



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

## Proposição de Critérios para Avaliação da Eficácia de um Programa de Fechamento de Mina

**AUTOR: VALDECY INOCÊNCIO CALDEIRA**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Engenharia Mineral do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Minas, área; de concentração: Lavra de Minas.

Ouro Preto, Agosto de 2004.

“Todas as teorias são legítimas e nenhuma tem importância: o que importa é o que com elas se faz”.

Jorge Luis Borges, escritor argentino – 1899-1986.

Este trabalho é dedicado aos meus pais,  
que nas horas graves souberam corrigir meus erros  
e reprovar meus desacertos.

## AGRADECIMENTOS

Expresso os mais sinceros agradecimentos:

- Ao Professor Hernani, pela possibilidade que me concedeu de trabalhar em uma área tão interessante e desafiadora e pela orientação nesta pesquisa;
- Ao Professor Rodrigo Pellucci pela sua valiosa contribuição e apoio;
- Aos bolsistas do DEMIN pela importante ajuda;
- Aos meus pais e irmãos pela solidariedade nos momentos mais difíceis de execução deste trabalho;
- Aos colegas de turma que com bom humor e alegria transformaram nosso convívio em momentos de muita harmonia e aprendizado;
- Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo, que possibilitou e financiou minha luta para a expansão de meus conhecimentos;
- A todas as pessoas não citadas aqui, mas que foram fundamentais na minha formação e àquelas que colaboram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O fechamento de mina é uma etapa importante do planejamento de mina cuja finalidade principal é reduzir ou eliminar o passivo ambiental após a desativação da mina, buscando a participação de todos os envolvidos no processo. Esta questão se apresenta mais tradicionalmente no setor mineiro, em virtude da característica de exaustão das reservas minerais economicamente lavráveis. Assim, a mineração foi o primeiro setor industrial a discutir a questão do fechamento e uso futuro. Adicionalmente, surgiu a necessidade de estabelecer critérios de fechamento, já que atualmente muitas empresas encontram-se preparando seus planos para a avaliação dos órgãos ambientais. E como ainda não existem critérios definidos entendidos como instrumento de avaliação cria uma lacuna entre as empresas e os órgãos ambientais. Assim, o presente trabalho propõe o estabelecimento de critérios para formar uma caracterização consistente do passivo ambiental na área de influência e diretamente afetada pelo empreendimento. A proposta considera um padrão mínimo para a formulação do plano de fechamento, visando de forma objetiva a determinação das diretrizes e premissas do projeto. O tema foi avaliado sob enfoque nacional e internacional, ficando evidente a falta de critérios e normas para preparação de um plano de fechamento no início de uma mina. Baseado neste contexto, o processo de avaliação torna-se moroso justificando a importância deste trabalho para o estabelecimento de critérios quantitativos e qualitativos de avaliação. Portanto, foi proposta a criação de um banco de dados com critérios de fechamento que pode ser traduzido num guia para empresas de mineração, comunidade e órgãos ambientais avaliarem o processo de fechamento.

## ABSTRACT

The mine closure is a very important step of the mine planning which the main task is to reduce and eliminate the environmental liability after a mine decommissioning, looking for the involvement of all stakeholders in the process. Although not considered in the past, mine closure is a stage of the mine life cycle, which occurs, mainly, due the exhaustion of mineral economic reserves and today needs to be considered due the environmental, socio-economic and cultural impacts caused by the process. For planning for mine closure there is a need to establish closure criteria in order to reach environmental, socio-economic and cultural issues. The present work intends to proposal some closure criteria as a baseline for mine engineers in preparing a mine closure planning. The proposed work considers a minimum standard for planning a mine closure, looking objectively to the determination of the directives and premises of a project. In this study, mine closure criteria were assessed based on national and international criteria and standard. The first result of this study was to verify the lack of such criteria elsewhere. This lack of criteria makes the closure process difficult, which is an evidence of the importance of this work in establishing some qualitative and quantitative criteria for assessment a mine closure plan. As a final result this research presents a database of closure criteria that intends to help all the stakeholders involved on mine closure on establishing their criteria for a particular mine.

<b>SUMÁRIO</b>	Páginas
<b>LISTAS DE FIGURAS E TABELAS</b>	
<b>LISTAS DE SIGLAS</b>	
<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b>	1
<b>CAPÍTULO 2 -REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	7
2.1 -Generalidades	7
2.2 -Legislação e Considerações sobre o Fechamento de Mina: Uma Visão Internacional	10
2.3 -Impactos na Condução do Fechamento de Mina	18
2.4 -Estruturação de um Plano de Fechamento	20
2.5 -Envolvimento das Partes Interessadas no Fechamento de Mina	22
2.6 -Aspectos do Planejamento, Implementação e Gerenciamento de um Plano de Fechamento de Mina.	24
2.7 -Critérios e Indicadores para o Fechamento de Mina	29
2.8 -Monitoramento e Manutenção	32
2.9 -Avaliação de Riscos.	37
2.10 -Considerações Econômicas.	38
2.11 -Liberação da Responsabilidade do Minerador	45
<b>CAPÍTULO – 3 METODOLOGIA</b>	47
<b>CAPÍTULO – 4 AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS CRITÉRIOS OU INDICADORES DE FECHAMENTO DE MINA</b>	49
4.1 -Indicadores de Qualidade da Água	50

4.2 -Estabilidade e Indicadores de Erosão	54
4.3 -Indicadores Sócio-econômicos e Uso Futuro do Solo	60
4.4 -Medidas e Procedimentos a serem Desenvolvidos para a Reabilitação de Infra-estrutura	63
4.5 - Padrões e Parâmetros de Emissões	64
4.6 -Parâmetros e Indicadores do Solo, Segurança e Revegetação.	67
4.7 -Reintegração Paisagística	70
<b>CAPÍTULO – 5 APRESENTAÇÃO DO BANCO DE DADOS</b>	<b>74</b>
<b>5.1 – Utilização e Desenvolvimento do Banco de Dados</b>	<b>74</b>
<b>CAPÍTULO – 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO – 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>90</b>

<b>LISTA DE FIGURAS E TABELAS</b>	<b>Páginas</b>
<b>FIGURA 1</b> -Estações e Pontos de Monitoramento.	36
<b>Tabela 1</b> - Padrões e Qualidade do Ar.	66
<b>Tabela 2</b> - Critérios para Episódio Agudo de Poluição do Ar.	67
<b>FIGURA 2</b> – Tela do Menu Principal para Avaliação do Programa de Fechamento de Mina.	75
<b>FIGURA 3</b> - Formulário contendo Critérios Físicos a serem Observados.	76
<b>FIGURA 4</b> - Formulário de Preenchimento dos Dados Geotécnicos.	77
<b>FIGURA 5</b> - Tela com o Relatório de Verificação das Ações Propostas para Avaliação inicial do Programa de Fechamento de Mina.	78
<b>FIGURA 6</b> - Formulário contendo o relatório de avaliação do solo.	79
<b>FIGURA 7</b> - Formulário contendo o Parâmetro de Avaliação do Solo.	80
<b>FIGURA 8</b> - Formulário contendo os Parâmetros Químicos.	81
<b>FIGURA 9</b> - Formulário de preenchimento dos dados para a Verificação da Qualidade do Corpo Hídrico.	82
<b>FIGURA 10</b> - Relatório de Verificação da Qualidade do Corpo Hídrico.	82
<b>FIGURA 11</b> - Verificação de Efluente para a Qualidade do Corpo Hídrico.	84
<b>FIGURA 12</b> - Parâmetros para a verificação da qualidade do ar.	85
<b>FIGURA 13</b> - Parâmetros para a Verificação dos Critérios Biológicos.	86
<b>FIGURA 14</b> - Parâmetros para a Verificação dos Critérios Sócio-econômicos.	87



## LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AMAs	Áreas de Mineração Abandonadas
ANZMEC	Australian and New Zealand Minerals and Energy Council
BLM	Bureau of Land Management
B.S.	British Standard
CDPHE	Colorado Department of Public Health and Environment
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CM	Código de Mineração
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
DAM	Drenagem Ácida de Mina
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
EUA	Estados Unidos da América
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente.
FS	Fator de Segurança
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
ILO	International Labour Organisation

ISO	International Standard Organization
IQA	Índice de Qualidade de Água
ISRM	International Society for Rock Mechanics
MBR	Minerações Brasileiras Reunidas
MSG	Mina Serra Geral
MCA	Minerals Council of Australia
MMSD	Mining Minerals and Sustainable Development
MAA	Multiple Accounts Analysis
NMA	National Mining Association
NRM	Normas Reguladoras de Mineração
OECD	Organisation For Economic Cooperation and Development
ONG	Organização Não Governamental
PAE	Plano de Aproveitamento Econômico
Q	Quality Index
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMR	Rock Mass Rating
RQD	Rock Quality Designation
SMCRA	Surface Mining Control and Reclamation Act
UNEP	United Nations Environment Program
VPL	Valor Presente Líquido
WMI	Whitehorse Mining Initiative

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

A mineração durante muito tempo foi entendida apenas como um instrumento para gerar divisas e desenvolvimento. Até meados da década de 70, a apreciação do impacto potencial advindo do fechamento de mina era muito enviesada para os aspectos econômicos, sendo o foco sobre o meio ambiente de natureza corretiva e tangencial.

Na retomada industrial na Europa pós-guerra, durante os debates do Clube de Roma, discutia-se também, entre os temas econômicos e políticos, a necessidade de critérios para a proteção e uso dos recursos hídricos superficiais, até então utilizados pela maioria das nações de forma indiscriminada. Embora o foco do Clube de Roma fosse a escassez dos recursos minerais, pela primeira vez, autoridades governamentais reunidas em um fórum internacional discutiam a necessidade da adoção de políticas em níveis globais envolvendo aspectos ambientais.

Na década de 70, a discussão das questões ambientais foi marcada pela conferência de Estocolmo (1972). Esta foi a primeira, em nível mundial, onde foram discutidos especificamente temas ambientais. Na época, as principais discussões centravam-se na necessidade de políticas de controle da poluição ambiental, principalmente no ar e na água. A Conferência de Estocolmo acelerou em vários países a organização institucional do setor ambiental. No Brasil, por exemplo, os principais órgãos de meio ambiente tanto na esfera federal como na estadual foram oficializados após a citada conferência. Surgem também nesta década os primeiros movimentos ambientalistas que viriam a se denominar, nos anos 80, Organizações Não Governamentais(ONGs).

Nos anos 80, os conceitos de proteção do meio ambiente começam a se expandir. Alguns acidentes graves como o ocorrido em Bhopal, na Índia, onde um vazamento de gás letal tirou a vida de mais de 2000 pessoas e o vazamento de petróleo do navio Exxon Valdez, ocorrido no Alasca, contribuíram para as mudanças nas políticas oficiais de meio ambiente e nos conceitos de gerenciamento ambiental na indústria.

No Brasil, é publicada em 1986 a Resolução 01 do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, instituindo a obrigatoriedade da realização de estudos de impactos ambientais para qualquer empreendimento público ou privado que apresentasse impacto aos meios físico, biológico ou sócio - econômico na região a ser implantado.

Enquanto a década de 70 caracterizou-se pelo controle da poluição, a década de 80 foi marcada pelas ações de planejamento ambiental. As indústrias, por exemplo, começam a incorporar em seus planejamentos estratégicos a variável ambiental. A discussão sobre o meio ambiente começou a deixar de ser um tema isolado para se incorporar em vários setores.

A década de 90, em termos ambientais, se caracterizou pela globalização dos conceitos. Na Conferência Mundial de Meio Ambiente, sediada no Rio de Janeiro (1992) foram assinados tratados globais da biodiversidade e definido em linhas gerais a Agenda 21 (desenvolvimento sustentável), traduzindo de forma inequívoca a universalização da discussão ambiental.

O setor industrial começa também a considerar o enfoque global no que tange a proteção ambiental. Inicia-se uma atribuição à indústria a responsabilidade pelos efeitos ambientais de seus produtos e subprodutos, desde a obtenção da matéria prima até a disposição final dos mesmos como resíduos (Princípio do “Berço ao Túmulo”). Consolida-se também o conceito do poluidor pagador, pelo que a indústria passa a ter responsabilidades tributárias pela geração de poluição, mesmo que controladas.

Preocupadas com o crescente nível de imposições de caráter ambiental sobre o setor produtivo, algumas entidades, como a Câmara de Comércio Internacional, tomaram a iniciativa de propor estruturas lógicas que sistematizassem a gestão ambiental na indústria, compatibilizando-se com o interesse de qualidade e produtividade. Dessas iniciativas surge no início da década de 90, o conceito de Sistema de Gerenciamento Ambiental, que por sua vez, apoia-se nos conceitos de gestão da qualidade definidos na norma Britânica BS 5750, dando origem a série de normas internacionais ISO 9000.

Com o processo de globalização das relações econômicas, houve então a difusão da consciência ambiental e o conseqüente comprometimento das empresas com a questão, resultando em uma cobrança maior da sociedade sobre o setor produtivo. Com isso, questões como: chuvas ácidas, gestão das bacias hidrográficas e dos mares, contaminação da água, do ar, do solo e das cadeias alimentares, efeito estufa, destruição da biodiversidade tornaram-se prementes sob a ótica da opinião pública. Esta, cada vez mais atenta e participativa vem utilizando os meios de comunicação como poderoso aliado na visão conservacionista. Adicionalmente, os pesquisadores têm buscado avaliar a compreensão dos prejuízos ambientais, demonstrando-os mediante modelos matemáticos e estudos globais, os efeitos cumulativos da poluição e dos resíduos sólidos e o esgotamento em longo prazo, dos recursos naturais.

Nas empresas brasileiras a incorporação da variável ambiental aconteceu a partir dos anos oitenta, decorreu basicamente da fiscalização feita por órgãos de controle ambiental e pressão da comunidade local e internacional.

Recentemente verifica-se uma pressão mundial para o fechamento de uma mina exaurida de modo responsável sob o ponto de vista ambiental, econômico e social. Com isso, a mineração além dos muitos desafios enfrentados, como a necessidade de contínua pesquisa por novas reservas, limitações adicionais de acessos a novas áreas, dificuldades de obtenção de direitos minerários, normas ambientais mais restritivas e, potencialmente, os custos associados com a conformidade legal, tem hoje a obrigatoriedade de desenvolver e implementar planos de fechamento de mina baseados em critérios econômicos, ambientais e sócio-culturais.

Nesta questão, um dos maiores desafios enfrentado pelos órgãos fiscalizadores e a indústria mineral é o estabelecimento de critérios gerais e/ou específicos que determinam o sucesso de um fechamento de mina. Estes critérios ou indicadores ambientais são padrões ajustados de níveis de desempenho que possibilitam demonstrar a eficácia de um programa de desativação. Eles devem ser objetos de acordos e específicos para cada mina ou região em particular, de modo a satisfazer todos os

envolvidos (indústria, governo e a comunidade) e garantir uma avaliação eficiente do programa.

Segundo HOLLANDS (1993); WAGGITT e McQUADE (1994); DANIELSON e NIXON (1999) e LIMA (2002) critérios devem ser específicos para a mina que está sendo fechada e refletir um conjunto único de circunstâncias ambientais, sociais e econômicas do local. Eles devem ser estabelecidos e acordados com todos os envolvidos no processo de fechamento e, quando possível, devem ser quantitativos e capazes de posterior verificação. Entende-se por envolvidos no processo de fechamento as partes diretamente afetadas: a empresa (acionistas e funcionários), o governo (federal, estadual ou local) e a comunidade local. Mais ainda, uma legislação nesta matéria deve ser não-prescritiva, e sim baseada em objetivos acordados, claramente entendidos e aceitáveis pela indústria da mineração como um padrão mínimo, onde as boas práticas ambientais devem quando possível exceder os critérios estabelecidos.

A ausência de critérios objetivos de fechamento de mina implica que, embora uma empresa de mineração finalize um programa de reabilitação, ela pode não ser liberada de suas responsabilidades ambientais, visto que a falta de critérios deixa em aberto lacunas para recursos ambientais dos diversos órgãos envolvidos, sejam eles, governamentais ou civis. Além disso, a não definição de tais critérios implica em constantes demandas de trabalhos adicionais de reabilitação até a aceitação final pelo órgão regulador (DNPM/FEAM/IBAMA).

Há atualmente uma carência de critérios aceitos para julgar se a reabilitação de uma mina foi ou não bem sucedida, todavia, recentes pesquisas neste campo vem sendo conduzidas na Austrália (HOLLANDS, 1993; JARVIS, 1998; TONGWAY, 1998). JARVIS (1998), por exemplo, descreve a metodologia adotada na definição de critérios para fechamento de uma mina de bauxita da Austrália os quais foram estabelecidos baseados em acordos entre a empresa, o governo e a comunidade local. Alguns destes critérios referem à exigência das medidas de desempenho, tais como o número de eucaliptos plantados por hectare, enquanto outros aplicam um procedimento específico para ser implementado, tais como o plano de acesso às áreas já mineradas.

No Brasil, atualmente, muitas minas como Águas Claras e Mutuca, da MBR, MSG da CVRD dentre outras estão em fase de fechamento e ainda não há normas específicas sobre a questão o que impossibilita ao órgão ambiental uma análise da qualidade e efetividade do plano de fechamento. O DNPM editou a portaria nº 237, de 18/10/2001, alterada pela portaria nº 12 de 22/01/2002, instituindo as Normas Reguladoras de Mineração (NRM's), tendo a NRM nº 20 disciplinando os procedimentos administrativos e operacionais em caso de fechamento, suspensão e retomada de operações mineiras. Logo, torna-se desafiador a busca por critérios objetivos para avaliação do plano de fechamento e a eficácia da implementação deste.

Portanto, os objetivos desta pesquisa focalizam as questões enfrentadas pelas empresas de mineração e pelos órgãos ambientais quanto à elaboração e julgamento de um plano de fechamento, respectivamente. Como principal objetivo destaca-se a proposição de critérios de fechamento de mina gerais e/ou específicos para o local, de forma a poder ajudar a indústria mineral no que tange a fixação de tempos, metas, objetivos e custos para o planejamento, desenvolvimento e implementação de programa de fechamento de mina.

O segundo capítulo deste trabalho aborda as questões que levam ao fechamento de mina a partir da revisão da literatura, relacionando os princípios do plano de fechamento, as questões principais, seus impactos, as políticas e legislações, as formas de estruturação do plano. Adicionalmente, serão avaliados o envolvimento das partes interessadas, a análise de riscos, os aspectos de planejamento, implementação e gerenciamento, os critérios de fechamento, monitoramentos e manutenção, questões financeiras e finalmente a liberação do local para o proprietário.

O terceiro capítulo discute um conjunto de procedimentos realizados, objetivando o atendimento dos fins definidos. Portanto, o capítulo trata da metodologia, estabelecendo os métodos e princípios utilizados na realização deste estudo.

O foco do quarto capítulos será um mapeamento dos principais critérios e indicadores de fechamento, descrevendo-os e correlacionando as ações preventivas e corretivas a serem tomadas em conformidade com as normas em vigor.

O quinto capítulo apresenta o resultado final deste estudo, mostrado em linhas gerais e solidificado na apresentação do banco de dados com critérios de fechamento, o qual poderá ser utilizado como uma diretriz para o fechamento ou até mesmo como uma forma de checagem das ações empreendidas para o fechamento de mina no Brasil.

Finalmente, na conclusão discutem-se os principais tópicos tratados ao longo deste trabalho e a eficácia de aplicação do estudo proposto.



## **CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - Generalidades**

O conceito de fechamento de mina tem sido definido por vários autores como MUDDER e HARVEY (1998) e KNOL (1999), dentre outros. De acordo com OLIVEIRA JÚNIOR e SÁNCHEZ (2002), o fechamento de mina pode ser definido como a paralisação da atividade mineira em decorrência de fatores físicos, econômicos, tecnológicos ou ambientais, de caráter parcial ou total, permanente ou temporário, tendo como finalidade principal a redução ou eliminação do passivo ambiental por meio de ações de reabilitação desenvolvidas ao longo da vida da mina e após a sua paralisação.

O fechamento de mina é visto como uma consequência inevitável e problemática da natureza da indústria da mineração. A imagem pública de uma mina fechada ainda é de um local abandonado e com passivos ambientais permanentes. Além deste legado, o fechamento de mina tem causado problemas sociais e econômicos nas regiões mineiras em todo o mundo (NEIL, TYKKYLAINEN *et al.*, 1992; WARHURST, 1999; LIMA, 2002).

Segundo CAMPBELL e EMERY (1995); LIMA e WATHERN (1999); LIMA e CURI (2002) os termos fechamento, descomissionamento e reabilitação são oriundos de uma exigência formal para as instalações nucleares, que logo foi estendido para a mineração de urânio. Subseqüentemente, estes foram ampliados para abranger todo o ramo da indústria mineral. O termo descomissionamento vem sendo usado por alguns autores como fechamento de mina, entretanto, neste trabalho o termo referir-se-á a remoção de toda infra-estrutura e serviços não necessários, quando da cessação da produção da mina.

Para contribuir positivamente ao desenvolvimento de uma região de modo ambientalmente sustentável, os objetivos e os impactos do fechamento de mina devem ser considerados desde o início de um projeto mineiro. Não há nenhuma controvérsia

sobre a necessidade e a importância do planejamento de fechamento, que deve ser iniciado durante o estudo de viabilidade, na fase de projeto e do licenciamento e periodicamente, avaliado e atualizado ao longo da vida de uma mina. A falta de um plano de fechamento pode incorrer em sérias conseqüências ambientais, sócio-econômicas e culturais (KEYES, 1992; WOLFE, 1992; CDPHE, 1998; LIMA e CURI, 2002).

Assim, o plano de fechamento deve ser parte integrante do ciclo de vida do projeto mineiro e deve estabelecer métodos e meios para assegurar que a saúde e a segurança pública não sejam comprometidas no futuro; os recursos ambientais não estarão sujeitos à deterioração física e química; o uso futuro do local será benéfico e sustentável em longo prazo; e que impactos sócio-econômicos adversos sejam minimizados e os benefícios sócio-econômicos sejam maximizados ((WAGGITT e McQUADE, 1994; ONTARIO, 1995; SASSOON, 1996; ANZMEC, 1999; SASSOON, 1999; SASSOON, 2000; ANZMEC, 2002; EPA, 2002; LIMA e CURI, 2002).

Estes objetivos poderão ser alcançados pela preparação inicial de um plano conceitual de fechamento de mina ainda na fase de viabilidade econômica do projeto devendo seu detalhamento ser executado ao longo da vida da mina. Um plano de fechamento deve incluir um compromisso para reabilitação progressiva e um plano de desenvolvimento e implementação detalhado (ANZMEC, 2002).

Segundo LIMA (2002), na fase de desativação de uma mina o plano de fechamento deve incluir:

- A remoção de infra-estrutura.
- A implementação de medidas de segurança pública;
- A reabilitação da área;
- A manutenção contínua das estruturas locais e o monitoramento ambiental;
- Operação de exigências locais para mitigar ou prever a degradação ambiental em longo prazo, e;
- A inclusão de programas sociais e econômicos para minimizar os impactos na sustentabilidade da comunidade.

Segundo LIMA (2002), práticas atuais demonstram a existência de dois tipos de plano de fechamento durante a vida de um projeto mineiro: um plano de fechamento conceitual e um plano de fechamento final. O primeiro é exigido durante o processo de licenciamento, e deve assegurar que o fechamento de uma mina é técnica, econômica e socialmente viável, sem incorrer em passivos em longo prazo. Porém, a natureza dinâmica da mineração exige revisões regulares do plano de modo a refletir mudanças circunstanciais que podem surgir na legislação, na composição mineralógica da jazida que, por exemplo, podem induzir, entre outros, a geração de drenagem ácida.

Paralelamente, planos de fechamento também devem ser atualizados ou modificados devido às mudanças operacionais, novas normas ou novas tecnologias e devem ser suficientemente flexíveis para enfrentar eventos inesperados. O projeto de fechamento final compreende vários planos auxiliares que podem ser modificados de acordo com sua evolução. Estes incluem, tipicamente, um plano de reabilitação, um plano de descomissionamento e um plano de monitoramento e manutenção.

Em geral, os elementos de um plano de fechamento compreendem quatro fases: introdução, plano de fechamento, estimativa de custos e apêndices técnicos. A introdução consiste em um sumário executivo; uma base para o fechamento, incluindo a história da companhia e suas operações, bem como, uma descrição dos componentes de mina e uma descrição dos recursos ambientais e sociais da área em torno da mina; os objetivos e os critérios de fechamento e o uso futuro do local. Os Plano de fechamento consistem, principalmente, de métodos de desativação das instalações e reabilitação de cada componente da mina; medidas propostas para minimizar os efeitos adversos; detalhes dos programas de manutenção ativa e passiva; e detalhes do sistema de monitoramento e manutenção em longo prazo, bem como os planos propostos para empreendê-los. A estimativa dos custos previstos de fechamento deve ser baseado nas atividades estabelecidas no plano. O apêndice técnico estabelece detalhes de toda pesquisa realizada, técnicas adotadas, métodos ou pesquisa inovadora empreendida ou proposta (RICKS, 1997; LIMA e CURI, 2002).

## **2.2 - Legislação e Considerações sobre o Fechamento de Mina: uma “Visão” Internacional**

São diversas as condições sócio-econômicas que levam ao fechamento de uma mina, a primeira delas refere-se à reserva de minério conhecida remanescente ou ao teor insuficiente para permitir um aproveitamento econômico da mina. Outra razão decorre da flutuação de preços do minério, que poderia levar ao fechamento temporário ou mesmo definitivo da mina. Uma outra condição, exemplificada por SANCHEZ (2001), faz referência a questão da saúde pública que pode reduzir o mercado de determinado bem mineral - um exemplo foi a proibição do uso do amianto pela França e União Européia, que resultou no fechamento de minas em vários países. Razões de ordem ambiental e relacionamento com as comunidades próximas a centros urbanos devem também ser mencionadas como causas de fechamento de mina. Neste caso o exemplo típico seria as pedreiras que, mesmo com reservas economicamente lavráveis, podem ter suas atividades encerradas, devido aos impactos ambientais inaceitáveis. Finalmente, o caso de reservas de bens minerais de baixo valor agregado como areia, argila e pedra britada, em que o valor imobiliário do terreno pode ser maior que a receita do bem mineral, não justificando a continuidade do aproveitamento do bem mineral.

Como exposto acima, qualquer que seja a razão que leve ao fechamento, a recuperação de áreas degradadas e o uso futuro ficam evidenciados. A recuperação da área degradada procura retornar o solo ao uso aceitável e não necessariamente ao uso que antecedeu a mineração. Por outro lado, o uso futuro proposto requer que a área apresente condições de estabilidade física, química e biológica pertinentes ao novo fim.

No Brasil temos exemplos de áreas urbanas ocupadas por mineração que hoje, após fechamento, podem ser consideradas como sucesso de uso futuro. O teatro chamado “Ópera de Arame” em Curitiba é um deles, no local funcionou uma pedreira da qual mantiveram as formas resultantes da extração de rocha. De acordo com SANCHES (2001) na região metropolitana de São Paulo foram identificadas 41 antigas áreas de mineração reabilitadas e que hoje são ocupadas por outras atividades, como o Ibirapuera e a raia olímpica para competições de remo da Universidade de São Paulo - USP.

Sob este contexto temos casos internacionais de algumas minas a céu aberto ou subterrâneo que são utilizadas para outros fins, como por exemplo, na Alemanha onde minas subterrâneas são utilizadas para disposição de resíduos radiativos e industriais, no Estado de Nova York para armazenagem de documentos, no Estado da Pensilvânia como escritórios e garagens de automóveis e outros usos como na Itália e na França para cultura de cogumelos e envelhecimento de queijos e vinhos.

Há um número crescente de velhas minas sendo transformadas em museus ou centros de interpretação histórica industrial ou de história regional, na Europa e na América do Norte, ou ainda na África do Sul, Austrália e Nova Zelândia.

Apesar disto, o legado de poluição e degradação ambiental de muitas minas abandonadas tornam difícil a sustentabilidade da atividade mineira, forçando a mineração a buscar um sistema de fechamento que atenda aos interesses econômicos da empresa e os ambientais e sócio-econômicos dos governos, comunidades e ONGs. Decisões políticas têm sido tomadas exigindo o envolvimento de governos, mineradoras, ONGs e comunidade civil organizada.

Além dos aspectos técnicos, o fechamento de mina deve incluir considerações legais, institucionais, econômicas e a participação pública. Há muito em aprender com países com sistemas de fechamento de mina já desenvolvido, como os Estados Unidos, Canadá, Japão e Austrália. Por outro lado ainda existem países que não têm uma política estabelecida de fechamento de mina, ou estão em fase inicial de desenvolvimento ou simplesmente ainda não as implementaram, como por exemplo, o Brasil. Além disso, fatores geográficos, históricos, legais e econômicos explicam as diferenças entre estas políticas, dificultando a implementação de uma política igual em todos países. Tais fatores diferem em vários aspectos, entretanto é possível observar características comuns, necessidades e idéias que possam ser trabalhadas para implementar sistemas com mesmos objetivos.

Alguns países incluindo os Estados Unidos, o Canadá, a Austrália e, recentemente, a África do Sul desenvolveram sistemas reguladores e diretrizes que exigem das

mineradoras o controle dos passivos ambientais e legais associados ao fechamento de mina (BLM, 1994; CHAMPIGNY e VAN HEERDEN, 1995; DORAN e MCINTOSH, 1995; GREEFF, 1995; MORGAN, 1995; BORAUSSA, 1996; COWAN, 1996; JONES, 1996; OVERHOLT e DOWNS, 1996; MCA, 1997; DANIELSON e NIXON, 1999; CLARK, NAITO *et al.*, 2000; ANZMEC, 2002; LIMA e CURI, 2002). Entretanto, para a maioria dos países há ainda poucas ou nenhuma lei, regulamentação, critérios e normas aplicáveis.

Na Austrália, as atividades mineiras são regulamentadas pelas Províncias e Territórios, o governo federal somente se envolve em questões de significância nacional. O sistema aplicado na maioria dos estados requer uma avaliação do impacto ambiental (AIA) e um plano de fechamento, antes do início da operação da mina. Todos as Províncias e Territórios têm políticas de fechamento, exigindo que as empresas desenvolvam planos de reabilitação específicos para o local, os quais estão sujeitos à aprovação da agência mineira pertinente. A responsabilidade de proteção ambiental durante a fase operacional da mineração fica, na maioria dos casos, com o minerador, seja ele o arrendatário ou o proprietário do solo. No oeste da Austrália a responsabilidade é dividida entre a Agência de Proteção Ambiental (EPA) e o Departamento de Minerais e Energia. Caso o projeto tenha efeito degradador no ambiente, ele é encaminhado ao EPA para avaliação. Entretanto, o Departamento de Minerais e Energia é responsável pelo controle diário da atividades de mineração, ao passo que a EPA executa auditoria e análise (LINDBECK, 1995).

Em 2000, o *Australian and New Zealand Minerals and Energy Council* (ANZMEC) publicou um conjunto de diretrizes gerais para todas as províncias e territórios, destacando seis áreas chaves para fechamento de mina: envolvimento das partes interessadas, planejamento, provisão financeira, implementação, critérios e liberação ou aprovação. Porém, este conjunto não disponibiliza informações sobre as minas abandonadas, além de não ser bem detalhado, assume que os governos e indústrias desenvolverão diretrizes e regulamentações complementares para o avanço do processo do fechamento de mina.

Nos Estados Unidos, segundo VEIGA (2000), as estruturas legais e institucionais para o gerenciamento do fechamento de mina têm evoluído significativamente nos últimos anos. O modelo americano adota um tratamento descentralizado para a regulamentação da reabilitação de áreas de mineração, com tratamento diferenciado entre a reabilitação de minas de carvão e as demais. O fechamento é regulamentado nos três níveis: federal, estadual e local. A *Bureau of Land Management* (BLM) regulamenta a mineração e o fechamento de minas em terras públicas sob sua jurisdição. Os mineradores são responsáveis pela reabilitação e pelo fechamento de suas operações, obtendo uma variedade de licenças de agências federais, locais e estaduais, como condição de aprovação de suas atividades.

A lei “*Surface Mining Control and Reclamation Act*” (SMCRA), de 1977, estabelece uma série de medidas em nível nacional para a reabilitação de minas de carvão. O governo e as indústrias reconhecem o SMCRA como uma lei de grande eficácia, entretanto existem muitos aspectos desta lei que limitam a sua aplicabilidade com sucesso em outros setores da mineração. Enquanto o SMCRA é visto como uma parte altamente efetiva da legislação, é improvável que seja usado como modelo para futuras regulamentações, devido ao fato de sua administração ser cara e devido ao repasse destes custos aos consumidores.

VEIGA (2000) relata que o cenário mais provável no futuro é da continuação das políticas existentes seguidas pelos Estados para fortalecimento da legislação sobre reabilitação de minas. Isto significa a continuação de uma miscelânea de leis de eficiência variada e grande severidade do governo com as minas que estão sendo recuperadas. Na ausência de leis padronizadas que são especificamente escritas para a recuperação, a ênfase permanecerá com a indústria mineral para desenvolver e seguir as melhores práticas de gerenciamento, se a situação existente é para ser melhorada.

No Estado da Califórnia, há um número de diferentes agências com leis e regulamentações aplicadas ao fechamento de mina. A lei de uso do solo regulamenta o uso futuro e assegura que a topografia final, a drenagem, a revegetação, etc. sejam apropriadas para suportar o uso futuro da área. A *Water Quality Control Board*, por

outro lado tem a jurisdição sobre o que é considerado “unidade estável de mina”. Estas incluem pilhas de estéril, barragens de rejeitos, entulhos antigos, etc.

A lei de qualidade das águas exige que o estéril disposto no solo deve ser controlado dentro da unidade de retenção projetada para assegurar que o mesmo não prejudique, durante a operação e após o fechamento, o uso benéfico da água no Estado. Outras agências também têm normas para o fechamento de mina, mas para estabelecer suporte para a agência de uso do solo, por exemplo, a agência de pesca e vida selvagem pode oferecer comentários e sugestões para o uso do solo e a recuperação da área pós-mina se a intenção for estabelecer o habitat selvagem. Atualmente, somente o Estado do Arizona mantém um sistema único para tratar das questões de licenciamento e reabilitação de áreas mineradas (MMSD, 2001).

Baseado no contexto acima surge a seguinte questão: É importante ter uma ou várias agências regulamentando o fechamento de mina? Existem argumentações contra e a favor e certamente, todos os aspectos do fechamento devem ser integrado dentro de um plano único. Jurisdições múltiplas aumentam a possibilidade de conflitos e disputa burocrática. O envolvimento de pessoas com habilidades multidisciplinares e um sistema menos burocrático, por outro lado, pode facilitar o andamento do processo de fechamento. Em contrapartida uma agência única pode tornar o processo mais eficiente e com certeza menos burocrático. A argumentação de ter uma agência única surge como a mais viável para regulamentar o fechamento de mina, haja vista a necessidade de agilização dos processos de fechamento.

No Canadá, o governo federal é responsável pelo fechamento e recuperação de mina no Território de Yukon, Nunavut e nos Territórios Noroeste. As atividades minerais em todo o resto do país (excluindo algumas minas de urânio) são controladas e regulamentadas pelos governos das províncias. Portanto, não existe uma lei de mineração canadense que seja comparável ao SMCRA. A postura do Canadá é similar à dos EUA em relação à competência estadual para desenvolver políticas e regulamentos que ditem como as áreas de mineração devem ser reabilitadas dentro de suas jurisdições.



Historicamente as leis são escritas de forma que as autoridades fiscalizadoras possuem um alto grau de liberdade para sua interpretação (VEIGA, 2000).

De acordo com CLAUSSEN (2001), a estrutura política federal no Canadá persiste para desenvolver e criar: a devolução de responsabilidades reguladoras federais para as regiões e territórios, o controle aborígene sobre solos e recursos, o novo planejamento do solo e os regimes de avaliação ambiental. Sob este aspecto, as políticas devem ser baseadas no rigor científico e aproximações adaptadas (quando de considerações de elementos sócio-econômicos e culturais).

De uma perspectiva política, é possível reproduzir as prioridades do governo canadense, diferenciando entre as minas novas e as existentes. Para as primeiras às prioridades quanto ao fechamento são: desenvolver padrões de descomissionamento e reabilitação que estejam em conformidade com aqueles praticados no país e em qualquer outro lugar, implementar uma avaliação ambiental cobrindo todas as opções de fechamento, processamento e reabilitação contínua; especificar termos e condições apropriados para a reabilitação e descomissionamento local, obter autorizações e procedimentos de licenciamentos e assegurar que os planos de fechamento sejam atualizados e que uma garantia financeira suficiente seja depositada antes do desenvolvimento da mina.

Para minas existentes as prioridades são: No caso do minerador tornar insolvente ou incapaz de financiar os custos de fechamento, o gerenciamento da desativação deve ser revertido para o governo; se a propriedade for revertida para o gerenciamento do estado, o governo pode conduzir a reabilitação ambiental, o descomissionamento, a avaliação de risco físico e financeiro independente do plano de fechamento original.

Tanto no Canadá como nos EUA é feito um esforço para enfrentar os problemas das áreas de mineração abandonadas (AMAs). As leis sobre propriedade superficial e mineral são complexas, tornando difícil uma solução institucional dos problemas envolvidos na reabilitação de AMAs. A identificação dos proprietários de AMAs é lenta e dispendiosa, e mesmo que os donos sejam localizados, eles podem não possuir recursos para reabilitar a área.

Outros problemas relacionados ao tema incluem a necessidade de instituição de fundos para as atividades de reabilitação em longo prazo (na falta de uma solução apropriada definitiva), na questão da responsabilidade futura imposta à terceira parte que irá reabilitar a AMA. É entendimento de muitos autores que, leis obrigando terceiros a reabilitar uma AMA, é uma situação de alto risco (MMSD, 2002).

A legislação mineral na África do Sul existe há muitos anos e periodicamente sofre revisões e emendas. A última mudança ocorreu em 1991, quando da tentativa de consolidar um número de diferentes leis para tratar dos metais, pedras preciosas e diamantes. DANIELSON e NIXON (1999), acreditam que é melhor ter uma única fonte de leis de fechamento de mina (esta poderia ser na legislação mineira ou em alguma outra legislação), onde ela poderia cobrir todos os aspectos de um fechamento de mina e ser aprovada por todas as partes pertinentes do governo.

Na África do Sul, o órgão controlador do fechamento de mina é o Ministério das Minas. Este tem recebido muitas críticas por estabelecer e regular normas sobre fechamento, o que não é adequado a um órgão que fomenta a mineração opinar sobre questões ambientais, uma vez que a questão ambiental pode ser um empecilho à implantação de um empreendimento mineiro. A regulamentação nos casos de assuntos ambientais deveria ser encaminhada por alguma outra instituição semelhante a EPA, por exemplo. Uma consideração importante para tal legislação é que todas as decisões nas exigências de fechamento devem acontecer, cooperativamente, com os governos e todos os envolvidos no processo para assegurar que haja proteção do ambiente, do solo e da água, e das questões sociais, de modo a prevenir conflitos entre os diferentes grupos de interesses.

Segundo VEIGA (2000), em termos de América Latina somente a Bolívia possui uma regulamentação específica para a gestão ambiental dos processos de fechamento de mina e reabilitação. Este instrumento possui conteúdo tipicamente técnico e fomenta a implementação de medidas para a etapa de fechamento de mina durante a fase de lavra. Para o cumprimento da lei, as empresas são obrigadas, pelo governo, a desenvolver um plano de fechamento especificando os objetivos e as medidas de controle.

No Brasil, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), é um instrumento de controle prévio dos projetos que podem causar danos ao ambiente, objetivando evitar a poluição, ou minimizá-la por meio de medidas mitigadoras (Resolução CONAMA 01/86). O resultado desta avaliação prévia é apresentado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e em sua síntese o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

A lei 97.632, de abril de 1989, estabelece que durante o processo de EIA/RIMA, a empresa de mineração deve submeter um plano de recuperação ambiental a aprovação da agência ambiental. Ela considera que a recuperação deve retornar o solo degradado a sua condição acordada no plano para o uso do solo, para alcançar a estabilidade da área. O EIA/RIMA, resumidamente, inclui também questões relacionadas com programas de monitoramento da área, o uso futuro do solo, e estabilidade física e química das áreas reabilitadas, mas não trata abertamente das questões sobre o fechamento.

Muito embora a proteção ambiental seja matéria constitucional através da lei 9605 de 1988, o Brasil apresenta apenas regulamentações sobre fechamento de mina. O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), editou a Portaria nº 237, de 18/10/2001, alterada pela Portaria nº 12, de 22/01/2002, instituindo as Normas Reguladoras de Mineração, tendo na NRM nº 20 a instrução sobre os procedimentos administrativos e operacionais em caso de fechamento de mina, suspensão e retomada de operações mineras. A norma estabelece também os diversos documentos que deve integrar o plano de fechamento. Ainda segundo esta norma o plano deve estar contemplado no Plano de Aproveitamento Econômico da Jazida (PAE), sendo que o DNPM poderá exigir sua apresentação, no caso da mina não possuir plano de fechamento, que deverá ser atualizado periodicamente, no que couber, e estar disponível na mina para fiscalização. Adicionalmente a NRM 21 trata da reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas.

Ainda conforme o código de mineração (CM) em seu artigo 58, o minerador poderá comunicar a exaustão da jazida para a substância mineral objetivada ou renunciar ao seu título minerário, não impedindo com isso o novo aproveitamento mineral da área. Portanto, caso uma outra empresa adquira direitos de uma área em fase de fechamento,

esta deverá arcar com o passivo ambiental herdado e apresentar um plano que contemple o mesmo.

### **2.3 - Impactos do Fechamento de Mina**

Hoje, os temas considerados no fechamento de mina vão além da visão mais tradicional de reabilitação local. De acordo com INTARAPRAVICH e CLARK (1995); LIMA e CURI (2002) um programa de fechamento de mina deve compreender seis áreas principais de impactos: Impacto no ambiente físico; biológico e ecológico; nos valores de uso alternativos da área; na qualidade de vida; nos valores culturais e sociais; e no desenvolvimento econômico sustentável.

Os principais impactos no ambiente físico são aqueles associados com as mudanças na paisagem (cava a céu aberto, pilhas de estéril, barragem de rejeitos, infra-estrutura física e desmatamento) e com o abastecimento de água (drenagem ácida de mina, metais pesados e materiais particulados), isto exige extenso tratamento ambiental e reabilitação para mitigar seus efeitos (EPA, 1995A; MARCUS, 1997; NMA, 1998 e LIMA, 2002). Outros impactos físicos causados pelo fechamento de mina como: segurança quando em cavas profundas, instabilidade de taludes em cava, barragens de rejeitos e pilhas de estéril, subsidência em minas subterrâneas, quedas de pessoas e animais em poços e chaminés, drenagem ácida etc. devem ser considerados e propostas medidas mitigadoras. Medidas como, por exemplo, a instalação de valetas no entorno da cava, cercas e postes de sinalização, redução do ângulo de talude, revegetação, etc. são requeridas para a recuperação do local. Portanto, um programa de fechamento de mina deve eliminar ou minimizar tais impactos, baseando-se em considerações de uso futuro do local (ROBERTSON, DEVENNY *et al.*, 1998; LIMA e CURI, 2002).

Impactos biológicos e ecológicos são talvez os mais difíceis para lidar em uma atividade mineira, pelo menos nas áreas próximas às operações. Visto que as atividades normalmente avançam ou destrói a maioria dos recursos biológicos e ecológicos (as espécies individuais da flora e fauna, os habitats e os ecossistemas e biodiversidades). A mitigação destes impactos é uma atividade que se desenvolve em longo prazo e requer:

a preservação de espécies, a recriação de habitats anteriores à mina e a não introdução de espécies diferentes da região (EPA, 1995a; MARCUS, 1997; NMA, 1998; LIMA e CURI, 2002).

O uso do solo para atividades mineiras, como também a área vizinha, impede a utilização para outras atividades econômicas – trata-se de um impacto perpetuado por longos períodos quando áreas mineiras eram abandonadas sem um fechamento apropriado. Até mesmo com o fechamento da mina, o solo reabilitado, em muitas vezes, não oferece os mesmos padrões aceitáveis existentes antes da mineração. Então, é essencial que um plano de fechamento seja empreendido para um uso alternativo planejado, sustentável e plenamente aceitável (ROBERTSON e SHAW, 1998).

Os impactos na qualidade de vida são, primeiramente, mitigados pela implementação e execução de padrões de saúde, segurança e ambientais durante a vida da mina (ILO, 1995), e pelo emprego de práticas de fechamento ambientalmente direcionadas levando ao local uma estrutura de bem-estar social que possa mitigar qualquer impacto adverso em longo prazo (WARHURST, 1999). Em regiões tradicionalmente mineiras o fechamento de mina causa impactos sociais e econômicos devido ao desemprego, perda de receita e, em muitos casos, o governo local perde um importante parceiro na garantia da infra-estrutura básica para a comunidade como centros de saúde, manutenção de estradas etc. Um programa de fechamento de mina deve enfatizar tais perdas e propor, conjuntamente com a comunidade e o poder local formas de mitigação destes impactos. Os Impactos nos valores sociais e culturais acontecem, freqüentemente, quando as operações mineiras ocorrem em áreas remotas, normalmente em regiões subdesenvolvidas, resultando em mudanças na estrutura social e no modo de vida local (McMAHON, 1998; LAHIRI-DUTT, 1999; ALBERTS e GRASMICK, 2000; DUNN, 2000; LIMA e CURI, 2002). Assim os maiores impactos ocorrem na mudança de estilo de vida, do agrário, para o urbano, nas mudanças de religião e convicções, no valor e na natureza das terras, nas visões e relações com o ecossistema e nas tradições e valores (CLARK e CLARK, 1996; DAVY, 1999; LIMA e CURI, 2002). Durante a operação da mina deve-se ter em mente a minimização de tais mudanças no comportamento e cultura da sociedade de modo que um retorno a atividades desenvolvidas antes da

abertura da mina quando do fechamento de mina não crie um impacto maior que aquele da abertura da mina.

Uma política governamental deve centralizar as ações para mitigar ou neutralizar tais impactos. A legislação e as normas devem assegurar a minimização destes impactos, desde o início do projeto. O estabelecimento do desenvolvimento e a institucionalização da comunidade e o suporte local para manter os valores tradicionais e as práticas de reabilitação apropriada permitem um retorno das atividades iniciais ou estabelecem estilos de vida alternativa aceitáveis (WARHURST, 1999).

#### **2.4 - Estruturação de um Plano de Fechamento de Mina**

O Plano de fechamento envolve o planejamento de todas as áreas da mina, identificando o processo ideal, considerando questões relacionadas ao envolvimento e a consulta de todas as partes interessadas, a provisão e a garantia financeira, os critérios de fechamento e a liberação legal e técnica das responsabilidades da empresa, ao fim de um programa de fechamento de mina (ANZMEC, 2002).

Na discussão da estruturação de um plano de fechamento de mina e reabilitação KNOL (1999) e SASSOON (2000) identificam três fases principais: a fase de planejamento em que o plano de reabilitação e o sistema de controle ambiental devem ser estabelecidos e integrados na mina, o quanto antes possível, e serem regularmente atualizado durante a vida operacional do projeto. A fase de manutenção ativa, na qual o programa inicia imediatamente após a finalização das atividades em uma área específica, por exemplo, o fechamento de pilhas de estéril, ou após paralisação total da mineração. A fase de manutenção passiva que materializa o período de amostragem, monitoramento e manutenção o qual é projetado para demonstrar que o programa de manutenção ativa foi bem sucedido e a fase de “abandono” foi alcançada. Não há nenhum limite claro entre as fases e é, freqüentemente, difícil de distinguí-las. A duração de cada uma delas também não pode ser claramente definida, por ser uma questão específica local, por exemplo, a fase de manutenção ativa pode prolongar-se durante vários anos ou décadas

quando da existência de drenagem ácida e opção por um tratamento ativo (mitigação com material alcalino pra neutralização da mesma).

O planejamento de uma mina é determinado por um número de fatores diferentes que pode influenciar o próprio processo de fechamento. Devendo, portanto começar durante o estudo de viabilidade econômica do empreendimento. Quando estes projetos avançam à fase de desenvolvimento, a reabilitação inicial e os planos de fechamento devem ser ajustados de acordo com as estimativas para obtenção das licenças mineiras.

Com o desenvolvimento da mina, aumentam a quantidade de informações básicas para o planejamento e as estimativas (ANZMEC, 2002 e EPA, 2002). Com isso revisões contínuas dos objetivos de fechamento e dos projetos são necessárias devido às mudanças nas condições físicas ou sócio-econômicas locais. A demora nas ações do planejamento pode afetar o alcance dos objetivos. Ao mesmo tempo, a falta de atualização de um plano de fechamento de mina pode resultar em sérias conseqüências econômicas e ambientais (MUDDER e HARVEY, 1998; BARNES, HAWTHORNE *et al.*, 1999; LIMA e CURI, 2002).

O plano de fechamento é definido a partir do resumo e análise dos dados da mina, pesquisas sobre o histórico da empresa, informações das redes de drenagem, monitoramento, análise hidrológico, hidrográfico, topográfico, geologia local e regional, dados climáticos, estabilidade dos taludes e dados geoquímicos.

Os procedimentos a serem adotados e as expectativas das agências ambientais devem ser avaliados de forma a consolidar o termo de referência do plano de fechamento. Assim, são definidas as questões a serem resolvidas e um plano de ação para obtenção de outras informações necessárias. Por outro lado, deve se fazer um diagnóstico ambiental consolidado de toda área, além de uma pesquisa à comunidade e a todos os envolvidos no processo, visando caracterizar a visão da população sobre a empresa e as expectativas sobre o uso futuro. Alguns levantamentos serão realizados para a definição das condições da área como: o levantamento do potencial de contaminação, dados sócio econômicos, riscos ambientais e informações complementares. O plano de fechamento

deve incluir o projeto conceitual de recuperação de áreas degradadas e o programa de monitoramento, além de uma estimativa de custo.

## **2.5 - O Envolvimento das partes interessadas no Fechamento de Mina**

O envolvimento público em um processo de gerenciamento e tomada de decisão é um fator importante, pois aumenta a legitimidade da indústria, no desenvolvimento da política de confiança e melhora a capacidade e habilidade destas em administrar seus negócios de uma maneira ambientalmente responsável. Deste modo, também melhora a qualidade das decisões que são tomadas quanto ao controle ambiental (EPA, 1995b; ANDERSON, 1998; HANNAN, 1998; McMAHON, 1998; McMAHON e STRONGMAN, 1999; ALBERTS e GRASMICK, 2000; LIMA e CURI, 2002).

Para a indústria da mineração, a consulta com a comunidade tem sido considerada uma parte importante das operações mineiras. Refletindo o resultado da preocupação pública e o encorajamento dos governos que, em alguns casos, exige das mineradoras discutir com a comunidade os planos e ações ambientais de suas atividades. Ainda longe de ser universal, o processo de consulta está movendo em direção a aproximação do “berço ao túmulo” (da exploração ao fechamento) (WMI, 1994). As ações mais efetivas para o controle ambiental podem ser desenvolvidas, aumentando a confiança entre o público e a indústria, quando a comunidade e as outras partes interessadas estão bem informadas e participam do processo de fechamento (ANDERSON, ORAVA *et al.*, 1999; LAHIRI-DUTT, 1999; ALBERTS e GRASMICK, 2000).

No programa de fechamento de mina, o processo de envolvimento inclui a identificação dos grupos diretamente afetados, entrevistas iniciais e uma estratégia de comunicação objetiva. A identificação dos principais envolvidos e o desenvolvimento de uma boa relação entre eles são fundamentais para o sucesso do processo. Os grupos afetados pelo fechamento de mina incluem a empresa, o governo, os credores e seguradoras e a comunidade local. Para que haja evolução de todas as fases da mineração de forma benéfica para todos, é necessário levar em consideração todos os envolvidos no processo de tal forma que as visões, os interesses e as obrigações encontradas para cada



um deles possam ser considerados no processo de consulta e envolvimento (OSTENSOON, 2000).

O processo de entrevistas com a comunidade deve começar na fase inicial da mina, preferivelmente, durante a fase de planejamento, e deverá continuar na fase de fechamento e liberação (EPPS e BRETT, 2000). As entrevistas não devem ser em base seletiva, mas sim envolver todas as partes com interesse no projeto e no uso futuro do local. A entrevista é um processo utilizado especialmente para ouvir as necessidades das pessoas, os seus medos e sentimentos sobre as ameaças e as oportunidades; sobre suas percepções e realidade (KELLY, 1995); sobre as negociações de princípios e resultados satisfatórios para todos; sobre as questões sociais, econômicas e ambientais na vida das pessoas. Acima de tudo, é a preservação da confiança e do senso de bem-estar para todos os envolvidos (EPA, 1995d). Outras partes, como organizações não governamentais, podem ter interesse no projeto e devem ser incluídas no processo de entrevista.

Portanto, uma estratégia de comunicação deve refletir as necessidades dos grupos envolvidos e das partes interessadas, sendo efetiva de tal forma que as informações de fechamento sejam distribuídas a todos os envolvidos estabelecendo-as de maneira coordenada e oportuna, que quando um questionamento for solicitado, um tempo adequado poderá ser estabelecido para a resposta (WMI, 1994). Isto é, particularmente, importante quando uma infra-estrutura está sendo retida para uso da comunidade e onde o uso futuro envolve a contribuição da comunidade, ou onde este é diferente do uso pré mineração (ALBERTS e GRASMICK, 2000 E LIMA, 2002). As relações efetivas da comunidade demandam que a corporação, seu pessoal e subcontratados, tenham uma capacidade de estabelecer uma adequada ponte cultural com grupos que eles freqüentemente separam de suas comunidades locais (DUNN, 2000).

## **2.6 - Aspectos do Planejamento, Implementação e Gerenciamento de um Plano de Fechamento de Mina.**

Segundo (KNOL, 1999), o fechamento de mina pode ser iniciado em diferentes cenários, incluindo: o fechamento planejado, o súbito e o temporário, a manutenção e o monitoramento. O fechamento planejado envolve a preparação inicial de um plano conceitual do qual é desenvolvido um plano de fechamento final. Portanto, o plano de fechamento final é baseado no nível de informações ambientais e sócio-econômicas, como também no planejamento da mina e detalhes de desenvolvimento. Com os avanços do projeto, o plano de fechamento deve ser atualizado regularmente e refinado para refletir as mudanças no desenvolvimento da mina, no planejamento operacional e nas condições ambientais (KNOL, 1999).

No caso de fechamento súbito ou não planejado, um processo de fechamento acelerado deverá ser implementado. Isto envolve a preparação e implementação imediata de um plano de descomissionamento. Este deve ser baseado no plano de fechamento conceitual preexistente, levando-se em conta o estado não-operacional do local. Um problema neste cenário poderá ser a indisponibilidade monetária, devido a provisão inadequada, ou, no caso extremo, ausência desta (KNOL, 1999).

As circunstâncias econômicas e operacionais podem, por exemplo, resultar em uma pausa temporária na lavra ou nas atividades de beneficiamento, etc. Uma paralisação temporária desta natureza normalmente é planejada e assume-se que a operação reiniciará. O processo de manutenção ativa envolve a preparação imediata e implementação de um plano de descomissionamento, levando em consideração o potencial para operações futuras no local. A remediação e os trabalhos para prevenir uma contaminação potencial fora da mina devem ser implementados como se fosse um cenário de fechamento final. Um fechamento temporário deve sempre gerar uma revisão do plano de fechamento final, que será implementado se circunstâncias permanecerem adversas à reabertura da operação (KNOL, 1999).

O fechamento de uma mina exige habilidade, experiência operacional e motivação para conduzir uma operação segura, a custo real e dentro do orçamento. Um programa de fechamento bem planejado consiste em duas fases seqüenciais distintas: o planejamento e a implementação. De acordo com LIMA e CURI (2002), a perfeita coordenação destas fases resultará num fechamento de mina sistemático, seguro e economicamente viável. No planejamento e implementação do plano de fechamento deve-se levar em consideração a responsabilidade para implementação do plano, os recursos necessários para assegurar a conformidade com o plano e as exigências da supervisão e monitoramento contínuo depois do fechamento das operações. O plano também deve incluir o gerenciamento das questões sociais bem como as questões ambientais.

O gerenciamento do fechamento de mina deve assegurar a transparência na contabilidade e recursos adequados para a implementação do plano de fechamento. Além disso, uma boa equipe para o gerenciamento do projeto deve ser formada, estabelecendo-se os papéis e as responsabilidades de cada membro (DAHLSTRAND, 1995; WERNIUK, 2001; LIMA e CURI, 2002).

Outra questão importante é a provisão financeira que deve ser prevista para assegurar fundos adequados para atingir os compromissos de fechamento. Se as estimativas forem inadequadas, recursos devem ser providos de outras fontes e isto nem sempre é possível.

As exigências de monitoramento e gerenciamento contínuo após o fechamento devem ser avaliadas e adequadamente estabelecidas. Um uso futuro auto-sustentável deve ser o principal objetivo de todo o programa de fechamento. Porém, alguns cenários de fechamento (como o tratamento de drenagem ácida de mina) podem requerer um programa de manutenção ativa e monitoramento em longo prazo da área (SCALES, 1991; WERNIUK, 2001). Exigências de monitoramento e gerenciamento, neste caso, precisam ser avaliadas e os recursos adequados estabelecidos. Além disso, um plano de fechamento deve incluir um esquema de ação, responsabilidade, recursos, prazos e diretrizes para medir o progresso e implementar qualquer mudança necessária ao mesmo. Os recursos para a sua implementação devem ser claramente identificados e refletir o status da operação do projeto mineiro.

A preparação de um plano de fechamento na fase de desenvolvimento de uma mina foi definido pelas diretrizes da província de Ontário, no Canadá, como “planejando o fechamento” (DORAN e MCINTOSH, 1995). O conceito de planejamento para fechamento de mina, do ponto de vista da indústria, deve combinar separadamente dois objetivos. Primeiro, os componentes da mina a serem fechados devem ter os critérios de fechamento previamente definidos. Segundo, o processo de fechamento deve acontecer em ordem e dentro de um custo viável. Portanto, é necessário assegurar que a reabilitação e as medidas de fechamento sejam efetivas em longo prazo (ANZMEC, 2002).

Fundado nestes objetivos, uma visão em longo prazo é necessária para identificar os processos ou forças que irão agir nas estruturas da mina que permanecerão após o fechamento. O projeto e a implementação de um plano de fechamento deve minimizar ou eliminar os riscos em longo prazo de falhas destas estruturas. Onde tais problemas são inevitáveis, o plano deve identificar e estabelecer a manutenção necessária em longo prazo. Depois do fechamento, quando praticável, não deve haver intervenção ou atividades operacionais diferentes das inspeções periódicas e manutenção mínima.

O planejamento para fechamento de mina deve focalizar as seguintes questões (WARHURST, 1999):

- Quais são os tipos de problemas ambientais e sociais que podem continuar ou podem surgir ao término da vida de uma mina?
- Como estes impactos podem ser mitigados ou evitados?
- Quando estes problemas devem ser considerados efetivos de uma perspectiva ambiental, social e econômica?
- Quem deve ser envolvido no processo?

Teoricamente, o fechamento de mina para ter êxito não deve ser o “fim da vida de um projeto mineiro”, mas sim parte integrante da “vida de um projeto” (ANZMEC, 2002). O planejamento do fechamento deve iniciar com os trabalhos de abertura da mina e continuar como parte integrante do processo de planejamento durante a vida da mina (WARHURST, 1999 e ANZMEC, 2002).

Muitos autores defendem que o planejamento para fechamento de mina deve iniciar-se na fase de estudo de viabilidade do empreendimento (CHAMPIGNY e VAN HEERDEN, 1995; LEINER, HAMMERSCHMID *et al.*, 1995; BORAUSSA, 1996; SASSOON, 1996; CLARK, 1999; COWAN, 1999; DANIELSON e NIXON, 1999; LIMA e WATHERN, 1999; CLARK, NAITO *et al.*, 2000; ANZMEC, 2002). Em muitos casos, as decisões tomadas durante a fase inicial podem afetar as opções disponíveis para o eventual fechamento da mina. Estas opções devem ser avaliadas durante o processo de avaliação de impacto ambiental, as quais nem sempre são integradas no planejamento de mina atual. Se este planejamento inicial ocorre, então as atividades subsequentes para fechamento devem focalizar na revisão e no refinamento dos conceitos e propostas em intervalos regulares (flexibilidade é a palavra chave). Entretanto, mudanças operacionais normalmente são feitas durante a vida de uma mina. Assim, é essencial que o plano de fechamento seja revisto levando em conta tais mudanças.

Pelo menos dois tipos de plano de fechamento são necessários ao longo da vida de uma mina: um Plano de Fechamento Conceitual (para uso durante a fase de viabilidade, desenvolvimento e projeto detalhado) e um Plano de Fechamento Final ou Principal para uso durante o desenvolvimento da operação e pós-operação.

O plano de fechamento conceitual forma um compromisso de intenção e metas para assegurar a mitigação ambiental pela definição das tarefas necessárias à reabilitação e ao descomissionamento que envolvem o fechamento de mina. O Plano de fechamento conceitual, em geral, é requerido no processo de licenciamento, devendo demonstrar e assegurar que o fechamento da mina é técnica, econômica e socialmente possível sem incorrer em passivos em longo prazo (ANDERSON, 1995; BRODIE, 1998). Ele também deve incluir objetivos de uso futuro (ROBERTSON, DEVENNY *et al.*, 1998) bem como os custos de fechamento.

O plano de fechamento principal inclui vários planos acessórios com esboços de planejamentos detalhados e especificações de construção. Estes incluem tipicamente: um plano de reabilitação, um plano de descomissionamento e manutenção e um plano

de monitoramento (DORAN e MCINTOSH, 1995; KNOL, 1999; ANZMEC, 2002; LIMA e CURI, 2002). Além disso, os planos de fechamento devem incluir medidas eventuais para suspensão temporária das operações, enquanto não envolve o descomissionamento e o fechamento. Deste modo, um plano de fechamento é visto como um documento dinâmico que será refinado ao longo da fase operacional do projeto.

Um componente fundamental do plano de fechamento é a reabilitação progressiva que em conjunto com um intenso programa de pesquisa experimental e monitoramento, pode ajudar a minimizar a degradação ambiental e reduzir os custos finais de fechamento. O programa de pesquisa experimental e monitoramento podem ser confirmados ou modificados pelos critérios de fechamento, devendo demonstrar que são passíveis de ser atingido. A reabilitação progressiva permite melhor uso de pessoal e equipamentos disponíveis e contribui para a redução do montante da garantia financeira requerida (ONTARIO, 1995; EPA, 1995b; COWAN, 1999; SASSOON, 2000).

O plano de descomissionamento deve ser desenvolvido para as fases finais de uma operação. Como a data exata para a finalização das atividades de lavra é raramente conhecida, é sugerido que o plano de descomissionamento seja desenvolvido de 2 a 4 anos antes do final estimado (FARREL, 1993; EPA, 2002; LIMA e CURI, 2002). Uma vez estabelecido, deve ser atualizado anualmente. Assim, o plano deve incluir detalhes da demolição e remoção das fundações ou aterro de estruturas não exigidas para outros usos; a remoção, remediação ou encapsulamento de materiais contaminados; os procedimentos para dispô-los de forma segura e o fechamento de aberturas para trabalhos subterrâneos, poços de pesquisa e de drenagem (QUILTY, WALTA *et al.*, 1991; FARREL, 1993; BRADBURN e PERKINS, 1995; ASHER e BELL, 1998; HORDLEY, 1998; EPA, 2002).

O último componente do plano de fechamento é o programa de manutenção e monitoramento. Estes devem ser elaborados para demonstrar que os critérios de fechamento foram atingidos. Um plano de ação remediador é necessário quando o monitoramento demonstra que os critérios de fechamento são improváveis de serem

atingidos. Se a reabilitação progressiva for bem sucedida, atingindo os critérios de fechamento, esta última fase de fechamento pode ser encurtada. Porém, dependendo dos critérios a serem atingidos é improvável que o prazo de duração seja inferior a 5 anos (EPA, 1995B e JARVIS, 1998).

## **2.7 - Critérios e Indicadores para o Fechamento de Mina.**

Uma questão fundamental durante o planejamento para fechamento é o completo conhecimento dos critérios de fechamento. De acordo com a OECD (1998), estes são indicadores de desempenho que procuram medir a distância das condições ambientais para uma meta estabelecida. São padrões acordados de desempenho que demonstram a eficácia do programa de fechamento de uma mina. Portanto, é essencial que o uso futuro seja claramente identificado, bem como as condições sócio-ecológicas que definem estes objetivos sejam adequadamente descritas. Além disso, como as condições de uso final podem levar décadas para serem alcançadas, é imperativo que os critérios de fechamento reflitam mais a estrutura e as tendências do projeto de fechamento, do que o estado final projetado. Tais critérios estabelecem as ações exigidas para atingir os objetivos do fechamento, como também, o monitoramento pós-fechamento e a manutenção necessária para indicar o sucesso do programa. Desta forma os mesmos precisam ser estabelecidos para garantir que as minas atinjam a sustentabilidade ambiental em uma base igual e a um custo viável para a indústria e o governo (no caso de falência da mineradora), assegurando a proteção do ambiente em longo prazo (WMI, 1994).

Critérios de fechamento precisam ser específicos para o local que está sendo desativado de forma que reflita um conjunto único de circunstâncias ambientais, sociais e econômicas do local (HOLLANDS, 1993; WAGGITT e MCQUADE, 1994; JARVIS, 1998 e DANIELSON e NIXON, 1999). Portanto, eles são a base pela qual a eficácia da reabilitação é determinada e devem ser desenvolvidos em consulta com as partes interessadas.

Por outro lado, critérios de fechamento devem ser flexíveis o bastante para adaptarem-se às mudanças circunstanciais sem comprometer os objetivos finais acordados. Para isto, deve haver um processo definido para as revisões e modificações periódicas destes, levando em conta avanços dos conhecimentos ou as referidas mudanças. Critérios de fechamento devem ser acordados e estabelecidos com todas as partes interessadas e, onde possível, ser quantitativo e capaz de verificação objetiva.

Portanto, a legislação neste assunto não deve ser ordenada de forma explícita, mas sim baseada em acordos objetivos, claramente entendidos e aceitáveis pela indústria de mineração como um padrão mínimo, e que melhores práticas devem sempre excedê-los quando possível (JARVIS, 1998).

Visto que o uso futuro definido pode levar anos ou até mesmo décadas para ser alcançado, um conjunto de indicadores de desempenho específico deve ser desenvolvido para medir o sucesso de um programa de fechamento. Estes podem ser estabelecidos em nível nacional ou regional como uma base para o desenvolvimento de padrões Local-específicos mais detalhados. Corretamente escolhidos, os indicadores ambientais devem demonstrar que os processos ecológicos conduzem a reabilitação bem sucedida na direção certa, capacitando a intervenção, caso as tendências não sejam positivas.

De acordo com ROBERTSON (2002), as mudanças rápidas que estão ocorrendo mundialmente com o aumento do número de indicadores (para a qualidade do ar, da água, da paisagem, o uso de solo, a revegetação, a restauração de ecossistema, os impactos sócio-econômicos e culturais) e a aplicação de padrões ambientais mais restritivos para os projetos mineiros, resultam numa grande incerteza quanto a aceitabilidade de muitos critérios, particularmente, aqueles envolvendo manutenção ativa contínua e riscos de impactos ambientais. Assim, a definição dos indicadores apropriados e avaliação dos critérios devem ser feitas durante elaboração do plano de fechamento, de tal maneira a constituir a base para o processo de tomada de decisão. Neste, há um número de questões importantes que podem determinar a conclusão do processo. Estas são relacionadas freqüentemente:



- A qualidade das águas (superficiais e subterrâneas) e os impactos no ambiente receptor;
- A estabilidade em longo prazo e a erosão de estruturas que permanecerão no local;
- Ao uso do solo e a paisagem pós-fechamento;
- Aos impactos sociais e econômicos relacionados à redução da receita na região e a carga potencial em longo prazo fixadas nas gerações futuras relacionadas a manutenção pós-mineração; e;
- As conseqüências econômicas para as companhias mineiras e os grupos envolvidos financiadores dos custos de fechamento.

Portanto, a escolha de critérios mínimos pode resultar na rejeição de um plano de fechamento ou na imposição de exigências de fechamento adicionais. Ao passo que, a seleção de critérios máximos ou mais rigorosos pode resultar em custos de fechamento, não economicamente viáveis, ou em custos adicionais. A seleção de critérios é então um equilíbrio entre os custos e os benefícios de reduzir as exigências para a manutenção ativa e o risco futuro para o ambiente. Desta forma, critérios mínimos devem considerados aqueles que apenas atingem os “padrões” regulamentados de proteção ao ambiente, a saúde e a segurança.

Durante as fases de planejamento e desenvolvimento, é muito difícil, se não impossível, prever com um grau de confiança exigido, os impactos precisos no ambiente e a capacidade resultante para satisfazer os objetivos ou os padrões de fechamento. É provável que os critérios regulamentadores possam mudar com o passar do tempo (mudanças de metas). Ao serem escolhidos com o propósito de fechamento durante a fase inicial das operações estes podem não ser aplicáveis no momento da desativação. Portanto, não é necessariamente apropriado durante o planejamento de mina, desenvolvimento ou operações iniciais selecionar critérios de fechamento quantitativos que podem ou não ser válidos no momento do fechamento da mina.

Assim, no início da vida da mina, é mais apropriado discutir os objetivos do fechamento, ou os indicadores para tais questões como a qualidade da água, a estabilidade e a erosão, o uso do solo, a revegetação, etc de forma qualitativa e

atualizando-os até execução do projeto final. Portanto, critérios quantitativos são mais realísticos para avaliação em longo prazo. Por outro lado, os semiquantitativos ou qualitativos devem ser usados como indicadores de benefícios.

A adoção de uma estratégia proativa com critérios qualitativos é indicada no início do projeto mineiro. Com isso o empreendedor define os objetivos iniciais de fechamento e os critérios a serem seguidos através do plano de fechamento conceitual.

## **2.8 - Monitoramento e Manutenção**

O monitoramento é o processo de verificar, supervisionar, observar criticamente, ou registrar o melhoramento gradual de uma atividade, ação ou sistema em bases regulares para identificar mudanças prováveis no processo. Em síntese, o monitoramento para fins de fechamento avalia a eficiência das medidas operacionais, de reabilitação e desativação de mina.

Planos de monitoramento são elaborados e implementados para a coleta de dados de qualidade da água, do ar e da liberação de poluentes das fontes principais, etc. Desta forma, os elementos do plano, normalmente, incluem o método de coleta e o manejo das amostras (especificando a localização, a frequência, os tipos, e a quantidade de amostras e os equipamentos amostrados), forma de análise e tratamento dos dados e divulgação dos resultados em forma de relatório. Portanto, o objetivo é coletar e analisar amostras ambientais representativas para produzir dados para o uso no sistema de controle ambiental (WORLD BANK, 1996).

O monitoramento deve demonstrar que os critérios de fechamento foram alcançados e que o local é seguro, estável e que os objetivos de uso futuro do solo definidos durante o processo de planejamento foram atingidos. Assim, é de suma importância o desenvolvimento de mecanismos de suporte para a fase de manutenção e monitoramento, quando o apoio operacional já não é mais possível. Todas as situações de fechamento são únicas e embora as experiências passadas e bons planejamentos possam minimizar os riscos de falha, novas atividades de remediação e/ou correção, normalmente, serão necessárias (EPA, 1995d e ANZMEC, 2002).

Em vista disto, o monitoramento deve ser conduzido em uma freqüência amplamente definida até que o certificado de fechamento seja liberado. Portanto, é muito importante que os relatórios das atividades físicas da mina sejam mantidos para posterior consulta. Por outro lado o monitoramento e a manutenção devem ser visto como atividades complementares, sendo combinadas de tempo em tempo.

De acordo com o manual da UNEP (1998) um programa de monitoramento deve incluir os seguintes itens:

- Propostas e objetivos do programa de monitoramento;
- Tipos e métodos de monitoramento a serem conduzidos;
- Locais de monitoramento;
- Equipamentos e as instrumentações exigidas;
- Freqüência de monitoramento e a duração esperada do programa;
- Procedimentos de controle e garantia de qualidade;
- Métodos para serem usados para inspecionar, relatórios e dados de avaliação;
- Parâmetros a serem medidos;
- Limites de descoberta analítica das técnicas;
- Procedimentos para verificação do cumprimento das condições esperadas como originalmente planejadas no plano de reabilitação.

Para alcançar um programa de monitoramento eficiente, deve-se desenvolver um programa de inspeção visual, levantamentos e/ou amostragens e instrumentação ou ambos. Inspeções visuais são observações qualitativas, podendo algumas vezes também ser quantitativa como leituras de medidas ou padrões em equipamentos. Normalmente consistem de anotações, fotografias, podendo ainda ser utilizada fotografia aérea. Por outro lado, os levantamentos e amostragens envolvem medidas de um número suficientes de pontos para estabelecer a distribuição de parâmetros, tais como o levantamento topográfico, ou o levantamento da qualidade da água. Mas ainda pode incluir todos os tipos de medidas físicas como medidas de fluxos, deformações de pilhas instáveis ou taludes. Por último a instrumentação que por sua vez pode incluir a instalação de equipamentos para uma leitura periódica ou instrumentação por controle remoto, para a coleta de dados intermitentes ou contínuos. Geralmente é aplicada para

estruturas como barragens de rejeitos, pilhas de estéreis, incluindo a aplicação de medidores como inclinômetros e piezômetros.

Estações de monitoramento devem ser estabelecidas no local ou próximo da área ambiental afetada pelo desenvolvimento e/ou programa de reabilitação, bem como nos pontos onde as operações mineiras estão em risco. Estas estações individuais podem ser de um ou vários tipos de estruturas. Desta forma, projetos ou operações complexas em áreas sensíveis exigirão muitos pontos de monitoramento.

Portanto, a estabilidade física durante a operação e após o fechamento deve ser monitorada continuamente para cada estrutura, de modo que nas estações à jusante sejam medidas as liberações de sedimentos. Muitos dos desastres em operações mineiras ou em minas abandonadas estão relacionados a pilhas de estéreis e barragens de rejeitos. Assim, o monitoramento destes componentes torna-se parte integral de uma estratégia definida com base na avaliação visual, levantamentos e instrumentação (prismas, extensômetros, inclinômetros, etc).

Por outro lado, a estabilidade química deve ser instituída à montante do local, dentro e fora (áreas adjacentes) do mesmo e à jusante de cada componente. Ambos, os fluxos de água superficial e subterrâneo devem ser medidos. Normalmente, o monitoramento da estabilidade química envolve a coleta e tratamento de amostras de água superficial e subterrânea e a quantificação em cada estação de monitoramento. Em alguns locais com potencial de geração ácida pode ser exigido a medição de gás como no monitoramento de oxigênio sob barragens, ou medidas de temperatura em pilhas de estéril e barragens que pode indicar a atividade química. Portanto, todas as áreas utilizadas para atividades mineira, incluindo as áreas à jusante que são mais prováveis de serem afetadas devem ser incluídas no programa de monitoramento.

O Manual da UNEP (1998) exemplifica uma área em que é colocada uma envoltória de monitoramento. Nesta são mostrados os pontos de monitoramento a montante e a jusante. A partir destes são analisados a carga de contaminantes a jusante e os pontos fora da área de influência da mina a montante. As estações de monitoramento no ponto

mais alto do manancial estabelecem os dados de referência na qualidade e quantidade de água que entra na área. As estações de monitoramento à jusante são localizadas onde os objetivos da qualidade são para serem atingidos. O manual mostra ainda que é uma boa prática dividir o local em vários sublocais, de forma a facilitar a localização das fontes de contaminação. A Figura 1 a seguir mostra as estações e pontos de monitoramento.



## 2.9 - Avaliação de Riscos

A avaliação de risco é um processo global de identificar e estimar a magnitude do risco para um determinado grupo (sociedade, ambiente etc.) e decidir se o risco é ou não aceitável. Ela envolve a identificação, a estimativa, apreciação e o julgamento de sua aceitabilidade e o controle do risco. Portanto, ela é uma ferramenta importante no planejamento para fechamento de mina. Compreende uma faixa ampla de questões e aproximações, que incluem atividades para prevenir ou mitigar o dano ou a perda.

A avaliação de risco deve tratar daquilo que pode dar errado e da probabilidade de ocorrência. E ainda, em caso de ocorrência de erro, quais serão as conseqüências e, obviamente, as medidas contingenciais que serão adotadas. Com isso surgem duas vantagens principais da aplicação deste processo para avaliar as situações de fechamento de mina: a seleção de opções práticas e a remediação a custo economicamente exeqüíveis para a indústria.

Portanto, a avaliação de risco para fechamento de mina pode ser aplicada em estudos que envolvem metais, risco ambiental no ambiente aquático (KINGERY ALLEN *et al.* 1992), riscos associados com a inundação de uma mina para controle da drenagem ácida (MAVIS e COON 1992), a classificação de locais para disposição de estéreis perigosos (JOHNSON COTHERN *et al.*, 1992) e a avaliação de riscos potenciais à saúde humana (STROHM e MARKEY, 1992).

Uma boa abordagem baseada na avaliação de risco para o planejamento de um fechamento de mina certamente reduzirá os custos e a incerteza. Assim, as tendências atuais em planejamento de fechamento envolvem uma revisão técnica, análise de risco e custo-benefício em engenharia (BELSKY, 1992; ASTILL, 1994; FARREL, 1994 e SWART PULLES *et al.* 1998). Logo, as vantagens de uma abordagem baseada em risco para fechamento direciona na quantificação de fatores subjetivos e na análise de incerteza relacionado ao desempenho do projeto e custos (MORREY, 1999; MORREY, 1999a).

Riscos freqüentemente considerados no fechamento de mina são relacionados a falhas do projeto e passivos em longo prazo. Outras incertezas associadas com fechamento de mina estão relacionadas à tecnologia, aos projetos e aos desempenhos; aos padrões reguladores e aos limites de aceitação do órgão fiscalizador, bem como as preferências corporativas (MORREY e VAN ZIL, 1994).

## **2.10 - Considerações Econômicas**

Os custos de fechamento devem, quando possível, refletir os custos reais de uma operação de fechamento. Eles incluem custos com demolição; remoção de infraestrutura; remediação; fechamento de aberturas subterrâneas; segurança e proteção; reconstrução da paisagem; manutenção e monitoramento; custos de recolocação e treinamento de pessoal; custos de perturbações sociais; administração e gerenciamento. Por outro lado, a manutenção de garantias financeiras adequadas ao fechamento de mina é outro item de custo para a indústria, uma vez que as mesmas implicam em congelamento de uma soma em dinheiro em algum instrumento de caução.

Devido ao rigor, cada vez maior, das exigências ambientais, os custos de fechamento têm uma tendência de aumentar durante a fase de produção, bem como na fase de desativação. Com isso, os componentes mais caros estão relacionados a reabilitação física, às exigências de manutenção em longo prazo e redução dos passivos após o fechamento (MORREY e VAN ZIL, 1994; MORREY VAN ZIL *et al.* 1995 e MORREY, 1999). Portanto, os custos de fechamento podem ser reduzidos significativamente, se ocorrer reabilitação simultânea bem como o fechamento dos componentes parciais da mina durante a vida operacional da mesma.

Os custos de fechamento são divididos em duas partes. Uma inclui despesas com pagamento de mão de obra e custos adicionais (como exemplo, fundos de aposentadoria ou pensões, treinamento e relocação de pessoal). A outra, os custos de projeto, implementação, operação e gerenciamento que incluem reabilitação, monitoramento e manutenção em longo prazo, desativação de prédios e estruturas (MMSD, 2001). Portanto são específicos para cada mina e são baseados em um projeto de fechamento



que utiliza exigências específicas locais. Estes custos podem variar muito, considerando o grau de perturbação, a localização da mina (se a área é remota ou povoada), o tipo de minério, o método de lavra (se subterrâneo ou a céu aberto), as exigências de licenciamento e assim por diante.

LIMA (2002) apresenta vários exemplos de custos de fechamento de mina. Alguns destes exemplos serão mostrados a seguir, evidenciando a complexidade e dificuldades encontradas em estimativas realizadas.

A mina Equity Silver em British Columbia, Canadá, encerrou as operações em 1994. O custo para operacionalizar o sistema de tratamento da drenagem ácida de mina (DAM) foi estimado em 1,1 milhões de dólares por ano e a garantia financeira requerida pelo governo da província foi de 25 milhões para o tratamento em longo prazo. De acordo com AZIZ e FERGUSON (2002), as despesas ambientais totais desde a descoberta da DAM ultrapassaram 20 milhões de dólares.

A mina de Sullivan em Kimberley, província de British Colúmbia, Canadá, fechada em 2001 estimou os custos de fechamento em 70 milhões de dólares. O custo das operações em longo prazo pós-fechamento, devido a DAM foi estimado em 1,28 milhões de dólares anualmente. Mais ainda, os fundos para suportar estes custos por um período de 100 anos foram estimados entre 10 e 20 milhões de dólares (WERNIUK, 2001).

Na mina Polaris (uma mina subterrânea de zinco-chumbo na pequena ilha de Cornwallis, Canadá), projetada para fechar em 2002, o custo de fechamento foi estimado em 10 milhões de dólares, um valor significativo quando comparado com os 250 milhões de dólares de custo de capital (WERNIUK, 2001).

Na mina de Elliot Lake, em Ontário, fechada em 1996, o custo total de fechamento em 10 anos de trabalhos alcançou o valor de 100 milhões de dólares canadenses (PAYNE, 2000).

Para a mina de Águas Claras da MBR, em Minas Gerais, fechada em 2002, o custo estimado de fechamento está em 14 milhões de dólares. Na mina de Urânio Wismut, na Alemanha, o custo de fechamento foi estimado em 9 bilhões de dólares para ser gasto nos 10 a 15 anos de implementação do programa (E&Mj, 1988).

A mina de ouro de Summitville-Colorado, inicialmente aberta em 1870 e fechada por falência em 1992, teve um custo de fechamento, estimado pelos proprietários, de 28 milhões de dólares. Com a falência da companhia e abandono da mina, o governo federal assumiu o fechamento e estimou-o em 100 milhões de dólares, hoje os gastos governamentais com o fechamento da mina e eliminação dos passivos ultrapassam os 200 milhões de dólares (ROBINSON, 2002).

A avaliação de um projeto é baseada no Valor Presente Líquido (VPL). Em geral, estes custos depois da vida de um projeto (tipicamente depois de 20 anos) não afetarão o valor Presente Líquido e, portanto, a decisão de investimento. Desta forma, uma companhia mineira pode então submeter os altos custos de fechamento sem afetar a decisão de investimento. Porém, o fluxo de caixa exigido para implementar o plano de fechamento pode ser tão alto que poderá afetar a viabilidade da companhia naquele momento.

As estimativas de custos devem ser usadas para estabelecer fundos para fechamento e, quando requerido pelo órgão regulador, estabelecer uma garantia financeira. Elas devem ser desenvolvidas com base nos planos de fechamento. A precisão da estimativa depende do nível de detalhamento do plano de fechamento, bem como, das informações e dados local-específicos (ANDERSON e ORAVA *et al.* 1999).

Devido à burocracia dos sistemas reguladores e a existência de diversos instrumentos financeiros, a estimativa de custos de fechamento torna-se uma questão difícil para companhias mineradoras e autoridades. Frequentemente, o custo final de fechamento, excede as estimativas (DAHLSTRAND, 1995). Como exemplo, a “recuperação” da mina de Summitville em que os custos estimados eram de 28 milhões pela companhia e

de 100 milhões de dólares pelo governo, já ultrapassou 200 milhões de dólares (ROBINSON, 2002).

Outro exemplo a ser considerado foi o fechamento da mina de Ouro de Maria Preta - CVRD na Bahia em que o custo estimado foi de R\$ 229.775,00 e o executado de R\$ 1.150.425,00, aproximadamente 5 vezes o valor previsto (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001).

Os fatores que causam a subestimação dos custos de fechamento, de acordo com BARNES, HAWTHORNE *et al.* (1999), são descritos a seguir.

Normalmente, fatores considerados para as estimativas de custos são baseados em planos de fechamento conceituais e estimativas desenvolvidas por empresas e/ou profissionais com pouca experiência em reabilitação e fechamento de mina (veja exemplo do fechamento da Mina de Maria Preta em OLIVEIRA JÚNIOR (2001). Ainda, os profissionais experientes, em geral, são acionados para trabalhar em projetos de abertura de novas minas e/ou direcionados para atuar diretamente na produção.

A maioria das companhias mineiras falha por não conduzir uma investigação ambiental adequada e desenvolver pesquisas de programas de fechamento detalhado. Durante a fase de licenciamento, os órgãos reguladores geralmente exigem das companhias mineiras informações ambientais detalhadas. Porém, bancos de dados ambientais quando estabelecidos na fase de licenciamento, raramente são atualizados, ampliados ou melhorados durante a fase de operação da mina. Mais ainda, considerações sobre desempenho econômico freqüentemente limitam as despesas exigidas para a coleta e avaliação de dados ambientais na fase inicial da mina. Por conseguinte, as informações tornam-se freqüentemente inadequadas ou insuficientes para estudos detalhados dos problemas ambientais da área.

A provisão de custos financeiros para o fechamento deve considerar uma estimativa do tempo de desativação, o período de reabilitação pós-fechamento, o monitoramento e a determinação dos custos anuais das atividades pós-fechamento. Além disso, dentro do contexto de estimativa de fundos de fechamento, as empresas devem considerar os

custos contingenciais associados com responsabilidades ambientais imprevistas. Frequentemente, a exposição de tais responsabilidades surge por causa de falha de projeto, mudanças nas normas ou litígio.

De acordo com BARNES e HAWTHORNE *et al.* (1999), há três componentes para a estimativa de custos de fechamento: a estimativa de custo inicial, a estimativa contínua ao longo da vida da mina; uma auditoria regular e independente do plano de fechamento. O próprio método de estabelecimento de objetivos de reabilitação para cada operação mineira é baseado nas estimativas de custos.

Na fase de desenvolvimento de um projeto mineiro, a reabilitação, o planejamento de fechamento de mina e as estimativas são tipicamente ajustados para responder às exigências das agências reguladoras e de financiamento para a mineração. Durante o desenvolvimento e operação de uma mina, o conhecimento do local e a experiência do pessoal aumentam, interferindo de forma positiva no planejamento e nas estimativas de custos de fechamento de mina. DAHLSTRAND (1995), defende a atualização das estimativas de custos anualmente à partir dos últimos cinco anos de uma mina com vida útil acima de 20 anos.

Um projeto de fechamento de mina deve incluir todos os elementos do local e não somente a reabilitação. Drenagem ácida, por exemplo, pode exigir considerações especiais, como tratamento ativo e/ou passivo. Assim, um planejamento de fechamento completo deve estimar os custos de fechamento baseado em suposições realísticas sobre as tecnologias e implementação, inclusive o tempo levado para completar os trabalhos no local. Estimativas destes custos devem ser refinadas durante a vida da mina, considerando mudanças circunstanciais, novas tecnologias e questões de uso futuro do solo.

Normalmente, o fechamento de mina acontece quando não há nenhum retorno da operação e pode haver pequeno valor nos ativos restantes. Portanto, os objetivos principais de se estabelecer uma provisão financeira são assegurar que fundos adequados estejam disponíveis no momento para implementação do plano de

fechamento de mina. Assim, uma provisão financeira deve fazer parte de todos os planos de fechamento. O valor estabelecido para reabilitação deve ser consistente com o grau máximo de perturbação em um determinado período.

Portanto, a provisão é tipicamente resultado da vida operacional, e deve variar para refletir as mudanças no planejamento de mina e operações. Uma empresa de mineração deve, desta forma, revisar, desenvolver periodicamente e atualizar o plano de fechamento de tal forma que os custos não ocorram de forma inesperada no início do processo de descomissionamento.

Independente da provisão financeira (contabilidade interna da empresa), agências reguladoras têm requerido das companhias uma caução financeira como forma de garantia que o plano de fechamento de mina protocolado e aprovado seja executado. O objetivo principal desta garantia é assegurar fundos para reabilitação da área degradada em caso de falência da mineradora.

Um plano de fechamento serve como base para órgãos fiscalizadores para a determinação do “valor da garantia financeira”, a qual deve refletir os custos de fechamento, e ser ajustáveis, para mais ou para menos de modo a refletir as mudanças no plano de fechamento proposto.

O valor da garantia financeira deve ser freqüentemente superior ao custo de reabilitação uma vez que, no caso de falha da mineradora, o estado não poderá usar equipamentos de produção da mina e pessoal da empresa para o fechamento de mina, resultando em custos marginais (HOLLANDS, 1999). Na prática, porém, de acordo com NAZARI (1999), as agências nos EUA, geralmente, subestimam os custos de fechamento por falhas na contabilidade, por violações de licenças, poluição que extrapola os limites da mina, custos administrativos e inflação (ver por exemplo, (LEGISLATIVE AUDIT DIVISION, 1997).

Desta forma, os problemas para implementação de garantias financeiras para fechamento de mina incluem a falta de familiaridade dos governos com o uso da

garantia financeira; demoras e altos custos legais; a falta de consistência dos governos estaduais com respeito à escolha do instrumento de garantia financeira; a ausência de diretrizes para aplicar os conceitos de desconto, as obrigações em longo prazo e o cálculo do valor da garantia exigida; a falta de boa vontade dos governos em reconhecer que forma de garantias “mais brandas” podem ser mais apropriadas em certas circunstâncias; e falta de tratamento fiscal eqüitativo dos fundos quando estes são depositados de fato para este propósito (MILLER e ELDON, 1991).

Existem vários instrumentos de garantia financeira disponíveis no mercado. Os mais comuns incluem o pagamento em moeda, cartas de fianças, cartas de crédito, autogarantia (bens patrimoniais da empresa) e seguros. Cada instrumento específico pode ser apropriado em uma determinada situação ou conjunto de circunstâncias e sua escolha por parte da empresa, bem como a aceitação por parte da agência governamental dependerá da força financeira da companhia mineira, da sua história de desempenho ambiental, da extensão do passivo ambiental e do prazo sobre os quais a responsabilidade será extinta. Um guia excelente para as conseqüências econômicas das companhias e várias alternativas de garantias pode ser encontrado em HAYES (1994).

MILLER (1998) e ANDERSON, ORAVA *et al.* (1999) examinaram os vários mecanismos de garantia financeira como também as circunstâncias que influenciam a seleção destes instrumentos. Embora estes autores destacam a importância da flexibilidade na seleção e aplicação dos vários tipos de fundos, eles não fazem nenhuma recomendação de um instrumento que possa ser escolhido como um modelo universal.

Os diferentes instrumentos de garantias para fins de fechamento de mina podem ser classificados como brandos ou rígidos: Garantias brandas, como, por exemplo, garantia corporativa podem ser usadas onde o risco iminente de falha é baixo; o plano de fechamento e a estimativa de custo são aprovados por auditoria independente (i.e. baixo risco técnico); o fechamento ocorrerá em curto prazo; e a companhia tem saúde financeira apropriada para suportar a garantia.

Por outro lado, garantias rígidas, como por exemplo, cartas de crédito, cartas de fiança são requeridas onde o risco de falha é alto; o fechamento é iminente; com manutenção

contínua em longo prazo e a empresa apresenta uma saúde financeira vulnerável (MILLER, 1998).

### **2.11 - Liberação da Responsabilidade do Minerador**

Apesar da magnitude e da complexidade de um programa de fechamento de mina, as companhias mineiras esperam satisfazer suas obrigações sob regulamentação federal e/ou estadual. A expectativa é que a Autoridade Responsável aceite que as ações empreendidas foram bem executadas e libere a garantia. Assim, a responsabilidade pelo local reverterá ao Estado ou ao subsequente proprietário do solo. Entretanto, mesmo após a liberação das responsabilidades ambientais por parte da agência governamental, a companhia mineira ainda estará sujeito às responsabilidades civis caso ocorra qualquer dano ambiental em virtude da ação da mineradora (WILLIAMS, 1993).

O governo deve indicar uma autoridade e assegurá-la da responsabilidade de aceitar ou não o programa de fechamento executado. Esta deve julgar se os critérios de fechamento acordados foram atingidos depois de uma consulta com outros órgãos fiscalizadores envolvidos, inclusive o futuro controlador do solo. Uma vez analisados todos os critérios de liberação e aprovados, esta autoridade deve expedir um documento de liberação do local.

Porém, um período de tempo é, requerido, para demonstrar a estabilidade do local. Como por exemplo, nas áreas revegetadas verificar se a vegetação atingiu, ou tende a atingir o estado auto-sustentável.

Como os impactos potenciais na água subterrânea podem levar vários anos de monitoramento para o estabelecimento, além dos locais minerados, que não deverá colocar em perigo a saúde pública e a segurança, todos os danos ambientais devem estar minimizados ou eliminados de modo a permitir um uso produtivo semelhante ao seu uso original ou um uso alternativo aceitável e sustentável.

Um local com exigência de manutenção ativa é improvável de ser liberado pelas agências do governo. Por outro lado, a liberação de garantias financeiras deve ocorrer

de forma progressiva como reflexo do avanço da reabilitação. Portanto, para facilitar este processo, os governos devem considerar incentivos adicionais para a conclusão dos compromissos de fechamento. Desta forma, quando a autoridade responsável aceita a liberação do local, o gerenciamento e a manutenção do mesmo deve ficar com os donos subsequentes ou o Estado (BIGGS, 2000; CLARK, NAITO *et al.*, 2000; ANZMEC, 2002).



## **CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA**

A metodologia empregada para desenvolvimento deste estudo compreendeu as seguintes etapas:

- 1) Revisão bibliográfica dos principais tópicos envolvendo fechamento de mina. Nesta fase questões como legislação internacional e nacional, impactos do fechamento, planejamento do fechamento, entidades envolvidas no fechamento, critérios de fechamento, considerações econômicas envolvendo provisões e garantias foram revistas de forma a conceituar fechamento de mina dentro de um contexto mais amplo.
- 2) Revisão bibliográfica detalhada dos critérios e indicadores ambientais. Nesta fase, uma profunda revisão bibliográfica foi efetuada de forma a definir e apresentar os diversos critérios técnicos e sociais que devem ser utilizados para avaliação do sucesso de um programa de fechamento de mina. Critérios de fechamento são classificados em gerais e específicos, definidos ou não pelo órgão regulamentador ou órgão ambiental ou previamente estabelecido pela empresa de mineração através de consulta com as partes envolvidas no fechamento de mina.
- 3) Criação de um banco de dados de critérios e indicadores ambientais. A elaboração do banco de dados surgiu da necessidade de um mecanismo de avaliação dos planos de fechamento com a finalidade de facilitar e fornecer suporte de modo que indústrias e órgãos ambientais possam emitir parecer sobre as atividades de fechamento. Identificado a necessidade do mecanismo, foi desenvolvido um banco de dados, o qual é um conjunto de procedimentos referenciando as diversas fases da mineração, abordando aspectos como: parâmetros físicos, geotécnicos, químicos, biológicos e sociais. Estes são fundamentais para a verificação do sucesso do fechamento de mina.

A metodologia utilizada para a elaboração do banco de dados fundamentou-se em medidas, normas e parâmetros usados por minas, órgãos ambientais e indústrias para o cumprimento de suas etapas de fechamento, fiscalização e controle. Para a elaboração do banco de dados utilizou-se o programa da Microsoft Access devido a possibilidade de armazenamento de grande volume de dados.

## **CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS CRITÉRIOS OU INDICADORES DE FECHAMENTO DE MINA**

Nesta fase do trabalho são apresentados indicadores típicos para água, estabilidade de taludes, barragem de rejeitos e pilhas de estéril, erosão, solo e indicadores sócio econômicos que devem ser considerados na avaliação de um plano de fechamento. Isto considerado serão também objetos de análise algumas medidas a serem adotadas neste processo. Um plano deve abranger todos os componentes da mina tais como: áreas de operação (áreas lavradas), áreas de disposição de rejeitos, pilhas de estéril e capeamento, barragens de rejeitos, sistema de tratamento de água, planta de beneficiamento e tratamento de minérios, construções e equipamentos e serviços de infra-estrutura.

A abordagem que se pretende neste trabalho baseia-se em procedimentos (via revisão bibliográfica, visita às minerações e discussões com técnicos) utilizados e aceitos como adequados por empresas de mineração em fase de fechamento ou com o processo adiantado de fechamento.

Normalmente quando se decide fechar uma mina, empresas contratam equipes externas para efetuar o plano, então elas elaboram uma série de providencias como: reuniões com órgãos ambientais, caracterização do local, plano de desmontagem e recuperação e confecção de relatórios finais, dentre outros. Todos estes procedimentos são avaliados levando em consideração a viabilidade econômica e ambiental, assim como as regras estabelecidas pelos órgãos ambientais.

Definido o objetivo de desativar faz-se a caracterização do local, na qual inspeções de campo permitirão uma sistematização das informações de forma a localizar os pontos cruciais. A partir disto, são estabelecidos quantitativos de todos os materiais e resíduos, assim como os solos eventualmente contaminados. Desta forma tem-se em vista todas estas peculiaridades do fechamento de uma mina, considerando seus indicadores principais. Assim, a água, o ar e o solo dentre outros apresentam entre os principais

indicadores, nos quais propõe-se uma análise de tal forma a fornecer parâmetros para avaliação e elaboração dos planos para o fechamento de mina no Brasil. O trabalho pretende enumerar os principais indicadores abordando-os de forma qualitativa e quantitativa .

#### **4.1 - Indicadores de qualidade de Água**

De acordo com OLIVEIRA JÚNIOR (2002), o gerenciamento de águas aplica técnicas de controle para melhorar as operações de mina e o ambiente circunvizinho, incluindo a estocagem, condução, tratamento da água de processo e doméstica, desvio do curso, descarga e tratamento do excesso de água.

Normalmente inclui as instalações como: barragens, vertedouros, estruturas de captação de águas, diques de desvio de água, bueiros, tubulações, casas de bombas para água limpa e contaminada, plantas de tratamento de água, bacias de sedimentação e sistemas de desaguamento.

Os principais problemas ligados ao tratamento e gerenciamento 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, impactos na fauna e animais domésticos.

Segundo SASSOOM (2000) citado por OLIVEIRA JÚNIOR (2002) o controle das drenagens naturais e artificiais que circulam na mina visa minimizar a poluição. Portanto, é necessário prever e gerenciar os impactos das operações de mina nas águas naturais até a sua desativação, conseqüentemente, é preciso conhecer e entender o regime climatológico e hidrológico da região. Com isso é possível equacionar apropriadamente os impactos de forma a minimizá-los.

Critérios ou padrões são aplicados para qualificar a água, seja ela (superficial ou subterrânea) através do fluxo descartado, ou de alguns pontos concordantes dentro do ambiente receptor ou aquífero, de modo que a mesma apresente uma qualidade igual ou

melhor que uma quimicamente definida. Os padrões para contaminantes ou metais dissolvidos são indicadores do limite (não podem ser excedido) em valor de concentração. Numa amostragem são avaliados os parâmetros de qualidade (físicos, químicos, hidrobiológicos, microbiológicos e ecotoxicológicos), considerando-se os mais representativos.

A avaliação da qualidade é realizada por análises físico-químicas e microbiológicas realizadas por laboratórios especializados, nos quais os procedimentos usuais são a coleta de 1,5 a 2,0 litros da água numa garrafa plástica ou de vidro, nova ou que só tenha sido utilizada com água. Faz-se a ambientação da mesma, enchendo-a com água e identificando-a com os dados sobre o interessado, a procedência, local da coleta, data de envio para análise.

Em amostragens que necessitam de alguns procedimentos e recipientes especiais é sugerido consultar um laboratório. Normalmente as amostras de água também são avaliadas para parâmetros radiológicos em superfície (alfa total), bacteriológicos (colimetria) e oxigênio dissolvido dentre outros, sempre seguindo um padrão de procedimento operacional pré-definido, sendo que quaisquer alterações destes parâmetros além dos limites devem ser mitigadas para proceder à desativação.

No Brasil, existem padrões de potabilidade regidos por portarias do Ministério da Saúde e resoluções legais, que dão subsídios aos laboratórios na expedição de seus laudos. O mais importante, no entanto, é a conscientização dos empreendedores a manter um programa de monitoramento da qualidade da água, uma vez que possíveis mudanças nas características da mesma podem ocorrer com o tempo ou devido a condições externas que venham a contaminar o manancial com substâncias tóxicas, sais ou bactérias.

Desta forma as principais ações de controle de água são:

- 1 - Aperfeiçoar os trabalhos de coletas, análises, inspeção de campo e tratamentos de dados;
- 2 - Estabelecer uma metodologia de coleta e análise de água;

- 3 - Estabelecer uma rede de amostragem por sub bacias, com pontos fixos e variáveis ao longo dos cursos de água;
- 4 - Os pontos fixos devem ser estabelecidos a montante da lavra, no curso de água (amostra referencial) e no efluente final, ao longo das drenagens, ou de acordo com as especificações do órgão ou autoridade ambiental.
- 5 - Estabelecer a frequência e o número de parâmetros de controle;
- 6 - Estações que apresentem parâmetros deverão ser sistematicamente amostradas até que a ação corretiva estabeleça a boa condição da estação.

Normas estaduais e federais apresentam uma padronização de limites que devem ser seguido para a qualidade da água. A súmula dos padrões legais vigentes para efluentes líquidos é estabelecida pela lei federal (Resolução CONAMA Nº 20) através do artigo 21, em que são estabelecidos os limites para a temperatura, resíduos sedimentares, óleos minerais e vegetais, materiais flutuantes e materiais tóxicos como arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cianeto, cobre, cromo hexavalente, trivalente e total, estanho, fenol, fluoretos, mercúrio dentre outros.

O Índice de Qualidade de Água – IQA criado, pelo órgão norte-americano *A National Sanitation Foundation*, que posteriormente foi adaptado pela Fundação CETEC é um índice utilizado como parâmetro pelos órgãos ambientais. No seu cálculo são considerados: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfatos, temperatura da água, turbidez e sólidos totais, gerando índices variando de 0 a 100, que correspondem aos níveis de qualidade. Assim, o IQA na faixa de 0 a 25 é considerado Muito Ruim, de 25 a 50 Ruim, de 50 a 70 médio, de 70 a 90, bom e finalmente de 90 a 100 excelente.

Outro fator a ser considerado na avaliação da qualidade das águas é a contaminação por tóxicos, classificada em baixa, média ou alta considerando-se os seguintes elementos: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco. Assim, a denominação Baixa, refere-se à ocorrência de concentrações iguais ou inferiores a 20 % do limite da classe de enquadramento do trecho do curso d'água na respectiva estação de amostragem, conforme padrões

definidos pelo Conselho Estadual de Política Ambiental-COPAM na deliberação normativa N° 10/86. A média refere-se a faixa de concentrações entre 20 a 100% do limite mencionado, enquanto que a alta, é superior a 100% do mesmo.

Desta forma, a qualidade das águas podem ser avaliada anualmente ou em outro período (semanal, mensal, trimestral, semestral, etc) a ser definido e acordado previamente a partir dos resultados de quatro campanhas de amostragem. O nível de qualidade é calculado pela média aritmética dos valores de IQA da estação e a contaminação por tóxicos representará a pior condição identificada em cada estação.

Outra questão muito importante nos planejamentos de fechamento de mina relacionado à água é a escolha e os cálculos do projeto de inundação, pelas características associadas com o controle (por exemplo, de vertedouros, canaletas, barragens de rejeito, estruturas, instalações de captura e transporte de drenagem ácida de mina (DAM), planta de armazenamento e tratamento de água etc.).

Estruturas não-críticas são tipicamente projetadas para acomodar o evento de inundação entre 1 e 100 anos, enquanto as estruturas que causam grandes, mas não impactos catastróficos, ou que são críticas para as operações de instalações específicas exigem um projeto para acomodar o evento entre 1 e 1.000 anos. Desta forma, aquelas estruturas as quais podem resultar em casualidade ou impactos ambientais catastróficos devem ser projetadas para o evento de inundação máxima provável.

De acordo com SANCHEZ (1995) citado por OLIVEIRA JÚNIOR (2002), para estruturas deixadas no local é preciso calcular os períodos de recorrência das máximas chuvas. Segundo os autores a determinação dos índices pluviométricos e a sua utilização no dimensionamento de obras é baseado em métodos desenvolvidos por climatologistas e hidrólogos para o cálculo das máximas chuvas prováveis para diversos intervalos de tempo, chamados períodos de retorno ou de recorrência.

As principais variáveis nas estimativas das máximas chuvas são a distribuição desigual no espaço e no tempo, que podem causar variações anuais nas chuvas totais em função

de fatores locais e a variação significativa das chuvas ao longo do tempo, isso ocorre de acordo com os meses do ano, variando de região para região.

Conforme os autores (Op. Cit.), o período de recorrência adotado é função do tipo de obra. Assim 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, do porte e dos riscos ambientais a jusante. Ao passo que, para vertedouros de barragens de rejeitos, o período de recorrência deve ser maior, devido a possibilidades dos acidentes serem mais graves.

Portanto, a provisão em longo prazo de estruturas de controle de fluxo de água é freqüentemente um dos aspectos mais desafiadores das medidas de um projeto de fechamento (ROBERTSON, 2002).

#### **4.2 - Estabilidade e Indicadores de Erosão**

O conceito de estabilidade de um talude é indeterminado, já que o talude em rochas ou solos não fornece garantia de estabilidade por muitos anos. Portanto, as condições climáticas, hidrológicas e tectônicas, atividades humanas na área imediata e ou, adjacente à estrutura, escavações subterrâneas podem trazer, em longo prazo mudanças que afetam a estabilidade dos componentes de mina.

Aliada à interferência humana, outros fatores como as características físicas do maciço rochoso, os mecanismos de ruptura e o efeito da água também afetam tais componentes. Assim como a força da gravidade, o intemperismo e a erosão contribuem para a instabilidade dos taludes. Mudanças graduais nas condições das rochas e do solo associada às mudanças nas condições aquáticas e climáticas podem impor a escolha de parâmetros mais conservadores para as operações mineiras e até mesmo para a fase de reabilitação.

A análise de estabilidade em rocha, normalmente em operações mineira utiliza-se da caracterização quantitativa proposta pela *International Society for Rock Mechanics*



(ISRM), através dos sistemas de classificação geomecânica (RMR de Bieniawski e Q do *Norwegian Geotechnical Institute*) e da aplicação do critério de ruptura (HOEK e BROWN, 1994).

O sistema RMR fornece uma avaliação geral do maciço rochoso, aumentando com a qualidade da rocha em uma escala de 0 a 100, utilizando-se dos seguintes fatores para a avaliação: a resistência da rocha intacta, o RQD (que é um índice determinado por meio da análise da percentagem de recuperação de testemunhos de sondagem com comprimento maior ou igual a 10 cm, dividido pelo comprimento total da manobra), o espaçamento das juntas, as condições das juntas e o lençol freático. A classificação deste sistema varia de Zero (rocha extremamente pobre) a 100 (extremamente boa). Enquanto no sistema Q é utilizado o RQD, o número de famílias de descontinuidades, a rugosidade, a alteração das juntas e condições de água e outros fatores que possam reduzir as condições de tensões. Sua classificação varia de 0,001 (completamente fragmentada) a 500 (rocha intacta virtualmente livre de juntas). A qualidade Q é definida pelo o quociente da multiplicação do RQD pelo índice de rugosidade das fraturas e pelo índice do caudal afluyente em relação a multiplicação do índice do número de fraturas pelo índice de alteração das paredes das fraturas e o índice do estado de tensões do maciço.

HOEK e BROWN (1981) baseados em resultados experimentais propuseram uma função potência para a condição de ruptura, que pode também ser aplicada a rochas anisotrópicas e fraturadas. No espaço das tensões principais efetivas, esta condição, conhecida como critério de Hoek e Brown, é expressa por:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (m \sigma_0 \sigma_3 + S C_0^2)^{1/2}$$

onde:

$\sigma_1$  – tensão principal maior,

$\sigma_3$  – tensão principal menor,

$C_0$  – Resistência à compressão uniaxial da rocha intacta,

$m$  – constante para maciço rochoso e

$S$  – constante empírica, que é função do grau de fraturamento do maciço rochoso.

Os estudos preliminares de estabilidade, normalmente, permitem a descrição geológico-geotécnica dos componentes de mina por análise visual no campo, análise das descontinuidades e testemunhos de sondagem, permitindo a quantificação dos parâmetros da ISRM.

De acordo com AZEVEDO (2002) a estabilidade de um talude é condicionada pela presença de planos de fraqueza ou descontinuidades no maciço rochoso. A resistência e a deformação são características do maciço rochoso extremamente dependente da persistência, do espaçamento, da orientação e das propriedades geomecânicas desses planos.

Com isso, alguns procedimentos são adotados em uma análise de estabilidade como: determinar a relação entre as diversas famílias de descontinuidades e o potencial cinético de instabilidade dessas estruturas, por meio do uso de projeção estereográfica; determinar a resistência ao cisalhamento nos planos de descontinuidades ou quais os blocos de rocha que podem movimentar-se, através de ensaios *in situ* ou de laboratório e finalmente determinar as condições de fluxo de água pelas descontinuidades ou em maciços intensamente fraturados, por meio de poços e, ou, avaliação de campo, de maneira a caracterizar as pressões de água que atuam em blocos potencialmente instáveis (AZEVEDO, 2002).

O principal parâmetro de referência em análise de estabilidade é o fator de segurança que pode ser definido como o fator pelo qual a resistência ao cisalhamento do material deve ser reduzida para levar a massa susceptível ao escorregamento a um estado de equilíbrio limite, ao longo de uma dada superfície de ruptura. Assim, quando um talude está a ponto de romper, a condição de equilíbrio limite existe, as forças resistentes e as forças perturbadoras são iguais e, portanto,  $FS = 1$ .

Em um talude estável, as forças resistentes são maiores que as forças perturbadoras e o  $FS > 1$ . Experiências práticas sugerem que, o fator de segurança adequado para taludes de minas para os quais não se exige a estabilidade por longo tempo estejam em torno de

1.0 a 1.3. Porém, para taludes críticos de estabilidade em longo prazo um fator de segurança maior é usualmente requerido em torno de 1,5 a 1,7 (AZEVEDO, 2002).

Muitas das considerações de estabilidade feitas durante as operações mineiras são as mesmas feitas durante a fase de fechamento, diferindo apenas quanto ao tempo relativo de duração. Uma vez que a estabilidade de um componente de mina é analisada durante a fase operacional para um curto prazo (por exemplo, 20 anos), ao passo que, nas estruturas para o fechamento a magnitude de tempo provável é de 200 a 2000 anos de estabilidade.

Daí a necessidade de algumas medidas durante a fase de fechamento com o objetivo de garantir a sustentabilidade. Entre as principais tem-se: adotar o fator de segurança compatível com os estudos geotécnicos; identificar possíveis fendas de tração nas cristas dos taludes; inspecionar novos e antigos sinais de ruptura, inspecionar erosões profundas e estreitas causadas pela água; exame local e/ou instrumentação se forem alcançadas taxas críticas de movimentação de taludes; amostragens de sólidos em suspensão e exame local e/ou instrumentação de níveis de água. Devem-se tomar todas medidas preventivas visando o controle de possíveis eventos, uma vez que os mesmos nunca ocorrem sem antes evidenciar algum indicativo de falha.

As barragens de rejeito e pilhas de estéreis são componentes de mina que merecem uma consideração especial devido à quantidade de material retido e a forma deste material (com especial atenção para rejeitos), bem como a longevidade destas estruturas pós-fechamento da mina. Nestes casos mesmo que as condições estáticas imediatas sejam satisfatórias, forças em longo prazo podem sugerir medidas preventivas adicionais. Antes que ocorra a deterioração gradual, devido às reações químicas e ao intemperismo, devem-se adotar parâmetros conservadores de resistência dos materiais e imunidade à reação. Além disso, devem-se controlar os processos erosivos, a sedimentação a acumulação de fragmentos, a degradação biológica e o intemperismo físico e químico das estruturas de contenção.

Na fase de construção das barragens e pilhas de estéril deve ser levado em conta a legislação e a regulamentação, a geologia, a topografia, as considerações sobre a saúde, a segurança local e paisagismo, os impactos na água, rios, a formação de poeira bem como os métodos de construção e disposição.

As principais medidas preventivas a serem tomadas nestes componentes incluem: controle da migração de poeira e erosão, adoção de  $FS > 1,5$  para condições estáticas com elevação; estabelecer cobertura resistente à erosão com vegetação, solo, rip-rap ou água, verificar se o local da barragem é apropriado, estabilizar o corpo da barragem pela construção de bermas de pé e taludes menos inclinados, aumento de freeboard e/ou melhorar o vertedouro para prevenir erosão em caso de eventos extremos, construir valetas, bermas, cercas para prevenir erosão e o acesso de veículos motorizados; construir pilhas em camadas ascendentes, de tal forma que as tornaria mais seguras com talude geral mais suave em torno de  $26^\circ$  e alturas variando de 10 a 12 m; construir drenagens internas para prevenir o aumento da pressão neutra; instalar sistemas de drenagens de águas pluviais; revegetar ou estabelecer enrocamento de proteção; projetar e construir desvios e vertedouro para eventos extremos; remover, tampar e/ou encher estruturas e linhas de decantação através do corpo da barragem; definir e estabelecer monitoramento e manutenção em longo prazo, evitando operação contínua quando possível. Entende-se por freeboard (borda livre) como o somatório dos valores correspondentes à altura da onda, sobrelevação das águas e elevação da onda sobre o talude.

A erosão é outro agente importante no fechamento de mina com grande potencial degradador. Considerada uma das mais graves das forças perpétuas atuantes na área da mina, trata-se de um 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). A necessidade de controle dos agentes erosivos é essencial durante as operações e nas fases de reabilitação e no uso futuro do local. Erosões podem ocorrer por ação do vento ou da água.

As práticas de prevenção e controle da erosão eólica são feitas através da proteção da superfície do solo com vegetação natural (palhas) ou a saturação do material que compõe o solo, manutenção do solo resistente à erosão por meio de uma mistura de solo com uma crosta compactada ou torrões e pela redução da velocidade dos ventos através de quebra ventos.

Por outro lado, a erosão pela água é controlada através da instalação de sistemas de drenagem externa à área minerada, como canais, drenos, e barragens (principalmente para controlar o carreamento de sedimentos); diminuição do fluxo de água na superfície do solo, redução do impacto das chuvas no subsolo; manutenção das condições de agregação do solo resistente à erosão, aumento da infiltração no terreno através de escarificação para aliviar o solo da compactação.

Os critérios e os indicadores de estabilidade e erosão são aplicados no planejamento do fechamento de mina para assegurar a integridade e a estabilidade em longo prazo de estruturas. Como o objetivo é a garantia da estabilidade destas estruturas em longo prazo, parâmetros mais conservadores devem ser utilizados.

A durabilidade de estruturas, pós-fechamento, é dependente da sua resistência mostrada sob a forma de estabilidade. Então, os suportes de madeira aplicados em aberturas subterrâneas, pontes, barragens e edifícios poderão provavelmente cair com o passar do tempo, resultante de falhas nestas estruturas. Por outro lado, não é assim tão óbvio a deterioração em longo prazo de outros materiais, como a camada de geomembrana, concreto reforçado e estruturas de aço protegidas de corrosão. Ainda menos óbvio é o intemperismo de rocha em longo prazo, inclusive túneis, taludes e pilhas de estéril, resultado de forças de deterioração e falhas.

Todas as estruturas estão sob o ataque contínuo de forças físicas e agentes químicos como o intemperismo e a corrosão, a erosão eólica e da água, a sedimentação, a ação biótica através de raízes e abrigos de animais e ação de aquecimento/resfriamento. Elas também estão sujeitas a eventos extremos que, devido ao longo período de interesse pós-fechamento, têm maior probabilidade de ocorrência que durante o período

operacional da mina. Além disso, as conseqüências (econômica, ambiental e sócio-econômica) de falhas estruturais em, por exemplo, pilhas de estéril, barragens de rejeitos, etc., são algumas vezes grande. Portanto, é fundamental para um planejamento de fechamento em longo prazo, medidas que considerem grandes eventos, onde as conseqüências de falhas seriam catastróficas, isto é, 1:10.000 anos ROBERTSON (2002).

### **4.3 - Indicadores Sócio-econômicos e Uso Futuro do Solo**

O uso futuro do solo e os impactos sócio-econômicos são questões extremamente importantes para considerações no planejamento de fechamento. O desenvolvimento da mina é responsável por mudanças significativas nas condições sociais e econômicas do local. Em diversos países a prioridade para a reabilitação de mina localizada em áreas remotas, normalmente, é retornar às condições locais à que existiam antes da mineração. Em outros locais, grandes minas foram operadas ao redor de centros industriais e urbanizados ou em comunidade desenvolvidas (Witwatersrand na África do Sul; Bingham Canyon/Salt Lake City, Utah; Berkley Pit/Butte, Montana, Águas Claras/Belo Horizonte).

Certamente o retorno às condições sócio-econômicas pré-mineração nem sempre é possível, em particular em regiões com pouco desenvolvimento inicial de indústrias (como por exemplo, áreas do Peru, Indonésia, Papua-Nova Guiné, Serra do Navio no Amapá etc.). Nestes locais, o fechamento de mina deve focar atenção para as instalações e as condições que, se mantidas pós-mineração, possam sustentar os benefícios sociais e econômicos gerados durante a mineração.

A condição pré - mineração é freqüentemente o parâmetro pelo qual é avaliado o sucesso da reabilitação. A escala de mapeamento para obtenção dos dados dependerá da extensão, do tamanho da mina e da variabilidade de várias características do solo. Normalmente o mapeamento na escala de 1:20000 é adequado para análises preliminares do solo. Enquanto que o mapeamento na escala de 1:5000 é mais detalhado

e é usualmente utilizado no planejamento de reabilitação. É necessário maximizar o nível de informações pela interpretação de imagens de satélite ou fotografia aérea.

A coleta de informações com o proprietário do solo incluem os limites da propriedade, localização de acessos e outras passagens. A localização de áreas de significativa degradação devido a erosão, salinização e invasão de semente deve ser identificada no mapa se possível. Do mesmo modo áreas de vegetação nativa inalteradas, habitat selvagem e áreas de agricultura devem ser relatados.

A topografia deve mostrar os sistemas de drenagens e o detalhamento de bacias permanentes. O levantamento da vegetação deve ser realizado para o caso de recomposição de corredores ou a reabilitação ao longo de cursos de água. Os padrões de drenagem natural estabelecem um parâmetro para projetar novas áreas.

Observa-se que os componentes topográficos como a inclinação e altura dos taludes e os canais de drenagem influenciarão o grau de reabilitação necessário para a composição visual da área. A inclinação e a forma em que o solo é dividido por canais de drenagem afetarão o uso alternativo da área, por exemplo, taludes com inclinação acima de 8° são geralmente inadequados para o cultivo regular devido o alto risco de erosão. Taludes acima de 20° não deverão estar sujeito a agricultura intensa ou pastoreio, sendo mais adequado para espécies nativa e terrenos de baixa intensidade de uso.

A distribuição das chuvas tem grande influência no projeto de estabilização do solo e no sistema de drenagens e juntamente com a temperatura determinará o tipo de vegetação a ser selecionado para a reabilitação. No período chuvoso ressalta-se a necessidade de atenção especial aos taludes expostos.

A distribuição e qualidade dos tipos de solos influenciarão no volume de solo vegetal adequado ao espalhamento em pilhas de estéril. O uso anterior do solo, os danos de erosão, salinização e a presença de ervas daninhas e outras espécies inadequadas afetarão a reabilitação do solo. Como regra geral o solo vegetal deve ser preservado para o uso em reabilitação como valorosa fonte de nutrientes e microorganismos. As propriedades físicas pode ser uma vantagem para um ambiente micro adequado para a

germinação de semente e mitigação de problemas de dispersão de argilas. Entretanto, uma avaliação deve ser feita das vantagens relativas comparando-as com os materiais a serem utilizados como cobertura em termos de propriedades físicas e químicas. Quando há pouca quantidade de solo vegetal a preferência deve ser dada para as áreas mais susceptíveis de erosão. Estas incluem os cursos de rios e áreas de vegetação densa.

Finalmente e mais importante dos aspectos, a visão e expectativa da comunidade, especialmente as pessoas do local, são necessários na consideração de uso final.

Segundo OLIVEIRA JÚNIOR (2002) questões sócio-econômicas afetam os principais envolvidos no processo de fechamento, ou seja, os empregados e a comunidade na região da mina. Adicionalmente, ações e controle como a recolocação dos empregados, apoio a procura de um novo emprego, apoio financeiro e recomendações são necessários nesta fase. Por outro lado um programa de comunicação social deve ser implementado para preparar o empregado para o fechamento da mina. Alternativas como treinamentos para outros ofícios, criação de pequenas empresas e o estabelecimento de agências de recolocação de empregados pode minimizar o impacto social.

Em relação a comunidade deve-se manter a estabilidade econômica, o bem estar social e melhorar o nível educacional. Sob este foco é necessário estabelecer um plano de desenvolvimento regional, desenvolver empresas auto-sustentáveis no local e relocação de migrantes. A não implementação de um plano de ação nesta questão pode causar desequilíbrios sociais como alcoolismo e aumento de criminalidade, queda do comércio local e desvalorização dos imóveis vizinhos ao empreendimento.

Enquanto não é possível selecionar critérios de fechamento que atendam estas questões, avaliações comparativas usando indicadores como a manutenção de acessos e energia, proteção contínua à saúde e segurança, oportunidades contínuas de trabalho, sustentabilidade de renda, etc. devem ser consideradas.

A avaliação crescente dos vários benefícios e os impactos de todas as medidas de fechamento pode ser completada com base nestes critérios gerais usando, como por



exemplo, a metodologia de análise denominada *Multiple Accounts Analysis* (MAA) desenvolvida por ROBERTSON (1988). De acordo com esta metodologia a avaliação resultante de todas as questões desenvolvidas pelos grupos envolvidos, incluindo a qualidade da água, a estabilidade física, química e biológica o uso futuro do solo, a sócio-econômica, etc, estabelecem um “teste comparativo” do sucesso de um plano de fechamento sem necessariamente comprometer os critérios iniciais no processo de planejamento de fechamento.

*Multiple Accounts Analysis* (MAA) é uma ferramenta que estabelece os meios pelos quais os avaliadores podem selecionar as alternativas mais vantajosas ou mais adequadas, a partir de uma lista de alternativas, equacionando os benefícios ou perdas de modo a justificar a seleção. O método compreende a identificação e a quantificação dos impactos e avaliação dos mesmos, comparando-os com a lista de parâmetros desenvolvidos.

#### **4.4 - Medidas e Procedimentos a serem Desenvolvidos para a Reabilitação de Infra-estrutura**

As áreas de infra-estrutura estão diretamente relacionadas com o uso futuro do local, dependendo deste, estruturas podem ser removidas ou ser deixadas no local para aproveitamento futuro. Áreas de infra-estrutura incluem as instalações que fornecem suporte para as atividades da mina. Portanto, são todas as construções (alojamento, escritórios, laboratórios, portaria, refeitórios, etc.), todas as estruturas de usina de beneficiamento e equipamentos (britadores, ciclones, moinhos, células de flotação, filtros, etc.), estruturas associadas, equipamentos de carga e transporte, suportes como estradas, ferrovias, pistas de aviação, energia, torres de comunicação, tubulações de suprimento de água, etc. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2002).

Em termos de infra-estrutura, medidas serão necessárias quando do planejamento para o fechamento de mina devendo incluir:

- Remoção de galerias, todas as pontes, barricadas (entrancheiramento) em vias de acessos e estabilização;

- Compactação de superfícies e estabelecimento da vegetação;
- Restauração dos padrões de drenagem;
- Descontaminação se necessário, desmontagem e remoção de todos os equipamentos e construções;
- Enchimento de escavações;
- Remoção de tanques enterrados;
- Restauração da drenagem natural;
- Captação e desvio das águas pluviais;
- Captação e reuso das águas utilizadas no processo produtivo, com sistemas adicionais de proteção dos cursos de água natural através de canaletas, valetas, leiras de isolamento, coleta e tratamento de resíduos (esgotos, óleos, graxas, etc);
- Dragagem de sedimentos em depósitos de assoreamentos;
- Implantação de barreiras vegetais;
- Execução de reparos em áreas circunvizinhas afetadas pelas atividades de mineração, entre outras.

#### **4.5 - Padrões e Parâmetros de Emissões**

Os padrões de qualidade do ar são medidas utilizadas como base para determinar as concentrações de poluentes atmosféricos em ambientes externos que quando ultrapassadas podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar das pessoas. Assim, os poluentes atmosféricos são qualquer forma de matéria ou energia em quantidade, intensidade, intervalo de tempo ou demais características em desacordo com os padrões estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde e ao bem-estar público.

Padrões de qualidade do ar são separados em padrões primários e secundários. Os primários são aqueles em que as concentrações de poluentes ultrapassadas poderão afetar a saúde das pessoas. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. Já os secundários são padrões de qualidade em que as concentrações estão abaixo

das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta em longo prazo. O objetivo de estabelecimento de padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados a áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc.). Não se aplicam, pelo menos em curto prazo, a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários conforme resolução CONAMA 03/90.

Para bons controles de fechamento de mina deve ser observado se os padrões de emissões do ar estão em conformidade com a medição de gases e particulados, baseados na legislação estadual e federal, persistindo a mais restritiva. Os padrões de qualidade do ar foram fixados, em nível federal, pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, na resolução CONAMA 03/90 na qual a qualidade é determinada através de medidas de concentração de poluentes escolhidos como indicadores, considerando aqueles que ocorrem em maior frequência e que maiores danos causam ao meio ambiente. São eles: material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio. Os padrões nacionais de acordo com a resolução CONAMA 03 são mostrados na tabela 1 .

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar

<b>POLUENTE</b>	<b>TEMPO DE AMOSTRAGEM</b>	<b>PADRÃO PRIMÁRIO</b> μG/M <sup>3</sup>	<b>PADRÃO SECUNDÁRIO</b> μG/M <sup>3</sup>	<b>MÉTODO DE MEDIÇÃO</b>
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1) MGA (2)	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Dióxido de Enxofre	24 horas MAA (3)	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de Carbono	1 hora (1) 8 horas	40.000 35 ppm 10.000 (9 ppm)	40.000 35 ppm 10.000 (9 ppm)	Infravermelho não Dispersivo
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas (1) MAA (3)	150 60	100 40	Refletância
Partículas Inaláveis	24 horas (1) MAA (3)	150 50	150 50	Separação Inercial/Filtração
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1) MAA (3)	320 100	190 100	Quimiluminescência

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Fonte – Adaptação baseada na RESOLUÇÃO CONAMA N. ° 3 DE 28/06/90.

Essa resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar, os níveis, os quais são classificados de acordo com os índices atingidos em atenção, de alerta e de emergência conforme pode ser visualizado na tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar

PARÂMETROS	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – 24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em suspensão(PTS) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	375	625	875
SO <sub>2</sub> X PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono(ppm) - 8 h	15	30	40
Ozônio( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1 h	400*	800	1.000
Partículas Inaláveis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	250	420	500
Fumaça ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24 h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1 h	1.130	2.260	3.000

Fonte – Adaptação baseada na RESOLUÇÃO CONAMA Nº 3 DE 28/06/90

#### 4.6 - Parâmetros e Indicadores do Solo, Segurança e Revegetação.

O solo deve passar por análises de suas condições, principalmente, em locais onde produtos com potencial de contaminação tenham sido acondicionados. Neste caso havendo a necessidade deve-se efetuar a descontaminação deixando o local em conformidade com o seu uso futuro. Normalmente, as análises do solo são para diagnosticar o grau de fertilidade, a capacidade de armazenamento de água, as condições físicas e demais potencialidades, possíveis contaminantes e necessidades para um melhor aproveitamento e planejamento de uso futuro.

Ao remover a camada superficial de solo (mistura de solo/matéria orgânica) durante a fase de operação, a mesma deve ser armazenada em áreas planas, leiras ou pilhas individuais de, no máximo 5 m de altura, protegidas contra processos erosivos e sem sofrer compactação para a sua posterior utilização na fase de reabilitação.

O preparo do terreno consiste basicamente em atividades de reconformar terrenos alterados, recobrimento das áreas a reabilitar e na instalação de dispositivos de drenagem. Sendo esta com objetivo de verificar o grau de alteração da drenagem local e, se for o caso, a instalação de dispositivos de drenagem para contenção de processos erosivos, considerando a características de cada área a reabilitar. Análises físicas e químicas do solo são realizadas através de coletas do solo e análise em laboratório especializado, fornecendo parâmetros para as devidas correções de pH e concentração de nutrientes, bem como, garantindo o pleno desenvolvimento da cobertura vegetal introduzida.

Conforme os resultados das análises, o solo é preparado através das atividades de aragem, gradação e descompactação, coveamento e aplicação de corretivos, quando necessário.

A revegetação de áreas degradadas ou alteradas pelas atividades de mineração objetiva minimizar ou eliminar os efeitos adversos decorrentes das intervenções e alterações ambientais inerentes ao processo e à operação do empreendimento. Os procedimentos para a revegetação passam por uma seleção das áreas específicas onde serão desenvolvidos os trabalhos, reintrodução da cobertura vegetal e a utilização de técnicas de engenharia florestal. Neste processo ênfase maior é dada em áreas que serão reintegradas à paisagem local.

Outros controles necessários durante a fase operacional e fechamento de mina são a recuperação da vegetação e a segurança. Na primeira deve-se verificar a taxa de crescimento das espécies, a densidade destas, o número de espécies invasoras (espécies nativas advindas de áreas preservadas próximas a área de influência da mina), etc, enquanto que na segurança medidas como a instalação de valetas no entorno da cava,

instalação de cercas e postes/placas de sinalização além de vigilantes tornam-se necessários.

A seleção das espécies é preferencialmente, feita de espécies típicas da região. No entanto, segundo as características das áreas poderão ser selecionadas espécies exóticas à região, que apresentarem bons resultados em trabalhos similares já realizados e que mostram adaptabilidade à área em questão. A aquisição das mudas selecionadas pode ser de viveiros próprios ou próximos ao empreendimento. O plantio deve ser feito após a adubagem. No caso de gramíneas, o plantio é efetuado através de hidrossemeadura, de semeadura direta ou através do plantio de mudas, quando em áreas planas ou em taludes de corte e aterro. O plantio de espécies arbustivas ou arbóreas é efetuado diretamente nas covas previamente abertas, nas quais é realizada a adubação, segundo os resultados das análises físico-químicas do solo.

A hidrossemeadura é aplicada em taludes já conformados, através de bombeamento e aspersão de solução contendo nutrientes, adesivo e mistura de sementes de gramíneas. Esta solução deve conter, no mínimo, 3 (três) espécies dentre aquelas selecionadas para a região do empreendimento. Após 30 dias do plantio, aplica-se a adubação de cobertura. Os taludes a serem hidrossemeados são sulcados e regularizados horizontalmente, enquanto que áreas planas são gradadas. Após 3 meses as áreas onde houver falhas de germinação, devem ser semeadas novamente. A prioridade para revegetação é o plantio de árvores e arbustos nativos, principalmente aqueles cujos frutos ou flores atraíam animais dispersores de semente, com a finalidade de acelerar o processo de sucessão com isso as observações de campo realizadas anteriormente indicam as espécies mais promissoras.

A irrigação das áreas plantadas deve ser feita por meio de carro-pipa ou outro equipamento adequado, na época de seca, durante o primeiro ano do plantio. A manutenção do plantio é realizada pela capina das áreas plantadas, pelo combate a pragas e doenças (formigas, fungos e outros), adubação em cobertura ao final do primeiro ano de plantio e no replantio de falhas observadas durante o desenvolvimento da vegetação.

#### **4.7 - Reintegração Paisagística**

O terreno como componente da paisagem está submetido à mudanças contínuas, lentas e pouco profundas quando se trata de causas naturais, e à mudanças rápidas e intensas quando as atividades mineiras são levadas até ao final. Desta forma, o estudo da paisagem é uma ferramenta básica para definir os critérios que vão ditar o desenvolvimento do solo e da vegetação, nos planos de reabilitação. Através deste é possível identificar quais os elementos visuais do meio que serão modificados pela atividade mineradora, por outro lado o conhecimento da estrutura paisagística geral do local possibilita também definir quais medidas corretivas serão necessárias para a integração paisagística.

O projeto paisagístico consta basicamente da definição da vegetação a ser implantada nas áreas, levando em conta aspectos de saúde pública, conforto ambiental e estética. O objetivo é melhorar as condições climáticas, promovendo a diminuição da temperatura e aumentando a umidade do ar, sombreamento, absorver ruídos, reduzir poeiras fugitivas, melhorar o aspecto estético das áreas construídas e proteger o solo contra a erosão e perdas de nutrientes. A definição dos tipos de vegetação a serem plantadas, a técnica de plantio e a quantificação.

A reabilitação é a reconformação e classificação do local dentro de um padrão de paisagem aceitável. Desta forma, o aspecto estético é o terceiro elemento mais importante a ser considerado após a segurança e o impacto ambiental. De modo que, ao planejar a configuração final da paisagem é necessário adotar algumas medidas importantes como: o estabelecimento do uso futuro do solo, a estabilidade da paisagem final, sendo que para isto deve ser avaliado o potencial de erosão. Taludes íngremes e altos tendem a facilitar o escoamento, causando erosões severas. Portanto, os taludes finais devem ser suaves, sendo por isso menos propenso a erosão e mais fácil de estabelecer a vegetação.

Taludes naturais que sofrem com a evolução dos processos erosivos, podem ser utilizados com guia de estudos para o estabelecimento da inclinação dos taludes a serem



construídos. Assim como o tamanho da área a reabilitar, o solo vegetal disponível, os padrões de drenagem, a disponibilidade de vegetação apropriada deve ser avaliada.

As cavas de mineração, independentemente do porte podem causar impacto visual e degradações. Estes são desde danos às pessoas e animais, a paisagem, e/ou mudanças no regime de águas e nas drenagens superficiais. A reconformação da paisagem na área das cavas é, normalmente, realizada com o preenchimento parcial ou total com água ou em casos de pequeno porte com estéril se o custo benefício viabilizar. Porém, quando as rochas expostas contiverem minerais sulfetados que poderão causar a drenagem ácida, a opção será o enchimento total da cava com água, pois o oxigênio livre na água é muito baixo reduzindo a possibilidade de geração ácida.

Baseado neste contexto surge a questão: o que fazer com a cava final quando do fechamento? Certamente a determinação do uso final da cava deixada após o fim da vida da mina é sem dúvida um dos aspectos mais difícil do planejamento para a reabilitação. A grande maioria das cavas é preenchida com estéril ou água. No processo de enchimento com água é necessário verificar a estabilização dos taludes da cava durante formação do lago, sendo importante definir questões como o comportamento dos taludes do pit final durante a formação do lago e as medidas necessárias antes e durante o enchimento da cava para prevenir rupturas de talude.

A discussão destas questões mostra que a água representa o principal fator no desencadeamento de processos de instabilidade e atua de inúmeras formas diferentes. Um corpo de escorregamento pode bloquear a área normal de descarga do fluxo subterrâneo, no pé do talude, formando um depósito instável de detritos. Pelo avanço da massa escorregada, e o aparecimento de pressões de água por confinamento. Este depósito de detritos fica sujeito a uma nova condição de instabilidade, devido ao encharcamento e ao desenvolvimento de subpressões, sofrendo movimentação ulterior, apesar de possuir eventualmente um ângulo de talude mais abatido do que na posição original.

Segundo FRANCA (1997, 1998a, 1998b) a descrição do ambiente geográfico é o primeiro passo a ser dado. Consiste principalmente da intensidade e do tipo de rede hidrográfica superficial, característica regional do sistema de percolação de água subterrânea, etc. Por isso a influência de lagos na estabilidade de taludes deve obedecer a avaliação dos aspectos geológico-geotécnicos. Sendo considerados os riscos geotécnicos (riscos relativos à estabilidade de taludes naturais e de escavação, estabilidade de barragens e pilhas de estéril, integridade de acessos e estradas) e riscos hidráulicos (riscos relativos a galgamento em barragens, capacidade dos sistemas de extravasão, ondas induzidas por rupturas de talude no lago da cava e reservatórios de barragens e eficiência de dispositivos de drenagem).

Para a análise da estabilidade dos taludes durante a formação do lago utiliza-se, por exemplo, os métodos do Equilíbrio Limite e Métodos Numéricos que verificam os problemas específicos das tensões-deformações criadas pela escavação do pit e o enchimento do lago.

Para monitorar a influência de lagos na estabilidade de taludes, são necessárias medidas preventivas e de instrumentação baseadas no controle de erosão do escoamento superficial e ação das ondas no lago, controle de nível d'água subterrânea e do nível de água dos quartzitos, monitoramento com piezômetros e marcos de deslocamento.

Como existem poucas referências bibliográficas sobre formação de lagos em cavas exauridas de minas em regiões tropicais, sendo as existentes restritas à extração de areias ou minas de carvão com pesquisas na maioria das vezes com enfoque hidrogeológico e/ou ambiental é inevitável fazer uma comparação com lagos de reservatórios de barragens devido a acidentes históricos e catastróficos; assim tomando cuidados especiais com o nível do pit a ser inundado, com o escoamento superficial que deverá ser controlado para prevenir erosão, com os materiais macios nos taludes que devem ser protegidos contra efeito de ondas e ventos no lago e principalmente com a performance dos taludes sendo monitorada freqüentemente para prevenção de problemas fica assegurado a baixa probabilidade de ocorrerem acidentes ou

interferências na estabilidade dos taludes depois de concluído o lago (FRANCA, 1997, 1998a, 1998b).

O processo de enchimento da cava com estéril é viável apenas para pequenas cavas ou quando do aproveitamento destas cavas para a disposição controlada de estéril para empreendimentos novos ou próximos a cava que está sendo fechada.

Algumas vezes, devido ao porte da cava, é difícil manter analogia com o relevo anterior, porém é possível manter uma semelhança ou mesmo um padrão aceitável pelos envolvidos no processo. A recomposição é facilitada em locais que aplicam lavra em tiras (no caso de carvão – Sul do país, Bauxita – MRN, e Caulim). Desta forma, as principais medidas a serem adotadas para o fechamento de cavas de minas são: facilitar o acesso e saídas destas; assegurar que as mesmas não trarão perigos à saúde e a segurança; que as áreas instáveis sejam reconformadas de preferência durante as operações; restringir acessos as áreas perigosas através de valetas no entorno da cava, cercas e postes de sinalização, se necessário; assegurar a estabilidade de taludes; garantir acesso de emergência para água; regular a qualidade da água por meio de controle das reações na inundação; coletas e tratamento e instalação de drenagens.

## **CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO DO BANCO DE DADOS**

O objetivo deste capítulo é apresentar o mecanismo proposto para avaliação e controle de um programa de fechamento. A estrutura descreve os critérios para a avaliação de um programa de fechamento. Baseia-se em normas ambientais, na literatura técnica sobre fechamento de mina, utilizando parâmetros físicos, químicos, geotécnicos e sócio-econômicos dentre outros. O banco de dados é proposto como um referencial, objetivando ser um mecanismo para avaliação de um plano de fechamento, bem como um guia para orientar a elaboração do mesmo por parte de empresas de mineração.

A seguir, apresenta-se o banco de dados proposto, seu desenvolvimento e sua utilização.

### **5.1 – Utilização e Desenvolvimento do Banco de Dados**

O programa de fechamento de mina engloba um conjunto de procedimentos relacionados às diversas etapas da mineração, abordando aspectos como, parâmetros físicos, químicos, biológicos e sociais. Um banco de dados com tais critérios é de suma importância para o planejamento e implementação de um plano de fechamento de mina, bem como a verificação do sucesso deste.

Para a elaboração do banco de dados utilizou-se o Microsoft Access devido a sua simplicidade, facilidade de manuseio e adequação ao armazenamento do volume de dados necessários para realização de um programa de fechamento de mina.

O sistema foi dividido em módulos para facilitar sua compreensão, de tal modo que na tela principal são apresentados os menus com os principais critérios. Estes poderão ser utilizados como checagem da avaliação ou como armazenamento de informações da mina que esta sendo fechada. Com isso uma série de informações utilizadas no plano de ação para o fechamento de mina serão considerada. Estas apresentam os principais indicadores mínimos e/ou máximo, os quais estão relacionados aos indicadores principais de avaliação.

Ao se iniciar o programa, automaticamente será exibida uma página principal (Formulário) e partir deste momento esta tela será denominada menu principal e será a porta de entrada para a navegação e utilização do banco de dados. Então o menu principal é apresentado ao usuário na figura 2 com os principais critérios de avaliação propostos.



Figura 2: Tela do Menu Principal para Avaliação do Programa de Fechamento de Mina.

No menu principal estão disponíveis macros (comandos) auxiliares que conduzem os usuários aos formulários para preenchimento dos dados. Os comandos disponíveis são:

- Critérios Físicos;
- Critérios Químicos;
- Qualidade do Ar;
- Critério Biológico e;
- Critério Sócio Econômico.
- Introdução ao Banco de Dados de Critérios para Fechamento de Mina.

Os critérios correspondem a sugestões de ações que devem ser seguidas para a avaliação de um plano de fechamento de mina.

Ao clicar no comando “Critérios Físicos”, será exibida a tela mostrada na figura 3, apresentando os critérios geotécnicos, solo e infra-estrutura. Estes permitirão ao usuário escolher qual parâmetro será analisado. O programa disponibiliza comandos, (macros) que conduzirá o usuário aos formulários de preenchimento correspondente ao parâmetro escolhido.

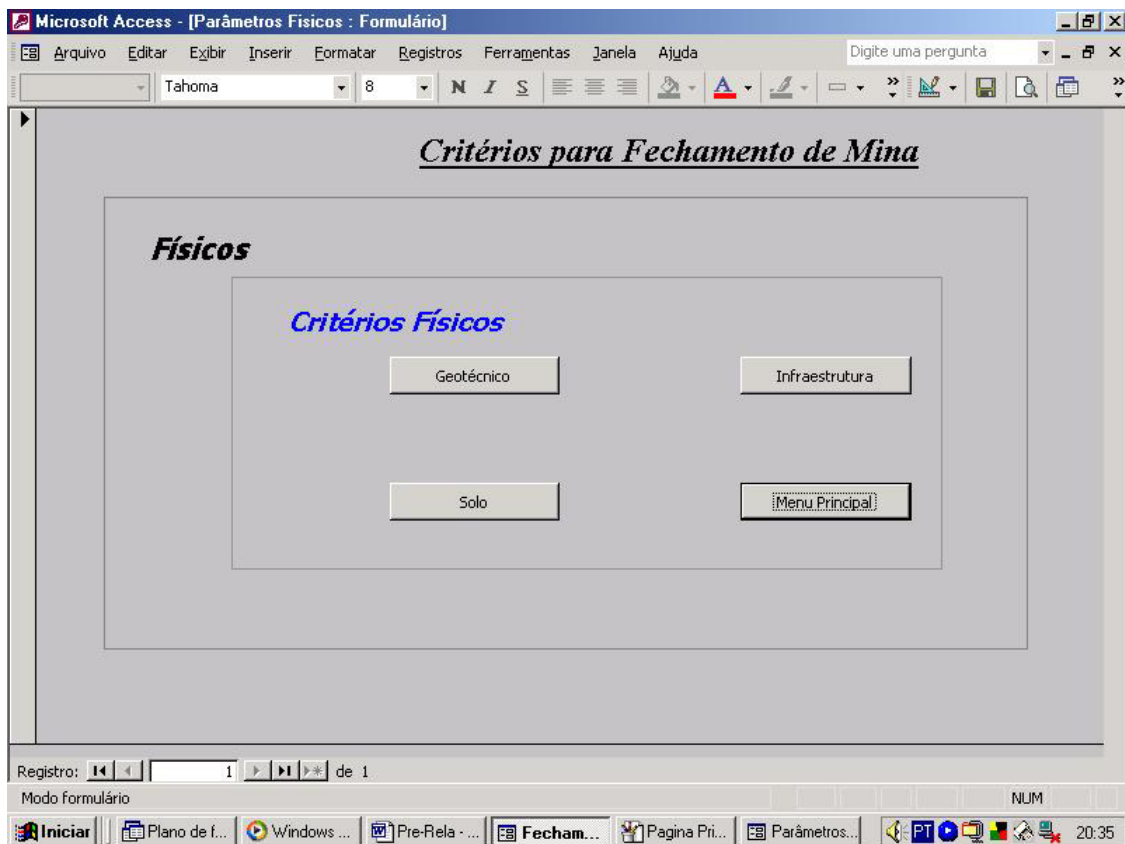


Figura 3: Formulário contendo critérios físicos a serem observados.

Neste formulário estão disponibilizados comandos que levaram o usuário a um *Chek list* com procedimentos a serem observados no início de um programa de fechamento de mina. Este *check list* poderá ser preenchido observando as ações já realizadas pela empresa como também ser utilizada como um guia de controle, com o qual o proponente ou órgão fiscalizador possa observar quais as ações foram efetivamente tomadas.

As sugestões de ações, que se encontram no *check list* permitirão ao usuário preencher os dados diretamente na caixa correspondente ao **sim** (caso tenha sido observado a sugestão) ou caso contrário na caixa correspondente ao **não**. O preenchimento também poderá ser realizado na tabela de consulta que se encontra na parte inferior da página, para isso, após preencher os primeiros valores basta apontar para a barra de rolagem e clicar, para que os outros dados sejam disponibilizados. Na primeira coluna da tabela de consulta encontram as sugestões de ações a serem seguidas para se iniciar o programa de fechamento de mina, conforme mostrado para os critérios geotécnicos na figura 4.

**Critério Para Fechamento de Mina**

domingo, 29 de agosto de 2004

**Para o desenvolvimento do programa de fechamento de mina os parâmetros listados abaixo deverão ser observados**

Relatório  
Menu Principal  
Critérios Físicos

**Critérios Geotécnicos a Serem Observados Para O Fechamento de Mina:**

A erosão pela água é controlada com drenagem externa à área minerada, por canais, drenos e barragens (principalmente para controlar o carregamento de sedimentos).

Sim Não

*Pontos de verificação necessária*

Critérios Geotécnicos a serem Observados	Sim	Não
A erosão pela água é controlada com drenagem externa à área minerada, por canais, drenos e barragens (principalmente para controlar o carregamento de sedimentos).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A estabilidade física das águas da barragem deverá assegurar a estabilidade de longo período sem transbordamento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A estabilidade química é obtida pelo controle das reações na inundação, pela cobertura e/ou coleta e	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto.

Registro: 1 de 44

Modo formulário

NUM

Iniciar Pre-Rela - Micr... Plano de fech... Fechamento d... Parâmetros Fisi... Análise Ge... 22:12

Figura 4: Formulário de Preenchimento dos Dados Geotécnicos.

O *check list* é composto de sugestões de ações que vão desde observação de trincas e rachaduras nas encostas e taludes à remoção das estradas e infra-estruturas civis, divididos em formulários de preenchimento de dados apropriados. Após completamente preenchido o formulário de *check list*, o usuário terá a possibilidade de gerar um relatório com todos os dados preenchidos, além disso, o usuário poderá verificar os pontos ou ações ainda pendentes e providenciar sua imediata correção, caso necessário.

Assim como na tabela de consulta, o relatório é composto dos pontos a serem observados e se o mesmo foi ou não observado. Esse relatório poderá ser impresso e utilizado como um dispositivo auxiliar para iniciar o programa de fechamento de mina. A figura 5 representa o relatório gerado para o critério geotécnico.

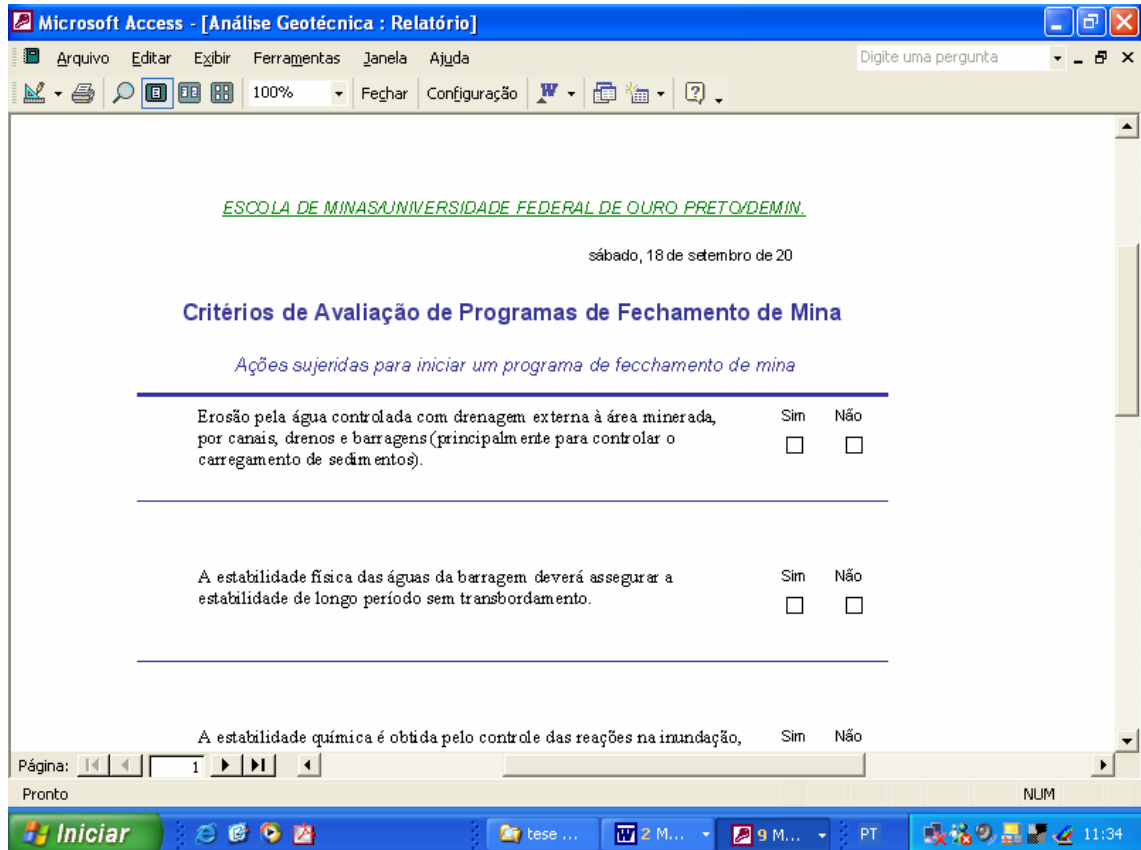


Figura 5: Tela com o Relatório de verificação das ações propostas para avaliação inicial do programa de Fechamento de mina.

Para acessar o módulo infra-estrutura o procedimento de manuseio é idêntico ao mostrado para os critérios geotécnicos. Um clique no macro infra-estrutura levará ao formulário de *check list* com as principais ações a serem tomadas. Conforme o módulo geotécnico, o infra-estrutura também possibilita o acesso ao relatório.

Para acessar os parâmetros dos solos o usuário deve clicar no módulo solo e terá dados dos contaminantes do solo de acordo com o padrão de qualidade conhecido como ABC utilizado na Holanda e citado por SANCHEZ (2001). O mesmo refere-se ao padrão adotado pela Holanda em 1983, estabelecendo três classes de qualidade segundo os



objetivos de uso. Valor A - concentração de fundo para os cantaminantes que se encontram em modo natural no meio (metais, óleos e graxas etc,) e limite de detecção que se refere aos produtos químicos orgânicos sintéticos; o valor B – limite a partir do qual análises detalhadas são necessárias e finalmente C – limite a partir do qual pode ser necessária ação corretiva em curto prazo. Como nos demais comando a tela do módulo solo há possibilidade do usuário emitir o relatório como mostrado na figura 6 e ou de retornar ao menu do critério físico ou principal como na figura 7.

Microsoft Access - [Parâmetro solo : Relatório]

Arquivo Editar Exibir Ferramentas Janela Ajuda Digite uma pergunta

50% Fechar Configuração

ESCOLA DE MINAS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO/DEMIN

Cilobato, 18 de setembro de 2004 12:20:48

Resultados da Verificação da Qualidade do Solo.

Qualidade do Solo.

Parâmetro: azoto

Valor A: 4

Valor B: 30

Valor C: 70

Valor Obtido

Valor A: Concentração de fundo no que se refere aos contaminantes que se encontram de modo natural no meio (metais, óleos e graxas etc.) ou que se refere aos produtos químicos orgânicos sintéticos, em valores A, refere-se a limite de detecção e em valores B e C, refere-se a limite de ação corretiva em curto prazo.

Valor B: Limite a partir do qual análises detalhadas são necessárias.

Valor C: Limite a partir do qual pode ser necessária ação corretiva em curto prazo.

Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto

Página: 1 de 1

Pronto NUM

Iniciar

tese ... 2 M... 8 M... PT 12:24

Figura 6: Formulário contendo o relatório de avaliação do solo.

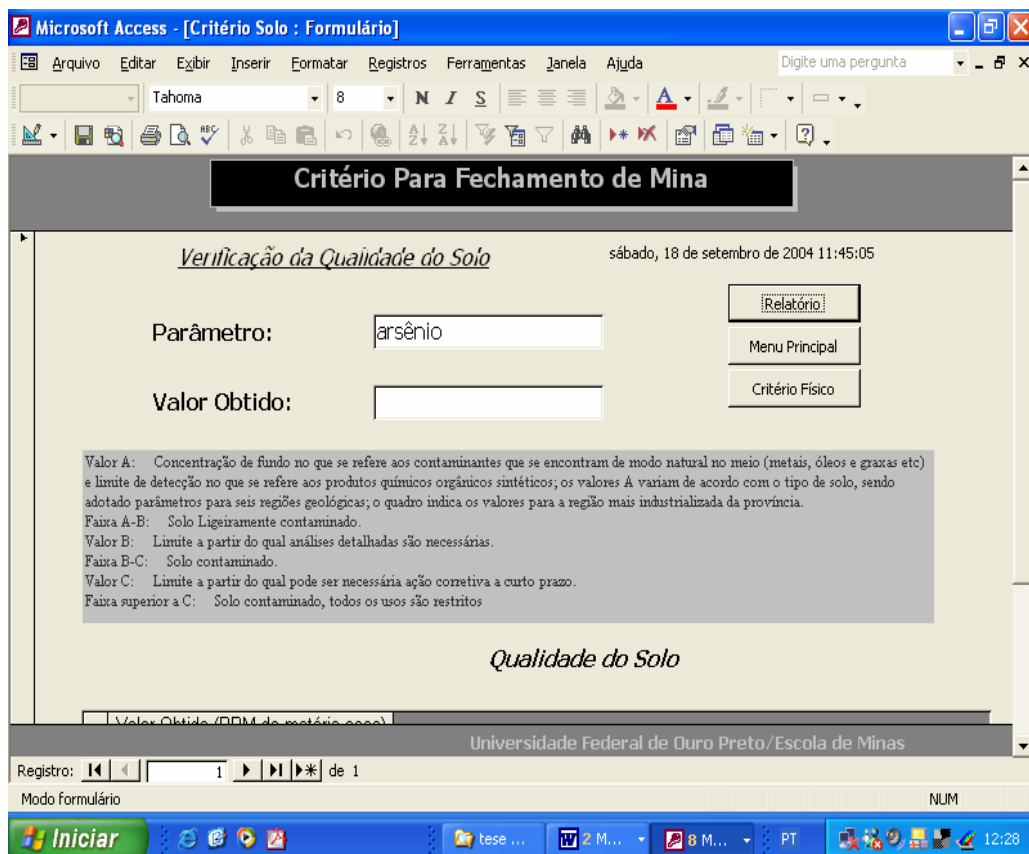


Figura 7: Formulário contendo o parâmetro de avaliação do solo.

Para acessar os critérios químicos é necessário que o usuário volte ao menu principal conforme a Figura 1 e clique em “Critérios Químicos”. Então é mostrada a tela critérios químicos (figura 8), a qual disponibiliza um formulário contendo uma série de comandos que de acordo com a classe do corpo hídrico analisado (Classes I à VIII, conforme resolução CONAMA 20/86). De acordo com a classe do corpo hídrico a ser analisado pela empresa, será fornecido um formulário (Figura 9) contendo os dados de qualidade da água deste, apontando os valores máximos de elementos e substâncias químicas que poderão estar presentes. Os valores foram baseados na Resolução CONAMA 20/86.

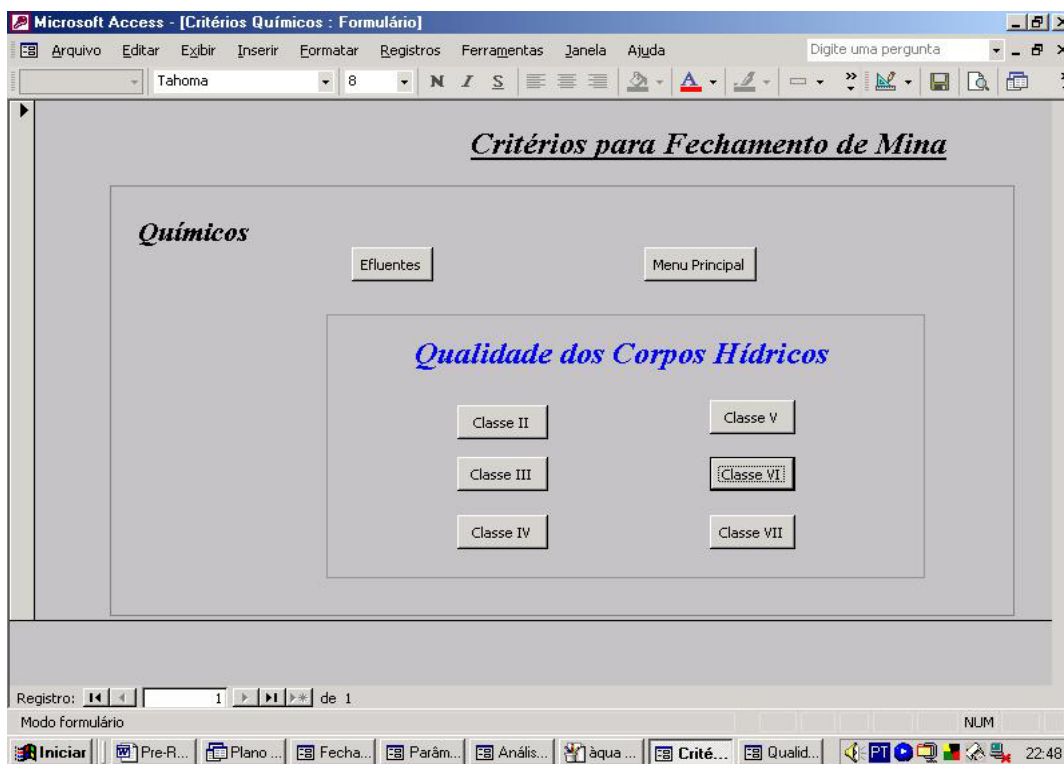


Figura 8: Formulário contendo os parâmetros químicos.

Após completamente preenchido o formulário, poderá ser gerado um relatório contendo o agente contaminante, a classe do corpo hídrico, a quantidade lançada e a quantidade máxima permitida. O relatório poderá ser impresso após o preenchimento dos dados no formulário, conforme demonstrado na figura 9.

Microsoft Access - [Qualidade do Corpo Hídrico Classe VI : Formulário]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Registros Ferramentas Janela Ajuda Digite uma pergunta

Tahoma 12

### Critério Para Fechamento de Mina

domingo, 29 de agosto de 2004 22:21:46

*Verificação da Qualidade do Corpo Hídrico  
Classe VI*

Agente Contaminante:

Quantidade Lançada:

Relatório  
Menu Principal  
Critérios Químicos

*Qualidade do corpo Hídrico Classe VI*

Agente Contaminante	Classe do Corpo Hídrico	Quantidades Máximas Permitidas	Quantidade Lan
Coliformes Fecais	Classe VI	Não deverá ser excedido um limite de 4,000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou	
pH	Classe VI	6,5, a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades	

Registro: 1 de 3

Universidade Federal de Ouro Preto/Escola de Minas

Registro: 1 de 3

Modo formulário NUM

Iniciar Pre-R... Plano... Fecha... Parâ... Anál... Formul... Crité... Qualid... 22:21

Figura 9: Formulário de preenchimento dos dados para a verificação da qualidade do corpo hídrico.

Microsoft Access - [Qualidade do Corpo Classe II : Relatório]

Arquivo Editar Exibir Ferramentas Janela Ajuda banco de dados

90% Fechar Configuração

sexta-feira, 27 de fevereiro de 2004 17:03:49

*Resultados da Verificação da Qualidade do Corpo Hídrico Classe II*

### Qualidade do Corpo Hídrico Classe I

**Agente Contaminante:** Amônia não ionizável  
**Classe do Corpo Hídrico:** Classe II  
**Quantidade Máxima Permitida:** 0,02 mg/l NH3.  
**Quantidade Lançada:**

---

**Agente Contaminante:** 1,1 dicloroetano  
**Classe do Corpo Hídrico:** Classe II  
**Quantidade Máxima Permitida:** 0,0003 mg/l  
**Quantidade Lançada:**

---

**Agente Contaminante:** Benzeno

Página: 1 de 1

Pronto

Iniciar Pre-Relatório - Mic... Plano de fechame... Qualidade da Agu... Imagem4 - Paint Qualidade do ... 17:05

Figura 10: Relatório de verificação da qualidade do corpo hídrico.

O usuário poderá preencher somente os agentes e substâncias que estão sendo analisados. Imediatamente após o preenchimento dos dados no formulário, é construída uma tabela consulta na parte inferior da página contendo o agente contaminante, classe do corpo hídrico, quantidade lançada e quantidade máxima permitida. Essa tabela consulta permite ao usuário conferir a qualidade do corpo, observando cada agente a partir do preenchimento progressivo. Para conferir, o usuário deve clicar em “Registros” localizado na “Barra de Menu”, em seguida será disponibilizada uma lista de opções onde o usuário deverá selecionar “Atualizar”. Instantaneamente os dados preenchidos estarão disponíveis para verificação na tabela consulta.

Após completamente preenchido, os dados da tabela consulta serão utilizados para confecção do relatório de verificação da qualidade do corpo hídrico. É importante destacar que para cada classe do corpo hídrico disponibilizará um formulário e um relatório específico.

Ao acessar o menu Qualidade do Efluente o usuário terá a possibilidade de controle do agente contaminante. Na figura 11 são mostrados os campos de controle da quantidade lançada de acordo com a classe do corpo receptor e a quantidade máxima permitida. Neste comando há também a possibilidade de emissão de relatório, de tal forma que o usuário pode emitir um relatório específico do agente que porventura esteja em não conformidade. Na tela do comando há a possibilidade de retorno ao critério químico ou ao menu principal.

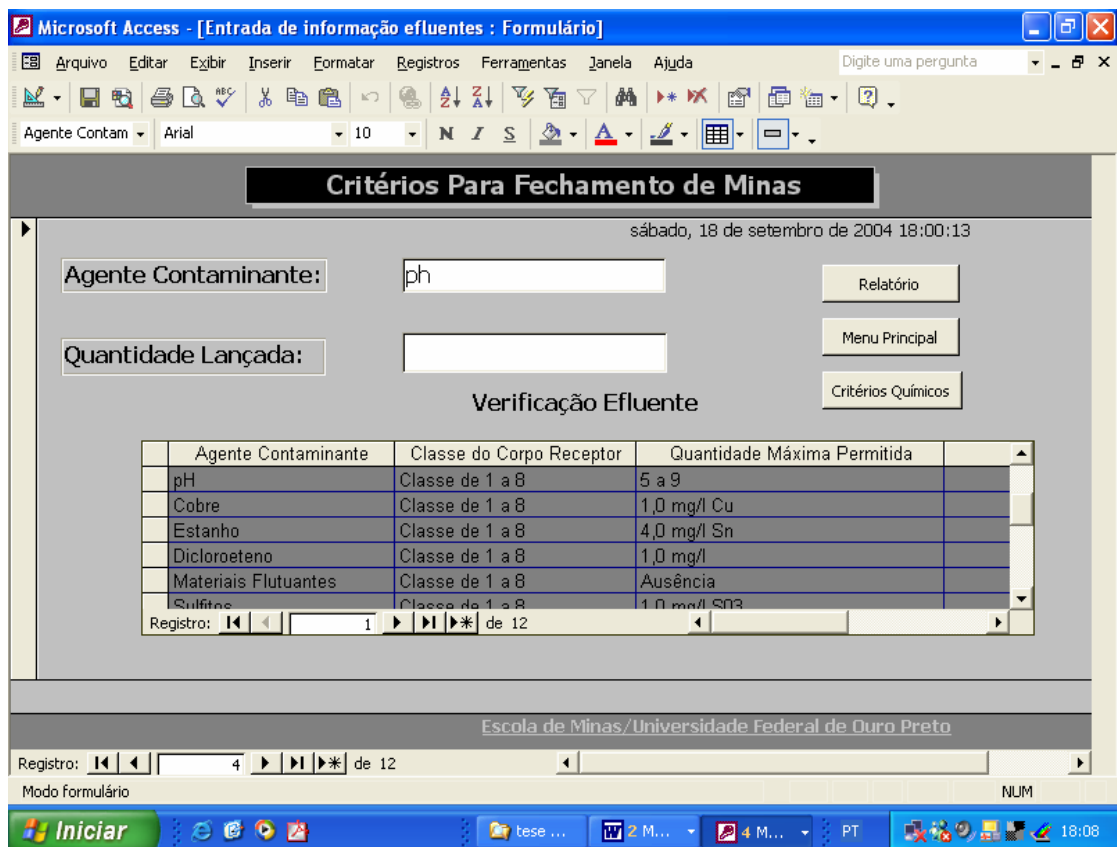


Figura 11: Verificação de efluente para a qualidade do corpo hídrico

O retorno ao menu principal e o usuário pode acessar os parâmetros para a qualidade do ar que permite o controle dos parâmetros principais, o método analítico e padrões primários e secundários com aos limites máximos permitidos. A figura 12 mostra a tela com os parâmetros a serem avaliados para a qualidade do ar, assim como os comando para os critérios físicos e químicos permitem a emissão de relatórios. Do mesmo modo o formulário e a forma de preenchimento dos dados para a verificação dos critérios do ar.

Microsoft Access - [Padrões de Qualidade do Ar : Formulário]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Registros Ferramentas Janela Ajuda Digite uma pergunta

Parâmetro Arial 10

### Critério Para Fechamento de Mina

Verificação da Qualidade do Ar. sábado, 18 de setembro de 2004

Parâmetro:  Relatório

Método Analítico:  Menu Principal

Tempo de Recorrência:

Padrão Primário (quantidade lançada):

Padrão Secundário (quantidade lançada):

Verificação da Qualidade do Ar

Parâmetro	Padrão Primário (quantidade máxima permitida)	Padrão Primário (qual
Monóxido de carbono (CO)	10000 Microgramas por metro cúbico	
Monóxido de carbono (CO)	40000 Microgramas por metro cúbico	
Dióxido de Nitrogênio (NO2)	100 Microgramas por metro cúbico	

Universidade Federal de Ouro Preto/Escola de Minas

Registro: 1 de 13

Modo formulário NUM

Iniciar | tese ... | 2 M... | 5 M... | PT | 18:32

Figura 12: Parâmetros para a verificação da qualidade do ar.

Os critérios biológicos e sócio-econômicos as formas de acesso são as mesmas descritas para os módulos anteriores e estes permitem acesso ao um check list que serve de base para controle das principais ações de mitigação e controle dos impactos biológicos e sócio-econômicos. As figuras 13 e 14 apresentam respectivamente, as formas acesso aos módulos e mostram a possibilidade de acesso aos relatórios.

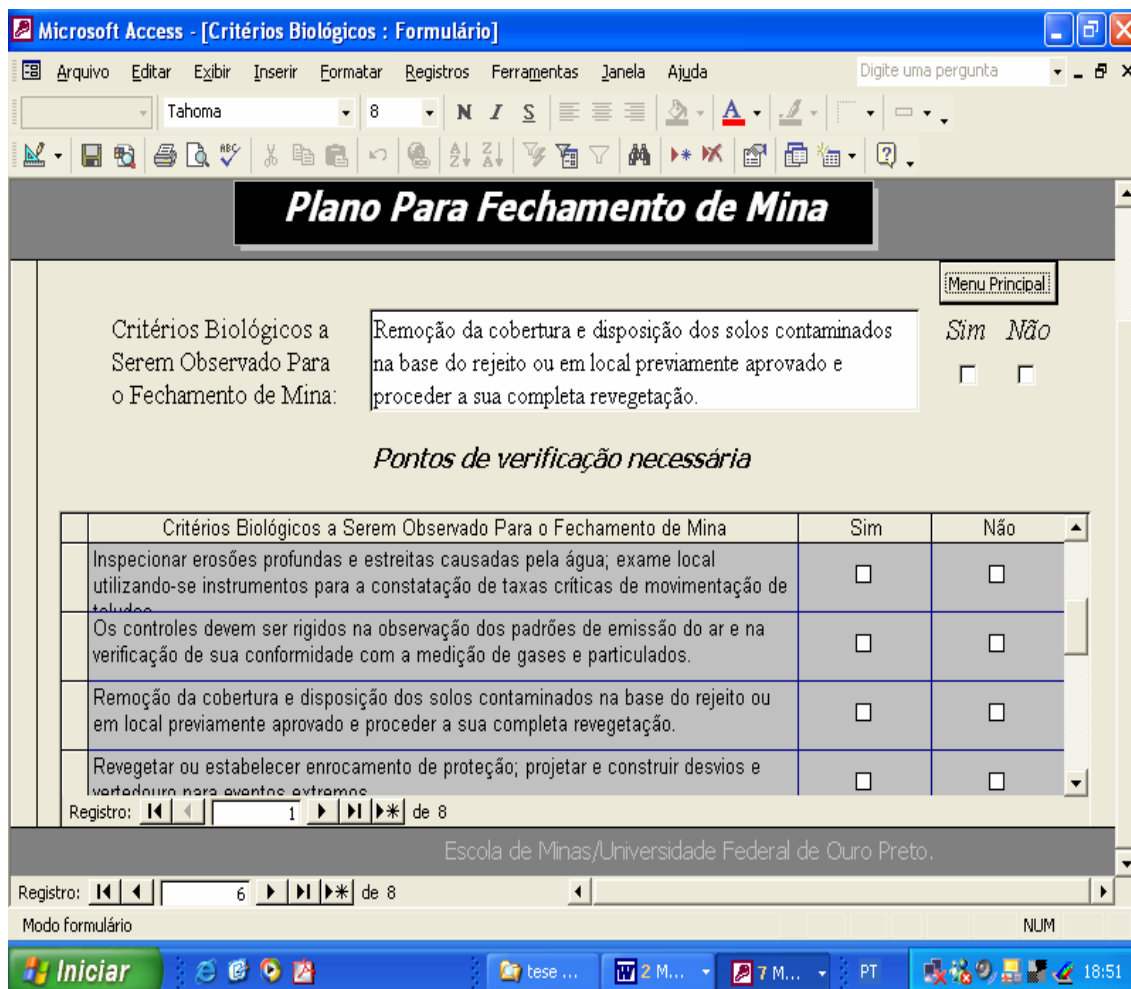


Figura 13: Parâmetros para a verificação dos critérios biológicos.



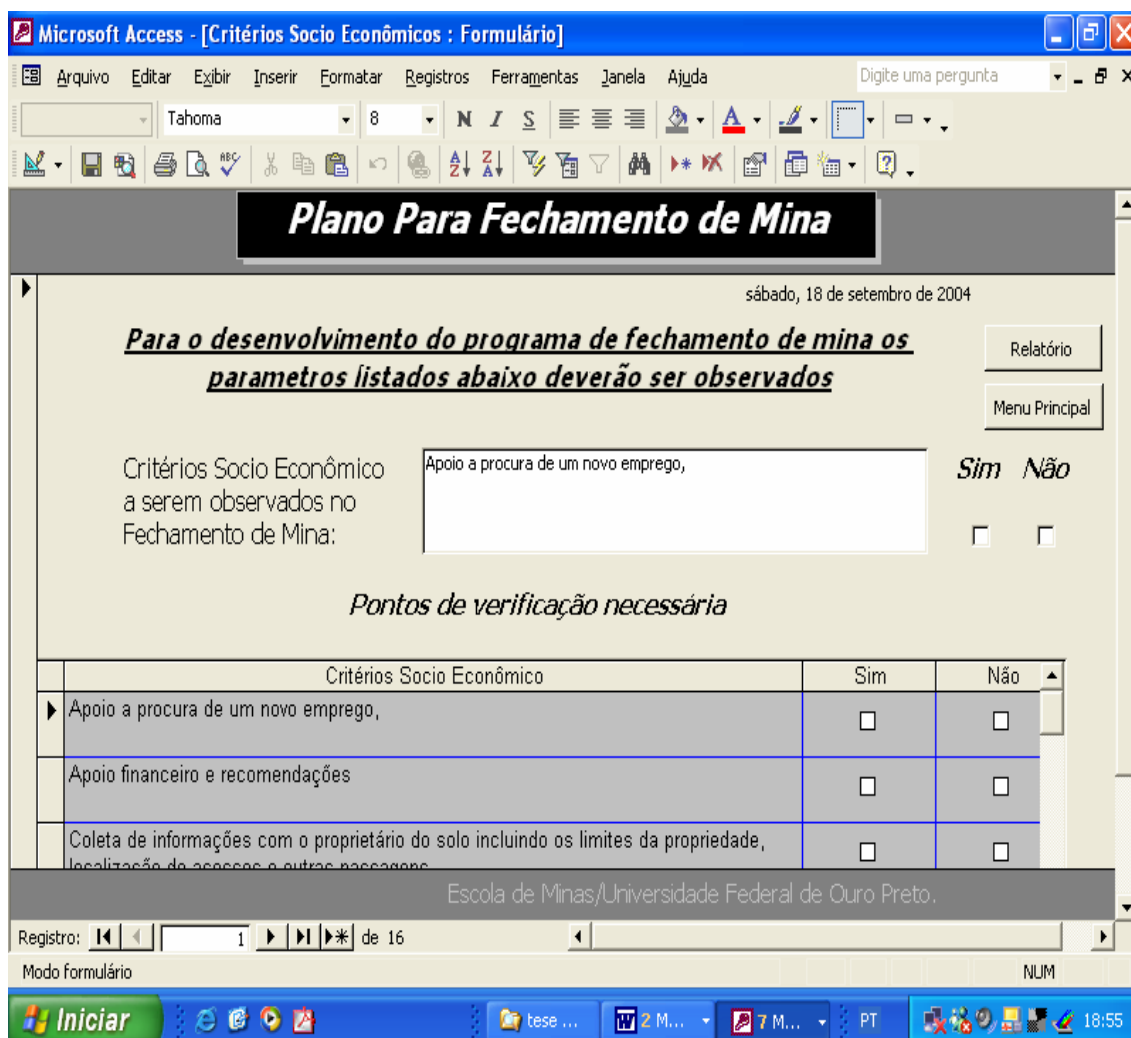


Figura 14: Parâmetros para a verificação dos critérios sócio-econômicos.

Finalmente criou-se um módulo introdução ao banco de dados de critérios de fechamento de mina que de forma resumida apresenta o programa e permite ao usuário ter acesso a todas as informações de acesso ao mesmo.

A aplicabilidade do mecanismo proposto pode ser estendida a todos os envolvidos no processo e sua utilização auxiliará os gerentes de meio ambiente, os órgãos ambientais na fiscalização e controle ou na verificação de eventos em conformidade ou não com as legislações vigentes. Em caso não conformidade ação reparadora deve ser efetuada sob pena de não aprovação do plano de fechamento. Por outro lado o check list pode ser uma ferramenta para análise e ao mesmo tempo ser utilizada como instrumento para a preparação das ações para o fechamento.

## **CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

O fechamento de mina é um desafio para a mineração, agências reguladoras e órgãos ambientais. Principalmente no Brasil, onde grandes minas estão em fase de fechamento e são requeridas a apresentarem seus planos aos órgãos ambientais para avaliação. Mas como avaliar? Se não temos critérios para avaliação. A solução desta imensa equação exige um esforço gigantesco de todos os envolvidos para apresentar critérios de avaliação para o fechamento de mina. Este trabalho, embora não definitivo, apresenta série de critérios e diretrizes importantes para o planejamento e balizamento do projeto conceitual e final do fechamento.

Com o apoio da literatura citada foi possível verificar que o processo de consulta a todos os envolvidos e a utilização de um plano de ação bem planejado dá a garantia de sustentabilidade da mineração de tal forma que o fechamento considere o sentido ambiental, sócio-econômico e cultural de responsabilidade da empresa.

A inexistência de uma legislação ampla de fechamento no Brasil nos coloca em processo de aprendizado com outros países, dando-nos a possibilidade de aperfeiçoar os bons processos de legislação existentes, e preterir outros que não funcionariam no Brasil. Este aprendizado nos colocaria em condições de criar um sistema menos burocrático e eficiente para o gerenciamento do fechamento de mina.

Analisando do ponto de vista conceitual, qualquer seja a razão que leve ao fechamento de uma mina, o problema da recuperação de áreas degradadas e o uso futuro do solo são fundamentais, ficando evidente que a caracterização consistente destes, prioriza e facilita a adoção de medidas preventivas e corretivas para atingir o equacionamento do problema ambiental.

DAHLSTRAND (1995) e ANZMEC (2002) relatam que a retenção dos registros da história do fechamento do local é importante porque eles provêm uma história de desenvolvimento passado, informações para incorporação dentro do banco de dados de

recursos naturais e o potencial para melhorar o desenvolvimento do uso futuro, o planejamento e/ou o redesenvolvimento do local. Eles são inestimáveis para qualquer projeto de desenvolvimento futuro do local, particularmente avaliando a conveniência de que o uso futuro proposto não seja consistente com o uso futuro acordado na época do fechamento de mina. Observa-se, portanto, que a retenção e a preservação destes registros são importantes para facilitar o planejamento do uso futuro do solo. Sendo estes valiosos aos governos e aos potenciais usuários da área.

A apresentação do banco de dados surge como uma iniciativa proposta para avaliação dos critérios de fechamento de mina focalizando os principais e mais importantes aspectos a serem considerados quando do fechamento.

O mecanismo apresentado é uma ferramenta em fase inicial, que se aperfeiçoada ajudará as empresas de mineração, a comunidade e os órgãos ambientais apoiando-os nos processos de tomada de decisão.

Demonstrou-se que o mecanismo pode ser bastante eficiente nos controles de planejamento de mina, como agente facilitador pode ser utilizado para a confecção de planos de fechamento e como seu principal objetivo servir de parâmetro para a avaliação de um plano de fechamento tanto para as empresas de mineração como pelo órgão ambiental.

Cada vez mais, a mineração tem mostrado através de exemplos de reabilitação que a criação de um novo ambiente, valorizando-o e aproveitando-o com criatividade pode ser bem lucrativo, gerando espaço recreacional e imobiliário e até cultural como o uso final de muitas minas. Com isso muitas minas tornam belos locais de visitaçao, centros de turismo, estacionamentos, garagem, centros de convenção e outros definidos com a comunidade e de acordo com a sustentabilidade do local.

Recomenda-se que sejam realizadas pesquisas complementares, visando um refinamento dos dados apresentados e melhoramento dos critérios propostos.

## CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, D.; GRASMICK, M. K. (2000). "Community involvement at Nicolet Minerals." Mining Environmental Management 8(2): 19-20.

ANDERSON, D.; ORAVA, D.; GARISTO, N.; DONAHUE, M. (1999). "Liability transfer agreements." Mining Environmental Management 7(2): 14-16.

ANDERSON, D. M. (1995). Management environmental liability during mine closure and post-closure utilization or property transfer. In: Mine Closure: Creating Productive Public and Private Assets, Nevada. 59-64

ANDERSON, K. (1998). Mining and communities: A discussion paper. Mining and the Community: Results of the Quito Conference. G. McMahon. Washington, D.C., The World Bank Energy, Mining and Telecommunications Department. **EMT Occasional Paper No. 11**: 57-68.

ANZMEC (1999). Strategic Framework on Mine Closure. Canberra, The Australian and New Zealand Minerals and Energy Council (ANZMEC).

ANZMEC (2002) Strategic Framework for Mine Closure, The Australian and New Zealand Minerals and Energy Council (ANZMEC) Disponível em [www.natural-resources.org/.../csr/docs/csr/](http://www.natural-resources.org/.../csr/docs/csr/). 2002.

ASHER, C. J.; BELL, L. C., Eds. (1998). Proceedings of the Workshop on Environmental Issues in the Decommissioning of Mine Sites. Brisbane, Australian Centre for Mining Environmental Research.

ASTILL, M. J. (1994). Managing environmental risks - Legal requirements. 4<sup>th</sup> large Open Pit Mining Conference, Perth, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.

AZEVEDO, I. C. D.; MARQUES, E. A. G. (2002). Introdução à Mecânica das Rochas. Viçosa - MG - Editora UFV: 363p.

AZIZ, M. L.; FERGUSON, K. D. (2002) Equity Silver Mine - A case study. 2002

BARNES, H.; HAWTHORNE, T.; WILLIAMS, D. (1999). "Estimation site closure costs - A critical tool for reclamation planning." 1999 Minerals Council of Australia Environmental Workshop: 83.

BELSKY, E. (1992). Factors affecting economic risks in mining: Focus on pollution insurance and bonding. Risk Assessment/Management Issues in the Environmental Planning of Mines. D. Van Zyl, M. Koval and T. M. Li. Littleton, CO, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: 143-147.

BIGGS, B. (2000). Developing a national strategic framework on mine closure. *In*: Mine Closure and Sustainable Development, Washington, DC, Mining Journal Books. 139-143

BLM (1994). Preparation requirements and guidelines permanent closure plans and final closure reports. Documento Disponível em [http://www.nv.blm.gov/Minerals/Permitting/Guidance/Permanent\\_Closure\\_Plans.htm](http://www.nv.blm.gov/Minerals/Permitting/Guidance/Permanent_Closure_Plans.htm), Bureau of Land Management (BLM), Nevada State Office. 1998.

BORAUSSA, M. J. (1996). "Ontario's mine closure plans: 1996 Revisions to Part VII of the *Mining Act*." Mine Closure Plans and Liability Issues: 13-58.

BRADBURN, R.; PERKINS, D. (1995). "Decommissioning of the Brenda Mine near Peachland, British Columbia." Canadian Mineral Processes (CIM): 239-256.

BRODIE, M. J. (1998). "Aquisitions and mine closure liability." Canadian Mining Journal **119**(4): 21-24.

CAMPBELL, J. M.; EMERY, A. C. (1995). RTZ's approach to mine and smelter closure planning worldwide. *In: Sudbury'95 Conference on Mining and the Environment, Sudbury, Ontario, CANMET*. 377-385

CDPHE (1998) Reclamation of the Summitville Mine superfund site, Colorado Department of Public Health and Environment. 2000.

CHAMPIGNY, N.; VAN HEERDEN, R. J. (1995). "Mine closure in South Africa." Mining Environmental Management: 25-26.

CLARK, A. L.; CLARK, J. C. (1996). An integrated methodology for assessing the social and cultural impact of mining. *In: Management of Commodity Resources in the Context of Sustainable Development: Social Impact of Mining, Geneva, Switzerland, UNCTAD/ITCD/COM.5*. 60-65

CLARK, A. L.; NAITO, K.; CLARK, J. C. (2000). Legal framework for mine closure. *In: Mine Closure and Sustainable Development, Washington, DC, Mining Journal Books Ltd*. 93-115

CLARK, I. (1999). Planning for closure: The case of Australia. Environmental Policy in Mining: Corporate Strategy and Planning for Mining Closure. A. Warhurst and L. Noronha. New York, Lewis Publishers: 441-454.

CLAUSSEN, S. (2001). Federal Approaches and Management Issues Associated with Mine closure and Reclamation in Canada. Pan-American Mine Closure Workshop, Chile.

RESOLUÇÃO Nº 020/86 - CONAMA - trata da classificação e dos níveis de qualidade das águas doces, salobras e salinas.

COWAN, W. R. (1996). "New directions for mine rehabilitation legislation in Ontario." Mine Closure Plans and Liability Issues: 121-140.

COWAN, W. R. (1999). Planning for mine rehabilitation in Ontario, Canada. *In: Mining and the Environment: Sudbury '99*. 645-649

DAHLSTRAND, A. (1995). "Closure concerns at Sonora mining's Jamestown Mine." Mining Engineering 47(3): 236-239.

DANIELSON, L.; NIXON, M. (1999). Current regulatory approaches to mine closure in the United States. Environmental Policy in Mining: Corporate Strategy and Planning for Mining Closure. A. Warhurst and L. Noronha. New York, Lewis Publishers: 311-350.

DAVY, A. (1999). "Social responsibility and governments." Mining Environmental Management 7(1): 16-17.

DORAN, J. R. R.; MCINTOSH, J. A. S. (1995). "Preparation, review and approval of mine closure plans in Ontario, Canada.": 281-288.

DUNN, W. J. (2000). "Beyond "Beads 'n Trinkets": A systematic approach to community relations for the next millennium." CIM Bulletin(93): 41-45.

E&Mj (1998). "Europe's biggest mine rehabilitation project." E&Mj: 40-42.

EPA (1995a). Mine Planning for Environmental Protection, The Australian Environment Protection Agency. 27 p.

EPA (1995b). Environmental Management Systems, The Australian Environment Protection Agency. 40 p.

EPA (1995d). Community Consultation and Involvement, The Australian Environment Protection Agency. 28 p.

EPA (2002). Mine Decommissioning, The Australian Environment Protection Agency. 40 p.

EPPS, J.; BRETT, A. (2000). Engaging stakeholders. Sustainable Development and the Future of Mineral Investment. J. Otto and J. Cordes. Paris, UNEP: 5.1-5.38.

FARREL, T. P. (1993). Some considerations in planning for mine decommissioning. *In*: Environmental workshop: Australian Mining Industry Council, Dickson. 235-247

FRANCA, P. (1998a). Back-analysis of the Patrimônio slope failure. *In*: Mine Planning and Equipment Selection 1998, Calgary, Balkema. 131-134

FRANCA, P. (1998b). Post-mining pit lakes and slope stability - The Águas Claras Mine example. *In*: Mine Planning and Equipment Selection 1998, Calgary, Balkema. 135-140

FRANCA, P. R. B. (1997). Analysis of slope stability using limit equilibrium and numerical methods, with case examples from the Aguas Claras Mine, Brazil. Kingston, Queen's University, Ontario, Canada.

GREEFF, J. C. (1995). Mine Closure: End or Beginning. *In*: 1<sup>st</sup> Conference on Mining and the Environment in Zimbabwe, Harare. 40-50

HANNAN, J. C. (1998). Community consultation issues in relation to mine closure. *In*: Environmental Issues in the Decommissioning of Mine Sites, Brisbane, Australian Centre for Mining Environmental Research. 95-101

HAYES, C. (1994). "Reclamation Accounting and Practical Considerations in Funding Reclamation Obligations." Rocky Mountain Mineral Law Institutes 9(40): 9.1-9.32.

HOEK, E.; BROWN, E.T. (1981). Underground Excavations in Rock. London: Institution of Mining and Metallurgy. 527p.



HOLLANDS, K. (1993). Lease relinquishment in NSW - Completion criteria. *In*: AMIC 18<sup>th</sup> Environmental Workshop, Canberra, Australian Mining Industry Council. 223-234

HOLLANDS, K. (1999). "Security deposits in NSW." Mining Environmental Management 7(2): 17-18.

HORDLEY, S. (1998). "Gold Plant Decommissioning." Mining Environmental Management 6(6): 23-24.

ILO (1995). Safety and Health in Mines Convention, International Labour Organisation. 2000.

INTARAPRAVICH, D.; CLARK, A. L. (1995). "Performance guarantee schemes in the mineral industry for sustainable development: The case of Thailand." Resources Policy 20(1): 59-69.

JARVIS, S. (1998). Development and Implementation of Completion Criteria. *In*: Workshop on Environmental Issues in the Decommissioning of Mines Sites, Brisbane, Australian Centre for Mining Environmental Research. 151-160.

JOHNSON, D. A., K. COTHERN, *et al.* (1992). Statistical techniques in ranking hazardous waste site for risk management decisions. Risk Assessment/Management Issues in the Environmental Planning of Mines. D. Van Zyl, M. Koval and T. M. Li. Littleton, CO, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: 113-121.

JONES, D. A. (1996). Mine closure regulations and activity: Nevada style. *In*: Tailings and Mine Waste '96, Colorado, Balkema. 21-27

KELLY, J. (1995). Public perspective on mine closure. *In*: Mine Closure: Creating Productive Public and Private Assets, Nevada. 33-42

KEYES, R. (1992). Mine closure in Canada: problems prospects and policies. Coping With Closure: An International Comparasion of Mine Town Experiences. C. Neil, M. Tykkylainen and J. Bradbury. London, Routledge: 27.

KINGERY, A. F., ALLEN, H. E., *et al.* (1992). Role of metal speciation in reducing bioavailability and environmental risk in the aquatic environment: Case studies of cooper and arsenic. Risk Assessment/Management Issues in the Environmental Planning of Mines. D. Van Zyl, M. Koval and T. M. Li. Littleton, CO, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: 103-106.

KNOL, R. (1999). Planning for mine closure: Responsibility of regulators, community or industry? *In*: 1999 Minerals Council of Australia Environmental Workshop. 69-82.

LAHIRI-DUTT, K. (1999). “What is the Community?” Mining Environmental Management 7(4): 26-27.

LEGISLATIVE AUDIT DIVISION (1997). Review of hard rock mining reclamation bond requirements, Legislative Audit Division, Montana: 9.

LEINER, C. H.; HAMMERSCHMID, K. P.; BELL, I. F. (1995). Environmental management plans to reduce mine closure costs. *In*: PACRIM'95, Australasian Institute of Mining and Metallurgy. 333-338

LIMA, H. M. (2002). Liability Assessment: A tool for Mine Closure Planning. EIA - Unit Biological Science Department. Aberystwyth, University of Wales - Aberystwyth: 197.

LIMA, H. M.; CURI, A. (2002). Mine closure principles. *In*: 10 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Ouro Preto, MG, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 146MI

LIMA, H. M.; WATHERN, P. (1999). "Mine closure: A conceptual review." Mining engineering **51**(11): 41- 45.

LINDBECK, K. A. C. M. (1995). "Legislating mining operating in Western Australia." Mining Environmental Management: 3-2.

MARCUS, J. J. (1997). Mining environmental handbook: effects of mining on the environment and American environmental controls on mining. London Imperial College Press, Singapore River. xxviii, 785 p.

MAVIS, J. D.; COON, R. (1992). Profile of risks associated with mine flooding for control of acid mine drainage. Risk Assessment/Management Issues in the Environmental Planning of Mines. D. Van Zyl, M. Oval and T. M. Li. Littleton, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: 107-111.

MCA (1997). Mine Closure: Towards a Strategy for the Australian Minerals Industry. Canberra, Minerals Council of Australia. 31 p.

McMAHON, G., Ed. (1998). Mining and the Community: Results of the Quito Conference. EMT Occasional Paper No. 11. Washington, D.C., The World Bank Energy, Mining and Telecommunications Department.

McMAHON, G.; STRONGMAN, J. (1999). "The Rise of the Community." Mining Environmental Management.

MILLER, C. G.; ELDON, D. (1991). Financial Assurance for Mine Reclamation, Decommissioning and Post-closure Obligations. *In*: 2nd International Conference on the Abatement of Acidic Drainage, Montreal, Montreal Quebec: Environmental Drainage Program 1991. 127-143

MILLER, C. G. (1998). Use of Financial Surety for Environmental Purposes. Livro disponível em <http://www.icme.com/icme/finsurety.htm>, Internanitonal Council on Metals and the Environment (ICME).

MMSD (2001). Mine closure - Draft working paper, International Institute for Environment and Development (IIED) - Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). 2002.

MMSD (2002). Research on Mine closure Policy - Draft working paper, International Institute for Environment and Development (IIED) - Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). Cochilco, Chilean Copper Commission 2002.

MORGAN, A. (1995). Bureau on land management's regulatory issues - Program on mine closure. In: Mine Closure: Creating Productive Public and Private Assets, Nevada. 21-25

MORREY, D. R., Van Zil, D., *et al.* (1995). "Principal components of economic mine closure." 1<sup>st</sup> Conference on Mining and Environment in Zimbabwe: 184-194

MORREY, D. R. (1999). Integrated planning for economic environmental management during mining operations and mine closure. Environmental Policy in Mining: Corporate Strategy and Planning for Mining Closure. A. Warhurst and L. Noronha. New York, Lewis Publishers: 243-256.

MORREY, D. R. (1999a). Principles of economic mine closure, reclamation and cost management. Remediation and Management of Degraded Lands. M. H. Wong. New York: 141-150.

MORREY, D. R.; VAN ZIL, D. (1994). Including uncertainty in mine closure. In: 5th Western Regional Conference on Precious Metals, Coal and the Environment, Black Hills, South Dakota, Society for Mining , Metallurgy and Exploration. 1-11

MUDDER, T.; HARVEY, K. (1998). "Closure Concepts." Mining Environmental Management 6(6): 8-10.

NAZARI, M. (1999). "Financial provision for mine closure." Mining Environmental Management 7(3): 14-15.

NEIL, C.; TYKKYLAINEN, M.; BRADBURY, J., Eds. (1992). Coping With Closure: An International Comparasion of Mine Town Experiences. London, Routledge.

NMA (1998). Mining and our environment. Washington, D.C., National Mining Association (NMA). 28 p. p.

OECD (1998). Towards Sustainable Development - Environmental Indicators. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development. 129 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. B.; SÁNCHEZ, L. E. (2002). Desativação da mina de ouro de Maria Preta - Teofilândia, Bahia. In: 10 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Ouro Preto, MG, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 003MI.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. (2001). Desativação de Empreendimentos Mineiros: Estratégias para diminuir o passivo ambiental. 179f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ONTARIO (1995). Rehabilitation of mines: Guidelines for proponents, Ministry of Northern Development and Mines. p.

OSTENSOON, O. (2000). The stakeholders: Interests and objectives. Sustainable Development and the Future of Mineral Investment. J. Otto and J. Cordes. Paris, UNEP: 3.1-3.30.

OVERHOLT, D. H.; Downs, L. (1996). "Mine closure plans in British Columbia." Mine Closure Plans and Liability Issues: 81-120.

PAYNE, R. (2000). Elliot Lake: A case study in mine closure. In: Mine Closure and Sustainable Development, Washington, DC, Mining Journal Books Ltd. 53-55

QUITY, J. A.; Walta, H.; Carr, W. M. B. (1991). Decommissioning of Leschenault Peninsula. In: Annual Environmental Workshop - Minerals Council of Australia 1991, Perth, Minerals Council of Australia. 250-260

RICKS, G. (1997). "Mining and sustainable development - Environmental considerations in mine closure planning." Industry and Environment **20**(4): 21.

ROBERTSON, A. M.; DEVENNY, D.; SHAW, S. C. (1998). Post Mining Sustainable Use Plans Vs Closure Plans. In: 22<sup>nd</sup> Annual BC Mine Reclamation Symposium. Paper disponível em <http://www.infomine.com/rgroup/rgc/papers.html>, Penticton, BC. Canada

ROBERTSON, A. M.; SHAW, S. C. (1998). Alternatives Analysis for Mine Development and Reclamation. In: 22<sup>nd</sup> Annual BC Mine Reclamation Symposium. Paper disponível em <http://www.infomine.com/rgroup/rgc/papers.html>, Penticton, BC. Canada

ROBERTSON, A. S., S. (2002). Mine Closure: Closure Criteria and Indicators. Artigo disponível em <http://www.infomine.com>. 2002.

ROBINSON, G. M. L. (2002). The mystery of Summitville - Where did all the money go? SME Annual Meeting & Exhibit, Phoenix, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.

SÁNCHEZ, L.E. (1995) Drenaje de mina a cielo abierto. In: REPETO, F.L.; KAREZ, C. S. (Ed.) Aspectos geológicos de protección ambiental. Montevideo: Unesco. v1, p 135-144.

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

SASSOON, M. (1996). "Closure or abandonment?" Mining Magazine (August): 96-100.

SASSOON, M. (1999). Effective Environmental Impact Assessment. Environmental Policy in Mining: Corporate Strategy and Planning for Closure. A. Warhurst and L. Noronha. London, Lewis Publishers: 101-106.

SASSOON, M. (2000). Environmental aspects of mine closure. In: Mine Closure and Sustainable Development, Washington, DC, Mining Journal Books Ltd. 116-123

SCALES, M. (1991). "Departing with Dignity." Canadian Mining Journal (May): 33-37.

STROHM, B. C.; T. F. Markey (1992). Evaluating potential human health risks associated with a non-ferrous metals manufacturing facility. Risk Assessment/Management Issues in the Environmental Planning of Mines. D. Van Zyl, M. Oval and T. M. Li. Littleton, CO, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: 123-130.

SWART, S. J., W. PULLES, *et al.* (1998). "Environmental risk assessment as the basis for mine closure at Iscor Mining." Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy 98(1): 1-6.

TONGWAY, D. (1998). "Indicators: Measures of success." Groundwork 2(1): 1-4.

UNEP (1998) United Nations Environment Programme Mine Reahabilitation for Environment and Health Protection - A training Manual disponível em <http://www.natural-resources.org>.

VEIGA, M., ROBERT, S., PEITER, C., SIROTHEAU, G., BARRETO, M.L.; EZEQUIEL, G. (2000). The changing face of mine reclamation in the Americas. Rio de Janeiro, CETEM.

WAGGITT, P. W.; McQUADE, C. V. (1994). Mine close-out criteria - Present guidelines and future trends in Australia. In: 1994 AusIMM Annual Conference: Australian Mining Looks North, the Challenges and Choices, Darwin, Australasian Institute of Mining and Metallurgy. 407-410

WARHURST, A. (1999). Environmental Regulation, Innovation, and Sustainable Development. Mining and Environment: Case Studies from the Americas. A. Warhurst. Ottawa, International Development Research Centre: 15-47.

WARHURST, A. (1999). Planning for closure from the outset: Towards best practice in public policy and corporate strategy for managing the environmental and social effects of mining. Environmental Policy in Mining - Corporate Strategy and Planning for Closure. A. Warhurst and L. Noronha. London, Lewis Publishers: 497-502.

WERNIUK, J. (2001). "Mines prepare for life after closure - Back to nature." Canadian Mining Journal (December): 10-15.

WILLIAMS, G. (1993). "Closing a hardrock mine - Can you ever walk away?" Rocky Mountain Mineral Law Institutes (40).

WMI (1994). Environmental issues group, Whitehorse Mining Initiative.

WOLFE, J. M. (1992). Mine closure in single-industry mining towns and the problems of residual activity. Coping With Closure: An International Comparison of Mine Towns Experiences. C. Neil, M. Tykkylainen and J. Bradbury. London, Routledge: 192.

WORLD BANK (1996). The World Bank Participation Sourcebook. In: World Bank Environmentally Sustainable Development Proceedings Series, Washington, D.C., World Bank