimônio industrial para fins turísticos ou educativos ou restauração para estabilidade do meio ambiente.

Plano de desmontagem e recuperação ambiental

Elaboração das alternativas de desmontagem da mina, instalação e recuperação ambiental. Procedimentos adotados:

- » Desmontagem dos sistemas elétricos e hidráulicos;
- » Desmontagens de instalações e sistemas mecânicos;
- » Purgas de fluidos e remoção de resíduos sólidos;
- » Desmontagem e demolição de edifícios;
- » Remoção de fundações e tanque(s) enterrado(s);
- » Preenchimento de escavações. Caso for mantê-las, definir nova solução e sinalização;
- » Aterro, nivelamento e terraplenagem;
- » Triagem de resíduos e entulhos;
- » Descontaminação de substâncias tóxicas no solo e nas águas (superficiais e subterrâneas);
- » Estratégias de recuperação e reabilitação mais adequadas, definindo as etapas que as compõem, o cronograma de execução destas etapas e os custos envolvidos na recuperação e reabilitação.

Cronograma físico e financeiro

Consiste na previsão de início e término dos trabalhos com suas etapas e respectivos custos. É nesta fase que se tem uma idéia das principais ações que serão implementadas para a recuperação ambiental do sítio degradado e os custos envolvidos para eliminação ou diminuição do passivo ambiental existente.

Relatório das atividades a serem desenvolvidas

É um relatório apresentado ao órgão ambiental e demonstra a intenção do empreendedor de recuperar a área degradada e como ela será recuperada. O órgão ambiental avalia o relatório, podendo aprová-lo ou não, com ou sem exigências a serem cumpridas.

Execução dos trabalhos

Após o relatório aprovado, e cumpridas as eventuais exigências, as obras são executadas em conformidade com o mesmo. A execução pode ficar a cargo da empresa ou ser feita por terceiros, ficando claro que o responsável legal pela recuperação é a empresa que degradou a área.

Monitoramento

Nesta etapa, devemos levar em consideração os principais pontos críticos na operação da mina e que já são monitorados. A partir destes pontos críticos, serão determinados novos pontos a serem monitorados, os parâmetros de monitoramento e o período de tempo que o local deverá ser monitorado após o fechamento do empreendimento. Nesta etapa, também pode ser desenvolvida a manutenção da área, se necessário. Esta pode ser ativa, quando envolve operações ou manutenção de planta de tratamento de água, programas de monitoramento para as estabilidades físicas, químicas, biológicas e qualidade do meio ambiente; ou passiva, através de monitoramentos ocasionais, esparsa manutenção de estrutura etc.

PLANO DE DESATIVAÇÃO ELABORADO NO INÍCIO DO EMPREENDIMENTO MINEIRO

Este plano emprega uma estratégia proativa. É preparado com antecedência e, em muitos casos, no início da vida útil da mina. Brandt (1998) define algumas metodologias para a preparação de um Plano de Desativação, tais como:

- » Definição das áreas diretamente afetadas e das áreas de influência direta ou indiretamente afetadas;
- » Avaliação da modificação do uso e da ocupação do solo na área diretamente afetada;
- » Avaliação dos impactos da desativação sobre o meio físico, ar (qualidade futura) e água;
- » Avaliação do impacto da desativação sobre a biota;
- » Avaliação de impactos sócio-econômicos da desativação, com a relação do empreendimento direta ou indiretamente na renda e no emprego do município e da região;
- » Avaliação a longo prazo do potencial poluidor dos diversos resíduos do empreendimento (estéril, rejeito etc.);
- » Proposição de alternativas tecnológicas e de procedimentos para usos futuros pré-determinados;
- » Consolidação da análise dos impactos, riscos e resultados das alternativas tecnológicas e de procedimentos propostos;
- » Análise econômica preliminar das alternativas de desativação, considerando os itens geradores de despesa e receita, desenvolvendo simulações econômicas para isto.

Para a implementação do plano, faz-se necessário um programa a ser cumprido durante a vida da mina. Este programa pode variar de acordo com a realidade de cada mina. Brandt (1998) indica alguns programas que podem ser seguidos, visando a consolidação do Plano de Desativação. São eles:

- » Programa de preparação do empregado, incluindo treinamento para outros ofícios e criação de pequenas empresas;
- » Programa de diversificação econômica do município, quando a mina é a maior fonte de renda deste, incentivando a criação de novas alternativas de geração de emprego e renda;
- » Programa de desmontagem de estruturas e obras civis;
- » Programa de descontaminação e neutralização de áreas contaminadas (geração de drenagem ácida, neutralização do cianeto etc.);
- » Programa de aproveitamento das infra-estruturas deixadas pela mina, se for uma alternativa viável;
- » Programa de comunicação social durante a desativação da mina;
- » Programa de gerenciamento de águas após a desativação, devido às alterações hidrológicas geradas pela mina;
- » Programa de recuperação de áreas degradadas, conforme o uso futuro determinado;
- » Programa de manutenção dos sistemas de controle implementados no fechamento e nas áreas de reabilitação;
- » Programa de monitoramento dos parâmetros ambientais (água, ar, solo etc.) ou dos parâmetros ecológicos em áreas reabilitadas.

A Figura 3 sintetiza as suas etapas, que são descritas a seguir:

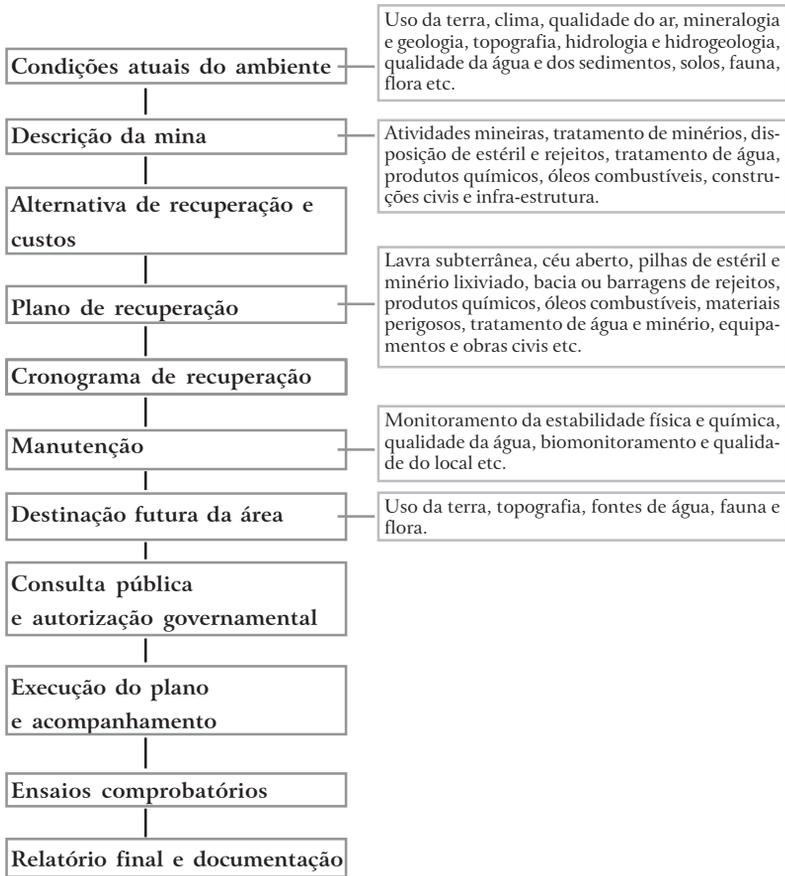


Figura 3. Fluxograma de estratégia proativa de desativação de uma mina.

(adaptado de Sánchez, 1998).

Condições atuais do ambiente

Para muitos locais existentes, a descrição das condições atuais compreenderá uma avaliação do impacto ambiental resultante das operações mineiras no local e nas áreas próximas.

Os dados que serão descritos são normalmente levantados no Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Portanto, o Plano de Desativação pode (e deveria) ser preparado junto com o EIA. Este plano é realizado juntamente com o planejamento ambiental da mina. Vale ressaltar que em alguns Estados – a Bahia é um deles –, o Estudo de Impacto Ambiental só é exigido para empreendimento de grande porte. Para os demais, é solicitado apenas o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Uso da terra

Descrição de qualquer atividade mineral ou industrial que tenha sido conduzida no local e avaliação do que ocorreu neste local.

Clima e qualidade do ar

Descrição das condições climáticas e a qualidade do ar do local em relação às atividades de recuperação. Deve-se saber com exatidão a direção preferencial dos ventos, a frequência e a quantidade das chuvas e condições hidrológicas.

Mineralogia e Geologia

Descrição do minério e da rocha encaixante que tenham sido encontrados durante a pesquisa ou a fase de lavra, incluindo os resultados de análises petrográficas. Fazer análise química completa do minério, dos materiais de capeamento, do estéril e dos rejeitos, para determinar o potencial ou a extensão da geração de ácidos ou contaminantes de lixiviação. Identificar sistemas de juntas, fraturas, falhas e suas direções e habilidades para conduzir água subterrânea.

Topografia da área

Obtenção de dados que definam:

- » Os limites das bacias hidrográficas adjacentes à mina;
- » Qualquer mudança topográfica que possa ocorrer com o resultado da desativação da mina;
- » Os impactos visuais.

Hidrologia e Hidrogeologia

Descrição o mais detalhada possível, para fornecer dados suficientes para a avaliação dos efeitos potenciais das operações mineiras e suas medidas de recuperação na qualidade da água, habitat de peixes e localidades a jusante da mina. Isto inclui:

- » Mapeamento das bacias hidrográficas com drenagens e recebimento de águas;
- » Balanço detalhado de água para permitir a estimativa das taxas de carga e diluição das bacias;
- » Identificação da trajetória das drenagens e integridade da rocha encaixante;
- » Volumes e profundidades dos lagos, rios, riachos etc. que receberão esta água;
- » Direção e fluxos da água subterrânea que sai dos rejeitos e áreas onde os fluxos de contaminantes são conhecidos ou esperados para ocorrer;
- » Identificação de aquíferos significativos;
- » Localização das áreas de descarga e recarga de todos os usos do aquífero.

Qualidades da água e dos sedimentos

Serão analisadas através de uma rede de coleta em pontos pré-determinados, tais como:

- » Pontos de descarga;
- » A jusante da mina, onde ocorre carga de contaminantes;
- » Estação de monitoramento, a jusante;
- » Estação de monitoramento, a montante, fora da área de influência do sítio da mina.

As análises da água devem incluir parâmetros físicos e químicos, tais como:

- » Potencial de redução, pH, sólidos totais em suspensão, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, metais pesados, cátions e ânions totais de óleos, graxas, amônia, arsênico e cianeto;
- » As modificações ocorridas nos parâmetros devem ser baseadas nos dados existentes, em adições químicas durante o tratamento do minério e na mineralogia local.

As análises de sedimentos incluem:

- » Nutriente, carbono orgânico total, perda residual ou ignição de metais pesados contidos.

Solo

A natureza e a composição dos solos locais e seu potencial de uso no fechamento devem ser descritos. Interessa, em particular, o potencial de erosão e a extensão da contaminação do solo como resultado de emissões, se houver.

Flora e fauna

Uma breve descrição da vida de plantas e animais que podem ser afetados pelo projeto. O foco principal será a descrição do desenvolvimento existente dos recursos de pesca e o impacto esperado do Plano de Desativação sobre eles.

Alternativas de recuperação e custos

As alternativas de recuperação em um Plano de Desativação devem ser descritas na medidas em que se considerem os “prós” e “contras” e que se selecione, de maneira racional, a opção preferencial.

Os critérios de avaliação podem incluir:

- » Habilidade para encontrar a condição ambiental esperada;
- » Custos condizentes com a realidade;

- » Certeza de que a tecnologia empregada não se tornará obsoleta muito rapidamente;
- » Manutenção ou exigências operacionais.

As medidas alternativas de recuperação devem ser descritas por aqueles elementos do local que possuam um maior custo e/ou risco ambiental. Dependendo das condições individuais do local, pode-se incluir:

- » Trabalhos mineiros, taludes de cava, pilares de mina e aberturas subterrâneas para a superfície;
- » Pilhas de estéril;
- » Rejeitos e outros locais de disposição de resíduos;
- » Sistemas de gerenciamento de água;
- » Infra-estrutura na superfície.

Plano de recuperação

O plano tem como finalidade seguir os padrões prescritos para o tratamento do solo ou solos nos quais as operações mineiras tenham sido desenvolvidas e tenha ocorrido uma mudança nas condições anteriores à mineração. Deste modo, faz-se necessária a recuperação deste sítio, de acordo como era anteriormente ou para outro uso adequado.

Saúde e segurança local

A natureza e localização dos sistemas de segurança, tais como barreiras, cercas, portões, bermas e trincheiras, devem ser descritas em cada estágio da desativação. Os cronogramas de inspeções e pessoal de segurança devem ser detalhados.

Lavra subterrânea ou a céu aberto

As informações sobre as aberturas para a superfície devem incluir:

- » Localização e tamanho das aberturas;
- » Métodos utilizados para suportar e estabilizar as aberturas;
- » Seleção das medidas de recuperação a serem utilizadas.

Se forem utilizados pilares de rocha para a sustentação das aberturas subterrâneas, algumas informações são exigidas:

- » Localização, espessura, tamanho e forma dos pilares;
- » Profundidade do pilar abaixo da superfície;
- » Natureza e profundidade das camadas de materiais sobrejacentes, incluindo construções e infra-estruturas;
- » Geologia estrutural do pilar e da rocha adjacente;
- » Métodos de avaliação da estabilidade a longa duração.

Esta avaliação deve incluir a análise dos efeitos de cada abertura da mina na estabilidade da superfície em áreas sobrejacentes e adjacentes à atividade mineira. Se houver distúrbios na superfície ou estes forem antecipados, a extensão e a natureza destes distúrbios e o período no qual eles ocorrem devem ser descritos.

Pilhas de estéril, minério marginal ou lixiviado extinto

Devem ser avaliadas:

- » Todas as pilhas de material que permanecerão no sítio;
- » Estruturas para o gerenciamento de água e sua conexão com o sistema de drenagem natural;
- » Estruturas para controle dos sedimentos (canaletas, bueiros etc.);
- » Potencial de geração de ácido.

Se necessário, fazer seção transversal de cada pilha, com a escala vertical e horizontal iguais, mostrando a relação entre as pilhas e a topografia de entorno. As seções das pilhas devem mostrar:

- » Inclinação dos taludes;
- » Descrição das zonas de diferentes tipos de materiais;

- » Materiais de fundação;
- » Sistema de drenagem da base da pilha.

Devem ser descritos as medidas, os métodos e as formas de avaliação que serão utilizadas, progressivamente, a cada estágio de desativação, para alcançar, a longo prazo, a estabilidade física e química de cada uma das pilhas. A manutenção após a reabilitação deve ser identificada e descrita.

Barragens ou bacias de rejeitos

Descrição dos métodos de recuperação utilizados progressivamente e a cada estágio da desativação, encontrando, a longo prazo, a estabilidade física e química do sistema de disposição de rejeitos. Elaboração de planta topográfica mostrando a localização de todas as estruturas e características relacionadas que serão usadas durante o período de desativação e que permanecerão no local.

Desenhos e relatórios que ilustrem e descrevam as medidas de recuperação para as barragens de rejeitos, barragens de estocagem de água, bacias de rejeitos e outras estruturas de controle de drenagem, incluindo vertedouros, tubulações, canais de desvios e bueiros, devem ser fornecidos para cada estágio da desativação. Estes desenhos devem incluir o projeto de vida das pilhas, previsão de enchentes e capacidade de estocagem para cada estrutura após a reabilitação.

Áreas de armazenagem de óleos combustíveis e produtos químicos

Para cada estágio da desativação, suspensão temporária, inatividade e abandono, deve ser fornecido pelo empreendedor um inventário de todos os locais de armazenamento de combustíveis e produtos químicos. Medidas de recuperação devem ser descritas para cada área de estocagem identificada e conhecida ou o potencial de contaminação do solo e da água.

Áreas de disposição e estocagem de materiais perigosos

Um inventário de localização de todas as áreas de estocagem e disposição de produtos perigosos no sítio será indicado em relatórios os quais descreverão a longo prazo a estabilidade física e química do local. Incluem-se, no relatório, métodos e locais propostos para a estocagem, com manutenção adequada para materiais perigosos que irão permanecer armazenados no local, após a desativação.

Tratamento de água

Quando a coleta, o tratamento de escoamentos superficiais, efluentes de rejeitos ou outras águas locais são previstos, é necessária uma descrição detalhada do seguinte:

- » Processo de tratamento;
- » Equipamentos e facilidades, incluindo a tomada de água, casa de bombas, sistema de desaguamento e bacias de sedimentação;
- » Métodos e localização de estocagem de estéril ou lama.

Planta de beneficiamento, equipamentos, obras civis e infra-estruturas

Identificar e descrever a localização de todas as estruturas, facilidades e infra-estruturas no sítio, métodos de disposição e recuperação proposta. Devem ser listados todos os materiais que serão dispostos no local.

Cronograma da recuperação

O cronograma dependerá do tipo de recuperação adotado, se progressivo ou para cada estágio de desativação, como: suspensão temporária, inatividade ou desativação total. O cronograma deve descrever as medidas de reabilitação ou trabalhos, o tempo requerido para realizar o trabalho e o tipo de atividade envolvida. Sendo possível, as principais datas devem ser incluídas.

Monitoramento

O programa de monitoramento deve envolver o gerenciamento, as operações, a manutenção e os métodos de registro guardados para todas as estruturas que permanecerão no local após a recuperação.

Este programa deve envolver a estabilidade física e química e condições ambientais, a fim de verificar e alcançar as condições e usos esperados. Estas informações devem incluir:

- » Objetivos do programa de monitoramento;
- » Tipos e métodos a serem conduzidos;
- » Locais a serem monitorados e quais equipamentos serão instrumentados;
- » Frequência e duração esperada do monitoramento;
- » Métodos usados para inspecionar, registrar e avaliar dados;
- » Parâmetros a serem medidos.

Estabilidade física

Corresponde a todas as estruturas e serviços listados abaixo:

- » Pilares e serviços subterrâneos;
- » Cavas e estabilidade de taludes;
- » Pilhas de estéril e minério lixiviado;
- » Barragens ou bacias de rejeitos;
- » Estruturas de acumulação de água;
- » Obras civis (escritórios, oficinas, alojamentos etc.).

No Quadro 9 estão listados os componentes da mina que serão monitorados, os locais e o método de monitoramento empregado.

Quadro 9

Serviço, estruturas, locais e métodos de monitoramento

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Componentes da mina	Monitorados	Métodos de monitoramento
Subterrânea Pilares; Poço vertical e áditos; Tampões.	Acessos; Estabilidade; Taxa de enchimento; Descarga de água;	Examinar as condições das barreiras (bloqueios); inspecionar trincheiras, bermas, cercas etc.; Identificar fendas de tração, escarpas e mudanças no padrão de drenagem; Medir o nível de água. Inspeccionar visualmente a percolação de água; Monitorar e quantificar a taxa de vazamento;
Céu aberto	Acesso; Estabilidade de taludes; Taxa de enchimento; Elevações finais de água.	Inspeccionar visualmente trincheiras, bermas, cercas etc. Identificar as fendas de tração nas cristas dos taludes, inspecionar novos e antigos sinais de ruptura e erosões profundas e estreitas causadas pela água. Examinar o local e/ou instrumentação se forem alcançadas taxas críticas de movimentação de taludes; Amostrar sólidos em suspensão. Examinar local e/ou instrumentar níveis de água. Verificar existência de água subterrânea adjacente e nível dos lagos.
Pilhas de minério marginal, lixiviado ou estéril;	Estabilidade de taludes; Acesso; Estabilizar a cobertura da pilha.	Identificar as fendas de tração nas cristas dos taludes, inspecionar novos e antigos sinais de ruptura, erosões profundas e estreitas (voçorocas) causadas pela água e estabilizar a vegetação; Examinar local e/ou instrumentar se forem alcançadas taxas críticas de movimentação de taludes; Inspeccionar trincheiras, bermas, cercas etc.; Inspeccionar para identificar ravinamentos e voçorocas causadas pela água e estabilizar a vegetação;
Bacias e barragens de rejeitos e tapetes drenantes com pedregulho e areia;	Acesso; Estabilidade física; Descarga de água.	Inspeccionar visualmente trincheiras, bermas, cercas etc. Exame superficial para identificar voçorocas e erosão eólica; Inspeccionar o crescimento da vegetação de cobertura dos taludes; Identificar fendas de tração na crista dos taludes, sinais de ruptura, manchas de percolação de água, saliência dos taludes e alongamento ou encharcamento da crista; Exame local e instrumentação se forem alcançadas taxas críticas de recalque ou aumento de percolação e notada deformação interna. Inspeção para verificação de voçorocas; Amostra de sólidos suspensos das drenagens; Medição das taxas de descarga e comparação com os fluxos projetados.
Análise do fluxo de água; Valetas profundas e vertedouros;	Estabilidade física;	Inspeção visual para identificar erosão que alcança pontos íngremes à jusante; Procurar sedimentos e acumulação de sedimentos e bloqueios.
Estruturas superficiais suspensas temporariamente ou inativas.	Acesso; Estabilidade física.	Examinar cercas, barricadas, segurança local etc. Inspeção para identificar erosão; Procurar sedimentos e acumulação de sedimentos e bloqueios.

Estabilidade química e qualidade da água

O Quadro 10 resume a relação entre a estabilidade química e os possíveis métodos de monitoramento associados com vários componentes da mina.

Quadro 10

Métodos de monitoramento para estabilidade química subterrânea e céu aberto

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Componente da mina	Monitorados	Métodos de monitoramento potencial
Subterrânea e céu aberto.	Geração de ácido e/ou lixiviação ou migração de metais.	Amostragem e análises a jusante de solo, água, drenagem de água subterrânea e água de mina.
Pilhas de minério marginal, lixiviado e estéril.	Geração de ácido e/ou lixiviação ou migração de metais.	Amostragem e análises a jusante de drenagem da pilha, percolação, água de superfície e subterrânea; Cálculo de ácido/base para determinar o potencial de geração de ácido.
Bacias ou barragens de rejeitos.	Geração de ácido e/ou lixiviação ou migração de metais.	Amostragem e análises do escoamento superficial e da percolação de efluentes dos rejeitos.
Sistema de gerenciamento de água.	Mudança da qualidade da água.	Amostragem e análises.
Estocagem de material.	Vazamentos ou alteração do material estocado.	Inspeção visual; amostragem só se houver vazamento do material estocado.

Em muitos sítios, o monitoramento para a estabilidade química consistirá na coleta de amostras periódicas de água e análises da água de superfície e subterrânea para avaliar a geração e migração de material lixiviado. As seguintes situações podem ser apropriadas para águas de superfície e/ou monitoramento quantitativo:

- » Pontos emergentes de percolação de água e/ou piezômetros;
- » Pontos de escoamento superficial no local;
- » A montante e jusante das descargas de efluentes.

O monitoramento de águas subterrâneas pode ser apropriado abaixo das pilhas de estéril e locais de estocagem de combustíveis e produtos químicos.

O programa de monitoramento deve demonstrar que os níveis de contaminantes nas drenagens provenientes dos locais não ex-

cedam as condições esperadas ou aplicáveis para a obtenção de uma licença.

Monitoramento a longo prazo (manutenção passiva ou ativa)

Descrever o programa de gerenciamento que, a longo prazo, irá ser implementado se os trabalhos de reabilitação propostos não conseguirem alcançar as condições esperadas e usos para um local integralmente desativado.

Destinação futura da área

É a descrição das condições esperadas e usos seguintes à reabilitação. Em sítios onde atividades prévias, não relatadas no projeto, possam ter contaminado o local, a descrição pode incluir melhorias esperadas para a qualidade do ambiente ou a produtividade do uso da terra.

Uso da terra

As áreas lavradas devem retornar também para o seu uso original, ou um uso alternativo aceitável. Em algumas situações, as condições de pré-mineração podem não ser desejáveis após a mineração. Reconhece-se a dificuldade de planejar-se a longo prazo.

Saúde pública e segurança devem ser consideradas primariamente na determinação dos requisitos de reabilitação para permitir o uso futuro do solo. Danos remanescentes no sítio reabilitado devem ser iguais ou menores que os danos típicos da área anterior à exploração da mina.

Topografia

As mudanças significativas na topografia do local devem ser devidamente identificadas com as seguintes informações:

- » Localização, área e profundidade das cavas ou outras escavações;
- » Identificação de qualquer área íngreme ou pilhas de estocagem que permanecerão no local após a reabilitação.

Fontes de água

O empreendedor deve avaliar os efeitos potenciais da recuperação da mina na qualidade da água de superfície e subterrânea, adjacente ou a jusante do sítio. Os impactos não esperados, após a reabilitação, não devem exceder os impactos vivenciados durante as fases de operação de uma mina e devem aproximar-se dos níveis anteriores à mineração.

Com respeito à hidrologia e hidrogeologia, o empreendedor deve identificar mudanças permanentes necessárias para encontrar, a longo prazo, a estabilidade para os fluxos e drenagem padrão da superfície e sub-superfície e/ou identificar as mudanças dos volumes e profundidades das áreas de coleta de água.

A qualidade esperada de água e sedimentos deve ser indicada nos seguintes locais:

- » Pontos emergentes de percolação de água e/ou piezômetros;
- » Pontos de escoamentos superficiais ou efluentes finais no local;
- » Estação(ões) de monitoramento localizada(s) fora do limite da mina que não favoreça(m) a ocorrência de carregamento de contaminantes. Mais de uma estação de monitoramento no sítio pode ser necessária se o fluxo do escoamento superficial for maior que o corpo d'água receptor;
- » A montante e jusante das descargas de efluentes.

Fauna e flora

É reconhecido por todos (empresa, órgão ambiental e comunidade) que a mineração altera os sistemas ecológicos e, em alguns casos, o retorno a uma situação anterior à mineração pode não ser possível. Os principais focos de recuperação serão os impactos das operações causados em recursos de pesca locais.

Consulta pública e autorização governamental

A consulta pública refere-se ao envolvimento da comunidade no processo de desativação de uma mina, tendo como finalidade informar e colher soluções para os problemas causados por ocasião da recuperação das áreas mineradas e as demissões dos seus empregados, que causarão impactos na população e no comércio local. A autorização ambiental nada mais é do que uma anuência dos órgãos ambientais para o encerramento do processo de desativação.

Execução do plano e acompanhamento

O Plano de Desativação deve ser acompanhado pelos responsáveis da empresa na área ambiental e pelos fiscais dos órgãos ambientais, no sentido de conferir se os resultados estão de acordo com o projeto original. Caso haja alguma modificação no projeto original, o órgão ambiental deve ser informado e deverá se posicionar a este respeito.

Ensaio comprobatórios

São ensaios realizados após cessarem os trabalhos de recuperação para comprovar se realmente aquele local encontra-se nas condições adequadas para ser utilizado para outras finalidades. Nas minas, os ensaios mais comuns referem-se à contaminação dos solos e das águas (superficiais ou subterrâneas) por substâncias químicas. As áreas mais visadas são as de disposição de estéreis e rejeitos (pilhas de estéril e minério lixiviado e bacias de rejeitos).

Relatório final e documentação

Registro de tudo o que foi realizado na área da mina e seu entorno, através de relatórios e documentação fotográfica de todas as etapas do trabalho, inclusive, o histórico do uso da área.

CAPÍTULO 3

CUSTOS ASSOCIADOS À DESATIVAÇÃO

CUSTOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Os custos, de uma maneira geral, envolvem todos os gastos utilizados para a condução das atividades de uma empresa. Estes gastos, considerados como custo total, estão relacionados ao processo de produção da empresa e podem ser identificados como: matéria-prima, mão-de-obra, desgaste de máquinas, impostos em geral etc. (IUDÍCIBUS e MARION, 1999). O custo total, por sua vez, pode ser desdobrado em dois componentes: o custo fixo (CF) e o custo variável (CV). O custo fixo é a parte do custo que permanece constante, independente da produção (aluguéis, depreciação, manutenção, honorários e salários fixos). O custo variável representa todos os itens do custo total, exceto o custo fixo (matérias-primas, salários, combustíveis etc.) (Samuelson *apud* TAVEIRA, 1997).

Os custos ambientais, definidos por Ribeiro (1998), consistem no somatório dos gastos despendidos pela empresa, porém relacionados direta ou indiretamente com o controle, preservação e recuperação do meio ambiente.

O custo ambiental particularizado para o setor mineral é definido como a antecipação, medida em termos monetários, incorrida, ou potencialmente a incorrer, para atingir os objetivos de avaliar, reabilitar e recuperar uma área degradada por um empreendimento mineral, ou mantê-la em condições ambientais aceitáveis, através das ações de proteção, monitoramento e prevenção (TAVEIRA, 1997).

Os custos ambientais podem ser incorridos nas ações de avaliação, prevenção, minimização, monitoramento, e reabilitação dos impactos sobre os meios físico, biótico e antrópico, provocados por empreendimentos do setor mineral, nas fases de planejamento, construção, operação e fechamento (TAVEIRA, 1997).

Os custos ambientais de um empreendimento mineiro devem ser computados desde o início das operações mineiras. A sua identificação depende da localização da jazida: quanto mais próxima dos centros urbanos, deve-se ter maiores cuidados com a preservação e controle ambiental. O método de lavra influi de maneira decisiva: se a lavra for a céu aberto, implica maior impacto no meio ambiente e precisará de maiores trabalhos de recuperação ambiental, no futuro, que a lavra subterrânea. Na fase de beneficiamento, a recuperação de minerais metálicos implica na utilização de reagentes químicos. Conseqüentemente, os resíduos gerados no tratamento destes minerais serão mais perigosos e dever-se-á ter um cuidado maior do que aqueles despendidos na disposição com os minerais industriais e nos trabalhos de recuperação ambiental. Definidos o método de lavra e o tratamento de minério empregado para a substância mineral, pode-se ter uma idéia dos custos necessários para a preservação e o controle ambiental.

Taveira (1997) explicita os componentes do custo ambiental da seguinte forma:

- » Custo de degradação: custo externo de um projeto provocado por impacto ambiental sem controle ou por impacto residual;
- » Custo de controle: evita a ocorrência (total ou parcial) de impactos ambientais;
- » Custo de mitigação: gasto em ações para reduzir o impacto ambiental do projeto;
- » Custo de compensação: gasto em ações que compensam os impactos, quando a recuperação é impossível;
- » Custo de monitoramento: gasto com ações de acompanhamentos e avaliação de impactos e programas ambientais;

- » Custos institucionais: gastos com elaboração de estudos sócio-ambientais referentes às etapas de planejamento, implantação e operação; com a elaboração de estudos requeridos por órgãos ambientais; com o pagamento de multas e ações judiciais; com a obtenção de licenças ambientais e com a obtenção de certificações e com o pagamento de seguros.

CUSTOS DE PROTEÇÃO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

São aqueles computados quando do uso, pelo empreendedor, de matéria-prima poluente no processo de extração, beneficiamento mineral, e na disposição e tratamento dos rejeitos gerados após a conclusão do processo operacional. Estes custos estão associados com as operações mineiras (lavra e beneficiamento), fazendo parte dos custos de extração do bem mineral.

As principais atividades às quais estes custos estão diretamente ligados são:

- » Aquisição de insumos próprios para controle e/ou eliminação de poluentes. Ex.: compra de hipoclorito de sódio ou de cálcio para a neutralização do cianeto de sódio utilizado na extração de ouro por lixiviação em pilha;
- » Tratamento de resíduos de produtos provenientes do beneficiamento de minério. Ex.: aplicação do hipoclorito de cálcio em bacias de rejeitos para a neutralização do cianeto de sódio;
- » Disposição de resíduos sólidos ou líquidos de mineração. Ex.: preparação dos locais nos quais deverão ser dispostos estes resíduos, isto é, a impermeabilização dos locais onde as pilhas de minério lixiviado e as bacias de rejeitos deverão ser instaladas.

Como se pode deduzir dos exemplos aplicáveis à mineração, todas as operações de proteção e preservação ambiental estão associadas às atividades de lavra e beneficiamento. Inclui-se também a mão-de-obra, que pode ser a mesma utilizada nas operações mineiras.

CUSTOS DE RECUPERAÇÃO DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES MINEIRAS

Desativar uma mina (subterrânea ou a céu aberto) e seus componentes (pilhas de estéril e minério lixiviado, bacia ou barragem de rejeitos, equipamentos, obras civis e infra-estrutura) implica em custos. Logo, um cronograma de desembolso deve ser planejado.

Para estimar os cálculos dos itens de custo, é necessário conhecer-se as características de cada tipo de mina e de seus componentes: se a mina é subterrânea (abertura de galerias para a superfície ou subsidência) ou a céu aberto (cavas inundadas ou cavas secas, com ou sem enchimento); quais as características das pilhas de estéril (se perenes ou provisórias) ou de lixiviação, das barragens ou bacias de rejeito etc.

De acordo com as características de cada tipo de lavra e com as formas de beneficiamento, podemos então definir quais os objetivos da recuperação e quais as medidas que serão adotadas.

Definidos os objetivos e as medidas a serem adotadas, são definidas as ações para recuperação das áreas degradadas. Estas ações servirão de base para que possam ser identificados os itens de custos. Estes serão separados em três grupos principais: custos com equipamentos, custos com mão-de-obra e custos com material de consumo.

Itens de custo para lavra subterrânea

Dentre as características abordadas, destacam-se as aberturas para a superfície (poços verticais, chaminés, rampas de acesso e área de subsidência) e problemas decorrentes com drenagens ácidas. Com estas características, foram identificados os objetivos e as medidas de recuperação mais adequadas. Estas, por sua vez,

foram selecionadas e indicadas para cada grupo de custo que incide sobre elas.

O Quadro 11 apresenta as principais características determinadas na lavra subterrânea, os objetivos e medidas de recuperação, as ações de recuperação utilizadas para minimizar ou eliminar os impactos ambientais e os principais itens de custos envolvidos.

Quadro 11

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das pilhas para lavra subterrânea

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas	Ações de recuperação
Aberturas para a superfície;	Prevenir o acesso à mina;	Diminuir o número de aberturas;	1.Retomada de estéril e/ou rejeito;
Subsidência;	Prevenir o abatimento da superfície;	Fechar ou selar as aberturas para a superfície com portões, enchimentos de poços e chaminés.	2.Transporte e descarga de estéril e/ou rejeitos;
Drenagem ácida e/ou lixiviação de minerais ou contaminantes;	Controlar reações e/ou migração de contaminantes;	Encher áreas de subsidência;	3.Desvios das drenagens originais;
Percolação de reagentes da concentração no enchimento do subsolo;	Coletar e fazer tratamentos;	Contornar a superfície e revegetar.	4.Sinalização para áreas inseguras;
Uso produtivo ou estético.	Retornar a área ao uso original ou outro uso apropriado.	Fechar galerias e furos de perfuração para evitar a migração;	5.Coleta de sementes;
		Coletar e tratar o óleo de motores e transformadores.	6.Preparação do solo;
		Revegetar.	7.Tratamentos da superfície;
			8.Semeadura ou plantio;
			9.Coletas e análise de contaminantes.
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo	
Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1, 2 e 3).	Operação e manutenção de equipamentos (1, 2 e 3);	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1);	
	Instalação das placas de sinalização (4);	Tintas, madeira e metal (4);	
	Coleta de contaminantes (9);	Adubos químicos, corretivos da fertilidade do solo, pesticidas, compra de sementes, sacos para plantio de mudas, mudas etc. (5, 6, 7 e 8);	
	Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio do solo (5, 6, 7 e 8).	Análise dos contaminantes (9).	

Itens de custo para lavra a céu aberto

Na lavra a céu aberto, foram considerados três tipos de cavas:

- 1** Inundada por lençol freático ou por enchimento mecânico – Obviamente, esta cava não pode estar situada sobre mina subterrânea, sob pena de haver infiltrações para o seu interior ou, na pior das hipóteses, inundação das galerias subterrâneas com o rompimento do pilar de proteção que separa a mina a céu aberto da subterrânea;
- 2** Cava seca – Pode ocorrer o enchimento parcial da cava, quando se trata de cava muito grande e profunda;
- 3** Cava seca enchida totalmente – Esta cava é de médio a pequeno porte, e o enchimento pode ocorrer pela retomada do estéril próximo a ela ou por reconformação do relevo com o abatimento de suas bermas.

O Quadro 12 apresenta as principais características da lavra a céu aberto, os objetivos, as medidas de recuperação, as ações de recuperação utilizadas para minimizar ou eliminar os impactos ambientais e os principais itens de custos envolvidos.

Quadro 12

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para lava a céu aberto

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas	Ações de recuperação
Cavas inundadas; Manutenção da cava;	Permitir o acesso da água para o interior da cava; Permitir o acesso da comunidade à água armazenada; Prevenir ruptura de taludes; Restringir o acesso à cava pelas bordas, evitando acidentes; Retornar a área a outro uso apropriado.	Fazer canaletas de drenagens superficiais em direção à cava; Deixar livre apenas um acesso para o interior da cava; Estabilizar taludes; Fazer cercas e sinalizações no entorno da borda da cava; Revegetar os taludes e o entorno da cava.	1.Aplainamento das bermas; 2.Aberturas de valas de drenagens; 3.Sinalização para áreas inseguras; 4.Coleta de sementes; 5.Preparação do solo; 6.Tratamento da superfície; 7.Semeadura ou plantio;
Cava seca – Enchimento parcial	Prevenir ruptura de taludes; Restringir totalmente o acesso à cava; Fazer drenagens superficiais impedindo o acesso da água ao seu interior; Retornar a área a outro uso apropriado.	Estabilizar taludes; Fazer sinalização e cercas no seu entorno; Fazer canaletas para drenagens superficiais; Revegetar os taludes e o entorno da cava.	8. Desmonte das bancadas para alinhar os taludes e manter as bermas de segurança;
Cava seca – Enchimento total	Retornar a área a outro uso apropriado.	Recompor o solo de acordo com uma utilização futura.	9.Retomada de rejeito e/ou estéril; 10.Desmonte mecânico das bermas da cava.
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo	
Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1, 2, 9 e 10);	Operação e manutenção dos equipamentos (1, 2, 9 e 10);	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 2, 9 10);	
Transporte de terra vegetal (5, 6, 7 e 9);	Instalação das placas de sinalização (3);	Tintas, madeira e metal (3);	
Perfuração para desmonte (8);	Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio do solo (4, 5, 6 e 7 e 9).	Adubos químicos, corretivos da fertilidade do solo, pesticidas, compra de sementes, sacos para plantio de mudas etc. (4, 5, 6 e 7);	
Transporte de terra vegetal (5, 6, 7 e 9).		Compra de sementes (4); Explosivos, acessórios de detonação, hastes, luvas e brocas (8).	

Itens de custo para pilhas de estéril e minério lixiviado

Consideraram-se três tipos de pilhas de estéril:

- 1** Provisórias – São construídas próximas à cava e depois retomadas para o seu enchimento;
- 2** Perenes – Não são retomadas e merecem cuidados especiais;
- 3** De minério lixiviado – Pilhas que contêm por vezes resíduos de minérios e substâncias químicas altamente perigosas e nocivas à saúde, o que requer cuidados maiores quando da desativação e recuperação da mina.

O Quadro 13 apresenta as principais características de pilhas de estéril e minério lixiviado, os objetivos e medidas de recuperação, as ações de recuperação utilizadas para minimizar ou eliminar os impactos ambientais e os principais itens de custos envolvidos no processo de desativação de uma mina tomada como exemplo.

Quadro 13

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para pilhas de estéril e minério lixiviado

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas	Ações de recuperação
Pilhas de estéril provisórias;	Evitar rupturas de superfície e descarga de sedimentos.	Construir pilhas em camadas com taludes planos; Retornar a área ao uso anterior.	1.Retomada de estéril; 2.Transporte e descarga de estéril; 3.Preparação do solo; 4.Tratamentos da superfície; 5.Semeadura ou plantio;
Pilhas de estéril perenes;	Evitar rupturas profundas, afundamento de grandes superfícies e descargas de sedimentos; Retornar a área ao uso original ou outro uso apropriado.	Selecionar o local para evitar baixa resistência da fundação; Construir drenagens internas para prevenir o aumento da pressão neutra; Construir pilhas em camadas com taludes planos; Cobrir ou colocar valetas para controlar infiltração de água; Revegetar ou estabelecer enrocamento de proteção.	6.Coleta de sementes; 7.Desvios das drenagens originais; 8.Instalação das drenagens superficiais nas bermas e laterais da pilha;
Pilhas de minério lixiviado extinto.	Controlar as reações e/ou migração de contaminantes; Coletar e tratar os contaminantes; Retornar a área ao uso original ou outro uso apropriado.	Neutralizar resíduos contaminantes; Monitorar a pilha até a sua completa neutralização; Evitar descargas em cursos d'água; Controlar e tratar; Revegetar com espécies nativas ou outras, se possível.	9.Uso de reagentes para a neutralização da pilha; 10.Coleta de amostras de solo por tempo determinado; 11.Análise do material coletado na pilha.
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo	
Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1, 2 e 3);	Operação e manutenção de equipamentos (1, 2 e 3);	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 2 e 3);	
Transporte de estéril e terra vegetal (1, 2 e 3).	Coleta de amostras da pilha (10); Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio (4, 5 e 6); Instalação das drenagens superficiais (7,8).	Adubo, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas etc. (4, 5 e 6); Cimento, areia, brita, manilha (7,8); Reagentes (9); Análise do solo (11).	

Itens de custo para bacias e barragens de rejeitos

Considera-se como bacia de rejeitos o local onde são dispostos os rejeitos provenientes do beneficiamento, durante a vida útil da mina e após a sua desativação. A água acumulada neste local evapora, sendo que, antes da evaporação, os metais pesados são neutralizados. Este local, quando em atividade, possui mantas impermeáveis no seu leito para não permitir a percolação do seu conteúdo para o solo e subsolo. Estas mantas permanecem. As barragens de rejeitos são aquelas típicas que são alteadas pelo material nela depositado e que podem conter água, mesmo após a sua desativação.

O Quadro 14 apresenta as principais características das bacias e barragens de rejeitos utilizadas, os objetivos e medidas de recuperação, as ações de recuperação utilizadas para minimizar ou eliminar os impactos ambientais e os principais itens de custos envolvidos.

Quadro 14

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para sistemas de barragens ou bacias de rejeitos

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas	Ações de recuperação
Bacias de rejeitos secas;	Controlar a migração de poeiras; Controlar a erosão pela água; Retornar a área ao uso original ou outro uso apropriado.	Estabelecer uma cobertura resistente à erosão com vegetação, solo, enrocamento ou água; Revegetar;	1.Desvios das drenagens originais; 2.Coleta e análise da água residual e dos rejeitos; 3.Uso de reagentes para a neutralização;
Barragens de rejeitos.	Usar fator de segurança maior que 1,5 para condições estáticas com resistência à erosão e proteção contra transbordamento; Remover ou estabilizar por longos períodos os vertedouros, torres de decantação e tubulação; Restringir o acesso à barragem; Controlar a qualidade das águas superficiais por meio de reações e/ou verificação da migração, coleta e tratamento; Retornar a área ao uso original ou outro uso apropriado.	Selecionar apropriadamente o local e o projeto da barragem; Estabilizar o corpo da barragem com a construção de bermas de pé e taludes menos inclinados; Aumentar a borda livre e/ou aumentar o vertedouro para prevenir erosão por transbordamento em eventos extremos; Fazer cercas para prevenir a erosão e o acesso com veículos motorizados; Projetar e construir desvios e vertedouros para eventos extremos e estabilidade de longa duração, monitorar, coletar e tratar os contaminantes; Revegetar.	4.Análise das amostras de rejeito coletadas; 5.Preparação do solo; 6.Tratamentos da superfície; 7.Coleta de sementes; 8.Semeadura ou plantio; 9.Manutenção do vertedouro, torres de decantação e corpo da barragem.

Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo
Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1 e 6);	Operação e manutenção de equipamentos (1 e 6);	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1 e 6);
Transporte de terra vegetal (1 e 6).	Coleta de água e amostras do rejeito (2 e 4); Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio etc. (6, 7 e 8); Instalação de drenagens de desvio (1); Manutenção dos vertedouros (9).	Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas, mudas etc. (6, 7, 8 e 9); Cimento, areia, brita, manilha (7); Reagentes (3); Análise das amostras do rejeito (4).

Itens de custo para equipamentos e obras civis

São considerados para cálculo do custo as construções de uma usina de beneficiamento, as estruturas associadas e os equipamentos de superfície e subterrâneos, além das áreas de estocagem de materiais. As estruturas associadas podem incluir escritórios, almoxarifados, refeitórios, filtros, laboratórios de ensaios, usina geradora de energia, fabricação e armazenagem de explosivos, locais de armazenagem de minério, guias, guinchos e equipamentos de poço, transportadores e equipamentos móveis.

O Quadro 15 apresenta as principais características das obras civis e dos equipamentos utilizados, os objetivos e medidas de recuperação, as ações de recuperação utilizadas para minimizar ou eliminar os impactos ambientais e os principais itens dos custos envolvidos em um Plano de Desativação.

Quadro 15

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para equipamentos e obras civis

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas	Ações de recuperação
Construções, equipamentos e áreas de estocagem.	<p>Controlar a entrada de pessoas estranhas;</p> <p>Encontrar critérios para a qualidade das águas;</p> <p>Retornar a área ao uso original ou outro uso.</p>	<p>Descontaminar, se necessário, desmontar e remover todos os equipamentos e construções;</p> <p>Encher as escavações;</p> <p>Remover tanques subterrâneos;</p> <p>Restaurar drenagens naturais;</p> <p>Avaliar os solos contaminados caso a caso, deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada;</p> <p>Reciclar produtos químicos de qualquer tipo, retorná-los ao revendedor, vendê-los em locais apropriados para solos contaminados;</p> <p>Revegetar áreas de lazer, casas populares etc.</p>	<p>1.Encher as escavações;</p> <p>2.Descontaminar as áreas contaminadas;</p> <p>3.Instalar placas de sinalização e cercas;</p> <p>4.Coletar e analisar os contaminantes;</p> <p>5.Dispor os solos contaminados e produtos químicos em local apropriado;</p> <p>6.Transportar e reutilizar os equipamentos.</p>
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo	
Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1 e 5);	Operação e manutenção de equipamentos (1, 5 e 6);	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 5 e 6);	
Transporte de equipamentos (6).	<p>Instalação de placas de sinalização (3);</p> <p>Coleta de amostras de solo (4).</p>	<p>Tintas, madeira e metal (3);</p> <p>Reagentes (2);</p> <p>Análise do solo contaminado (4).</p>	

Itens de custo para a infra-estrutura

Incluem as facilidades que fornecem suporte para as atividades da mina. Isto é, estradas, ferrovias, pistas de pouso, linhas de transmissão, torres de comunicação, tubulação de suprimento de água etc.

O Quadro 16 apresenta as principais características das áreas utilizadas para infra-estrutura, os objetivos e medidas de recuperação, as ações de recuperação utilizadas para minimizar ou eliminar os impactos ambientais e os principais itens de custos envolvidos em um Plano de Desativação.

Quadro 16

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para infra-estrutura

(adaptado de Canadá (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da recuperação	Medidas	Ações de recuperação
Estradas, pista de pouso, linhas de transmissão.	Controlar a erosão;	Desbloquear as vias de acesso;	1. Remover bueiros, todas as pontes, barricadas em vias de acesso;
		Preparar o solo para outra atividade futura ou a atividade anterior (agropastoril);	2. Preparar o solo;
		Restaurar as drenagens padrão;	3. Tratar a superfície;
	Dar segurança à comunidade;	Seguir as normas locais de manutenção e prevenir a sua utilização desnecessária;	4. Coletar sementes;
		Descarregar e travar todas as linhas de transmissão abertas e não essenciais;	5. Restaurar as drenagens originais;
		Remover todos os postes e fios elevados;	6. Instalar placas em áreas contaminadas ou de perigo para a população;
		Remover do terreno todos os cabos enterrados;	7. Desmontar e transportar equipamentos;
	Controlar a liberação das águas de superfície e subterrâneas, dos vertedouros ou de erosão;	Avaliar os solos contaminados, caso a caso. Deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada.	8. Coletar amostras de solo para verificar contaminação;
	Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.	Transferir aos novos proprietários, onde for apropriado;	9. Dispor materiais contaminados em locais adequados (aterros);
		Revegetar.	10. Remover todo material que não será utilizado no uso da terra.
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo	
Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1, 2, 7, 9 e 10);	Operação e manutenção de equipamentos (1, 2, 7, 9 e 10);	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 2, 7, 9 e 10);	
Transporte de equipamentos (7 e 10).	Instalação de placas de sinalização (6);	Tintas, madeira e metal (6);	
	Coleta de amostras de solo (8);	Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas, mudas etc. (2, 3 e 4);	
	Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio etc. (2, 3 e 4);	Reagentes (8);	
	Instalação de drenagens de desvio (5).	Análise das amostras do rejeito (8).	

METODOLOGIA PARA A ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Para a elaboração dos orçamentos dos trabalhos de recuperação ambiental de uma mina, é necessário montar um quadro de preços, onde apareçam todos os custos correspondentes a rendimento dos equipamentos utilizados, materiais de consumo e mão-de-obra envolvida nestes trabalhos (ver Figura 4).

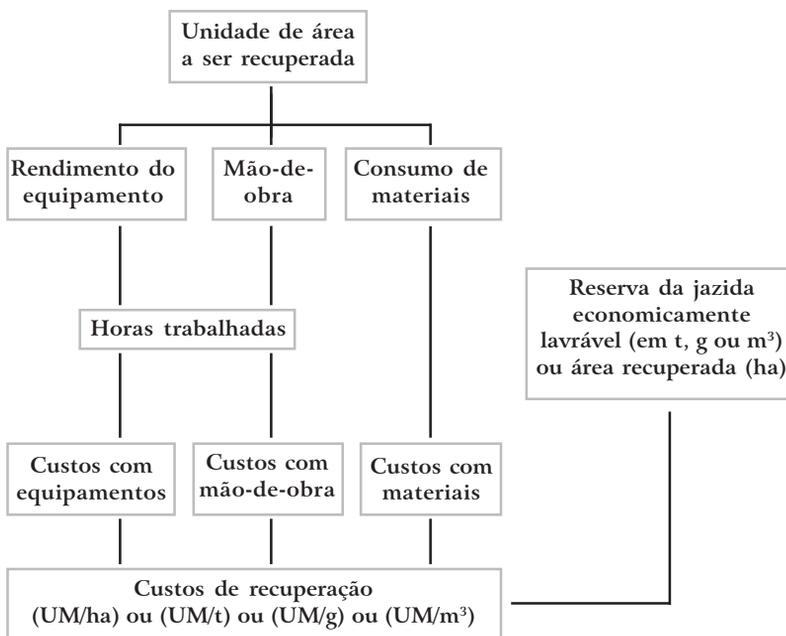


Figura 4. Metodologia para a elaboração de orçamento de recuperação ambiental.

Esta metodologia é utilizada para cada unidade de área onde são processadas as obras de recuperação ambiental, que podem ser: cavas, galerias subterrâneas, pilhas de estéril, bacias ou barragens de rejeitos, obras civis, infra-estrutura etc. Obviamente, cada unidade tem seu próprio volume de trabalho e características peculiares (rendimento de equipamentos e consumo de materiais destinados à recuperação).

A apropriação dos custos com os equipamentos depende do rendimento dos equipamentos e da quantidade de horas que estes foram utilizados. A mão-de-obra refere-se àquela utilizada na execução dos trabalhos de recuperação, sendo também apropriada pela quantidade de horas trabalhadas. Os gastos com materiais de consumo são aqueles envolvidos na compra de insumos (combustíveis, óleo lubrificantes, sementes, adubos, corretivos de solo, pesticidas etc.), necessários à realização de trabalhos de recuperação ambiental em áreas degradadas pela mineração.

O orçamento geral de recuperação ambiental de uma unidade de área é o somatório de todos os gastos necessários com equipamentos, mão-de-obra e materiais de consumo e é indicado na Unidade Monetária (UM) vigente em cada país.

Uma vez conhecidos os custos globais de recuperação dos terrenos afetados pela mineração, deve-se analisar a repercussão que estes custos podem ter sobre a economia da operação. Isto pode ser levado a cabo mediante a utilização de diversos indicadores econômicos e financeiros. Os mais recomendados para efetuar comparações ou estimativas econômicas rápidas são os que se referem à unidade de área recuperada ou à tonelagem ou ao volume de minério extraído.

A título de exemplo, no Brasil, podemos comparar os custos de recuperação de algumas empresas, dentre elas a Química Geral do Nordeste (QGN), produtora de barita; a Ottomar Mineração, produtora de areia e a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), produtora de alumínio, e perceber a disparidade entre eles. Estes custos de recuperação de áreas degradadas podem ser vistos no Quadro 17.

Quadro 17

Custos de recuperação da QGN, Ottomar Mineração e CBA

Empresa	Áreas recuperadas	Custos por hectare (R\$)
QGN	Mata nativa	3.164,75
	Mata nativa	1.864,02
Ottomar	Mata nativa	3.164,70
	Mata nativa	735,20
CBA	Mata nativa	11.900,00
	Pastagem	7.700,00

Quando se compara o custo de recuperação de área degradada por tonelada ou volume de minério extraído, a variação é maior do que o custo por hectare, pois depende das dimensões dos projetos, e, fundamentalmente, da reserva de massa mineral e da espessura dos terrenos de cobertura. Este indicador serve também para quantificar o acréscimo que o custo de produção terá com a realização dos trabalhos de recuperação ambiental. Este índice, por ser muito variável, não fornece um comparativo coerente para avaliar qual das três empresas descritas anteriormente realizou uma recuperação mais econômica.

Seria útil um índice que correlacionasse o custo de recuperação com o custo de produção da mina. Com este índice poderíamos fazer previsões do montante a ser destinado à recuperação ambiental já na fase de viabilidade econômica, podendo, assim, destinar uma quantia para este fim.

Neste sentido, propõe-se fazer uma montagem dos custos de recuperação de área degradada (cavas, pilhas, barragens ou bacias de rejeitos etc.), de modo a conseguir-se calcular o percentual de acréscimo nos custos de produção (P), através da seguinte fórmula:

$$P = \frac{CR}{Q \times CP} \times 100 \quad (1)$$

Onde CR representa os custos incorridos (em UM) após o término das operações mineiras (cavas, galerias subterrâneas, pilhas de estéril, barragens ou bacias de rejeitos etc.) ou das atividades da mina (desativação das operações citadas anteriormente, acréscimos de obras civis e infra-estrutura) nas ações de recuperação ou reabilitação de áreas degradadas, envolvendo mão-de-obra, equipamentos e insumos; Q é a quantidade de minério extraído na mina e processado (em t, g ou m³); e CP é o custo incorrido (em UM/t, g ou m³) na produção de um determinado bem mineral e envolve todos os gastos que a empresa tem para produzi-lo. Estes custos envolvem mão-de-obra, equipamentos, depreciação e impostos.

EXEMPLOS DA APROPRIAÇÃO DE CUSTOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Serão apresentados dois tipos de avaliação econômica, um de Oliveira Júnior (2000) para recuperação ambiental de pilhas de estéril da Mina Altamira, pertencente à Química Geral do Nordeste, município de Miguel Calmon (BA), que extrai barita, e outro de (BRUM, OLIVEIRA JÚNIOR e SANTOS, 2001) para a recuperação de áreas degradadas pela extração de areia de dunas da Ottomar Mineração Ltda, no município de Camaçari (BA). Todos estes dados foram obtidos usando uma estratégia preventiva, isto é, os trabalhos de recuperação foram realizados após a desativação das pilhas de estéreis e áreas de lavra.

A Mina Altamira produz uma quantidade média de estéril de 13,3 m³ para cada tonelada de barita extraída. A sua produção anual é de 28.000 t, conseqüentemente, gera 372.000 m³ de estéril no mesmo período. Esta grande quantidade de estéril faz com que a mina crie pilhas de estéril de grandes dimensões. O custo de extração da barita, na época em que o estudo foi feito, era de R\$ 53,84 por tonelada. As características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das pilhas são apresentados nos Quadros 18 e 19, enquanto que, no Quadro 20, são apresentados, de maneira resumida, os custos envolvidos na recuperação ambiental das pilhas de estéril da Mina Altamira.

Quadro 18

Volume, área e inclinação das pilhas de estéril A e B

Pilhas de estéril	Volume (m ³)	Área recuperada (ha)	Inclinação (graus)
Pilha A	1.400.000	5	34
Pilha B	770.000	10	37

Quadro 19

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das pilhas

Características das pilhas	Objetivo da recuperação	Medidas adotadas	Ações de recuperação
Perenes.	Evitar rupturas, afundamentos e descarga de sedimentos.	Instalar canaletas de drenagens superficiais e revegetação.	1. Drenagens superficiais; 2. Preparo do solo; 3. Tratamento da superfície; 4. Coleta de sementes; 5. Semeadura e plantio.
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custos com materiais de consumo	
Custos com tratores e pás-carregadeiras (2).	Operação e manutenção de equipamentos (2); Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio (2 a 5); Instalação das drenagens superficiais nas bermas e laterais das pilhas(1).	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (2); Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas etc.(2 a 5); Cimento, areia, pedra de mão etc. (1).	

Quadro 20

Custos envolvidos na recuperação ambiental das pilhas de estéril da Mina Altamira

Áreas recuperadas	Custo de recuperação (R\$)	Quantidade de minério extraído (t)	Custo de recuperação do minério extraído (R\$/t)	Custo de produção (R\$/t)	Acréscimo no custo de produção (%)
Pilhas A e B	34.464,01	138.750	0,24	53,84	0,46

Fonte: modificado de Oliveira Júnior (2000)

A Ottomar Mineração Ltda apresenta uma produção de 600.000 m³/ano de areia, sendo que o material extraído desta empresa é composto essencialmente de areia de granulometria fina a grossa e coloração branca. O principal composto mineral desta areia é a sílica (SiO₂), sendo esta empregada “*in natura*” na construção civil.

A área alvo da recuperação, a qual ainda apresenta trabalhos de lavra, está localizada na BA 512, km 14 (estrada Camaçari/Monte Gordo), em uma zona denominada Biribeira, na Fazenda República.

O início dos trabalhos de recuperação ficou concentrado em uma área de 16 ha no areal Biribeira. O Quadro 21 exemplifica as características das áreas de lavra, o objetivo, as medidas de recuperação, as ações envolvidas e os principais itens de custo envolvidos em um Plano de Desativação.

Quadro 21

Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das áreas a serem recuperadas

Características da cava	Objetivo da recuperação	Medidas adotadas	Ações de recuperação
Seca com enchimento total para reconformação do terreno.	Retornar a área ao uso anterior.	Recompor o solo para uso agrícola.	1.Reconformação do terreno; 2.Preparo do solo; 3.Tratamento da superfície; 4.Coleta de sementes; 5.Semeadura e plantio.
Custos com equipamentos	Custos com mão-de-obra	Custo com material de consumo	
Custos com tratores (1).	Operação e manutenção de equipamentos (1); Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio (2 a 5).	Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1);	Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas etc. (2 a 5).

O preço do metro cúbico (m³) na portaria da mina para o tipo de areia comercializada pela Ottomar Mineração era de R\$ 6,00 e o custo de produção era de R\$ 1,15/m³ de areia extraída. O Quadro 22 mostra os custos para a recuperação do Areal Biribeira.

Quadro 22

Custos envolvidos na recuperação ambiental do Areal Biribeira

Área recuperada	Custo de recuperação (R\$)	Quantidade de minério extraído (m ³)	Custo de recuperação do minério extraído (R\$/m ³)	Custo de produção (R\$/m ³)	Acréscimo no custo de produção (%)
Areal Biribeira	11.762,90	348.925	0,03	1,15	2,90

Fonte: modificado de Brum, Oliveira Júnior e Santos (2001)

É possível perceber-se que a apropriação dos custos de recuperação ambiental depende dos objetivos e medidas que serão adotados no momento da recuperação. Só após a definição destes itens é que podemos definir as ações necessárias à recuperação, sendo, então, possível quantificar, em termos monetários, o valor real da recuperação das áreas degradadas.

Nos casos apresentados – pilha de estéril e lavra de areia – podemos notar que o acréscimo no custo de produção para pilhas de estéreis foi menor (0,46%) que o de recuperação de um areal (2,90%). No caso das pilhas, não se considerou a área de lavra que deve ser recuperada, o que, com certeza, aumentará os custos de recuperação e, conseqüentemente, os custos de produção.

PREVISÃO DE CUSTOS EM UM PLANO DE DESATIVAÇÃO

Brandt (1998) diz que os custos de desativação de um empreendimento mineiro devem ser definidos nos estudos de viabilidade econômica. Pelos resultados obtidos nos exemplos do item anterior, podemos observar que os aumentos nos custos de produção estão aproximadamente na faixa de 0,50% a 3%, o que significa aumentos irrisórios nestes custos.

Podemos estimar o valor referente à recuperação de uma mina em ordem de grandeza, e acrescentá-lo ao estudo de viabilidade. Para isso, devemos conhecer a reserva lavrável e o custo médio de produção do bem mineral explotado em estudo. De posse destes dados, poderemos idealizar vários cenários de custos de recuperação, bastando para isso alterar o valor do percentual de acréscimo nos custos médios de produção.

Utilizando a expressão (1) para cálculo de percentual de acréscimo nos custos de produção (P), coloca-se o CR (custo de recuperação) em função dos demais membros da equação, encontrando-se a seguinte expressão:

$$CR = \frac{P \times CP \times Q}{100\%} \quad (2)$$

Isto significa que podemos quantificar, em projeto, quanto seria despendido na recuperação de áreas degradadas de uma mina qualquer. Tome-se como exemplo uma mina de ouro com lavra a céu aberto, recuperação do ouro por lixiviação em pilhas e vida útil de dez anos, cuja reserva lavrável é de 4.500.000 g de ouro e custo de produção médio de R\$ 19,45 por grama.

Para o cálculo da estimativa de custo de recuperação, basta substituir em (2) os dados citados e fazer variar o percentual de acréscimo nos custos de produção (P). Como exemplo, a variação escolhida foi entre 1% e 5%, embora nos casos estudados anteriormente, não tenha passado dos 3%. Assim, os dados correspondentes a 4% e 5% foram colocados para efeito de comparação. O Quadro 23 explica os cenários estudados.

Quadro 23

Cenários de custos de recuperação de acordo com a variação dos percentuais de acréscimo nos custos de produção

Cenários	P/100%	CP (R\$/g)	Q (g)	CR (R\$)
A	0,01	19,45	4.500.000	875.250,00
B	0,02	19,45	4.500.000	1.750.500,00
C	0,03	19,45	4.500.000	2.625.750,00
D	0,04	19,45	4.500.000	3.501.000,00
E	0,05	19,45	4.500.000	4.736.250,00

A capitalização de recursos para a realização dos trabalhos de recuperação ambiental e desativação de mina assemelha-se a um plano de aposentadoria programada. Ambos têm como finalidade a preocupação com o futuro, quando não só o aposentado como a empresa, ao final da sua vida produtiva, necessitam de rendimentos: o primeiro, para ter uma velhice tranqüila, o segundo, para conseguir recuperar os passivos ambientais deixados e fazer o monitoramento da área. Outro fator interessante é o tempo de capitalização e o dinheiro empregado. Quanto mais se tem um, menos se precisa do outro, isto é, quanto mais tempo se leva capitalizando (maior vida útil de uma mina), menos dinheiro será despendido. Tal como ocorre em um plano de aposentadoria, no período subsequente à desativação (recuperação das áreas degradadas, manutenção e monitoramento), os gastos serão menores que o valor atual. Estima-se que no período pós-desativação haja uma queda de cerca de 50% com os gastos relativos a pessoal, produção do bem mineral etc.

Por exemplo, uma pessoa que deseje se aposentar aos 50 anos com uma renda média de R\$ 3.000,00 ao mês, por 20 anos, após a aposentadoria, terá que aplicar os valores dispostos no Quadro 24, que variam de acordo com a idade que esta pessoa deseja iniciar a aplicação. Destaca-se que a taxa de retorno utilizada foi de 8%.

Quadro 24

Exemplo de investimentos de acordo com a idade

Fonte: modificado de Luquet (2001)

Idade de início da aplicação (anos)	Contribuição mensal (R\$)	Renda mensal desejada (R\$)
25	368,39	3.000,00
30	584,15	
35	971,32	
40	1.769,52	

Analogamente, se utilizássemos para a mesma mina tomada como exemplo anteriormente o custo de recuperação de 3% (Cenário C, Quadro 23), e fizéssemos uma previsão para a capitalização no início da mina e outra na metade da sua vida útil, para a mesma taxa de juros (8%), igual renda anual para as duas opções, ter-se ia o panorama descrito no Quadro 25:

Quadro 25

Períodos diferentes de capitalização para minas com recuperação após a lavra

Fonte: adaptado de Luquet (2001)

Início da capitalização	Contribuição anual até a desativação (R\$)	Renda anual após a desativação (R\$)
Início da mina	391.314,18	577.379,53
Após 5 anos	966.282,41	

Pode-se perceber que quanto mais cedo se começa a capitalizar, menos dinheiro tem-se que despendar para obter a mesma renda mensal pelo mesmo período.

Os cálculos indicados no Quadro 25 referem-se a cenários em que a recuperação ocorrerá após a lavra, que é semelhante a um plano de aposentadoria programada. Para casos em que a recuperação ocorre simultânea à lavra e a capitalização ocorre no início da vida da mina, podemos pensar na seguinte situação: tome-se como exemplo a mesma mina com vida útil de dez anos. Caso os trabalhos de recuperação estejam programados para ocorrerem no quarto ano, os seus gastos corresponderão a 30% do que é capitalizado anualmente; caso ocorram no sétimo ano, os seus gastos corresponderão ao valor total do que é capitalizado anualmente.

Quadro 26

Valores de capitalização para recuperações simultâneas à lavra

Capitalização nos 3 primeiros anos (R\$)	Capitalização no quarto ano (R\$)	Capitalização no quinto e sexto anos (R\$)	Capitalização no sétimo ano (R\$)	Capitalização no oitavo, nono e décimo anos (R\$)	Renda anual após a desativação (R\$)
1.270.362,35	295.833,52	813.933,49	Zero	1.270.362,35	371.810,64

Comparando os Quadros 25 e 26, pode-se observar que, no primeiro, os valores capitalizados são uniformes e o valor destinado à recuperação, após a desativação, é maior. Por outro lado, na recuperação simultânea, os valores não são uniformes, pois há necessidade de utilizar o montante capitalizado para a realização de recuperações de áreas degradadas. Conseqüentemente, os valores que serão destinados à recuperação, após a desativação, são menores, assim com o passivo ambiental a ser recuperado.

Os gastos com recuperação indicados acima podem servir de base para se computar os verdadeiros custos após a desativação. A opção por um desses métodos dependerá da disponibilidade de capital da empresa, das alternativas de recuperação previstas, de informações de outras empresas que exploram o mesmo mineral com métodos semelhantes e até da própria experiência da equipe da empresa.

As vantagens de se saber, antecipadamente, a ordem de grandeza dos custos de recuperação ambiental são:

- » Poder incluir nos estudos de viabilidade uma quantia destinada a este fim;
- » Fazer uma previsão contábil de desembolsos à medida que as áreas de lavra forem sendo desativadas;
- » Aplicar a quantia destinada à recuperação ambiental no mercado financeiro e utilizar os dividendos à medida que o cronograma de recuperação for executado;
- » Poder avaliar e corrigir os custos de recuperação periodicamente;

- » Não precisar despendar grandes quantias para a recuperação de áreas degradadas após a desativação da mina, período em que as empresas estão geralmente descapitalizadas.

Visando auxiliar no cálculo dos custos de recuperação de áreas degradadas, foi desenvolvido o programa Fumanchu – Sistema computacional para cálculo e análise de custos de recuperação de áreas degradadas na desativação de mina –, que está sendo, no momento, aperfeiçoado, e que serve para simular os valores a serem desembolsados pelas empresas neste sentido.

Este programa foi apresentado, inicialmente, no III Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, realizado em Belo Horizonte (MG), em 2004 (OLIVEIRA JÚNIOR, SOUZA e LINS).

CONCLUSÕES

A falta de um Plano de Desativação a ser implementado no início da mina, elaborado com base nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e no Plano de Aproveitamento Econômico (PAE), torna difícil a adoção de alternativas adequadas de recuperação durante a vida da mina e após a sua desativação.

O Plano de Desativação deve envolver a empresa, seus funcionários, a comunidade atingida diretamente pelos efeitos da mina e o órgão ambiental, e deve prever o estabelecimento de metas a serem alcançadas ao longo da vida útil da mina e após o seu fechamento. Deve envolver, também, a área diretamente afetada e a avaliação da desativação sobre o meio físico, a biota e a sócio-economia da região, propondo alternativas tecnológicas e de procedimentos para um uso futuro pré-determinado.

Para se alcançar as metas propostas são necessários programas a serem desenvolvidos durante a vida da mina e após o encerramento das atividades mineiras. Estes programas podem envolver preparação e treinamento dos empregados para exercer outros ofícios, apoio à criação de pequenas empresas, apoio à diversificação da economia do município, remediação de áreas contaminadas, manutenção dos sistemas de gerenciamento e controle implementados na desativação da mina, dentre outros. Todas estas atividades devem ser revistas periodicamente, não só para avaliar a adequação das medidas tomadas, mas também para reajustar o aporte de verbas necessário à execução do plano.

O Plano de Desativação pode ser implementado no Brasil de duas maneiras: quando da abertura de uma nova mina, deve seguir uma estratégia proativa, sendo implementado desde o início das atividades; para as empresas que estão em funcionamento e têm mais de 10 anos de vida útil, pode-se utilizar a mistura de estratégias, preventiva e proativa, como uma maneira de preparar-se para a futura desativação.

O bom conhecimento dos custos é fundamental ao processo de desativação. Quanto mais cedo a empresa pensa e prepara-se para o fechamento da mina, menores serão os investimentos necessários. Uma empresa que utilize índices confiáveis de cálculo e que preveja a ordem de grandeza dos gastos necessários à desativação e acrescente-os aos demais custos nos estudos de viabilidade econômica, terá mais chances de capitalizar-se, preparando-se para uma desativação futura. Tal capitalização assemelha-se a um Plano de Aposentadoria Programada: a empresa define, antecipadamente, o período de capitalização, a contribuição anual durante a vida da mina e a renda anual necessária à recuperação e manutenção da área degradada durante as operações mineiras e após a desativação da mina. Adotando-se estas medidas, pode-se fazer uma previsão contábil dos desembolsos, aplicar a quantia capitalizada no mercado financeiro, avaliar e corrigir os custos de recuperação periodicamente e, após a desativação, a empresa não precisará despende grandes quantias para a recuperação das áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTRALIA. Environment Protection Agency. *Rehabilitation and revegetation*. Barton: EPA, 1995. 36 p. (Best practice environmental management in mining).

BAHIA (Estado). *Cadastro do produtor mineral*. [s.l.]: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1994.

BAHIA (Estado). Secretária da Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. *Mapa dos recursos minerais da Bahia*. [s.l.]: 1995. Escala 1:75.000 (1 Mapa).

BAHIA (Estado). Superintendência de Geologia e Recursos Minerais. Gerência de Economia Mineral. *Mineração na Bahia – principais indicadores*. [Salvador], 1995.

BITTAR, O. Y. *Aspectos geológicos na recuperação de áreas degradadas por atividade de mineração*. 1995. Curso proferido junto à UNICAMP, 1995. Impacto Ambiental na Mineração – Instrumento de Gestão.

BITTAR, O. Y. *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo*. 1997. 185 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRANDT, W. Avaliação de cenários futuros em planos de fechamento de mina. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Ed.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.131-134.

BRASIL MINERAL. As 100 maiores empresas do setor mineral brasileiro. São Paulo: Signus, n. 161, maio 1998. Edição especial.

BRUM, I. A. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. de; SANTOS, M. C. Análise do plano de recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia – Ottomar Mineração. In: VI Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, XVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2001, Rio de Janeiro. *Anais...*Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. v. 3. p.340-344.

BRUM, I. A. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. B.; CASSA, J. C. S.; CARVALHO, I. G. Mining and Environment – A Preliminary Assessment of the Bahia State – Brasil. In: V ENCUENTRO DEL HEMISFÉRIO SUR SOBRE TECNOLOGIA MINERAL, 1997, Buenos Ayres – Ar, 1997. Anais...

CANADÁ. Ontario Ministry of Northern Development and Mines. *Rehabilitation of Mines Guidelines for Proponents*. Ontario, Canada, June, 1995.

CASSA, J. C. da S. OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. de; BRUM, I. A. S. de Mineração e meio ambiente: uma avaliação do Estado da Bahia. *EGATEA*: Revista da Escola de Engenharia, Porto Alegre, p. 269-278, 1996. Número especial. Apresentado ao 4º Congresso Ítalo-Brasileiro de Engenharia de Minas. Canela, Rio Grande do Sul, 1996.

CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS *Renovação de Licença de Operação da Mineração Caraíba*, Salvador, 1999.

CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS. *Licença de Operação da Jacobina Mineração*, Salvador, 1996 (Parecer Técnico 043/96).

CLARK, A. L.; NAITO, K.; CLARK, J. C. Legal framework for mining closure. In: WORKSHOP OF MINE CLOSURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, London, 2000. *Mine closure and sustainable development*. London: Mining Journal Books, 2000. p. 93-123.

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. *Plano de recuperação de áreas degradadas da unidade operacional de Maria Preta (COSIBRA)*. Teofilândia. Jul. 2001.

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. *Roteiro para a elaboração de plano de fechamento de mineração de ouro e monitoramento ambiental: unidade operacional de Fazenda Brasileiro*. Teofilândia, 1997 (Relatório Interno).

ENVIROMINE: Release of Sherwood uranium mill site. *Mining Environmental Management*, London, p. 41, May, 2001.

FERREIRA, A. B. H. *Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

HIDRAÚLICA E SANEAMENTO. *Mapa de localização das áreas a serem recuperadas*. [s.l.], 1997a. Escala 1:25.000 (1 Mapa).

HIDRAÚLICA E SANEAMENTO. *Plano de fechamento e monitoramento ambiental para o encerramento das atividades na unidade operacional da Fazenda Maria Preta, em Santa Luz, Bahia*. Salvador, 1997. v. 1. (Relatório Final).

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília, 1990. 96 p.

INSTITUTO TÉCNICO GEOLÓGICO DE ESPANHA. *Evaluación económica de los proyectos de restauración: publicación anual del gobierno de España*. [s.l.]: ITGE, 1989. 316p.

IUDÍCIBUS, S.; MARION, J. C. *Curso de contabilidade para não contadores*. 2º ed. São Paulo: Atlas, 1999. 280 p.

KNOLL, R. Planning for mine closure: responsibility of regulators, community or industry? In: MINERALS COUNCIL OF AUSTRALIA ENVIRONMENTAL WORKSHOP, Sidney, 1998. *Anais...* Sidney: [s.n.], 1998. p. 69-81.

LAWRENCE, D. C. Mine closure and community. *Mining Environmental Management*, London, v. 9, n. 4, p.10-13, Junho. 2001.

LIMA, H. M.; WATHERN, P. Mine closure: a conceptual review. *Mining Engineering*, New York, v. 51, n. 11, p.41-45, Nov. 1999.

LONGMAN dictionary of contemporary English. 3º ed. Harlow: Longman, 1995.

LUQUET, M. *Guia valor econômico de planejamento da aposentadoria*. São Paulo: Globo, 2001.

LUZ, A. B.; DAMASCENO, E. C. *Desativação de minas*. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1996. 18 p. (Série Tecnologia Ambiental, n. 14)

MARCUS, J. J. Closing BHP's Island Copper mine: a study in dignity, honor, and pride. *Engineering Mining and Journal*, New York, v. 198, n. 2, p.28-34, Feb. 1997.

McHAINA, D. M. Environmental planning considerations for decommissioning, closure and reclamation of a mine. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ISSUES AND MANAGEMENT OF WASTE IN ENERGY AND MINERAL PRODUCTION, 6º, Calgary, 2000. Environmental issues and management of waste in energy and mineral production *Proceedings...* Rotterdam: Balkema, 2000. p. 465-472.

MUDDER, T.; HARVEY, K. Closure concepts. *Mining Environmental Management*, London, v. 6, n. 6, p.8-10, Nov. 1998.

NEGRÃO, R. C. A. *Mineração e o desenvolvimento sustentável: casos da Companhia Vale do Rio Doce*. 1996. 432 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

NORONHA, L.; WARHURST, A. Integrated environmental management and planning for closure: the challenges. *Mineral & Energy*, Scandinavian, v. 14, n. 4, p 6–11, 1999.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. de *Custos associados à proteção ambiental na mineração*. 1992. 136 p. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. de *Custos associados à recuperação ambiental na mineração*. 10 p. Trabalho apresentado ao 2º Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Proteção Ambiental, Unicamp, junho, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. de Desativação de empreendimentos mineiros na Bahia. In: SOUTHERN HEMISPHERE MEETING ON MINERAL TECHNOLOGY, 6º; ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 18º, Rio de Janeiro, 2001. *Proceedings...* Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. v. 3, p.345-349.

OLIVEIRA JUNIOR, J. B. Desativação de empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental. 2001. 179p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PAYNE, R. Elliot Lake: a case study in mine closure. In: WORKSHOP OF MINE CLOSURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, London, 2000. *Mine closure and sustainable development*. London: Mining Journal Books, 2000. p.53-56.

REIS, N. L.; BARRETO, M. L. *Desativação de empreendimentos mineiros no Brasil*. São Paulo: Signus, 2001. 48 p.

RIBEIRO, M. S. Custeio das atividades de natureza ambiental. 1998. 230p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE, 1995. p.31-57 (Série Meio Ambiente).

SÁNCHEZ, L. E. *A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental*. 1998. 178p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SÁNCHEZ, L. E. *Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais*. São Paulo: EDUSP, 2001.

SÁNCHEZ, L. E. Drenaje de mina a cielo abierto. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. (Ed.). *Aspectos geológicos de protección ambiental*. Montevideo: Unesco, 1995. v. 1, p.135-144.

SÁNCHEZ, L. E. *Notas de aula*. São Paulo: EPUSP, 2000. 16 p. Material didático relativo à disciplina Recuperação de Áreas Degradadas.

SASSOON, M. Environmental aspects of mine closure. In: WORKSHOP OF MINE CLOSURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, London, 2000. *Mine closure and sustainable development*. London: Mining Journal Books, 2000. p. 116–123.

SILVA, L. A. A. A desativação de empreendimentos mineiros – uma ótica geomecânica. In: VILLAS BOAS, R. C.; BARRETO, M. L. (Ed.). *Cierre de minas: experiências en Ibero-America*. Rio de Janeiro: CYTED/IMAAC/UNIDO, 2000. p.259-273.

SOUZA, M. L. C. *Licenciamento ambiental passo a passo. Normas de procedimento: guia para empreendedores e técnicos que atuam na área ambiental*. Salvador: SEPLANTEC, 2000. 112 p.

TAVEIRA, A. L. S. *Análise qualitativa da distribuição de custos ambientais. Estudo de caso da SAMARCO Mineração S. A.* 1997. 162 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo.

VALE, E. Fechamento de minas: módulo econômico e financeiro. In: VILLAS BOAS, R. C.; BARRETO, M. L. (Ed.). *Cierre de minas: experiências en Ibero-America*. Rio de Janeiro: CYTED/IMAAC/UNIDO, 2000. p.383-389.

VASCONCELOS, M. M. T. *Diagnóstico da degradação do meio físico e proposição de medidas de recuperação em áreas de mineração abandonadas, na Bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo*. 2000. 237p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WELCHMAN, B.; ASPINALL, C. Island Copper Mine: a case history. In: WORKSHOP OF MINE CLOSURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, London, 2000. *Mine closure and sustainable development*. London: Mining Journal Books, 2000. p.56-62.

Este livro foi publicado
no formato 150 x 220mm
miolo em papel 75g/m²
tiragem 500 exemplares
Impresso no setor de reprografia da EDUFBA
Impressão de capa e acabamento:
Bureau Gráfica e Editora

ISBN 85-232-0382-6



9 788523 120382 5



CREA-BA

Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura
e Agronomia da Bahia