JOSÉ BAPTISTA DE OLIVEIRA JÚNIOR

**DESATIVAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS MINEIROS:
ESTRATÉGIAS PARA DIMINUIR O PASSIVO AMBIENTAL**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do Título de Doutor em
Engenharia.

São Paulo
2001

JOSÉ BAPTISTA DE OLIVEIRA JÚNIOR

**DESATIVAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS MINEIROS:
ESTRATÉGIAS PARA DIMINUIR O PASSIVO AMBIENTAL**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Doutor em
Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Mineral

Orientador:
Luís Enrique Sánchez

São Paulo
2001

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira Júnior, José Baptista

Desativação de empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental. São Paulo, 2001.

179 p.

Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo.

1. Mineração - Desativação de mina. Mineração – Fechamento de mina. 3. Mineração – Descomissionamento. 4. Mineração – Custos de desativação. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de engenharia de Minas e Petróleo. II. t

À Sandra, Malu e Sofia pelo carinho,
compreensão e apoio para a realização desta
tese.

AGRADECIMENTOS

Ao apresentar esta tese expresso o meu reconhecimento à contribuição de determinadas pessoas e entidades, sem os quais não seria possível a sua realização.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, a qual permitiu a concretização deste trabalho.

Ao Setor de Engenharia de Minas do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais da Universidade Federal da Bahia, pelo apoio e incentivo para a realização do doutorado.

Ao Professor Doutor Luis Enrique Sánchez, da Universidade de São Paulo, meu orientador científico neste trabalho, manifesto minha gratidão por tudo que me ensinou, pelas horas dispensadas nos serviços de orientação e, sobretudo pelo apoio e estímulo para a realização desta tese.

A todas as empresas pesquisadas que permitiu a minha visita para a realização dos trabalhos de campo.

À Companhia Vale do Rio Doce nas pessoas dos Técnicos Cid Moreira e Celso Medeiros e do Superintendente de Mineração Carlos Eugênio Victorasso, pelas facilidades e presteza com que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A desativação de um empreendimento mineiro é uma etapa importante do planejamento de uma mina e o seu estudo tem a finalidade de reduzir ou eliminar o passivo ambiental após o fechamento de uma mina. Para isto, são necessárias ações e programas desenvolvidos durante a vida da mina, com a participação de todos os interessados. É também relevante a previsão dos gastos com recuperação e desativação na fase de viabilidade econômica por meio de índices confiáveis. Foram avaliadas três empresas com áreas desativadas: uma desativada totalmente, a outra com frente de lavra desativada e a terceira paralisada. Ficou evidente, neste trabalho, a falta de roteiros e normas na legislação ambiental para a preparação da desativação no início de uma mina. Esta falta induz o empreendedor a só se preocupar com a desativação e a preparação de um plano quando o fechamento da mina é iminente; neste momento, as empresas estão descapitalizadas e os custos com a recuperação serão elevados. Foram propostos, modelo de Plano de Desativação, a ser preparado na etapa de planejamento da mina, e um índice econômico que relaciona os custos de recuperação aos custos de produção da mina na fase de viabilidade econômica.

ABSTRACT

One of the most important stages in the mine planning is the closure of a mine. This study has the aim to minimize or eliminate the well-known environmental damage left after the closure of the mine site. In order to carry out the process of mine closure, some procedures and programs should be conducted during the mine life cycle, involving people who are interested in environment problems. It is also important, the previous calculation of the environmental cost and all the cost relate to the closure of the mine itself during the mine project by using reliable cost index. In this research, three different mining companies having abandoned areas were evaluated: the first being closed-down completely, the second one having an abandoned mining face and the third one was thoroughly paralyzed. It was demonstrated in this case-study that there aren't any procedures or specifications for mines closure which could be considered in beginning of the mining project. This lack of regulation and procedures related to mining closure makes mining company managers or mining company owners only take into consideration a closure mining plan in the final stage of the production when the mine site needs to be closed as soon as possible. However, at that stage, most mining companies are with lack of working capital and the cost of environment protection is very expensive. As result of this research, a Closure Mine Model was proposed, which should be prepared in the very beginning of the mining planning stage. It was also proposed an economic index that is related to the cost of environment protection to the mining production cost in the stage of the economical feasibility studies.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FOTOGRAFIAS

LISTAS DE SIGLAS

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	1
2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO	5
2. 1 Conceitos gerais	5
2. 2 Objetivos da recuperação de áreas degradadas	9
2. 3 Princípios de recuperação de áreas degradadas	11
2. 4 Objetos da recuperação de áreas degradadas	12
2. 5 Medidas de recuperação para áreas degradadas	13
2. 6 Planejamento ambiental da recuperação de áreas degradadas	14
2. 7 Técnicas de recuperação ambiental para áreas degradadas	15
3 DESATIVAÇÃO DE MINA	30
3. 1 Conceitos sobre desativação de mina	31
3. 2 Objetivos da desativação	34
3. 3 Problemas ambientais causados pela desativação inadequada de uma mina	35
3. 4 Razões da desativação	37
3. 5 Fases da desativação	38
3. 6 Objetos da desativação de mina	45
3. 7 Estratégias para a desativação de mina	60
3. 8 Plano de desativação de mina	61
3. 8. 1 Objetivos do plano de desativação	62
3. 8. 2 Plano de desativação elaborado após a desativação da mina	65
3. 8. 3 Plano de desativação elaborado no início da mina	70
3. 9 Custos de recuperação ambiental	83
3. 9. 1 Custos de proteção e preservação ambiental	85
3. 9. 2 Custo de recuperação das principais atividades mineiras	85
3. 10 Metodologia para elaboração de orçamento de recuperação ambiental	92

3. 10. 1 Exemplos de apropriação de custos de recuperação de áreas mineradas ...	97
3. 11 Previsão de custos em um plano de desativação.	100
4 O ESTÁGIO ATUAL DOS TRABALHOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E PLANOS DE DESATIVAÇÃO NO ESTADO DA BAHIA	105
4.1-Licenciamento ambiental no Estado da Bahia	108
4.2-Levantamento de dados no CRA	112
4.3-Questionário respondido pelas empresas envolvidas na pesquisa	113
5 DESATIVAÇÃO DA MINA DE MARIA PRETA	116
5. 1 Mineração Caraíba S A	120
5. 2 Jacobina Mineração S A	122
5. 3 Companhia Vale do Rio Doce - Fazenda Brasileiro	126
5. 4 Companhia Vale do Rio Doce - Fazenda Maria Preta	129
5. 4. 1 Histórico da desativação	130
5. 4. 2 Caracterização da área de entorno da mina	131
5. 4. 3 Caracterização da mina	136
5. 4. 4 Descrição dos passivos ambientais	140
5. 4. 5 Destinação futura da área da mina	150
5. 4. 6 Plano de desmontagem e recuperação ambiental	151
5. 4. 7 Monitoramento da mina e entorno	155
5. 4. 8 Custo do projeto	157
5. 4. 9 Execução dos trabalhos	161
5. 4. 10 Análise e discussão	163
5. 4. 11 Conclusão do capítulo	170
6 CONCLUSÕES DA TESE	172
7 LISTA DE REFERÊNCIAS	175
8 ANEXO	176

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 – Síntese comparativa do conceito	8
Quadro 2-2 - Atividades mineiras e medidas adotadas para a reconformação do terreno	24
Quadro 3-1 - Objetivos e medidas de recuperação para lavra subterrânea (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))	47
Quadro 3-2 - Objetivos e medidas de recuperação para lavra a céu aberto (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))	49
Quadro 3-3 - Objetivos e medidas de recuperação para pilhas de minério lixiviado, marginal, concentrado e rochas de decapeamento (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).	51
Quadro 3-4 - Objetivos e medidas de recuperação para sistemas de barragens ou bacias de rejeitos (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))	54
Quadro 3-5 - Objetivos e medidas de recuperação para tratamento de água usada na mina (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))	56
Quadro 3-6 - Objetivos e medidas de recuperação para equipamentos e obras civis (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))	58
Quadro 3-7 - Objetivos e medidas de recuperação da infra-estrutura (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))	59
Quadro 3-8 - Objetivos e controle que devem ser previstos para os empregados e a comunidade local na desativação de uma mina	64
Quadro 3-9 - Serviço, estruturas, locais e métodos de monitoramento Fonte: CANADA (1995)	78

Quadro 3-10 - Métodos de monitoramento para estabilidade química	80
Quadro 3-11 - Características, objetivos, medidas e ações de recuperação e itens de custos para lavra subterrânea	87
Quadro 3-12 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custos para lavra a céu aberto	88
Quadro 3-13 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custos para pilhas de estéril e minério lixiviado	90
Quadro 3-14 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custos para sistemas de barragens ou bacias de rejeitos	91
Quadro 3-15 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para equipamentos e obras civis	93
Quadro 3-16 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para infra-estrutura	94
Quadro 3-17 - Custos de recuperação da QGN, Ottomar Mineração e CBA	96
O Quadro 3-18 - Montagem dos custos de recuperação de área degradada	97
Quadro 3-19 - Características das pilhas de estéril da Mina Altamira	98
Quadro 3-20 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das pilhas	98
Quadro 3-21 - Custos envolvidos na recuperação ambiental das pilhas de estéril da Mina Altamira	99
Quadro 3-22 - Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das áreas de areia	99

Quadro 3-23 - Custos envolvidos na recuperação ambiental do Areal Biribeira ...	100
Quadro 3-24 - Cenários de custos de recuperação de acordo com a variação dos percentuais de acréscimo nos custos de produção	101
Quadro 3- 25 - Exemplo de investimentos de acordo com a idade	102
Quadro 3-26 - Períodos diferentes de capitalização para minas com recuperação após a lavra	102
Quadro 3-27 - Valores de capitalização para recuperações simultâneas à lavra	103
Quadro 4-1 - Relação das empresas pesquisadas e sua posição no ranking	106
Quadro 4-2 - Relação das empresas por categoria mineral	106
Quadro 4-3 - Relação das perguntas efetuadas aos prepostos das empresas pesquisadas	115
Quadro 5-1 - Resumo dos dados obtidos no CRA para minerais metálicos	117
Quadro 5-2 - Resumo dos dados obtidos no CRA para minerais industriais	117
Quadro 5-3 - Resumo das respostas obtidas das empresas pesquisadas através de questionários para minerais metálicos	118
Quadro 5-4 - Resumo das respostas obtidas das empresas pesquisadas através de questionários para minerais industriais	119
Quadro 5-5 - Situação atual das empresas com áreas desativadas ou paralisadas ..	120
Quadro 5-6 - Relação das cavas inundadas, área e profundidade	141
Quadro 5-7 - Relação das cavas secas com e sem desmonte, áreas e profundidades .	143

Quadro 5-8 - Relação das pilhas de minério lixiviado com as alturas e áreas	147
Quadro 5-9 - Áreas a serem recuperadas e as respectivas etapas de recuperação ..	152
Quadro 5-10 - Resultados das análises químicas das amostras de água	155
Quadro 5-11 - Amostras de solo para análise química de cianeto	156
Quadro 5-12 - Síntese dos custos de revegetação	160
Quadro 5-13 - Síntese dos custos com monitoramento	160
Quadro 5-14 - Resumo das áreas recuperadas e entregues aos superficiários	161
Quadro 5-15 - Comparativo entre a recuperação proposta e a realizada	163
Quadro 5-16 - Resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização em amostras da pilha de minério lixiviado extinto	167
Quadro 5-17 - Resumo dos custos envolvidos de terceiros, CVRD e HISA	168
Quadro 5-18 - Percentuais de acréscimo no custo de produção	169
Quadro 5-19 - Previsão de contribuição anual e renda anual desejada para a desativação para a Mina Maria Preta	169

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - Inclinação recomendada para diversos usos finais do solo. Segundo Williamson <i>et al</i> (1982). (IBAMA 1990, p. 90)	21
Figura 2-2 - Diferentes alternativas de reafeiçoamentos topográficos de uma área de extração de areia. (Sánchez, 2000, p. 16)	22
Figura 3-1 - Fluxograma das Fases da Mineração e Desativação de Mina	40
Figura 3-2 - Fluxograma de Estratégia Preventiva de Desativação de um Empreendimento Mineiro. (Adaptado de Sánchez, 1998)	66
Figura 3-3 - Fluxograma de Estratégia Proativa de Desativação de um Empreendimento Mineiro. (Adaptado de Sánchez, 1998)	72
Figura 3-4 - Metodologia para a elaboração de orçamento de recuperação ambiental	95
Figura 4-1 - Mapa de Localização das empresas pesquisadas	107
Figura 4-2 - Fluxograma simplificado do licenciamento no Estado da Bahia. Fonte: Souza (2000)	109
Figura 5-1 - Localização dos pontos de monitoramento da Fazenda Maria Preta ..	157

LISTA DE FOTOS

Foto 5-1 – Vista geral da cava da Mineração Caraíba, sentido sul/norte. Ao fundo vemos as bancadas, bermas, estéril disposto em sua borda e na cava	122
Foto 5-2 - Vista geral da usina de beneficiamento da Jacobina Mineração, paralisada	123
Foto 5-3 - Vista geral da barragem de rejeitos da Jacobina Mineração	123
Foto 5-4 - Vista geral da oficina central e borracharia	124
Foto 5-5 - Vista geral da entrada principal da mina subterrânea da Jacobina Mineração, fechada com grades metálicas	124
Foto 5-6 - Vista geral da pilha de estéril da Mina de João Belo (Jacobina Mineração)	125
Foto 5-7 - Vista geral da entrada da mina de João Belo, cota 770. (Jacobina Mineração)	125
Foto 5-8 - Vista geral de parte da cava a ser enchida por estéril (Mina Fazenda Brasileiro - CVRD)	127
Foto 5-9 - Caminhão descarregando estéril para o enchimento da cava (Mina Fazenda Brasileiro - CVRD)	127
Foto 5-10 - Vista geral da terra vegetal espalhada sobre o estéril disposto na cava, sendo preparada para a revegetação (Mina Fazenda Brasileiro CVRD)	128
Figura 5-11 - Vista geral da cava inundada com água proveniente da mina subterrânea (Mina Fazenda Brasileiro - CVRD)	128

Foto 5-12 - Descarga da água proveniente da mina subterrânea – Mina Fazenda Brasileiro (CVRD)	129
Foto 5-13 - Vista geral da cava Antas I (Faz. Maria Preta – CVRD)	141
Foto 5-14 - Vista geral da cava SW (Faz. Maria Preta – CVRD)	142
Foto 5-15 - Vista geral da cava H (Faz. Maria Preta – CVRD)	142
Figura 5-16 - Vista geral da cava Antas II a ser desmontada (Faz. Maria Preta CVRD)	143
Foto 5-17 - Vista geral da cava 13 (Faz. Maria Preta – CVRD)	144
Foto 5-18 - Vista geral da cava 15 (Faz. Maria Preta – CVRD)	144
Foto 5-19 - Vista geral da cava E (Faz. Maria Preta – CVRD)	145
Foto 5-20 - Vista geral da cava M (Faz. Maria Preta – CVRD)	145
Foto 5-21 - Vista geral da cava Mari (Faz. Maria Preta – CVRD)	146
Foto 5-22 - Vista geral da cava N/O (Faz. Maria Preta – CVRD)	146
Foto 5-23 - Vista geral das pilhas de estéril e minério lixiviado extinto e as instalações da Fazenda Maria Preta.	148
Foto 5-24 - Vista geral da bacia de rejeitos	148
Foto 5-25 - Vista geral das instalações de britagem	149
Foto 5-26 - Vista geral da usina CIP	150
Foto 5-27 - Cava de Ambrósio recuperada	162
Foto 5-28 - Vista geral da bacia de rejeitos reconformada	162
Foto 5-29 - vista geral do início da revegetação	163

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CBA	- Companhia Brasileira de Alumínio
CEPRAM	- Conselho Estadual de Meio Ambiente
C.F.	– Custo Fixo
C.I.P.	– Carbon in Pulp
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
COMISA	- Coitezeiro Mineração Sociedade Anônima
COSIBRA	- Companhia Sisaleira do Brasil
C.P.	– Custo de Produção
C.R.	– Custo de Recuperação
CRA	- Centro de Recursos Ambientais
C.V.	– Custo Variável
CVRD	- Companhia Vale do Rio Doce
DNPM	- Departamento Nacional da Produção Mineral
DOCEGEO	- Rio Doce Geologia
DOW	- Dow Química do Nordeste
E.I.A.	– Estudo de Impacto Ambiental
E.P.A.	– Environmental Protection Agency
FERBASA	- Ferroligas da Bahia Sociedade Anônima

HISA	- Hidráulica e Saneamento Sociedade Anônima
IBAMA	- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBAR	- Indústria Brasileira de Artigos Refratários
ITGE	- Instituto Técnico Geológico de Espanha
L.I.	– Licença de Implantação
L.L.	– Licença de Localização
L.O.	– Licença de Operação
P	- Percentual de Acréscimo no Custo de Produção
P.A.E.	– Plano de Aproveitamento Econômico
Pedvale	- Pedreiras Valéria
PRAD	- Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
Q	- Quantidade de Minério Extraído
QGN	- Química Geral do Nordeste Sociedade Anônima
RIMA	- Relatório de Impacto do Meio Ambiente
R.L.O.	– Renovação de Licença de Operação
SAO	- Separador de Água e Óleo
U.M.	– Unidades Monetárias

1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos setenta a proteção ambiental passou a ter mais importância e provocou sérias transformações na indústria mineira e, consequentemente, mudança da visão das atividades de mineração, por considerá-la, a partir de agora, 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 a revegetação, paisagismo, melhoria do solo e desenvolvimento sócio econômico regional.

Apesar das empresas de mineração começarem a pensar em meio ambientes associados às atividades de mineração, no Brasil, a maioria das grandes empresas e algumas de pequeno e médio porte se preocupa, às vezes, de forma bastante limitada, com as questões ambientais durante a vida útil dos seus empreendimentos. Estas utilizam-se de estratégias preventivas para a eliminação do passivo ambiental quando da desativação das operações ou término da mina. Muitas destas empresas não têm a mínima idéia de como farão a desativação da sua mina, empurrando sempre este problema para quando decidirem encerrar as suas atividades, então, pensarão no que será feito com o passivo ambiental gerado ao longo de anos de extração.

Levantamento realizado por Cassa *et al* (1996) dentre outros casos, o da mina de chumbo e zinco (com cádmio associado) atuando na região do Vale do Rio Paramirim, cuja desativação ocorreu em 1991, deixou os técnicos do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) preocupada com os resíduos destes metais nas minas abandonadas, nas bacias de rejeitos e pilhas de estéreis com a possibilidade destes resíduos serem lixiviados e fluírem diretamente para o Rio Paramirim, o que comprova a falta de preocupação com a desativação de mina.

Por sua vez, os órgãos ambientais, dentro do regime de concessão de licenças ambientais para preservação do meio ambiente, solicitam sempre das empresas planos e programas de controle ambiental e recuperação de áreas degradadas (PRADS), inclusive fornecendo roteiros técnicos para a concessão das licenças ambientais. Em nenhum momento se fala ou há informações acerca de desativação de mina na legislação ambiental. E' bom que se diga que no Brasil não há tradição

em desativação de empreendimentos mineiros, nem por parte dos empreendedores, nem por parte dos órgãos ambientais.

O licenciamento ambiental no Estado da Bahia está sob a responsabilidade do Centro de Recursos Ambientais (CRA), autarquia criada pela Lei Delegada no 31, de 03/03/83 e do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEPRAM), criado pela Lei Estadual no 3.163 de 04/10/73, composto de representantes do Poder Público e da sociedade civil, que deliberam sobre a expedição da Licença ambiental requerida. As principais licenças são: Licença de Localização, Implantação, Operação e Renovação de Licença de Operação. O CRA disponibiliza aos interessados um roteiro a ser seguido para a obtenção da respectiva licença. Neste roteiro, são estabelecidos critérios e procedimentos para subsidiar a análise do processo de licenciamento ambiental. Em nenhum momento estes roteiros tratam da desativação de mina.

A maioria das empresas de mineração, só se preocupam com o fechamento de uma mina em última instância, quando não se tem mais nada a fazer. Isso é bom pelo fato de manter uma mina em atividade, mas péssimo pela falta de recuperação ambiental, pois só a partir deste momento é que, efetivamente, se pensa em recuperação ambiental de maneira mais firme. O órgão ambiental, por não estar preparado, deixa ao encargo do empreendedor a elaboração do plano de desativação, para, a partir daí, fazer as suas exigências.

Diante da falta de normas para a desativação de empreendimentos mineiros, fazem-se necessários estudos sobre este tema, avaliando o estágio atual dos trabalhos de recuperação ambiental e os planos de desativação das empresas envolvidas na pesquisa; e propondo um modelo de Plano de Desativação para auxiliar as empresas envolvidas na pesquisa, a fim de reduzir o passivo ambiental no Estado da Bahia, através de estudo de caso com empresas que tiveram minas desativadas. O Plano de Desativação de Empreendimentos Mineiros tem como base a sua implementação juntamente com as fases da mineração (estratégia proativa), culminando com a descrição das etapas que se seguirão após a decisão de fechamento da mina. Este Plano pode ser implementado após a desativação (estratégia preventiva). Aliados a estes planos serão indicados os principais custos associados à desativação.

O Estado da Bahia ocupa o 6^o lugar no universo da mineração brasileira (MG, PA, SP, MT, GO) e quando se inclui produto energético, a Bahia ocupa o 4^o lugar após RJ, MG, PA. Mineração na Bahia (1995). No seu subsolo, foram identificados cerca de 70 bens minerais, sendo 30 entre pedras preciosas, semipreciosas, mármore

e granitos com produção regular de cerca de 39 bens minerais, por intermédio de 394 empresas incluindo pessoas físicas BAHIA (1994).

Apesar de ser um Estado com um grande potencial mineral, a Bahia, a partir de 1997, começou a apresentar casos de desativação de empresas de grande porte e com grande potencial de impacto ambiental. Dentre estas empresas estão a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Jacobina Mineração S. A. e a Mineração Caraíba S. A.

A CVRD atua no Estado com duas áreas, Maria Preta e Fazenda Brasileiro, sendo a primeira desativada por exaustão de reservas em 1997 e a segunda com vida útil prevista até 2018. A Mineração Jacobina teve suas operações paralisadas em outubro de 1998 devido a flutuações do preço do ouro no mercado internacional. Não se tem estimativa de vida útil. A Mineração Caraíba teve sua cava principal desativada por exaustão de reservas em 1998 e a mina subterrânea tem vida útil prevista para 2008.

Com o quadro do Estado da Bahia apresentado acima, o órgão ambiental local não dispõe de normas que disciplinem, de maneira clara e precisa, respeitando-se obviamente cada caso, como deve ocorrer a desativação de um empreendimento mineiro, limitando-se a aceitar, com algumas exigências, o que é proposto pelas empresa envolvidas na desativação.

Desta forma, justifica-se um estudo mais apurado sobre desativação de mina, uma vez que pela vida útil informada pelas próprias empresas antes de dez anos teremos uma outra mina a ser desativada que, com certeza, envolverá uma cidade inteira construída para servir de apoio a este empreendimento (Mineração Caraíba).

A pesquisa sobre desativação e reabilitação de áreas mineradas, utilizou a seguinte metodologia. Foram escolhidas nove empresas atuando no Estado da Bahia, que constam no ranking da Brasil Mineral de 1998, e acrescentada uma de médio porte para se analisar quais as suas estratégias de recuperação ambiental e desativação de atividades. Estas empresas são: minerais metálicos CVRD (ouro), Mineração Caraíba (cobre), Jacobina Mineração (ouro), Companhia de Ferroligas da Bahia (Ferbasa) e Coitezeiro Mineração (cromo); minerais industriais Magnesita e Indústria Brasileira de Refratários (IBAR) (magnesita e talco); e materiais de construção Pedreiras Valérias (granito).

Depois de escolhidas, foram avaliados as licenças ambientais enviadas pelas empresas ao Centro de Recursos Ambientais (CRA) e um questionário elaborado pelo pesquisador, tendo como base à adaptação, para o setor mineral, do

Procedimento para o Planejamento da Desativação de um Empreendimento Industrial Sánchez (2001), respondido pelas empresas. Os dados obtidos serviram de uma seleção prévia para o Estudo de Caso da Fazenda Maria Preta pertencente a CVRD, única empresa que teve uma mina desativada por completo.

A delimitação da pesquisa compreendeu a análise das empresas relacionadas acima nos períodos de janeiro de 1998 a julho de 2001.

2. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

2.1 Conceitos Gerais

Minerar é arte de extrair economicamente bens minerais da crosta terrestre, utilizando técnicas adequadas a cada situação. Estas técnicas visam minimizar os impactos ambientais ao meio ambiente, dentro dos princípios da conservação mineral, e têm como compromisso a recuperação das áreas mineradas durante a extração e após a desativação, dando a estas áreas um outro uso apropriado.

Extrair economicamente significa que todos os bens minerais implicam na existência de procedimentos e aproveitamento com lucro das riquezas minerais existentes na natureza. A utilização de técnicas adequadas ao meio ambiente implica na manutenção da qualidade ambiental do local e em menos dispêndio de recursos a serem gastos na recuperação das áreas mineradas no futuro.

A conservação mineral caracteriza-se pela ativa descoberta e conseqüente aumento das reservas disponíveis; pela completa extração, evitando-se desperdício na lavra e no beneficiamento; e pela adequada utilização de materiais, não se lançando mão dos nobres quando as necessidades puderem ser atendidas com a utilização de outros, de menor qualidade.

A recuperação de áreas degradadas pela mineração já é uma realidade e faz parte de um compromisso assumido pela empresa desde o início da exploração mineral. Esta recuperação pode ser efetuada durante a lavra, quando da exaustão de algumas frentes e após a desativação da mina. Para que isso ocorra e a área recuperada tenha um uso apropriado, é necessário um planejamento desde o início das atividades mineiras e que este planejamento seja revisto periodicamente ao longo da vida útil da mina.

Os tipos de mineração e as características do depósito mineral, em particular, afetam a paisagem. A lavra subterrânea causa, usualmente, pequenos danos à superfície e a reabilitação de áreas como barragens de rejeitos, remoção das construções e equipamentos fazem da área mais segura. A lavra a céu aberto resulta da destruição da vegetação existente e no perfil do solo. Remoção do capeamento e rocha estéril colocada em pilhas ou cava extinta, podem significar mudanças na

topografia e estabilidade da paisagem. Alguns materiais do capeamento podem liberar sais ou conter material sulfídrico os quais podem gerar drenagem ácida de mina. Estes materiais podem e devem ser selecionados e dispostos de maneira que não causem problema ou podem requerer tratamentos especiais e reabilitação. Um exemplo da necessidade de tratamentos especiais é a utilização do cianeto na extração do ouro através da lixiviação em pilhas.

Com todas estas atividades, o meio ambiente sofrerá as conseqüências com a provocação de impactos visuais, no ar, qualidade da água, no solo, etc. Estes impactos, na sua maioria, destroem o meio ambiente, gerando áreas degradadas e passivas ambientais, nada que não possa ser recuperado total ou parcialmente.

Degradação

Serão discutidos aqui conceitos de degradação, inclusive o utilizado pela legislação federal, de processos do meio físico sua alteração voltada à mineração.

A definição da palavra degradação, segundo o Ferreira (1995) “*3 Deterioração, desgaste, estrago: degradação de rochas*”. O conceito de degradação está, na maioria das vezes, associado a efeitos negativos, conforme visto acima, e causados pela intervenção humana.

Bittar (1997), fez uma abordagem abrangente em sua tese de doutorado, sobre os conceitos de degradação com levantamento de vários autores. Toy; Hadley (1987) apud Bitar (1997) acrescenta ao conceito anterior de degradação a noção espacial, correlacionando com efeitos geomorfológicos produzidos na paisagem por diferentes atividades humanas, dentre elas a mineração.

A publicação do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis – Ibama, foi uma das pioneiras a relacionar a degradação com aspectos biológicos, edafológicos e hídricos afetados pela mineração “*a degradação ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados*”. (IBAMA,1990 p.13). Para, em seguida, estabelecer o conceito de que a degradação ambiental “*ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico*”. IBAMA (Op. Cit., p.13).

No caso da mineração, dentre as normas legais mais elucidativas, o Decreto

Federal 97.632/89, que estabelece a exigência de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD para atividades de mineração, define o conceito de degradação como os “*processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais*”.

Diante destes conceitos, podemos inferir que a degradação está associada à alteração ambiental, gerada por atividades humanas, que vem causar um efeito negativo no solo.

Recuperação

São apresentados aqui os conceitos mais utilizados na literatura sobre a recuperação de áreas degradadas pela mineração, relacionados à recuperação do meio físico, a ser utilizada ao longo do trabalho.

O Decreto Federal 97.632/89, onde se define a recuperação como o “*retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente*”. Segundo Bitar (1997), este conceito já incorpora os de reabilitação e recuperação, uma vez que associam a instalação de um novo uso na área com a obtenção da sua estabilidade.

Com relação a restauração, recuperação e reabilitação, o autor cita os diversos conceitos presentes na literatura nacional e internacional, até meados da década de 80, estabelecendo a seguinte distinção: restauração é a reprodução das condições existentes na área antes da perturbação, onde a completa restauração é impossível em relação à mineração de agregados ou bens minerais de uso direto na construção civil (areia, brita, etc.), devido a pouca geração de rejeitos e estéreis (aproveitamento de 50% a 70% do mineral bruto extraído) é rara em relação a minerais metálicos; recuperação do solo é o processo de manejo do solo no qual são criadas as condições para que uma área perturbada, ou mesmo natural, seja adequada a novos usos; e reabilitação do solo, é a forma de recuperação em que uma área perturbada é adequada a um uso determinado, segundo um projeto prévio (ABNT *apud* Bitar, 1997).

Bitar (1997) faz uma análise comparativa entre as diferentes abordagens de recuperação e de suas aplicações, onde se identifica uma evolução dos conceitos ao longo das últimas décadas. Quadro 2-1.

Quadro 2-1 – Síntese comparativa do conceito

Autor	Conceito de recuperação
DOWN, STOCKS (1977)	Qualquer alternativa, exceto recriação da topografia original e restabelecimento das condições prévias de uso do solo (que consideram restauração);
CAIRNS JR (1986)	Retorno parcial ou total da superfície às condições iniciais;
TOY, HADLEY (1987)	Obtenção de uma forma aceitável de produtividade e em conformidade com um plano de uso prévio;
ABNT (1989)	Processo em que se criam as condições de adequação a um novo uso e de ambiente estável;
BARTH (1989)	Processo planejado de uso do solo;
Lei Federal do Prad (1989)	Retorno do sítio a uma forma de uso, visando a estabilidade ambiental;
WILLIAMS et al (1990)	Retorno do sítio a um uso de acordo com um plano prévio e em conformidade com a circunvizinhança;
DIETRICH (1990)	Processo que deve considerar o ambiente natural e cultural da região circunvizinha e obter um uso de solo gerenciável e sustentável;
UICN (1991)	Retorno do sistema a uma condição sustentável ou potencialmente sustentável;
MASCHIO et al (1992)	Processo em que se busca a reversibilidade do desgaste parcial ou total de ecossistemas;
ABNT (1993)	Procedimentos de minimização dos impactos ambientais de acordo com plano prévio;
AUSTRÁLIA (1995)	Processo de reparação dos impactos ambientais, com reconstrução de uma superfície estável do solo e revegetação ou instalação de outro uso do solo;
SÁNCHEZ (1995)	Aplicação de técnicas de manejo, tornando uma área apta a um uso do solo produtivo e sustentável, em equilíbrio dinâmico (físico, químico e biológico) com a circunvizinhança;
ALMEIDA, BRUNA (1996)	Estabelecimento de um uso do solo compatível com o ambiente circunvizinho e com as diretrizes de planejamento;

Fonte: Bittar (1997)

“Neste quadro observa-se uma passagem do objetivo amplamente difundido de procurar restabelecer as condições originais do sítio degradado, para a busca de situação em que a estabilidade do ambiente e a sua sustentabilidade garantida a crescente abordagem de recuperação como um processo que deve ser realizado mediante um plano previamente elaborado e com objetivos estabelecido e explicitado”. (Bittar, 1997). Com a mudança do conceito de recuperação pode-se planejar previamente a recuperação de uma mina, inclusive a sua desativação. Para isto, basta que antes do início da mina se planeje a desativação, que será executada através de sucessivas recuperações durante a sua vida útil. Obviamente este plano

sofrerá ajustes durante este período, mas sem perder de vista os objetivos estabelecidos anteriormente, visando tornar a área degradada apta a um outro uso futuro produtivo e sustentável.

Passivo Ambiental

O termo passivo ambiental é empregado freqüentemente no sentido monetário “*para conotar o acúmulo de danos infligidos ao meio ambiente natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto de ações humanas*”. Neste sentido, duas definições chamam atenção: a primeira da ONU (*apud* Ribeiro, 2000) em que o passivo ambiental é configurado quando, houver uma obrigação da entidade de prevenir, reduzir ou retificar um dano ambiental, quando esta não puder evitar tal obrigação, seja esta obrigação, legal, ou contratual, política, prática do ramo de atividade, ou por divulgação por parte da administração e quando o valor da exigibilidade puder ser estimado; a segunda, Ribeiro, (2000), onde os passivos ambientais são constituídos pelas expectativas de sacrifícios de benefícios futuros, impostos pela legislação e regulamentações ambientais (taxas, contribuições e multas) em decorrência de ressarcimento a terceiros por danos provocados, estimativos de gastos para a recuperação de áreas degradadas por iniciativa própria, ou seja, exigido por lei ou terceiros.

Em ambas definições, o passivo ambiental exige um valor a ser gasto, sob exigências variáveis, contudo nem sempre estes gastos podem ser quantificados.

Neste trabalho, o conceito de passivo ambiental utilizado é “*o acúmulo de danos ambientais que devem ser reparados afim de que seja mantida a qualidade ambiental de uma área degradada*” (pela mineração) (Sánchez, 2001), acrescido da quantificação dos gastos dispendidos pelas empresas na recuperação de áreas degradadas quando da desativação de uma mina e que podem ser acrescidos nos custos de produção dos bens minerais. Obviamente, quando estes danos puderem ser quantificados.

2.2 Objetivos da recuperação de áreas degradadas

Na literatura, as agências governamentais costumam definir alguns objetivos para a recuperação de áreas degradadas pela mineração, dentre elas a Environmental

Protection Agency (EPA) da Austrália (1995) expõe que os objetivos da recuperação variam de *“uma simples conversão da área para uma condição segura e estável a restaurar a área a sua condição anterior à mineração, tão intimamente quanto possível, mantendo as áreas de valor ambiental intacta”*.

Além disso, a AUSTRÁLIA (*op. Cit.*) categoriza os objetivos da seguinte maneira:

- Restauração da área tão semelhante quanto possível aos originais;
- Recuperação da área para o uso anterior ao da mineração com o retorno da vegetação nativa, ou restaurar o para uso agrícola ou florestal;
- Desenvolver a área para um uso significativamente diferente do anterior à mineração. Ex. lagos, áreas recreacionais, desenvolvimento urbano, etc.;
- Conversão de áreas de baixo valor de conservação e produtividade para uma condição segura e estável.

O CANADÁ, (1995), indica como objetivos da recuperação de sítios de mina, em ordem de prioridades:

- Proteger a saúde e a segurança da comunidade;
- Minimizar ou eliminar o passivo ambiental, e;
- Permitir, no local, um uso produtivo similar ao original ou uma alternativa aceitável.

O CANADÁ (*op. Cit.*), acrescenta ainda que, para satisfazer as condições anteriores é necessário que o local esteja em adequadas condições de estabilidade física (todas as estruturas da mina) e química (água superficiais e subterrâneas) protegidas contra os impactos ambientais adversos resultantes da lavra e beneficiamento, e, por último, um uso futuro da área aceitável, após a desativação da mina.

Inegavelmente, os objetivos do governo canadense são muito gerais e correspondem exatamente, ao que todos nós queremos chegar, só que para isto, é necessário que se minimizem os impactos causados pela mineração, desde o início das suas atividades e durante a sua vida útil para que se proteja e preserve o sítio da mineração, mantendo a sua estabilidade física e química. Um avanço nesta proposta é a preocupação com a desativação da mina. É nesta etapa que se pode escolher qual o tipo de recuperação que devemos adotar com base nas diversas categorias relacionadas pela EPA australiana.

É claro que estes objetivos serão executados com a participação da empresa, da comunidade envolvida e do órgão ambiental responsável. Sem a participação destes interessados não será possível alcançar os objetivos de recuperação desejados.

2.3 Princípios de recuperação de áreas degradadas

A mineração, independente do tipo ou característica do depósito mineral, pode causar distúrbios na paisagem. A lavra subterrânea torna a área pouco impactada superficialmente, ao contrário da lavra a céu aberto que, pela maior movimentação de materiais, impacta de maneira acentuada a superfície com significativas mudanças na topografia e estabilidade da paisagem, além da remoção e disposição de rocha estéril com as aberturas de cavas.

Diante destes distúrbios causados pela mineração, a AUSTRÁLIA (1995), selecionou alguns princípios básicos que podem ser seguidos. São eles:

1. Preparar a recuperação por meio de planos no início da mineração; é necessário um plano prévio e dinâmico o suficiente, para ser aperfeiçoado ou modificado durante a vida da mina;
2. Sempre que possível, minimizar as áreas que devem ser desmatadas, quanto menos áreas desmatadas menor a quantidade de áreas a serem recuperadas;
3. Caracterizar e estocar o solo fértil para uso futuro, evitando assim o decapeamento de outros locais para a coleta destes solos;
4. Recuperar progressivamente a área à medida que a lavra avança, diminuir a quantidade de áreas a serem recuperadas da mina e os seus custos de recuperação, quando da desativação da mina;
5. Reconformar as áreas lavradas, tornando-as estáveis, drenadas e adequadas para o uso futuro do solo;
6. Minimizar, sempre que possível, os impactos visuais causados pela mineração, isto pode ocorrer através da recuperação simultânea à lavra e instalação de cortinas arbóreas no entorno da mina;
7. Após a lavra, reinstalar drenagens naturais existentes anteriormente, sempre que possível;
8. Minimizar a erosão eólica e hídrica após o fechamento da mina, por meio de revegetação e instalação de drenagens naturais;

9. Remover e controlar os materiais tóxicos e residuais, controlando o transporte, utilização e despejo de resíduos tóxicos;
10. Preparar o solo após a lavra para permitir infiltração de ar, água e o crescimento da raiz, necessidade de descompactação do solo lavrado para permitir a instalação da vegetação;
11. Enriquecer o solo pobre em nutrientes com o uso de corretivos e adubos químicos ou orgânicos;
12. Revegetar da área minerada com espécies consistentes com o uso do solo após o fechamento da mina;
13. Prevenir o avanço de ervas daninhas e pragas nas áreas recuperadas, evita trabalho de replantio e perda de espécies;
14. Monitorar e gerenciar as áreas recuperadas até a vegetação tornar-se auto-sustentável e a completa integração da área reabilitada às áreas circunvizinhas.

2.4 Objetos da recuperação de áreas degradadas

De um modo geral, as áreas degradadas pela mineração são os objetos dos trabalhos de recuperação, isto é, são todas as áreas que sofreram modificações desde o início da mineração e ao longo da sua vida útil.

Em um empreendimento, mineiro Bitar (1995) sistematizou as principais atividades e dividiu-as em três grandes áreas: áreas lavradas, áreas de disposição de estéril e rejeitos, e áreas de infra-estrutura. Neste trabalho, a área de infra-estrutura citada por Bitar (*op. Cit*) foi restrita àquelas que fornecem suporte para as atividades da mina e para os seus limites e acrescentada uma nova área chamada de obras civis e equipamentos correspondendo a todas as construções, usinas de beneficiamento, estruturas associadas e equipamentos. As definições destas áreas são descritas abaixo:

- Áreas lavradas correspondem às áreas onde ocorreram a pesquisa e extração do bem mineral: trincheiras, poços, galerias subterrâneas, superfícies decapeadas, cavas (secas ou inundadas), frentes de lavra (bancadas, taludes), etc.

- Áreas de disposição de estéril e rejeitos são aquelas onde estão dispostos todos os materiais não aproveitados durante a sua vida útil, incluem: pilhas de estéril, bacias ou barragens de rejeitos, solos superficiais, materiais estéreis, rejeitos de beneficiamento, circulação de águas das minas, componentes químicos utilizados, etc.
- Áreas de infra-estrutura aqui referidas como vias de acesso (rodovias, ferrovias, aeroportos, etc.), linhas de transmissão, torres de comunicação, tubulação de suprimentos de água, etc.
- Obras civis e equipamentos incluem os escritórios, almoxarifados, refeitórios, laboratórios de ensaios, usina geradora de energia, fabricação e armazenagem de explosivos, armazéns de minérios, guias, guinchos, equipamentos de poços, transportadores e equipamentos móveis, etc.

2.5 Medidas de recuperação para áreas degradadas

Bitar (1995) explica que as medidas de recuperação visam a correção de impactos ambientais negativos verificados em uma determinada mina, exigindo soluções especiais, adaptadas às condições já estabelecidas e comumente utilizadas em mineração, são baseadas em observação de campo e geralmente envolvem aspectos do meio físico. Estas medidas estão explicitadas a seguir:

Medidas aplicadas para áreas lavradas

Algumas das medidas usualmente empregadas são: retaludamento, revegetação (com espécies arbóreas nas bermas e herbáceas nos taludes) e instalação de sistemas de drenagem (com canaletas de pé de talude, além de murundus na crista do talude) em frentes de lavra desativadas; retirada, estocagem e reutilização da camada de solo superficial orgânico (horizonte pedológico O ou A), com cobertura de superfícies lavradas ou de depósitos de estéreis ou rejeitos; retirada; estocagem e utilização da camada de solo de alteração (horizonte pedológico B) na construção de diques, aterros, murundus ou leiras de isolamento e barragens de terra; remodelamento de superfícies topográficas e paisagens; contenção ou retenção de blocos rochosos instáveis; redimensionamento de cargas de detonação em rocha, entre outras.

Medidas aplicadas a áreas de disposição de resíduos sólidos

Algumas das medidas empregadas usualmente são: revegetação dos taludes de barragens (neste caso, somente com herbáceas) e depósitos de estéreis ou rejeitos; redimensionamento e reforço de barragens de rejeito (com a compactação e sistemas de drenagem no topo); instalação, à jusante do sistema de drenagem da área, de caixas de sedimentação ou novas bacias de decantação de rejeitos; redimensionamento ou construção de extravazores ou vertedouros em barragens de rejeito; tratamento de efluentes (por exemplo, líquidos ou sólidos em suspensão) das bacias de decantação de rejeitos; tratamentos de águas lixiviadas em pilhas de rejeitos ou estéreis; tratamento de águas subterrâneas contaminadas, entre outras.

Medidas aplicadas a áreas de infra-estrutura

Algumas das medidas empregadas são: captação e desvio das águas pluviais; captação e reuso das águas utilizadas no processo produtivo, com sistemas adicionais de proteção dos cursos d'água naturais através de canaletas, valetas, murundus ou leiras de isolamento; coleta (filtros, caixa de brita, etc.) e tratamento de resíduos (esgotos, óleos, graxas, etc.); dragagem de sedimentos em depósitos de assoreamento, implantação de barreiras vegetais; execução de reparos em áreas circunvizinhas afetadas pelas atividades de mineração, entre outras.

Medidas aplicadas a obras civis e equipamentos

Descontaminar, se necessário, remover todos os equipamentos e construções, encher as escavações, remover tanques subterrâneos e, a céu aberto, restaurar as drenagens naturais, quebra ou soterramento do concreto reconformação da topografia e revegetação.

2.6 Planejamento ambiental da recuperação de áreas degradadas

A recuperação de áreas mineradas deve, sempre que possível, ser executada através de um plano estabelecido antes da implantação da mina, e, à medida que as operações mineiras estejam sendo desenvolvidas, programas de controle e

preservação ambiental devem ser implementados. Findadas as operações mineiras, iniciam-se os trabalhos de recuperação ambiental destas.

Obviamente, ajustes no plano inicialmente estabelecido deverão ser realizados ao longo da vida útil da mina até a sua completa desativação quando então medidas mais concretas serão aplicadas.

Os tipos de recuperação comumente utilizados são:

- Recuperação de áreas mineradas após a desativação completa das atividades mineira, mesmo planejada, só deve ser executada em operações que durante a vida útil da mina, não puderem ser executadas. Ex. cavas de grande porte, bacias ou barragens de rejeitos, construções, etc.
- Recuperação simultânea à lavra ocorre geralmente após a desativação de frentes de lavra e desenvolve-se paralelamente às atividades mineiras. Utilizada freqüentemente para cavas de pequeno porte e pilhas de estéril.

Estes trabalhos, quando realizados de acordo com o citado anteriormente, têm um custo de controle, preservação e recuperação ambiental, inicialmente mais elevado, no período em que a empresa está capitalizada, tendendo a diminuir após a completa desativação da mina, período em que a mina está descapitalizada, além de reduzir ou eliminar o passivo ambiental deixado pela atividade mineira.

Dentre os trabalhos de recuperação planejada, Bitar (1995) cita ainda mais dois tipos de recuperação:

- Recuperação provisória – implementada em áreas sem um uso final definido, ou, ainda, quando a desativação prevista estiver para se executada em longo prazo. Recupera-se a área para o período que esteja sem ocupação.
- Recuperação definitiva – quando o uso final do solo estiver definido, devendo ocorrer simultaneamente à lavra e voltada a estabilização da área e em conformidade com a utilização prevista no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADS).

2.7 Técnicas de recuperação ambiental para áreas degradadas

As técnicas mais usadas para assegurar um uso seqüencial produtivo são numerosas, contudo, todas compreendem as seguintes etapas:

Erosão e drenagens superficiais

Erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos de partículas de rocha, pela ação combinada da gravidade com água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais) Salomão e Iwasa (1986) apud Salomão e Iwasa (1995). Em geral, distinguem-se duas formas de abordagem para os processos erosivos: erosão “natural” ou “geológica”, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, e “erosão acelerada” ou “antrópica”, cuja intensidade, sendo superior à formação do solo, não permite sua recuperação natural Salomão e Iwasa (op. Cit.). Este último tipo de erosão será tratado neste capítulo, com relação às atividades mineiras.

O entendimento destes processos erosivos permite destacar dois importantes eventos iniciais envolvendo, por um lado, o impacto das gotas de chuva na superfície do solo, promovendo a desagregação e liberação das suas partículas; e por outro, os escoamentos superficiais das águas, permitindo o transporte das partículas liberadas. Dependendo da forma como se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, pode-se desenvolver dois tipos de erosão: erosão laminar ou em lençol, quando causada pelo escoamento difuso das águas de chuva, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo; e erosão linear, quando causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em formas de sulco que podem evoluir por aprofundamento a ravinas Salomão e Iwasa (op. Cit.).

Caso a erosão se desenvolva por influência não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d'água sub-superficiais, em que se inclui o lençol freático, configura-se o processo mais conhecido por boçoroca ou voçoroca, com desenvolvimento de “piping” (erosão interna ou tubular) Salomão e Iwasa (op. Cit.).

Causas da erosão em trabalhos mineiros

As principais ações desenvolvidas pela mineração que provocam erosões superficiais no terreno são:

- Manejo do solo, que é a retirada da vegetação e da camada fértil do solo, visando a abertura de minas, quer sejam subterrânea ou a céu aberto;

- Aberturas de trincheiras, poços e posteriormente grandes cavas (buracos) no subsolo para a retirada do bem mineral; desta forma, mudam-se as drenagens existentes antes destes trabalhos;
- Disposição de resíduos sólidos ou em forma de polpa nas encostas, planícies e vales;

Controle da erosão

O controle da erosão é importante durante a lavra e no programa de recuperação. O maior objetivo da reabilitação do solo é de estabelecer uma cobertura vegetal adequada para estabilizar o local e prevenir a erosão. Antes da cobertura vegetal, se faz necessário o controle da erosão na área minerada. As partículas do solo podem ser transportadas de três maneiras: pelo vento, pela água por deslizamento ou pela penetração no subsolo.

Os solos susceptíveis a erosão pelo vento são aqueles que contém 60% de grãos de areia desagregados e grãos individuais de dimensões que alcançam 0.1 a 0.5mm. AUSTRALIA (1995).

O controle da erosão eólica pode ser feito por:

- a) proteção da superfície do solo com vegetação natural (palhas) ou saturação do material que compõe o solo;
- b) manutenção do solo resistente à erosão por meio de uma mistura de solo com uma crosta compactada ou torrões;
- c) redução da velocidade dos ventos nas áreas degradadas por meio de quebra-ventos.

A erosão pela água envolve dois estágios: no primeiro os grandes agregados de solos são quebrados em finas partículas, e no segundo, estas finas partículas são carregadas para abaixo do talude. Esta perda de solo através da água é função da erosividade ou intensidade de chuvas, da erodibilidade do solo, do comprimento e gradiente dos taludes, da quantidade de cobertura vegetal e das medidas de controle da erosão tomadas. A erodibilidade do solo depende da textura, estrutura e do grau pelo qual as partículas se desagregam em contato com a água.

Medidas de proteção à erosão são de fundamental importância, dentre elas destaca-se a drenagem externa da área minerada, por meio de canais, drenos e

barragens. As barragens de sedimentos são os meios mais comuns de controlar o carreamento de sedimento causado pelo escoamento superficial das águas.

Em áreas mineradas, os controles da erosão pelas águas são realizados por:

- a) diminuição do fluxo de água na superfície do solo;
- b) redução do impacto das chuvas no subsolo;
- c) manutenção das condições de agregação do solo resistente à erosão.

Uma outra maneira de reduzir a erosão é através do aumento da infiltração no terreno, canalizando estas águas para um local previamente determinado. Uma das maneiras de aumentar esta infiltração é a escarificação do terreno uma vez que esta alivia o solo da compactação e o deixa acessível para as raízes das plantas, aglutinando o subsolo ao solo fértil.

Manejo do solo

A conservação do solo é a chave para o sucesso das atividades de recuperação. O solo deve ser tratado como um recurso escasso e hoje em dia não é mais admissível que o mesmo seja manejado como os demais estéreis de mineração e simplesmente lançado num bota-fora Sánchez (2000).

A camada superficial do solo (os horizontes O, A e B superficial) deve ser removida separadamente e estocada para posterior utilização. Melhor ainda, se possível, o solo removido de um local da mina deve ser imediatamente aproveitado em outro, minimizando o tempo de exposição do intemperismo. Caso contrário, o solo pode ser armazenado por períodos de até dois a três anos, desde que estocado adequadamente Sánchez (2000).

A área a ser desmatada deve ser sempre a mínima necessária à operação segura da mina. Quando possível, deve ser encontrado um uso para a vegetação que foi retirada, quer seja para lenha, móveis e utensílios em geral. Esta também pode ser usada durante a revegetação como fontes de sementes, proteção do solo contra a erosão ou como hábitat natural para a fauna da região.

O solo fértil é freqüentemente o mais importante fator no sucesso da reabilitação ambiental, particularmente onde o objetivo é restaurar o ecossistema nativo. Em muitas situações, os solos férteis das áreas decapeadas devem ser armazenados para a subsequente reutilização. O solo fértil contém a maioria das

sementes e propágulos de plantas, microrganismos do solo, matérias orgânicas e nutrientes de plantas.

O solo retirado deve ser depositado ao longo da área de entorno do empreendimento, quando possível. Isto ajudará a controlar a erosão, reduzirá o fluxo de água nos taludes e aumentará o armazenamento de água. Se possível, o solo fértil deve ser colocado imediatamente à área de origem para a completa reconstituição topográfica do terreno (retorno direto).

O retorno direto tem diversas vantagens se comparado a estocagem em pilhas para posterior utilização. Primeiro, evita duplo manuseio; segundo, evita a criação de pilhas, o que significa que terra extra deve ser desmatada para a colocação destas pilhas; terceiro, mais importante, estas pilhas reduzem a qualidade do solo.

Pilhas de armazenamento de solo tornam-se anaeróbicas, deterioram as estruturas dos solos, matérias orgânicas e nutrientes são perdidos, sementes deterioram-se e os microrganismos são reduzidos significativamente.

Se não houver outra opção e o solo fértil tiver que ser estocado em pilhas, como é freqüente na mineração devido ao longo período de lavra em determinadas áreas, isto deve ser feito por um curto espaço de tempo, devendo seguir algumas regras AUSTRALIA (1995):

- A pilha de estocagem deve ser tão baixa quanto possível com uma grande superfície de área e altura menor ou igual a 2,0m;
- Estas pilhas devem ser revegetadas para evitar erosão, ervas daninhas e manter ativos os micronutrientes do solo;
- A sua localização deve ser onde não haja operações mineiras e evitar manuseio excessivo o que causará efeitos adversos na estrutura do solo.

Se o solo fértil retirado é inviável, o custo de transporte proibitivo ou o solo contém grandes quantidades de ervas daninhas ou plantas patogênicas, inconvenientes à reabilitação, então o subsolo, o decapeamento, a rocha estéril ou material similar deve ser usado como substrato para a revegetação.

Reconformação da área degradada

A definição de remodelagem de um terreno dada pelo IBAMA (1990) é escultura feita em grande escala coberta com uma variedade de vegetação, com água

ou rochas, de tal forma que sua composição estética seja harmoniosa e agradável para a percepção humana. Essa recomposição nada mais é do que um preparo do relevo para receber a vegetação, dando-lhe uma forma estável e adequada para o uso futuro do solo. Para que o relevo final seja adequado é necessário atender a alguns objetivos IBAMA (op. Cit.):

- Estabilidade do solo e dos taludes;
- Controle da erosão;
- Aspectos paisagísticos e estéticos;
- Uso futuro do solo definido anteriormente;
- Alguma similitude com o relevo anterior.

Estes são alguns objetivos que podem ser seguidos, mas depende de cada caso. Algumas vezes é difícil manter a similitude com o relevo anterior, devido ao porte da degradação a área remodelada guarda pouco ou nenhuma semelhança com a paisagem anterior, como uma mina a céu aberto de grande dimensão, como a Mina da mineração Caraíba no norte do Estado da Bahia que tem 1,5 km de extensão por 0,7 km de largura e uma profundidade de cerca de 200m.

O terreno a ser revegetado deverá ter uma forma pré-determinada adequada aos objetivos da recuperação e aos usos futuros previstos. Daí a importância da declividade do terreno em áreas conformadas. A Figura 2-1 do Ibama ilustra que cada inclinação corresponde a um tipo de uso final recomendado para o solo. Para terrenos mais inclinados, 70% (35°), a recuperação mais adequada será o reflorestamento, para terrenos com inclinação de 25% (15°), pastagens e com 10% (5°), culturas.

Quando se trata de remodelagem para manutenção da vida selvagem recomenda-se, durante a obra de terraplanagem, a construção de diversos murundus (até 1 a 2 m de altura) e depressões pequenas, suaves e rasas, para acúmulo de águas pluviais. Esses elementos contribuirão para a atração de animais IBAMA (1990).

Figura 2-1 Inclinação recomendada para diversos usos finais do solo. Segundo Williamson et al (1982) apud IBAMA (1990).

Na maioria das minas, as áreas a serem revegetadas se apresentam em bermas e taludes, resultantes da remoção de material ou de sua disposição em pilhas. Embora este seja o perfil típico de muitas minas e os aspectos geométricos do relevo resultante sejam geralmente vistos como forma final do terreno, isto não precisa ser necessariamente aceito em todos os casos. Há situações em que é desejável dar nova forma à superfície. Por exemplo, para reduzir o impacto visual da área a ser recuperada, pode-se tentar reproduzir formas de relevo dominante no entorno: situação como esta se apresenta nas minas de calcário, onde é comum a presença de extensos afloramentos naturais de rocha na forma de paredões; ao invés de deixar bancada de face lisa, é viável criar reentrâncias e sulcos, onde a menor insolação e umidade favorecerão o estabelecimento de comunidades vegetais adaptadas a esse ambiente; é possível também depositar pequenas espessuras de solo nesses locais e

mesmo plantar espécies nativas, acelerando, desta forma, o processo de restabelecimento da vegetação Sánchez (2000).

A presença de água pode ser um fator limitante à recuperação da área degradada, mas também pode ser usada criativamente para o estabelecimento de um novo ambiente adequado ao novo uso que se pretenda dar à área. A figura 2-2 mostra quatro diferentes soluções para um mesmo local hipotético de onde foi extraída areia pelo método de dragagem. Em cada caso, o objetivo foi de maximizar um tipo de uso futuro para cada finalidade – agrícolas, recreativas, residenciais ou conservação ambiental – é possível dar forma mais adequada Sánchez (2000).

Figura 2-2 Diferentes alternativas de reafeiçoamentos topográficos de uma área de extração de areia. (Sánchez, 2000).

O aspecto estético está essencialmente ligado ao impacto visual da futura área recuperada. Taludes de mineração têm formas geométricas que contrastam com as formas geralmente curvas do terreno natural. Se a área tiver grande visibilidade pode ser interessante dar ao terreno uma forma concordante com o entorno, abatendo os

ângulos de talude ou criando uma frente de talude sinuosa, talvez com a utilização de técnicas de desmonte escultural se tratar de taludes em rocha. A forma ideal é um critério a ser levado em conta quando da elaboração do projeto, e vale para bancadas de mina, taludes de pilha de estéril, cortes de estradas e todas as demais intervenções no terreno Sánchez (2000).

O terreno a ser revegetado deverá ter uma forma pré-determinada, adequada aos objetivos da recuperação e aos usos futuros previstos. A remodelagem e o nivelamento do local é um aspecto essencial da reabilitação e a necessidade de se reafeiçoar pilhas de estéril, por exemplo, pode ser minimizada pelo bom planejamento e gerenciamento do empreendimento mineiro. A forma final deve ser hidrologicamente compatível com as áreas vizinhas. Os taludes devem ser estáveis e, se possível, o mesmo gradiente dos taludes naturais.

Alguns fatores devem ser considerados na forma futura do terreno, tais como:

- Estabilidade, inclinação máxima e o comprimento dos taludes para que sejam estáveis, dependem de algumas variáveis como: características da pilha de estéril, solo fértil e intensidade de chuvas na região. Para se avaliar os diferentes potenciais de erosão de diferentes materiais é necessário uma investigação geotécnica. Em taludes altos, é necessária a construção de pequenos degraus, com as inclinações do piso de até 5% na direção do talude e ângulo de inclinação dos taludes em torno de 26^0 .
- As drenagens das áreas vizinhas servirão de guia. Um aumento nas redes de drenagens será requerido se os gradientes dos taludes forem aumentados e mudarem a natureza dos materiais envolvidos.

A remodelagem final de uma área degradada depende do tipo de intervenção que nela ocorreu. No caso específico da mineração, são objetos de remodelagem as áreas que estiverem sujeitas à lavra a céu aberto, áreas de disposição de resíduos sólidos ou líquidos (pilhas de estéril e bacias de rejeitos) e áreas de infra-estrutura (equipamentos e obras civis).

No Quadro 2-2 a seguir, podemos englobar as atividades de mineração e as medidas a serem adotadas para a preparação e para a recuperação.

Quadro 2-2 Atividades mineiras e medidas adotadas para a reconformação do terreno.

Atividades Mineiras	Medidas Adotadas de Reconformação do Terreno
Trincheiras, cavas secas ou inundadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Enchimento da cava com estéril ou rejeito de mina; • Manutenção da cava com a regularização das bancadas com ou sem enchimento de água.
Pilhas de Estéril ou minérios lixiviados extintos	<ul style="list-style-type: none"> • Retomada das pilhas para enchimento de cavas; • Restabelecimento das redes de drenagens naturais; • Instalação de sistemas de drenagem e captação de águas superficiais.
Bacias de rejeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Terraplanagem da bacia de rejeito para uso apropriado.
Barragens de Rejeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção da barragem para acúmulo de águas pluviais; • Instalação de sistemas de drenagens nos taludes das barragens.
Instalações de beneficiamento	<ul style="list-style-type: none"> • Desmontar e remover todos os equipamentos e construções; • Remover materiais enterrados; • Enchimento das escavações; • Remoção de tanques subterrâneos.
Instalações de apoio (escritórios, refeitórios, alojamentos, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Conservação dos edifícios para novos usos; • Demolição das construções e terraplanagem do terreno visando novos usos da área.
Infra-estrutura (estradas, acessos, casa de força, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção das estradas locais; para uso da comunidade; • Bloqueio de estradas sem uso; • Conservação das instalações de energia.

Revegetação

Quando se pretende restaurar a vegetação nativa, se produz uma vegetação idêntica à original. O esforço inicial de revegetação deve visar a construção de um sistema de desenvolvimento auto-sustentável, utilizando o processo de sucessão natural.

Os fatores que influenciam na vegetação, segundo o ITGE (1989) e Vasconcelos (2000) são os climáticos, edáficos e topográficos.

Os climáticos atuam na cobertura vegetal e são tomados pela radiação solar, precipitações, temperatura e ventos.

Os edáficos, que resumem a influência do solo sobre a vegetação, são: a textura, e estrutura, o conteúdo e disponibilidade de nutrientes para as plantas e sua reatividade (relacionada com o pH) e sua profundidade.

Os fatores topográficos atuantes são: altitude, declividade ou inclinação de encostas naturais ou taludes, a exposição solar (devido ao ângulo de incidência da luz solar), a orientação (em relação ao norte geográfico) e as formas do relevo. Todos estes fatores atuam de forma integrada e podem causar alterações microclimáticas, devido a sua maior ou menor exposição ao sol e também maior ou menor capacidade de retenção de água e nutrientes no solo, além da influência da profundidade.

A atividade mineira causa modificações nos fatores físicos e químicos do solo durante e após a desativação de uma mina. Estas alterações são:

Temperatura – é influenciada pela incidência de raios solares (dependendo do ângulo de incidência em relação ao norte magnético) e pela quantidade de radiação solar. As alterações destes fatores ocorrem pela modificação na forma e inclinação dos taludes construídos nas cavas, pilhas de estéril e bacias ou barragens de rejeitos na mina.

Umidade – é a quantidade de água disponível no solo, de origem pluvial. O seu escoamento superficial é alterado pela mudança na inclinação dos taludes, que podem facilitar mais o escoamento que a percolação. A compactação nos pisos das cavas, nas bermas e no topo das bacias de decantação também alteram a capacidade de umidade do solo. Outro fator que altera a capacidade de retenção de água é a granulometria do material compactado.

Aeração do solo – envolve a presença de oxigênio e gás carbônico no solo, impedindo o crescimento de raízes, a existência de microorganismos, as reações químicas e a absorção de elementos nutritivos. É alterado pela compactação dos solos.

Presença e disponibilidade de nutrientes – os nutrientes são fundamentais para a germinação e desenvolvimento dos vegetais e os macronutrientes, tais como: fósforo, cálcio, nitrogênio, enxofre, potássio, etc. são alterados devido ao suprimento de vegetação preexistente.

Acidez e alcalinidade – O pH é um fator muito importante para a implantação da vegetação, porque condiciona a estrutura do solo. Quando o solo está com o pH baixo (ácido), torna-se tóxico devido ao déficit de fósforo e diminuição da atividade bacteriana. Quando o pH do solo for alto (básico), significa perda de nitrogênio e queda de micronutrientes.

Toxicidade – o solo torna-se tóxico quando está associado à mineração de minerais metálicos, onde se dispõem resíduos contendo metais pesados como: cobre, chumbo, zinco, níquel, etc.

Para que a revegetação, em uma área degradada pela mineração, tenha sucesso é necessário informações sobre o melhor momento de se plantar, selecionar as espécies e o uso adequado da área.

O melhor período de se restabelecer a vegetação é determinada pela distribuição sazonal e pela precipitação pluviométrica. Todos os trabalhos de preparação da revegetação devem ser completados antes do tempo, quando as sementes experimentam as melhores condições de germinação e sobrevivência, isto é, chuvas confiáveis e temperaturas convenientes.

A seleção de espécies dependerá do uso futuro da área, das condições do solo e do clima. Se a finalidade é restaurar a vegetação nativa e a fauna, então as espécies devem ser pré-determinadas. Se, após a mineração, as áreas têm condições diferentes da anterior e deseja-se preencher a área com vegetação nativa original, então, algumas espécies de fora da área minerada têm que ser introduzidas. Espécies com crescimento similar à vegetação original, que florescem em áreas de solo compatível com a posição da drenagem, aspecto e clima da área reabilitada, são mais apropriadas. Cuidados devem ser tomados na introdução destas espécies que podem invadir áreas de vegetação nativa circunvizinhas ou tornar-se uma erva daninha para a indústria agrícola.

Quando o uso futuro da área é agrícola, então as espécies selecionadas devem ser aquelas comumente usadas para pastagens ou cultura com climas comparáveis e solos com textura similar, posição de drenagem, pH e fertilidade. Tudo isto de acordo com o superficiário do solo.

A EPA da Austrália faz uma comparação entre as vantagens de coletar semente ou comprá-las no mercado informal, visando o sucesso da revegetação.

Considerações importantes para a coleta de sementes:

- Evitar coletar sementes de espécies raras, de limitada produção ou difícil coleta;
- Identificar a área antes das sementes estarem maduras;
- Coletar sementes maduras;
- Evitar sementes ou frutos que tenham sido atacados por insetos ou mostrarem sinais de infecção por fungos.

Considerações importantes para a compra de sementes:

- Comprar sementes de mercados confiáveis evita problemas com identificação de espécies e contaminação com ervas daninhas;
- As sementes devem ser de áreas conhecidas;
- Devem ser conhecidas as datas de coleta e as condições de estocagem;
- O fornecedor deve fornecer a taxa de germinação das sementes;
- Se forem para fins agrícolas, devem ter certificado de órgão governamental.

As sementes devem ser limpas antes da estocagem para remover os restos de terra e palhas o máximo possível e podem ser extraídas de cápsulas ou outros frutos por diversos meios. As técnicas de processo e estocagem incluem secagem de cápsulas no solo ou em estufa.

As sementes limpas devem ser armazenadas em locais secos, livres de insetos e vermes, os vasilhames rotulados com detalhes das espécies, data e localização da coleta. Se for o caso, as sementes devem ser tratadas com inseticidas ou fungicidas antes do armazenamento para prevenir ataque de insetos e fungos. É frequente a perda da taxa de germinação no tempo. Estas sementes devem ser armazenadas a baixa umidade (menor que 10% de umidade relativa) e baixa temperatura.

A preparação de viveiros adequados é um fator importante no sucesso das mudas. O objetivo destes é a criação de condições ideais para a germinação das sementes. É importante, nos viveiros, o tipo de solo e facilidades de obter água sem permitir o crescimento de ervas daninhas. No processo de reabilitação e recuperação através de revegetação, tem importância o controle de entrada e alastramento de ervas daninhas.

Para ajudar na restauração do ecossistema natural é parte fundamental da recuperação ambiental encorajar o retorno da fauna nativa nas áreas desmatadas pela mineração. Alguns invertebrados podem ser introduzidos no solo cultivável fresco e colocados na área. Muitas espécies necessitaram de recolonização vindas de áreas vizinhas. A taxa de colonização da fauna é influenciada pelo alcance de fatores que incluem o tamanho da área reabilitada, a população da fauna circunvizinha e o sucesso do programa de revegetação. Muitos grupos faunísticos serão colonizados mais rapidamente se a área contiver recursos, tais como: alimentação, abrigo e locais de criação. Em muitos casos, a estratégia de retorno da fauna é o restabelecimento da vegetação nativa.

Algumas dificuldades no restabelecimento da fauna ocorrem quando os níveis de população são baixos nas áreas circunvizinhas ou as espécies estão extintas localmente. Também pode ter retorno lento de fauna, quando as espécies requerem recursos que não estão disponíveis na nova reabilitação.

As áreas reabilitadas necessitam de ser monitoradas e gerenciadas após a reabilitação. O sucesso da reabilitação é freqüentemente comprometido pela invasão de predadores, ervas daninhas e atividades humanas. A auto-sustentabilidade pode levar muitos anos para ocorrer.

A manutenção inclui:

- Replante de áreas falhadas ou insatisfatórias;
- Reparo de qualquer problema de erosão;
- Gerenciamento de queimadas;
- Controle de pestes e ervas daninhas;
- Controle, com cercas, de predadores e animais nativos;
- Aplicação de fertilizantes;
- Controle de imigração e pH.

Os sucessos da recuperação e reabilitação ambiental incluem os componentes:

- Físicos - estabilidade e resistência à erosão do solo e restabelecimento da drenagem natural;
- Biológicos - riqueza de espécies, densidade de vegetação, produção de sementes, retorno da fauna, controle de ervas daninhas, produtividade e estabelecimento do ciclo de nutrientes.

Monitoramento

O monitoramento é realizado através de inspeções periódicas, visando manter as condições necessárias ao cumprimento dos objetivos preestabelecidos anteriormente. Nestas inspeções, são coletadas amostras que, comparadas aos indicadores ambientais, verificam se os parâmetros estão sendo ajustados e se a recuperação está sendo bem sucedida. Caso os resultados sejam insatisfatórios, a área degradada deve ser reavaliada e as medidas reformuladas. Bitar (1997).

Um programa de monitoramento envolve as estabilidades físicas, químicas e condições ambientais de uma área degradada e visa à verificação e alcance das condições e usos esperados.

A estabilidade física envolve as áreas de extração (cavas, pilares subterrâneos, etc.), áreas de disposição de estéril (pilhas de estéril e bacias ou barragens de rejeitos) e obras civis (oficinas, escritórios, alojamentos, etc.).

A estabilidade química consiste na coleta de amostras periódicas de água de superfície e subterrânea e solos superficiais para a avaliação de material lixiviado. Os locais mais visados para estas coletas são pilhas de estéril, bacias ou barragens de rejeitos, sistemas de gerenciamento de água e estocagem de material.

3. DESATIVAÇÃO DE MINA

A partir dos anos setenta, 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 agora, uma forma de uso temporário do solo e não como uso final como era no passado.

Como conseqüência 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 a revegetação, paisagismo, melhoria do solo e desenvolvimento sócio econômico regional.

Apesar das empresas de mineração começarem a pensar em meio ambiente, associados 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. No Estado da Bahia, *“no cadastro de contribuintes da Secretária 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 hoje (1996) com apenas 90 resoluções de aprovação ou indeferimento”*. (Cassa *et al*, 1996 P. 373).

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, se fala ou se têm informações acerca de desativação de mina.

Isto é comprovado por estudo recente realizado por Clark, Naito and Clark (2000) apresentado no Workshop Mine Closure and Sustainable Development onde afirmam que dentre outras nações da Ásia (Indonésia, China e Minamar), países componentes da União Soviética (Rússia, Cazaquistão e Uzbequistão) e alguns países da América do Sul, dentre eles o Brasil, que apesar de ter grandes minas,

algumas em poder do Estado, tem uma ampla e superficial legislação para fechamento de mina e estes 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 onde 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 capítulo 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.

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

3.1 Conceitos sobre desativação de mina

Para um melhor entendimento deste capítulo e de toda a pesquisa devemos conceituar 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”) e pós-fechamento (“pos-closure”) e com menos freqüência manutenção (“care and maintenance”).

Descomissionamento (“Decommissioning”) é uma palavra que vem sendo usada no Brasil como tradução do termo inglês “decommissioning”. Nos dicionários brasileiros, este termo existe com o seguinte significado “*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 prepare to take it to pieces*” Langman (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 & Damasceno, 1996, p. 4) “*é o substituto da quarta operação de lavra, a recuperação, abrangendo tudo o 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 & Harvey, 1998, p. 8) *"trata de uma atividade intermediária entre a lavra e a recuperação"*. Para (Knoll, 1998, p. 80) *"parte importante do processo de fechamento o qual inicia-se próximo, ou até a parada da produção de minério e incorpora a remoção de infraestruturas não usuais, desenvolvimento da forma final do solo e a construção de componentes específicos para o fechamento"*. Já segundo (Vale, 2000, p. 397) *"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 de serem consideradas pelos outros autores 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 & Harvey, 1998, p. 8) definem 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, p. 79) acrescenta que *"o fechamento é um processo de toda a vida da mina que, tipicamente, culmina no abandono do imóvel"*. Para (Vale, 2000, p. 397-398) *"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, onde 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 necessários 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 & Harvey, 1998, p. 8) o definem 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, p. 398) “*estágio após o qual não são necessários trabalhos de monitoramento e de gestão passiva*”.

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, o termo genérico que caracteriza o popularmente chamado de “fechamento” de uma mina é a *Desativação de mina* e pode ser definida 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 temporária tendo como a 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 no item 3.3.

Quanto ao caráter, 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; temporário 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. As descrições de cada uma destas etapas são explicadas no item 3.5.

3.2 Objetivos da desativação de mina

Os principais objetivos da desativação de uma mina são:

- Proteger a saúde humana e do meio ambiente mediante a manutenção da 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, nos 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, muros de contenção. Ex. como no caso da drenagem ácida de mina.

O uso adequado da terra que foi submetida à lavra 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, se pretende 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 & Harvey (1998):

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

3.3 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 preparar a 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 dever ser o mais barato possível, o tempo de monitoramento menor e, muitas vezes, executadas por terceiros, sem uma devida fiscalização e orientação da empresa contratante.

Ora, 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 delas é uma mina de diamante (Diavik Diamond Mine) no Canadá, 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 & Landusky, ouro, Estados Unidos e Island Cooper, 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 implementação dos seus planos de desativação.

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, com a duplicidade de operações, conseqüentemente, aumento dos custos;
- As empresas estão descapitalizadas devido à paralisação, empregam alternativas mais baratas e menos duradouras para a recuperação das áreas mineradas;
- As empresas tendem a reduzir os gastos despendidos no momento da recuperação, uma vez que será desembolsada em pouco tempo;
- A perda iminente do emprego pelo mineiro, gera stresse, desestímulo, baixa 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 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 algum 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 órgão ambiental.

3.4 Razões da desativação

As principais razões que levam uma mina à desativação são descritas por (Sánchez, 1998, p. 25) 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 subterrânea e ruptura de barragens de rejeitos. Laurence (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 a perda de competitividade ante os concorrentes, e; b) 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 ambiental 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.

3.5 Fases da desativação

A desativação de uma mina é uma decisão que deve ser tomada depois de estudada e amadurecida 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, p. 116) fortalece a preocupação de se pensar 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 & Barreto, 2001, p. 21) chamam a atenção de 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 3-1, na página seguinte, englobando sucintamente as principais fases da mineração e a desativação de mina, explicando como são possíveis 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. Para finalidade de estudos, 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 aperfeiçoamentos durante a vida útil da mina até a sua implementação após a paralisação.

É nesta fase que se desenvolvem pesquisa para a futura desativação da mina, dentre os 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.

Têm particular atenção às ferramentas complementares aos planos de desativação e recuperação de áreas degradadas, os sistema de gestão ambiental desenvolvido desde o final dos anos oitenta. (Sánchez, 2001).

O sistema de gerenciamento ambiental promove o controle contínuo e sistemático das unidades da mina, onde serão analisados:

1. Monitoramento ambiental

- Do ar – medição da emissão de gases e particulados;
- Da água superficial e subterrânea – medição do pH, odor, turbidez, metais pesados, cianetos, 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 extinto e das bacias ou barragens de rejeitos, para a inspeção de água de sub-superfície, aliado a estes furos, poços de inspeção são também construídos na área para verificar possíveis vazamentos;

Figura 3-1 Fluxograma das Fases da Mineração e Desativação de Mina

3. Neutralização de minério extinto lixiviado e efluentes líquidos. “*Apesar de ocorrer a degradação natural do cianeto, em períodos 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, p. 377). 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 a 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.

A adoção de medidas para um adequado gerenciamento ambiental de uma mina, citada acima, 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 é um processo de toda a vida da mina que tipicamente culmina no abandono do imóvel. Incluindo a recuperação, isto é, inclui a paralisação da planta de beneficiamento e sua demolição, demolição das construções civis, paralisação das bacias ou barragens de rejeitos, paralisação das pilhas de estéril e lixiviação, paralisação de infra-estrutura, seleção dos equipamentos que devem ser cuidados e mantidos, venda de equipamentos, eliminação dos excessos de soluções químicas do beneficiamento, remoção de materiais contaminados, fechamento das aberturas (túneis, poços verticais, trincheiras, etc.), gerenciamento dos sistemas de drenagens superficiais e subterrâneas, isolamento de cursos d'água contaminados, revegetação e início dos programas de monitoramento da superfície final e de águas subterrânea Mudder & Harvey (1998) e 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, pilhas de estéril, barragens ou bacias de rejeitos;
- Fechamentos das aberturas subterrâneas;
- Gerenciamento das águas superficiais de drenagens, águas subterrâneas e isolamento de cursos d'água contaminados;
- Complementação da recuperação progressiva.

Manutenção é a fase onde se desenvolve o monitoramento da recuperação, águas superficiais e subterrâneas, estabilidades química e física, qualidade do ar e estabilidades 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, as minas de urânio da Rio Algom Limited próximas a cidade de Elliot Lake no Canadá, é prevista para durar de 20 a 100 anos, Payne (2000), enquanto o monitoramento da mina de cobre de Island Copper, pertencente à BHP Minerals Canadá Ltd, em British Columbia também no Canadá é de 5 anos. Welchman and Aspinall (2000). Recentemente a edição de maio 2001, Mining Environmental Management, publicou na seção “Environmine” um informe sobre a mina de urânio de Sherwood, pertencente a Western Nuclear, situada numa reserva indígena da tribo Spokane, com vida útil de 16 anos (1978 a 1984), ficando paralisada até 1992, quando começou sua recuperação. Ano passado, foi entregue ao Departamento de Energia dos Estados Unidos a manutenção e 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 condições geotécnicas;
- Manutenção passiva: monitoramentos ocasionais, manutenções esparsas de estrutura, etc;
- Manutenção ativa: operação e manutenção de planta de tratamento de água, programas de monitoramento para as estabilidades físicas,

químicas, biológicas e 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 e novo uso do solo (“Post closure and landuse”) são 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), possa ser utilizada novamente; estabilidade química (não estejam sujeitas 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 nesta etapa para as estruturas deixadas no local tais como barragens de água utilizadas nas operações da mina e as bacias e barragens de rejeitos. É preciso calcular para elas os períodos de recorrência das máximas chuvas.

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 máximas chuvas prováveis para diversos intervalos de tempo, denominados período de retorno ou período de recorrência.

As principais variáveis nas estimativas das máximas chuvas são a distribuição desigual no espaço e no tempo, que pode 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.

Sanches (op. Cit.), esclarece que o período de recorrência adotado é função do tipo de obra. 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 a integridade das estruturas após a sua desativação.

3.6 Objetos da desativação de mina

São objetos da desativação as 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.

Escavações subterrâneas

“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, p. 116).

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 fontes de água superficial e subterrânea, podem eventualmente ser descarregadas na superfície. Esta água, por ter estado em contato com o minério, freqüentemente ácido, pode conter elevados níveis de metais pesados e sólidos em suspensão. O tratamento desta água 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 previamente liberado para a atmosfera. Como atualmente esta prática é inaceitável, hoje coletores podem ser instalados nas aberturas da mina e o gás é 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 e 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; esta técnica reduz a o potencial de perturbação na superfície.

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

Especial atenção deve ser dada na desativação se as 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 os vazios para evitar a subsidência.

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

O Quadro 3-1 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e uso da terra para as escavações subterrâneas.

Escavações 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.

Quadro 3-1 Objetivos e medidas de recuperação para lavra subterrânea
(adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000))

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

A geometria da cava é única e depende do teor do minério, da resistência das rochas e 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 trarão perigos à segurança, as superfícies instáveis deverão ser reconformadas, preferencialmente durante as operações, e deverão facilitar os acesso 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 3-2 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e uso da terra para as cavas.

Disposição de estéril e pilhas de minério lixiviados

Com a necessidade de expor as camadas de minério, faz-se necessária a retirada de materiais não aproveitados economicamente (estéril) ou então de minerais que já foram aproveitados economicamente (minérios lixiviados) e precisam ser dispostos em algum lugar. Esta disposição resulta em estéril, frequentemente disforme e com feições instáveis.

Estes materiais são dispostos em pilhas geralmente localizadas próximas à escavação (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, minérios de baixo teor que não são processados economicamente e pilhas de minérios lixiviados. Pilhas de decapeamento incluem todos os solos e camadas orgânicas escavadas.

Quadro 3-2 Objetivos e medidas de recuperação para lavra a céu aberto
(adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).

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

As geometrias 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 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° (3H: 1V),

as alturas das camadas são menores, variando de 10 m a 12 m e entre uma camada e outra existem bermas de segurança. Por outro lado, quando o estéril é disposto em ponta de aterro, as rochas dispostas 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, é mais instável.

As pilhas produzem uma grande quantidade de contaminantes, como drenagem ácida e 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, p. 118).

Outro problema é a drenagem ácida, devido ao estéril sulfídrico reativo, quando em contato com o ar e água, oxida-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 “wetland”.

A recuperação da pilha envolve também medidas para reduzir a erosão superficial de água e particulados, impacto visual, controle da drenagem natural para fora da pilha, recontorno da superfície, suavização dos taludes e colocação de solo visando a revegetação.

O Quadro 3-3 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) 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.

Barragens ou bacias de rejeitos

Os rejeitos de mineração são resíduos resultantes depois que se extraem todos os minerais econômicos recuperáveis. São materiais com tamanhos variando desde

**Quadro 3-3 Objetivos e medidas de recuperação para pilhas de minério
lixiviado, marginal, concentrado e rochas de decapeamento
(adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).**

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas
<i>Estabilidade Física</i> Ruptura de Taludes (erosão, drenagem e particulados).	Evitar rupturas e escorregamentos, recalques, deformações e descarga de sedimentos.	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.
<i>Estabilidade Química</i> Drenagem ácida e/ou lixiviação de metais, reagentes de flotação ou contaminantes.	Melhorar a qualidade das águas superficiais por meio do controle de reações e/ou controle da migração, coleta e tratamento.	Dispor a pilha sob a água para controlar reações ; Tratamento prévio com material alcalino para mitigar a drenagem ácida; Cobrir para controlar as reações e/ou migração; Segregação de materiais nocivos para a disposição controlada ou construção de 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.
<i>Uso futuro da área</i> Produtividade e Impactos visuais	Recuperar a superfície igual à original ou outra alternativa de uso aceitável; Restabelecer as drenagens.	Reconformação da topografia natural; Revegetar com espécies nativas ou outras, se possível.;

areia a lamas que geralmente se dispõem com água ou polpa. Depois de processados, são dispostos em áreas construídas com o objetivo de proteger o meio ambiente dos impactos físico-químicos dos rejeitos. Geralmente os rejeitos são dispostos em depósitos que aproveitam a topografia natural dos terrenos em uma barragem ou bacia, cujo objetivo é controlar a disposição dos rejeitos.

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.

Bacias de rejeitos são consideradas um local onde são dispostos os rejeitos provenientes do beneficiamento, durante a vida útil da mina e após a sua desativação; a água acumulada nestas bacias foi evaporada, sendo que, antes desta evaporação os componentes químicos tenham sido neutralizados. Estas, quando em atividade, contém mantas impermeáveis no seu leito para impedir a percolação do seu conteúdo para o solo e subsolo, no caso de conter cianeto proveniente da lixiviação do ouro, estas mantas devem permanecer.

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

- Topografia;
- Riscos naturais;
- Volume a ser contido;
- Balaço de água;
- Economia.

Os rejeitos, quando drenados, independente do tipo de reservatório (bacia 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 3-4 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) 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, p. 119).

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, contaminada, plantas de tratamento de água, bacias de sedimentação e sistemas de desaguamento.

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 na fauna e animais 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, para isto é preciso conhecer e entender o regime climatológico e hidrológico da região”. (Sassoon, 2000, p. 119)

O sistema de tratamento físico e químico da água tem sido desenvolvido para priorizar o aumento da qualidade da água na descarga e no recebimento pelo ambiente ou na reciclagem para re-utilização no tratamento mineral. Alguns contaminantes que podem ser encontrados e devem ser monitorados na água incluem: (CANADA, 1995):

Quadro 3-4 Objetivos e medidas de recuperação para sistemas de barragens ou bacias de rejeitos (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas
<p><i>Estabilidade Física</i> Superfície dos rejeitos</p> <p>Barragens</p> <p>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 vertedouro, 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.</p> <p>Valetas/ bermas/cercas para prevenir a erosão e o acesso com veículos motorizados.</p> <p>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.</p> <p>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; Tratamento prévio e remoção de 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. Trincheiras para desviar o escoamento superficial;</p> <p>Coletar e tratar. 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> Produtividade e Impactos visuais</p>	<p>Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.</p>	<p>Recuperação por: inundação, cobertura, revegetação, etc.</p>

- 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 águas potáveis. 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 em longo prazo depois da desativação, não pode ser considerado desativado.

O Quadro 3-5 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) 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, ciclones, moinhos, células de flotação, filtros, tanques de adsorção, cianetação, espessadores etc.), estruturas associadas e equipamento da superfície e subterrâneos. São incluídos também: serviços de compras, 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 3-5 Objetivos e medidas de recuperação para tratamento de água usada na mina (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).)

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

A depender da necessidade, as construções podem ser deixadas no local para utilização de terceiros, ou então podem ser desmontadas e o local reconformado. Conforme a 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 3-6 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) 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.

Áreas de infra-estrutura

Incluem as instalações que fornecem suporte para as atividades da mina. Isto inclui: 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 pode ser melhorada, e todas as instalações podem ser utilizadas durante a vida da mina e após a desativação.

O Quadro 3-7 adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000) resume os objetivos e as medidas de desativação potencial orientadas a estabilidades físicas, químicas e ao uso da terra para a infra-estrutura.

Quadro 3-6 Objetivos e medidas de recuperação para equipamentos e obras civis (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas
<p><i>Estabilidade Física</i> Construções, equipamentos e áreas de estocagem.</p>	Controlar a entrada de pessoas estranhas	<p>Descontaminar, se necessário, desmontar e remover todos os equipamentos e construções; Enchimento das escavações; Remoção de tanques subterrâneos; Restaurar as drenagens naturais.</p>
<p><i>Estabilidade Química</i> Construções, equipamentos e áreas de estocagem de gás, produtos químicos, combustíveis, óleos e graxas.</p>	<p>Atender a critérios para a qualidade das águas.</p> <p>Dispor os excessos de produtos químicos em outros locais</p>	<p>Avaliar o solo contaminado caso a caso, deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada;</p> <p>Os produtos químicos de qualquer tipo devem ser reciclados, retornar ao revendedor, vendido, ou disposto em locais apropriados para solos contaminados.</p>
<p><i>Uso futuro da área</i> Construções, equipamentos e áreas de estocagem.</p>	Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.	<p>Reconformação da topografia; Revegetação; Remoção das fundações; Restauro da drenagem natural.</p>

Quadro 3-7 Objetivos e medidas de recuperação da infra-estrutura (adaptado do CANADA (1995) e Sassoon (2000)).

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

3.7 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, a mais utilizada era a corretiva, pois não havia uma intensa política de preservação do meio ambiente. 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, vindo a deixar para o final da sua vida útil uma menor quantidade de ações de recuperação ambiental.

Estratégia Preventiva

É uma ação que visa à 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 nestas muitas operações mineiras desenvolvidas atualmente. No item 3.8 será mostrado um modelo de Plano de Desativação utilizando a estratégia preventiva. No capítulo 5, será descrita a experiência de uma desativação utilizando essa mesma estratégia.

Estratégia Proativa

Esta estratégia consegue ir além das anteriores, quando consideram as atividades mineiras transitórias e adotam 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. Isto pode ser executado através de um Plano de Desativação que é descrito no item 3.8.

3.8 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, p. 260). Quanto mais cedo forem preparados os planos de desativação de uma mina, mais tempo se tem 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, Mudder & 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, p. 134). A atualização dos planos é consensual, o período para a revisão causa divergência, portanto a revisão de um plano deve ser realizada, de acordo com a vida útil da mina, isto é, quanto maior a vida útil, mais modificações tecnológicas, ambientais e sociais a mina estará sujeita e 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 das suas operações quando estas estiverem à plena carga; neste momento, já se tem um ritmo de produção real e, com certeza, pode ser reavaliada a sua vida útil de acordo com a produção real, além disso, já

podem ser previstas as futuras áreas sujeitas à recuperação. A partir deste ponto, a atualização pode variar de quinquenal ou de acordo com a renovação da licença de operação, que varia de acordo com cada estado, entre três a cinco anos. A avaliação anual só deve ser realizada se fatores externos (pressão social da população, riscos ambientais, ou alteração tecnológica) influenciarem o 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 estes podem ser Organizações Não Governamentais (ONG), ambientalistas e cidadãos comuns. Todos estes participantes tem 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 acima 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), reavaliado periodicamente durante a vida útil da mina, visando encontrar o desenvolvimento sustentável após sua desativação com a participação de todos os interessados (empresa, governo, comunidade e demais cidadãos).

3.8.1 Objetivos de um Plano de Desativação

O objetivo mais amplo de um plano de desativação segundo Lima & Wathern, (1999), Mchaina (2000) e Sassoon (2000) é assegurar que a desativação e recuperação de um sítio satisfaçam os seguintes requisitos:

- Permitir um uso produtivo e sustentável do local degradado após a mineração e 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 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 & Warhurst (1999) citam que o objetivo principal deste planejamento 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;
- Assegurar o uso da terra viável 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 e um apoio para a economia local e fonte de emprego indireto. Em muitos casos, a empresa assume o poder 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, p. 120). Este tipo de acontecimento é muito comum, principalmente com garimpeiros, onde cidades tornaram-se fantasmas após o fechamento da mina por exaustão das jazidas.

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.

**Quadro 3-8 Objetivos e controle que devem ser previstos
para os empregados e a comunidade local na desativação de uma mina.**

Envolvidos	Objetivos	Controle
Empregados	<ul style="list-style-type: none"> • Recolocação em outro emprego; • Relocação dos empregados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio para a procura de um novo emprego; • Apoio financeiro; • Recomendações.
Comunidade Local	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade econômica; • Bem estar social; • Melhora do nível educacional da comunidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de desenvolvimento regional; • Desenvolver localmente empresas auto-sustentáveis; • Estabelecer recursos ou depositar créditos para os serviços essenciais; • Relocação de migrantes.

Adaptado de Sassoon (2000).

Se houver falhas no envolvimento da comunidade no programa de desativação de uma mina, pode resultar nas seguintes adversidades Laurence (2001):

- Gasto desnecessário de tempo com a desativação por parte de gerentes e empregados;
- Podem causar 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.
- Pode causar o esvaziamento das comunidades locais “cidades-fantasma”;
- A impropriedade ou a falta da recuperação de áreas degradadas pode criar problemas em longo prazo;
- 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 10 anos ou mais, já tiveram áreas desativadas completamente 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.

3.8.2 Plano de desativação elaborado após a desativação da mina

A figura 3-2, a seguir, mostra um fluxograma da estratégia preventiva de desativação de mina.

Figura 3-2 Fluxograma de Estratégia Preventiva de Desativação de um Empreendimento Mineiro. (Adaptado de Sánchez, 1998).

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 3.4.

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 sua situação atual de como se encontra o sítio nos seus aspectos geográfico, geomorfológico, 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; céu aberto, número de cavas, altura de bancadas, taludes, estabilidade da cava e acessos de proteção; área de cada uma, profundidade; 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 reagentes, 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 reconhecidos ou marcos de referência.

Descrição detalhada de todos os passivos ambientais existentes

Descrição de todas as áreas que compõem o passivo ambiental e 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

Para a mina, pode-se pensar na reabilitação em condições similares às anteriores (conservação, recreativo, agrícola/florestal, urbano, etc.), restauração com a conservação do patrimônio industrial para fins turísticos ou educativos ou restaurar 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 fluídos e remoção de resíduos sólidos;
- Desmontagem e demolição de edifícios;
- Remoção de fundações e tanque enterrados;
- Preenchimento de escavações, caso for mantê-las, definir nova solução e sinalização;
- Aterro, nivelamento e terraplanagem;
- Triagem de resíduos e entulhos;
- Descontaminação de substâncias tóxicas no solo e nas águas (superficiais e subterrâneas);
- Estratégias de recuperação e reabilitação mais adequada;
- Etapas que compõem as estratégias;
- Cronograma de execução destas etapas;
- Custos envolvidos na recuperação e reabilitação.

Cronograma físico e financeiro

São previsões de início e término dos trabalhos com suas etapas e respectivos custos para cada uma delas. É nesta fase, que se tem uma idéia dos 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 para avaliação, 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 aprovar ou não com exigências a serem cumpridas para a aprovação.

Execução dos trabalhos

Após o relatório aprovado, com ou sem exigências, as obras são executadas de acordo com o relatório. Esta execução pode ser feita pela empresa ou 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 deve ser monitorado após o fechamento do empreendimento. Nesta etapa, também podem ser desenvolvidas as manutenções da área, se necessário. Estas podem ser ativas, quando envolvem operações ou manutenção de planta de tratamento de água, programas de monitoramento para as estabilidades físicas, químicas, biológicas e qualidade do meio ambiente; ou passivas através de monitoramentos ocasionais, esparsas manutenções de estrutura, etc.

3.8.3 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 as áreas de influência direta ou indiretamente afetada;
- 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 de longo prazo do potencial poluidor dos diversos resíduos do empreendimento (estéril, rejeito, etc.);
- Proposição de alternativas tecnológicas e de procedimentos para usos futuros predeterminados;
- 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.);
- Programas 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 parâmetros ecológicos em áreas reabilitadas.

A Figura 3-3 sintetiza as suas etapas. A seguir a descrição de cada etapa.

Figura 3-3 Fluxograma de Estratégia Proativa de Desativação de um Empreendimento Mineiro. (Adaptado de Sánchez, 1998).

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 detalhada, se 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 saem dos rejeitos e áreas onde os fluxos de contaminantes são conhecidos ou esperados para ocorrer;
- Tabelas de água subterrânea dentro das áreas de rejeitos e áreas de contaminação conhecidas;
- Identificação de aquíferos significativos;
- Localização das áreas de descarga e recarga e 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:

- pH, potencial de redução, sólidos totais em suspensão, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, metais pesados, maiores cátions e ânions, totais de óleos, graxas, amônia, arsênico e cianeto;
- As modificações ocorridas nos parâmetros devem ser baseadas nos dados existentes, adições químicas durante o tratamento do minério e 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. A extensão da contaminação do solo como resultado de emissões, se houver.

Flora e Fauna - Uma breve descrição da vida de animais, plantas terrestres que podem ser afetados pelo projeto. O foco principal será a descrição do desenvolvimento existente dos recursos de pesca e o esperado impacto 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 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 tecnologia e longa duração;
- 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, trincheiras devem ser descritas em cada estágio da desativação. Os cronogramas de inspeções e pessoal de segurança devem ser detalhados.

Lavra Subterrânea ou 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 subjacentes, incluindo construções e infra-estruturas;
- Geologia estrutural do pilar e da rocha adjacente;
- Métodos de avaliação da estabilidade de longa duração.

Esta avaliação deve incluir a análise dos efeitos de cada abertura da mina na estabilidade da superfície em áreas subjacentes e adjacentes à atividade mineira. Se houver distúrbios na superfície ou forem antecipados, a extensão e a natureza destes distúrbios e o período no qual ele ocorre 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, métodos e avaliações que serão utilizadas progressivamente a cada estágio de desativação para alcançar, em longo prazo, as estabilidades 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 utilizada progressivamente e a cada estágio da desativação, encontrando, em longo prazo, a estabilidades física e química do sistema de disposição de rejeitos. Planta topográfica mostrando a localização de todas as estruturas e características relacionadas que serão usadas durante o período de desativação e remanescente no local.

Desenhos e relatórios devem ser fornecidos para cada estágio da desativação que ilustrará e descreverá 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. Estes desenhos devem incluir o projeto de vida da pilha, 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 todas as localizações de estocagem e disposição de produtos perigosos no sítio será indicado em relatórios os quais descreverão em longo prazo a estabilidade física e química do local. Incluem-se no relatório, métodos e locais propostos para a estocagem, segurança antecipada, com manutenção adequada para materiais perigosos que irão permanecer armazenados no local após a desativação.

Tratamento de Água - Quando a coleta, tratamento de escoamentos superficiais, efluentes de rejeitos ou outras águas locais são previstas, 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 localizações 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, 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, operações, manutenção e métodos de registro guardados para todas as estruturas que permanecerão no local após a recuperação.

Este programa deve envolver as estabilidades física e química e condições ambientais, a fim de verificar e alcançar as condições e usos esperados. Estas informações podem 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 3-9 estão listados os componentes da mina que serão monitorados, os locais e o método de monitoramento empregado.

Quadro 3-9 Serviço, estruturas, locais e métodos de monitoramento

Fonte: CANADA (1995)

(continua...)

Componentes da Mina	Locais Monitorados	Métodos de Monitoramento I
Subterrânea <ul style="list-style-type: none"> • Pilares • Poço vertical e áditos • Tampões 	Acessos	- Examinar as condições das barreiras (bloqueios); inspecionar trincheiras, bermas, cercas, etc.
	Estabilidade	- Identificar fendas de tração, escarpas e mudanças no padrão de drenagem.
	Taxa de enchimento	- Medição do nível de água
	Descarga de água	- Inspeção visual da percolação de água - Monitorar e quantificar a taxa de vazamento

Quadro 3-9 Serviço, estruturas, locais e métodos de monitoramento

Fonte: CANADA (1995)

(conclusão...)

Componentes da Mina	Locais Monitorados	Métodos de Monitoramento I
Céu Aberto	<p>Acesso</p> <p>Estabilidade de Taludes</p> <p>Taxa de enchimento</p> <p>Elevações finas de água</p>	<p>- Inspeccionar visualmente trincheiras, bermas, cercas, etc.</p> <p>- Identificar as fendas de tração nas cristas dos taludes, inspecionar novos e antigos sinais de ruptura e erosões profundas e estreitas causadas pela água.</p> <p>- Exame local e/ou instrumentação se forem alcançadas taxas críticas de movimentação de taludes;</p> <p>- Amostras de sólidos em suspensão.</p> <p>Exame local e/ou instrumentação de níveis de água</p> <p>Água subterrânea adjacente e nível dos lagos.</p>
Pilhas de minério marginal, lixiviado ou estéril.	<p>Estabilidade de Taludes</p> <p>Acesso</p> <p>Estabilizar a cobertura da pilha</p>	<p>- 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.</p> <p>- Exame local e/ou instrumentação se forem alcançadas taxas críticas de movimentação de taludes</p> <p>- Inspeccionar trincheiras, bermas, cercas, etc.</p> <p>- Inspeccionar para identificar ravinamentos e voçorocas causadas pela água e estabilizar a vegetação.</p>
Bacias e barragens de rejeitos e tapetes drenantes com pedregulho e areia	<p>Acesso</p> <p>Estabilidade física</p> <p>Descarga de água</p>	<p>- Inspeccionar visualmente trincheiras, bermas, cercas, etc.</p> <p>- Exame superficial para identificar voçorocas e erosão eólica;</p> <p>- Inspeccionar o crescimento da vegetação de cobertura dos taludes;</p> <p>- 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;</p> <p>- Amostra de sólidos suspensos das drenagens</p> <p>- Exame local e instrumentação se forem alcançadas taxas críticas de recalque, aumento de percolação e notada deformação interna.</p> <p>- Inspeção para verificação de voçorocas</p> <p>- Amostra de sólidos suspensos das drenagens</p> <p>- Medição das taxas de descarga e comparação com os fluxos projetados.</p>
Análise do fluxo de água - Valetas profundas e vertedouros	Estabilidade física	<p>- Inspeção visual para identificar erosão que alcançam pontos íngremes à jusante;</p> <p>- Procurar sedimentos, acumulação de gelo ou sedimentos e bloqueios.</p>
Estruturas Superficiais - Suspensas temporariamente ou inativa	<p>Acesso</p> <p>Estabilidade física</p>	<p>- Examinar cercas, barricadas, segurança local, etc.</p> <p>- Inspeção para identificar erosão;</p> <p>- Procurar sedimentos, acumulação de gelo ou sedimentos e bloqueios.</p>

Estabilidade química e qualidade da Água - O Quadro 3-10 resume a relação entre a estabilidade química e os possíveis métodos de monitoramento associados com vários componentes da mina.

Quadro 3-10 Métodos de monitoramento para estabilidade química

Componente da Mina	Locais 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 de estocagem de combustíveis e produtos químicos.

O programa de monitoramento deve demonstrar que os níveis de contaminantes nas drenagens provenientes dos locais não excedam às condições esperadas para os locais ou aplicáveis para a obtenção de uma licença.

Monitoramento de longo prazo (manutenção passiva ou ativa) - Descrever o programa de gerenciamento de longo prazo que 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. Locais onde atividades prévias, não relatadas para o 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 se planejar em 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 o mesmo ou menor que os danos típicos da área prioritária para o desenvolvimento.

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;
- Qualquer área íngreme ou pilhas de estocagem que permaneçam 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, em 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 - Os principais focos de recuperação serão os impactos das operações causados em recursos de pesca locais. 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. A última meta é reabilitar o sítio e a extensão que o recebimento do curso d'água suportará em uma diversa e viável comunidade aquática, reconhecendo as limitações do habitat natural adequado.

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 na 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 se posicionar a este respeito.

Ensaios comprobatórios

São ensaios realizados após cessarem os trabalhos de recuperação para comprovar se realmente aquele local se encontra nas condições adequadas para ser

utilizado para outras finalidades. Na minas, os ensaios mais comuns se referem 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.

3.9-Custos de recuperação ambiental

Custos de uma maneira geral *“são todos os gastos utilizados para a condução das atividades de uma empresa. Estes gastos estão relacionados ao processo de produção de uma empresa e podem ser identificados como: matéria prima, mão de obra, desgaste de máquinas, impostos em geral, etc”*. (Iudícibus, 1999, p. 180). Este custo, por sua vez é considerado como custo total e 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 (1979) *apud* Taveira (1997).

Os custos ambientais, por sua vez, definidos por Ribeiro (1998) de uma maneira geral são o somatório dos gastos despendidos pela empresa, só que agora, relacionados direta ou indiretamente com o controle, preservação e recuperação do meio ambiente.

O custo ambiental particularizado para ao 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, p. 90)

Os custos ambientais podem ser incorridos *“nas ações de avaliação, prevenção, minimização, monitoramento, e reabilitação dos impactos sobre os meios*

físicos, bióticos e antrópico, provocados por empreendimentos do setor mineral, nas fases de planejamento, construção, operação e fechamento”. (Taveira, Op. cit).

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 próximo 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 precisa maiores trabalhos de recuperação ambiental no futuro que a lavra subterrânea. Na fase de beneficiamento, a recuperação de minerais metálicos implica utilização de reagentes químicos neste processo, conseqüentemente, os resíduos gerados no tratamento deste mineral serão mais perigosos e deverão ter um cuidado maior na sua disposição e nos trabalhos de recuperação ambiental, mais que os minerais industriais. Definidos o método de lavra e o tratamento de minério empregado para a substância mineral, pode-se ter uma idéia dos custos utilizados na preservação e controle ambiental.

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

- Custo de degradação: custos externos de um projeto provocados por impactos ambientais sem controle ou por impactos residuais;
- Custo de controle: evita a ocorrência (total ou parcial) de impactos ambientais;
- Custo de mitigação: gastos em ações para reduzir o impacto ambiental do projeto;
- Custo de compensação: gasto em ações que compensam os impactos, recuperação é impossível;
- Custos de monitoramento: gastos com ações de acompanhamentos e avaliação de impactos e programas ambientais;
- Custos institucionais: gastos com as seguintes situações:

Elaboração de estudos sócio-ambientais referentes às etapas de planejamento, implantação e operação;

Elaboração de estudos requeridos por órgãos ambientais;

Pagamento de multas e ações judiciais;

Obtenção de licenças ambientais;

Obtenção de certificações, pagamento de seguros.

3.9.1-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 onde estes custos estão diretamente ligados são:

- Aquisição de insumos próprios para controle e/ou eliminação de poluentes; Ex., compra de hipoclorito de sódio ou 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 minérios; 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 onde deverão ser dispostos estes resíduos, isto é, a impermeabilização dos locais onde as pilhas de minério lixiviados 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.

3.9.2-Custos de recuperação das principais atividades mineiras

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

Para estimar os cálculos dos itens de custo, é necessário se ter as características de cada tipo de lavra subterrânea (abertura de galerias para a superfície ou subsidência) ou céu aberto (cavas inundadas, secas com ou sem enchimento), pilhas de estéril (perenes ou provisórias) ou de lixiviação, barragens ou bacias de rejeito, etc.

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

Definidos os objetivos e as medidas adotadas são definidas as ações para recuperação das áreas degradadas. Estas ações servirão de base para que possamos identificar quais são 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 identificadas os objetivos e as principais medidas de recuperação mais adequadas. Estas, por sua vez, foram selecionadas e indicadas para cada grupo de custo que incide sobre elas.

O Quadro 3-11 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.

Itens de custo para lavra a céu aberto

Na lavra a céu aberto, foram considerados três tipos de cavas: 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; cava seca, podendo ocorrer o enchimento parcial da cava, quando se trata de cava muito grande e profunda; e 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 3-12 apresenta as principais características da lavra a céu aberto utilizadas, 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 3-11 Características, objetivos, medidas e ações de recuperação e itens de custos para lavra subterrânea.

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

Quadro 3-12 Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custos para lava a céu aberto

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas	Ações de recuperação
-Cavas inundadas – Manutenção da cava	-Permitir o acesso da água para o interior da cava;	-Canaletas de drenagens superficiais em direção a cava;	1. Aplainamento das bermas;
	-Permitir o acesso da comunidade à água armazenada;	-Deixar livre apenas um acesso para o interior da cava;	2. Aberturas de valas de drenagens;
	-Prevenir ruptura de taludes;	-Estabilização de taludes;	3. Sinalização para áreas inseguras;
	-Restringir o acesso a cava pelas bordas, evitando acidentes.	-Cercas e sinalizações no entorno da borda da cava;	4. Coleta de sementes;
			5. Preparação do solo;
-Cava seca – Enchimento parcial	-Retorno da área a outro uso apropriado.	-Revegetação dos taludes e entorno da cava.	6. Tratamentos da superfície;
	-Prevenir ruptura de taludes;	-Estabilização de taludes;	7. Semeadura ou plantio.
	-Restrição total de acesso a cava;	-Sinalização e cercas no seu entorno;	8. Desmonte das bancadas para alinhar os taludes e manter as bermas de segurança.
	-Drenagens superficiais impedindo o acesso da água ao seu interior;	-Canaletas de drenagens superficiais;	
	-Retorno da área a outro uso apropriado.	-Revegetação dos taludes e entorno da cava.	
-Cavas secas – Enchimento total	Retorno da área a outro uso apropriado.	Recomposição do solo de acordo com uma utilização futura.	9. Retomada de rejeito e/ou estéril;
			10. Desmonte mecânico das bermas da cava.
Custos com Equipamento		Custos com Mão-de-obra	Custos com Material 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 e 10); • Tintas, madeira e metal (3); • Adubos químicos, corretivos da fertilidade do solo, pesticidas, compra de sementes, sacos para plantio de mudas, mudas, etc. (4, 5, 6 e 7); • Compra de sementes (4); • Explosivos, acessórios de detonação, hastes, luvas e brocas; (8).	
• Transporte de terra vegetal (5, 6, 7 e 9);	• Instalação das placas de sinalização (3);		
• Perfuração para desmonte (8);	• Coleta de sementes, aragem do solo,		
• Transporte de terra vegetal (5, 6, 7 e 9).	semeadura e plantio do solo. (4, 5, 6, 7 e 9).		

Itens de custo para pilhas de estéril e minério lixiviado

Consideraram-se três tipos de pilha de estéril: 1- as provisórias, que são construídas próximas a cava e depois retomadas para o seu enchimento; 2- as perenes, que não são retomadas e merecem cuidados especiais; 3- e as de minério lixiviados, estas são pilhas contendo resíduo de ouro e cianeto, substância química altamente perigosa e nociva à saúde, o que requer cuidados maiores quando da sua desativação e recuperação.

O Quadro 3-13 apresenta as principais características das pilhas de estéril e minério lixiviados 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.

Itens de custo para bacias e barragens de rejeitos

Consideram-se como bacias de rejeitos o local onde foram dispostos os rejeitos provenientes do beneficiamento, durante a vida útil da mina e após a sua desativação; a água acumulada neste local foi evaporada, sendo que, antes desta evaporação, os metais pesados foram neutralizados. Este local, quando em atividade, continha mantas impermeáveis no seu leito para não permitir a percolação do seu conteúdo para o solo e subsolo; estas mantas permaneceram. 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 3-14 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.

Itens de custo para equipamentos e obras civis

Incluem-se para as construções da usina de beneficiamento, estruturas associadas e equipamento de superfície e subterrâneos, além de áreas de estocagem de materiais. Estes podem incluir: serviços de compras, 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.

Quadro 3-13 Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custos para pilhas de estéril e minério lixiviado

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas	Ações de Recuperação
- Pilhas de estéril provisória.	- Evitar rupturas da superfície e descarga de sedimentos.	- Construir pilhas em camadas com taludes planos; - Retorno da 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 perene.	- Evitar rupturas profundas, afundamento de grandes superfícies e descargas de sedimentos; - Retornar da 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 a infiltração de água; - Revegetar ou estabelecer enrocamento de proteção.	6 Coleta de sementes; 7 Desvio das drenagens originais; 8 Instalação das drenagens superficiais nas bermas e laterais da pilha;
- Pilhas de minério lixiviado extintos.	- Controle de reações e/ou migração de contaminantes. Coleta e tratamento dos contaminantes. - Retornar da área ao uso original ou outro uso apropriado.	- Neutralização do cianeto; - Monitoramento da 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		Custo com Material de Consumo	
1 Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1, 2 e 3); 2 Transporte de estéril e terra vegetal (1, 2 e 3).	3 Operação e manutenção de equipamentos (1, 2 e 3); 4 Coleta de amostras da pilha (10); 5 Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio (4, 5 e 6); 6 Instalação das drenagens superficiais(7).	7 Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 2 e 3); 8 Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas, mudas, etc. (4, 5 e 6); 9 Cimento, areia, brita, manilha (7); 10 Reagentes (9); 11 Análise do solo (11).	

Quadro 3-14 Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custos para sistemas de barragens ou bacias de rejeitos

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas	Ações de Recuperação
<ul style="list-style-type: none"> - Bacias de rejeitos secas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar a migração de poças - Controlar a erosão pela água - Retorno da área ao uso original ou outro uso apropriado 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer uma cobertura resistente à erosão com vegetação, solo, enrocamento ou água; - Revegetação. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Desvios das drenagens originais; 2 Coleta e análise da água residual e dos rejeitos; 3 Uso de reagentes para a neutralização.
<ul style="list-style-type: none"> - Barragens de Rejeitos. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - Encontrar qualidade nas águas superficiais por meio do controle de reações e/ou controle da migração, coleta e tratamento; - Retorno da área ao uso original ou outro uso apropriado. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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; - 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; - Rvegetação. 	<ol style="list-style-type: none"> 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 de Equipamentos		Custos de Mão-de-obra	Custos de Material de Consumo
<ul style="list-style-type: none"> • Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1 e 6); • Transporte de terra vegetal (1 e 6). 	<ul style="list-style-type: none"> • Operação e manutenção de equipamentos (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). 		<ul style="list-style-type: none"> • Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1 e 6); • Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas, mudas, etc (6, 7, 8 e 9); • Reagentes (3); • Análise das amostras do rejeito (4).

O Quadro 3-15 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.

Itens de custo para a infra-estrutura

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

O Quadro 3-16 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.

3.10 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 3-4.

Esta metodologia é utilizada para cada unidade de área onde são processadas as obras de recuperação ambiental, estas unidades 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 dependem dos seus rendimentos e da quantidade de horas que 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 para a realização de trabalhos de recuperação ambiental em áreas degradadas pela mineração.

Quadro 3-15 Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para equipamentos e obras civis

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas	Ações de Recuperação
<ul style="list-style-type: none">- Construções, equipamentos e áreas de estocagem.	<ul style="list-style-type: none">- Controlar a entrada de pessoas estranhas;- Encontrar critérios para a qualidade das águas;- Dispor os excessos de produtos químicos em outros locais;- Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.	<ul style="list-style-type: none">- Descontaminar, se necessário, desmontar e remover todos os equipamentos e construções;- Enchimento das escavações;- Remoção de tanques subterrâneos;- Restaurar as drenagens naturais;- Avaliar os solos contaminados caso a caso deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada;- Os produtos químicos de qualquer tipo devem ser reciclados, retornar ao revendedor, ser vendido, ou disposto em locais apropriados para solos contaminados;- Revegetação, áreas de lazer, casas populares, etc.	<ol style="list-style-type: none">1 Enchimento de escavações;2 Descontaminação das áreas contaminadas;3 Instalação de placas de sinalização e cercas;4 Coleta e análise de contaminantes;5 Disposição de solos contaminados e produtos químicos em local apropriado;6 Transporte e reutilização de equipamentos.
Custos de Equipamentos		Custos de Mão-de-obra	Custos de Material de Consumo
<ul style="list-style-type: none">• Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1 e 5);• Transporte de equipamentos (6).	<ul style="list-style-type: none">• Operação e manutenção de equipamentos (1, 5 e 7);• Instalação de placas de sinalização (3);• Coleta de amostras de solo (4).	<ul style="list-style-type: none">• Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 5 e 7);• Tintas, madeira e metal (3);• Reagentes (2);• Análise do solo contaminado (4).	

Quadro 3-16 Características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo para infra-estrutura

Características	Objetivos da Recuperação	Medidas	Ações de Recuperação
- Estradas, pista de pouso, linhas de transmissão.	- Controlar a erosão; - Segurança da comunidade; - Controlar a liberação da águas de superfície e subterrâneas dos vertedouros ou de erosão; - Retornar a superfície ao estado original ou outro uso aprovado pela comunidade, empresa e órgão ambiental.	- Desbloqueio das vias de acesso; - Preparo do solo para outra atividade futura ou a atividade anterior (agropastoril); - Restaurar as drenagens padrão; - Seguir as normas locais de manutenção e prevenir a sua utilização desnecessária; - Descarregar e travar todas as linhas de transmissão abertas e não essenciais; - Avaliar os solos contaminados, caso a caso. Deixar no local ou escavar e dispor de maneira apropriada. - Transferir aos novos proprietários, onde for apropriado; - Remover todos os postes e fios elevados; - Remover do terreno todos os cabos enterrados - Revegetação	1 Remover bueiros, todas as pontes, barricadas em vias de acesso e estabilização; 2 Preparação do solo; 3 Tratamentos da superfície; 4 Coleta de sementes; 5 Restauração das drenagens originais; 6 Instalação de placas em áreas contaminadas ou de perigo para a população; 7 Desmonte e transporte de equipamentos; 8 Coleta de amostras de solo para verificar contaminação; 9 Disposição materiais contaminados em locais adequados (aterros); 10 Remoção de todo material que não será utilizado no uso da terra.
Custos de Equipamentos		Custos de Mão-de-obra	Custos de Material de Consumo
<ul style="list-style-type: none">• Horas de tratores, pás-carregadeiras e caminhões (1, 2, 7, 9 e 10);• Transporte de equipamentos (7 e 10).	<ul style="list-style-type: none">• Operação e manutenção de equipamentos (1, 2, 7, 9 e 10);• Instalação de placas de sinalização (6);• Coleta de amostras de solo (8);• Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio, etc. (2, 3 e 4),• Instalação de drenagens de desvio (6).	<ul style="list-style-type: none">• Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1, 2, 7, 9 e 10);• Tintas, madeira e metal (6);• Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, sacos para mudas, mudas, etc (2, 3 e 4);• Reagentes (8);• Análise das amostras do rejeito (8).

Fonte: ITGE (1989) modificado

Figura 3-4 Metodologia para a elaboração de orçamento de recuperação ambiental.

O orçamento geral de recuperação ambiental de uma unidade de área é o somatório de todos os gastos com equipamentos, mão-de-obra e materiais de consumo e é indicado nas unidades UM (Unidade Monetária 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. O mais recomendado para se efetuar as comparações ou estimativas econômicas rápidas são os que se referem à unidade de área recuperada ou a tonelagem ou volume de minério extraído.

Com relação ao custo por unidade de área recuperada (custo/hectare), pode servir para a comparação com outras experiências nacionais ou estrangeiras. No

Brasil, podemos comparar os custos de recuperação de algumas empresas, dentre elas a Química Geral do Nordeste (QGN), barita; Ottomar Mineração, areia e a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), alumínio e perceber a disparidade entre eles. Estes custos de recuperação de áreas degradadas podem ser vistos no quadro 3-17.

Quadro 3-17 Custos de recuperação da QGN, Ottomar Mineração e CBA.

Áreas Recuperadas	Custos por hectare (R\$/ha)
Mata Nativa (QGN)	3.164,75
Mata Nativa (QGN)	1.864,02
Mata Nativa (Ottomar)	3.164,70
Mata Nativa (Ottomar)	735.20
Mata Nativa (CBA)	11.900,00
Pastagem (CBA)	7.700,00

Quando se compara o custo de recuperação de área degradada por tonelada ou volume de minério extraído, a variação é maior que a anterior, pois depende das dimensões dos projetos, e, fundamentalmente, da reserva de massa mineral e à 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.

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. No quadro 3-18 está indicado como se pode conseguir o percentual de acréscimo nos custos de produção.

Quadro 3-18 Montagem dos custos de recuperação de área degradada

Áreas Recuperadas	Custo de Recuperação (UM)	Quantidade de Minério Extraído (t ou m ³).	Custo de Recuperação do Minério Extraído (UM/t ou m ³)	Custo de Produção (UM/ t ou m ³).	Acréscimo no Custo de Produção (%)
Cavas, Pilhas, Barragens ou Bacias de Rejeitos, etc.	CR	Q	CR/Q	CP	(CR/Q*CP)*100

Fonte: Modificado de Oliveira Jr (2000)

O percentual de acréscimo nos custos de produção (**P**) é definido como:

$$P = (CR / Q * CP) * 100 \quad (1)$$

Onde, **CR** são os custos incorridos 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, acrescidas de obras civis e infra-estrutura) nas ações de recuperação ou reabilitação de áreas degradadas. Estes custos envolvem mão-de-obra, equipamentos e insumos; **Q** é a quantidade de minério extraído na mina e processado (t ou m³); e **CP** é o custo incorrido na produção de um determinado bem mineral e envolve todos os gastos que a empresa tem para se produzir um bem mineral. Estes custos envolvem mão-de-obra, equipamentos e depreciação e impostos.

3.10.1 - 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 et al (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 $13,3 \text{ m}^3$, para cada tonelada de barita extraída. A sua produção anual é de 28.000 t, conseqüentemente gera 372.000 m^3 de estéril no mesmo período. Os custos de extração da barita, na época, eram de R\$ 53,84 por tonelada. Esta grande quantidade de estéril faz com que a mina crie pilhas de estéril de grandes dimensões. As características, objetivos, medidas, ações de recuperação e itens de custo das pilhas São apresentadas nos quadros 3-19 e 3-20.

Quadro 3-19 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 3-20 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.	- Instalação de canaletas de drenagens superficiais e revegetação	1. Instalação de drenagens superficiais nas bermas e laterais das pilhas; 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 materiais de consumo	
<ul style="list-style-type: none"> Custos com tratores e pás carregadeiras (2). 	<ul style="list-style-type: none"> Operação e manutenção de equipamentos (2); Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio (2 a 5); Instalação das drenagens superficiais (1). 	<ul style="list-style-type: none"> Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (2); Adubos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, saco para mudas, etc. (2 a 5); Cimento, areia, pedra de mão, etc (1). 	

Na continuação, Quadro 3-21, são apresentados, de maneira resumida, os custos envolvidos na recuperação ambiental das pilhas de estéril da Mina Altamira.

Quadro 3-21 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 SiO₂, sendo esta empregada “in natura” na construção civil.

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

O início dos trabalhos de recuperação ficou concentrado numa área de 16 ha no areal Biribeira. O Quadro 3-22 exemplifica as características das áreas de lavra, o objetivo, as medidas de recuperação, as ações envolvidas e os principais itens de custo envolvidos.

Quadro 3-22 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	Retorno da área ao uso anterior	Recomposição do 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 material de consumo
<ul style="list-style-type: none"> Custos com tratores (1). 	<ul style="list-style-type: none"> Operação e manutenção de equipamentos (1); Coleta de sementes, aragem do solo, semeadura e plantio (2 a 5). 		<ul style="list-style-type: none"> Combustíveis, lubrificantes e peças de reposição (1); Aduobos, corretivos de solo, pesticidas, sementes, saco para mudas, etc; (2 a 5).

O preço do m³ na portaria da mina para o tipo de areia comercializada pela Ottomar Mineração é de R\$ 6,00 / m³ e o custo de produção é de R\$ 1,15 / m³ de areia extraída. O Quadro 3-23 mostra os custos para a recuperação do areal Biribeira.

Quadro 3-23 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 et al (2001)

É possível se perceber 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 uma área (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, haverá acréscimo nos custos de produção.

3.11-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 na faixa de 0,50% a 3%, o que significa aumentos irrisórios nestes custos.

Podemos estimar a ordem de grandeza dos valores referentes à recuperação de uma mina e acrescentá-lo ao estudo de viabilidade. Para isso, devemos obter a

reserva lavrável e o custo médio de produção do bem mineral explorado em estudo. De posse destes dados poderemos idealizar vários cenários de custos de recuperação, bastando para isso alterar o valor percentual do acréscimo nos custos médio de produção.

Utilizando a expressão (1), e colocando o **CR** (custo de recuperação) em função dos demais membros encontraremos a seguinte expressão:

$$\mathbf{CR} = (\mathbf{P} * \mathbf{CP} * \mathbf{Q}) / 100\% \quad (2)$$

Isto significa que podemos quantificar, em projeto, quanto seria despendido na recuperação de áreas degradadas de uma mina qualquer. Tomemos como exemplo uma mina de ouro com lavra a céu aberto, recuperação do ouro por lixiviação em pilhas, vida útil de 10 (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**). A variação escolhida foi entre 1% e 5%, uma vez que nos casos estudados acima, nenhum passou dos 3%, os dados 4% e 5% serviram para comparação. O quadro 3-24 explica os cenários estudados.

Quadro 3-24 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 se assemelha 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 dispendido. Tal qual num 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.

Uma pessoa com 25 anos, que deseje se aposentar aos 50 anos com uma renda média de R\$ 3.000,00 ao mês, por 20 anos, após a aposentadoria, pode aplicar os valores dispostos no quadro 3- 24 de acordo com a idade que deseja iniciar a aplicação. A taxa de retorno utilizada foi de 8%.

Quadro 3- 25 Exemplo de investimentos de acordo com a idade.

Idade Atual	Contribuição Mensal	Renda Mensal Desejada
25	368.39	3.000,00
30	584.15	3.000,00
35	971.32	3.000,00
40	1.769.52	3.000,00

Fonte: Modificado de Luquet (2001)

Analogamente, se utilizássemos o custo de recuperação do Cenário C, para a mesma mina mostrada no quadro 3-24, 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, teríamos o seguinte panorama:

Quadro 3-26 Períodos diferentes de capitalização para minas com recuperação após a lavra

Início da Capitalização	Contribuição Anual até a Desativação	Renda Anual após a Desativação
Início da mina	391.314,18	577.379,53
Após 5 anos	966.282,41	577.379,53

Fonte: Adaptado de Luquet (2001)

Podemos perceber que quanto mais cedo começamos a capitalizar, menos dinheiro temos que dispendar para obter a mesma renda mensal pelo mesmo período.

Os cálculos abordados no quadro 3-26 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: Tomemos como exemplo a mesma mina com duração de 10 anos, os trabalhos de recuperação estão programados para ocorrerem no ano 4, os seus gastos corresponderão a 30% do que é capitalizado anualmente, no ano 7, os seus gastos corresponderão ao valor total do que é capitalizado anualmente.

Quadro 3-27 Valores de capitalização para recuperações simultâneas à lavra

Capitalização dos anos 1 a 3.	Capitalização no ano 4.	Capitalização dos anos 5 e 6.	Capitalização no ano 7.	Capitalização dos anos 8 a 10	Renda anual após a desativação
1.270.362,35	295.833,52	813.933,49	Zero	1.270.362,35	371.810,64

Comparando os quadros 3-26 e 3-27, podemos 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 encontrados 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 a 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 estejam sendo desativadas;
- Aplicar a quantia destinada à recuperação ambiental no mercado financeiro e utilizar os dividendos à medida que o cronograma de recuperação seja executado;
- Poder avaliar e corrigir os custos de recuperação periodicamente;
- Depois da desativação da mina, período que as empresas estão geralmente descapitalizadas, a empresa não precisará despende grandes quantias para a recuperação de áreas degradadas.

4- O ESTÁGIO ATUAL DOS TRABALHOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E DOS PLANOS DE DESATIVAÇÃO NO ESTADO DA BAHIA

Em BAHIA, (1995), o Estado da Bahia ocupa o 6^o lugar no universo da mineração brasileira depois de MG, PA, SP, MT, GO e quando se inclui produto energético, a Bahia ocupa o 4^o lugar após de RJ, MG, PA. Conforme BAHIA (1994), no seu subsolo, foram identificados cerca de 70 bens minerais, sendo 30 entre pedras preciosas, semipreciosas, mármore e granitos com produção regular de cerca de 39 bens minerais, por intermédio de 394 empresas, incluindo pessoas físicas.

Apesar de ser um Estado com um elevado potencial mineral, a Bahia, a partir de 1997, começou a apresentar casos de desativação de empresas de grande porte e com grande potencial de impacto ambiental. Dentre as empresas estão a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Jacobina Mineração S. A. e a Mineração Caraíba S. A.

A CVRD atua no Estado com duas áreas, Maria Preta e Fazenda Brasileiro, sendo a primeira desativada por exaustão de reservas em 1997 e a segunda com vida útil prevista até 2018. A Mineração Jacobina teve suas operações paralisadas em outubro de 1998 devido a flutuação do preço do ouro no mercado internacional. Não se tem estimativa de vida útil dessa mineração. A Mineração Caraíba teve sua cava principal desativada por exaustão de reservas em 1998 e a mina subterrânea tem vida útil prevista para 2008.

Diante dos fatos relatados no parágrafo anterior, decidiu-se pesquisar no Estado da Bahia as empresas mais representativas e que tivessem áreas recuperadas, desativadas ou apresentassem planos de recuperação e desativação. Além disso, saber qual a real situação das empresas que apresentavam frentes de lavra desativadas, paralisadas ou desativadas por completo.

A metodologia utilizada foi a seguinte: escolha das empresas de mineração, representativas no cenário nacional. Foram escolhidas nove empresas que constam no ranking da Brasil Mineral de 1998, e acrescentada uma empresa de médio porte para se analisar quais as suas estratégias de recuperação ambiental e desativação de atividades. Ver quadro 4-1 a seguir.

Quadro 4-1 Relação das empresas pesquisadas e sua posição no ranking.

Número	Empresa	Ranking 97	Município
1	Cia. Vale do Rio Doce	01	Teofilândia
2	S. A Mineração Caraíba	15	Jaguarari
3	Magnesita S. A	17	Brumado
4	Jacobina Mineração	53	Jacobina
5	Pedreiras Valéria	58	Salvador
6	Química Geral do Nordeste	67	Miguel Calmon
7	Mineração Vale do Jacurici	78	Andorinhas
8	Dow Química do Nordeste	86	Vera Cruz
9	Comisa	99	Campo Formoso
10	Ibar do Nordeste S. A	00	Brumado

Fonte: Modificado da Brasil Mineral (1998)

As empresas escolhidas, dentro do cenário local, são de médio a grande porte e extraem minerais metálicos, materiais de construção e minerais industriais. Ver quadro 4-2.

Quadro 4-2 Relação das empresas por categoria mineral

Categoria Mineral	Subst. Mineral	Empresas
Minerais metálicos	Ouro Cromita Cobre	CVRD, Jacobina Mineração. Vale Jacurici, Magnesita e Comisa. Mineração Caraíba
Mat. de Construção	Granito	Pedreiras Valéria
Minerais Industriais	Magnesita Calcário Talco Barita Salgema	Magnesita e Ibar Pedreiras Valéria Ibar e Magnesita Química Geral do Nordeste Dow Química

A delimitação da pesquisa compreendeu a análise das empresas relacionadas acima nos períodos de janeiro de 1998 a julho de 2001.

O primeiro passo foi o levantamento de todas as licenças ambientais, análise dos trabalhos de recuperação ambiental e os planos de desativação de todas as empresas pesquisadas. Em seguida foram colhidas informações sobre áreas desativadas, passivos ambientais, estratégias de desativação, consulta ao órgão ambiental, etc no órgão ambiental. Na página seguinte, a figura 4-1 mostra, em mapa, a localização das empresas pesquisadas.

Figura 4-1 Mapa de Localização das empresas pesquisadas

Em seguida, foi elaborado pelo pesquisador, um questionário com base na adaptação para o setor mineral do Procedimento para o Planejamento da Desativação de um Empreendimento Industrial Sánchez (1998), a ser respondido pelas empresas envolvidas, e avaliado os dados obtidos.

4.1-Licenciamento ambiental no Estado da Bahia

“O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual a administração pública, por intermédio do órgão ambiental competente, analisa a proposta apresentada para o empreendimento e a legitima, considerando as disposições legais e regulamentares aplicáveis e sua interdependência com o meio ambiente, emitindo a respectiva licença”. (Souza, 2000, p. 11).

O licenciamento ambiental no estado da Bahia está sob a responsabilidade do Centro de Recursos Ambientais (CRA), autarquia criada pela Lei Delegada no 31, de 03/03/83 e do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEPRAM), criado pela Lei Estadual N^o 3.163 de 04/10/73, composto de representantes do Poder Público e da sociedade civil, que deliberam sobre a expedição da licença ambiental requerida.

Dentre as atividades sujeitas ao sistema de licenciamento ambiental no Estado da Bahia, podemos citar aquelas que estão direta ou indiretamente ligadas à mineração, dentre elas:

II – extração e beneficiamento de minerais;

IV – sistemas de tratamento e/ ou disposição final de resíduos ou materiais sólidos, líquidos ou gasosos;

V – instalação ou construção de barragens, aeroportos, aeródromos, instalações de geração de energia, linhas de transmissão, linhas de distribuição e vias de transporte (rodovias, ferrovias, tubovias, oleodutos, gasodutos, dentre outras);

X – armazenamento e disposição final de produtos perigosos;

XV – atividades que acarretem descaracterização paisagística ou das belezas naturais;

XVI – atividades que impliquem na alteração de dunas (lavra de areia), mangues e áreas de influências das marés (lavra subaquática).

Souza (2000), mostra que o procedimento para a concessão de licença ambiental no Estado da Bahia obedece a cinco etapas básicas, conforme figura 4-2 apresentado a seguir..

Figura 4-2 Fluxograma simplificado do licenciamento no Estado da Bahia.

Fonte: Souza (2000)

Etapa I Requerimento da Licença

O interessado requer a Licença ou Autorização Ambiental mediante o preenchimento de um formulário próprio fornecido pelo CRA, acompanhado de documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento.

Há vários tipos de licenças ambientais que podem ser requeridas pelo empreendedor. Estas dependem da fase em que se encontra o empreendimento. Dentre as principais licenças destacamos:

- Licença de Localização (LL): É uma licença prévia, concedida na fase preliminar do planejamento da atividade, aprovando a sua localização e concepção, mediante o cumprimento dos condicionantes fixados na respectiva licença.
- Licença de Implantação (LI): Concedida para a fase de instalação ou implantação, aprovando as especificações constantes dos planos, programas e projetos de controle ambiental, mediante o cumprimento dos condicionamentos fixados na respectiva licença.
- Licença de Operação (LO): Concedida na fase de operação da atividade, autorizando o funcionamento, mediante o cumprimento das medidas de controle ambiental necessárias.
- Renovação da Licença de Operação (RLO): Concedida para autorizar a continuidade da operação da atividade, mediante o cumprimento dos condicionamentos estabelecidos.

Para cada uma destas licenças, o CRA disponibiliza aos interessados um roteiro a ser seguido para a obtenção da respectiva licença. Neste roteiro, são estabelecidos critérios e procedimentos para subsidiar a análise do processo de licenciamento ambiental. No caso específico das atividades de extração e tratamento de minerais, o roteiro é baseado na Resolução N^o 1.153 de 18/12/95.

Neste roteiro, são solicitadas informações sobre dados gerais da empresa (endereço, localidade, substância mineral explotada, responsável técnico, etc.); caracterização da(s) unidade(s) industrial(ais); caracterização de efluentes (líquidos (orgânicos e inorgânicos), sólidos (domésticos ou industriais), emissões atmosféricas etc.); programas de controle ambiental; e planos de recuperação de áreas degradadas.

Etapa II Análise por equipe multidisciplinar

Nesta etapa, o processo será submetido à análise técnica por equipe multidisciplinar do CRA, que realizará inspeções a fim de verificar as informações constantes no processo, além de avaliar “in loco”, os possíveis impactos associados à atividade. Posteriormente, serão elaborados Relatórios de Inspeção e Pareceres Técnicos e jurídicos que integrarão o Processo de Licenciamento.

A equipe multidisciplinar analisará os aspectos ambientais relevantes, bem como os impactos negativos e positivos associados à atividade e emitirá um parecer técnico. Se os impactos forem considerados não significativos, recomendará ao CEPRAM a emissão de Licença de Localização, mediante o cumprimento dos condicionantes constantes do respectivo parecer. Se os impactos forem considerados significativos, a equipe emitirá um parecer recomendando ao CEPRAM a realização de um Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto do Meio Ambiente - RIMA.

Identificada a necessidade pelo CRA, considerando a manifestação da comunidade interessada, será realizada Audiência Prévia na área de influência do empreendimento para estabelecer um contato com a comunidade, visando dirimir dúvidas e conflitos e identificar pontos que devem ser contemplados na elaboração do Termo de Referência do Estudo de Impacto Ambiental.

Na Audiência Pública, os interessados serão convocados através da imprensa local, comunicando a data e local da audiência. Poderá haver mais de uma, dependendo da complexidade do tema. Esta audiência será presidida pelo diretor do CRA ou seu representante legal e coordenada pelo procurador Jurídico do CRA.

Após as Audiências Públicas, um parecer conclusivo é elaborado pelos técnicos do CRA e encaminhado ao setor jurídico para que seja enquadrado na forma da lei.

Etapa III apreciação dos processos pelo CEPRAM

O CEPRAM reúne-se, ordinariamente, uma vez por mês, na Secretária de Planejamento, Ciência e Tecnologia, sob a presidência do Secretário de Planejamento, quando são apreciados os processos de licenciamento constantes na pauta e que lhe são encaminhados através do CRA.

Etapas IV Deliberação do CEPRAM

O CEPRAM envia uma Resolução que concede a licença ambiental para ser publicada no Diário Oficial de Estado da Bahia, contendo a razão social da empresa, localização, tipo de licença, prazo de validade, unidade licenciada e dados qualitativos e quantitativos de produção.

Etapas V Emissão do Certificado de Licença Ambiental

O CRA emite o Certificado de Licença Ambiental, que é o diploma legal que certifica o licenciamento solicitado pela empresa, e contém o prazo de validade, nº do processo e o nº da Resolução do CEPRAM.

4.2-Levantamento dos dados no CRA

Escolhidas as empresas, foram realizados os levantamentos sobre recuperação ambiental e desativação de mina de todas as Licenças Operações (LO) e Renovação de Licença Ambiental (RLO) das empresas pesquisadas e analisaram-se os trabalhos de recuperação ambiental e os planos ou programas de desativação de mina.

Por estar passando por uma grande reformulação, a maioria dos processos constantes no CRA foram arquivados ou não foram localizados durante a pesquisa. Os dados foram obtidos de licenças ambientais expedidas entre 1993 a 1996. Dados mais recentes foram conseguidos diretamente com a empresa pesquisada, caso da Mineração Caraíba, que estava apresentando sua licença de renovação vencida em agosto de 1999 e a CVRD. Na sistematização da pesquisa, não foram encontradas informações referentes a algumas empresas; em resposta à sistematização proposta, foram colocadas às palavras “Sem informações”.

Apesar do Licenciamento Ambiental não contemplar Planos e Programas de Desativação de Mina, este item foi colocado numa tentativa de saber se algumas das empresas pesquisadas apresentavam preocupação com a desativação do seu empreendimento. Nenhuma das empresas apresentou planos ou projetos para a desativação e, quando o fez, foi por necessidade própria. Por outro lado, o órgão ambiental local não tem roteiros próprios e não estabelece nenhuma norma complementar a respeito da desativação de minas.

Ressalta-se neste item que a CVRD preparou um Plano de Descomissionamento em uma das suas áreas e encontra-se em análise pelo CRA. No momento da pesquisa, este plano não estava disponível para consulta, só foi consultado posteriormente junto a prepostos da empresa.

4.3-Questionário a ser respondido pelas empresas envolvidas

Foi proposto um questionário para as empresas de mineração e respondido pelo responsável pelo meio ambiente da empresa pesquisada na presença do pesquisador, seguida de visita às áreas de operações das empresas com inteira liberdade para tirar fotografias.

A seguir, algumas considerações sobre o significado de: áreas desativadas, passivos ambientais, estratégias de desativação, plano de desmontagem, consulta ao órgão ambiental e a comunidade, realização da recuperação, monitoramento, ensaios comprobatórios, relatório da desativação.

Área desativada Considera-se como área desativada aquela em que não se fará mais nenhuma intervenção com a mineração e encontra-se em fase de recuperação ou já foi recuperada para outras atividades.

Passivos ambientais São as descrições dos acúmulos de danos ambientais que devem ser reparados a fim de que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado local. Consideraram-se passivos ambientais as operações que estão sendo desenvolvidas na atualidade e não se tem plano para a sua recuperação. Ex: cavas paralisadas ou abandonadas, bacias ou barragens de rejeitos e pilhas de estéril, ainda que ativas, e não foram realizados trabalhos de recuperação ambiental.

Estratégia de Desativação Entende-se por estratégia de desativação como o conjunto de ações desenvolvidas pela empresa para eliminar ou reduzir o passivo ambiental. Estas ações podem ser desenvolvidas durante a vida útil da mina ou após a sua desativação.

Planos de desmontagem São aqueles que permitem a elaboração de alternativas para a desativação de instalações mineiras. Nestes planos, são descritos os procedimentos utilizados para a desmontagem de instalações de beneficiamento; demolição de edifícios; remoção da fundação e tanques de combustíveis enterrados; preenchimento de cavas; regularização dos terrenos minerados através de aterros, nivelamentos e terraplanagem; remoção de resíduos sólidos e entulhos, etc.

Consulta ao órgão ambiental CRA e à comunidade Considera-se consulta ao órgão ambiental a comunicação a este órgão sobre a desativação da mina, acompanhada de um plano de desativação onde se estabelecem todas as ações que serão desenvolvidas antes, durante e após a desativação. Este plano é submetido à avaliação do órgão ambiental, que poderá aceitar ou fazer exigências. A consulta à comunidade é a comunicação da empresa às pessoas envolvidas com o objetivo de encontrar soluções não só para a recuperação das áreas desativadas, como também buscar soluções em conjunto para o futuro da comunidade local.

Realização da recuperação A recuperação, por lei, deve ser executada pela empresa detentora dos direitos minerários e solicitante das licenças ambientais. Estas, por sua vez, podem contratar outras empresas (terceiros) para realizar os serviços de recuperação. Para que isto ocorra é necessário uma licitação e contratação de terceiros que executará os serviços. Se isto ocorrer, é necessário haver uma fiscalização eficiente para averiguar o andamento das obras.

Monitoramento antes e depois da desativação e o tempo até a entrega da área para os proprietários legais Considera-se como o monitoramento a coleta de dados contínuos efetuados pela empresa para impedir danos ambientais. Este dependerá da frequência das atividades da mina e, em alguns casos, da frequência pluviométrica da região e perenidade dos seus recursos hídricos. Após a desativação, este monitoramento continuará a ser realizado, porém será reavaliado, podendo ser acrescido de mais alvos ou reduzido. A duração do monitoramento refere-se ao tempo que ele permanecerá até que os resultados dos ensaios estejam dentro dos parâmetros estabelecidos na legislação.

Ensaio comprobatório São ensaios para comprovar os resultados obtidos com a recuperação da área. Estes podem ser realizados quando se trabalha com contaminantes de solo ou água subterrânea. Deste modo, é necessário um período prolongado de monitoramento e, em seguida, que sejam feitos ensaios que comprovem a qualidade ambiental do local a ser entregue à comunidade.

Relatório de desativação É um relatório completo com todas as etapas envolvidas no trabalho com documentos que atestem a qualidade da área, memória fotográfica do local, etc.

O questionário, um modelo aperfeiçoado de (Sánchez, 2000) e consta de perguntas diretas sobre passivo ambiental e desativação de empreendimentos mineiros. Ver Quadro 4-3.

Quadro 4-3 Relação das perguntas efetuadas aos prepostos das empresas pesquisadas

1. Nome da empresa
2. Qual a categoria mineral?
3. Quais os principais passivos ambientais existentes na mina?
4. Quais as principais atividades mineiras que contribuíram para gerar estes passivos ambientais?
5. Qual a estratégia de desativação utilizada pela empresa?
6. Quais as principais áreas desativadas? Qual o motivo?
7. Quais os procedimentos padrão para a desativação das áreas mineradas?
8. Qual o destino da área desativada?
9. Quais as áreas de contaminação identificadas?
10. Existe um inventário dos materiais, equipamentos e resíduos potencialmente perigosos para a contaminação da área?
11. Quais os procedimentos para a desmontagem das instalações de beneficiamento, edifícios, tanque, resíduos industriais etc?
12. Nestes procedimentos prevê-se a descontaminação do solo e da água?
13. É previsto consulta pública ao órgão ambiental estadual e à comunidade local quando da desativação?
14. Quem realizará a recuperação ambiental das áreas mineradas após da desativação da mina?
15. Existe atualmente um monitoramento das áreas críticas da empresa?
16. Qual o tempo de monitoramento previsto após a desativação?
17. Quais os ensaios previstos durante o período de monitoramento?
18. A empresa realizará ensaios comprobatórios após o período de monitoramento proposto?
19. A empresa emitirá um relatório de todas as atividades realizadas durante e após a desativação da mina?

Os dados obtidos serviram de uma prévia para selecionar as três empresas, a Mineração Caraíba, a Jacobina Mineração e a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) que serão estudadas no capítulo V. Destas empresas, a única que teve uma mina desativada por completo foi a CVRD; a Mineração Jacobina apenas paralisou suas atividades, e a Mineração Caraíba desativou a mina a céu aberto.

5-ESTUDO DE CASO DA FAZENDA MARIA PRETA

Nos resultados obtidos nas pesquisas as Licenças de Operação e Renovação de Licença de Operação, ficou caracterizado que as áreas recuperadas geralmente compreendem as áreas lavradas (cavas de pequeno porte, galerias subterrâneas, etc.) e de disposição de resíduos (pilhas de estéril e bacias ou barragens de rejeitos). Até certo ponto, compreende-se que estas sejam as áreas escolhidas para a recuperação uma vez que são as que se exaurem mais rapidamente durante a vida útil da mina. A recuperação destas áreas pode ocorrer simultaneamente às atividades industriais. As demais áreas são deixadas para serem recuperadas após o final dos trabalhos mineiros, em geral, sem nenhum plano prévio de recuperação o qual, se existisse, poderia ser reavaliado ao longo da vida da mina e seria implementado na desativação da mina.

As medidas de recuperação mais adotadas são as de revegetação, pelo fato da maioria das minas estarem localizadas em áreas de atividade agrícola ou pelo custo mais baixo desta medida de recuperação. Em alguns casos ocorre regeneração natural.

O uso futuro da área minerada, nos casos analisados, é sempre agropastoril, exceto nos casos da Mineração Jacobina, que se encontra paralisada; Pedreira Valéria, que tem planos de implementar casas populares para a comunidade de baixa renda, uma vez que está situada na Região Metropolitana de Salvador e a Dow Química, por situar-se na ilha de Matarandiba, em Vera Cruz, têm projetos para a manutenção da área destinados à comunidade local e deve consultá-la antes do seu fechamento. Nos Quadros 5-1 e 5-2 estão sintetizadas todas as informações obtidas sobre recuperação ambiental e desativação de mina das empresas pesquisadas no CRA.

Quadro 5-1 Resumo dos dados obtidos no CRA para minerais metálicos

EMPRESAS	CVRD	Caraíba	Jacobina	Ferbasa	Comisa
Ranking 97	01	15	53	78	99
Subst. Mineral	Ouro	Cobre	Ouro	Cromo	Cromo
Métodos de Lavra	Céu Aberto Subterrânea	Céu Aberto Subterrânea	Subterrânea	Céu Aberto Subterrânea	Céu Aberto
Processos Unitários	Lixiviação em Pilhas	Flotação	Processos com Cianeto	Processos Gravimétricos	Processos Gravimétricos
Atividades Anteriores	Agropastoril	Agropastoril	Agropastoril	Agropastoril	Agropastoril
Áreas Recuperadas	Áreas lavradas e de disposição de rejeitos	Áreas lavradas e de disposição de rejeitos	Áreas lavradas	Áreas lavradas	Áreas de disposição de rejeitos
Tipos de Recuperação	Simultânea e após a lavra	Simultânea e após a lavra	Após a lavra	Simultânea e após a lavra	Simultânea e após a lavra
Medidas Adotadas	Revegetação	Revegetação		Revegetação	Revegetação
Atividades Posteriores à lavra	Agropastoril	Agropastoril	Sem informação	Agropastoril	Agropastoril
Plano de Desativação	Sim	Não	Não	Não	Não

Quadro 5-2 Resumo dos dados obtidos no CRA para minerais industriais

EMPRESAS	Magnesita	PEDVALE	QGN	Dow	IBAR
Ranking 97	01	15	53	78	99
Subst. Mineral	Magnesita, Talco	Granito	Barita	Salgema	Magnesita, Talco
Métodos de Lavra	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto
Processos Unitários	Flotação e Calcinação	Britagem	Moagem	Concentração de Salgema	Calcinação e Britagem
Atividades Anteriores à Lavra	Vegetação Nativa	Vegetação Nativa	Agropastoril	Vegetação Nativa	Agropastoril
Áreas Recuperadas	Áreas lavradas	Áreas de disposição de estéril	Áreas de disposição de estéril	Áreas lavradas	Áreas de disposição de estéril
Tipos de Recuperação	Simultânea e após a lavra	Simultânea e após a lavra	Simultânea e após a lavra	Após a lavra	Simultânea e após a lavra
Medidas Adotadas	Revegetação	Revegetação	Revegetação	Revegetação	Revegetação
Atividades Posteriores à lavra	Agropastoril	Casas Populares	Agropastoril	Discussão com a comunidade	Agropastoril
Plano de Desativação	Não	Não	Não	Não	Não

Os resultados e a avaliação do questionário respondido pelas empresas foram agrupados em duas categorias minerais, metálicos (ouro, cobre e cromo), com cinco empresas e minerais industriais e construção civil (magnesita, talco, barita, salgema e granito), também com cinco empresas, apresentadas nos quadros 5-3 e 5-4:

Quadro 5-3 Resumo das respostas obtidas das empresas pesquisadas através de questionários para minerais metálicos

Empresas	CVRD	Caraíba	Jacobina	Ferbasa	Comisa
Ranking 97	01	15	53	78	99
Subst. Mineral	Ouro	Cobre	Ouro	Cromo	Cromo
Método de Lavra	Céu aberto Subterrânea	Céu aberto Subterrânea	Subterrânea	Céu aberto Subterrânea	Céu aberto
Processos Unitários	Lixiviação em pilhas com cianeto	Flotação	Processos com cianeto	Processos Gravimétricos	Processos Gravimétricos
Áreas Desativadas	Mina completa	Céu aberto (Cava)	Mina paralisada	Cavas e pilhas de estéril	Pilhas de estéril
Passivos Ambientais	Cavas, pilhas de estéril, rejeito e bacias de rejeitos.	Cava, Pilhas de estéril e bacias de rejeito.	Cavas, pilhas de estéril, barragem de rejeitos, galerias e planta de beneficiamento.	Cavas pilhas de estéril e bacias de rejeitos	Pilhas de estéril, cava e bacia de rejeitos.
Estratégias de Desativação	Preventiva	Preventiva	Preventiva	Preventiva	Preventiva
Procedimentos de Desativação	Não	Não	Não	Não	Não
Contaminantes	Cianeto		Cianeto	Não	Não
Procedimentos para Desmontagem	Não há	Não há	Não há	Não há	Não há
Descontaminação do solo e da água	Sim	Só da água	Sem informações	Só da água	Só da água
Consultas Órgão Ambiental e Público	O. A. Sim Público Não	O. A. Sim Público Não	O. A. Sim Público Não	O. A. Sim Público Não	O. A. Sim Público Não
Realização da Reabilitação	Próprios e Terceiros	Próprios e Terceiros	Próprios	Próprios e Terceiros	Próprios e Terceiros
Monitoramento, antes e depois tempo.	Sim, 5 anos	Sim, 5 anos	Sim, sem informação.	Sim, sem informação.	Sim, sem informação.
Ensaio Comprobatórios	Água e Solo	Água	Água	Água	Água
Relatórios de Desativação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Quadro 5-4 Resumo das respostas obtidas das empresas pesquisadas através de questionários para minerais industriais

Empresas	Magnesita	QGN	Dow Quím.	IBAR	Pedreiras Valéria
Ranking 97	17	67	86	00	58
Subst. Mineral	Magnesita e Talco	Barita	Salgema	Magnesita e Talco	Granito
Método de Lavra	Céu aberto	Céu aberto	Poços Tubulares	Céu aberto	Céu Aberto
Processos Unitários	Flotação e Calcinação	Moagem	Concentração de Sal	Britagem e Calcinação	Britagem
Áreas Desativadas	Pilhas de Estéril	Cavas e Pilhas de Estéril	Poços desativados em superfície	Não	Não
Passivos Ambientais	Cavas, pilhas de estéril, rejeito e bacias de rejeitos	Cava, Pilhas de estéril.	Não tem	Bancadas, Pilhas de estéril.	Cava
Estratégias de Recuperação	Preventiva	Preventiva	Preventiva	Preventiva	Preventiva
Procedimentos de Desativação	Não	Não	Não	Não	Não
Contaminantes	Não	Não	Não	Não	Não
Procedimentos para Desmontagem	Não	Não	Não	Não	Não
Descontaminação Solo e Água	Não Há	Não Há	Sim	Não Há	Não
Consultas Órgão Ambiental e Público	O. A. Sim Público Não	O. A. Sim Público Não	O. A. Sim Público Sim	O. A. Sim Público Não	O-A. Sim Público Sim
Realização da Reabilitação	Próprios e Terceiros	Próprios e Terceiros	Terceiros	Próprios e Terceiros	Próprios e Terceiros
Monitoramento, antes e depois tempo	Não	Não	Sim 50 anos	Não	Não
Ensaio Comprobatórios	Não	Não	Sim	Não	Não
Relatórios de Desativação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Após o levantamento de dados, cuja metodologia foi explicitada no capítulo anterior, ficou caracterizado que apenas três empresas se enquadravam nos objetivos desta pesquisa. Destas, uma havia desativado parcialmente (cava a céu aberto); outra havia paralisado as atividades mineiras; e, por último, uma delas havia desativado as

atividades mineiras completamente, tendo produzido um plano de descomissionamento que está sendo analisado pelo CRA. Estas empresas estão relacionadas no quadro abaixo.

Quadro 5-5 Situação atual das empresas com áreas desativadas ou paralisadas

Empresas	Substância Mineral	Paralisação	Situação Atual
CVRD	Ouro	1996	Desativada
Jacobina	Ouro	1998	Paralisada
Caraíba	Cobre	1998	Cava Desativada

Este capítulo tratará primordialmente da Desativação da Mina de Maria Preta e descreverá brevemente o estágio atual das empresas Mineração Caraíba, Jacobina Mineração e CVRD (Fazenda Brasileiro).

5.1-Mineração Caraíba

Os dados a seguir foram obtidos do CRA (1999). A Mineração Caraíba está situada no município de Jaguarari, a 570 km de Salvador, capital do Estado. A Mina Subterrânea – MSB – encontra-se localizada abaixo da Mina a Céu Aberto (MCA) e separada desta por um pilar de rocha de 25 m de espessura. O acesso à mina subterrânea é feito por uma rampa para pessoal e equipamentos de 3,2 km de comprimento e um poço vertical de 650 m de profundidade, onde todo o material do subsolo é retirado em “*skips*” de 15 t de capacidade. Para se ter acesso aos blocos de minério (realces), foram construídos, até o presente, mais de 30.000 m de galerias. Foram também escavados 3 poços de ventilação – dois na parte norte e um no sul – para permitir a adequada ventilação da mina e a renovação de ar.

A produção mensal da MSB chega a 100.000 t de minério com teor de 2,20% de cobre e atinge o desenvolvimento de 300m de galeria / mês. A exploração da mina é feita através do método designado VCR (recuo de crateras vertical) e subnível em jazimentos verticais (70^0 a 90^0) de inclinação. A sua produção foi iniciada em 1986 e tem previsão de encerramento em 2008.

Os Processos Unitários compreendem:

Britagem primária Ocorre no subsolo; o minério é transportado por “skips” para a pilha intermediária, localizada na superfície, de onde é encaminhado para a rebritagem.

Rebritagem (britagem secundária e terciária) Da pilha intermediária, o minério é transportado para os Britadores secundários e terciários, onde é reduzido para a granulometria de 1/2” e enviado para a pilha de homogeneização. Em seguida, o minério segue para os silos que alimentam a usina de concentração.

Beneficiamento O minério estocado nos silos (4.500 t cada), alimenta a moagem a úmido, composta por 3 moinhos de bolas com capacidade de 200t/h de minério cada um, reduzindo o material para a granulometria de $70\% < 150\mu$. O produto da moagem (polpa de minério) alimenta a unidade de flotação, composta de 84 células, onde se obtém um concentrado de cobre com teor médio de 34%, e um rejeito de 0,12% de Cu. O concentrado segue para os espessadores e depois para a filtração, onde é extraído como torta com 10% de umidade. Da filtração, o material é retomado por pá carregadeira e caminhão e homogeneizado em pilhas para expedição. O concentrado de cobre tem 32% de Cu a 10% de umidade.

O rejeito vai para os espessadores onde é espessado e, posteriormente, bombeado para a barragem de rejeito. O *overflow* dos espessadores é recirculado no processo, com vazão da ordem de 600 m³/h. Periodicamente, recupera-se a água da Barragem de Rejeito, com vazões da ordem de 340 m³/h.

Áreas paralisadas ou desativadas

Atualmente a cava encontra-se desativada. A exploração do minério de cobre a céu aberto resultou na formação de uma grande e única cava com 1,5 km de extensão na direção norte - sul e 0,7 km na direção leste - oeste, de onde foram retirados os materiais mineralizados e estéril.

A cava situa-se em local plano, com bota-foras em sua volta, entre o Rio Curaçá, a oeste, e o Riacho Sulapa, a leste. Apresenta taludes escarpados, na forma de bancadas com 15,00m de altura e bermas de 6,00m, onde estão localizados os acessos para o fundo da cava. A sua operação foi iniciada em 1979 e encerrada em outubro de 1998. Está em estudo o seu destino final. Algum tempo atrás, se pensou em enchê-la com água depois de desativada, mas, atualmente, estudos mais aprofundados não recomendam esta alternativa uma vez que ela está separada da

mina subterrânea por um pilar de 25m de espessura. Este pilar não suportaria uma grande carga de água sobre si (Figura 5.1).

Foto 5-1 – Vista geral da cava da Mineração Caraíba, sentido sul/norte. Ao fundo vemos as bancadas, bermas, estéril disposto em sua borda e na cava

5.2-Jacobina Mineração

A Mineração Jacobina S A está situada no município do mesmo nome a 350 km ao norte de Salvador, capital do Estado. Os dados citados a seguir foram coletados no CRA (1993).

Mina Subterrânea – São duas minas, Itapicuru e João Belo cujos métodos de lavra eram recalque e subnível, respectivamente.

Mina a Céu Aberto – A mina é em forma de cava, com bancadas descendentes, cujo minério lavrado era despejado em um poço com britadores para a primeira cominuição, sendo depois transportado por via subterrânea (galerias) até a planta de beneficiamento.

Processos Unitários O processo utilizado era o CIL (Carbon In Leach), lixiviação com carvão ativado, consistindo em agitar a polpa de minério em pachucas na presença de carvão ativado.

Áreas paralisadas ou desativadas

Atualmente, toda a operação encontra-se paralisada por problemas relacionados ao preço do ouro no mercado internacional.

Foto 5-2 Vista geral da usina de beneficiamento da Jacobina Mineração, paralisada.

Foto 5-3 Vista geral da barragem de rejeitos da Jacobina Mineração.

Foto 5-4 Vista geral da oficina central e borracharia.

Foto 5-5 Vista geral da entrada principal da mina subterrânea da Jacobina Mineração, fechada com grades metálicas.

Foto 5-6 Vista geral da pilha de estéril da Mina de João Belo (Jacobina Mineração).

Foto 5-7 Vista geral da entrada da mina de João Belo, cota 770, seção 4x4 m² - Jacobina Mineração

Nas minas de ouro tem um ditado que diz “*old gold never die, they just rest for while*” Laurence (2001), isto é, *velhas minas de ouro nunca morrem, elas apenas descansam por um tempo*. Parece que isto realmente acontece com a Jacobina Mineração, está fechada por um período para permitir que o preço do ouro se recupere, que surja um comprador ou que a tecnologia forneça uma solução econômica.

5.3-Companhia Vale do Rio Doce – Fazenda Brasileiro

A Mina Fazenda Brasileiro está localizada a 260 km de Salvador, no município de Teofilândia.

Mina Subterrânea O método utilizado é subnível por abatimento. O acesso é feito por uma rampa e poço vertical.

Mina a Céu Aberto O método utilizado para a exploração do minério de ouro a céu aberto é o de lavra em cava com bancadas descendentes.

Processos Unitários Existem dois métodos para o tratamento de minério de ouro.

- O primeiro para a lavra a céu aberto, que é a lixiviação em pilhas de minério previamente cominuído a $\frac{3}{4}$ ” e aglomerado com solução alcalina de NaCN, a recuperação do ouro é feita por adsorção de carvão ativado em colunas cilíndricas, o carvão da última coluna é transferido para a dessorção e a solução esgotada retorna à pilha de lixiviação. A solução carregada proveniente da dessorção vai para a cuba eletrolítica onde o ouro é depositado em lâ de aço, por último é fundido e moldado em barra. Este método estava desativado e voltou a funcionar em abril 2001.
- O segundo processo consiste na solubilização do ouro proveniente da lavra subterrânea por cianetação em sistema de lixiviação com agitação mecânica em tanques pelo carvão em polpa (CIP). O ouro é dissolvido em uma solução de 0,6% de NaCN, contendo ainda leite de cal, para ajuste de pH, e PbNO_3 para a otimização do consumo de cianeto, por último o ouro proveniente da dessorção é encaminhado para células eletrolíticas onde é depositado em lâ de aço, e depois de fundido, é moldado em lingotes.

Áreas paralisadas ou desativadas

Atualmente, está em andamento a recuperação ambiental de duas cavas desativadas, uma através de enchimento com estéril da mina subterrânea (Fotos 5-8, 5-9 e 5-10) e outra com para armazenamento de água para a utilização no beneficiamento e na rega de áreas a serem recuperadas. A água proveniente da mina subterrânea é bombeada para uma represa intermediária antes de ser retomada por outras bombas até a cava onde fica armazenada para o uso descrito anteriormente (Fotos 5-11 e 5-12).

Foto 5-8 Vista geral de parte da cava a ser enchida por estéril (Mina Fazenda Brasileiro - CVRD).

Foto 5-9 Caminhão descarregando estéril para o enchimento da cava (Mina Faz. Brasileiro - CVRD).

Foto 5-10 Vista geral da terra vegetal espalhada sobre o estéril disposto na cava, sendo preparada para a revegetação (Mina Fazenda Brasileiro - CVRD).

Figura 5-11 Vista geral da cava inundada com água proveniente da mina subterrânea (Mina Fazenda Brasileiro - CVRD).

Foto 5-12 Descarga da água proveniente da mina subterrânea – Mina Fazenda Brasileiro (CVRD).

5.4-Companhia Vale do Rio Doce – Maria Preta

A mina de Maria Preta iniciou sua produção em maio de 1990, tendo encerrado as suas atividades em setembro de 1996. É a primeira mina de porte médio, pertencente a uma grande empresa, a encerrar suas atividades no Estado da Bahia. A decisão da desativação foi motivada pela exaustão das reservas minerais de ouro. O Plano de Desativação da mina, denominado de “*Plano de Fechamento e Monitoramento Ambiental para o Encerramento das Atividades na Unidade Operacional da Fazenda Maria Preta no município de Santa Luz, Estado da Bahia*”, foi desenvolvido entre os meses de janeiro a dezembro de 1997 pela HISA Engenharia S.A. Neste período, foram feitos: licitação de empresas para a confecção do Plano de Desativação, levantamentos topográficos, levantamentos fotográficos, visitas de campo, coleta de amostras de água e solo, análise de solo e água e preparo do plano. Este plano seguiu um “*Roteiro para Elaboração de Plano de Fechamento de Mineração de Ouro e Monitoramento Ambiental*” desenvolvido pela própria empresa, uma vez que o CRA não dispunha de roteiros que pudessem ser seguidos

para a desativação de uma mina. Os dados apresentados a seguir foram retirados do Plano supracitado de cuja equipe técnica fiz parte.

A estratégia desenvolvida na desativação desta mina foi preventiva. Ela é geralmente implantada após o término das operações mineiras, tendo como finalidade principal evitar que contaminações no solo e aquíferos prejudiquem o meio ambiente. Esta estratégia sugere ações reparadoras que foram implementadas a partir de 1998 e devem se estender até o final de 2002.

Os trabalhos de recuperação só foram planejados e iniciados após a sua completa desativação, isto é, durante a sua vida útil (seis anos), nenhum trabalho de recuperação foi realizado, nem sequer foi desenvolvido um plano de desativação.

5.4.1-Histórico

A cronologia apresentada a seguir foi retirada do CVRD (2001).

Em 1985, tiveram início as pesquisas geológicas com a DOCEGEO. Em 13/02/92 foi publicado no Diário Oficial da União a Portaria de Lavra Nº 22/92 e em 28/08/95 a outra Portaria de Lavra Nº 276/95.

O Complexo Minerário de Maria Preta abrange uma área de 1000 ha onde foram exploradas 42 frentes de lavra, envolvendo 7 superficiários, sendo o principal a Companhia Sisaleira do Brasil (COSIBRA), onde estão localizadas as instalações de beneficiamento, escritórios, oficinas, refeitórios, bacia de rejeitos, pilhas de minério lixiviado, cavas, pilhas de estéril, paióis, tanque de cianetação, etc. Este núcleo, para efeito de estudos, é denominado de núcleo principal. Nas outras áreas de propriedade de particulares, estão instaladas cavas e pilhas de estéril, denominado, no trabalho, de núcleo secundário.

Em 06/08/96, a empresa fez o pedido de suspensão da lavra junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), comunicou ao CRA o encerramento das atividades de mineração e informou que seria apresentado o Plano de Fechamento. No mês seguinte, as atividades de lavra e beneficiamento foram efetivamente encerradas.

Em dezembro de 1997, foi apresentado ao CRA o *Plano de Fechamento e Monitoramento Ambiental para o Encerramento das Atividades na Unidade Operacional da Fazenda Maria Preta no município de Santaluz, Estado da Bahia*. Em 25/03/99, foi enviado ao CRA o primeiro Relatório de Atividades desenvolvidas

pela empresa no ano anterior (1998). Em março de 1999, o CRA aplicou um Auto de Infração 195/99, motivado por denúncia ao Ministério Público de que a empresa não tinha plano de fechamento. Em 12/11/99, a CVRD tem uma reunião com o CRA, leva toda a documentação pertinente ao plano e fica sabendo que o plano foi extraviado no CRA. A primeira inspeção do CRA na área ocorreu em dezembro de 2000, motivada por uma reunião anterior do superintendente da mina com a diretoria do CRA para pedir agilidade na aprovação do Plano de Fechamento, até então sem resposta por parte do órgão ambiental. Após a inspeção, foram feitas algumas exigências e estas cumpridas pela companhia e entregue ao CRA.

5.4.2- Caracterização Geral da Área

A área objeto da recuperação ambiental está situada na Região Nordeste do Estado da Bahia, distribuída por alguns Distritos como: Ambrósio, Mari, Gravatá, Serra Grande, Lajinha, etc.

A mina Maria Preta pode ser localizada na base cartográfica da Fundação IBGE (folha SC-24-O-IV), em escala 1: 100.000 com coordenadas 10°58'50" N e 39°19'14" E.

O acesso à Mina Maria Preta, a partir de Salvador, é feito pela rodovia BR 324 até Feira de Santana, seguindo pela BR 116 até Serrinha: daí pela BA 409 até Conceição do Coité e BA 1120 até Santa Luz. Desta cidade, até o local onde funcionou o escritório central da mina e onde se localiza a maioria das cavas, o acesso é feito por estrada não pavimentada, porém de boa trafegabilidade, com extensão de aproximadamente 32 km.

No Anexo A está o mapa de localização das áreas a serem recuperadas. (HISA, 1997a).

Apresenta-se, na sequência, uma síntese do diagnóstico ambiental extraído do Plano de Fechamento HISA (1997) relacionado com a situação atual em que se encontra o local nos seus aspectos geomorfológicos, relevo, geologia regional e local; aspectos geotécnicos da área, flora, fauna, clima, bacia hidrográfica, pluviometria, pedologia e sócioeconomia da região. Os aspectos referentes à área de entorno da mina são descritos a seguir:

Geomorfologia e Relevo A área estudada pertence à unidade denominada depressões do médio Itapicuru. Esta unidade predomina em toda a região central da

Bacia do Itapicuru, entre a Serra de Jacobina e tabuleiros interioranos a oeste, e os planaltos da Bacia Sedimentar de Tucano a leste. Caracteriza-se por uma topografia ondulada, fracamente dissecada e rampeada em direção ao vale do Itapicuru, com cotas que variam entre 200 e 600 metros de altitude. O local apresenta-se recoberto por formações superficiais de natureza areno-argilosa, tendendo a arenosa nos planos mais baixos. As redes de drenagem apresentam direções preferenciais norte-sul e sudoeste-nordeste, por vezes apresentando desníveis médios entre 50 a 80 metros. Os vales são de fundo chato e leito arenoso, formando terraços de largura e espessura variadas.

Geologia regional A Geologia da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru é bastante complexa, englobando tipos litológicos de idades bastante variadas, desde o Arqueano até o Quaternário recente, todos fazendo parte do contexto geológico do Craton do São Francisco Almeida (1977) apud HISA (1997). Formando o embasamento do Craton, aparecem as rochas mais antigas, de idade Arqueana, representadas litologicamente por rochas gnaíssico-migmatíticas. Encaixadas nesta litologia, também fazendo parte do contexto do embasamento do Craton, são encontradas rochas metavulcânicas máficas e félsicas, associadas às intrusivas ácidas, básicas e ultrabásicas, formando um conjunto denominado Complexo Vulcano-Sedimentar Uauá-Serrinha ou, mais recentemente, designado como Greenstone Belt do Rio Itapicuru, com estrutura típica de terrenos do tipo Greenstone Belt. O Complexo Vulcano-Sedimentar Uauá-Serrinha constitui uma seqüência de rochas vulcânicas e metassedimentares que afloram no médio curso do Rio Itapicuru entre as cidades de Tucano a leste e Queimadas a oeste, estendendo-se no sentido norte sul até os limites da bacia, definindo uma faixa entre a borda ocidental da bacia sedimentar de Tucano e as rochas Arqueanas do embasamento a oeste. Litologicamente, forma um conjunto de rochas metamórficas, vulcânicas, intrusivas ácidas, básicas e ultrabásicas, encaixadas em um substrato gnaíssico-migmatítico, constituindo, segundo Mascarenhas (1973), apud HISA (1997) uma seqüência do tipo Greenstone Belt. A feição estrutural dominante é representada por um sinforme assimétrico de eixo norte-sul e caimento de eixo suave para norte, impondo à seqüência uma forma de cinturão alongado, tendo como traço estrutural mais marcante a xistosidade de plano axial com mergulho forte entre 50 e 70° para oeste. A tectônica rúptil, relacionada a um regime crustal mais elevado, fica evidenciada pela ocorrência de grandes falhamentos de direção norte-sul e seus pares conjugados

de direções NE e NW, que inclusive marcam no local o contato com as litologias encaixantes do embasamento Arqueano.

Aspectos Geotécnicos A área em estudo, situada no médio Itapicuru, caracteriza-se por apresentar domínio das rochas cristalinas, correspondendo às áreas de afloramento das rochas gnaíssico-migmatíticas e granulíticas do embasamento cristalino. É recoberta por formações superficiais e manto de alteração do embasamento com espessura variável e natureza predominantemente areno-argilosa. Eventualmente, subordinadas às regiões mais dissecadas e aos relevos residuais, ocorrem afloramentos de rocha sã, formando lajedos. Os terrenos do médio Itapicuru possuem um grau de fraturamento bastante variado, podendo apresentar fraturamento intenso no local, associado à falhas regionais e zonas de catáclase. A estabilidade dos taludes naturais é eventualmente observada nas encostas das elevações residuais e nas áreas sujeitas à dissecação fluvial mais intensa, onde os talwegues adquirem uma inclinação mais acentuada, estando quase sempre associados à substituição da vegetação natural por pastagens. A estanqueidade dos mananciais superficiais pode ser comprometida pela existência de material inconsolidado, poroso e permeável no leito e nas encostas dos vales fluviais.

Flora O empreendimento encontra-se em uma área de vocação da Região Fitoecológica da Savana-Estépica. Tal ecossistema, próprio das regiões semi-áridas, pode ser bem demarcado e caracterizado por seus condicionamentos climáticos, uma vez que está associado a um padrão de estacionalidade bioclimática devido à seca excessiva, distinguindo-se a falta d'água como um fator ecológico limitante e determinante. A Savana-Estépica pode assumir quatro subformações: Savana-Estépica Florestada, Arbórea, Parque e Gramíneo-Lenhosa. Tomando-se a região em questão, a subformação da Savana-Estépica Arborizada tende a prevalecer. Tal subformação distingue-se por um porte baixo a mediano (3 a 4m), com indivíduos arbóreos mais distanciados. Ainda que estes espaços sejam agrupados em uma vegetação arbustiva-arbórea de intenso engalhamento, o que muitas vezes empresta-lhe o nome de Savana-Estépica Arbustiva. São ecossistemas de fácil regeneração natural e resguardam ainda características originais, apesar do antropismo a que estão submetidas. No perímetro da lavra, a cobertura vegetal passa a caracterizar-se como Savana-Estépica Arborizada, assume uma feição mais diluída e com características de feição sucessional, caráter advindo do processo de regeneração natural, que na área é intenso e com preponderância por espécies pioneiras como a jurubeba

(*Solanum sp.*), mamona (*Ricinus Communis*), calumbi (*Mimosa hostilis*), jurema (*Mimosa malacacentra*), coerana (*Crhystolonus icaco*) com forte expressão, o algodão-de-seda (*Colotropis procera*), o pau-de-rato (*Coesalpinia pyramidalis*), além de espécies herbáceas como o croton, maxixe bravo e o melão de são João.

Fauna O sistema de fauna das Savanas-Estépicas é caracterizado por possuir baixo nível de endemismo e poucas espécies, ainda que não se disponha de estudos sistemáticos sobre a fauna silvestre, situação comum a nível regional, um processo de deterioração do sistema de fauna é perceptível. Os principais problemas que afligem a fauna das caatingas, dizem respeito ao desmatamento com a destruição dos habitats e à caça predatória. O rigor do clima, semi-árido, invoca que as populações carentes tenham no extrativismo uma fonte secundária de recursos à sobrevivência. Dentre os animais que ainda habitam na região, destacam-se as classes Mammalia, Reptilia, aves, Arachinida e Insecta.

Clima O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo As, caracterizado como tropical chuvoso, apresentando um inverno seco. O mês menos chuvoso apresenta precipitação inferior a 60 mm e o mês mais frio temperatura média superior a 18° C.

Bacia hidrográfica A bacia hidrográfica do Rio Itapicuru está situada na porção nordeste do Estado da Bahia apresentando uma área de drenagem de aproximadamente 36.207 km². A rede de drenagem principal é constituída pelo Rio Itapicuru e seus afluentes. Suas nascentes mais importantes estão localizadas na Serra do Tombador, borda leste da Chapada Diamantina, que funciona também como divisor de águas com a bacia do Rio Salitre a oeste. A bacia do Rio Itapicuru tem cerca de 2/3 da sua área incluída no Polígono das Secas, com predominância de clima semi-árido no trecho alto do curso, semi-úmido no trecho médio e úmido no litoral, ou baixo Itapicuru. A área em estudo está inserida na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru no trecho central da bacia, denominado de Médio Itapicuru. A drenagem hídrica, neste trecho, apresenta-se deficiente em virtude dos baixos valores de precipitação pluviométrica aliados à alta taxa de evapotranspiração, que não permitem uma melhor regularização dos fluxos de base, verificando-se um caráter temporário na maioria dos afluentes do rio principal. Por ser o único rio perene da região, suas águas são utilizadas por todas as comunidades localizadas à sua margem para irrigação e consumo humano, através de pequenas barragens.

Pluviometria Na região do Médio Itapicuru, o trimestre mais chuvoso se

encontra no final do verão ao início do outono nos meses de fevereiro, março e abril (precipitação média inferior a 90 mm), sendo março o mais chuvoso, enquanto o trimestre mais seco varia de agosto a outubro, entre o inverno e a primavera, sendo setembro o mês mais seco. A precipitação anual neste trecho da bacia varia de 412 a 718 mm, com chuvas durante todo o ano e valores na maioria dos meses abaixo de 60 mm.

Pedologia A área onde a Mina de Maria Preta foi explorada pertence ao Domínio Pedobioclimático do Semi-Árido da região de Santa Luz, revestido por vegetação do tipo Caatinga. É uma área rebaixada em relação às chamadas Serras. Nestas, percebem-se duas pedopaisagens distintas: uma de intensa remoção de sedimentos associada aos afloramentos de rochas *inselbergs* ou em nível abaixo deste, formando elevações menores; e a outra pedopaisagem expressa acúmulo de sedimentos, estando mais próxima do piso do vale. Os solos Litólicos Eutróficos e os Regossolos Eutróficos e Distróficos formam a primeira pedopaisagem, enquanto a segunda está associada a Planossolos Solódicos. Os solos são rasos e pedregosos. A falta de água controla a produção mas, mesmo aí, a fertilidade do solo é fundamental. Grande parte das áreas destes solos encontram-se ainda cobertas pela vegetação natural. Foram observadas ainda algumas pequenas áreas com pastagens artificiais, áreas com cultura de sisal e, em áreas de relevos pouco movimentadas, pequenas culturas de subsistência (milho e feijão). É comum o aproveitamento da vegetação natural com pecuária extensiva. A pouca utilização agrícola destes solos decorre de fortes limitações pela falta de água, presença de pedregosidade e/ou rochosidade, erosão e pequena profundidade do solo.

Sócio-economia da região De acordo com os dados do IBGE, a população economicamente ativa, segundo as principais atividades, concentra-se na agricultura, indústria e serviços. O rendimento médio mensal da maioria da população economicamente ativa está na faixa de 1 a 2 salários mínimos. Com relação aos serviços básicos, a população é atendida com energia elétrica e abastecimento de água, no entanto é desprovida de sistema de drenagem urbana e sistema público de esgotamento sanitário. A maioria das casas apresenta soluções individuais de esgotamento sanitário através de fossas. A ocorrência de garimpo na região existe desde a década de 30, persistindo até os dias atuais, com a utilização de equipamentos e produtos químicos, como mercúrio, no processo de extração do ouro realizado às margens do Rio Itapicuru, sem os devidos cuidados com relação à

proteção ambiental. A principal base econômica da região é o plantio de sisal, que se estende por Santa Luz, Conceição do Coité, Valente, Jacobina, Queimadas, Mirangaba, Araci, etc. Esta região participa com 82,4% da produção de sisal do Estado, e é a sua principal fonte de emprego e renda.

5.4.3 Caracterização da Mina

A Mina de Maria Preta é formada por dois núcleos. O primeiro, chamado de principal, é onde se encontram instalados os escritórios, alojamentos, planta de beneficiamento, tanque de sedimentação, pilhas de minério lixiviado e extinto; bacia de rejeitos, cavas inundadas e secas; pilhas de estéril. Este núcleo principal pertence à Companhia Sisaleira do Brasil (COSIBRA) onde se planta sisal. O segundo núcleo, secundário, distante do núcleo principal, compreende as áreas de lavra Gravatá, Riacho do Carneiro e Mari (22,0 km), Ambrósio e Lajinha (12,0 km) e Treado (10,0 km), todas estas pertencentes a particulares e com atividades agropastoril.

As informações coletadas nesta etapa no Plano de Fechamento servem para descrever o funcionamento da mina quando estava em atividade, uma vez que, quando o plano foi preparado, a mina já se encontrava desativada.

A seguir, uma descrição detalhada das operações e processos que a mina sofreu ao longo do tempo, e a situação atual das áreas de lavra (cavas e pilhas de estéril); áreas de beneficiamento (britagem, moagem, estocagem de produtos químicos, pilhas de lixiviação e de minério extinto e barragem de rejeitos) e áreas de infra-estrutura e obras civis (escritórios, oficinas e estradas), observadas em visita técnica realizada em julho de 2001.

Área de Lavra

Cavas A exploração do minério de ouro da Mina de Maria Preta foi realizada através de lavra a céu aberto em bancadas descendentes em forma de cavas. No projeto original, as alturas destas bancadas deveriam ser entre 2,0 m a 5,0 m. Algumas cavas mantiveram as alturas de bancadas do projeto original, outras tiveram variação de suas bancadas entre 10,0 m a 35,0 m de altura. Parte destas cavas apresentam água no seu interior; algumas provenientes de chuvas e três atingiram o lençol freático.

Área de beneficiamento

Britagem e Moagem O sistema de britagem operou com um britador de mandíbulas o qual recebia alimentação maior do que 3". O produto britado juntamente com o material menor do que 3", selecionado no alimentador vibratório prévio a britagem primária, era enviado ao peneiramento. Esta operação alimentava um rebritador cônico e um rebritador giroscópico. Um terceiro fluxo do peneiramento era enviado diretamente para o silo de armazenamento ou para a pilha de emergência. Os dois rebritadores trabalhavam em circuito fechado com o peneiramento. Todas as operações de britagem e peneiramento foram executadas a seco. Este sistema originou um produto final abaixo de 9 mm. O silo de armazenamento alimentou um circuito fechado de moagem composto por um moinho de bolas e hidrociclones. O *overflow* dos hidrociclones deveria apresentar uma granulometria 70% passante em 74 micrômetros e uma concentração de sólidos em peso de cerca de 25%.

Tanques de Adsorção, Cianetação e Espessadores O espessador era alimentado pelo *overflow* dos hidrociclones, sendo que neste era adicionado floculante. O *underflow* do espessador com 50% de sólidos em peso era bombeado para os tanques de cianetação e o *overflow* alimentava três colunas de adsorção a fim de recuperar o ouro solubilizado utilizando a água recuperada com de cianeto. Cada coluna de adsorção permitia a utilização de até 250 Kg de carvão. Estas unidades foram desativadas com a entrada em operação do processo de lixiviação em pilhas.

Lixiviação em pilhas O processo de Lixiviação em Pilhas da Fazenda Maria Preta era composto das etapas descritas a seguir:

- **Britagem e aglomeração** Nesta etapa, o minério proveniente da lavra a céu aberto era britado a uma granulometria inferior a 18 mm, e aglomerado pela adição de cal hidratada (5 kg/t de minério) para atingir 12% de umidade.
- **Pilhas de lixiviação** O material era transportado por caminhões para as pilhas de lixiviação, programadas para 2 meses de operação. Cada pilha, continha aproximadamente 33.000 t de minério, construídas à razão de 730 t/dia, atingindo cerca de 6 metros de altura. O minério era então lixiviado com solução NaCN (0,5 g/l), através de aspersores. A base das pilhas de lixiviação era protegida por uma manta de PVC com 1,2 mm de

espessura, e por uma camada de 10 cm de espessura de areia no berço inferior da manta. A solução de cianeto que percolava através das pilhas (rica em ouro) era recolhida em canaletas construídas na base das pilhas, transferida via bombeamento para a Usina CIP, onde ocorriam as etapas de adsorção e dessorção do ouro, eletrólise e fundição.

- Dessorção. A fase seguinte do processo era a dessorção, isto é a retirada do ouro impregnado no carvão ativado. O carvão retido na peneira era coletado em um tanque e deste era transferido, através de ejetores, para as torres de dessorção. Este tratamento era feito por bateladas de 3,5 toneladas. Na coluna, o ouro era retirado do carvão através de uma lavagem com uma solução contendo 20 g/t de NaCN e 100 g/t de NaOH, em temperatura de 120°C. A solução rica em ouro era resfriada à 95°C e ia alimentar um tanque de distribuição para as células de eletrólise.
- Eletrólise. O circuito era composto de quatro células onde o cátodo era de poliuretano revestido com uma palha de aço, onde o ouro fica depositado. O ânodo era de aço inoxidável e a corrente tinha uma intensidade de 0,05 A/C m². Após a eletrodeposição, a lâ de aço, enriquecida com ouro, era lavada, retirada dos cátodos e depois enviada para a fundição.
- Fundição. Na fundição, a lâ de aço enriquecida com ouro era secada, misturada com os fundentes (bórax e carbonato de sódio), fundida em um forno de indução à 100°C e vazada em moldes cônicos. Depois de resfriados, a fase quebra e há separação de escória e do “bullion”. Esse “bullion” era, então, refinado num segundo forno de indução e vazado em moldes de ferro fundido, produzindo lingotes de 400 oz troy (12,5 kg). A escória, depois de quebrada e catada, retornava para o circuito de moagem.

Estocagem de Produtos Químicos:

- Cal hidratada: recebida em *containers* de uma tonelada de capacidade e descarregada em silo de 4m³ de volume útil;
- Cianeto de sódio: fornecido na forma de solução aquosa com concentração de 30% de NaCN em massa. Transferido do tanque do caminhão com emprego de ar comprimido para um tanque de estocagem de 30m³ de capacidade;

- **Ácido clorídrico:** recebido em solução concentrada de HCl (33%). Descarregamento feito por intermédio de bombas para o tanque de estoque de 15m³ de capacidade;
- **Soda cáustica:** Recebida em solução a 50% de NaOH em massa. Descarregamento feito por intermédio de bombas para o tanque de estoque de 15m³ de capacidade;
- **Hipoclorito de cálcio:** recebido em sacos de 25 kg e preparado em um tanque de 0,45 m³, a uma concentração de 10% em peso. Estes tanques deverão ser mantidos para a eventual necessidade de neutralização do cianeto existente em águas ou solos;
- **Floculante:** recebido em tambores de 200 litros, sendo posteriormente transferido para tanques mecanicamente agitados para diluição, estocagem e distribuição de solução 0,1%;

Os reagentes supracitados já não se encontravam nos locais de estocagem quando da visita dos técnicos para preparar o Plano de Fechamento. Estes insumos remanescentes foram transferidos para Mina Fazenda Brasileiro, também da CVRD, em Teofilândia.

Pilhas de Minério Extinto de Lixiviação. Estas pilhas são formadas por minério lixiviado e neutralizado com relação ao seu conteúdo residual de cianeto.

Bacia de rejeitos O efluente gerado na planta de beneficiamento de minério aurífero da Fazenda Maria Preta era lançado na bacia de rejeitos em forma de polpa, a uma vazão de 46 m³/h e pH em torno de 10,5. A concentração de sólido ficava em torno de 45% em massa, com uma granulometria 70% abaixo de 74 µm. A vazão mássica anual ficava em torno de 200.000t. Este efluente apresentava em sua fase líquida uma concentração total de cianeto de cerca de 200 mg/l. Na barragem de rejeitos, depois da separação sólido-líquido, a fase líquida era bombeada de volta para a planta de beneficiamento, recirculada como água de processo. Ficando caracterizado, desta forma, um sistema de *descarga zero*, para o meio ambiente.

Área de Infra-estrutura equipamentos e obras civis

Estradas e Acessos O acesso à área a partir de Santa Luz, em estrada de cascalho, possuindo boas condições de trafegabilidade, se comparada com as outras estradas vicinais do município. As áreas lavradas, exceto as denominadas de

Ambrósio e Lajinha, também apresentam acessos em condições normais de tráfego. Todos estes acessos foram construídos pela própria empresa, constituindo-se um benefício social para as comunidades locais.

Obras civis e equipamentos As obras civis não são mencionadas no texto do Plano de Fechamento. As informações obtidas com a empresa é que os equipamentos foram retirados e enviados para as outras minas da companhia. Os escritórios, portarias, alojamentos, as estruturas de fundação da planta de beneficiamento, ainda estão de pé a espera de um acordo como superficiário do solo, a COSIBRA.

5.4.4 Descrição dos Passivos Ambientais

São descritas aqui todas as áreas que não foram recuperadas anteriormente e são passíveis de recuperação. Para melhor entendimento, os passivos foram agrupados por áreas, incluindo áreas lavradas (cavas), áreas de disposição de resíduos (pilhas de estéril, pilhas de minério lixiviado extinto e bacia de rejeitos) e por último, área de infra-estrutura e obras civis (estradas e acessos, alojamentos, escritórios, laboratório de ensaios, portaria, paióis, planta de beneficiamento, oficinas, tanque de cianetação, etc.).

Áreas lavradas

As áreas lavradas correspondem às cavas e são em número de 41. Ocupam uma área total de 46 ha, sendo que algumas atingiram o nível do lençol freático, mantendo-se com lâmina d'água permanente, 3 cavas, correspondendo a um total de 7 ha. As demais encontram-se secas, 38 cavas, ocupando uma área de 39 ha. Todas as cavas, devido à exploração da mina a céu aberto, necessitam, na sua maioria, de tratamento físico com o objetivo de aumentar o grau de segurança de animais e pessoas que venham a circular na área, minimizando a degradação do ambiente. Estas cavas são formadas por rochas bastante fraturadas, diaclasadas e de alto grau de compartimentação, pouco resistentes e se deformam com facilidade, aumentando com isto o risco de desmoronamento dos taludes e a ocorrência de queda de blocos. Para estudo estas cavas foram divididas em dois tipos:

Cavas inundadas São cavas que apresentam profundidade variando entre 13,0 a 30,0 m. Estão inundadas com água proveniente de chuva e lençol freático. Podem ser visualizadas nas Fotos 5-13, 5-14 e 5-15. O quadro 5-2 mostra a altura e profundidades das cavas inundadas.

Quadro 5-6 Relação das cavas inundadas, área e profundidade.

IDENTIFICAÇÃO	ÁREA (ha)	PROFUNDIDADE (m)
SW	0,88	15,0
Antas I	4,16	30,0
H	2,15	26,0
Área Total	7,19	

Fonte: Adaptado de CVRD (1997)

Foto 5-13 Vista geral da cava antas I (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-14 Vista geral da cava SW (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-15 Vista geral da cava H (Faz. Maria Preta – CVRD)

Cavas secas São aquelas que em sua maioria apresentam bancadas e taludes com altura variando entre 2,0 a 35,0 m. Para fins de recuperação, as cavas secas foram divididas em cavas secas com desmonte, identificadas no quadro 5-3 e cavas secas sem desmonte, as restantes. Após o quadro, fotos das respectivas cavas.

Quadro 5-7 Relação das cavas secas com e sem desmonte, áreas e profundidades

CAVAS COM DESMONTE	ÁREA (ha)	PROFUNDIDADE (m)
Antas II	1,40	20,0
K	3,02	30,0
M	0,64	23,0
N/O	0,84	20,0
Mari I	2,38	18,0
13	1,46	18,0
15	2,77	20,0
E	2,35	30,0
Total de área	14,84	
CAVAS SEM DESMONTE	ÁREA (ha)	PROFUNDIDADE (m)
30 CAVAS	19,23	2,0 a 26,0
Área total das Cavas	34,07	

Fonte: Adaptado de CVRD (1997)

Figura 5-16 Vista geral da cava antas II a ser desmontada (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-17 Vista geral da cava 13 (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-18 Vista geral da cava 15 (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-19 Vista geral da cava E (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-20 Vista geral da cava M (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-21 Vista geral da cava Mari (Faz. Maria Preta – CVRD)

Foto 5-22 Vista geral da cava N/O (Faz. Maria Preta – CVRD)

Área de disposição de estéril e rejeitos

Pilhas de estéril As pilhas de estéril, localizadas próximas às cavas, na sua maioria, estão praticamente estabilizadas e consolidadas e, em grande parte, revegetadas através de sucessão natural por espécies invasoras que se adaptam facilmente às áreas que foram mineradas. São 40 pilhas ocupando um total de 49 ha.

Pilhas de minério lixiviado e extinto São 9 pilhas com altura variando entre 3,0 m a 20,0 m, ocupando uma área de 26 ha. Elas apresentaram teores de cianeto residual com valores entre 0,23 a 1,33 ppm no monitoramento realizado em 18/06/97. No entanto, não existem parâmetros normalizados para limitação de cianeto no solo Foto 5-23 . O quadro 5-4 mostra a relação das pilhas de minério lixiviado extinto.

Quadro 5-8 Relação das pilhas de minério lixiviado com as alturas e áreas

IDENTIFICAÇÃO	ÁREA (ha)	ALTURA (m)
I	2,52	7,0
II	1,14	7,0
III	1,34	4,0
IV	1,19	5,0
VI	4,14	20,0
VII	1,61	13,0
VIII	3,44	8,0
IX	6,98	7,0
Área Total	22,36	

Fonte: Adaptado da CVRD (1997)

Bacia de Rejeito A empresa utilizou medidas para manter a bacia impermeabilizada, evitando a contaminação de solo e mananciais pelo cianeto. Análises preliminares de água (em dois pontos da bacia) mostram concentrações de cianetos menores de que 0,01 mg/l, e dentro dos padrões do CONAMA. Estas concentrações são baixas se comparadas com dados de caracterização físico-química do efluente lançado na bacia (200 mg/l de cianeto total). Esta redução se deve à degradação do cianeto livre e dos complexos ciano-metálicos, de estabilidade moderada, sob condições climáticas favoráveis, ou seja, luz solar, calor, etc. Boa

parte da água encontrada na bacia de rejeitos, após a desativação, era proveniente de chuvas. A bacia de rejeito ocupa uma área de 5,41 ha (Foto 5-24.) Os diques de segurança, em número de dois, correspondem a uma área de 0,38 ha.

Foto 5-23 Vista geral das pilhas de estéril e minério lixiviado extinto e as instalações da Fazenda Maria Preta.

Foto 5-24 Vista geral da bacia de rejeitos.

Áreas de infra-estrutura obras civis

Estradas e acessos Foram mantidos trafegáveis, até porque para a recuperação das áreas, quer sejam do núcleo principal, quer do secundário, os acessos são importantes para se atingi-las.

Obras civis. Na mina ficaram as estruturas de fundação da planta de beneficiamento e os tanques de cianetação que foram construídos no solo. Estão sendo mantidas em estado regular todas as instalações civis.

Equipamentos. Os equipamentos de cominuição e classificação, tanques e colunas e tanques de estocagem de produtos químicos foram deslocados para outras unidades da empresa conforme interesse da mesma.

A seguir Fotos 5-25 e 5-26 das instalações de beneficiamento.

Foto 5-25 Vista geral das instalações de britagem

Foto 5-26 Vista geral da usina CIP

5.4.5-Destinação Futura da Área da Mina

O Plano de Fechamento indica os usos pretendidos para as áreas afetadas pela mina.

Áreas lavradas

- Cavas secas deverão ser “*revegetadas para conformar um mosaico florestal, ajudando na preservação, restauração de hábitat para a fauna e na própria constituição da Reserva Legal (Código Federal)*”. (HISA, 1997, p. 47);
- Cavas inundadas deverão ser utilizadas para “*armazenamento d’água*”. (HISA, 1997, p. 47.);

Áreas de disposição de resíduos

- Pilhas de estéril juntamente “*serão revegetadas para conformar um mosaico florestal, ajudando na preservação, restauração de hábitats para a fauna e na própria constituição da Reserva Legal (Código Federal)*”. (HISA, 1997, p. 48.);
- Pilhas de minério lixiviado extinto e bacia de rejeitos “*deverão*

permanecer vedadas a qualquer utilização pelo prazo mínimo do monitoramento, até que as análises (solo, água) comprovem seu estado conveniente para a revegetação”. (HISA, 1997, p. 48.);

- *“Nas áreas situadas no núcleo principal, pertencentes a COSIBRA, vêm sendo desenvolvidos largos plantios de sisal, estando ausentes maiores aptidões da microrregião para uma agricultura que não se associe a convivência com as secas (clima semi-árido e solos rasos), depreende-se que a utilização futura das áreas converge para a expansão e produção sisaleira, inclusive o que inspira a forte conotação social”.* (HISA, 1997, p. 47)

Não são apresentados no Plano de Fechamento os destinos finais das obras civis, nem das cavas situadas no núcleo secundário em áreas com vocação agropastoril, nem as bacias de rejeitos.

5.4.6-Plano de Desmontagem e Recuperação Ambiental

O Plano de Recuperação Ambiental para as áreas da empresa foi definido da seguinte maneira: para cada item de passivo ambiental foram indicadas etapas para a sua recuperação. Em seguida, são descritas as áreas a serem recuperadas e as etapas de recuperação.

O Plano de desmontagem dos equipamentos e obras civis desta mina não está contido no Plano de Fechamento, sendo apenas citado que *“a desmontagem dos equipamentos foi executada, sendo os mesmos enviados para a unidade de Fazenda Brasileiro e outras unidades da CVRD”*, (HISA, 1997, p.53). Em contato mantido com a empresa, fui informado que a desmontagem dos equipamentos se deu da seguinte forma: foi disponibilizada na rede de informações da companhia, a relação dos equipamentos que não seriam utilizados na Mina Fazenda Brasileiro. Deste modo, todas as outras unidades poderiam solicitar o que lhes interessava, os equipamentos foram desmontados e enviados para as outras unidades. As obras civis que permanecem no local serão deixadas no local e entregues a COSIBRA, superficiária do solo.

Quadro 5-9 Áreas a serem recuperadas e as respectivas etapas de recuperação

ÁREAS A SEREM RECUPERADAS	ETAPAS DE RECUPERAÇÃO
Cavas secas com desmonte	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção da cobertura vegetal no entorno das cavas; • Decapeamento e armazenagem da camada de solo fértil; • Perfuração e desmonte para o retaludamento das cavas; • Instalação das drenagens superficiais; • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Isolamento das bordas das cavas (cercas); • Manutenção.
Cavas secas sem desmonte e inundadas	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação das drenagens superficiais; • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Isolamento das bordas das cavas (cercas); • Manutenção.
Pilhas de estéril	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Manutenção.
Reservatórios de lixiviação, pilhas de minério lixiviado extinto e bacia de rejeitos e diques de segurança.	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de segurança e sinalização; • Monitoramento; • Tratamento da superfície final da bacia de rejeitos, pilhas e piscina de lixiviação; • Revegetação; • Manutenção.
Planta de beneficiamento	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada dos equipamentos reutilizáveis; • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Manutenção.

Fonte: Modificado da HISA (1997)

Remoção da cobertura vegetal, decapeamento e armazenagem da camada de solo fértil no entorno das cavas - A remoção da cobertura vegetal no entorno da cava é para a “retirada de vegetação oportunista que a invadiu quando da sua paralisação e preparação das bordas da cava para um posterior desmonte. O material decapeado será armazenado e colocado posteriormente, juntamente com terra vegetal quando da revegetação da cava e de suas bancadas” (HISA, 1997, p. 55).

Perfuração e desmonte para o retaludamento da cava – O desmonte destas cavas terão as seguintes características: *“as alturas finais devem variar de 10,0 a 14,0 m, com inclinações de 80° e largura de bermas de 5,0 m. O material proveniente deste desmonte será depositado no fundo da cava, com isto, além de diminuir a altura da bancada, haverá também uma diminuição da profundidade da cava. A utilização de bancadas menores que 10,0 m implicaria em um maior número de desmontes, contribuindo para aumentar o diâmetro da cava e conseqüentemente para o aumento nos custos de recuperação. Da mesma forma que a retomada das pilhas de estéril para o enchimento destas cavas também elevaria o custo de recuperação uma vez que a quantidade de equipamentos envolvidos seria bem maior (tratores, carregadeiras e caminhões, dentre outros)”*. (HISA, 1997, p. 57).

Instalação de drenagens superficiais - *“Permanecerão com seus taludes e bancadas, sendo apenas construído na sua superfície drenagens, que servirão de proteção aos taludes e de coleta de água para o seu interior, com isto estas cavas funcionarão como reservatórios de água para a região. Nestas cavas não haverá retaludamento através de desmonte, apesar de algumas apresentarem taludes bastante altos, devido à possibilidade de assoreamento destas”*. (HISA, 1997, p. 57).

Tratamento da superfície final - Esta etapa consiste no preparo das superfícies para a revegetação, devendo envolver: a) Limpeza das áreas – *“consiste na retirada de todo e qualquer equipamento, maquinário ou restos de materiais inservíveis das áreas a serem trabalhadas”*; b) Colocação de camada fértil de solo – *“consiste na disposição e espalhamento de material decapeado (primeiros 30 cm) e estocado, sobre a superfície de áreas onde este solo esteja ausente”*. Esta atividade encontra-se programada, em especial, para o recobrimento das bermas a serem abertas por ocasião dos desmontes, que deverão se realizar junto a algumas cavas. Havendo mais algum material estéril decapeado, (material de subsolo) este poderá ser aproveitado também no recobrimento das áreas colocando-se o solo mais fértil por último. (HISA, 1997, p. 58).

Tratamentos das superfícies das pilhas de estéril minério lixiviado extintos bacia de rejeitos - *“Como não houve armazenamento anterior da camada fértil do solo antes da formação das pilhas (estéreis e minérios lixiviados) e da bacia, este solo deverá sofrer correção de fertilidade e se necessário colocação de camada fértil. Se a opção for pela utilização da bacia como reservatório de água, não será necessário qualquer tratamento prévio”*. (HISA, 1997, p. 59).

Revegetação - Os processos de revegetação a serem utilizados na mina são: a) Plantio de mudas – *“mais indicado quando se deseja resultados mais rápidos na recuperação, trabalhando-se com espécies vegetais de porte arbustivo/arbóreo”*. *“Consiste na distribuição e no plantio das mudas em covas espaçadas e sem alinhamento. É indicado para o estabelecimento da faixa de vegetação arbórea no entorno das cavas e da bacia de sedimentação e para a cobertura das pilhas de estéril”*; b) Semeadura Direta – *“melhor se aplica quando se trabalha com espécies menos adequadas à produção de mudas - gramíneas e herbáceas (próprias para recobrimento de solos - adensamento), ainda que também possa ser adotado para o cultivo de espécies arbustivas/arbóreas”*. *“Consiste na distribuição manual (a lanço), das sementes sobre o solo (em mistura de várias espécies ou solteiras) e seu enterrio superficial. É indicado para a revegetação das bermas e interior das cavas e bacia de rejeito”*. (HISA, 1997, p. 60).

Isolamento das bordas das cavas - *“Este isolamento tem a finalidade de evitar que os animais criados extensivamente caiam nas cavas. Em um primeiro momento as rampas de acesso às cavas também devem ser fechadas para prevenir o pastoreio até que as espécies plantadas estejam crescidas. Após esta fase as rampas de acesso podem ser abertas para que os moradores da região tenham acesso à água ali existente”*. (HISA, 1997, p. 72).

Medidas de segurança e sinalização - *“A bacia de rejeitos e as pilhas de minério lixiviados extinto deverão ser sinalizadas nas suas imediações com respeito a sua destinação anterior. Esta sinalização deverá ser feita de forma clara e em todas as vias de acesso a área da barragem. Com relação à segurança, a barragem de rejeito se manterá cercada em todos os seus limites, impossibilitando, de forma ocasional, o acesso de pessoas ou animais ao seu interior. Esta medida deverá ser bastante criteriosa durante a etapa de revegetação e, se for o caso, após o monitoramento”*. (HISA, 1997, p. 73).

Monitoramento – Esta etapa será discutida em separado. Item 5.4.7

Manutenção - *“Admite-se um período mínimo da ordem de 5 (cinco) meses, envolvendo o cuidado que se deve ter após o plantio, tais como: replantio, roçados manuais, de coroamento, irrigação, controle de doença e praga, limpeza de drenagens, não permitir pastoreio e observar sintomas de deficiência nutricional e toxidez das plantas por excesso de alguns elementos”*. (HISA, 1997, p. 73).

5.4.7- Monitoramento da área da mina e entorno durante e após a desativação

Durante a lavra, o solo sofreu impacto químico com o lançamento de rejeitos da planta de beneficiamento de ouro, contendo concentrações de cianeto da ordem de 200 mg / l na barragem de rejeitos, assim como com as operações de lixiviação e neutralização em pilhas.

Quando da elaboração do Plano de Fechamento, foram coletadas novas amostras de água e solo e realizadas as análises químicas destas amostras. No quadro 5-10 estão plotados os resultados da análise de água e as relações dos locais onde foram coletadas as amostras.

Quadro 5-10 Resultados das análises químicas das amostras de água

PARÂMETROS	PONTOS AMOSTRADOS								VALORES ADMIS-SÍVEIS
Pontos de coleta de amostras	P ₀₁	P ₀₂	P ₀₃	P ₀₄	P ₀₅	P ₀₆	P ₀₇	P ₀₈	(CONAMA N° 20)
PH	7,4	ND	8,0	7,5	8,0	ND	ND	7,8	5 a 9
CIANETO (mg/l)	0,021	0,013	0,014	0,010	0,015	< 0,01	< 0,01	0,010	0,2 mg/l
CLORETO(mg/l)	125	ND	2.276	25	640	ND	ND	3.628	-----

ND - Não Determinado

Fonte: CVRD (1997)

P ₀₁	Rio Itapicuru	–	A Jusante do Riacho da Mina
P ₀₂	Base da Pilha I	–	Área da Mina
P ₀₃	Cava Antas I	–	Área da Mina
P ₀₄	Cava Corpo W	–	Área da Mina
P ₀₅	Cava Corpo H	–	Área da Mina
P ₀₆	Bacia de Sedimentação Ponto I	–	Área da Mina
P ₀₇	Bacia de Sedimentação Ponto II	–	Área da Mina
P ₀₈	Drenagem da Pilha de Lixiviação	–	Área da Mina

Foram coletadas amostras de solo para análise química de cianeto e para outros componentes químicos necessários à futura revegetação. Serão tratadas aqui apenas as amostras destinadas às análises de cianeto. Nos seguintes locais foram coletadas as amostras com os seus respectivos valores de cianeto:

Quadro 5-11 Amostras de solo para análise química de cianeto

AMOSTRAS DE SOLO	CIANETO (ppm)
Amostra 1 – Superfície da pilha de minério lixiviado extinto	1.33
Amostra 2 – Base da pilha de lixiviação	0.34
Amostra 3 – Material depositado na bacia de rejeitos	0.23
Amostra 4 – Finos da bacia de rejeitos	0.38

Fonte: Modificado da CVRD (1997)

O Plano de Fechamento prevê um monitoramento durante 5 (cinco) anos em pontos de amostragem e parâmetros previamente definidos para água e solo. Na figura 5-1 estão localizados os pontos de monitoramento da Fazenda Maria Preta após o fechamento da mina.

Pontos de amostragem de água e parâmetros a serem monitorados

- Rio Itapicuru
 - Ponto 1 – a montante da foz do riacho da mina;
 - Ponto 2 – a jusante da foz do riacho da mina.
- Riacho da mina
 - Ponto 3 – a montante de sua foz no rio Itapicuru e a jusante da confluência com a drenagem da Mineração Rio Salitre;
 - Ponto 4 – a montante da confluência com a drenagem da Mineração Rio Salitre e a jusante da área de lixiviação em pilha;
 - Ponto 6 – a montante do trecho sob influência da bacia de rejeitos.
- Água subterrânea
 - Ponto 5 – a jusante do dique de segurança da bacia de rejeitos;
 - Ponto 7 – próximo à base das pilhas de lixiviação
- Drenagem das pilhas de minério lixiviado extinto. Ponto 8.

Parâmetros a serem monitorados: alcalinidade total, alumínio, arsênio, chumbo, cloretos, cianeto livre e total, cobre, DQO, dureza total, ferro solúvel, e total, manganês total, níquel, óleo e graxas, pH, sulfatos, fosfatos, temperatura, turbidez e zinco.

Pontos de amostragem de solo e parâmetros a serem monitorados

- Bacia de rejeitos. Ponto 9
- Pilhas de minério lixiviado extinto. Ponto 10

Só será monitorado no solo o cianeto.

Figura 5-1 Localização dos pontos de monitoramento da Fazenda Maria Preta.

5.4.8- Custos de projeto

A implantação de um projeto de recuperação ambiental de uma mina após o seu fechamento, é mais dispendiosa do que se fosse executada paulatinamente, pela multiplicidade de operações, uma vez que se torna necessário recuperar terrenos

alterados, incluindo desmontes, movimento de rochas e solos, instalação de drenagens, preparo do terreno e revegetação, sinalização e manutenção. Estes custos compreendem mão-de-obra, explosivos, equipamentos de perfuração, carregamento e transporte, matérias-primas de drenagens e agrícolas (sementes, mudas, viveiros, corretivos de solos e adubos, etc.) e análises químicas na etapa de monitoramento.

Como a Mina Maria Preta está fechada e não existem equipamentos trabalhando na área, foram tomados preços de serviços envolvendo desmonte, transporte e terraplenagem disponíveis no mercado. Desta forma, a utilização de equipamentos, o custo-de-mão de obra com operadores, bem como o custo de explosivos, foram incluídos no valor dos serviços.

O cronograma físico previa o término dos trabalhos de recuperação em três anos, após a conclusão de todas as etapas desenvolvidas no item 5.4.6 – Plano de desmontagem e recuperação ambiental. O único trabalho a ser continuado até o fim dos cinco anos previstos era o monitoramento. Neste trabalho continha a seguinte ressalva: “*Para a efetivação do cronograma deve-se considerar a importância de coincidir as etapas de adubação / plantio com o período chuvoso da região*”. (HISA, 1997, p. 90). Esta informação se prende ao fato de que a região é muito árida e as chuvas não ocorrem com muita frequência.

Cavas secas com desmonte – a estratégia adotada para o desmonte das cavas de grande profundidade foi o de retirar “*fatias*” destas cavas, considerando alguns critérios descritos a seguir para calcular os custos com desmonte, limpeza e terraplanagem: a) Delimitaram-se as áreas a serem desmontadas nos mapas topográficos atualizados pela topografia e sugeriram-se dois tipos de desmonte, chamados de “*desmonte padrão*”. O primeiro, com altura de 10,0 m, será realizado por marteletes montados em esteiras “*rock*”, com diâmetro de 2” a 3”, afastamento entre as linhas de 2 m (3 linhas) e espaçamento dos furos, da mesma linha, de 4 m. A inclinação dos furos é de 10° e o volume padrão desmontado de 1.200 m³ por fogo. O segundo “*desmonte padrão*” é semelhante ao anterior, mudando-se a altura da bancada para 14 m e, conseqüentemente, o volume a ser desmontado será de 1.680 m³ por fogo. Cada desmonte totaliza 15 furos; em seguida foi calculado o volume a ser desmontado em cada cava, este foi dividido pelo volume do “*desmonte padrão*”, para se obter o número de fogos a serem executados em cada cava.

A princípio, o trabalho deveria ser executado pela própria CVRD utilizando os seus equipamentos. Desta forma, o custo com o desmonte de 1,0 m³, praticado pela

CVRD, é de R\$ 0,10. Todo material desmontado deveria ser depositado no fundo da cava. Para essa operação, recomendou-se a utilização de trator de esteiras do tipo D6 ou equivalente. O tempo necessário para limpeza de um “*desmonte padrão*” foi estimado em 2 horas. O custo horário de tratores pela CVRD foi de R\$ 51,00. Para efeito de orçamento, considerou-se o tempo de terraplenagem (uniformização do material desmontado no fundo da cava), manobras e manutenção do equipamento como o triplo do tempo de limpeza do fogo padrão, isto é, 6 horas. Em anexo, os quadros 5-8 e 5-9 com os cálculos dos valores orçados para a recuperação das cavas com desmonte. Os valores somavam R\$ 75.802,00.

Pilhas de estéril - Os custos com as pilhas de estéril estão ligados ao espalhamento de material sobre o topo da mesma. Para a terraplanagem das pilhas de estéril, foi considerado um tempo médio de 9 h, uma vez que o material depositado (minério marginal) apresentava-se consolidado, havendo necessidade de várias passagens com o trator para deixar a superfície com a elevação correta. O equipamento utilizado deverá ser o trator D4, com um custo horário médio de R\$ 27,00 incluindo operador e combustível (preço da CVRD). Este custo foi calculado multiplicando o número de pilhas com material que será terraplenado pela quantidade de horas (9 h) e pelos custos horários (R\$ 27,00), perfazendo um total R\$ 3.645,00.

Drenagens - Para definição dos custos do sistema de drenagem, foi feito o levantamento em planta do perímetro das áreas onde está prevista a implantação de valetas - $L = 6.072$ m, em seguida a seção transversal da valeta, multiplicando-se pela extensão. Este valor foi multiplicado pelo custo do metro cúbico de escavação mecanizada em solo de qualquer natureza incluindo regularização do terreno - R\$ 2,17 (este valor inclui utilização de equipamentos, insumos, mão-de-obra e encargos sociais). (Dados calculados pela HISA Engenharia S.A. Total: R\$ 1.600,00.)

Revegetação - Definiu-se, inicialmente, os totais de área a serem trabalhadas, de acordo com os processos de revegetação adotados:

Plantio de mudas – áreas total de 96,03 ha distribuídas da seguinte maneira:

- Entorno (borda) das cavas - 52,64 ha;
- Entorno (borda) bacia de sedimentação - 2,64 ha;
- Pilhas de estéreis - 24,69 ha;
- Pilhas de minério lixiviado extinto - 16,06 ha.

Semeadura direta – área total de 20,77 ha.

- Interior de Cavas - 20,77 ha;
- Bermas (originárias das operações de desmonte) - 0,23 ha;

Quadro 5-12 Síntese dos custos de revegetação

DISCRIMINAÇÃO	ÁREA (ha)	SERVIÇOS (R\$)	INSUMOS (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	CUSTO/ha (R\$)
Plantio de Mudas	96,03	22.383,90	57.720,00	80.103,90	834,15
Semeadura Direta	21,00	870,45	341,76	1.212,21	57,72
TOTAL	117,03	22.254,35	58.061,76	81.316,11	694,83

Fonte: Modificado de CVRD (1997)

Fechamento da área e sinalização - Para definição do custo de fechamento de área, foi feito levantamento em planta do perímetro das cavas a serem revegetadas e das áreas de beneficiamento que deverão ser isoladas - L = 21.000 m. em seguida, esse valor foi multiplicado pelo custo do metro linear para implantação da cerca - R\$ 0,90/m (este valor inclui insumos, equipamentos, mão-de-obra e encargos sociais). Total R\$ 18.900,00. Para a sinalização, foi prevista a implantação de 27 placas com as seguintes dimensões: 2 m x 1 m. O custo por placa, incluindo fornecimento e assentamento, foi de R\$ 130,00. Total R\$ 3.510,00. Total geral R\$ 22.410,00

Monitoramento - A estimativa de custo na área de beneficiamento está relacionada com o monitoramento (pessoal envolvido na amostragem e custo de análises). Para esta avaliação, estimou-se como tempo necessário para cada campanha de amostragem um período de 3 dias com turnos de 8 horas. O monitoramento deverá ser realizado durante 5 anos, em intervalos de cerca de 4 meses. Assim sendo, está prevista a realização de 15 campanhas de monitoramento, mais uma a ser realizada no início das atividades de recuperação. Foi acrescido a este custo o gasto realizado com o monitoramento no ano de 1997. As amostras de solo e água, coletadas na área, foram enviadas aos laboratórios de entidades de pesquisa para análise com base nos parâmetros descritos no item *Monitoramento*. No quadro 5-11 estão sintetizados os custos com monitoramento durante 5 anos.

Quadro 5-13 Síntese dos custos com monitoramento

DISCRIMINAÇÃO	VALOR POR CAMPANHA (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Mão de Obra	204.90	3.278.40
Análises	2.591.61	41.465.76
Total	2.796.51	44.744.16

Fonte: CVRD (1997)

Os preços contidos no Plano de Fechamento são preços do 1º semestre de 1997. Praça de Salvador-Ba. Valor da mão-de-obra: Salário base R\$ 120,00 em maio, 95% de encargos (CVRD) e 15% transporte para 240 horas / mês.

5.4.9 Execução dos trabalhos

Os trabalhos de recuperação das áreas degradadas na Fazenda Maria Preta foram iniciados em 1998. Em princípio, nas áreas do núcleo secundário, devido ao fato de não haver um acerto a respeito dos “*royalties*” a serem pagos pela CVRD a COSIBRA. A recuperação do núcleo secundário foi concluída ano passado (2000), estas áreas apresentam uma revegetação incipiente devido ao clima da região e à escassez de chuvas na região. O núcleo principal começou a recuperação da sua área este ano, tendo sido concluídos os trabalhos de demolição dos paióis e alojamentos de empresas terceirizadas e de terraplenagem das áreas da planta de beneficiamento e algumas cavas. Nos trabalhos do núcleo principal só faltam a revegetação uma vez que só se pode iniciar o plantio de espécies em período de chuvas. Com isso, nem sempre quando se termina a reconformação das cavas pode-se iniciar a revegetação.

O quadro abaixo apresenta um resumo das áreas, número de cavas recuperadas, o período da conclusão e a data de entrega aos superficiários.

Quadro 5-14 Resumo das áreas recuperadas e entregues aos superficiários

ÁREA	CAVAS	PERÍODO DA CONCLUSÃO	DATA DA DEVOLUÇÃO
Treado	01	Nov/98	29/11/98
Riacho do Carneiro	03	Nov/99	24/05/00
Gravatá	01	Dez/98	24/05/00
Mari	06	Abr/00	*
Lajinha	01	Mai/00	24/05/00
Ambrósio	01	Jun/00	24/06/00
TOTAL	13		

Fonte: Modificado CVRD (2001)

*Área desapropriada pelo INCRA aguarda-se partilha das terras para entrega aos novos proprietários.

Na área pertencente ao núcleo principal, área da COSIBRA, a atividade agrícola é o plantio de sisal. Neste núcleo, encontram-se a planta de beneficiamento,

tanques de lixiviação, bacia de rejeitos, 29 cavas, estradas, acessos e obras civis. Algumas dessas já foram recuperadas parcialmente.

A seguir fotos 5-27 a 5-29.

Foto 5-27 Cava de Ambrósio recuperada.

Foto 5-28 Vista geral da bacia de rejeitos reconformada.

Foto 5-29 vista geral do início da revegetação.

5.4.10 Análise e discussão

No quadro 5-14 abaixo, há uma comparação entre o plano de fechamento realizado pela CVRD, 1997e o executado até julho de 2001 e a executar, até dezembro de 2002, na recuperação das áreas do núcleo principal e secundário da Mina Maria Preta.

Quadro 5-15 Comparativo entre a recuperação proposta e a realizada.

(continua)

ETAPAS DE RECUPERAÇÃO – PLANEJADO (1997)	ETAPAS DE RECUPERAÇÃO EXECUTADO/ EM EXECUÇÃO (2001)
Cavas secas sem desmonte	Cavas secas sem desmonte
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção da cobertura vegetal no entorno da cava (concluído); • Decapeamento e armazenamento da camada fértil do solo (concluído); • Reconformação da cava; • Instalação das drenagens superficiais (concluído); • Tratamento da superfície; (concluído) • Revegetação (em andamento); • Manutenção (em andamento).

Quadro 5-15 Comparativo entre a recuperação proposta e a realizada.

(continua)

ETAPAS DE RECUPERAÇÃO – PLANEJADO (1997)	ETAPAS DE RECUPERAÇÃO EXECUTADO/ EM EXECUÇÃO (2001)
Cavas secas com desmonte	Cavas secas com desmonte
<ul style="list-style-type: none"> • Remoção da cobertura vegetal no entorno das cavas; • Decapeamento e armazenagem da camada de solo fértil; • Perfuração e desmonte para o retaludamento das cavas; • Instalação das drenagens superficiais; • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Isolamento das bordas das cavas (cercas); • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção da cobertura vegetal no entorno da cava (concluído); • Decapeamento e armazenamento da camada fértil do solo (concluído); • Reconformação da cava (em andamento); • Instalação das drenagens superficiais; • Tratamento da superfície; • Revegetação; • Manutenção.
Cavas inundadas	Cavas inundadas
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconformação das bermas da cava (concluído); • Instalação das drenagens superficiais (concluído); • Tratamento da superfície (em andamento); • Revegetação; • Manutenção.
Reservatórios de lixiviação, bacia de rejeitos e diques de segurança.	Reservatórios de lixiviação, bacia de rejeitos e diques de segurança.
<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de segurança e sinalização; • Monitoramento; • Tratamento da superfície final da bacia de rejeitos, pilhas e piscina de lixiviação; • Revegetação; • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de segurança e sinalização (concluído); • Monitoramento (em andamento); • Tratamento da superfície final da bacia de rejeitos, pilhas e piscina de lixiviação (concluído); • Revegetação (em andamento); • Manutenção.
Planta de beneficiamento	Planta de beneficiamento
<ul style="list-style-type: none"> • Retirada dos equipamentos reutilizáveis; • Tratamento da superfície final do solo; • Revegetação; • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada dos equipamentos reutilizáveis e nivelamento dos tanques de espessamento (concluído); • Tratamento da superfície final do solo (em andamento); • Revegetação; • Manutenção.
Obras civis e equipamentos	Obras civis e equipamentos
<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos enviados para outras unidades; • Obras civis, sem especificação no plano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos enviados para outras unidades (concluído); • As obras civis serão mantidas e repassadas a COSIBRA (em andamento).

Quadro 5-15 Comparativo entre a recuperação proposta e a realizada.

(conclusão)

ETAPAS DE RECUPERAÇÃO – PLANEJADO (1997)	ETAPAS DE RECUPERAÇÃO EXECUTADO/ EM EXECUÇÃO (2001)
Pilhas de estéril	Pilhas de estéril
<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de segurança e sinalização; • Monitoramento; • Tratamento da superfície final da pilha; • Revegetação; • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retomadas, caso não estejam consolidadas (em andamento); • Se consolidada, tratamento da superfície final e revegetação (em andamento); • Revegetação; • Manutenção.
Pilhas de minério lixiviado extinto	Pilhas de minério lixiviado extinto
<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de segurança e sinalização; • Monitoramento; • Tratamento da superfície final da bacia de rejeitos, pilhas e piscina de lixiviação; • Revegetação; • Manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retomadas, caso não estejam consolidadas (em andamento); • Se consolidada, tratamento da superfície final e revegetação (em andamento); • Revegetação; • Manutenção.

Cavas secas sem desmonte O plano de fechamento não estudou, de maneira mais aprofundada, as cavas secas de pequeno porte que não necessitavam de desmonte, de maneira sucinta, juntou-as com as cavas inundadas. Na execução dos trabalhos, a empresa seguiu etapas mais coerentes e, com isso, possibilitou uma melhor recuperação. Da maneira como foram executadas, com a aprovação dos superficiários, as cavas foram quase todas reconformadas, e o uso destas áreas voltou à atividade anterior, agropastoril.

Cavas secas com desmonte A CVRD recuperou as cavas que necessitariam de desmonte, com bancadas irregulares e altura de bancadas entre 10,0 m a 30,0 m, dentre elas, Mari (2,38 ha e 18,0 m de altura) e a cava K (3,02 ha e 30,0 m de altura) através da reconformação da cava com enchimento parcial de material da sua borda. Esta foi a maneira pela qual se recuperou as cavas de pequeno porte (Figuras 5-36 e 5-37). A CVRD pretende recuperar as outras cavas que pelo plano necessitariam de desmonte, da mesma maneira que recuperou Mari e a K, ou então retomar estéril de pilhas próximas a cava para o seu enchimento. A empresa alega que os custos com o transporte de equipamentos de perfuração e de explosivos, para as cavas que seriam desmontadas, necessitariam de guia de tráfego para explosivos e não haveria local seguro para o armazenamento (os paióis já foram demolidos), além de paralisar as atividades de produção da outra mina (Fazenda Brasileiro). Os custos com

explosivos levantados no Plano de Fechamento foram inferiores ao de mercado, (ver comparativo entre os custos de planejamento e os referentes à execução no item custos de execução). Até o momento, algumas cavas foram recuperadas no núcleo principal, as demais têm prazo para conclusão até dezembro de 2002.

Cavas inundadas Estas cavas em número de três, foram acrescentadas às ações referentes à reconformação das bermas e à instalação das drenagens superficiais como forma de captação de água de chuva para o seu interior. Foi mantido o plano inicial. Figura 5-39.

Reservatórios de lixiviação, bacia de rejeitos e diques de segurança Foram mantidas as mesmas ações do plano. A bacia de rejeitos já começou a ser revegetada após verificar que os valores de cianeto no solo estavam dentro dos padrões permitidos. Os reservatórios e os diques de segurança já estão nivelados com o terreno, prontos para a revegetação.

Planta de beneficiamento Já está com o tratamento final concluído, faltando iniciar a revegetação. Segue o mesmo roteiro do plano de fechamento.

Obras civis e equipamentos Os equipamentos já foram retirados, alguns reaproveitados nas outras unidades e alguns sucateados. As instalações civis são compostas de dez unidades onde funcionavam as seguintes atividades: portaria, ambulatório, escritórios, laboratório, refeitório, sala de jogos, oficinas e almoxarifados da planta de beneficiamento, casa de controle da planta, central de eletricidade, oficina de caminhões, galpão de armazenamento de óleo e lubrificantes. Foram demolidos os paióis, os escritórios e alojamentos provisórios. Estas obras civis serão reformadas e deixadas para a COSIBRA. As reformas ainda não começaram.

As pilhas de estéril e de minério lixiviado extinto Poderão ser retomadas para o enchimento das cavas que necessitem de desmonte. Desta forma, algumas irão ser recuperadas de acordo com o plano original, as outras servirão de material de enchimento das cavas, em 1/3 da sua profundidade, uma vez que não há material de enchimento suficiente, tanto de pilhas quanto de minério lixiviado extinto. (CVRD, 2001). É interessante notar que, no primeiro contato para a preparação do plano de fechamento, a idéia de recuperação das cavas para o representante da mina era de reconformação das cavas e enchimento parcial das maiores, sem a necessidade de retomada de estéril ou de minério lixiviado das pilhas, justificando o seu ponto de vista pelo aumento dos custos com carregamento e transporte. Em plano recentemente aprovado pelo CRA, está previsto o enchimento parcial das cavas. Percebe-se uma falta de critérios para a preparação dos planos. A recuperação ocorre

de acordo com conveniências da época. O mais interessante é que o órgão ambiental não atenta e não questiona estes detalhes.

Monitoramento

O monitoramento está sendo realizado de acordo com o planejado, visando a coleta de amostras de água (superficiais e subterrâneas) e solo para a análise dos parâmetros indicados na seção anterior. Este monitoramento foi previsto para 5 anos com periodicidade quadrimestral; para este ano, já foram coletadas amostras nos meses de fevereiro e maio, sendo as próximas coletas agendadas para agosto e novembro. A primeira campanha de coleta de amostras para o monitoramento começou em 1998, seguindo os mesmos procedimentos empregados pelo CVRD durante a operação da mina. A coleta das amostras de águas superficiais e subterrâneas e amostras de solo seguem os padrões das Normas NBR 10.007, a análise destas amostras seguem as normas da ABNT NBR 1.63.02-002 Lixiviação de Resíduo Sólido e da NBR 1.63.02-003 Solubilização de Resíduo Sólido. O quadro 5-15 mostra os resultados obtidos na campanha de fevereiro de 2001.

Quadro 5-16 Resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização em amostras da pilha de minério lixiviado extinto

PARÂMETROS	Lixiv. 01	Lixiv. 02	Pilha 02	Solub 01	Solub. 02
ALCAL. TOTAL	79.00	79.00	93.00	39.60	24.90
ALUMÍNIO	<0.20	<0.20	0.33	<0.20	<0.20
ARSÊNIO	0.04	0.02	0.07	0.05	0.04
CLORETOS	494	402	1020	720	543
CHUMBO	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01
CIANETO LIVRE	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
CIANETO TOTAL	0.16	0.12	0.33	0.21	0.10
COBRE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
CROMO TOTAL	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
DUREZA TOTAL	150	400	150	330	550
FERRO SOLÚVEL	0.15	0.05	0.24	0.04	0.01
NÍQUEL	0.18	0.02	0.03	0.05	0.02
MANGANÊS	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
pH	7.27	7.17	7.64	7.15	7.16
SULFATOS	72	334	364	100	456
ZINCO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Adaptado de CVRD (2001).

Custos de execução das obras Os custos com a recuperação ambiental, desde janeiro de 1998 até julho de 2001, somam R\$ 1.150.425,00, distribuídos da seguinte maneira: R\$ 50.000,00 com monitoramento (coleta e análise), 349.000,00 com vigilância das instalações e obras civis da empresa e R\$ 700.625,00 com a recuperação das 13 cavas e pilhas de estéril do núcleo secundário, algumas cavas inundadas e secas, tratamento da superfície da área de beneficiamento, revegetação da bacia de rejeitos, instalações de drenagens nas cavas inundadas, sinalização e fechamento do núcleo principal. Estão previstos para serem gastos até dezembro de 2002, R\$ 12.500,00 com o monitoramento, R\$ 95.400,00 com vigilância, R\$ 50.000,00 com a reforma das instalações civis que permanecerão no local e R\$ 835.952,63 gastos com a recuperação de boa parte das 29 cavas do núcleo principal, retomada de algumas pilhas de estéril e minério lixiviado, recuperação das pilhas que não forem retomadas, recuperação das áreas de beneficiamento e das cavas inundadas restantes. No quadro 5-16 são mostrados os custos de recuperação previstos no plano, os custos executados até julho de 01 e a executar até dezembro de 2002.

Quadro 5-17 Resumo dos custos envolvidos de terceiros, CVRD e HISA

Planejamento da Recuperação	Custos de Recuperação Plano CVRD e HISA (R\$)	Custos de Recuperação executados até jul / 01 (R\$)	Custos de Recuperação a executar até dez / 02 (R\$)
Reconformação das cavas secas com desmonte e pilhas de estéril do núcleo secundário, cavas inundadas, drenagem das cavas, reconformação das cavas secas, pilhas de estéril e de minério lixiviados, reconformação da bacia de rejeitos e dos tanques de cianetação, reconforamção das áreas de beneficiamento e fechamento e sinalização das áreas.	75.802,00	700.625,00	835.952,63
Monitoramento	44.744,16	50.000,00	12.500,0
Vigilância das instalações	Não foi previsto	349.800,00	95.800,00
Remodelamento das instalações da mina	Não foi previsto	Não executado	50.000,00
Total	229.519,16	1.150.425,00	993.853,62

No quadro acima podemos perceber que há uma diferença muito grande entre o planejado e o executado, valores estes que chegam a ser cinco vezes maior que o planejado, além de não terem sido previstos alguns serviços essenciais tais como vigilância e a remodelação das instalações civis.

Calculando o percentual de acréscimo nos custos de produção através da fórmula $P = (CR / Q \cdot CP) \cdot 100$, desenvolvida no capítulo III para os valores constantes no Plano de fechamento, no executado até julho de 2001 e nos custos a executar até dezembro de 2002, constantes no quadro anterior, teremos o seguinte resultado mostrado no quadro 5-17.

Quadro 5-18 Percentuais de acréscimo no custo de produção

Períodos de Recuperação	Custo de Recuperação (UM*)	Quantidade de Minério Extraído (g).	Custo de Produção (UM/ g).	Acréscimo no Custo de Produção (%)
Planejado	229.775,00	3.563.141	19,45	0,33
Executado jul / 01	1.150.425,00	3.563.141	19,45	1,66
A Executar dez / 02	2.144.277,63	3.563.141	19,45	3,09

*UM= unidade monetária

Até julho de 2001, foram gastos na recuperação o equivalente a 1,6% dos custos de produção. Para a recuperação completa, bastaria um aumento nos custos de produção da ordem de 3%, isto é, um acréscimo de R\$ 0,60 durante a vida útil da mina, para se obter uma quantia suficiente para recuperar as áreas degradadas da Mina Maria Preta.

Por outro lado, se a CVRD começasse a se capitalizar com a aplicação de uma quantia a uma taxa de 8% ao ano no início da vida útil da mina, teria dispendido menos dinheiro e teria uma renda anual por cinco anos (tempo previsto para a recuperação) para realizar os trabalhos de recuperação, como isto não foi feito, a empresa depende de planejamento e reorganização dos seus custos para poder implementar a recuperação da mina. O quadro 5-18 mostra uma projeção dos valores de contribuição anual capitalizados durante a sua vida útil (seis anos) até a desativação da mina e a renda anual necessária à recuperação durante os cinco anos previstos após a desativação.

Quadro 5-19 Previsão de contribuição anual e renda anual desejada para a desativação para a Mina Maria Preta

Início da Capitalização	Contribuição anual até a desativação (R\$)	Renda anual após a desativação (R\$)
Início da Mina	292.298,03	537.048,17

Durante a sua vida útil, a empresa teria aplicado no mercado financeiro a uma taxa de 8% ao ano a quantia de R\$ 1.753.788,18, despendendo anualmente R\$ 292.298,03. Com o valor capitalizado, a CVRD poderia utilizar anualmente, nos cinco anos seguintes, a quantia de R\$ 537.048,17 para realizar a recuperação da Mina de Maria Preta, o que demanda uma economia anual de R\$ 390.489,50, isto é, um pouco mais que o valor pago para vigilância de janeiro de 1998 até julho de 2001.

5.4.11 Conclusões do capítulo

Das empresas pesquisadas, três apresentaram casos típicos de desativação, uma desativação temporária, Mineração Jacobina, outra a desativação de frente de lavra (mina a céu aberto) e, por último, uma desativação total, Mina de Maria Preta da CVRD.

A Mineração Jacobina teve suas operações paralisadas devido à flutuação do preço do ouro no mercado internacional. Na falta de um plano de desativação, as operações foram paralisadas segundo critérios da empresa e por exigências impostas pelo CRA após visita de inspeção depois da paralisação da empresa.

A Caraíba Mineração teve a sua cava desativada há três anos; até o momento, não foi realizado nenhum trabalho de recuperação, visando diminuir o passivo ambiental causado pelo seu fechamento. Na Licença de Operação e na Renovação de Licença de Operação foi colocada como alternativa de recuperação da cava, o seu enchimento com água. Todavia, após a sua completa desativação percebeu-se que a sua extensão e profundidade eram muito grandes e, abaixo desta, há um pilar de proteção da mina subterrânea que não suportaria a carga imposta por um grande volume de água necessário ao seu enchimento. Isto demonstra a falta de um plano de desativação e que os planos de recuperação apresentados pela empresa não foram suficientemente precisos para prever esta situação, afinal bastante evidente.

Quanto à Mina Maria Preta, o plano de desativação preparado pela HISA não foi suficientemente detalhado, quer pela falta de experiência da equipe quer pela falta de conhecimento e vivência de uma desativação. Esta foi a primeira desativação de uma mina no Estado da Bahia e o CRA não tinha parâmetros para balizar a preparação do plano de desativação. Na execução, as falhas no seguimento do plano deveram-se a impedimentos de ordem econômica ou por falta de infra-estrutura para a realização da recuperação de acordo com o plano pré-determinado.

Os custos com vigilância e reformas das instalações civis não foram previstos, porque não ficou definido no plano qual a destinação final das instalações civis, ainda estava em negociação com o superficiário o futuro destas instalações; quanto à vigilância, o plano foi incapaz de prever o desfecho das negociações e passou ao largo destas negociações, cumprindo apenas a função burocrática de preparar um documento ao órgão ambiental.

O cronograma de realização dos trabalhos de recuperação previa recuperar, inicialmente, o núcleo principal. Como não houve acordo com a COSIBRA, os trabalhos foram dirigidos ao núcleo secundário, restando pouco tempo para a realização da recuperação do núcleo principal, que só foi realizada com mais afinco a partir 2001.

Os custos de recuperação foram subestimados, primeiro porque a empresa subdimensionou os custos das atividades necessárias para recuperar a área, segundo, porque resolveu mudar as etapas previstas para a recuperação das cavas, usando a retomada das pilhas para o enchimento de 1/3 das cavas, terceiro porque não previu os custos com vigilância e o remodelamento das instalações civis, como ficou demonstrado no comparativo dos custos planejados, executados e a executar.

A desativação da mina não causou muito impacto na comunidade, porque a maior parte dos funcionários da CVRD veio da Mina Fazenda Brasileiro, a 80 km de distância; a lavra havia sido terceirizada, cabendo à CVRD o serviço de geologia e beneficiamento do ouro e por último, a duração do empreendimento foi pequena (seis anos), é pouco tempo para influenciar a economia da região, predominantemente agrícola e baseada no plantio e colheita de sisal. Ainda assim, como a comunidade local não foi chamada a opinar, a decisão foi unilateral.

A recuperação das áreas degradadas da Mina Maria Preta serviu de lição para ações a serem desenvolvida pela CVRD na Mina Fazenda Brasileiro, que já começa a adotar medidas de recuperação ambiental de áreas degradadas e pretende implantar uma central de custos destinada a se precaver na futura desativação desta, prevista para 2018.

6 CONCLUSÕES

Ficou evidenciada no trabalho, a falta de um Plano de Desativação a ser implementado no início da mina, tendo como base os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) para com eles preparar as melhores alternativas 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, através do estabelecimento de metas a serem alcançadas ao longo da vida útil da mina. Envolve, 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-determinados. Para se alcançar estas metas são necessários programas a serem desenvolvidos durante a vida da mina e após o encerramento das atividades mineiras. Estes programas podem envolver a preparação e o 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 reavaliadas periodicamente, não só para avaliar a adequação das medidas tomadas, mas também para reajustar o aporte de verbas necessário à execução do plano.

Nas minas estudadas a falta de um plano de desativação complementar ao PRAD, o qual prevê a recuperação progressiva das áreas degradadas, em nenhum momento direciona ou indica ações a serem desenvolvidas durante a vida da mina visando à desativação, como por exemplo: consulta pública à comunidade envolvida antes e durante a desativação, tempo de monitoramento após a desativação, execução e acompanhamento das ações de desativação, ensaios comprobatórios e relatórios finais após a entrega da área para terceiros.

Na ausência do plano de desativação os mineradores apenas cumprem o PRAD recuperando, de maneira simultânea à lavra, as áreas lavradas (cavas de pequeno

porte) e de disposição de resíduos (pilhas de estéril), uma vez que estas são as que se exaurem mais rapidamente durante a vida útil da mina. As demais áreas são deixadas para serem recuperadas após o final dos trabalhos mineiros. As principais medidas, usualmente adotadas são de revegetação, o que pode ser explicado pelo fato da maioria das minas estarem localizadas em áreas de atividade agrícola ou pelo custo mais baixo desta recuperação ou por serem as principais medidas de revegetação já bem conhecidas dos técnicos do setor mineral ou das empresas de consultoria. Em alguns casos ocorre regeneração natural. O uso futuro da área minerada, nos casos analisados, é na maior parte das vezes, agropastoril.

O plano de desativação só é pensado pelas empresas pesquisadas quando se aproxima o momento de fechar uma mina. É o caso da CVRD, que, por falta de informação do órgão ambiental sobre roteiros de desativação, preparou o seu próprio roteiro, submeteu ao CRA, que aprovou e está em execução. As razões apresentadas pelas empresas para a falta de planos de desativação durante a vida útil da mina são a não solicitação do plano pelas autoridades ambientais e a longa vida das operações de uma mina, havendo em geral muito tempo para preparar a desativação.

Em decorrência da falta de planos de desativação, as empresas só vão se preocupar em preparar o plano no final da vida útil da mina. Exatamente neste momento que as minas estão descapitalizadas e, há necessidade de recuperar grandes áreas; os custos de recuperação são mais elevados e a tendência é a contratação de terceiros para realizar a recuperação, com isto aumenta-se os gastos, além de causar estresse e desestímulo nos mineiros, pela perda iminente do emprego. A recuperação é unilateral, isto é, sem consulta à comunidade.

A preocupação com a desativação de uma mina só é despertada nas empresas quando passam por esta experiência. A CVRD já começa a estudar alternativas para a preparação de um plano de desativação para a Mina Fazenda Brasileiro, prevista para 2018. No Estado da Bahia, esta empresa é a primeira a ter uma mina desativada e a começar a se preparar para uma desativação futura.

O plano de desativação pode ser implementado no Brasil de duas maneiras: quando da abertura de uma nova mina, o plano deveria 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 se preparar para a futura desativação.

O bom conhecimento dos custos de desativação é fundamental num processo de desativação, quanto mais cedo se pensa e se prepara para o fechamento da mina, menores serão os investimentos. Uma empresa que utilize índices confiáveis e que preveja a ordem de grandeza dos gastos necessários à desativação e os acrescente aos demais custos nos estudos de viabilidade econômica, terá mais chances de se capitalizar, 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, 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 dispendir grandes quantias para a recuperação das áreas degradadas.

7 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 a 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 JUNIOR, J.B.; COELHO, M. C. Análise do plano de recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia – Ottomar Mineração. In: SOUTHERN HEMISPHERE MEETING ON MINERAL TECHNOLOGY, 6.; ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 18., Rio de Janeiro, 2001. **Proceedings**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. v. 3, p. 340-344.

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

CASSA, J.C. *et al.* 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 4. Congresso Ítalo-Brasileiro de Engenharia de Minas, Canela, Rio Grande do Sul, 1996/

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

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

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

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

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. **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).

HIDRAÚLICA E SANEAMENTO. **Mapa de localização das áreas a serem recuperadas**. [s.l.], 1997a. Escala 1.25.000. (1 Mapa).

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. **Evaluacion economica de los proyectos de restauración**: publicacion anual del gobierno de Espana. [s.L.] : ITGE, 1989. 316p.

IUDÍCIBUS, S. ; MARION, J.C. **Curso de contabilidade para não contadores**. 2. 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. 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.

LONGMAN dictionary of contemporary english. 3. ed. Harlow: Longman, 1995. **Mining Environmental Management**, London, v. 9, n. 4, p. 10-12, Jul. 2001.

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

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

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

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

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

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

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

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

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 em 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 em 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. 237 p. 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.