**ESTUDO DA EFETIVIDADE DOS PLANOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS (PRADs) DE ATIVIDADES DE EXPLOTAÇÃO DE MINÉRIO DE
FERRO NA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG.**

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016660

IURI VIANA BRANDI

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos, da
Univesidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Marozzi Righetto

São Carlos - SP

1994

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 14/10/94 pela
comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Marozzi Righetto
Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
Universidade Federal de São Carlos

Prof^a. Dra. Maria do Carmo Calijuri
Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Presidente da CPG

Aos meus pais e
aos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Antonio Marozzi Righetto pela orientação e apoio dispensado desde a elaboração do projeto de pesquisa até a conclusão desta dissertação.

Ao Prof. José Francisco do Prado Filho, do Dep. de Engenharia Gerencial da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto pela intensa participação e colaboração no planejamento das pesquisas realizadas. Seu trabalho como co-orientador contribuiu para que o projeto de pesquisa se concretizasse como contribuição aos estudos ligados às ciências ambientais.

Ao Prof. Marcelo Pereira de Souza do Dep. de Hidráulica e Saneamento - EESC/USP pelos primeiros passos no entendimento das questões legais envolvendo as questões ambientais.

Às bibliotecárias da EESC/USP e UFOP pelo bom nível dos trabalhos prestados.

Às empresas de mineração do Quadrilátero Ferrífero - MG que apoiaram o trabalho de investigação de campo, permitindo o acompanhamento às atividades de controle ambiental por, aproximadamente, 03 meses, viabilizando a execução dos objetivos apresentados inicialmente. Agradeço em especial:

Carlos Vieira - COMPANHIA VALE DO RIO DOCE - TIMBOPEBA

Roberto Rocha Borba - COMPANHIA VALE DO RIO DOCE - TIMBOPEBA

Rodrigo Dutra Amaral - S.A. MINERAÇÃO DA TRINDADE - SAMITRI

Marcelo W. Geovannini- S.A. MINERAÇÃO DA TRINDADE - SAMITRI

Sérgio José Leite Dias- SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

À FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - MG, através dos seus técnicos, pelo apoio aos trabalhos realizados.

Aos amigos Eduardo Collares e Mônica Montalvane pelos inúmeros favores prestados, aos primos Galileu e Guilherme pelo apoio logístico ao trabalho de pesquisa na FEAM - MG e a Luiz Antônio dos Prazeres pela revisão do texto.

SUMÁRIO

	Pg.
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE FOTOGRAFIAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	01
1.1 - A importância do trabalho	02
1.2 - A gestão ambiental no Brasil	03
CAPÍTULO II	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	06
2.1 - O processo de recuperação ambiental - Conceitos e definições	06
2.2 - A avaliação dos impactos ambientais e sua relação com os PRADs	10
2.3 - As metodologias de avaliação dos impactos ambientais	12
2.4 - Os estudos de impacto ambiental na mineração	15
2.4.1 - O escopo do EIA para empreendimentos de mineração	20
2.5 - O PRAD como instrumento de planejamento e gestão ambiental	24
2.6 - Aspectos importantes na análise dos PRADs	28
CAPÍTULO III	
MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 - O meio físico da região do Quadrilátero Ferrífero	31
3.1.1 - Área de estudos	32
3.2 - Geologia regional e local	34
3.3 - Geomorfologia	35
3.4 - Clima	36
3.5 - Pedologia	37
3.6 - Os recursos biológicos	40
3.7 - Os recursos hídricos	42

	Pg.
3.8 - Metodologia	43
3.8.1 - Seleção, pesquisa e levantamento dos PRADs	43
3.8.2 - Análise das compatibilidades	46
3.8.3 - Análise da efetividade dos PRADs segundo o planejamento e o cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental	49
3.8.4 - Análise das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs	51
3.8.5 - Análise da efetividade das medidas mitigadoras apresentadas nos PRADs	53
3.8.6 - Análise da efetividade dos programas de controle e monitoramento ambiental	54
 CAPÍTULO IV	
ESTUDO DE CASOS -	
LEVANTAMENTO DE CAMPO: O PRAD COMO INSTRUMENTO DE	
GESTÃO AMBIENTAL	56
4.1 - Os limites geográficos	57
4.2 - Os recursos geocológicos da região estudada	59
4.3 - Descrição e avaliação dos impactos ambientais	60
4.4 - As metodologias de recuperação ambiental levantadas em campo: Variáveis e fatores condicionantes	70
 CAPÍTULO V	
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.1 - Resultados da análise dos objetivos dos projetos de recuperação ambiental	80
5.2 - Resultados da análise dos métodos de AIA utilizados ou sugeridos nos PRADs	82
5.3 - Resultados da análise do planejamento e dos cronogramas de execução das atividades de recuperação ambiental	83
5.4 - Resultados da análise das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs	85
5.5 - Resultados da análise das medidas mitigadoras	87
5.6 - Resultados da análise dos programas de controle e monitoramento ambiental	89
 CAPÍTULO VI	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	92
 ANEXOS	99
 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	107

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 01- Roteiro para elaboração dos programas de recuperação ambiental.	09
Figura 02 - Conteúdo de um EIA incluindo o projeto de recuperação ambiental. (Modificado de FERNÁNDEZ, 1991).	23
Figura 03 - Gestão ambiental de um empreendimento de mineração. (Modificado de HIGGINS, 1988).	27
Figura 04 - Modelo geral de recuperação de superfícies mineradas. (BARTH, 1989).	30
Figura 05 - Esboço cartográfico do Quadrilátero Ferrífero - MG. (Modificado de GUILD, 1960).	33
Figura 06 - Geologia regional e localização das áreas de levantamento de campo. (Modificado de DORR, 1969).	35
Figura 07 - Critérios considerados na análise dos objetivos dos PRADs.	47
Figura 08 - Critérios de análise relacionados aos métodos de AIA apresentados nos PRADs.	49
Figura 09 - Critérios de análise referentes ao planejamento e ao cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental.	50
Figura 10 - Critérios considerados no estudo da efetividade das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs.	52
Figura 11 - Critérios usados na análise da efetividade dos PRADs segundo as medidas mitigadoras apresentadas.	54

	Pg.
Figura 12 - Critérios de análise dos PRADs relacionados aos programas de monitoramento ambiental apresentados.	55
Figura 13 - Mapa de localização dos empreendimentos mineiros cujos PRADs foram selecionados para o estudo. (Modificado de BARBOSA, 1965).	58
Figura 14 - Características e avaliação dos impactos ambientais nas áreas estudadas.	67
Figura 15 - Planilha de representação da recuperação ambiental nas áreas estudadas.	69
Figura 16 - Modelo de recuperação ambiental adotado nas áreas estudadas.	69
Figura 17 - Quadro-síntese das principais metodologias de recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração de ferro na borda leste do Q.F.	74
Figura 18 - Análise dos objetivos dos projetos de recuperação ambiental.	81
Figura 19 - Análise dos métodos de AIA utilizados ou sugeridos nos PRADs.	82
Figura 20 - Análise do planejamento e dos cronogramas de execução das atividades de recuperação ambiental.	84
Figura 21 - Análise das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs.	86
Figura 22 - Análise das medidas mitigadoras apresentadas nos PRADs.	88
Figura 23 - Análise dos programas de controle e monitoramento ambiental.	90

Pg.

Figura 24 - Quadro de representação dos objetivos dos projetos de
recuperação ambiental. 105

Figura 25 - Quadro de representação das principais alterações da mineração
nos elementos constituintes das paisagens.
(Modificado de GRIFFITH, 1991). 106

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pg.
Foto 01 - Transformações na fisiografia da região da jazida.	62
Foto 02 - Alterações na rede hidrográfica dos principais cursos d'água da região da jazida.	62
Foto 03 - Alteração da qualidade das águas.	64
Foto 04 - Alteração da qualidade do ar.	64
Foto 05 - Preparo do terreno para plantio de mudas. Uso de serrapilheira e camada vegetal morta.	75
Foto 06 - Uso de sacos de aniagem com "coquetel" de sementes de gramíneas e leguminosas forrageiras, esterco de gado, solo e fertilizantes químicos.	75
Foto 07 - Preparo do talude para plantio de mudas. Reposição de solo orgânico, calagem, adubação, etc.	76
Foto 08 - Revegetação com placas de grama.	76
Foto 09 - Sustentação da grama com bambu em taludes íngremes.	77
Foto 10 - Revegetação através de hidrossemeadura.	77

LISTA DE TABELAS

	Pg.
Tabela 01 - Síntese dos principais métodos de AIA citados pela literatura. (Modificado de MOREIRA et al., 1992).	14
Tabela 02 - Nome das empresas, jazidas e características dos empreendimentos mineiros selecionados para o estudo.	46
Tabela 03 - Variáveis e condicionantes ambientais das áreas submetidas à recuperação ambiental.	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

AID - Área de Influência Direta

AII - Área de Influência Indireta

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EPA - Environmental Protection Agency

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente - MG

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos
Recursos Naturais Renováveis

NEPA - National Environmental Policy Act

Q.F.- Quadrilátero Ferrífero

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

S.G. - Super Grupo

RESUMO

BRANDI, I.V. Estudo da efetividade dos planos de recuperação de áreas degradadas (PRADs) de atividades de exploração de minério de ferro na região do Quadrilátero Ferrífero - MG. São Carlos, 1994. 114 p.
Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a efetividade dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) como instrumentos de planejamento, controle e gestão ambiental em áreas de influência de atividades de extração de minério de ferro situadas na região do Quadrilátero Ferrífero - MG. Foram selecionados 10 (dez) documentos (PRADs), dispostos na Fundação Estadual do Meio Ambiente - MG, relativos a empresas de mineração de pequeno a grande portes, de acordo com suas escalas de produção, representando os tipos de empreendimentos de mineração de ferro da região do quadrilátero. As análises basearam-se em artigos da Legislação Ambiental Federal e Estadual vigentes e no levantamento, em campo, das variáveis ambientais e técnicas, e dos fatores condicionantes da recuperação de áreas degradadas. Os resultados obtidos indicam que os documentos analisados são usados, principalmente, como banco de dados dos recursos naturais e dos impactos ambientais provocados na região das minas, auxiliando as empresas no planejamento da recuperação de áreas degradadas. Porém, apenas em casos específicos foram efetivadas as propostas de recuperação ambiental apresentadas nos documentos.

Palavras-chave: Recuperação ambiental - Impactos ambientais - Mineração
Planejamento ambiental

ABSTRACT

BRANDI, I.V. Study of effectiveness of reclamation plans for decayed areas (PRADs) of iron ore extraction activities in the region of Quadrilátero Ferrífero - MG. São Carlos, 1994. 114 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The main objective of this work is to evaluate the effectiveness of PRADs (Reclamation Plans for Decayed Areas) as planning means, control and environmental management in areas influenced by the activity of iron ore extraction situated in the area of Quadrilátero Ferrífero - Brasil. Ten documents (PRADs) disposed in "Fundação Estadual do Meio Ambiente" related to medium-sized and small enterprises were selected, according to their production rate representing the types of mining business in the region of Quadrilátero Ferrífero. The analysis of PRADs are based in articles of the enforced Federal and Local Environmental Legislation and "in locus" research of the environmental and technical variations and the conditioning factors of the environmental reclamation of decayed areas. The results obtained indicate that PRADs are used, mainly, as data store of natural resources and environmental impacts found in the mining regions helping the enterprises in the reclamation planning of the decayed areas. Only in specific cases were made effective the proposal of reclamation shown in the documents.

Key-words: Environmental reclamation - Environmental impacts
Mining - Environmental planning

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos minerais proporciona alterações irreversíveis na superfície e subsuperfície da Terra. Entretanto, com o aperfeiçoamento das técnicas de mineração e da política ambiental, maior ênfase tem sido dada às questões ambientais no planejamento e gerenciamento das atividades pertinentes ao setor mineral. Neste contexto, inserem-se as mineradoras da região do Quadrilátero Ferrífero - MG que, atuando no maior pólo de minério de ferro do mundo, vêm se preocupando mais efetivamente com a proteção ambiental das áreas de influência das minas e a recuperação das áreas degradadas.

Os recursos naturais não-renováveis disponíveis no Quadrilátero Ferrífero, compreendem, entre tantos, jazidas de minério de ferro de formação datada no pré-cambriano, com enriquecimento no proterozóico inferior (~ 2.000 M anos). O fato dos depósitos de minério de ferro na região do Q.F. apresentarem o mesmo processo de evolução, faz com que as características geológicas (litologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal, etc) sejam homogêneas em quase toda a extensão da região.

O estudo da efetividade dos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas embasados na Legislação Ambiental e elaborados conforme o "Roteiro para elaboração do PRAD" sugerido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, de Minas Gerais, tem como principais objetivos:

- i) Avaliar o grau de cumprimento das exigências legais e verificar o nível de importância com que são tratadas as questões ambientais no setor mineral;
- ii) Analisar a consistência científica dos PRADs quanto a utilização de metodologias de AIA, das técnicas de recuperação ambiental empregadas e dos modelos de gerenciamento e monitoramento ambiental utilizados em cada caso;
- iii) Avaliar os resultados dos trabalhos de recuperação ambiental já realizados, verificando as similaridades e as diferenças entre os casos tomados como objeto de estudo;

iv) Correlacionar o conteúdo existente nos PRADs com a realidade desenvolvida nas práticas de campo;

v) Identificar as variáveis e os fatores condicionantes de ordem ambiental e empresarial que influenciam na efetividade das medidas mitigadoras de impactos ambientais e dos métodos de recuperação ambiental adotados em áreas sob influência das atividades de mineração de ferro no Q.F.;

vi) Obter subsídios para elaboração de modelos eficientes de gerenciamento e monitoramento ambiental para áreas submetidas às atividades de exploração de minério de ferro.

1.1 - A importância do trabalho

A necessidade de sistematizar e sintetizar os métodos de recuperação/reabilitação de áreas degradadas por atividades de mineração vem aumentando desde que a Constituição Federal de 1988 passou a exigir do setor mineral, projetos de recuperação ambiental mais eficientes.

Com a regulamentação do PRAD (Plano de Recuperação de Área Degradada), através do Decreto Lei 97.632, de 10 de abril de 1989, os órgãos estaduais de meio ambiente passaram a exigir maior controle ambiental, por parte das empresas, nas áreas de influência dos empreendimentos de mineração, colaborando assim com o aprimoramento dos programas de monitoramento e controle da qualidade ambiental das áreas submetidas a algum tipo de impacto ambiental.

Os documentos selecionados para análise possuem significativa homogeneidade, uma vez que foram elaborados a partir de um mesmo "Roteiro". Tal fato, porém, não influenciou no número de análises e levantamentos realizados. As diferentes condições de operação, as variáveis ambientais e empresariais envolvidas nos projetos de lavra e recuperação ambiental demandaram maior detalhamento das análises propostas inicialmente.

Nos documentos selecionados para a pesquisa, foram considerados, principalmente, os seguintes quesitos na verificação do grau de cumprimento do conteúdo mínimo exigido por lei para elaboração dos projetos de recuperação ambiental:

- a) Definição do uso futuro das áreas degradadas, justificando a escolha da melhor opção, baseando-se na condição de equilíbrio dos seus recursos naturais;
- b) Recomposição topográfica e paisagística das áreas degradadas;
- c) Identificação e mapeamento das diferentes áreas a serem reabilitadas;
- d) Descrição das etapas e métodos de reabilitação, considerando o potencial da área para determinado fim;

- e) Definição do cronograma de execução das atividades propostas;
- f) Formulação de um programa de monitoramento ambiental.

Diante da complexidade que caracteriza os estudos das ciências ambientais, são conhecidas as limitações a que está submetida esta pesquisa. No entanto, espera-se que, com este trabalho, sejam dadas, a curto prazo, contribuições no aperfeiçoamento da elaboração dos PRADs, especificamente nos casos de mineração de ferro, tornando-os instrumentos úteis no controle da qualidade ambiental no dia-a-dia das atividades minerárias.

Acredita-se também que, com o desenvolvimento de estudos desta natureza, haja maior motivação no sentido de otimizar os instrumentos de planejamento e gestão ambiental inseridos no contexto empresarial. Com o desenvolvimento sócio-econômico e tecnológico atual, torna-se necessário promover trabalhos científicos que assegurem a qualidade ambiental de áreas submetidas a alterações nas suas condições naturais de equilíbrio.

1.2 - A gestão ambiental no Brasil

O sistema jurídico-ambiental vigente no país compreende, basicamente, a seguinte evolução e atribuições:

A promulgação do primeiro Decreto-Lei (Decreto-Lei 248), instituindo a Política Nacional de Saneamento Básico, e do Decreto-Lei 303, que criou o Conselho Nacional de Controle da Poluição Ambiental deram-se em 1967. O primeiro deles compreendia um conjunto de diretrizes relacionadas às áreas de saneamento básico e abastecimento de água. O segundo, contendo os princípios gerais para uma política global de tutela ambiental, possuía a finalidade de promover e coordenar, em âmbito nacional, as atividades de controle da poluição do meio ambiente.

Só então, em 1973, quando, sob a influência da Conferência de Estocolmo Sobre o Ambiente Humano, o II Plano Nacional de Desenvolvimento - PND traçou diretrizes e prioridades para a preservação do meio ambiente, deixando clara a posição internacional que o Brasil assumiria a partir daquele momento, considerando os objetivos do desenvolvimento econômico do país. Neste mesmo ano, foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, vinculada ao Ministério do Interior e orientada, principalmente, para a conservação dos recursos naturais. Em seguida, foi reconhecida pela SEMA, a necessidade de se exigir dos empreendimentos econômicos causadores de danos ecológicos, responsabilidades na conservação e proteção da qualidade ambiental.

A partir das questões básicas sobre a tutela ambiental, com relação à água, ar, ruído e florestas, criou-se um mecanismo para a avaliação dos impactos ambientais de alguns empreendimentos. Denominados de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, eles foram instituídos em 23 de janeiro de 1986, através da Resolução nº 001 do CONAMA (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE), tornando possível a avaliação das consequências ecológicas e sócio-econômicas dos projetos. Essa mesma Resolução estabeleceu diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas críticas.

A Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada oito anos depois pela Lei 7.804, de julho de 1989, e também pela Lei 8.028, de 1990, marcou o início da ação planejada. Com ela foi criada a Política Nacional de Meio Ambiente, bem como constituído o Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, que determinaria os fins e mecanismos de aplicação dessa política. Como instrumento principal de sua ação, foi instituído o procedimento de licenciamento e revisão das atividades potencialmente poluidoras. Os princípios constantes da Política Nacional de Meio Ambiente foram reiterados pela Assembléia Constituinte na elaboração da Carta Constitucional de 1988 e pelas Cartas Estaduais.

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executivo federal do SISNAMA, vinculado à SEMAN, compete várias ações, entre elas: executar e fazer executar a política e as diretrizes fixadas para o meio ambiente; estabelecer o zoneamento ambiental para estações ecológicas federais, fiscalizar e controlar a aplicação de critérios, normas e padrões de qualidade ambiental, supletivamente aos órgãos estaduais e locais; propor ao CONAMA normas para implantação do cadastro técnico federal de atividades e instrumentos de defesa ambiental; determinar, em caráter supletivo aos Estados, a redução de atividades geradoras de poluição; emitir parecer sobre licenciamento de estabelecimentos destinados a produzir materiais nucleares ou a utilizar a energia nuclear e suas aplicações; e fornecer licenciamento de atividades a obras com significativo impacto ambiental, em âmbitos nacional e regional.

Com o vigor da Constituição Federal de 1988, o CONAMA passou a exigir das empresas do setor mineral, maior controle da qualidade ambiental das áreas em processo de lavra e nas imediações destas. Além do EIA-RIMA necessário à implantação de projetos de desenvolvimento econômico, passou-se a exigir um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para áreas cujas condições naturais de equilíbrio foram muito alteradas pelas atividades de mineração.

Foi então que o Governo Federal, através do Decreto-Lei 97.632, de 10 de abril de 1989, regulamentou o art. 2º, inciso VIII, da Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, dando-lhe providências, conforme descrito a seguir:

"O Presidente da República no uso das atribuições que lhe confere o art. 84, inciso IV da Constituição Federal, decreta:

Artigo 1º - O empreendimento que se destinar à exploração dos recursos minerais deverá, quando da apresentação do EIA-RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada.

Parágrafo Único - Para empreendimentos já existentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente, no prazo de 180 (cento e oitenta) dias, a partir da data de publicação deste Decreto, um plano de recuperação de área degradada.

Artigo 2º - Para efeito deste Decreto, são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Artigo 3º - A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

Artigo 4º - Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Artigo 5º - Revogam-se as disposições ao contrário."

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Da década de sessenta em diante, iniciado nos países da América do Norte e Europa, e rapidamente disseminado por todo o mundo, o processo de Avaliação dos Impactos Ambientais - (AIA) vem aperfeiçoando-se, tanto no setor jurídico como nos programas de planejamento e gerenciamento ambiental, imprescindíveis aos projetos de desenvolvimento. Com a regulamentação do EIA-RIMA, no qual o PRAD está inserido, maior importância vem sendo dada às questões ambientais relacionadas às propostas de desenvolvimento apresentadas por empresas de diversos setores. No caso das mineradoras, a exigência da elaboração do PRAD contribuiu para o aperfeiçoamento dos planos diretores de meio ambiente e a formação de equipes especializadas em recuperar e manter a qualidade ambiental das áreas situadas nas imediações da região da mina.

2.1 - O processo de recuperação ambiental

- Conceitos e definições

As normas técnicas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para elaboração e apresentação de projetos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração (NBR 13.030) redefinem os elementos básicos para a efetiva recuperação de superfícies mineradas. Dentre as definições que mais interessam ao processo, podem-se citar:

- 1 - Adequação paisagística: harmonização da paisagem de áreas mineradas, com o intuito de minimizar o impacto visual;
- 2 - Áreas degradadas: áreas com diversos graus de alteração dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração;
- 3 - Compensação: modalidade de ressarcimento alternativo ou complementar à reabilitação;

4 - Manejo sustentável: práticas e controles compatíveis com a manutenção dos parâmetros ambientais dentro de limites previamente estabelecidos, visando dispensar a ação antrópica futura;

5 - Reabilitação/recuperação: conjunto de procedimentos através dos quais se minimizam os impactos bióticos e abióticos causados pelas atividades de mineração, de acordo com um planejamento pré-estabelecido;

6 - Sucessão natural: Reaparecimento da vegetação nativa em um ambiente degradado, através dos métodos de propagação vegetativa natural, sem a participação antrópica;

7 - Uso futuro: utilização prevista para determinada área, considerando suas aptidões e intenções de uso.

Com a evolução dos quesitos impostos pela Legislação Ambiental e a criação de normas técnicas para elaboração de programas de recuperação ambiental, os setores mineral e acadêmico tomaram maior impulso no desenvolvimento de técnicas e métodos que visam aprimorar a eficiência das atividades de reabilitação das superfícies degradadas pelas atividades de mineração.

GRIFFITH (1992) evidencia as diferenças na ordem de grandeza dos empreendimentos mineiros, os quais variam desde os garimpos não organizados até as grandes empresas multinacionais que exploram, em sua maioria, minério de ferro e ouro em todo o Estado nacional. As técnicas comumente adotadas, seja em pequenas ou grandes empresas, podem ser assim resumidas:

- Construção de barragens de rejeito;
- Disposição controlada do estéril;
- Seleção de espécies vegetais;
- Produção de mudas;
- Hidrossemeadura;
- Adubação;
- Conservação da camada fértil do solo;
- Colocação de serrapilheira (camada solta na superfície do solo sob florestas, constituída de folhas caídas, ramos, caules, cascas, frutos, sementes, insetos e microorganismos);
- Incorporação da fauna silvestre no plano de recuperação;
- Planejamento a longo prazo.

Embora muitas destas técnicas sejam utilizadas em áreas de diferente potencial de uso ou estado de degradação, as metodologias de recuperação devem ser específicas para cada situação encontrada no campo. Cada empresa deve criar o seu corpo técnico especializado em gerenciar atividades relacionadas ao controle

ambiental das áreas de influência dos projetos de mineração. A importância do PRAD como instrumento de gerenciamento ambiental refere-se à capacidade de sintetizar num mesmo documento os recursos naturais das áreas de influência da jazida, os impactos ambientais provocados pela implantação do projeto e as variáveis de ordem empresarial e ambiental que regulam o sistema objeto de estudos. Além disso, através do PRAD, e do EIA-RIMA, poder-se-á com mais segurança traçar os objetivos da recuperação ambiental dentro das reais possibilidades permitidas para cada área degradada. Somente a partir de levantamentos dos meios físico, biológico e sócio-econômico, e das propostas de desenvolvimento das minas a curto e longo prazos, propostas eficientes de reabilitação ambiental podem ser formuladas para as áreas de influência das mineradoras.

BITAR et al. (1990) chama a atenção para a identificação dos principais elementos interativos e seus fatores condicionantes numa análise do meio físico para a elaboração de um EIA. Os autores consideram fundamental diferenciar os elementos interativos essenciais dos reguladores. Os primeiros correspondem aos componentes materiais que participam do processo de forma passiva. Os parâmetros que caracterizam os elementos essenciais são constantes neste ambiente.

Os elementos reguladores são ativos, desencadeando o processo ou condicionando sua intensidade. Correspondem aos agentes físicos, químicos, biológicos ou humanos e também à ação de outros processos. Os parâmetros que caracterizam um elemento regulador são variáveis. É necessário, pois, selecionar os parâmetros que melhor contribuem para a caracterização do processo, possibilitando sua qualificação e quantificação conforme a necessidade do estudo. Todos estes elementos correspondem aos princípios básicos da elaboração do PRAD. O entendimento do funcionamento dos ecossistemas e de suas interrelações com outros sistemas ambientais vizinhos propicia certa segurança na formulação de planos gerenciais que garantam a qualidade ambiental nas áreas que sofrem interferência das operações de extração mineral.

De forma geral, as empresas de mineração utilizam o seguinte roteiro proposto para elaboração dos programas de recuperação ambiental:

FIGURA 01 - Roteiro para elaboração dos programas de recuperação ambiental.

2.2 - A avaliação dos impactos ambientais e sua relação com os PRADs

O processo de Avaliação dos Impactos Ambientais compreende, resumidamente, as seguintes etapas (BISSET, 1980):

a) Elaboração do diagnóstico ambiental, no qual serão levantados os elementos constituintes do meio ambiente das áreas de influência dos empreendimentos a serem implantados, ou seja, elementos interativos regionais e locais dos meios físico, biológico e sócio-econômico, na fase de planejamento da instalação. O prognóstico ambiental insere-se nesta etapa de análise como estudo prévio das condições ambientais futuras, de acordo com as tendências naturais de desenvolvimento, sem a implantação dos empreendimentos;

b) Identificação dos prováveis impactos ambientais durante e após a vida útil dos empreendimentos, assim como a indicação dos fatores que induziram as transformações nos meios naturais, proporcionando condições de degradação dos níveis de qualidade ambiental dos ecossistemas;

c) Previsão e quantificação dos impactos identificados. Compreende o prognóstico ambiental dos efeitos da implantação dos projetos de desenvolvimento e a mensuração feita através de técnicas ou modelos previamente estabelecidos para o estudo da magnitude dos impactos ambientais, geralmente feito por meio de escalas hipotéticas de magnitude ou valoração;

d) Indicação de medidas mitigadoras de impactos ambientais, propondo minimizar e controlar os efeitos dos impactos gerados, acompanhando a evolução das medidas implantadas e diagnosticando novas situações de risco. São usados para o controle ambiental destas medidas, diversos recursos técnicos, como bioensaios, observações de campo, medições meteorológicas, etc, no intuito de levantar dados que reflitam os níveis de qualidade dos sistemas ambientais sob análise;

e) Comunicação e divulgação dos resultados obtidos, a partir das análises das condições ambientais, ao público e à comissão envolvida no processo de tomada de decisão pela implantação do empreendimento no local previamente proposto;

f) Revisão do EIA-RIMA pelos órgãos públicos competentes e sua discussão com diversos setores da comunidade. Nesta etapa são avaliados os benefícios e prejuízos da implantação do projeto, as transformações ocasionadas e as diretrizes locais envolvidas. São julgados os levantamentos contidos no EIA e suas significâncias, assim como os modelos de planejamento e gestão ambiental propostos, conferindo ao órgão público e à comunidade, capacidade de julgar a importância dada às questões ambientais ao longo e após a vida útil dos empreendimentos;

g) Proposição de planos de monitoramento ambiental, os quais visam a implantação de métodos e programas de acompanhamento, sugeridos pelos órgãos ambientais, de forma a retratar a evolução da qualidade ambiental das áreas submetidas a medidas mitigadoras dos impactos ambientais e processos de recuperação ambiental. São comuns nos processos de monitoramento os ensaios biológicos e físico-químicos na verificação dos níveis de qualidade ambiental dos cursos d'água, utilização de aparelhos de medição da poluição do ar, análise dos nutrientes do solo, pH, e índices de diversidade da flora e fauna, tanto aquática como terrestre.

Atualmente, maior ênfase tem sido dada aos programas de auditoria ambiental, a níveis nacional e internacional. O intercâmbio proporcionado aos projetos relativos a áreas co-localizadas, no que diz respeito ao controle da qualidade ambiental durante e após as suas vidas úteis, vem otimizando as metodologias de gerenciamento ambiental usuais em diversos setores econômicos. Este processo confere um padrão internacional aos níveis de qualidade ambiental das empresas envolvidas nos programas de auditoria. Com isso surgem novas estratégias de trabalho, propiciando maior evolução dos programas de monitoramento e controle ambiental.

Por sua vez, os projetos de recuperação ambiental, representados legalmente pelos PRADs, correspondem aos instrumentos de controle ambiental mais requisitados no processo de fiscalização dos empreendimentos de mineração. Inserido no contexto do EIA-RIMA, o PRAD é o principal instrumento de planejamento e gerenciamento ambiental no processo de Avaliação dos Impactos Ambientais. Também é útil como banco de dados às auditorias ambientais realizadas pelas empresas do setor mineral que mantêm interesse na conservação da qualidade ambiental nas áreas de influência do projeto de mineração implantado.

O PRAD contempla não só as metodologias de avaliação dos impactos ambientais como todo o processo de tomada de decisões na implantação de medidas que alteram a qualidade ambiental das áreas situadas nas imediações das jazidas. Torna-se portanto, um documento de relevada importância no contexto do planejamento a longo prazo das medidas a serem tomadas ao longo da vida útil dos projetos.

2.3 - As metodologias de avaliação dos impactos ambientais

CLARK et al. (1980) reservam o termo "técnica" para especificar os procedimentos contidos na análise dos impactos ambientais, os quais estimam seus efeitos. Geralmente essas técnicas são instrumentos que prescrevem uma porção do processo de avaliação dos impactos ambientais.

Estes aspectos são imprescindíveis na qualificação e definição dos tipos de impactos gerados com a implantação de determinados empreendimentos, assim como a utilização de metodologias de avaliação que melhor condizem com a natureza do problema, sua profundidade e interações com o meio ambiente.

Outros autores, como SHOPLEY & FUGGLE (1984), definem a análise dos impactos ambientais simplesmente como uma relação causa-efeito. A causa é qualquer ação de implantação de um projeto econômico que tem um efeito negativo sobre a qualidade do meio ambiente. Estes efeitos surgem nos ambientes biofísicos e sócio-econômicos, provenientes de uma causa diretamente relacionada ao projeto, denominados impactos de primeira ordem ou primários. Já os impactos secundários são aqueles efeitos nos ambientes sócio-econômicos e biofísicos que surgem de uma ação que não é diretamente proveniente da implantação do projeto. Sua ocorrência é definida pela interdependência existente entre os dois sistemas.

A caracterização ou denominação dessas classes de impactos varia de autor para autor, destacando-se, porém, a preocupação na distinção entre causas e efeitos provocados pela ação direta ou indireta da implantação do empreendimento.

Desde 1970, com a provisão do National Environmental Policy Act (NEPA), nos Estados Unidos da América, os métodos de AIA vêm se desenvolvendo à medida que são promovidos avanços tecnológicos que permitem correlacionar as atividades econômicas e as ciências ambientais. Exemplos clássicos como a Matriz de Leopold et al. (1971), o método de "Map Overlay de McHarg (1971, original de 1968) e o método Network de Sorensen (1971), serviram de base para o avanço desta linha de estudos. Considera-se, entretanto, nos diversos casos existentes, a complexidade das interações entre os componentes dos sistemas ambientais, seus efeitos aos impactos ambientais de variados tipos e magnitudes e suas implicações na eficiência dos métodos de avaliação utilizados.

SHOPLEY & FUGGLE (1982) reconheceram que vários métodos e técnicas podem e devem ser combinados na intenção de montar uma AIA individual, ou podem ser adaptados de acordo com as necessidades e condições de uma avaliação particular.

HOLLING (1980) formalizou a opinião de que o processo de seleção de métodos e técnicas pode ser realizado numa rede estruturada para encontrar as condições de se efetuar uma AIA sob diferentes circunstâncias, considerando diversas tendências de desenvolvimento ao longo dos anos. Essa tese central indica que a AIA deve ser parte do planejamento e política de formulação dos projetos de desenvolvimento, sendo porém, mais eficiente, após a implantação do projeto, quando o volume de dados é mais significativo.

A divisão em categorias de procedimentos para AIA partiu, inicialmente, de CLARK* et al.(1978b) apud WARNER & PRESTON ; SHOPLEY & FUGGLE (1982), como: ad hoc, check lists, matrizes, networks e overlays. Com o passar dos anos, métodos novos são acrescentados, como os que utilizam modelos computacionais, sistemas de informações geográficas, técnicas de avaliação e estimação, e métodos adaptados. A TABELA 01 apresentada a seguir faz uma abordagem aos principais métodos de AIA atualmente em uso e suas características pertinentes.

* CLARK et al. *Methods of environmental impact analysis*. Built Environmental. 1978b. 4, p.111-121.

SHOPLEY, J.B. & FUGGLE, R.F. "A comprehensive review of current environmental impact assessment methods and techniques". *Journal of Environmental Management*, V. 18, p.25-47, 1984.

TABELA 01- Síntese das principais metodologias de AIA citadas pela literatura. (Modificado de MOREIRA et al.,1992).

MÉTODO	SÍNTESE	APLICAÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Ad Hoc	Estimativa rápida de AIA. Descrição sucinta dos processos naturais do ecossistema sob visão interdisciplinar.	Quando se deseja fazer um breve levantamento para efeito de certificações.	Baixo custo. Rapidez.	A legislação não permite sua utilização como instrumento de AIA. Baixo grau de detalhamento e falta de dados específicos.
Check Lists	Lista de fatores ambientais. Podem ser descritivas, escalares, e escalares ponderadas.	Etapa inicial do processo de AIA. Descrição das interrelações ambientais e empresarias. Diagnóstico ambiental das áreas de influência. Valoração dos impactos e julgamento das alternativas.	Evita omissão de impactos. Análise rápida dos impactos. Possibilita interrelacionar os impactos de forma subjetiva.	O meio ambiente é classificado em compartimentos. A abordagem é superficial e unidirecional. Não consideram a dinâmica dos sistemas ambientais. Resultados subjetivos.
Matrizes	Listagens de controle em dois eixos, combinando as ações humanas e os indicadores dos impactos.	Identificação dos impactos ambientais diretos. Valoração segundo escalas de referência.	Boa disposição visual do conjunto de impactos. Baixo custo. Fácil elaboração e entendimento.	Não consideram a dinâmica dos sistemas ambientais. Não identificam impactos indiretos. Não consideram as características espaciais dos impactos.
Redes de Interação (Networks)	Diagramas sequenciais representando as cadeias de impactos gerados pelas ações do projeto.	Identificação dos impactos ambientais diretos e indiretos (primários, secundários, etc) Análise local dos impactos.	Fácil entendimento das interrelações ambientais. Possibilidade de se levantar dados do comportamento da biota sob efeito dos impactos.	Não consideram aspectos temporais e espaciais dos impactos. Não atendem às etapas da AIA. Não prevêem cálculo da magnitude. Não consideram a dinâmica dos sistemas ambientais.
Superposição de cartas (Map overlays)	Preparação de cartas temáticas para síntese dos fatores ambientais através da superposição dos dados ou processamento no computador.	Diagnósticos ambientais. Planos de ordenamento territorial.	Boa disponibilidade visual. Interrelação espacial bem definida. Possibilidade de se visualizar as condições futuras de estabilidade do sistema em análise.	Não quantifica os impactos segundo escalas de valor. Não admite fatores ambientais não-mapeáveis. Não atende às demais etapas do processo de AIA.
Modelos de Simulação	Modelos matemáticos que representam o funcionamento dos sistemas ambientais.	Diagnóstico e prognóstico da qualidade ambiental da área de influência do projeto. Projetos de grande porte.	Considera a dinâmica dos sistemas ambientais, avaliação dos impactos segundo a variável tempo. Tratamento organizado de grande número de variáveis qualitativas e quantitativas	Custo elevado. Uso restrito a operadores de computadores.

2.4 - Os estudos de impacto ambiental na mineração

As transformações ambientais causadas pelas atividades mineradoras envolvem, além das alterações nos recursos naturais, os conflitos sociais, econômicos e até culturais. As alterações na paisagem natural, exposta às pessoas que trafegam na região da mina, é o efeito mais notado pela implantação dos empreendimentos de mineração.

As modificações nos elementos constituintes das paisagens (linha, forma, textura, estrutura, complexidade e cor) contribuem com o estado de instabilidade da paisagem, promovendo intercâmbios irregulares de energia, matéria e informação entre os ecossistemas influenciados pelas ações dos projetos de desenvolvimento (RODRIGUES, 1984).

Segundo CONTRERAS (1991), os Estudos de Impacto Ambiental são estudos técnicos, necessariamente objetivos e de caráter interdisciplinar que se realizam sobre os projetos para prever os impactos ambientais que possam derivar-se da execução de determinadas atividades. Estes estudos devem incluir uma valoração dos impactos ambientais, de forma que permita comparar diferentes alternativas de um mesmo projeto.

Os impactos ambientais negativos sobre a qualidade dos recursos naturais na região da mina contribuem para que a degradação dos recursos naturais do sistema considerado, promovam, na maioria dos casos de atividades de mineração, modificações irreversíveis ao estado original da paisagem. Portanto, os modelos de EIA-RIMA sugeridos pelos órgãos públicos estaduais para atividades de mineração, compreendem critérios de análise que demandam, dos respectivos elaboradores dos documentos, sensibilidade nos trabalhos de diagnóstico ambiental e interpretação do funcionamento dos ecossistemas, a fim de que os dados levantados assegurem um eficaz planejamento ambiental.

De forma sucinta, e para efeito de elaboração de um plano diretor de recuperação e controle ambiental de superfícies mineradas, pode-se assim descrever os principais problemas ambientais causados pelas atividades de extração mineral a céu aberto:

- Impactos sobre a geologia: o principal impacto da lavra sobre a topografia e a geomorfologia é a modificação do relevo. As cavas e as pilhas de estéril originadas das atividades de lavra, juntamente com os efeitos indiretos (exposição de solo, rochas e paredões) provocam impactos secundários como erosões, voçorocas e assoreamentos capazes de mudar toda a estrutura e evolução dos sistemas ambientais adjacentes à área da mina;

- Impactos sobre os recursos hídricos: a alteração do fluxo das águas subterrâneas, alterado pelo rebaixamento do lençol freático, é um dos efeitos negativos no comportamento das águas da região da mina. Também a percolação de elementos contaminantes como óleos e graxas ou elementos químicos usados na concentração do minério podem alterar a qualidade das águas subterrâneas.

As águas superficiais sofrem os efeitos oriundos da remoção da vegetação e alteração da drenagem natural da bacia hidrográfica na área da mina. A qualidade das águas pode ser alterada de acordo com os efluentes lançados pela usina de concentração e a eficiência das medidas mitigadoras adotadas pelas empresas. No caso da mineração de ferro são comuns as alterações na turbidez, na cor, no pH, na DBO e DQO, devido ao assoreamento dos fluxos d'água, provocado, principalmente, pela exposição de material facilmente lixiviável às intempéries naturais;

- Impactos sobre os solos: a remoção da vegetação, as escavações e a abertura de vias de acesso geram problemas de erosão, alteração da estrutura dos solos, diminuição da permeabilidade das camadas de solo aflorantes, etc. Apesar de se ter, na região do Q.F., extensas áreas com exposição de laterita ferruginosa e rochas do S.G. Minas (filitos, itabiritos, quartzitos), é representativa a vegetação desenvolvida sobre este tipo de estrutura. A estabilidade destes sistemas ambientais é facilmente alterada pela modificação de um de seus fatores condicionantes, como por exemplo, a declividade dos terrenos.

As áreas de alta declividade (acima de 20%) apresentam os problemas mais conflitantes. Reduzidas as taxas de infiltração e percolação, pela remoção da cobertura vegetal e alteração da estratificação do solo, juntamente com a modificação da rede de drenagem natural, acentua-se a lixiviação de minerais e nutrientes pela forte energia das águas superficiais, favorecida pela modificação da rede de drenagem;

- Impactos sobre a vegetação: A remoção da vegetação nativa e a modificação da sucessão natural pela introdução de espécies mais adaptáveis às novas condições do local são algumas das alterações provocadas pela ação da mineração sobre o meio vegetal. As espécies nativas, raras ou não, representam um banco genético característico da região, contribuindo de forma conjunta para o equilíbrio ambiental da região onde a jazida está inserida;

- Impactos sobre os ecossistemas aquáticos: a qualidade das águas, alterada pelo input de elementos químicos provenientes das usinas de concentração, afeta,

diretamente, a abundância e a diversidade dos macroinvertebrados (insetos aquáticos) e algas.

Os níveis de ferro e manganês nas imediações das jazidas feríferas são os principais indicadores da qualidade dos cursos d'água que cortam a região da mina. Seus efeitos recaem sobre o pH, a DQO e a turbidez, quantificados através de análises físico-químicas;

- Impactos sobre a ictiofauna: considerado como um impacto secundário, pode representar fator de decisão na implantação de determinadas medidas mitigadoras, pois oferece à comunidade local uma visão unidirecionada dos efeitos negativos que um projeto de mineração pode causar nas imediações da jazida em exploração, uma vez que há um afastamento notável da comunidade de peixes nas áreas de influência da mina;

- Impactos sobre a fauna: as detonações, perfurações, ruídos e outras alterações nos habitats naturais, perturbam as comunidades faunísticas, provocando seu deslocamento, mudança de hábitos, perda de indivíduos e alteração de nichos ecológicos. Os projetos de recuperação devem, no seu contexto, considerar a evolução natural dos ecossistemas em prol da conservação dos habitats das comunidades biológicas estabelecidas no local, antes da implantação do empreendimento. Os objetivos a curto e longo prazos necessitam de um planejamento que vise garantir a estabilidade dos nichos ecológicos. A diversidade da fauna em equilíbrio dinâmico com os outros recursos naturais necessários à sua sobrevivência é um dos fatores que asseguram a estabilidade da qualidade do meio ambiente recuperado;

- Impactos sobre o clima e a qualidade do ar: na ordem de microclima, são quantificáveis as alterações provocadas pela remoção da vegetação e rebaixamento das superfícies elevadas. A radiação solar incidente num determinado local é alterada pela modificação do relevo. A temperatura do ar, seu teor de umidade, os níveis de precipitação e a incidência de ventos, também sofrem alterações diretas.

A circulação de veículos pesados, as detonações e a incidência direta de ventos são as principais causas da emissão de poeiras nas imediações das minas. Os gases liberados pelos veículos também são fontes de poluição, apesar de mais fácil controle e mitigação.

- Impactos sobre a estética: a modificação dos elementos visuais que caracterizam as paisagens são, obviamente, os impactos mais percebidos nas áreas submetidas a atividades de mineração. Muitos dos impactos já citados são causadores diretos da modificação da paisagem natural, recaindo sobre o observador, a sensibilidade para julgar e propor metodologias de recuperação. Em geral, são propostas medidas que visam manter a estabilidade das áreas mineradas, para que na fase de exaustão da jazida, haja suporte para que possam ser criadas novas feições de paisagens, mesmo que estas sejam distintas das originais;

- Impactos sobre os recursos culturais: dependerá, em cada caso, dos limites da área requerida, dos efeitos oriundos dos métodos de lavra adotados e da exposição da mina às comunidades vizinhas. Geralmente são mais significativos quando envolvem sítios arqueológicos ou outros recursos naturais pertencentes à União;

- Impactos sobre a economia e as condições sociais: a oferta de empregos diretos e indiretos, o deslocamento de pessoas para a região da mina e o aperfeiçoamento de profissionais em atividades de mineração são alguns dos impactos positivos neste contexto. O aumento na circulação de capital e na renda *per capita* da população são fatores notificados pela elevação do nível de qualidade de vida dos trabalhadores das empresas de mineração. Com isso há uma melhoria na qualidade dos serviços prestados nas áreas de saúde e educação, proporcionado pelas empresas e pelos governos locais.

SÁNCHEZ (1989) ressalta a viabilidade e efetividade dos trabalhos de controle ambiental conciliados com a etapa de implantação de um projeto de mineração. Da concepção de um plano de pesquisa ao início da lavra, muitos anos se passam, daí a possibilidade de se realizar, em conjunto, os estudos ambientais. Desta forma, a elaboração de um plano ambiental de base conteria dados coletados concomitante à fase de pesquisa mineral. A amostragem geoquímica, por exemplo, pode fornecer informações sobre os habitats aquáticos. A interpretação fotogeológica pode ser complementada por fotointerpretação da vegetação, e as linhas de prospecção geofísica do solo podem ser utilizadas para o controle ou interpretação da flora, assim como de outros recursos naturais dispostos nas imediações das ocorrências minerais.

Em síntese, ao se estudar um recurso natural (no caso da mineração, os recursos geológicos) deve-se orientar a pesquisa mineral tornando-a um instrumento de apoio à gestão ambiental, sem que isto implique em grandes mudanças nas

atividades tradicionais que compõem este levantamento. Da mesma maneira que a pesquisa mineral é dirigida para uma finalidade precisa, objetivando avaliar a jazida, o estudo do meio natural não deve buscar reunir uma coleção de dados sobre a natureza, mas promover uma avaliação do meio, isto é, sua capacidade de absorver impactos e suas tendências de evolução.

A seleção das variáveis a serem monitoradas e os critérios de monitoramento baseados na significância, natureza e magnitude dos impactos, são fatores relevantes na elaboração do plano técnico de monitoramento ambiental, que por sua vez constituirá no principal instrumento de apoio aos EIAs. A detecção das fontes geradoras de resíduos e o levantamento das características e propriedades do ambiente afetado são as linhas-base para uma efetiva proposta de monitoramento ambiental.

LEITE et al. (1990) escreveram que, no caso particular da mineração que exige metodologias próprias para cada situação, é verdadeiro afirmar que as técnicas hoje utilizadas são úteis somente para a identificação preliminar dos impactos ambientais, detectando hipóteses a serem confirmadas em seus alcances e significados. A quantificação baseada na utilização de uma escala arbitrária de valores, posteriormente submetida a tratamentos analíticos, nem sempre pode resultar em uma confiável agregação e avaliação global dos impactos na definição de sua magnitude e significância.

BITAR et al. (1990) definem o processo de mineração em três fases distintas: implantação, funcionamento e abandono relativo da área. Na fase de funcionamento, por ser mais duradoura, as alterações do meio físico são mais atuantes, havendo necessidade de se implantar medidas mitigadoras dos impactos ambientais mais críticos ou iniciar o processo de recuperação ambiental. É importante salientar que os limites das etapas que caracterizam os projetos mineiros se sobrepõem, podendo o abandono ser parcial ou concomitante à exploração de outras jazidas co-localizadas. Dessa forma, é sensato assumir que o processo de recuperação ambiental deve ser iniciado junto à etapa de implantação do projeto mineiro, contribuindo para sua eficiência e a minimização dos seus custos.

Na concepção da Resolução CONAMA 001/86, poderia-se dizer que os recursos sócio-econômicos são os elementos mais beneficiados da implantação de um empreendimento de mineração; as alterações nos meios físico e biológico os efeitos negativos mais atuantes. Então, o planejamento ambiental a curto, médio e longo prazos, alçados nos estudos de impacto ambiental e nos planos anuais de exploração mineral, proporcionará, de acordo com os levantamentos dos meios físico, biológico e

sócio-econômico um efetivo PRAD para as áreas de influência dos empreendimentos de mineração.

2.4.1 - O escopo do EIA para empreendimentos de mineração.

O caráter de complexidade e subjetividade que envolve as questões ambientais, tanto na etapa de planejamento da implantação dos empreendimentos, como no gerenciamento das diversas atividades operacionais do setor mineral, conduziu os órgãos públicos à elaboração de modelos pré-definidos que visassem orientar as empresas de consultoria, na maneira de se proceder perante o processo de Avaliação dos Impactos Ambientais.

Desta forma, conforme estabelecido pela Legislação Ambiental vigente e retratado por muitos autores, entre eles, MUNN (1979), os Estudos de Impactos Ambientais, pertinentes ao setor mineral, devem procurar fornecer aos órgãos estaduais de meio ambiente, o seguinte conteúdo:

a) Informações gerais sobre o empreendimento, assim como as tecnologias a serem empregadas, a análise de custo-benefício, as limitações administrativas impostas pelo poder público e as considerações legais de influência no tipo de projeto que se pretende instalar. Insere-se também neste item, a indicação, em mapas, das unidades de preservação ou conservação ecológicas existentes nas áreas de influência dos empreendimentos, a presença de projetos do mesmo tipo na região e a descrição dos fatores que favorecem a localização do projeto em questão;

b) A caracterização do empreendimento nas fases de planejamento, implantação, operação e desativação. É necessário para isto, a descrição dos projetos de lavra e tratamento do minério com detalhes, incluindo todos os mapas das fases de planejamento e desenvolvimento. É fundamental destacar a importância que cumpre a apresentação do cronograma de atividades nas etapas da vida útil do projeto, como referência ao controle ambiental realizado pelos órgãos públicos;

c) Diagnóstico ambiental das áreas de influência, caracterizando o meio ambiente antes da implantação do empreendimento, ou seja, descrição e avaliação dos elementos integrantes dos meios físico, biológico e sócio-econômico. Os fatores ambientais envolvidos referem-se às formas de interação entre os recursos naturais dispostos no local pretendido para instalação do empreendimento. Estes podem ser assim resumidos:

c.1) Meteorologia - dados pluviométricos, comportamento das correntes eólicas, qualidade do ar, níveis de ruído, caracterização geomorfológica da área com apresentação de mapas em escala apropriada (1:25.000), indicando as características

dinâmicas do relevo (presença ou propensão à erosão acelerada e assoreamentos, áreas sujeitas a inundações ou à erosão eólica, etc).

c.2) Hidrologia superficial e hidrogeologia - apresentação de mapas das bacias hidrográficas das áreas de influência dos projetos, destacando os possíveis mananciais de abastecimento. É necessária a classificação dos fluxos segundo a Resolução 20/86 do CONAMA, contendo as vazões médias sazonais e seus usos atuais e futuros.

Quanto à hidrogeologia, deve-se fazer a caracterização dos aquíferos, definindo as condições de escoamento, a profundidade dos níveis hidrostáticos, a permeabilidade média das camadas saturadas e as características físico-químicas da área freática.

c.3) Os recursos do meio biológico, representados pela fauna e flora, são indicados em mapas planialtimétricos (1:10.000 - 1:25.000), que definem a cobertura vegetal existente, sua densidade, estágio de preservação, áreas de reserva, espécies bio-indicadoras, etc. No caso da fauna, são necessárias a identificação das espécies características da área, o registro da presença de aves migratórias e as características dos habitats. A flora e fauna aquáticas devem ser também quantificadas, utilizando-se para isto, métodos de coleta e análises conhecidos da literatura científica. É necessário ainda, caracterizar os nichos ecológicos, destacando o funcionamento dos ecossistemas, suas interrelações, fluxos de energia, matéria e informação. Os ecossistemas de transição também devem ser estudados, não só pela função reguladora que exercem, mas pela sua influência no sistema ambiental como um todo.

c.4) O meio sócio-econômico é representado através de mapas e indicadores econômicos, retratados por dados sociais, como número de escolas, hospitais, creches, etc, infra-estrutura do município (vias de acesso, atividades econômicas predominantes, etc), e os empregos diretos e indiretos criados pela implantação do empreendimento. Devem ser considerados os usos e tipos de ocupação do solo, bem como os níveis de qualidade de vida nas áreas de influência do empreendimento.

d) Impactos ambientais provocados pelas ações do empreendimento nas fases de planejamento, implantação, operação e desativação. Faz-se necessário identificar, mensurar e avaliar os impactos ambientais significativos, constituindo o prognóstico ambiental das áreas de influência.

e) As medidas mitigadoras dos impactos ambientais negativos a serem implantadas ao longo da vida útil do projeto, destacando-se o cronograma de execução adotado, os fatores ambientais a que se destina, as características da obra, avaliação dos custos, etc. Devem ser mencionados os impactos não controláveis, assim como as áreas a serem recuperadas segundo planos pré-elaborados com este fim.

f) O projeto de recuperação/reabilitação das áreas degradadas deve conter informações sobre a qualidade ambiental das áreas de influência do empreendimento. A partir deste diagnóstico inicial, serão consideradas as medidas possíveis e realizáveis dentro das condições da empresa, sendo importante o levantamento das metodologias já implantadas em áreas co-localizadas ou de mesmas características ambientais, assim como os usos potenciais e indicados para as áreas degradadas. É necessário elaborar um cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental, partindo dos objetivos a curto, médio e longo prazos definidos para o plano proposto.

g) O programa de acompanhamento e monitoramento da qualidade ambiental nas fases de planejamento, implantação, operação e desativação do empreendimento, averiguando a eficiência das medidas mitigadoras dos impactos e de recuperação ambiental já implantadas, assim como as condições ambientais nas áreas de influência do projeto, é o principal instrumento de gestão ambiental usado pelas empresas de mineração. Devem ser indicados e justificados os parâmetros selecionados para esse monitoramento, bem como os métodos empregados e a periodicidade de amostragem de cada parâmetro.

São elaborados, então, relatórios periódicos, evidenciando os dados que refletem o estado da qualidade ambiental dos ecossistemas influenciados pelas ações do empreendimento, as previsões de estabilidade e as condições de segurança quanto aos usos do meio físico.

As normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT para elaboração de projetos de disposição de rejeitos de mineração em barramento (NBR 13.028), elaboração de projetos de disposição de estéril em pilha (NBR 13.029) e elaboração de projetos de reabilitação de áreas degradadas (NBR 13.030), visam a obtenção de subsídios técnicos que possibilitam a manutenção e/ou melhoria da qualidade ambiental, independente da fase de implantação do projeto.

De forma resumida, a figura nº 02 apresentada a seguir indica o conteúdo de um EIA, incluindo o projeto de recuperação de áreas degradadas:

I. INTRODUÇÃO	Impactos sobre a vegetação
1. Apresentação	Impactos sobre a fauna
2. Antecedentes	Impactos nos processos ecológicos (cadeias e redes tróficas)
3. Alternativas de implantação	Impactos nos processos geofísicos (erosão, sedimentação, etc.)
Justificação da solução selecionada	Impactos sobre a paisagem
4. Legislação ambiental	Impactos nos aspectos sócio-culturais
II. DESCRIÇÃO DO MEIO AMBIENTE	2. Avaliação dos efeitos previsíveis
1. Geologia e geomorfologia	V. MEDIDAS MITIGADORAS DE IMPACTOS
2. Hidrologia e hidrogeologia	VI. ESTUDO DE RECUPERAÇÃO DO MEIO DEGRADADO
3. Climatologia	1. Medidas de revegetação:
4. Edafologia	Remodelamento dos taludes
5. Fauna	Reposição da camada orgânica do solo, uso de serrapilheira
6. Flora e vegetação	Estudo de recomposição da vegetação
7. Paisagem	2. Medidas complementares, drenagem, revestimento de canais, etc.
8. Qualidade do ar	3. Recuperação da fauna terrestre
9. Ruídos	4. Recuperação dos recursos hídricos e matas ciliares
10. Processos geofísicos	5. Reintegração da paisagem
11. Usos e aproveitamentos	6. Estabilidade natural
12. Meio sócio-econômico	VII. LEVANTAMENTO DE CUSTOS E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO
III. DESCRIÇÃO DO PROJETO	1. Operações principais
1. Investigação e dados do jazimento	2. Mão-de-obra e materiais
2. Descrição do método de lavra	3. Obras estruturais
3. Planificação da exploração	4. Calendário de execução
4. Projeto final da cava	VIII. MONITORAMENTO AMBIENTAL
5. Pilhas de estéril e bacias de rejeito	IX. FOTOGRAFIAS DA ÁREA
6. Infraestrutura e instalações auxiliares	X. ANEXOS
7. Tecnologia e mão-de-obra	
IV. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	
1. Identificação e caracterização dos impactos	
Impactos sobre o solo	
Impactos sobre as águas superficiais	
Impactos sobre o solo	
Impactos sobre as águas superficiais e subterrâneas	
Impactos sobre a atmosfera	
Impactos sobre a vegetação	

FIGURA 02 - Conteúdo de um EIA apresentando o projeto de recuperação ambiental (PRAD). (Modificado de FERNÁNDEZ, 1991)

2.5 - O PRAD como instrumento de planejamento e gestão ambiental

Apesar das severas alterações nos recursos naturais provocadas pelas atividades de mineração, o local minerado, via de regra, é ainda capaz de suportar uma cobertura vegetal e propiciar condições de sustentabilidade. O potencial de uso dependerá das características físicas e biológicas do local e suas interrelações, da demanda da região por certos tipos de utilização e da sua localização.

Definidos os principais problemas e efeitos sobre a qualidade ambiental do sistema em que a jazida mineral está inserida, de acordo com a vontade empresarial, especialização da mão de obra, recursos disponíveis e as exigências legais impostas pelo poder público, algumas propostas ou metodologias de recuperação serão apresentadas para as áreas degradadas pela mineração. Do processo de julgamento à tomada de decisão, vários critérios são colocados como fatores de decisão para implantação de determinada proposta. Pode-se, então, citar alguns critérios, como:

- Economicidade do projeto de recuperação: a disponibilidade financeira da empresa, juntamente com a demanda de tempo necessária ao restabelecimento do equilíbrio dinâmico sustentado da área degradada, requer um plano de aproveitamento econômico das atividades relacionadas às operações de reabilitação das áreas mineradas;

- Etapas de execução: os objetivos a curto e longo prazos devem ser sustentados em práticas experimentais de campo. A literatura auxilia na formulação de tais experimentos, porém, a necessidade de se verificar as variáveis e os fatores condicionantes locais, requer especificação na implantação de medidas que sejam próprias de cada caso;

- Potencial de uso da área após a exaustão: somente após definição das variáveis e condicionantes do meio físico podem-se propor métodos sensatos para recuperação da cava. Tal procedimento demanda tempo, medições de campo, julgamento das necessidades locais (depósitos de rejeitos ou estéril de outras minas, etc) e maior detalhamento da evolução natural das áreas adjacentes.

- Condicionantes locais e/ou regionais: áreas de influência tipo parques municipais, áreas de proteção ambiental ou reservas são influenciadas pelas ações da mineração, como as detonações, poeiras, ruídos, etc. Estes agravantes são irremediáveis aos casos de sítios arqueológicos e zonas de preservação ambiental;

- Feições de paisagem mais indicadas: de acordo com os recursos cênicos das áreas adjacentes, formas pré-determinadas podem minimizar os efeitos visuais deixados pelas ações da extração mineral. Projetos arquitetônicos têm sido indicados no auxílio do planejamento da recuperação ambiental de superfícies degradadas;

- Condicionantes de ordem física e biológica: tanto as características do meio físico quanto o tipo de biota característica da região, juntamente com os habitats criados pelas ações antrópicas e as tendências de estabilização microclimática favorecerão a implantação de determinadas medidas de recuperação previamente estudadas;

- Exigências governamentais: a criação de parques e reservas como medidas de compensação poderão existir dentro ou próximo às áreas requeridas para implantação dos projetos de mineração, sendo necessário manter áreas de preservação como banco de dados e suporte à implantação de metodologias de recuperação ambiental.

Segundo a definição mais atual de gerenciamento ambiental a nível empresarial, pode-se dizer que gerenciamento ambiental compreende as atividades do meio empresarial que visam assegurar as operações da indústria dentro dos padrões de qualidade ambiental estipulados pelos órgãos públicos, atendendo aos objetivos da própria empresa e da comunidade envolvida (SÁNCHEZ, 1993).

Este autor faz uma síntese dos principais instrumentos de planejamento e gerenciamento ambiental que podem ser utilizados pela indústria de mineração. A avaliação de impactos ambientais, embora seja mais utilizada a título de licenciamento, pode ser aplicada internamente nas indústrias que, a nível de projeto, necessitem de um instrumento de apoio que auxilie nos processos de tomada de decisão, seja na seleção de alternativas ou no planejamento a longo prazo.

A análise de risco é um outro instrumento de gestão ambiental utilizado nas indústrias do setor mineral. Neste caso, são consideradas as probabilidades de ocorrerem acidentes na indústria, os riscos à saúde pública e à biota como um todo. São utilizadas técnicas e procedimentos de disciplinas como a toxicologia, epidemiologia, dentre outras, como instrumentos de apoio à quantificação e diagnóstico ambiental, servindo de base ao controle ambiental.

Porém, o instrumento mais clássico de gestão ambiental utilizado na indústria de mineração é o monitoramento ambiental, ou seja, o acompanhamento sistemático

das variações temporais e espaciais dos parâmetros ou variáveis ambientais ao longo e após a vida útil dos projetos. Utilizado como artifício de controle da qualidade ambiental em áreas submetidas a processos de lavra, incluindo suas adjacências, o monitoramento ambiental é, hoje, a forma mais eficaz de se garantir a qualidade do meio ambiente nas áreas de influência das minas.

Atualmente, o processo de auditoria ambiental tem fortalecido os campos do planejamento e gestão ambiental na indústria de mineração. Sob o contexto do PRAD, a auditoria ambiental é um instrumento de apoio que auxilia no cumprimento dos objetivos traçados no plano de recuperação ambiental, atuando diretamente no controle da qualidade ambiental, otimizando os modelos de monitoramento utilizados nas empresas. A preocupação com a qualidade ambiental a longo prazo, não deixa de ser um dos enfoques básicos da auditoria ambiental, haja vista que há necessidade de se fazer cumprir, perante as secretarias estaduais de meio ambiente, o cronograma de ação apresentado junto ao PRAD. A auditoria permite, ainda, que se promova um intercâmbio entre os diversos empreendimentos do setor, tanto a nível nacional como internacional, proporcionando, ao longo do tempo, aperfeiçoamentos nas metodologias de controle e gestão ambiental.

Pela dinâmica característica dos empreendimentos de mineração, pode-se dizer que uma série de instrumentos de apoio ao controle da qualidade ambiental é usada ao longo da vida útil da mina. O diagnóstico ambiental, funcionando como um estudo de base para implantação de medidas corretivas ou mitigadoras de impactos, é sempre o primeiro passo a ser dado no planejamento da recuperação ambiental.

A figura nº 03 apresentada a seguir demonstra as diversas fases envolvidas no gerenciamento ambiental das empresas do setor mineral. O dinamismo com que os empreendimentos de mineração são obrigados a operar, obriga-os a reavaliarem, em curtos períodos de tempo, as condições de estabilidade dos recursos naturais dispostos nas áreas de influência dos projetos. Esta característica, dentre outras, diferencia os projetos de mineração de outros projetos de desenvolvimento econômico.

FIGURA 03 - Gestão ambiental de um empreendimento de mineração.
(Modificado de HIGGINS, 1988)

2.6 - Aspectos importantes na análise dos PRADs

O Plano de Recuperação Ambiental, passa, muitas vezes, por Plano de Ordenamento Territorial, dependendo, em cada caso, dos recursos naturais envolvidos, da situação geográfica da área e das influências regionais. Este propósito envolve, no planejamento da recuperação ambiental, as possibilidades de retorno da paisagem às condições originais do terreno, antes da implantação do projeto de mineração. Entretanto, as alterações ambientais provocadas pelas atividades da mineração de superfície não permitem, na maioria das vezes, o retorno do sítio degradado às condições originais do ambiente ora degradado. As modificações na estrutura da paisagem impossibilita a criação de formas idênticas às formas naturais do espaço físico trabalhado.

FERNÁNDEZ (1990) define como impactos residuais as alterações do meio físico impossíveis de serem corrigidas ou restauradas, como as cavas das minas, as pilhas de estéril, as bacias de rejeito e as alterações topográficas de forma geral. Estipula-se então como estratégia de recuperação ambiental, a reintegração do meio físico degradado à paisagem ao entorno da área do projeto de mineração.

Considera-se também, para efeito de recuperação ou reabilitação ambiental, as unidades de paisagens representadas individualmente por suas características predominantes. Sendo assim, são definidas metodologias de trabalho para cada sub-área dos projetos de mineração, especificando as medidas a serem executadas de acordo com as características físicas e biológicas destes ambientes.

CONTRERAS (1990) recorre às medidas corretivas para a recuperação das áreas cuja paisagem tem sido afetada pelas ações da mineração de superfície. Estas medidas porém, são função da "capacidade de absorção visual" de cada ponto considerado. Em função desta capacidade de absorção visual, são valorizadas as propostas de recuperação ambiental formuladas. Alguns princípios básicos de observação, definidos por CONTRERAS (1990), podem ajudar a realizar esta análise:

- Cada subárea do território tem uma capacidade distinta para absorver as modificações ambientais impostas pelo projeto;
- Quanto maior a complexidade-diversidade de uma paisagem, maior sua capacidade de absorção visual;
- As bordas entre os tipos de paisagens definidas, como por exemplo, limites entre matas e reservas, margens de rios e zonas áridas etc., têm uma alta capacidade de absorção devido a sua diversidade;
- Os terrenos cuja cor do solo decapeado oferece grandes contrastes cromáticos têm baixa capacidade de absorção visual;

- As áreas com boas condições de estabilidade e facilidade de restabelecimento da vegetação autóctone terão uma baixa capacidade de absorção visual a curto prazo, porém, se esta vegetação é pouco diversa, a longo prazo, a capacidade de absorção será alta;

- A vegetação arbórea de porte alto tem indicação favorecida na construção de barreiras visuais efetivas, fazendo com que a capacidade de absorção visual da zona protegida seja alta;

- Os valores ajustados aos diferentes fatores criados para avaliar a capacidade de absorção visual variam segundo as regiões analisadas, uma vez que dependem da interação dos fatores topográficos, climáticos, edáficos etc., a nível regional e local.

Não só o estudo das paisagens como outros fatores relevantes na elaboração dos planos de recuperação ambiental, como a estabilidade dos taludes, o controle de erosões e poluição e as alterações na qualidade dos ecossistemas são considerados nos processos de análise e revisão dos PRADs. A legislação ambiental, as normas técnicas para elaboração de projetos de bacias de rejeito, pilhas de estéril e planos de recuperação ambiental são os instrumentos de apoio à análise dos PRADs.

Embora a Legislação Ambiental mencione pouco a respeito da recuperação dos recursos hídricos, a proposta inicial desta pesquisa visou relacionar as mineradoras com os recursos naturais dispostos na bacia hidrográfica onde estão situadas. A recuperação de matas ciliares e a manutenção da qualidade ambiental dos recursos hídricos dispostos na região das minas é um dos principais enfoques dos planos diretores de meio ambiente desenvolvidos pelas empresas situadas na região do quadrilátero. A recuperação do solo é o principal enfoque dos planos de recuperação ambiental, proporcionando às áreas degradadas, condições de se reconstituírem dentro dos padrões de qualidade ambiental definidos pelos órgãos ambientais competentes.

BARTH (1989) sugere que o modelo geral de recuperação de superfícies mineradas deve obedecer à seguinte ordem nas atividades de manejo do solo:

FIGURA 04 - Modelo geral de recuperação de superfícies mineradas.
(BARTH, 1989)

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - O meio físico da região do Quadrilátero Ferrífero

O meio físico é considerado como a parte componente dos ecossistemas que requer melhor planejamento no processo de recuperação ambiental de áreas degradadas. Assimila as interrelações entre os projetos de mineração e o ambiente que os abriga, refletindo as alterações e os efeitos causados pelas ações da mineração sobre os ecossistemas naturais.

De acordo com as etapas que compõem os EIAs (diagnóstico ambiental, avaliação de impactos ambientais, mitigação dos impactos e monitoramento ambiental), o presente trabalho procurou retratar, através de investigações técnicas e levantamentos de campo, a realidade das alterações do meio físico provocadas por atividades de extração de minério de ferro na região do Quadrilátero Ferrífero - MG. Baseando-se na interpretação da história-evolutiva das paisagens, realizou-se a individualização dos elementos do meio físico onde se estabelecem os processos morfogenéticos erosivos e deposicionais que caracterizam as unidades das paisagens da região.

No contexto dos EIA/RIMAs, o conceito de meio físico deve abranger a dinâmica de cada uma das formas dos elementos que o constituem, envolvendo fluxos energéticos, componentes materiais e os agentes viabilizadores dessas interações (BITAR et al., 1990).

As interrelações entre o meio físico e os processos tecnológicos envolvidos foram os pontos-básicos das análises dos PRADs. A capacidade de assimilar os impactos e se auto-recuperar é um dos critérios observados na análise do meio físico. Considerou-se também a definição das formas de uso e ocupação do solo, uma vez que a tendência evolutiva dos sistemas ambientais situados nas imediações das jazidas passa a depender dos projetos de recuperação ambiental propostos.

Para efeito de entendimento das interrelações entre o meio físico e as atividades de mineração, foram individualizados os elementos formadores das

paisagens (geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal, clima, etc) descritos de forma a permitir melhor interpretação dos efeitos provenientes das operações mineiras relacionadas à extração de minério de ferro na região objeto de estudos.

3.1.1 - Área de estudo

A região do Quadrilátero Ferrífero está situada na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais e abrange uma área de, aproximadamente, 7.190 Km², onde estão concentradas 85% das jazidas de minério de ferro do país. Seus limites estão compreendidos entre as linhas que ligam os municípios de Itabira, Rio Piracicaba, Mariana, Congonhas do Campo, Casa Branca e Itaúna.

O Q.F. envolve totalmente as cabeceiras do Rio das Velhas - eixo de drenagem - fazendo com que seus divisores dispersem águas para os afluentes dos rios Doce e Paraopeba. Duas importantes unidades do relevo estão inseridas nesta região, a Serra da Mantiqueira, ao sul, e a Serra do Espinhaço, ao norte, diferenciadas pela formação geológica pré-cambriana denominada Série Minas (DORR, 1969).

São comuns, na região, as feições de paisagens criadas pela exploração do minério de ferro por empresas de pequeno, médio e grande porte. Por conter significativa concentração de atividades de extração de minério de ferro, a região localizada no extremo leste do quadrilátero representa importante pólo de pesquisas direcionadas ao planejamento e gerenciamento de atividades que visam à preservação da qualidade ambiental das áreas de influência dos projetos mineiros dentro dos padrões estipulados pelo CONAMA.

A seguir é apresentado o esboço cartográfico da região do Q.F., suas principais estruturas geomorfológicas e cursos d'água. São representados também as cidades onde estão situadas as minas que serviram de objeto de estudos na análise da efetividade dos PRADs (Figura nº 05).

FIGURA 05 - Esboço Cartográfico do Quadrilátero Ferrífero - MG.
(Modificado de GUILD, 1960)

III.2 - Geologia regional e local

A região do Q.F. é caracterizada pela exposição de 04 (quatro) grandes unidades litoestratigráficas. As rochas mais antigas da região são granitos, gnaisses e migmatitos de idade arqueana, que constituem o embasamento cristalino para as unidades supracrustais: Supergrupo Rio das Velhas, S.G. Minas e S.G. Itacolomi. O primeiro constitui uma seqüência arqueana tipo "greenstone belt", e os demais, de idade proterozóica, são formados por espessos pacotes de rochas metassedimentares (BARBOSA, 1965).

A estratigrafia da região, primeiramente proposta por HARDER & CHAMBERLIN (1915a,b), foi reformulada por DORR (1969), a partir de um programa de mapeamento (convênio DNPM-USGS, 1946-1965) e modificada por LADEIRA (1980).

As principais jazidas de minério de ferro são constituídas por camadas de itabirito com espessura de até 250 m, relacionadas ao S.G. Minas, ou mais especificamente ao Grupo Itabira (Formação Cauê). Os itabiritos apresentam minerais de ferro da fácies oxidada, representados pela hematita, magnetita e martita. Na Formação Gandarela (Grupo Itabira), superposta à Formação Cauê, ocorrem também diversos níveis de itabirito, porém de menor porte, associados aos dolomitos.

O S.G. Minas, Série Minas, segundo DERBY, 1906 & DORR, 1969, repousa em discordância erosiva e angular sobre o S.G. Rio das Velhas. É constituído por 04 (quatro) grupos, da base para o topo, Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba. A disposição estratigráfica dessas unidades reflete a composição mineralógica dos jazimentos, visto que os depósitos de minério de ferro da região estão encaixados nessas unidades estratigráficas.

As rochas do S.G. Minas foram metamorfizadas e dobradas durante o Ciclo Transamazônico (cerca de 2000 M.a.), no final do Proterozóico Inferior, sendo os depósitos mais econômicos aqueles originados pelo enriquecimento do ferro por processos de intemperismo.

A figura mostrada a seguir (Fig. 06), representa as principais unidades geológicas e a localização das minas consideradas no levantamento de campo.

FIGURA 06 - Geologia regional e localização das áreas de levantamento de campo. (Modificado de DORR, 1969).

3.3 - Geomorfologia

Um conjunto de características geomorfológicas, muitas delas originais, pode fixar a significação geográfica do Q.F. no contexto regional em que está inserido. As características litológicas, estruturais, morfológicas e econômicas da Série Minas são responsáveis pela originalidade regional do Q.F.. Dentre as diversas áreas elevadas, atingindo cotas de até 2000 m de altitude, cristas de "arestas" entre 1400 e 1500 m e áreas deprimidas representadas por colinas côncavo-convexas ao nível de 800 e 900 m de altitude, destacam-se "arestas" formadas por metassedimentos ferríferos: Das serras conformadas como "hogbacks", tem-se a Serra do Curral del Rei, ao norte, em cujo flanco fica a cidade de Belo Horizonte, as serras de Ouro Branco e do Salto, ao sul, e uma sucessão menos regular de serras a oeste. Importantes acidentes

geomorfológicos são destacados na paisagem da região, entre eles a Serra do Caraça, a oeste, disposta entre as linhas de descontinuidade das duas "arestas" já citadas.

Duas importantes unidades do relevo, a Serra da Mantiqueira, ao sul, e a Serra do Espinhaço, ao norte, delimitam a região do quadrilátero. Entre as diversas nascentes encontradas na região destacam-se as cabeceiras do Rio das Velhas, dos afluentes dos rios Doce, Paraopeba e do Rio Piracicaba.

BARBOSA et al. (1965) num dos estudos pioneiros da região do Q.F., defenderam a versão de que a rede hidrográfica ali encontrada, entalha um antigo peneplano, no qual a erosão diferencial produziu "hogbacks" e vales em V, orientados segundo as direções predominantes das estruturas criadas por uma evolução tectônica datada de bilhões de anos. Os terrenos granito-gnáissicos do quadrilátero, ou situados ao seu entorno, são mais baixos e não são arestosos.

A evolução do relevo, influenciada diretamente pela variada composição da sua litologia e estrutura, reflete o grau de resistência das rochas aos processos erosivos, após modificações metamórficas representadas por, pelo menos, dois períodos orogenéticos. Dado a essa característica, são notáveis os processos que são caracterizados pelos múltiplos tipos de erosão diferencial. De certa forma pode-se dizer que as influências estruturais comandam a evolução do relevo no Q.F., não sendo encontrados na paisagem atual vestígios da topografia anterior. A drenagem está perfeitamente adaptada, mostrando ao longo de seus cursos, vários terraços aluvionais (BARBOSA & RODRIGUES, 1965).

Os dobramentos sim, tiveram função comprometedora na evolução do relevo da região. Dados geocronológicos comprovam a teoria de que a evolução do relevo da região do quadrilátero resulta basicamente de processos erosivos, paleoclimáticos e epirogenéticos, ocorridos depois do soerguimento de todo o conjunto, no Cretáceo.

3.4 - Clima

O regime climático da região do Q.F. foi determinado pelas condições médias de circulação da atmosfera, por sua localização com respeito às fontes de umidade, pela topografia e pelos seus efeitos locais.

A umidade da região é proveniente do Oceano Atlântico e transportada pelos ventos de nordeste. As serras do Espinhaço e da Mantiqueira representam um anteparo físico e dinâmico ao transporte da umidade disponível na atmosfera, a sotavento (CETEC, 1989).

O regime de precipitação da região, assim como em todo o estado, apresenta um ciclo unimodal bem definido, com o verão chuvoso e o inverno seco, sendo os meses de novembro a março o período mais chuvoso. Influenciado pela orografia, o

regime de precipitação no Q.F. apresenta índices mais elevados que no restante do estado, havendo fortes indícios da existência de processos dinâmicos na atmosfera (CETEC, 1989).

Segundo a literatura específica que trata sobre o Quadrilátero Ferrífero (DORR, 1969), o total de precipitação varia de ano para ano, sendo que o máximo precipitado é, geralmente, duas vezes maior que a mínima registrada. Normalmente os índices pluviométricos registrados em Ouro Preto, que possui regime climático super úmido, apresentam valores anuais de precipitação em torno de 1800-2800 mm. Essa característica é devido ao obstáculo que as elevações do quadrilátero fazem à penetração das massas de ar que se deslocam em direção ao interior do continente, provocando a formação de chuvas orográficas que, esgotando as condições de umidade dos ventos que sopram do litoral para o interior.

A temperatura média apresenta valores com pequenas variações anuais, oscilando entre um máximo de 24 °C e o mínimo de 18 °C. As variações sazonais são também pequenas, sendo julho o mês mais frio do ano, com temperaturas médias entre 14 °C e 22 °C. Os meses mais quentes apresentam temperaturas máxima de 28 °C e mínima de 21 °C.

A influência da orografia, assim como da latitude na temperatura do ar, são elementos marcantes na configuração do clima na região do Q.F., visto que se trata de uma região com grande exibição de áreas elevadas.

3.5 - Pedologia

O baixo número de informações e a incerteza dos dados disponíveis relativos às características, distribuição e extensão dos solos são ainda insuficientes para a elaboração de mapas pedológicos precisos para toda a região do Quadrilátero Ferrífero.

Entretanto, a partir dos dados disponíveis na literatura consultada e do trabalho de campo realizado na região da borda leste do Q.F., foram verificadas as seguintes classes de solos:

a) Solos com horizonte B latossólico: solos muito antigos ou que se desenvolveram em material fortemente intemperizado. De um modo geral, são muito porosos, permeáveis, friáveis, com plasticidade e pegajosidade pouco acentuadas em relação aos teores de argila; muito resistentes à erosão, sendo essas características decorrentes do elevado grau de floculação e da constituição de sua argila.

Quimicamente são solos desprovidos de reservas de nutrientes para as plantas, constituindo um solo de baixa capacidade de recuperação, necessitando de

correção do seu pH e adubação, como etapa inicial do processo de recuperação ambiental.

b) Latossolo húmico: são argilosos, álicos (alta saturação com alumínio) e têm muito baixa saturação de bases. Relativamente são pouco representativos no Q.F., não sendo comumente encontrados nas imediações das jazidas de minério de ferro.

c) Latossolo vermelho amarelo: apresenta pouca surgência na região do Q.F., porém, aparece em pontos isolados, subdividindo-se em classes de acordo com a saturação em alumínio (álicos), saturação com bases (distróficos e eutróficos) e textura. Os primeiros ocupam as superfícies tabulares, com relevo plano e vegetação de cerrado, os distróficos ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso, sob vegetação de floresta.

d) Latossolo vermelho escuro: obedece às mesmas subdivisões de classe que o latossolo vermelho amarelo, isto é, saturação com alumínio (álicos), saturação com bases (distróficos e eutróficos), tipo de horizonte A e textura.

Quanto ao relevo os latossolos vermelho escuros ocupam superfícies tabulares e/ou superfícies de aplainamento, que são predominantemente planas ou suavemente onduladas. Em geral não são encontrados comumente na região do quadrilátero, porém, são bastante representativos no restante do Estado de Minas Gerais.

e) Latossolo roxo : facilmente reconhecido pela cor característica, devido ao alto teor de manganês apresentado. Estes solos são derivados de rochas básicas, com teores elevados de ferro, apresentando, conseqüentemente, textura argilosa. No quadrilátero, é bastante representativo na região da Serra da Moeda.

As primeiras diferenciações observadas neste grupamento se devem à saturação do solo com alumínio (álicos), com hidrogênio (distróficos) e com bases (eutróficos). Os solos álicos não são cultivados, por ocorrerem em áreas de extração de minério de ferro.

f) Cambissolos : a baixa fertilidade natural, a falta d'água e a susceptibilidade à erosão são os fatores que mais limitam a utilização dos solos distróficos e álicos. Os solos eutróficos, quando ocorrem em relevo ondulado, apresentam como fatores limitantes à sua utilização, a susceptibilidade à erosão e os baixos teores de fósforo. Localizam-se, geralmente, em áreas mais secas.

g) Solos pouco desenvolvidos : são aqueles solos que não apresentam, além do horizonte A, desenvolvimento de horizontes característicos de outras ordens. Podem ser encontrados em recentes superfícies geomórficas, em que a erosão é muito ativa, ou em zonas e planícies aluviais, onde os materiais erodidos recentemente podem ser depositados. Podem também ocorrer em velhas superfícies geomórficas, nas quais o material de origem é muito resistente ao intemperismo, como o quartzo.

Os solos litólicos são pouco desenvolvidos, possuindo apenas um horizonte A assentado diretamente sobre a rocha ou materiais desta rocha em avançado grau de intemperização. De um modo geral, são originados de materiais diversos, predominando os quartzitos, granitos e gnaisses. Normalmente, ocupam relevo forte ondulado e montanhoso, ocorrendo nos divisores de águas de bacias hidrográficas, geralmente associados a cambissolos. São rasos e com presença quase constante de pedregosidade e rochosidade.

h) Solos hidromórficos: solos cuja evolução é essencialmente caracterizada pelo efeito de saturação com água, seja permanente ou temporária. São formados, principalmente, nas partes planas e abaciadas do relevo, onde o lençol freático está situado próximo à superfície do terreno.

Sua utilização envolve obras de drenagem, calagem e adubação. Apresentam grande potencial para a agricultura, destacando-se a rizicultura e pastagens.

Na região do Q.F., está situado nas partes mais planas do relevo, não necessitando de práticas corretivas quando submetido a processos de degradação pela extração mineral.

i) Afloramentos de rochas: constituem tipos de terrenos não propriamente denominados de solos. Têm presença marcante na região do quadrilátero, representado por lateritas ferruginosas e rochas do S.G. Minas, S.G. Itacolomi e S.G. Rio das Velhas, expostos em afloramentos diversos.

Superfícies montanhosas, alinhamentos de serras, pontões e blocos arredondados são representativos na região em estudo, ocorrendo como componente principal ou secundário nas áreas de influência dos jazimentos.

Geralmente não são tomados os devidos cuidados com o armazenamento destes tipos de solos, subjugando sua reserva de nutrientes para um provável reaproveitamento na recuperação de áreas degradadas. Levantamentos da flora na região do Q.F. confirmam a existência de inúmeras espécies vegetais perfeitamente

adaptadas à laterita ferruginosa nas imediações das jazidas de minério de ferro, favorecendo a vegetação densa nas áreas de influência dos projetos de mineração.

3.6 - Os recursos biológicos

Os tipos de vegetação predominantes na região do Quadrilátero Ferrífero podem ser agrupados da seguinte forma:

a) Vegetação secundária, em maior proporção, representada por capoeiras, entremeadas por áreas de cultivos em abandono, resquícios de Mata Atlântica, campos pedregosos e arenosos e cerrado, geralmente dispostos em vales de pequenas extensões;

b) Raros trechos de Mata Atlântica original.

A presença da mata secundária deve-se ao fato de que, durante o ciclo do ouro, grandes trechos da mata primitiva foram devastados, concomitante às explorações sucessivas do subsolo. Também a retirada de madeira para a produção de carvão foi uma das grandes causas da devastação, ainda hoje observada pela presença de carvoarias nas adjacências das minas situadas na borda leste do quadrilátero.

Segundo as características geomorfológicas da região, a flora é classificada fitogeograficamente como floresta pluvial montana e floresta pluvial baixo montana, formações estas dentro da Mata Atlântica. Segundo RIZZINI (1979), são destacadas na região as áreas de campo ferruginoso, disposto sobre a canga laterítica, e que se torna peculiar pela sua estrutura e flora características. Conforme o estado físico da canga, existem 2 (duas) modalidades de campos ferruginosos: campo de canga couraçado e campo de canga nodular.

As primeiras excursões biológicas efetuadas, em 1818, pelos naturalistas SPIX & MARTIUS, nas regiões da Serra do Caraça e de Santa Bárbara, afirmavam que, naquela época, "os próximos arredores de Santa Bárbara são de matas baixas e belos campos, cujo solo alagadiço é habitado por galinhas e espécies de corujas, sendo registrado o aparecimento de peixes durante as enchentes sazonais e sendo comum na região a jibóia, uma espécie pequena de caiman e a Lutra brasiliensis".

Atualmente poucos são os conhecimentos faunísticos da região. Os estudos pioneiros foram efetuados por professores do Colégio Caraça, representados pelo Pê Dorne, em 1913. Posteriormente, o hiato de estudos zoológicos na região foi interrompido pelos estudos ornitológicos efetuados por RUSCHIA & DENT, E., na década de 60.

Dentre os estudos faunísticos efetuados no Parque Natural do Caraça, destacam-se os levantamentos da entomofauna, efetuados por VULCANO,

MASCARENHAS & PEREIRA apud RIZZINI* (1979); os levantamentos da mastofauna efetuados por VALLE, C. e os levantamentos da avifauna realizados por CARNEVALLI, N., cujos resultados obtidos foram divulgados em publicações científicas e na composição do Projeto Caraça I, no início da década de 80. Contudo, os levantamentos acima mencionados não assumem caráter definitivo, supondo-se a ocorrência de um número maior de espécies além das amostradas no Parque Natural do Caraça, considerado por muitos como um "santuário de tipos zoológicos" e importante área de refúgio da vida silvestre.

As pastagens e áreas agrícolas condicionam o desenvolvimento populacional de Accipitídeos, Falconídeos e Stringídeos que encontram nestas áreas pequenos mamíferos, lagartos e serpentes que lhes servem de alimento. Também nestas áreas são evidenciadas aves conhecidas da literatura e pouco exigentes quanto a qualidade dos habitats, tais como Picumus cirratus, Todirostrum plumbeiceps, Paya cayana, Leptotila verreauxi, Cariam cristata, Guira guira, entre outras.

* RIZZINI, C.T. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. Vol. II. Ed. Hucitec - EDUSP. São Paulo, 1979. 374p.

3.7 - Os recursos hídricos

A borda leste do quadrilátero está situada entre a linha divisória dos dois maiores sistemas hidrográficos do estado de Minas Gerais, o do São Francisco e do Rio Doce. Os rios Paraopeba e Velhas, junto com seus afluentes, drenam a maior parte do quadrilátero. Entretanto, as nascentes de alguns afluentes do Rio Doce, como o Ribeirão do Carmo, e os rios Piracicaba e Gualaxo ocupam menor área na parte oriental desta região.

O Rio Piracicaba drena a parte nordeste, enquanto os rios Gualaxo e Carmo drenam a parte leste do Quadrilátero Ferrífero. Juntos com o Rio Piranga, formarão o Rio Doce que deságua no Oceano Atlântico.

A mina do Germano, tomada como objeto do trabalho de campo, localiza-se exatamente na vertente onde estão as nascentes do Rio Gualaxo do Norte. É na nascente do Córrego do Germano que está localizada a frente de lavra da mina. É também no vale do Córrego do Germano que se construiu a barragem para contenção dos rejeitos provenientes das usinas de beneficiamento das minas do Germano e Alegria.

O regime de escoamento nesta bacia é tipicamente tropical, correspondendo ao regime atual de chuvas, com picos de cheias ocorrendo entre os meses de novembro a janeiro e mínimas, entre junho e setembro. Os rios são sinuosos e encaixados no relevo forte ondulado e montanhoso, próprio da região do quadrilátero.

As jazidas de Timbopeba e Alegria, também tomadas como objeto de estudo do trabalho de campo, localizadas na borda leste do quadrilátero, estão inseridas nas bacias hidrográficas dos rios Gualaxo do Norte e Piracicaba, respectivamente.

A influência das atividades de mineração na qualidade dos mananciais hídricos é relevante em toda a região do quadrilátero, sendo as áreas mais críticas os arredores da Serra do Itatiaiuçu e as bacias dos rios das Velhas e Piracicaba. A facilidade de lixiviação dos minérios de ferro encontrados na região prejudica sobremaneira a qualidade dos recursos hídricos, correspondendo a um dos principais impactos ambientais oriundos da exploração mineral nestas áreas.

3.8 - Metodologia

A pesquisa desenvolvida baseou-se na seleção de Projetos de Recuperação Ambiental elaborados por empresas de consultoria contratadas pelas mineradoras, atendendo ao Decreto Lei nº 97.632, de 10 de abril de 1989.

Foram selecionados, junto à Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, do Estado de Minas Gerais, 10 (dez) documentos denominados PRADs (Planos de Recuperação de Áreas Degradadas), referentes a empresas que exploram as jazidas de minério de ferro na região do Quadrilátero Ferrífero - MG.

A amostragem dos PRADs baseou-se na busca da representação real das variadas situações encontradas no setor de exploração de minério de ferro na região do Q.F. - MG. A seleção de 10 (dez) documentos visou atender aos objetivos da pesquisa e representar o universo de pequenas, médias e grandes empresas, de acordo com suas escalas de produção.

3.8.1 - Seleção, pesquisa e levantamento dos PRADs

Definidos os objetivos da pesquisa, o levantamento dos PRADs teve como princípio a verificação do conteúdo mínimo exigido por lei, para que a partir deste ponto pudessem ser analisadas as propostas de recuperação ambiental apresentadas nos documentos, bem como suas efetividades.

Para viabilizar a realização dos objetivos traçados inicialmente, foram feitas as seguintes considerações:

1 - Na avaliação dos impactos ambientais - AIA, foram considerados os levantamentos de detalhe dos meios físico e biológico como essenciais à formulação dos projetos de reabilitação ambiental. O entendimento das interrelações entre os ecossistemas situados nas imediações dos projetos de mineração, assim como as transformações ambientais ocorridas pela implantação destes empreendimentos, são elementos básicos considerados na elaboração dos planos de recuperação ambiental;

2 - Na seleção dos documentos considerou-se, além do conteúdo apresentado, a viabilidade de se executar levantamentos, em campo, das metodologias de reabilitação descritas nos projetos;

3 - Em momento algum questionou-se a eficiência da legislação ambiental ou dos órgãos de fiscalização competentes. Foi desenvolvido um estudo orientado que visou comprovar, através da pesquisa aos documentos e dos levantamentos de campo, a efetividade dos PRADs no planejamento e gerenciamento de atividades relacionadas à reabilitação de áreas degradadas por atividades de exploração de minério de ferro na região do Q.F.

De acordo com as diretrizes formuladas para elaboração dos PRADs, estabelecidas pela legislação do CONAMA (Resol. 001/86, art. 5 e 6) e sugeridas pela FEAM - MG e pela ABNT, foram considerados como objetos da pesquisa:

- Análise das compatibilidades entre os objetivos estabelecidos nos PRADs e os métodos de reabilitação executados no campo;
- Análise das alternativas propostas no processo de AIA e no planejamento da recuperação ambiental das áreas degradadas;
- Análise das medidas mitigadoras dos impactos ambientais propostas nos documentos e sua implantação nas áreas correspondentes;
- Análise dos programas de controle e monitoramento ambiental apresentados e as respectivas formas de execução;
- Levantamento de campo em minas e áreas sob influência dos empreendimentos mineiros, buscando retratar a realidade da utilização do PRAD como instrumento de planejamento e gestão ambiental. Através deste levantamento buscou-se investigar as variáveis e condicionantes, de ordem ambiental e empresarial que influenciaram na efetividade dos planos de recuperação ambiental propostos para as áreas degradadas.

Procedimento

Dos documentos disponíveis na Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM - MG, foram selecionados 10 PRADs que contemplavam seguintes critérios:

- Dois empreendimentos de pequeno porte, três de médio porte e cinco de grande porte. Considerou-se como pequeno porte as empresas que apresentavam produção anual abaixo de 2.000.000 t/ano, médio porte as empresas que apresentavam entre 2 M e 4M t/ano de produção e grande porte as empresas com produção anual acima de 4 M t;
- Qualidade ambiental das áreas de influência das jazidas comprometida pelas atividades de mineração cujos efeitos negativos provocam a alteração dos processos de evolução natural das paisagens e do equilíbrio ambiental nas imediações das minas;
- Objetivos da recuperação a curto, médio e longo prazos esclarecidos, de acordo com as características dos sistemas ambientais e metodologias de recuperação ambiental propostas para as áreas degradadas;
- Correlação entre os planos de recuperação e os respectivos EIA-RIMAs;
- Consistência científica dos documentos baseado nos levantamentos dos meios físico, biológico e sócio-econômico das áreas de influência das minas e na

apresentação de cronogramas de execução das atividades de recuperação e monitoramento ambiental.

Estabelecidos os critérios de análise da efetividade dos PRADs foi verificada a porcentagem de documentos que correspondia aos critérios previamente definidos, a forma de elaboração dos PRADs e o seu conteúdo científico.

Apesar da grande similaridade geoecológica existente entre as áreas onde estão situadas as jazidas de minério de ferro da região do quadrilátero, são notáveis os fatores de distinção que caracterizam cada mina. A definição de que cada caso é único, no que diz respeito à disposição do corpo mineral, método de lavra utilizado, disposição dos rejeitos e métodos de recuperação adotados é confirmada, quando se levanta em campo, as variáveis ambientais dos ecossistemas onde as jazidas minerais estão inseridas. Em muitos casos, é notificada a consorciação de empresas para a minimização dos impactos ambientais que envolvem áreas extensas, influenciando os limites das jazidas situadas numa mesma região, como é o caso das minas localizadas na borda leste do Q.F. e na Serra do Itatiaiuçu.

Uma vez situadas numa mesma região, estas empresas de mineração exercem forte influência sobre o desenvolvimento sócio-econômico dos municípios localizados nas imediações das jazidas de minério de ferro e proporcionam, de acordo com a escala de produção, alterações irreversíveis na qualidade do ambiente, refletida diretamente na paisagem do local. As modificações na estrutura dos sistemas ambientais contribuem com a interrupção da tendência evolutiva natural dos ecossistemas localizados na região da mina.

A TABELA 02 apresentada a seguir, sintetiza as empresas, a localização e as características dos projetos mineiros cujos PRADs foram selecionados para análise de suas efetividades:

TABELA 02 - Nome das empresas, jazidas e características dos empreendimentos mineiros selecionados para o estudo.

EMPRESA DE MINERAÇÃO	JAZIDA	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	PRODUÇÃO ANUAL	VIDA ÚTIL	ÁREA REQUERIDA
CVRD	TIMBOPEBA	LESTE Q.F.	11.3 M t	30 anos	154 ha
SAMARCO	GERMANO	LESTE Q.F.	-	-	123 ha
SAMITRI	ALEGRIA	LESTE Q.F.	> 5.0 M t	50 anos	259 ha
CVRD	CAPANEMA	LESTE Q.F.	> 2.0 M t	26 anos	127 ha
CVRD	CAUÊ	NORDESTE Q.F.	> 4.0 M t	22 anos	287 ha
MBR	ÁGUAS	SERRA DO	> 4.0 M t	27 anos	237 ha
	CLARAS	CURRAL			
ITAMINAS	ENGENHO	MÉDIO	2.400.000 t	23 anos	145 ha
	SECO	PARAOPEBA			
ITATIAIUÇU	CÓRREGO	SERRA DO	13.500 t	11 anos	94 ha
	FUNDO	ITATIAIUÇU			
SAMITRI	MORRO	MÉDIO	5.0 M t	20 anos	248 ha
	AGUDO	PIRACICABA			
ITACOLOMY	PIRES	CONGONHAS	1.680.000 t	7 anos	137 ha

3.8.2 - Análise das compatibilidades

O enfoque principal do estudo das compatibilidades corresponde à verificação do cumprimento das exigências legais impostas pelo poder público aos projetos de recuperação ambiental, e também averiguar se as práticas executadas em campo correspondem ao cumprimento dos objetivos previamente estabelecidos nos documentos. Os objetivos a curto, médio e longo prazos definidos nos PRADs, visam, em sua maioria, satisfazer os seguintes critérios:

- Atender à legislação ambiental em vigor;
- Fornecer soluções de engenharia aos projetos de recuperação ambiental a serem implantados nas áreas degradadas, baseando-se em parâmetros geotécnicos, cálculos estruturais, levantamentos biológicos, pedológicos, climáticos, etc;
- Recuperar a condição de sustentação e auto-regulação das áreas degradadas.

A importância de se estudar os objetivos dos programas de recuperação ambiental refere-se à possibilidade de se verificar o planejamento das atividades a serem implantadas nas áreas degradadas. A compatibilidade entre o conteúdo descrito nos documentos e as operações realizadas no campo aumentam a efetividade das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs. Existe uma série de análises possíveis de serem realizadas dentro do campo das compatibilidades. Porém, para efeito de análise da efetividade de documentos embasados em argumentos legais, foram considerados apenas as compatibilidades entre os objetivos dos projetos de recuperação ambiental e a compatibilidade entre os PRADs e os respectivos EIAs.

3.8.2.1 - Análise das compatibilidades entre os objetivos dos projetos de recuperação ambiental

De uma maneira geral, os objetivos dos projetos de recuperação ambiental não são esclarecedores, baseando a viabilidade de execução dos programas de reabilitação nas estratégias locais de operação. A figura nº 07 a seguir, retrata de forma sucinta, os critérios de análise utilizados na verificação da efetividade dos documentos em relação ao cumprimento dos objetivos traçados nos planos de recuperação ambiental, a curto, médio e longo prazos. A opção por estes critérios de análise visou refletir o grau de compatibilidade entre projetos que tratam da recuperação ambiental de áreas que apresentam características geoambientais semelhantes.

-
- A1 - Cumprimento das exigências legais na formulação das propostas de recuperação ambiental;*
 - A2 - Identificação das ações do projeto de mineração desencadeantes de alterações no meio ambiente;*
 - A3 - Descrição dos efeitos da implantação da mineração sobre a evolução dos sistemas ambientais a longo prazo;*
 - A4 - Mitigação dos impactos ambientais negativos como objetivo a curto prazo;*
 - A5 - Definição das etapas de reabilitação como estratégia de execução dos objetivos a médio prazo;*
 - A6 - Reequilíbrio dinâmico sustentado como objetivo a longo prazo.*
-

FIGURA 07 - Critérios considerados na análise dos objetivos dos PRADs.

3.8.2.2 - Análise das compatibilidades entre os PRADs e os respectivos EIAs

O estudo das compatibilidades envolve situações diversas que refletem o caráter dinâmico em que estão inseridas as questões ambientais no setor de mineração. As inúmeras variáveis dos projetos de pesquisa e lavra, otimizadas à medida em que se avançam os conhecimentos relativos ao corpo de minério, contribuem no sentido de aumentar as incertezas do processo de planejamento das medidas de recuperação ambiental que serão implantadas após a extração do minério ou concomitante à sua lavra.

Os impactos sobre o meio ambiente, gerados ao longo da vida útil da mina, exigem mais do que um planejamento ambiental para o controle de suas intensidades e extensões, recaindo na elaboração, por parte das empresas, de instrumentos dinâmicos de monitoramento ambiental.

Dentre os elementos passíveis de análise, considerou-se neste estudo, as formas de levantamento e avaliação dos impactos ambientais executados pelos consultores, uma vez que o EIA é um dos principais componentes do processo de AIA, e o PRAD, que, por sua vez, está inserido dentro do EIA.

Estes levantamentos dos impactos ambientais e suas correlações com outros projetos situados na mesma região também são elementos importantes na verificação da efetividade dos PRADs no controle dos efeitos das atividades de mineração sobre a qualidade do ambiente onde as jazidas estão situadas. Conforme apresentado na figura nº 08 a seguir, foram consideradas os seguintes critérios de análise:

-
- B1 - Divulgação do inventário ambiental;*
 - B2 - Caracterização dos recursos naturais, segundo sua localização dentro da área requerida pela mineração;*
 - B3 - Apresentação do diagnóstico e prognóstico ambientais das áreas de influência do projeto de mineração;*
 - B4 - Compatibilidade entre os projetos de recuperação ambiental propostos e outros projetos co-localizados;*
 - B5 - Áreas de influência direta e indireta consideradas separadamente;*
 - B6 - Utilização de técnicas de AIA qualitativas;*
 - B7 - Utilização de metodologias de AIA definidas pela literatura ou específicas para os projetos considerados. Quantificação dos impactos ambientais numa escala hipotética de magnitude;*
 - B8 - Indicação da metodologia de AIA mais apropriada para o caso em questão;*
 - B9 - Apenas diagnóstico e listagem dos impactos ambientais existentes, classificando-os segundo seus efeitos, seu tempo de duração, sua reversibilidade e sua amplitude.*
-

FIGURA 08 - Critérios de análise relacionados aos métodos de AIA apresentados nos PRADs.

3.8.3 - Análise da efetividade dos PRADs segundo o planejamento e o cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental

Para que a análise da efetividade dos PRADs pudesse refletir o caráter real do planejamento da recuperação das áreas degradadas pelas empresas de mineração, foram consideradas situações que se referem à correlação existente entre o projeto de reabilitação e o potencial de uso do solo das áreas degradadas. O cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental representa um dos principais instrumentos de suporte à avaliação do cumprimento das metas de trabalho estabelecidas nos PRADs. A figura nº 09 apresentada a seguir resume os critérios de análise usados na verificação da efetividade dos PRADs quanto ao planejamento e ao cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental propostas nos documentos.

-
- C1 - Uso futuro da área baseado no potencial dos ecossistemas nela contidos.
Avaliação dos potenciais de usos;*
 - C2 - Definição detalhada do método de recuperação a ser seguido, assim
como das etapas de execução;*
 - C3 - Apresentação das medidas de recuperação possíveis de serem realizadas
nas áreas degradadas consideradas;*
 - C4 - Definição do cronograma de execução, incluindo atividades que serão
tomadas após a exaustão da jazida;*
 - C5 - Recuperação das (A.I.I.) conciliadas com as áreas de apoio às operações
de lavra;*
 - C6 - Embasamento cartográfico e/ou modelagem no planejamento das
atividades de recuperação ambiental;*
 - C7 - Evolução natural dos ecossistemas considerada no planejamento da
recuperação ambiental;*
 - C8 - Nenhuma definição do cronograma de execução.*
-

FIGURA 09 - Critérios de análise referentes ao planejamento e ao cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental.

As propostas de recuperação de áreas degradadas descritas nos PRADs analisados, ainda que não reflitam um embasamento científico ou prático que garanta a segurança do uso do solo para determinado fim, representa uma alternativa de recuperação que mais tarde poderá ser julgada em outras circunstâncias. Experimentos de campo são realizados à medida que as empresas sintam a necessidade de comprovação de determinadas estratégias de trabalho.

Há uma discrepância considerável entre as propostas de recuperação apresentadas nos PRADs de pequenas e grandes empresas de mineração. Apesar da similaridade existente entre os métodos de lavra empregados e os recursos ambientais disponíveis, não são previstas as condições ambientais futuras próprias de cada área explorada. Os cronogramas de execução das atividades de recuperação contidos nos PRADs das pequenas empresas não indicam, com segurança, as medidas a serem implantadas a longo prazo, uma vez que as operações de lavra não são bem definidas para um período de tempo mais prolongado. A eficiência do PRAD como instrumento de planejamento ambiental está comprometida com as variações técnicas, empresariais e ambientais que poderão aparecer ao longo do desenvolvimento do projeto de mineração.

3.8.4 - Análise das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs

O estudo das propostas ou alternativas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs, que abrange o processo de seleção da metodologia de recuperação mais indicada para determinadas áreas, auxiliou na avaliação da efetividade dos PRADs como instrumentos de planejamento e gerenciamento ambiental.

O caráter interdisciplinar que este estudo requer, leva à formulação de sugestões que, de acordo com o banco de dados do meio ambiente do local objeto de estudos, é possível formular um número muito grande de propostas viáveis de serem implantadas. No julgamento das alternativas, a opção escolhida, certamente recairá sobre o modelo de recuperação mais bem estruturado cientificamente, embasado, principalmente, nos experimentos de campo e nos resultados obtidos em áreas de características ambientais similares.

Neste estudo, é evidenciada a incerteza na tomada de decisão por medidas de recuperação ambiental que serão implantadas no futuro, após a desativação do projeto, ou mesmo em áreas que podem ser recuperadas concomitante à lavra, em outros pontos da jazida. O fato de não se ter, na maioria dos casos, levantamentos básicos do meio ambiente para o julgamento e descarte de propostas, reflete o nível de carência de dados de detalhe, referentes às situações ambientais futuras com o desenvolvimento do projeto de mineração. Uma série de situações e condições, de ordem ambiental e empresarial, influenciam no julgamento das propostas de recuperação ambiental apresentadas. Para efeito de análise da efetividade dos PRADs sob este enfoque, considerou-se os seguintes critérios de análise (Figura nº 10):

-
- D1 - Previsão dos impactos ambientais futuros como suporte aos planos de recuperação e gerenciamento ambiental a serem implantados após a desativação do projeto de mineração;*
 - D2 - Proposta de recuperação da cava com apresentação de alternativas;*
 - D3 - Nenhuma proposta efetiva para recuperação ambiental da cava;*
 - D4 - Definição dos ecossistemas situados dentro da área requerida para implantação do empreendimento de mineração;*
 - D5 - Apresentação de alternativas operacionais (viveiro de mudas, cartografia, modelos gerenciais, etc) como suporte às medidas de recuperação ambiental a serem implantadas;*
 - D6 - Descrição das etapas de trabalho baseando-se na escala de produção e no tempo de vida útil da mina;*
 - D7 - Apresentação de experimentos de campo que comprovem um modelo de recuperação ambiental mais eficiente;*
 - D8 - Identificação dos processos de degradação do meio físico como suporte aos projetos de recuperação ambiental propostos.*
-

FIGURA 10 - Critérios considerados no estudo da efetividade das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs.

O histórico da evolução das vertentes geomorfológicas, os impactos ambientais já ocorridos, as alterações climáticas e o funcionamento dos ecossistemas, são informações pouco citadas nos PRADs.

O estudo das paisagens e a avaliação do potencial da área degradada para determinada utilização são elementos que auxiliam na formulação de propostas efetivas de recuperação ambiental. Com a avaliação dos impactos ambientais, poder-se-á avaliar, com mais certeza, a proposta mais eficiente ecológica e economicamente de se manter a qualidade ambiental nas áreas sob influência das atividades de mineração.

3.8.5 - Análise da efetividade das medidas mitigadoras apresentadas nos PRADs

De acordo com as exigências impostas pela Resolução CONAMA 001/86 à implantação de medidas necessárias para prever e minimizar os impactos ambientais negativos, as empresas mineradoras propõem ações que visam manter a qualidade ambiental das áreas de influência dos empreendimentos mineiros. A qualidade das águas dos fluxos naturais que se localizam na bacia hidrográfica onde está situada a jazida mineral e a qualidade do ar das áreas submetidas a operações de exploração devem ser mantidos dentro dos padrões determinados pelo CONAMA (Resolução CONAMA nº 20, de junho de 1986, para padrões da qualidade da água e Resolução CONAMA nº 03, de junho de 1990, para padrões da qualidade do ar). Assim, com o prosseguimento da análise dos PRADs, verificou-se que uma série de procedimentos relativos à implantação de medidas mitigadoras são comuns na maioria dos casos de exploração mineral considerados neste estudo. Algumas operações são consideradas como medidas de suporte às propostas definitivas de recuperação ambiental a serem executadas nas áreas degradadas ou impactadas.

As barragens para contenção de finos, enquadradas como medidas mitigadoras dos impactos ambientais sobre os recursos hídricos, devem ser também consideradas como "ecossistemas" para efeito dos projetos de recuperação ambiental. Na maioria dos casos analisados, porém, essas áreas são simplesmente abandonadas, ficando submetidas a processos naturais de recuperação ambiental, após a desativação dos projetos mineiros. Apesar de ser considerada uma medida mitigadora de impacto ambiental, a barragem de contenção de finos, assim como os diques, correspondem a unidades distintas da paisagem disposta na região da mina. Daí a necessidade de se reintegrá-los à paisagem local, através de atividades de recuperação ambiental, mesmo que apresentem baixo potencial para futura utilização.

Os critérios utilizados para a análise das medidas mitigadoras descritas nos PRADs referem-se à quantificação do grau de detalhamento das propostas apresentadas.

Com relação às exigências legais, avaliou-se o grau de detalhamento com que são elaboradas as medidas mitigadoras dos impactos ambientais. A apresentação de mapas e projetos estruturais de construção são alguns dos parâmetros usados na análise da efetividade das medidas de contenção dos impactos ambientais existentes na região das minas.

Considerou-se, então, conforme demonstrado na figura nº 11 adiante, os seguintes critérios de análise das medidas mitigadoras:

-
- E1 - Apresentação da escala de amplitude da medida mitigadora a ser implantada. Contenção de um impacto ambiental localizado ou um conjunto de impactos que alteram a qualidade ambiental de determinados recursos naturais;*
- E2 - Descrição do caráter de resolução do problema com a implantação das medidas mitigadoras; se provisório ou permanente, em relação ao tempo de vida útil da mina;*
- E3 - Previsão do tempo de vida útil para a medida mitigadora implantada;*
- E4 - Demonstração da compatibilidade entre projetos co-localizados, havendo consorciação de empresas na tomada de decisão e implantação de medidas mitigadoras;*
- E5 - Nenhuma declaração a respeito do tipo ou amplitude das medidas mitigadoras a serem implantadas nas áreas de impactos ambientais críticos.*
- E6 - Levantamento básico das áreas críticas de impactos ambientais;*
- E7 - Medida mitigadora dos impactos ambientais como etapa inicial dos projetos de recuperação ambiental;*
- E8 - Programa de revegetação como principal medida mitigadora dos impactos ambientais;*
- E9 - Construção de barragens de rejeito, diques filtrantes e drenagens como medidas de contenção de impactos nos mananciais hídricos;*
- E10 - Indicação de medidas mitigadoras de acordo com as características dos poluentes e da degradação ambiental do meio.*
-

FIGURA 11 - Critérios usados na análise da efetividade dos PRADs segundo as medidas mitigadoras apresentadas.

3.8.6 - Análise da efetividade dos programas de controle e monitoramento ambiental

Os programas de controle ambiental são os principais instrumentos de planejamento e gerenciamento das atividades que visam manter a qualidade do meio ambiente nos padrões estipulados pelo CONAMA. A eficiência do PRAD está diretamente ligada ao plano de vigilância ambiental indicado para as atividades de recuperação ambiental implantadas ao longo e após a vida útil das jazidas.

São considerados nesta análise, alguns critérios de avaliação que se baseiam no conteúdo da Legislação Ambiental e nos conceitos definidos na literatura, de maneira que possam auxiliar na verificação da eficiência dos programas de

monitoramento sugeridos pelos consultores ambientais. A figura nº 12 apresentada a seguir, sintetiza os critérios de análise utilizados na avaliação da efetividade dos PRADs perante os programas de controle e monitoramento ambiental:

-
- F1 - Apresentação de um programa sustentado de monitoramento ambiental com descrição dos trabalhos a serem executados;*
 - F2 - Levantamento dos focos de poluição, descrição dos tipos de controle ambiental sugeridos (locais de coleta) e das metodologias de trabalho a serem adotadas;*
 - F3 - Descrição dos tipos de recursos naturais a serem monitorados;*
 - F4 - Avaliação temporal da evolução das áreas em recuperação;*
 - F5 - Descrição dos métodos de monitoramento do solo e da vegetação implantada;*
 - F6 - Descrição da correlação entre os programas de monitoramento sugeridos e os respectivos EIA-RIMAs.*
 - F7 - Justificação dos pontos de coleta para monitoramento.*
-

FIGURA 12 - Critérios de análise dos PRADs segundo os programas de monitoramento ambiental apresentados.

Os critérios de avaliação apresentados, referem-se ao conteúdo mínimo exigido por lei para que seja elaborado um programa de monitoramento ambiental para áreas submetidas a constantes alterações na qualidade dos seus recursos naturais.

Sob este enfoque, pôde-se contemplar a necessidade de se desenvolver um modelo dinâmico para o controle da qualidade ambiental das áreas de influência da mineração ao longo e após a vida útil da mina. Foram levantadas as variáveis e condicionantes, de ordem técnica e ambiental, que contribuiriam na formulação dos bancos de dados úteis aos modelos gerenciais indicados para casos deste tipo.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASOS - LEVANTAMENTO DE CAMPO: O PRAD COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL

O estudo de casos específicos apresenta relevada importância neste trabalho devido à complexidade das questões ambientais no setor de mineração. A Legislação Ambiental exige, cada vez mais, dos consultores e das empresas de mineração melhor planejamento das atividades de controle e recuperação ambiental.

O objetivo principal de se executar um levantamento de campo em empresas do setor mineral foi, basicamente, levantar subsídios (dados, informações, variáveis e fatores condicionantes) que favorecessem a análise da efetividade dos PRADs como instrumentos de gerenciamento ambiental nas áreas exploração de minério de ferro na região do Q.F.

Procedimento

O trabalho de campo baseou-se no levantamento das principais alterações e impactos ambientais provenientes das ações da mineração sobre os recursos naturais dispostos nas áreas das minas. As características do meio físico, as perspectivas de recuperação natural ou por métodos já conhecidos foram analisados em cada caso, evidenciando as propostas mais eficazes e as variáveis envolvidas. Procurou-se levantar os processos de degradação ambiental envolvidos e os avanços tecnológicos e científicos que influenciam na eficiência e evolução dos programas de reabilitação ambiental já implantados.

Baseando-se em entrevistas técnicas e levantamentos de campo, procurou-se obter, num curto período de três meses, o maior número de informações que retratasse o "estado da arte" da recuperação ambiental de superfícies degradadas por atividades de extração de minério de ferro, correlacionando o conteúdo apresentado nos PRADs com os trabalhos já executados nas áreas degradadas.

O acompanhamento às atividades de reabilitação ambiental das áreas degradadas pelas atividades de mineração foi realizado na região situada na borda leste do Quadrilátero Ferrífero. Para tal, contou-se com o apoio das seguintes empresas de mineração:

- Companhia Vale do Rio Doce - CVRD;
- Samarco Mineração S.A.;
- S.A. Mineração da Trindade - SAMITRI.

4.1 - Os limites geográficos

A região escolhida para o levantamento de campo está situada entre a Serra do Espinhaço, ao norte, e a Serra do Caraça, ao sul. As principais jazidas de minério de ferro estão localizadas na região denominada "Complexo Alegria", que compreende a bacia hidrográfica do Rio Piracicaba e partes da bacia do Rio Gualaxo. A jazida do Germano (SAMARCO), atualmente em fase de exaustão, localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte, afluente do Rio Gualaxo, onde também está situada a jazida de Timbopeba (CVRD). Mais a oeste, localiza-se a jazida de Alegria (SAMITRI) e outras jazidas de minério de ferro e manganês de menor porte. Juntas, estas três empresas produzem quase 1/3 (um terço) do total de minério de ferro produzido no quadrilátero (CETEC, 1987) e representam a principal atividade econômica da região da borda leste do Q.F.

O acesso à região é feito através da rodovia que liga o município de Mariana ao município de Santa Bárbara. A jazida de Timbopeba situa-se no município de Ouro Preto e está localizada a 37 Km do seu centro histórico. As minas de Germano e Alegria situam-se no município de Mariana, e distam, respectivamente, 24 e 32 Km do seu centro urbano.

FIGURA 13 - Mapa de localização dos empreendimentos mineiros onde foram realizados os levantamentos de campo.
(Modificado de BARBOSA, 1965).

4.2 - Os recursos geoecológicos da região estudada

A paisagem da região é representada pelas feições geomorfológicas características do quadrilátero, refletindo, a partir dos afloramentos de rochas apresentados em toda a sua extensão, o seu potencial para as atividades de mineração. As interrelações entre as estruturas rochosas, o clima, a topografia, a vegetação, a hidrografia e os solos são evidenciados nas formas de relevo apresentadas, as quais condicionam os tipos de uso do solo mais indicados.

A região é composta predominantemente por planaltos que são entrecortados por drenagens, que representa um conjunto de processos evolutivos de geoformas resultantes das interrelações entre o clima, as estruturas geológicas e a cobertura vegetal.

As serras do Caraça e do Espinhaço são as unidades da paisagem que mais se destacam na região, delimitando as áreas das jazidas minerais. As bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Gualaxo do Norte e das Velhas são depósitos naturais dos sedimentos provenientes das encostas decapeadas pelas atividades de mineração. Não existem na região, os chamados vales prolongados; os de maior extensão são utilizados para deposição de rejeito das usinas de tratamento ou de material estéril proveniente das minas.

A exposição de solos com horizonte B latossólico é predominante em quase toda a extensão da região. É também significativo nas áreas das jazidas, a exposição de rochas intemperizadas e lateritas ferruginosas. São encontrados, ainda, resquícios de Mata Atlântica e de cerrado nos arredores das minas. Entretanto, a vegetação que mais se destaca são as matas de eucalipto, plantadas com fins econômicos. A alta concentração do íon ferro no solo permite apenas o desenvolvimento de espécies resistentes e tolerantes a este elemento e aos teores de alumínio e fósforo associados. Poucas são as áreas agrícolas encontradas na região, uma vez que os recursos topográficos e pedológicos não favorecem o desenvolvimento de tal atividade.

O alto índice pluviométrico (média de 1100 mm entre os meses de novembro a março) é uma característica importante sob o ponto de vista de equilíbrio ambiental das áreas degradadas, sendo considerado como fator natural relevante nos estudos de estabilidade das áreas impactadas pelos efeitos das atividades de mineração.

Nas áreas requeridas para exploração de minério de ferro, determinada porção é destinada a "mata reserva", servindo como banco de dados da vegetação aos programas de reabilitação ambiental a serem desenvolvidos nas áreas degradadas. Destacam-se também, na paisagem ao redor das minas, as barragens de rejeito e de reserva de água para o processo de tratamento de minério, proporcionando à região

um contraste visual entre as formas criadas pela exploração mineral e os recursos geoecológicos naturais ao entorno.

4.3 - Descrição e avaliação dos impactos ambientais

Em função da importância que cumpre a descrição e avaliação dos impactos ambientais nos processos de investigação de campo, a sistemática de avaliação procurou embasar-se nos procedimentos indicados na literatura e definidos na Resolução CONAMA 001/86 (art.6º, II) que dispõe sobre a análise dos impactos da seguinte forma: "(...) análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes (benéficos e adversos, diretos e indiretos, imediatos, a médio e longo prazos, temporários e permanentes); seu grau de reversibilidade, suas propriedades cumulativas e sinérgicas, a distribuição dos ônus e benefícios sociais (...)"

O procedimento da pesquisa sob este enfoque, consistiu em identificar o nível de abrangência e o grau de detalhamento das metodologias de avaliação utilizadas nos PRADs, correspondentes às áreas de campo tomadas para levantamentos. Foram considerados alguns parâmetros de correlação entre os estudos de impactos ambientais e as metodologias de recuperação ambiental empregadas.

Apesar da similaridade geoecológica entre os sistemas ambientais inseridos neste estudo, a exigência de metodologias específicas para cada caso, mesmo que embasadas em métodos tradicionais de AIA, constituiu uma condição básica para a análise da qualidade ambiental das áreas exploradas. No levantamento da qualidade ambiental dessas áreas foram considerados os seguintes critérios na avaliação dos impactos ambientais:

- a) A delimitação dos sistemas ambientais, incluindo as áreas de influência direta e indireta dos empreendimentos de mineração;
- b) A identificação das variáveis ambientais e dos processos de mineração;
- c) A descrição e quantificação dos impactos ambientais, especificando a natureza das alterações e suas amplitudes;
- d) As relações existentes entre os projetos de mineração e os respectivos projetos de gerenciamento ambiental;
- e) A apresentação de projetos de reabilitação ambiental possíveis de serem realizados, com o enfoque voltado para as análises ecológicas, econômicas, tecnológicas, políticas e sociais;
- f) O cumprimento da estratégia de trabalho sugerida pelos órgãos ambientais, que compreende as fases de diagnóstico ambiental, previsão ou prognóstico e

avaliação dos impactos ambientais e conclusão sobre as medidas viáveis de implantação.

No caso específico das minerações de superfície, destacando-se as jazidas de minério de ferro tomadas como objeto de estudo, pode-se descrever as alterações provocadas no meio ambiente, de maior importância e amplitude, da seguinte maneira:

1 - Transformações na fisiografia da região da jazida, proporcionadas pelas escavações e deposição de material estéril, disposição de rejeitos em barragens, erosões e assoreamentos (Foto 01);

2 - Alterações na rede hidrográfica dos principais cursos d'água da região, transposição de talvegues e vales, alteração das vazões das nascentes, etc (foto 02);

**Foto 01 - Transformações na fisiografia da região da jazida.
(Mina de Timbopeba, CVRD).**

**Foto 02 - Alterações na rede hidrográfica da região da jazida.
(Mina de Timbopeba, CVRD)**

3 - Alteração na qualidade das águas, assoreamentos, aumento das taxas de DBO e DQO, alteração da cor e da turbidez das águas superficiais, e alteração do fluxo das águas subterrâneas (Foto 03);

4 - Alteração da qualidade do ar (Foto 04).

O meio biológico, por sua vez, sofre efeitos negativos que recaem sobre o equilíbrio e a qualidade dos habitats. A interrupção dos processos de evolução natural dos ecossistemas, a destruição de nichos ecológicos, a modificação das cadeias tróficas com o afugentamento da fauna e a supressão de espécies singulares da flora são os principais prejuízos ecológicos registrados na biota.

Para efeito de análise dos modelos de gerenciamento ambiental adotados nas empresas, foram considerados, separadamente, os fatores-causa incontroláveis dos impactos ambientais e os controláveis. No primeiro grupo encaixam-se as variações dos fatores geoecológicos naturais como nível de precipitação, exposição solar, estratigrafia dos solos e das rochas, etc; e no segundo grupo, as alterações do meio físico, biológico e sócio-econômico que sofreram alterações diretas pela ação antrópica relativa às atividades de mineração.

As metodologias de avaliação visam, principalmente, permitir que se observe o nível de degradação dos sistemas ambientais em relação ao seu estado de equilíbrio natural, sem os efeitos negativos da influência antrópica, manifestada através da implantação dos projetos de desenvolvimento. Comumente são utilizadas matrizes de relação causa-efeito que proporcionam, numa primeira análise, conhecer as interrelações entre as ações do projeto e os seus efeitos sobre o meio ambiente.

Foto 03 - Alteração da qualidade das águas. Efluente da usina de tratamento. (Mina de Águas Claras, MBR).

Foto 04 - Alteração da qualidade do ar. (Mina do Cauê, CVRD).

CONTRERAS (1992) sugere a seguinte escala de amplitude na avaliação dos impactos ambientais encontrados em áreas submetidas a atividades de mineração:

COMPATÍVEL - impacto de pouca intensidade. Recuperação imediata das condições originais anteriores à ação. Não são necessárias práticas corretivas.

MODERADO - a recuperação das condições originais requer certo tempo e é aconselhável a aplicação de medidas corretivas.

SEVERO - necessidade de introdução de práticas corretivas para recuperação das condições iniciais. Exige período de tempo prolongado para reabilitação.

CRÍTICO - a magnitude do impacto é superior aos níveis aceitáveis pelos órgãos de fiscalização ambiental. É produzida uma alteração permanente sem que se possa recuperar a qualidade das condições ambientais naturais. A utilização de medidas corretivas é de pouca solução.

No levantamento de campo realizado, considerou-se uma subdivisão entre as áreas de influência direta e indireta dos projetos de mineração. Esta estratégia de trabalho buscou, em primeiro plano, otimizar os trabalhos de implantação de medidas mitigadoras de impactos e de reabilitação ambiental. O conhecimento das causas e dos efeitos oriundos das atividades da mineração sustentarão os planos de gerenciamento ambiental a serem definidos pelas empresas.

Os critérios de análise da paisagem, evidenciados na literatura consultada, servem de suporte à delimitação de subáreas ou ecossistemas situados dentro das áreas requeridas para implantação dos empreendimentos de mineração. No caso das minerações de ferro situadas na região do quadrilátero, foram notificadas as seguintes áreas com características distintas e que foram consideradas, para efeito de estudos, separadamente:

- 1 - Barragem para contenção de rejeitos e finos lixiviados das encostas decapeadas;
- 2 - Usina de beneficiamento de minérios e áreas ao entorno;
- 3 - Cava da mina e entorno;
- 4 - Áreas de apoio (escritórios, oficinas, vias de acesso, etc);
- 5 - Pilhas de material estéril.

Entre um caso e outro, podem aparecer outras formas de paisagens como matas, reservas, lagos, etc, porém, basicamente os 05 (cinco) sistemas ambientais acima descritos correspondem a feições de paisagem comuns nas áreas submetidas à exploração de minério de ferro na região do Q.F.

A delimitação dessas subáreas é baseada na homogeneidade entre os elementos constituintes das paisagens (linha, forma, textura, escala, complexidade e

cor) e nos recursos geoecológicos constituintes dessas unidades (composição do solo, estrutura da rocha, geomorfologia, vegetação, etc).

A caracterização e a avaliação dos impactos ambientais nas áreas estudadas podem ser resumidos e apresentados conforme disposto na figura nº 14, mostrada a seguir. Foram consideradas as normas legais para a caracterização e avaliação dos impactos ambientais, representando-se as medidas mitigadoras e os tipos de controle ambiental indicados pelas empresas para cada subárea considerada.

No âmbito da implantação, desenvolvimento, lavra e desativação dos projetos de mineração, muito se discute sobre as formas mais otimizadas de se lavar em compatibilidade com a qualidade ambiental do meio em que a jazida está inserida. O fator econômico, conciliado com as exigências do mercado e com a qualidade do produto final, impõem a necessidade de se manter os padrões de qualidade ambiental estabelecidos pela Legislação Ambiental e pelos órgãos públicos de fiscalização.

A planilha demonstrada a seguir (Figura nº 15), representa o estado de degradação e as condições de estabilidade em que se encontram os sistemas ambientais considerados neste levantamento de campo, de forma a evidenciar os elementos-chave causadores da desarmonia entre as operações mineiras e os recursos ambientais. Esta avaliação permite também visualizar a efetividade das propostas apresentadas nos PRADs para os diversos casos de áreas degradadas situadas nas imediações das minas. De acordo com as propostas de reabilitação ambiental apresentadas, tem-se um panorama dos tipos de serviço executados no campo da engenharia ambiental nas áreas de extração de minério de ferro.

Nesta análise não são consideradas as fases do projeto de mineração, sendo necessário repetir a avaliação à medida em que o projeto vá se desenvolvendo. O processo de avaliação não deve ser um modelo estático, mas um mecanismo sujeito a aperfeiçoamentos, à medida em que hajam modificações ao longo da vida do empreendimento.

Elementos da recuperação	Fatores Condicionantes														Potencial para uso posterior	Proposta recuperação	Nível da Qualidade Ambiental																							
	IE, Tal Luche	Conf. Relievo	Exp. Solar Prop.	Inc. Ventos	Erosão	Tipo Solo	Fluxo N.Águas	Habitat Fauna	M.O. Espec.	Tecnologia Disp.	Rec.Externas	Vont. Empres.	Prod.Árvores	Dist. Sementes	Revegetação	Agricultura	Fl. Floresta	Reveg. Natural	Água	Silvicultura	Museu	Abandono	Revegetação	Reflorest.	Estab. Grotas	Abandono	Estab. Talude	Cons. Vegetação	Prod. M.O.	Diversid. Fauna	Diversid. Flora	Dens. O.Água	Poluição Inorg.	Qual. ar (partic.)	Capacid. Regim.	Capacid. Suporte	Introdução Esp.	Qual. Águas AL		
Sub-áreas dos Projetos																																								
Pilha B. Campo Grande	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pilha Cor. das Almas	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pilha Estrada	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pilha do E4	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Barragem C. Grande	-	+	0			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Córrego das Almas	-	+	0			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Dique do Xingu	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Taludes de Estradas	+	+	-	+	+	-	-	-	0	-	+	+	+	+	+	+	0	-	-	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Taludes Embaixadouro	+	+	-	+	+	-	-	-	0	-	+	+	+	+	+	+	0	-	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Áreas corte p/C. Civil	+	+	-	+	+	-	+	+	0	-	+	+	+	+	+	+	0	-	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Estação Trst. Efluente			0					+	+	+	+	+	+	+	+				+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Estação Trst. Água Pot.			0					+	+	+	+	+	+	+	+			0	+	+		0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Usina Beneficiamento			0			-	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cave Alegria	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	0	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cave Conta História	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cave Miguel Congo	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Viveiro Mudas			-	0		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				-	-		0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bacia Decant. Fines			0	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	-	-		0	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Correias Transp.			0				+	+	+	+	+	+	+	+	+							0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cave Germano	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	-	0	+	+	0	-	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Usina Tratamento			-			-	+	+	+	+	+	+	+	+	+			0	0	-	-	0	0	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Barr. Germano	-	+	0	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			0	0	-	-	0	0	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pilha Estéril	+	-		+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	-	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mineroduto				+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+								0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pilha Fundão																																								
Cave Timbopé	+	+	+	-	+	+		+	+	+	+	-	-	-	0	-	0	-	+	+	0	-	-	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Barr. Timbopé	-	+	0	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Usina			-			-	+	+	+	+	+	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Áreas Adjacentes	-	0		+	0	+	-	+	+	+	+	-	-	-	0	-	0	-	-	-	0	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

LEGENDA

Escala Significância

(0) - Baixa

(-) - Média

(+) - Alta

FIGURA 15 - Planilha de representação da recuperação ambiental nas áreas estudadas.

4.4 - As metodologias de recuperação ambiental levantadas em campo - Variáveis e fatores condicionantes.

O trabalho de campo realizado teve como objetivos principais o reconhecimento e o levantamento das variáveis ambientais e operacionais que influenciam na efetividade dos projetos de recuperação, assim como os fatores condicionantes de ordem empresarial e ambiental que restringem a implantação de determinadas medidas de recuperação nas áreas degradadas situadas na região da borda leste do Quadrilátero Ferrífero.

Nos casos comuns de recuperação ambiental concomitantes à lavra, são sugeridos modelos de recuperação que visam minimizar o impacto visual ora percebido pelos transeuntes da região da mina.

A compatibilidade entre o plano de lavra e a preservação dos recursos naturais é realmente efetiva em campo quando se propõe:

1 - O levantamento geoecológico dos recursos naturais, de forma a constituir um banco de dados ambientais;

2 - A preservação da qualidade ambiental dos recursos hídricos, quantificado pela diversidade ecológica de espécies da fauna e flora aquática, assim como das espécies ciliares;

3 - O manejo adequado do solo orgânico, adubação e uso de serrapilheira;

4 - A consideração aos estágios da sucessão ecológica natural da vegetação implantada. Adaptação e tolerância aos altos teores de ferro, alumínio e manganês do solo, assim como o acompanhamento às oscilações meteorológicas;

5 - A compensação paisagística, com implantação de cortinas arbóreas ou cinturões verdes, em casos de alterações irreversíveis do relevo e da paisagem natural.

O fato das minas de Germano, Timbopeba e Alegria pertencerem ao mesmo complexo mineral, e as duas primeiras à mesma bacia hidrográfica, faz com que muitas medidas mitigadoras de impactos negativos sejam tomadas em conjunto, havendo trocas de informações nas metodologias de recuperação e controle ambiental das áreas degradadas. O modelo mais utilizado e que envolve as etapas de reabilitação até a estabilização da área degradada corresponde ao seguinte fluxograma (Figura nº 16):

FIGURA 16 - Modelo de recuperação ambiental adotado nas áreas estudadas.
(Modificado de AMARAL, R.D. 1994)

O julgamento das alternativas das propostas de recuperação ambiental para determinada área degradada também foi considerado neste levantamento de campo. Da mesma forma que foram levantados os impactos ambientais, subdividindo a área da mineração em áreas de características geoecológicas homogêneas, são propostas medidas de reabilitação e reintegração paisagística. Considerou-se a disposição visual dessas áreas, seus condicionantes físicos e suas variáveis ambientais. A TABELA nº 03 apresentada abaixo é uma síntese das condições envolvidas nos processos de recuperação ambiental:

TABELA 03 - Variáveis e condicionantes ambientais das áreas submetidas à recuperação ambiental.

ÁREA DO PROJETO	VARIÁVEIS DA RECUPERAÇÃO	CONDICIONANTES FÍSICOS	CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM LOCAL	ALTERNATIVAS	FATOR DE SELEÇÃO	PROPOSTA FINAL DE RECUPERAÇÃO MAIS EFETIVA
PILHA DE ESTÉRIL		Ângulo dos taludes Tipo de solo Precipitação Exposição da rocha ao intemperismo	Visibilidade Percepção por vias de acesso externo	Retaludamento Drenagem Revegetação Hidrossemeadura Serrapilheira Construção de leiras	Estética Fonte de sedimentos Tempo para recuperação	Obras de engenharia civil Revegetação de gramíneas, arbustos e leguminosas forrageiras
BARRAGEM		Dimensão da bacia, pH da água, teor de Fe e Mn Capacidade de sustentação Teor de amido e amina	Grandes dimensões (maior que 10 ha)	Recuperação natural Hidrossemeadura Revegetação da barragem	Vida útil Estética Tempo de recuperação	Recuperação natural da bacia Revegetação da barragem
CAVA DA MINA		Ângulo dos taludes Altura dos bancos Tipo de rocha Dimensões da cava Precipitação Exposição à visibilidade Comportamento do lençol freático	Buraco de grandes dimensões (maior que 10 ha) Bancadas expostas às intempéries naturais Alteração das linhas de contorno, formas, cor, textura e escala	Criação de APA Preenchimento com estéril ou rejeito Criação de lagos artificiais Área de lazer Revegetação dos taludes Drenagem Hidrossemeadura Cinturão verde	Estética Fonte de sedimentos Alteração dos recursos hídricos Compatibilidade com o plano de lavra	Preenchimento com estéril ou rejeito Recuperação dos taludes Abandono Drenagem Cinturão verde
USINA DE BENEFICIAMENTO		Altura dos prédios Geração de poeiras e ruídos	Construções conflitantes com o ambiente natural	Cortina arbórea Pintura de camuflagem	Estética Tempo de vida útil Geração de resíduos e ruído ambiental	Cortina arbórea Desativação Transferência
ÁREAS DE APOIO E VIAS DE ACESSO		Ângulo dos taludes Tipo de construção Geração de resíduo Fonte de sedimentos	Solo exposto Modificação da paisagem natural por construções Modificação dos elementos da paisagem	Abandono Retaludamento Drenagem Revegetação Jardinagem Construção de leiras Pavimentação Hidrossemeadura Grama em placa	Estética Controle de sedimentos e poeiras	Retaludamento Drenagem Revegetação Construção de leiras Jardinagens nas áreas centrais Pavimentação Grama em placa

O fato de a preocupação com a reabilitação de superfícies degradadas por atividades de mineração ser bastante recente, a partir da implantação da Legislação Ambiental de 1986 (Resolução CONAMA) e do Decreto-Lei de 10 de abril de 1989, fez com que grande parte das medidas implantadas pelas empresas estudadas tenham sido tomadas como de iniciativa experimental.

Dos experimentos levantados em campo, os mais utilizados e indicados para as áreas degradadas pelas atividades de extração de minério de ferro situadas na região da borda leste do quadrilátero, podem ser sintetizados conforme apresentado na figura nº 17, a seguir:

METODOLOGIA DE RECUPERAÇÃO	INDICAÇÃO	VANTAGEM/DESVANTAGEM
Sulcamento e plantio direto, sem adubação, de espécies leguminosas e forrageiras, nativas e exóticas. Uso de serrapilheira e camada vegetal morta sobre os sulcos (Foto 05).	Solos com significativo teor de nutrientes e matéria orgânica. Depósitos de estéril, cortes de estrada, aterros, etc.	Baixo custo. Possibilidade de se perder alguns serviços pelas intempéries naturais (chuvas, ventos, etc).
Sacos de aniagem com "coquetel" de sementes de gramíneas e leguminosas forrageiras misturadas com esterco de gado, solo e fertilizantes químicos (Foto 06).	Taludes íngremes ($> 25^{\circ}$); solo pobre em nutrientes; geralmente utilizado em cavas de minas e depósitos de rejeito.	Criação rápida de um substrato de matéria orgânica. Contenção das sementes às intempéries naturais. Custo relativamente alto e difícil manuseio,
Sulcamento, coveamento, calagem e adubação com fertilizantes. Semeadura e plantio de mudas de espécies nativas e exóticas de porte arbustivo e arbóreo. Espaçamento variável, geralmente 2×2 m. Pode ser feito a reposição de solo orgânico se este já se encontra estocado (Foto 07).	Pilhas de estéril, quando o material exposto é pobre em nutrientes. Taludes de cava (quando o material exposto permite) e áreas de apoio. É o método mais usual de revegetação de áreas degradadas. Sujeito a variações e implementações.	Custo relativamente baixo. Fácil implantação e adaptação assegurada.
Revegetação com placas de grama. Fixação com bambus, estacas ou telas (Fotos 08 e 09). Posterior coveamento e plantio de mudas.	Taludes íngremes ($> 25^{\circ}$) e solo pobre em nutrientes. Áreas expostas à circulação de pessoas e de necessária recuperação rápida.	Rápida recuperação. Mão-de-obra especializada. Alto custo.
Hidrossemeadura. Espécies nativas e exóticas. Poserior sulcamento, coveamento, adubação e plantio de mudas (Foto 10).	Taludes de mina, depósitos de estéril, taludes de estrada, aterros, etc.	Custo relativamente alto. Mão-de-obra especializada. Homogeneização da vegetação implantada.

FIGURA 17 - Quadro-síntese das principais metodologias de recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração de ferro na borda leste do Q.F.

Foto 05 - Preparo do terreno para plantio de mudas. Uso de serrapilheira e camada vegetal morta. (Timbopeba, CVRD).

Foto 06 - Uso de sacos de aniagem com "coquetel" de sementes de gramíneas e leguminosas forrageiras, esterco de gado, solo e fertilizantes químicos. (Mina de Alegria, SAMITRI).

Foto 07 - Preparo do talude para plantio de mudas. Reposição de solo orgânico, calagem e adubação. (Mina de Águas Claras, MBR)

Foto 08 - Revegetação com placas de grama. (Mina de Águas Claras, MBR).

**Foto 09 - Sustentação da grama com bambu em taludes íngremes.
(Mina da SAMITRI)**

**Foto 10 - Revegetação por hidrossemeadura.
(Mina de Águas Claras, MBR)**

Com o trabalho de campo realizado, observou-se que a utilização de metodologias específicas de recuperação ambiental, dependerá, em cada caso, das características da área, da disponibilidade de mudas e de sementes para realizar o plantio e, principalmente, de pessoal especializado para a execução das operações. Constatou-se também que as empresas do setor mineral, cada vez mais, têm-se preocupado em constituir um corpo técnico especializado em gerenciar e fazer executar os serviços relacionados às questões ambientais pertinentes às operações mineiras. Os métodos de recuperação ambiental adotados pelas empresas que exploram minério de ferro na região do quadrilátero devem apresentar viabilidade econômica e eficiência ecológica quando submetidos a análises nos processos de tomada de decisão.

Os modelos gerenciais atualmente em uso são otimizados pelos processos de auditoria ambiental existentes nas grandes empresas. Dessa forma, pode-se dizer que o PRAD é um instrumento de apoio ao processo de tomada de decisões quanto as atividades a serem desenvolvidas no controle da qualidade ambiental das áreas influenciadas pelas atividades de mineração.

Na região da borda leste do Q.F., o intercâmbio de informações entre os profissionais atuantes no controle da qualidade ambiental das áreas situadas ao redor das minas faz com que o desenvolvimento de técnicas específicas de recuperação seja mais rápido que em outras áreas, proporcionando maior economia e eficiência das medidas implantadas. De certa forma, os exemplos divulgados auxiliam na formulação de propostas e modelos de recuperação e gerenciamento ambiental.

CAPÍTULO V

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de técnicas e métodos de reabilitação ambiental de áreas degradadas por atividades de mineração a céu aberto vem evoluindo com o aperfeiçoamento dos processos de lavra e tratamento de minérios. Com as práticas voltadas à melhoria da qualidade do ambiente de trabalho nas minerações, têm-se obtido resultados satisfatórios no controle da qualidade ambiental das áreas de influência dos empreendimentos.

Conforme os resultados obtidos e apresentados a seguir, os PRADs elaborados, em sua maioria, por empresas de consultoria, apresentam sérias deficiências quanto ao cumprimento das exigências impostas pelos órgãos públicos, no que se refere ao planejamento e gerenciamento de atividades voltadas à recuperação de ambientes degradados. O conteúdo dos PRADs, carregado de informações pouco importantes para o controle dos impactos ambientais negativos ou à implantação de medidas eficazes de reabilitação ambiental, proporcionou, através das análises feitas, dúvidas e insegurança na formulação das técnicas de recuperação ambiental.

O fato de um grupo restrito de empresas de consultoria elaborarem projetos de recuperação ambiental para áreas co-localizadas, como é o caso das mineradoras situadas no Quadrilátero Ferrífero, implica em levantamentos ambientais do mesmo tipo, utilizados para toda a região sem que sejam levantadas as variáveis locais de cada ambiente separadamente. Tal fato induz à elaboração de projetos de recuperação ambiental similares, podendo acarretar sérias complicações no futuro, devido às diferentes condições de desenvolvimento a que estão submetidas as minerações. Áreas situadas próximas a municípios com significativo potencial de desenvolvimento devem apresentar planos diretores que assegurem o uso da superfície para determinado fim, considerando-se todas as possíveis utilizações futuras do solo.

A preocupação com o cumprimento das exigências legais induziu as empresas a desenvolverem levantamentos pouco detalhados dos recursos naturais das áreas de

influência dos empreendimentos de mineração. De um modo geral, foi verificada também a carência de dados relativos às variáveis principais que regulam o equilíbrio do meio físico na região das minas e dos fatores condicionantes de ordem física e empresarial que influenciam na qualidade das propostas de recuperação ambiental apresentadas.

Os resultados das análises dos PRADs são demonstrados segundo a porcentagem de documentos que fizeram menção aos critérios de análise considerados no estudo das compatibilidades e da efetividade das propostas de recuperação, mitigação, avaliação dos impactos e monitoramento ambiental. Assim, com a interpretação dos resultados obtidos e com as investigações de campo realizadas, pôde-se avaliar até que ponto as propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs têm sido efetivas.

5.1 - Resultados da análise dos objetivos dos projetos de recuperação ambiental

A análise das compatibilidades entre os objetivos dos projetos propostos e a realidade prática executada em campo demonstra que os PRADs são muito úteis como banco de dados às atividades a serem realizadas, não correspondendo, na prática, como instrumento de gestão ambiental. O fato dos projetos de mineração estarem submetidos a um caráter dinâmico que envolve, principalmente, variações geológicas, faz com que os planos de lavra sejam otimizados à medida em que a lavra avança, contribuindo para a atualização, também, dos planos de recuperação ambiental.

Os critérios de análise utilizados buscaram evidenciar desde os aspectos legais exigidos para elaboração dos PRADs, incluindo as relações de causa-efeito da implantação dos empreendimentos de mineração, até a definição dos objetivos dos planos de recuperação ambiental, conforme demonstrado na figura nº 18.

FIGURA 18 - Análise dos objetivos dos projetos de recuperação ambiental.

Conforme demonstrado na figura acima, os objetivos a médio e longo prazos traçados nos documentos são os pontos-fracos dos PRADs. As incertezas nas condições futuras do meio físico na região da mina não asseguram propostas efetivas de recuperação ambiental. Somente áreas cujo abandono está certificado têm registradas a implantação de medidas de recuperação ambiental ou determinada utilização posterior. De forma geral, não há nenhuma preocupação em descrever os objetivos a curto, médio e longo prazos nos PRADs, existindo apenas uma "resposta" ao item referente aos objetivos definidos no roteiro de elaboração do PRAD, fornecido pela FEAM - MG.

No entanto, a preocupação em cumprir com as exigências legais é notada em 60% dos documentos analisados, evidenciada através da estrutura de apresentação dos dados contidos nos documentos e na demonstração das relações causa-efeito e as medidas mitigadoras indicadas para os casos de degradação ambiental apresentados.

5.2 - Resultados da análise dos métodos de AIA utilizados ou sugeridos nos PRADs

Ainda no estudo das compatibilidades procurou-se analisar a relação dos PRADs com os respectivos EIA-RIMAs. Para isso foram considerados os elementos-chave constituintes do processo de AIA, os quais, por sua vez, estão inseridos nos estudos de impactos e nos planos de recuperação ambiental. A figura nº 19 apresentada a seguir retrata o conteúdo dos PRADs em relação aos seus levantamentos práticos, argumentos teóricos e embasamento científico usados na formulação de métodos de AIA para os casos estudados.

FIGURA 19 - Análise dos métodos de AIA utilizados ou sugeridos nos PRADs.

Segundo os resultados obtidos a avaliação dos impactos ambientais consistiu, em 90% dos casos analisados, na simples descrição dos impactos e sua ponderação relativa. A técnica utilizada, principalmente, foi a da descrição dos impactos (listas de checagem), enquanto que a avaliação segundo uma escala hipotética de magnitude,

usando matrizes determinísticas de relação causa-efeito, foi verificada em apenas 10% dos casos, o que comprova o pouco detalhamento dos estudos de impacto ambiental.

A avaliação de impactos baseada em dados comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA para a qualidade da água e do ar muitas vezes não corresponde à realidade ecológica do ponto de vista do equilíbrio natural sustentável que se almeja. É sabido que diversos tipos de poluentes presentes num mesmo sistema ambiental, mesmo dentro dos padrões legais estabelecidos pelo CONAMA, provocam impactos ambientais negativos substanciais à biota e ao meio físico. Este argumento porém, não foi considerado em nenhum dos casos analisados.

A preocupação das empresas consultoras em preencher os quesitos estabelecidos pelo termo de referência para elaboração e apresentação dos PRADs, segundo a FEAM-MG, fez com que os consultores tomassem levantamentos regionais como se fossem de caráter local. Poucos PRADs, 10% do total analisado, apresentaram levantamentos de campo para quantificação e descrição das condições ambientais de equilíbrio dos recursos naturais. As variáveis principais que regulam os sistemas naturais e os fatores condicionantes de sua estabilização foram apenas citadas para efeito de cumprimento dos aspectos legais.

Notou-se também que somente os PRADs das grandes empresas apresentaram uma AIA mais bem estruturada cientificamente, baseada em dados confiáveis e condizentes com a realidade encontrada no campo. Os PRADs de pequenas empresas, em sua maioria, sequer utilizavam alguma metodologia de AIA para efeito de planejamento das atividades relacionadas ao controle ambiental das áreas consideradas no seu contexto.

5.3 - Resultados da análise do planejamento e dos cronogramas de execução das atividades de recuperação ambiental

A figura nº 20 disposta a seguir possibilita, de forma objetiva, averiguar os critérios considerados no planejamento das medidas de recuperação ambiental e as formas de execução das medidas propostas, ao longo e após a vida útil do projeto. A efetividade dos PRADs está diretamente relacionada ao cumprimento do cronograma de execução das atividades de recuperação ambiental propostas; e das prioridades estabelecidas na execução dos serviços de acordo com as características próprias de cada caso.

FIGURA 20 - Análise do planejamento e dos cronogramas de execução das atividades de recuperação ambiental.

O fato de se ter apenas 10% dos documentos analisados apresentando descrições detalhadas da evolução natural dos ecossistemas envolvidos nos processos de degradação ambiental e sugestão de trabalhos usando ferramentas cartográficas e/ou algum tipo de modelagem favorece a interpretação de que os objetivos a curto prazo não estão claramente definidos no planejamento das atividades de recuperação ambiental. A falta de um cronograma de execução dos trabalhos, verificada em 50% dos documentos analisados, também comprova a incerteza e insegurança no planejamento da recuperação de áreas degradadas.

A definição detalhada do método de recuperação ambiental a ser implantado em campo serviu de referência às análises da efetividade dos projetos propostos. Apenas 50% dos documentos analisados apresentaram metodologias concretas de recuperação ambiental. A justificativa pela escolha de determinada metodologia, geralmente baseava-se em argumentos agrônômicos ou modelos já aplicados em áreas com características "geoecológicas" similares.

O planejamento das atividades de recuperação ambiental, proporcionando condições de equilíbrio, de forma a suportar o uso potencial futuro da superfície em questão, foi garantido em apenas 40% dos casos analisados. Este fato também nos leva a refletir sobre o planejamento da recuperação ambiental a curto, médio e longo prazos.

Em uma outra análise, o julgamento das potencialidades de uso futuro para as áreas degradadas, em 90% dos casos foram consideradas as necessidades sociais e os aspectos da paisagem natural envolvidos. Porém, muito pouco foi relatado sobre o funcionamento dos ecossistemas, as condições de equilíbrio anteriores à implantação do projeto e as alternativas mais indicadas para uma efetiva recuperação ambiental. Neste aspecto, notou-se a falta de dados que assegurassem uma proposta mais eficiente ecológica e economicamente para o uso futuro das áreas reabilitadas.

5.4 - Resultados da análise das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs

A figura nº 21 apresentada a seguir retrata a percentagem de PRADs que consideraram, no processo de formulação das propostas de recuperação ambiental, as variáveis principais que regulam o funcionamento dos ecossistemas. A variação nos resultados obtidos evidencia a pouca experiência dos profissionais atuantes no campo da recuperação de superfícies degradadas, apresentando um número restrito de alternativas para os casos de degradação ambiental existentes nas imediações das minas do Q.F.

FIGURA 21 - Análise das propostas de recuperação ambiental apresentadas nos PRADs.

O pequeno intercâmbio existente entre profissionais atuantes no campo das ciências ambientais e profissionais ligados às atividades de mineração é ressaltado no levantamento dos processos de degradação do meio físico descrito nos PRADs analisados. Somente 10% dos documentos analisados apresentam referências a tal enfoque. Na maioria dos casos, foram apenas citadas as áreas que apresentavam estado de degradação ambiental crítico, necessitando de recuperação ambiental ou mitigação dos impactos atuantes.

No caso específico da recuperação das cavas das minas já exauridas, consideradas como áreas críticas de recuperação ambiental, devido, principalmente, aos fatores condicionantes de ordem física que apresentam, como, por exemplo, o ângulo de estabilidade dos taludes, os quais exigem grandes investimentos financeiros para que sejam rebaixados, não foram apresentadas, em nenhum dos casos estudados, medidas efetivas de reabilitação ambiental. As propostas ou alternativas de recuperação ambiental, comumente contidas nos PRADs analisados, como "estudos

de viabilidade de construção de lagos artificiais, centros esportivos, pistas de motocross, áreas de lazer, etc" são alternativas apresentadas sem que fossem feitos levantamentos de viabilidade sócio-econômica ou ambiental para determinado fim. Com o trabalho de campo realizado, constatou-se que os processos de recuperação ambiental das cavas das minas estão sendo submetidos a modelos experimentais de campo. Existem, nas grandes empresas, uma preocupação voltada ao abandono dessas áreas em condições de equilíbrio que garantam, pelo menos, a introdução de espécies vegetais. Pesquisas estão sendo feitas no sentido de selecionar espécies da flora que tenham desenvolvimento garantido em solos desprovidos de nutrientes, comuns nos casos das jazidas de minério de ferro do quadrilátero.

O estudo dos prováveis impactos ambientais futuros foi constatado em apenas 10% do total de documentos analisados. Desta forma, pode-se dizer que as medidas de recuperação implantadas servem, principalmente, como experimento, servindo de referência a atividades que venham a ser desenvolvidas em áreas com características ambientais semelhantes.

Já o fato de se ter 70 % dos documentos analisados apresentando uma descrição dos distintos ecossistemas situados dentro das áreas requeridas para implantação dos projetos de mineração, reflete o início de uma conceituação ecológica sobre os sistemas ambientais envolvidos na exploração dos recursos minerais. Para efeito de planejamento e gerenciamento ambiental, esta é uma estratégia de trabalho que pode garantir uma maior eficiência da recuperação ambiental como um todo, permitindo a reintegração das áreas degradadas às condições de equilíbrio estabelecido nas áreas ao entorno das minas.

5.5 - Resultados da análise das medidas mitigadoras

A análise das medidas mitigadoras apresentadas nos PRADs demonstrou ser este um dos principais enfoques considerados nos documentos selecionados para a pesquisa. Apesar da falta de detalhes das obras de mitigação dos impactos realizadas nas áreas de influência dos projetos mineiros, estas medidas são citadas e colocadas em capítulo único, referindo-se às alterações críticas no meio ambiente provocadas pelas ações da mineração. A figura nº 22 apresenta os resultados das análises baseadas nos critérios considerados na verificação da efetividade dos PRADs quanto a execução e formulação das medidas mitigadoras dos impactos ambientais.

FIGURA 22 - Análise das medidas mitigadoras apresentadas nos PRADs.

De acordo com os resultados obtidos a partir da análise das medidas mitigadoras dos impactos ambientais negativos descritos nos PRADs, pode-se dizer que:

- A baixa citação de projetos co-localizados como referência às medidas mitigadoras propostas não asseguram a efetividade das medidas de mitigação dos impactos ambientais. Da mesma forma, a falta de definição do tempo de vida útil das propostas feitas deixa dúvidas sobre o caráter de resolução das medidas apresentadas;

- Em 90 % dos casos analisados foram apenas levantadas as áreas ou subáreas do projeto que, de uma forma ou outra, necessitam de medidas mitigadoras de impactos. Não só para manutenção da qualidade ambiental do local de trabalho como na otimização dos processos de lavra, escoamento de minério, drenagem das águas, etc. As medidas mais comuns, citadas nos documentos, consistem, basicamente, de "manutenção das drenagens das bermas da cava e da pilha de estéril, modelamento das formas de paisagens criadas pelas ações da mineração sobre o ambiente explorado, revegetação dos taludes e áreas de apoio e implantação de cortinas arbóreas".

- Somente em 30 % dos casos analisados foram definidas medidas mitigadoras que correspondem às etapas iniciais do processo de reabilitação das áreas degradadas. Essas medidas visam a reintegração dos sistemas ambientais degradados às áreas que se localizam ao entorno das jazidas minerais. São utilizados programas de revegetação que visam minimizar o aspecto visual negativo resultante das ações da mineração sobre o meio ambiente. De uma forma geral, as medidas mitigadoras implantadas correspondem às etapas iniciais dos programas de recuperação ambiental adotados pela empresa.

5.6 - Resultados da análise dos programas de controle e monitoramento ambiental

Os programas de controle e monitoramento ambiental são pontos-chave na verificação da efetividade dos PRADs no gerenciamento das atividades de recuperação ambiental de áreas submetidas a processos de degradação ou impactos ambientais. O cronograma de acompanhamento, coleta de material para análises e diagnóstico de situações de risco ambiental são instrumentos de gestão ambiental que asseguram a introdução de medidas cujos objetivos contribuem com o aperfeiçoamento ou manutenção da qualidade ambiental das áreas sob influência das atividades de mineração.

Os resultados obtidos nessa análise, conforme demonstrado na figura nº 23 a seguir, refletem o baixo nível de detalhe com que os PRADs foram elaborados, não assegurando a formulação de medidas eficazes de reabilitação ambiental.

FIGURA 23 - Análise dos programas de controle e monitoramento ambiental.

O monitoramento das condições de estabilidade e evolução das paisagens, assim como a integração das áreas degradadas ao meio circundante são parâmetros importantes no levantamento dos objetivos dos projetos de controle ambiental apresentados nos PRADs. Dentre as várias formas cartográficas e de desenho possíveis de se representar a evolução da paisagem de determinada região pode-se também usar recursos fotográficos para quantificar tal evolução. A escala de tempo usada deve ser evidenciada como parâmetro de referência para este tipo de análise. Neste estudo foi constatado que apenas 10% dos documentos selecionados para análise referiram a este enfoque como parâmetro de controle ou monitoramento ambiental. Na maioria dos casos, a evolução da paisagem foi analisada como item a parte, nem sempre usada como instrumento de monitoramento ambiental.

A pesquisa realizada sob este contexto retratou os seguintes aspectos:

1 - O monitoramento dos recursos hídricos, geralmente entregue a terceiros, não apresenta detalhes de execução nos documentos levantados e são registrados em apenas 10% dos casos analisados, assim como a localização dos pontos de coleta e a justificação da escolha desses pontos;

2 - A apresentação de um plano de coleta, segundo um cronograma pré-estabelecido, foi verificado em 20% dos casos analisados. Também foram definidas a intercalação das coletas baseando-se nos tipos de efluentes lançados, no potencial de degradação destes efluentes, nos volumes lançados e na variação dos períodos de lançamento;

3 - O controle da qualidade do solo em processo de recuperação pode ser quantificado através de análises físico-químicas, análises visuais, indicadores biológicos, etc. Somente em 10% dos documentos analisados haviam referências a tais análises;

4 - O controle de pragas e doenças, assim como o controle de incêndios em áreas revegetadas deve ser especificado, dada a influência desses elementos no processo de recuperação das áreas degradadas. O caráter de adaptação e evolução da vegetação implantada nas áreas degradadas deve ser retratado em períodos pré - determinados, de forma a proporcionar um julgamento sensato da eficiência das metodologias utilizadas. Sob este contexto, foi constatado que apenas 10% do total de documentos analisados referiram a este aspecto;

5 - O controle dos impactos ambientais é um ponto relevante na identificação das fontes de sedimentos, do potencial de erosão das áreas, da estabilidade dos taludes e da perda de solo. Da mesma forma, impactos na qualidade do ar e da água devem ser quantificados para efeito de controle e monitoramento. Também foi verificado o controle de poeiras, ruídos e vibrações, citado em apenas 60% do total de documentos analisados.

6 - A elaboração de planos de monitoramento ambiental para subáreas dos projetos de mineração também são estratégias de otimização das operações de reabilitação das áreas degradadas. A delimitação dessas subáreas deve variar de caso para caso, porém deve ser embasada nos elementos das paisagens, nos recursos naturais e na qualidade ambiental da área considerada. A utilização deste tipo de recurso para elaboração dos programas de controle e monitoramento ambiental foi constatado em 40% do total de casos analisados;

7 - Do total de documentos levantados, apenas 60% listavam os parâmetros a serem monitorados durante o processo de recuperação ambiental das áreas degradadas. Na maioria dos casos analisados, não há descrição do cronograma de execução das atividades a serem desenvolvidas, nem mesmo definição dos pontos de coleta de água e sedimentos para análises. É bastante comum, porém, a subdivisão do programa de controle e monitoramento ambiental simplesmente em tópicos como:

- Monitoramento da qualidade das águas e do ar;
- Monitoramento das áreas revegetadas.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os Estudos de Impactos Ambientais (EIAs), e seus respectivos relatórios (RIMAs), nos quais estão inseridos os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs), cuja aplicação no Brasil, ainda se encontra bastante recente, demanda aperfeiçoamentos no sentido de proporcionar melhor planejamento e gestão das atividades correlatas ao controle da qualidade ambiental em projetos de desenvolvimento econômico. No caso das empresas de mineração, nota-se claramente a carência de profissionais cuja formação envolve conhecimentos relativos ao campo das ciências ambientais.

O estudo de uma amostra de 10 PRADs, permitiu levantar e sintetizar os principais problemas envolvidos no planejamento da recuperação ambiental. As soluções de engenharia viáveis de implantação correspondem a modelos de gestão ambiental comuns aos diversos casos de mineração de ferro situados na região do Quadrilátero Ferrífero -MG.

De forma sucinta, pode-se dizer, após os levantamentos teóricos e práticos realizados, a respeito da efetividades dos PRADs, que as conclusões obtidas, separadas em duas categorias distintas foram:

1 - Âmbito específico

- O PRAD, atualmente, é usado como:
 - Banco de dados do diagnóstico e impactos ambientais;
 - Referência da AIA para a época em que o PRAD foi elaborado, permitindo avaliar a evolução da qualidade ambiental da área em estudo;
 - Banco de dados das variáveis do empreendimento;
 - Referência ao cumprimento das exigências legais;
 - Levantamento das variáveis e condicionantes locais;

- Apresentação das metodologias a serem implantadas nos processos de recuperação ambiental;

Há uma discrepância considerável entre projetos desenvolvidos em empresas de pequeno e grande portes. A falta de intercâmbio entre estas empresas compromete a qualidade ambiental da região do Q.F.;

- Os principais desafios existentes na recuperação ambiental de áreas degradadas pelas atividades de exploração de minério de ferro são as áreas das cavas das minas e as bacias de rejeito, havendo uma considerável demanda, nos empreendimentos responsáveis, por estudos integrados às ciências ambientais;

- Há uma estreita correlação entre o conteúdo apresentado nos PRADs e nos EIA-RIMAs, correspondendo aos mesmos tipos de levantamentos e avaliações dos meios físico, biológico e sócio-econômico;

- Apenas 50% dos empreendimentos tomados como objeto de estudos usavam os respectivos PRADs para orientação dos trabalhos a serem desenvolvidos no campo, baseando o uso futuro das áreas degradadas apenas no seu potencial e nas suas condições de estabilidade;

- Os programas de controle e monitoramento ambiental e os cronogramas de execução das atividades de recuperação ambiental são os principais pontos-fracos dos PRADs, uma vez que os projetos de mineração estão sempre sendo otimizados em curtos períodos de tempo.

o documento dizer que a recuperação ambiental de áreas degradadas por atividades de extração de minério de ferro na região do quadrilátero é função dos seguintes fatores:

- interesse da empresa pela qualidade ambiental das áreas de influência do projeto

- e exigência dos órgãos públicos de fiscalização;

- disposição de mão-de-obra especializada;

- nível de cobrança da comunidade local;

- capital da empresa para investimentos na área ambiental;

- fatores condicionantes de ordem empresarial, ambiental e tecnológico;

- variáveis ambientais das áreas degradadas e variáveis operacionais e técnicas próprias dos empreendimentos de mineração.

2 - Âmbito geral

- O PRAD é hoje o principal estudo no setor de mineração que trata as condições futuras da qualidade ambiental nas áreas de influência das atividades de exploração mineral. É, portanto, um instrumento capaz de definir diretrizes mais racionais aos projetos de desenvolvimento mineiro;

- Há necessidade de se desenvolver, nas empresas de mineração, modelos de gerenciamento ambiental mais dinâmicos que o PRAD, baseados em estudos multidisciplinares, casos similares e situações de campo;

- A efetividade dos PRADs analisados, como instrumentos de planejamento e gestão ambiental (controle), encontra-se comprometida pelas condições em que foram elaborados; o curto período de tempo estabelecido pela Legislação Federal para apresentação de propostas de recuperação ambiental, não permitiu assegurar a eficiência dos métodos de recuperação sugeridos pelas empresas de consultoria;

- A participação do poder público tem função-chave no controle e manutenção da qualidade ambiental nas áreas de influência dos projetos de mineração. Corresponde, hoje, ao principal veículo de informação entre empresas de pequeno e grande portes;

- A eficiência dos projetos de recuperação ambiental está relacionada, principalmente, a :

- Diagnóstico ambiental das áreas de influência do empreendimento e avaliação dos impactos ambientais;

- Levantamento de dados significativos à recuperação das funções ecológicas do sistema;

- Experimentos de campo nas áreas degradadas;

- Mão-de-obra especializada nas empresas de mineração;

- Planejamento a longo prazo, baseado na evolução natural dos ecossistemas e suas influências antrópicas;

- Elaboração de modelos específicos de controle ambiental;

- Capital da empresa para obras de engenharia ambiental;

- Fatores condicionantes de ordem ambiental, empresarial e tecnológica.

O PRAD deve ser, sobretudo, um documento de caráter dinâmico, tal qual o meio ambiente nele analisado. A variável tempo é imprescindível no planejamento das medidas de recuperação ambiental. O cronograma de execução das atividades de reabilitação ambiental propostas foi um dos principais parâmetros de avaliação da efetividades dos PRADs, pois serviu como referência para verificação do grau de cumprimento das medidas apresentadas. O fato de se ter trabalhos de recuperação ambiental concomitantes às atividades de lavra, induz à elaboração de Planos Diretores e Gerenciais mais dinâmicos que os PRADs, colocando estes em condição de apoio às atividades a serem implantadas.

Dentre algumas deficiências evidenciadas na elaboração e execução dos projetos de recuperação ambiental, constatou-se que as questões relativas aos levantamentos geoambientais nas fases iniciais de implantação dos projetos de mineração comprometeram todo o processo de recuperação das áreas degradadas já abandonadas. A falta de intercâmbio entre pequenas e grandes empresas deixa o quadro de resultados bastante dividido. De um lado empresas que promovem avanços nos métodos de recuperação ambiental de áreas mineradas, e de outro, empresas que ainda não utilizam técnicas eficazes de extração do minério e deposição do estéril. Sem que exista troca de informações entre empresas do mesmo setor, dificilmente haverá compatibilidade entre atividades de mineração e proteção ambiental na região do quadrilátero.

A participação dos órgãos públicos no controle da qualidade ambiental de áreas que sofreram modificações intensas, alterando as interrelações entre os seus recursos naturais, corresponde, hoje, à melhor forma de se averiguar a efetividade dos métodos empregados na mitigação dos impactos ambientais e nos planos de reabilitação ambiental das áreas degradadas. A política de fiscalização da qualidade ambiental das áreas de influência dos projetos de mineração, executada pelos órgãos públicos, é, atualmente, a principal cobrança no cumprimento das obrigações legais impostas aos projetos de desenvolvimento do setor de mineração. Contudo, maior assessoria deve ser dada aos profissionais envolvidos nesse setor econômico, com o oferecimento de cursos que visem à divulgação da legislação ambiental, dos conceitos relacionados às ciências ambientais e dos quesitos básicos necessários à elaboração de eficientes projetos de recuperação e manutenção da qualidade ambiental em áreas sob influência da mineração.

O volume de informações adquiridas com a elaboração dos projetos de reabilitação ambiental, executados a partir do diagnóstico ambiental do meio físico, das variáveis que regulam o funcionamento dos sistemas ambientais e suas inter e

intrarelacões com outros sistemas, corresponde a um dos benefícios proporcionados aos dirigentes das empresas com a exigência dos PRADs pela Legislação Federal.

Após cinco anos da legalização do processo de elaboração dos PRADs, é sensato assumir que aperfeiçoamentos são necessários no que diz respeito à elaboração e efetiva aplicação dos PRADs. Neste sentido, recomenda-se:

i) Os objetivos dos projetos de recuperação precisam ser esclarecidos dentro das reais possibilidades de recuperação ambiental de cada área degradada, considerando-se as particularidades de cada região e os fatores condicionantes da implantação dos projetos sugeridos. Torna-se necessário o aperfeiçoamento de técnicas nos levantamentos das variáveis ambientais, dos impactos e dos processos de degradação que caracterizam cada subárea dentro dos limites requeridos para implantação dos empreendimentos mineiros;

ii) Aprimorar os processos de auditoria ambiental, realizando, em intervalos periódicos, uma avaliação dos impactos ambientais e dos processos de recuperação ambiental em andamento. Tal medida pode contribuir para o avanço das técnicas de controle e monitoramento ambiental atualmente usadas nas empresas de mineração. Os modelos de monitoramento ambiental vêm se aprimorando, tornando mais dinâmicos, à medida em que são aprofundados os conhecimentos relativos ao funcionamento dos ecossistemas, possibilitando a manutenção de níveis satisfatórios de qualidade ambiental;

iii) Fortalecer o enfoque da participação pública no processo de tomada de decisão por medidas de recuperação ambiental definitivas, como no planejamento do uso das áreas que se encontram comprometidas pela expansão das mineradoras;

iv) Formalizar estratégias de recuperação ambiental através da possível consorciação entre empresas do setor mineral. Muitas vezes, como verificado através do trabalho de campo, é mais viável econômica e ecologicamente, promover planos de recuperação ambiental de forma consorciada. As pequenas empresas costumam provocar impactos ambientais mais críticos que as empresas de maior porte, uma vez que são menos providas de recursos tecnológicos. Dessa forma, as empresas de maior porte situadas na mesma região poderiam auxiliar no planejamento e execução dos serviços relacionados ao controle ambiental das áreas sob influência das ações antrópicas;

v) Desenvolver e aperfeiçoar os cronogramas de execução das atividades de reabilitação e mitigação dos impactos ambientais. Considerar as variações naturais envolvidas na história evolutiva das áreas e as dinâmicas dos empreendimentos a curto, médio e longo prazos, contribuindo para o aperfeiçoamento dos modelos de monitoramento e gestão ambiental envolvidos no contexto.

Na busca à maior efetividade das propostas de recuperação ambiental apresentadas para as áreas degradadas, práticas comuns são sugeridas, contribuindo para o aperfeiçoamento dos modelos gerenciais utilizados:

a) A área da cava da mina corresponde, atualmente, ao local mais crítico para implantação de projetos eficazes de reabilitação ambiental. Dessa forma, recomenda-se a execução, durante a vida útil da mina, de experimentos de campo relacionados à recuperação das áreas já lavradas. Testes de adaptação com espécies da flora, metodologias de correção do solo, estabilização dos taludes, verificação da eficiência de técnicas específicas de revegetação, como a hidrossemeadura, etc, devem ser mantidas até que se comprove o modelo de recuperação ambiental mais eficaz para o local específico;

b) O armazenamento da camada de solo orgânico e serrapilheira, encontrado nos arredores das jazidas é uma das principais estratégias de trabalho na gestão das atividades correlatas à recuperação de superfícies degradadas. A riqueza de nutrientes contida nessa camada de solo ou na camada morta depositada sobre ele propicia uma recuperação ambiental mais rápida, proporcionada pelas condições favoráveis ao desenvolvimento de uma vegetação característica da região;

c) O estabelecimento de viveiros de mudas e bancos de produção de sementes e gramas em placa proporciona maior desempenho aos departamentos de meio ambiente das empresas. A viabilização dos trabalhos de conservação e reabilitação ambiental é então facilitada a partir do suporte técnico fornecido aos projetos de engenharia ambiental;

Uma forma otimizada de se avaliar os efeitos da mineração sobre a qualidade do meio ambiente em que a jazida está inserida é reduzir a escala de trabalho para as investigações de campo, objetivando a setorização e, delimitando as áreas com características físicas homogêneas. É necessário, também, que se promova uma visão integrada de toda a região onde a mineração está situada. O conhecimento do funcionamento dos ecossistemas, bem como das trocas de energia, matéria e informação com o entorno, é fundamental para que o modelo de gerenciamento ambiental utilizado seja eficiente no seu contexto.

A título de considerações básicas para eventuais projetos de recuperação ambiental a serem implantados no futuro, há de se considerar a significativa demanda existente por programas de educação ambiental, os quais devem ser inseridos no processo de formação dos profissionais ligados às ciências geológicas.

Cabe às Universidades, portanto, promoverem maior intercâmbio entre a prática e a teoria da recuperação ambiental de superfícies degradadas. A abordagem interdisciplinar necessária à solução de problemas desta natureza é facilmente obtida no meio acadêmico. A promoção de cursos relacionados às ciências ambientais viabilizam a solução de problemas encontrados no dia-a-dia das atividades de mineração. Projetos de pesquisa deste tipo devem ser encaminhados de modo a proporcionar um andamento em conjunto entre planos de pesquisa, lavra e projetos de reabilitação ambiental.

Com as alterações nos recursos ambientais e na paisagem da região da mina, os planos de reabilitação ambiental propostos só serão efetivos, quando demonstrarem, sobretudo, ligação com a história evolutiva dos sistemas ambientais ora degradados, proporcionando a estas áreas condições para que se mantenham dentro dos padrões de qualidade ambiental estipulados pelos órgãos públicos e aceitáveis pela comunidade envolvida.

ANEXOS

Anexo 01 - Formato básico para apresentação de projetos de recuperação/reabilitação de áreas degradadas por atividades minerárias - FEAM - MG

"1 - Introdução

2 - Objetivo

3 - Caracterização do empreendimento

3.1 - Identificação da empresa ou responsável pelo empreendimento.

3.1.1 - Endereço para correspondência.

3.1.2 - Identificação da (s) área (s) junto ao DNPM (nº processo).

3.2 - Identificação do responsável pela elaboração do projeto (registro no Cadastro Técnico Federal de Atividade e Instrumentos de Defesa Ambiental - IBAMA), conforme Resolução CONAMA 001 de 13/06/88.

3.3 - Descrição do processo minerário.

3.3.1 - Lavra:

- Substância mineral

- Método utilizado

- Vida útil

- Início das atividades

- Relação estéril/minério

- Volume lavrado ("in situ" e empolado)

- Caracterização do estéril (físico-química e mineral)

- Conformação topográfica original e atual em planta planialtimétrica (escala 1:5.000) e perfil (escala 1:2.000)

- Delimitação da cava de exaustão

3.3.2 - Beneficiamento

- Recuperação em massa da usina de beneficiamento

- Caracterização do rejeito (físico-química e mineralógica)

3.3.3 - Disposição de estéril e/ou rejeito

- Método de disposição

- Localização em planta de detalhe definida no item 3.3.1

4 - Reabilitação das áreas mineradas

4.1 - Diagnóstico ambiental incluindo a área de influência direta (lavra, planta de beneficiamento, áreas de apoio e outras) e a área de influência indireta.

Deverão ser apresentadas justificativas e critérios utilizados para a definição destas áreas, bem como o seu mapeamento em escala adequada. Neste diagnóstico deverá constar a descrição dos fatores ambientais nas áreas de influência, tais como:

4.1.1 - Meio físico

4.1.1.1 - Geologia (incluindo caracterização geotécnica da área de influência direta)

4.1.1.2 - Geomorfologia

4.1.1.3 - Solos

4.1.1.4 - Recursos hídricos (incluindo caracterização hidrogeológica das áreas de influência direta e indireta)

4.1.2 - Meio biológico

Para os aspectos biológicos deverá ser apresentado um levantamento preliminar da área (dados de campo) constando no mínimo de:

4.1.2.1 - Descrição da cobertura vegetal

Mapeamento da área inscrita no raio de estudos, identificando os diferentes extratos vegetais, mapeamento da densidade de vegetação e listagem das espécies, identificando as espécies dominantes, as de interesse científico e as ameaçadas de extinção.

4.1.2.2 - Fauna terrestre

Inventário das espécies da Mastofauna, da Avifauna e da Herpetofauna, ressaltando aquelas que são raras, ameaçadas de extinção e de valor econômico e científico.

4.1.2.3 - Caracterização físico-química e biológica (microbiológica e limnológica) das coleções hídricas - lânticas e lóticas - justificando a escolha dos pontos de amostragem e do número de amostras.

4.1.2.4 - Os levantamentos e estudos realizados para o fator "Meio Biológico" deverão considerar as interrelações existentes entre as comunidades nos diversos ecossistemas (terrestres e aquáticos).

4.1.3 - Meio antrópico

4.1.3.1 - Caracterização do meio antrópico em que se insere o empreendimento, identificando: dinâmica populacional, uso e ocupação do solo,

atividades econômicas e estrutura produtiva, nível de vida, elementos do patrimônio histórico, cultural e arqueológico.

4.2 - Descrição e avaliação dos impactos ambientais provocados pelo empreendimento nas áreas de influência direta e indireta. Este item destina-se à apresentação da análise dos impactos ambientais nas fases de operação e desativação do empreendimento.

4.3 - Medidas necessárias para prevenir e minimizar os impactos negativos.

4.4 - Definição do uso futuro da área, justificando a escolha (reabilitação social da área).

4.5 - Recomposição topográfica e paisagística. Os trabalhos de reabilitação/recomposição devem abranger tanto as áreas de lavra, deposição de estéril e de rejeito, empréstimo, como as áreas de apoio e de influência indireta.

4.5.1 - Identificação e mapeamento das diferentes áreas a serem reabilitadas.

4.5.2 - Descrição das etapas e métodos da reabilitação levando em consideração o uso futuro da área.

4.5.2.1 - Estabilidade de erosões e aterros.

4.5.2.2 - Solo.

4.5.2.3 - Hidrologia.

4.5.2.4 - Recomposição estética

4.5.2.5 - Revegetação

4.5.3 - Definição de cronograma

5 - Programa de acompanhamento e monitorização dos trabalhos de reabilitação/recuperação.

6 - Limitações administrativas impostas pelo Poder Público para a área, com a indicação da legislação aplicável da União, dos Estados Membros e dos Municípios.

7 - Bibliografia

8 - Equipe técnica envolvida

Os trabalhos de reabilitação/recomposição das áreas degradadas deverão, sempre que possível, acontecer concomitante com a lavra, evitando assim danos maiores ao meio ambiente e, conseqüentemente, custos mais elevados."

Anexo 2 - Tópicos da Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986.

Art.1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Art.2º - Dependerá de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da SEMA, em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

IX - Extração de minério, inclusive os da classe II, definidos no Código de Mineração;

Art.5º - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Art.6º - O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo as seguintes atividades técnicas:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto - contempla descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de

modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas e as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - Análise dos impactos ambientais dos projetos e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: Os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas, a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

Art.9º - O relatório de impacto ambiental - RIMA refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental e conterá, no mínimo:

I - Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;

II - A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, na fase de construção e operação, a área de influência, as matérias primas, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;

III - A síntese dos resultados dos estudos de diagnóstico ambiental da área de influência do projeto;

IV - A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;

V - A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;

VI - A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos ambientais negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;

VII - O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

Anexo 03 -

OBJETIVOS A CURTO PRAZO	OBJETIVOS A MÉDIO PRAZO	OBJETIVOS A LONGO PRAZO
RECOMPOSIÇÃO DA TOPOGRAFIA DO TERRENO	APARECIMENTO DO PROCESSO DE SUCESSÃO VEGETAL	SUSTENTAÇÃO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO
CONTROLE DA EROSÃO DO SOLO	REESTRUTURAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO	INTERRELACIONAMENTO DINÂMICO ENTRE SOLO-PLANTA-ANIMAL
CORREÇÃO DOS NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SOLO	OCORRÊNCIA DE RECICLAGEM DOS NUTRIENTES	UTILIZAÇÃO FUTURA DA ÁREA ASSEGURADA
AMENIZAÇÃO DO IMPACTO NA PAISAGEM	REAPARECIMENTO DA FAUNA	PROGRAMA DE MONITORAMENTO OTIMIZADO
CONTROLE DA DEPOSIÇÃO DE ESTÉREIS E REJEITO	PLANO DE VIGILÂNCIA AMBIENTAL ESTABELECIDO	CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS NA VEGETAÇÃO IMPLANTADA
PESQUISA DA INFLUÊNCIA ECOLÓGICA NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO	MODELO DE GERENCIAMENTO PROPOSTO	REVEGETAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS CRÍTICAS
DIAGNÓSTICO DO POTENCIAL PARA USO FUTURO DAS ÁREAS DEGRADADAS	AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO DA VEGETAÇÃO	CRIAÇÃO DE PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Figura 24 - Quadro de representação dos objetivos dos projetos de recuperação ambiental.

Anexo 04 -

ELEMENTOS DA PAISAGEM	CARACTERÍSTICAS DAS ALTERAÇÕES
LINHA	Interrupção brusca das linhas arredondadas, tornando-as retilíneas e angulares.
FORMA	Criação de formas próprias de atividades de mineração com feições definidas tipo bancadas, cavas, depósitos planos, etc.
TEXTURA	Modificação das drenagens naturais, da heterogeneidade entre as formas naturais, da composição do relevo com a vegetação, etc.
COR	Remoção da vegetação e rochas expostas (lateritas), deposição de material estéril e rejeitos, modificação da exposição aos raios solares e da incidência de chuvas.
COMPLEXIDADE OU VARIEDADE VISUAL	Desarmonia entre as formas de paisagem produzidas, instabilidade temporária entre ecossistemas, variação das taxas de input e output de material lixiviável.
ESCALA	Criação de formas geométricas de grandes dimensões, como depósitos de rejeito, pilhas de estéril, cavas, etc. Contrastividade entre elevações e depressões. Transformação de áreas planas em superfícies elevadas e de áreas elevadas em depressões de grandes profundidades.

Figura 25 - Quadro de representação das principais alterações da mineração nos elementos constituintes das paisagens. (Modificado de GRIFFITH, 1991).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ABRAÃO, P.C.; SINGER, E.M.** Impactos ambientais na mineração - um enfoque metodológico. In: COLETÂNEA DE TRABALHOS TÉCNICOS SOBRE CONTROLE AMBIENTAL NA MINERAÇÃO. Brasília: DNPM 1985, p.329-342. (Documento 3).
- AGRA FILHO, S.S.** *Os estudos de impacto ambiental no Brasil - uma análise de sua efetividade.* Rio de Janeiro, 1991, 150 p.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ARNDT, P.; LUTTIG, G.W.** *Mineral resources extraction, environmental protection and land use planning in the industrial and developing countries.* Stuttgart: E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1987. 325 p.
- ASSIS, L.F.S.** Avaliação de impactos e prospectiva ambiental.
Revista Bio. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Ano V. n. 5, 1993. p. 85-93.
- BAGLEY, M.D.** Aesthetic assessment methodology.
In: REGIONAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. San Diego: Ed. L.Edwin Coate & P.A. Bonner, 1975. p.95-105.
- BARBOSA, A.L.M.** Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero. Ouro Preto, UFOP/DEGEO, 1993. 44p.
- BARTH, Richard C.** *Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil.* Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989, 41 p. (Boletim Técnico n. 1).
- BISSET, Ronald** "Methods for environmental impact analysis: Recent trends and future prospects". *Journal of Environmental Management.* v.11, 1980. p.27-43.

BITAR, O.Y., FORNASARI FILHO, N., VASCONCELOS, M.M.T.

Considerações básicas para a abordagem do meio físico em Estudos de Impacto Ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 3-6 nov. 1988, Belém. Anais. Belém: SBG. v.5, p. 1974-1982.

BRADSHAW, A.D. The reclamation of derelict land and the ecology

of ecosystems. In: *A synthetic approach to ecological research.*

Wilhian, R. Jordan, ed. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, p. 53-74.

BRASIL. Constituição, 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*, 1988. São Paulo, Ed. Revista dos Tribunais, 1989.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Principais depósitos minerais do Brasil.* Brasília: DNPM, 1986. p. 65-110.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. - *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.* Brasília: IBAMA, 1992. 96 p.

CLAUDIO, C.F.B.R. Abordagens metodológicas na avaliação de impacto ambiental: propostas de critérios de AIA em São Paulo. *Ciência e Cultura.* v.39 n. 5/6, p. 43-48, 1987.

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. "Roteiro para desenvolver o RIMA em mineração" *Minérios - extração e processamento.*, n. 158, p.20-27, março, 1990.

MINAS GERAIS - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. *Roteiro básico para a elaboração de estudo de impacto ambiental - EIA.* [s.n.t.] 13 p. (Mimeografado).

CONTRERAS, J.L.S. Metodos de evaluacion del impacto ambiental producido por los depositos de esteriles mineros. In: *Diseño y construccion de esconbreras de esteriles y balsas de residuos*. ITGE: Madri, 1990. p. 01-35.

COSTA, F.S.F. da; MELO, L.J.A. de Normas regulamentares para disposição de estéril, rejeitos e produtos na mineração. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E DE MINERAÇÃO, 1987, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 1987. p.215-229.

CROFT, J.B. The environmental component in mining project development. In: PROJECT DEVELOPMENT SYMPOSIUM, 1983. Sydney: The Australian Institute of Mining and Metallurgy, 1983. p.159-168.

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
DISSERTAÇÕES E TESES NA EESC-USP**

Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Serviço de Biblioteca. São Carlos: SVBIBL, 1993. 56p.

FERNÁNDEZ, L.V. Problemas específicos de industrias sometidas a EIA: mineria a cielo abierto. In: Evaluacion y correccion de impactos ambientales, [s.ed.] 1991, p. 197-213.

FERREIRA, G.C. *Avaliação de impacto ambiental na mineração de combustíveis fósseis sólidos*. Rio Claro, 1989. 307 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista.

FORNASARI FILHO, N. et alii Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4. Belo Horizonte, Anais. São Paulo: ABGE. v.1, 1987. p.71-83.

FUJIMURA, F.; NIEBLE, C.M. Metodologia de trabalho geotécnico para a recuperação de áreas degradadas por mineração de Fe no Brasil. In: CONVEGNO MINERARIO ÍTALO-BRASILIANO, CONGRESSO ÍTALO BRASILIANO DE ENGENHARIA DE MINAS, 1. Cagliari: [s.n.], 1990. p. 395-410.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais.* v. IV (Série de Publicações Técnicas/SPT-010) 1983. p.25-58.

Recup. **GRIFFITH, J.J.** *Recuperação conservacionista de superfícies mineradas: uma revisão de literatura.* Sociedade de Investigações Florestais: UFV, 1980, 50 p. (Bol. Técnico, 2.).

Recup. **_____** *Estética da recuperação de áreas mineradas.* Sociedade de Investigações Florestais. UFV, Viçosa: 1991, 35p. (Versão preliminar).

Recup. **_____** *O estado da arte de recuperação de áreas degradadas no Brasil.* Sociedade de Investigações Florestais. UFV, Viçosa: 1992, 6 p.

GRIFFITH, J.J.; WILLIAMS, D.D.; FRANCO, R.M.; BRETAS, F.S. Diretrizes ambientais para projetos de mineração na Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6. Campos do Jordão, 1990. Anais. São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v. 1, p 69-77. (Trabalho de Posicionamento de Comissão Técnica:).

HARDER, E.C.; CHAMBERLIN, R.T. The geology of central Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology.* v. 10, 1915. p.341-378.

HIGGINS, R.J. *Environmental management of new mining operations.* In: P.SALOMONS, org. Environmental management of solid wastes, dredged material and mine tailing. Berlin: Springer-Verlag, 1988, p.372-396.

HOLLING, C.S. *Adaptive environmental assessment and management.* Chichester: John Wiley and Sons. 1978.

HUGGES, R.M. "Use of watershed characteristics to select control streams for estimating effects of metal mining wastes on extensively disturbed streams", *Environmental Management*, v. 9, n. 3, p. 253-262, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO

Comissão Técnica de Meio Ambiente. *Mineração e meio ambiente: impactos previsíveis e formas de controle*. 2. ed. Belo Horizonte: IBRAM, 1987, 58 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

O meio físico em estudos de impacto ambiental. Boletim, São Paulo: IPT, 1990. 25 p.

_____ *Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo: o impacto no meio físico e nas relações sócio-econômicas*. São Paulo: IPT, 1984. - (Relatório 14.684)

_____ *Diretrizes para aperfeiçoamento da legislação ambiental em relação à mineração*. São Paulo: IPT, 1986. - (Relatório 24.294).

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. Manual de restauracion de terrenos y evaluacion de impactos ambientales en mineria. Ed. Rivadeneira, S.A. 1989. 321p.

LEITE C.A.G., FORNASARI FILHO, N.BITAR, O.Y.

Estudos de impacto ambiental - algumas reflexões sobre metodologia para o caso da mineração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5. 1987, São Paulo. Anais. São Paulo: ABGE. V.1 p. 105-113.

LYLE Jr., E. *Surface mine reclamation manual*. New York: Elsevier, 1987. p. 25-75.

MACEDO, A.B. Estudos de impacto ambiental e planos de recuperação em mineração: exigência burocrática ou defesa do meio ambiente? *Boletim IG/USP*, n. 9. p. 185-187, 1991.

MAGRINI, A. A avaliação de impactos ambientais. In: *Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Ed. S. Margulis. Rio de Janeiro, IPEA: Brasília. IPEA/PNUD, 1990. 246p.

MONOSOWIKI, E. *Avaliação de impacto ambiental: perspectiva de aplicação nos países em desenvolvimento*. São Paulo: FAV : USP. 1986. (Sinopses 9).

MOREIRA, I.V.D. Origem e síntese dos principais métodos de avaliação de impacto ambiental (AIA). In: MANUAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS. CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-ALEMANHA. 1. Ed. Superintendência de recursos hídricos e meio ambiente. Curitiba: SUREHMA/GTZ, p. 02-34, 1992.

MOREIRA, I.V.D.; ROHDE, G.M. Origens e experiências de avaliação de impactos em países selecionados. In: MANUAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS. CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-ALEMANHA. 1. Ed. Superintendência de recursos hídricos e meio ambiente. Curitiba: SUREHMA/GTZ, p. 01-09, 1992.

MUNN, R.E. *Environmental impact assessment: principles and procedures*. 2. ed. Toronto: John W. Ley and Sons, 1979. (Scope 5).

ORTEGA, J.; SANTOS, L. *Manual do Prade - plano de recuperação de área degradada*. [s.l.]: Ortega & Santos Consultoria em Mineração, 1991. 161 p.

Manual do EIA-RIMA - estudo e relatório de impacto ambiental. [s.l.]: Ortega & Santos Consultoria em Mineração, 1991, 226 p.

ORTOLANO, L. *Planning and decision making*. New York: Ed. John Wiley, 1984, 431 p.

PEREIRA, F.S.; KNOWLES, O.H. Recuperação das áreas mineradas pela Mineração Rio do Norte em Porto Trombetas - Pará. [s.l.]: IBRAM, 1987. p. 343-358.

PRADO FILHO, J.F. Aspectos ecológicos da mineração e medidas de controle ambiental. *Revista Mineração e Metalurgia*, n. 503 [s.ed.] p.61-70. Abril, 1989.

QUEIROZ, S.M.P. Avaliação de impactos ambientais: conceitos, definições e objetivos. In: MANUAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS. CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-ALEMANHA. 1. Ed. Superintendência de recursos hídricos e meio ambiente. Curitiba: SUREHMA/GTZ, p. 01-11, 1992.

_____ Informações para o requerimento de licenciamento ambiental. In: MANUAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS. CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA BRASIL-ALEMANHA. 1. Ed. Superintendência de recursos hídricos e meio ambiente. Curitiba: SUREHMA/GTZ, p. 01-08, 1992.

RICCOMINI, Cláudio Geologia regional do quadrilátero ferrífero (MG, Brasil): uma tentativa de síntese e novas idéias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 12., Salvador, 1982. Anais. Salvador, 1982. p.199-220.

RODRIGUES, J.M.M. Apuntes de geografia de los paisajes. Habana. [s.ed.] Universidad de La Habana, 1984. 170 p.

SÁNCHEZ, L.E. Avaliação de impacto ambiental na mineração: interações entre o projeto técnico e os estudos ambientais. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE CONTROLE AMBIENTAL E SEGURANÇA EM MINERAÇÃO, São Paulo, 1989. Anais. São Paulo: EDUSP, 1989. 15 p.

_____ Les rôles des études d'impact des projects miniers. [s.l.]:
Centre de Economie des Ressources Naturelles, Ecole Nationale e
Superieure des Mines de Paris, XIV. 306 p.

_____ Diagnóstico e auditoria ambiental: subsídios para o
planejamento e o gerenciamento ambiental. In: SEMINÁRIO
BRASIL-CANADÁ DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE,
Brasília, 1991. Anais. Brasília: DNPM, 1991, p. 231-239.

_____ Planejamento e gerenciamento ambiental na mineração. In:
CICLO DE INTERNACIONALIZAÇÃO DA VARIÁVEL
AMBIENTAL, Rio de Janeiro, 1990. Rio de Janeiro: BNDES, 1990,
15 p.

SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE (SP)

*Instrução Normativa s.n. para condução de estudos de impacto
ambiental e elaboração de Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.*
[s.ed.] 1989. (Mimeografado).

SENDLEIN, L.V.A. *Surface mining environmental monitoring and
reclamation handbook.* New York, Elsevier, 1983. p. 15-100.

SINGER, E.M. Metodologia para avaliação de impactos ambientais na
mineração. In: MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE NO ESTADO
DE SÃO PAULO. 1985, São Paulo, ABGE, 1985. p. 10-20.

SINGER, E.M.; PEREIRA, R.L. Recursos ambientais.
In: CURSO DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL PARA A
INDÚSTRIA - SEMCO-RAL. Ed. U. Americana. Salvador, 1991.
119 p.