

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO INTERIOR
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS
RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS — IBAMA
DIRETORIA DE CONTROLE E FISCALIZAÇÃO
DEPARTAMENTO DE REGISTRO E LICENCIAMENTO

**MANUAL DE RECUPERAÇÃO
DE ÁREAS DEGRADADAS
PELA MINERAÇÃO:
TÉCNICAS DE REVEGETAÇÃO**

BRASÍLIA
1990

Presidente da República
FERNANDO COLLOR DE MELO

Secretário do Meio Ambiente
ANTÔNIO JOSÉ LUTZENBERGER

Presidente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
e dos Recursos Naturais Renováveis
TÂNIA MARIA TONELLI MUNHOZ

Diretora de Controle e Fiscalização
ROSEANA DUARTE TREIN

Chefe do Departamento de Registro e Licenciamento
AUGUSTO CARLOS QUINTANINHA HOLLANDA

Coordenadores:

DON DUANE WILLIAMS, Alcoa Alumínio S/A, Poços de Caldas, MG
ALEXANDRE BUGIN, Cia. de Pesquisa e Lavras Minerais — COPELMI,
Porto Alegre, RS
JORGE LUIZ BRITTO CUNHA REIS, IBAMA, Brasília, DF

Corpo Técnico:

DAMIÃO MACIEL GUEDES, IBAMA, Brasília, DF
FERNANDO HASS, Laboratório Agrônomo — Lagro, Campinas, SP
JAMES JACKSON GRIFFITH, Departamento de Engenharia Florestal,
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG
JOSÉ EDUARDO FUZER, Alcoa Alumínio S/A, Poços de Caldas, MG
PAULO ABRÃO, Paulo Abib S/A, São Paulo, SP
ROBERTO ANTONELLI FILHO, Sociedade de Pesquisa em Vida Selva-
gem e Educação Ambiental — SPVS, Curitiba, PR
SOLANGE MARIA BERALDO RIBEIRO, IBAMA, Brasília, DF
VANIA DE ARAUJO SOARES, IBAMA, Brasília, DF
DERLEI LOPES ROSADO, IBAMA, Brasília, DF

Desenho final das figuras: JORGE DE SOUZA, Alcoa Alumínio S/A, Po-
ços de Caldas, MG. As figuras do subcapítulo do paisagismo foram de-
senhadas a partir de esboços feitos por JAMES JACKSON GRIFFITH.

Digitação em editor de texto: REJANE HELENA KOZIKOSKI VALERE-
TO e ÉLIO LUIZ DO PRADO, ALCOA ALUMÍNIO S/A, Poços de Caldas,
MG

Revisão do vernáculo: RAMIRO CANEDO DE CARVALHO, Poços de Cal-
das, MG

MINTER Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
Renováveis.

Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas
de revegetação/IBAMA. — Brasília: IBAMA, 1990.

96 p.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. CONCEITOS.....	13
3. LEGISLAÇÃO FEDERAL EXISTENTE.....	15
4. PLANEJAMENTO.....	17
4.1 Aspectos gerais.....	17
4.2 Planejamento da recuperação.....	17
5. PREPARO DA ÁREA A SER MINERADA.....	21
5.1 Desvio das águas de superfície da área degradada.....	21
5.2 Remoção da cobertura vegetal.....	21
6. REMOÇÃO DA CAMADA FÉRTIL DO SOLO E ESTOCAGEM.....	23
7. PREENCHIMENTO DA ÁREA LAVRADA COM ESTÉRIL E/OU REJEITO.....	25
8. DEPÓSITOS DE ESTÉRIL E REJEITO A SECO.....	27
9. RECOMPOSIÇÃO TOPOGRÁFICA E PAISAGÍSTICA.....	29
9.1 Topografia.....	29
9.2 Paisagismo.....	30
10. TRATOS DA SUPERFÍCIE FINAL.....	33
10.1 Recolocação da camada fértil do solo.....	33
10.2 Construção de terraços em camalhões e sistema de drenagem.....	33
10.3 Redução do grau de compactação do solo.....	34
10.4 Correção da fertilidade do solo.....	36
11. REVEGETAÇÃO.....	39
11.1 Aspectos Gerais.....	39
11.2 Seleção de espécies vegetais.....	40
11.2.1 Serapilheira.....	40
11.2.2 Espécies herbáceas cultivadas.....	41
11.2.3 Espécies arbustivas e arbóreas, nativas e exóticas.....	42
11.3 Semeadura e plantio.....	44
11.3.1 Serapilheira.....	44
11.3.2 Vegetação herbácea cultivada.....	44

11.3.3	Vegetação arbustiva e arbórea.....	45
11.4	Manutenção da área.....	47
12.	FAUNA.....	49
12.1	Roteiro para levantamento da fauna.....	50
12.2	Manejo da fauna.....	51
12.3	Roteiro para monitoramento da fauna.....	52
12.4	Técnicas de recuperação da fauna.....	53
13.	CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS SOBRE DEPÓSITOS DE ESTÉRIL/REJEITO E SUA REVEGETAÇÃO.....	55
13.1	Depósitos a seco.....	55
13.2	Depósitos aquosos em bacias confinadas.....	56
14.	RECUPERAÇÃO DE PEDREIRAS.....	59
15.	CONTROLE DE VOÇOROCAS.....	61
16.	RECUPERAÇÃO DE MINAS EM OPERAÇÃO OU SUSPENSAS.....	63
16.1	Minas em operação.....	63
16.2	Minas com suas operações suspensas.....	64
ANEXOS		
A	— COMPOSIÇÃO DE ALGUNS FERTILIZANTES INORGÂNICOS E ORGÂNICOS.....	67
B	— GLOSSÁRIO.....	69
C	— REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
LISTA DE FIGURAS.....		87

- Figura 1. Fluxograma de planificação e execução das atividades minerárias/aspectos ambientais.
- Figura 2. Fluxograma do planejamento e execução da revegetação.
- Figura 3. Lavra em tiras com preenchimento do estéril.
- Figura 4. Recuperação progressiva de uma mina lavrada em painéis.
- Figura 5. Método de deposição de estéril/rejeito em terreno plano com revegetação progressiva.
- Figura 6. Métodos para a construção de depósitos de estéril/rejeito sólido.
- Figura 7. Métodos para colocar o subsolo e a camada fértil do solo em depósitos abandonados e novos de estéril/rejeito sólido.
- Figura 8A. A paisagem do local antes da mineração.
- Figura 8B. A paisagem do local durante a mineração.
- Figura 8C. O local após sua recomposição topográfica e paisagística.
- Figura 9. Ângulos de repouso de vários materiais.
- Figura 10. Inclinação recomendada para diversos usos finais do solo.
- Figura 11. Localização dos pontos de monitoramento fotográfico da paisagem a ser minerada.

- Figura 12A. Os elementos visuais da paisagem natural.
- Figura 12B. Os elementos visuais da mineração e sua infra-estrutura.
- Figura 13. Focalização, não desejável, pelo alinhamento da estrada, pela arborização e pelas encostas do vale, do local minerado.
- Figura 14. Impacto visual causado pela modificação do perfil topográfico do horizonte.
- Figura 15. A utilização do relevo do terreno e da vegetação para abrigar a mina.
- Figura 16. Impacto visual causado pela modificação do perfil topográfico.
- Figura 17A. A paisagem do local antes da mineração.
- Figura 17B. Impacto visual negativo de uma lavra sem medidas conservacionistas.
- Figura 17C. Impacto visual positivo conseqüente à recomposição paisagística.
- Figura 18. Métodos para amenizar bancadas; taludes altos.

Apresentação

O presente Manual foi elaborado com o objetivo de orientar as ações básicas necessárias para viabilizar a recuperação de áreas degradadas por mineração, como determina a nova Constituição Brasileira.

O conteúdo deste Manual permitirá, tanto às empresas mineradoras quanto aos órgãos públicos de meio ambiente, a adoção dos procedimentos específicos para aplicação nos seus respectivos programas de recuperação.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis — IBAMA agradece a efetiva participação das Empresas Alcoa Alumínio S/A e da Companhia de Pesquisa e Lavras Minerais — COPELMI, na elaboração deste Manual.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, exige a recuperação do meio ambiente degradado pela exploração de recursos minerais. Apesar desta exigência legal ser recente, a preocupação com a recuperação de áreas degradadas pela mineração tem motivado algumas instituições (empresas, órgãos governamentais e universidades) a desenvolverem e implantarem técnicas que têm apresentado sucesso a nível de recuperação das áreas degradadas. Neste sentido, Barth (1989) fez uma avaliação do processo de recuperação no Brasil, visitando oito áreas de mineração que estão desenvolvendo trabalhos desta natureza.

A mineração não se restringe à área da lavra mineral. Ela inclui: o manejo de substâncias não econômicas que ocorrem junto ao minério, o beneficiamento para concentrar o minério (lavagem ou tratamento mecânico/químico), o manejo dos subprodutos não econômicos gerados pelo beneficiamento, e a infra-estrutura necessária para operar o conjunto.

A recuperação ambiental de uma área alterada pela mineração envolve diversos aspectos que são considerados importantes para obtenção do resultado final. O controle da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos deve permitir, no mínimo, a manutenção dos padrões de qualidade que atendam ao seu uso anterior. As emissões atmosféricas devem ser controladas de modo a manter a qualidade do ar. O tratamento previsto do solo da área deve considerar os seus aspectos físicos e bióticos.

A revegetação da área minerada dependerá da obtenção dos resultados das etapas componentes do processo de recuperação do solo. Estas fases devem ser implementadas de uma forma cronológica e compreendem: recomposição da topografia e paisagem, restauração das propriedades físicas, químicas e biológicas e controle da erosão do solo em tratamento. Dependerá, também, das características e do plano de utilização futura que for proposta para a área ao término da exploração, ou seja, o uso futuro do solo.

As técnicas aqui apresentadas são fruto de trabalhos e observações feitas em diversos tipos de minas. Por isso mesmo não há a presunção de que as mesmas venham resultar numa obra acabada ou definitiva. As situações de degradação são muito diversas, e as boas práticas estão sujeitas à capacidade individual de observação, de planejamento, de experimentação

e de persistência. Além disso, deve-se ressaltar que sua ênfase é dirigida ao processo de revegetação. Os outros aspectos referentes à construção de barragens para retenção do estéril/rejeito em via aquosa, estabilidade de taludes, qualidade da água e ar nas áreas de mineração serão objeto de publicações posteriores.

Projetando-se além das atividades minerárias, as técnicas de revegetação aqui apresentadas podem ser aproveitadas para a revegetação de outros tipos de degradações provocadas pela ação do homem: em tudo ou em parte, na indústria, agricultura, urbanização, vias de transporte e na geração de energia.

Este trabalho apresenta métodos extremamente simples, além de produzirem pouco impacto sobre o lucro do empreendimento. No caso mais primário, o dono de uma pequena lavra de argila poderá estudar estas técnicas junto com o representante municipal do órgão estadual de assistência à agricultura. Provavelmente encontrarão a solução mais adequada a seu caso. Isto reflete a situação real na imensidão interiorana do país onde não existem técnicos treinados em assuntos ambientais.

Acima de qualquer obrigação imposta pelas leis dos homens, existem duas coisas muito mais importantes: a consciência da necessidade de reparar os danos causados à natureza e a força de vontade para agir.

Admitem-se várias definições para cada termo dependendo do enfoque desejado:

Degradação:

A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico for alterado. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócio-econômico.

Recuperação:

Recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

Majer (1989, pp. 5, 13, 14) descreve a **recuperação** ("reclamation" em inglês) como um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa a obtenção de uma nova utilização para a área degradada. Inclui o planejamento e trabalhos de engenharia, e normalmente, mas nem sempre, processos biológicos. Um exemplo de uma opção não biológica é a permeabilização de uma área minerada para retenção de água para consumo industrial. A opção biológica freqüentemente envolve a preparação de um substrato, seguida pela implantação de uma comunidade de plantas, como uma floresta, cultivo de plantas, vegetação nativa, ou simplesmente uma cobertura vegetal que estabilize o terreno.

Citando outros autores, Majer define a **reabilitação** ("rehabilitation" — inglês) como o retorno da área a um estado biológico apropriado. Este retor-

no pode significar o uso produtivo da área a longo prazo, tal como a implantação de uma atividade que renderá lucros; ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando a recreação ou a valorização estético-ecológica. A reabilitação pode ser dividida em:

- 1) **Reabilitação condicional**, onde o homem interfere para aumentar, ou agir contra fenômenos naturais (manejos de reflorestamentos e pastagens);
- 2) **Reabilitação auto-sustentável**, que é o manejo de uma área até atingir um ponto em que a ação do homem não seja mais necessária. Os ciclos de nutrientes são fechados, e os componentes da biota estão razoavelmente em equilíbrio; por exemplo, uma floresta com vegetação nativa, dedicada à manutenção da vida selvagem.

Existe ainda a **restauração** ("restoration" — inglês) que é o retorno ao estado original, antes da degradação: situação quase impossível a ser conseguida.

Pelo exposto acima, os processos apresentados nas Técnicas de Revegetação deste trabalho são da **reabilitação** de áreas degradadas. Entretanto, os autores preferem usar o termo mais genérico de **recuperação** devido a sua compreensão mais fácil entre o público, e pelo seu uso no texto do parágrafo segundo do artigo 225 da Constituição do Brasil de 1988.

Com o advento da nova Constituição Brasileira, promulgada em 05 de outubro de 1988, a questão ambiental foi tratada de forma mais específica, principalmente no que se refere à exploração e recuperação de áreas degradadas pela atividade minerária. O artigo 225 da Constituição, no seu parágrafo segundo, é claro quando estabelece que: "Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei".

A Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, modificada pela Lei 7.804, de 20 de julho de 1989, já previa a recuperação de sítios degradados no seu artigo segundo. O Poder Executivo Federal, através do Decreto 97.632, de 10 de abril de 1989, regulamentou a Lei 6.938 no que se refere à recuperação de áreas degradadas pela atividade minerária. Segundo o referido decreto, os novos empreendimentos no setor mineral deverão apresentar ao órgão ambiental competente Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental — EIA/RIMA, juntamente com Plano de Recuperação da área degradada pela atividade de mineração. Os empreendimentos já existentes tiveram um prazo de seis meses para apresentar seus Planos de Recuperação.

Decreto 97.507, de 13 fevereiro de 1989, embora disponha especificamente sobre o licenciamento de atividade mineral, como o uso do mercúrio metálico e do cianeto em áreas de extração de ouro, também trata da matéria em pauta.

Vale salientar que a Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA, já havia mencionado de maneira implícita a recuperação das áreas degradadas por atividades de mineração através das medidas mitigadoras, conforme artigo sexto, itens III e IV. Por outro lado, as Portarias 449/87 e 39/88 do ex-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal — IBDF, estabelecem que, para exploração de formações florestais, deverá ser reposta a mesma área desmatada.

Além da legislação existente acima citada, existe ainda, propostas de resoluções encaminhadas ao CONAMA por diversos órgãos ambientais e entidades ambientalistas a respeito do assunto.

4.1 ASPECTOS GERAIS

A atividade da mineração apresenta um grau de impacto ambiental de alta magnitude, devido às modificações físicas e bióticas provocadas nas áreas de influência direta e indireta do projeto.

Por exigência da legislação, o empreendedor deverá requerer o licenciamento ambiental do projeto. Como as características destes estudos são muito peculiares ao tipo de atividade e à região afetada, deve-se fazer um contato inicial com o órgão ambiental licenciador para que sejam definidas as diretrizes básicas dos estudos.

A figura 1 apresenta o fluxograma de planejamento e execução das atividades minerárias/aspectos ambientais onde são mostradas as etapas principais que devem ser observadas.

Além do atendimento ao aspecto legal, deve-se ressaltar que existem inúmeras vantagens, inclusive econômicas, que justificam a abordagem da recuperação, já na fase de planejamento da mina a ser explorada. Como exemplo pode-se citar que, quando as operações de descobertura da área prevêem uma correta estocagem, conservação e recolocação da camada fértil do solo no local alterado, são diminuídos os impactos ambientais. Também são reduzidos os custos necessários para a recuperação, comparados à realização destes procedimentos somente no final da lavra. Isto implicará em medidas corretivas e degradação de outras áreas para retirada do solo apresentando, certamente, um aumento das despesas realizadas.

4.2 PLANEJAMENTO DA RECUPERAÇÃO

Segundo Barth (1989), a recuperação não é um evento que ocorre em uma época determinada, mas um processo que se inicia antes da mineração e termina muito depois desta ter-se completado. As etapas que compõem o processo de recuperação estão representadas na Figura 2.

É importante ressaltar que todas as etapas apresentadas na figura devem ser realizadas de uma forma cronológica, a fim de se permitir a auto-realização do processo de recuperação.

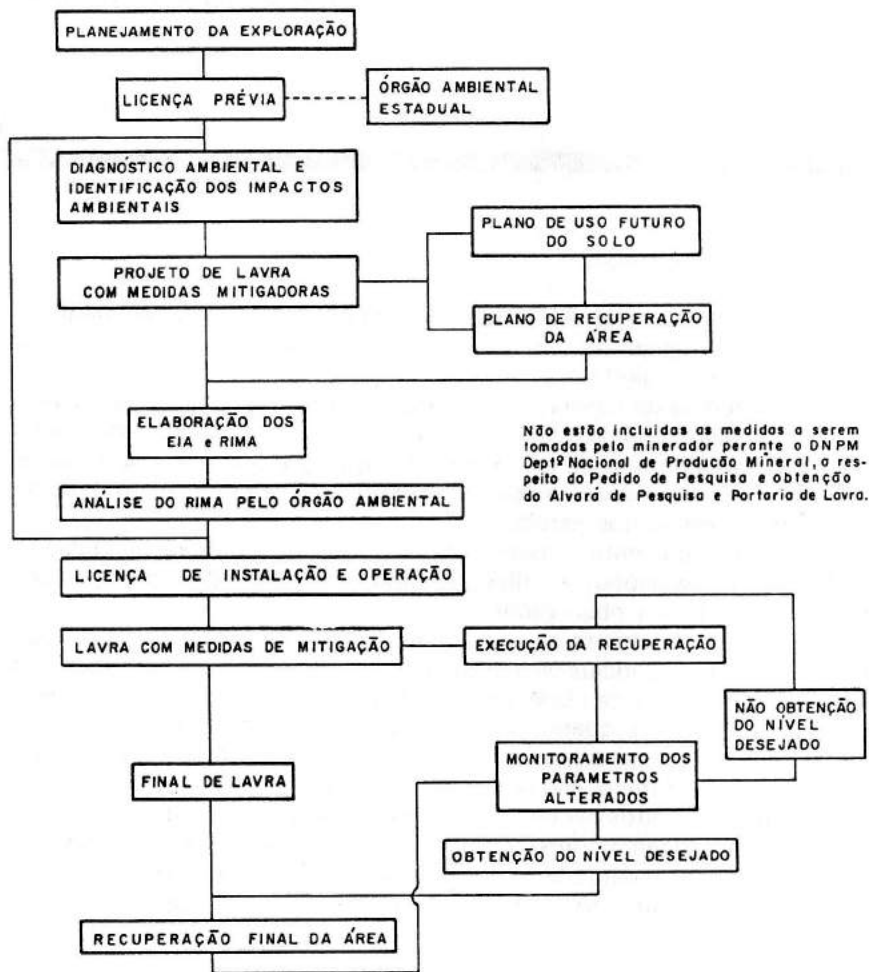


FIGURA 1. Fluxograma de planificação e execução das atividades minerárias/aspectos ambientais.

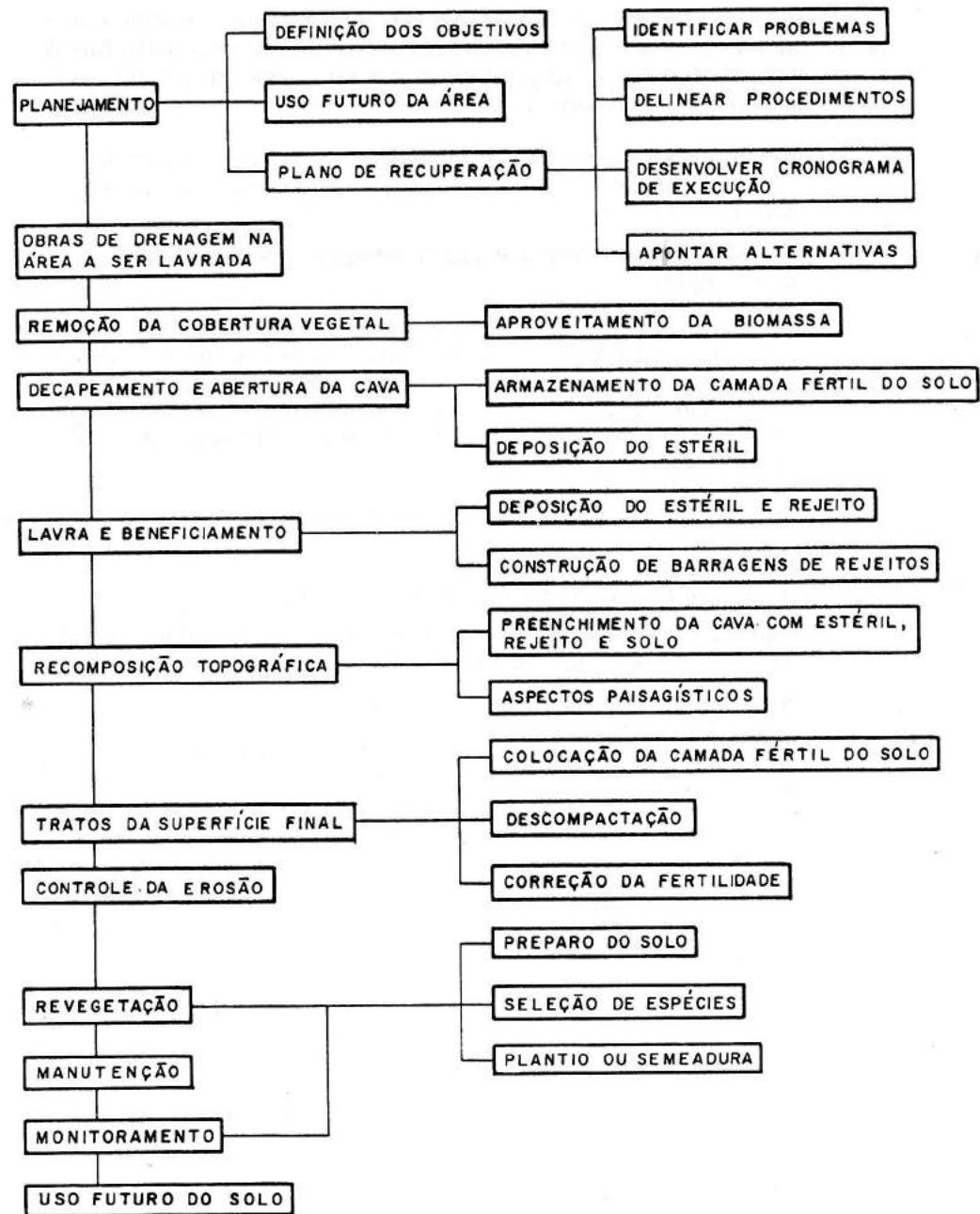


FIGURA 2. Fluxograma do planejamento e execução da revegetação.

A definição do uso futuro do solo que se fará na área recuperada, terá de ser claramente delineada na fase de planejamento. Esta utilização futura direcionará as diretrizes e procedimentos que serão aplicados à recuperação. Estes são alguns possíveis usos futuros do solo:

- a) Florestamento com espécies nativas para manutenção da vida selvagem, incluindo pequenos lagos ou açudes e dispositivos para atração da fauna;
- b) Várzeas e banhados com espécies nativas para a manutenção da vida selvagem;
- c) Florestamento comercial com espécies exóticas para a produção de celulose, resinas, tanina, metanol e outros produtos químicos; lenha, mourões, postes, madeira serrada para móveis e construção civil e outros; alimento animal — leucena (*Leucaena leucocephala*) e algaroba (*Prosopis algarobilla*); e espécies nativas para madeira serrada, lenha.
- d) Cultivo e colheita de plantas para alimento humano e animal;
- e) Pastagem para animais;
- f) Parque, área de lazer, entretenimento, recreação;
- g) Represamento de água para geração de energia elétrica, irrigação, fornecimento de água urbana e industrial;
- h) Piscicultura;
- i) Área urbana, residencial, comercial, serviços públicos;
- j) Área industrial;
- k) Resíduos urbanos e industriais, sólidos e líquidos: tratamento ou confinamento.

Preparo da Área a Ser Minerada

5.1 DESVIO DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE DA ÁREA

- Serão necessárias obras de drenagem com o objetivo de desviar as águas superficiais (pluviométricas e de mananciais) das áreas que serão mineradas, para evitar ao máximo a ocorrência de processos erosivos, como o assoreamento, e as contaminações físicas e químicas.
- Estas obras podem ser:

Obras de engenharia

- Valetas
- Canaletas
- Calhas
- Escadas
- Tubulações
- Bueiros

- Projeto das obras com dimensionamento que comporte o volume de água resultante das precipitações máximas com base nos dados pluviométricos da região.
- Proteção das valetas ou canaletas a céu aberto em solos erodíveis com revestimento em concreto, sacos de solo-cimento, pedra de mão com argamassa, geotêxteis revegetadas, enrocamento, gabiões, etc.

5.2 REMOÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

- Estar dentro de um plano de desenvolvimento da lavra e com cronograma.
- Minimizar a área decaçada, removendo da área somente o necessário.

- Quando tratar-se de pastagem natural ou forrageiras cultivadas, sua remoção será feita juntamente com a camada fértil do solo (incluindo como cobertura morta).
- O desmatamento depende da licença do IBAMA, ou de órgão estadual competente conforme delegação feita pelo IBAMA em alguns Estados do país.
- Evitar a queimada da área, encontrando um destino para a madeira e enleirando raízes, tocos, galhos para posterior disposição dentro do corte ou cava da lavra. O material enleirado substituirá temporariamente os micro-habitats e abrigos perdidos, hospedeiros da fauna. A maior parte possível do material poderá ser retornada à superfície da área, após a revegetação, para servir de abrigo à fauna, principalmente, micro e mesofauna do solo, enquanto se decompõe. Ver subcapítulo 12.4.

Remoção da Camada Fértil do Solo e Estocagem

A camada fértil do solo varia conforme o local. É a camada onde se concentram teores mais altos de matéria orgânica, micro e mesofauna do solo e nutrientes minerais. Em termos pedológicos são os Horizontes O (se existir no local) e A. Nos perfis onde o A é raso pode incluir o Horizonte B, e até parte do C, se o B for raso ou não existente. Na prática é de 10 a 30 cm de espessura. Sua remoção depende da perícia do operador do trator de esteiras com lâmina, "scraper" ou motoniveladora.

- Equipes de operação deverão receber orientações para um melhor aproveitamento e conservação deste material.
- Evitar contaminação da superfície ainda não removida por lavagens e serviços de manutenção de campo em maquinários (trocas de óleo) e trânsito sobre a área.
- A camada fértil pode ser estocada em cordões ou leiras, não mais de 1,5 m de altura; ou em pilhas individuais de 5 a 8 m³, também não passando da mesma altura.
- Identificar a espessura da camada fértil do solo possível de ser aproveitada.
- Durante a remoção evitar mistura com o subsolo (Horizonte C) que possa vir a comprometer a qualidade da camada fértil do solo.
- Solos de áreas com camada fértil alterada (oficinas, depósitos de minério, rejeito) não devem ser misturados com solos não alterados e deverá ser estudado o aproveitamento do material conforme o grau de modificação da qualidade original.
- A camada fértil do solo poderá ser aproveitada imediatamente ou estocada em depósitos já previamente projetados conforme o método de lavra empregado. O prazo de estocagem não deve passar de dois anos.
- Deve-se evitar a compactação das pilhas da camada fértil do solo.

- Tentar, ao máximo, não alterar as características do solo removido. O revolvimento periódico promove uma aeração maior, que terá como benefício uma melhor preservação da atividade biológica.
- A cobertura das pilhas por vegetação morta, serapilheira da mata ou o plantio de gramíneas/leguminosas evita a lixiviação e ensolação, propiciando também a manutenção das características, atividade biológica e umidade do solo.
- Os locais das pilhas devem ser previamente preparados com obras de drenagem e proteção à pilha que será formada. Esta medida visa evitar perdas de solo e nutrientes por erosão e lixiviação.

Preenchimento da Área Lavrada com Estéril e/ou Rejeito

- O corte ou cava anteriormente minerado, poderá ser utilizado para depositar estéril e rejeitos de beneficiamento. Este processo é denominado preenchimento (ver a Figura 3). Cuidados especiais serão adotados para evitar a contaminação do lençol d'água se o estéril ou rejeito contiverem substâncias que possam comprometer a qualidade da água. Caso contrário, é recomendado escarificar o fundo do corte para aumentar a percolação da água.
- Quando possível, depositar uma camada de argila (subsolo: volume restante do Horizonte A e o Horizonte B) sobre outros tipos de estéreis mais pobres para revegetação. A Figura 4 demonstra uma lavra dividida em painéis, onde a mineração se dá numa seqüência que facilita a reposição do subsolo/estéril e da camada fértil do solo.
- Os estéreis com componentes contaminantes devem ficar isolados da camada fértil do solo por uma camada de argila dos Horizontes A, B e C. Isso evita contaminação ambiental.
- A cota final de estéril deve ser a mais regular possível em toda a área para facilitar a recomposição topográfica e a recuperação final.
- Identificar o tipo de estéril ou rejeito, para poder estimar a cobertura mínima da camada fértil do solo que permita uma revegetação adequada.

Depósitos de Estéril e Rejeito a Seco

- Quando possível, o estéril e o rejeito devem ser usados como preenchimento do corte de lavra. Caso não seja possível, terão de ser colocados em depósitos a seco (bota-foras).
- Deve-se identificar o tipo de estéril existente e espessura de camadas.
- Formação de depósitos de estéril ou rejeito seco deverá ser feita em local apropriado e já previsto anteriormente. A camada fértil do solo da área do depósito deverá ser removida e estocada para recolocação se a operação do depósito for terminada dentro de um prazo de aproximadamente dois anos. Caso contrário, a camada fértil do solo deverá ser utilizada em outra área degradada que o necessita.
- Obras de drenagem para desviar mananciais hídricos deverão ser construídas antes da formação do depósito.
- Muitas vezes o estéril consiste de materiais de diversos tipos, por exemplo: camada superior do subsolo passando para rochas decompostas ou sãs. Dentro do possível, o estéril deverá ser colocado no depósito na mesma seqüência do jazimento. Se houver subsolo superior e rochas inferiores **in situ** é muito importante que o subsolo fique na parte superior do depósito para se conseguir um bom desenvolvimento dos sistemas radiculares da vegetação a ser implantada. Uma das maneiras é operar duas ou mais frentes de lavra e depósitos simultaneamente. Usando este sistema, ao completar o empilhamento da rocha proveniente de uma frente, pode-se capear o depósito com o subsolo de uma segunda frente que esteja sendo aberta.
- A drenagem superficial do depósito será importante para a proteção e controle da erosão.
- Volumes e alturas deverão ser definidos levando em consideração aspectos da geotécnica.
- A revegetação de depósito de estéril será realizada conforme meto-

dologia adequada, variando de acordo com as características dos depósitos, tais como: conformação, tipo de estéril ou rejeito, etc. Ver o Capítulo 11.

- Tão logo quanto possível, após conclusão das obras de formação dos depósitos deverá ser iniciada a revegetação dos mesmos.
- Lixiviação dos depósitos pelas águas pluviais:
 - a) Determinar a existência e a magnitude do impacto da alteração causada pelas águas de drenagem dos depósitos;
 - b) Investigar a possibilidade de contaminação das vias de águas superficiais drenadas dos depósitos e a necessidade de instalar um tratamento químico.

– Deverão ser observados também as características dos rejeitos e estéril (resíduos) os quais, pela norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.004 têm a seguinte classificação:

Resíduo Classe I – perigoso
Resíduo Classe II – não inerte
Resíduo Classe III – inerte

Recomposição Topográfica e Paisagística

Define-se como moldagem e remoldagem do relevo, uma escultura feita em grande escala coberta com uma variedade de vegetação, com água ou com rochas, de tal forma que sua composição estética seja harmoniosa e agradável para a percepção humana. (Figuras 8A, 8B, 8C).

9.1 TOPOGRAFIA

- A recomposição da topografia significa o preparo do relevo para receber a vegetação, dando-lhe uma forma estável e adequada para o uso futuro do solo.
- A conformação topográfica é um fator muito importante para o sucesso do trabalho de recuperação.
- O relevo final deve atender a alguns objetivos:
 - Estabilidade do solo e taludes
 - Tipos de equipamentos a serem empregados
 - Controle de erosão
 - Aspectos paisagísticos e estéticos
 - Uso futuro definido anteriormente
 - Alguma similitude com relevo anterior.
- Quando possível deixar o terreno plano ou com pouca declividade.
- Em terrenos com alta declividade, normalmente acima de 20%, devem-se construir bancadas (terraços em patamar). Idealmente as bermas devem ter uma leve inclinação para dentro, isto é, da crista do talude inferior para o pé do talude superior. No sentido longitudinal ao longo da berma da bancada, a declividade não deve passar de 2%, e direcionada até atingir as obras de drenagem que levarão as águas de superfície ao pé do morro. A Figura 9 mostra os ângu-

los de repouso para os taludes de alguns materiais. É aplicada para os taludes de depósitos a seco de estéril/rejeito.

- Entretanto, tem-se observado que em terrenos com subsolo muito argiloso e pouco erodível, é possível remoldar a superfície com taludes até 40% de declividade, sem a construção de bancadas (terraços em patamar) e terraços em camalhão, dependendo do comprimento do talude.
- Várias situações para o uso futuro do solo e suas respectivas declividades são identificadas na Figura 10.
- Levantar em consideração aspectos paisagísticos e estéticos tentando enquadrar a nova área no contexto da paisagem da região.
- A recomposição da topografia deve prever o sistema de drenagem futuro da área (locação de canais ou valetas).
- Quando o uso futuro do solo for para a manutenção da vida selvagem é recomendada a criação, durante a obra de terraplenagem, de diversos murundus (até 1 a 2 m de altura), e de algumas depressões pequenas, suaves e rasas, para acumulação de água. Esses elementos contribuirão para atração de animais.

9.2 PAISAGISMO

- Determinar, ainda na fase do pré-planejamento, qual a paisagem típica da região e como era a paisagem do local antes de qualquer ação antrópica.
- Descrever a paisagem do local das futuras lavras e guardar suas imagens em forma de desenhos e fotografias, indicando, em mapas, os pontos do monitoramento visual como futuros pontos de referência (Figura 11).
- Analisar a paisagem antes, durante e depois da atividade de lavra e fazer a sua descrição usando um vocabulário arquitetônico dos elementos visuais que a compõem: linha, forma, textura, escala, complexidade e cor (Figuras 12A e 12B).
- Integrar as práticas de caráter estético e as outras de caráter hídrico, topográfico, edáfico e vegetativo.
- Dar atenção especial aos seguintes pontos sensíveis na paisagem:
 - a) Locais onde há linhas paralelas e convergentes (as encostas de um vale, por exemplo) que conduzem a atenção do observador para seu término (Figura 13).
 - b) A linha de interseção de dois planos (qualquer objeto colocado

na margem de interseção chama a atenção; o horizonte é especialmente sensível ao impacto visual) (Figura 14);

- c) Locais que têm grande valor cênico (florestas primárias, atrações históricas, objetos culturais, tais como estátuas ou outras formas de arte).
- As seguintes medidas para conservar, recuperar ou melhorar a paisagem após a mineração devem ser tomadas:
 - a) Preservar as paisagens de destaque, como parques ou reservas;
 - b) Esconder certas alterações, abrigar a mina, ou depósitos de estéril, os prédios, as estruturas ou outras modificações não complementares da paisagem como uma cortina de plantas ou escondê-los no próprio relevo do terreno (Figura 15);
 - c) Complementar a paisagem natural — imitar, acentuar e interpretar o caráter estético já existente da paisagem nas obras da mina e na recomposição paisagística. A restauração completa da paisagem seria uma meta quase impossível de se cumprir. Porém, pode-se subordinar as alterações causadas pela mineração aos elementos dominantes da paisagem natural (Figura 16);
 - d) Incentivar a criatividade pessoal dos tratoristas que fazem esse trabalho; fazer um esforço para que as considerações estéticas da recomposição sensibilizem os operadores de equipamentos;
 - e) Eliminar da paisagem, ao exaurir a mina, todos os prédios, estruturas e máquinas, evitando que eles, se abandonados na área, tornem-se elementos desfigurantes da paisagem;
 - f) Melhorar a paisagem — remanejar o relevo e introduzir novas plantas ou árvores, selecionadas e arrançadas por seus efeitos estéticos. Estes efeitos podem, em certos casos, melhorar a paisagem, de modo que esta poderá vir a ser mais atrativa que a original (Figuras 17A, 17B, 17C);
 - g) Manter a exuberância de vegetação, usando espécies e técnicas adequadas que sustentem o verde e o desenvolvimento das plantas.

Os conceitos aqui expostos são para a recuperação de áreas degradadas, destinadas à revegetação.

10.1 RECOLOCAÇÃO DA CAMADA FÉRTIL DO SOLO

- Definir a espessura necessária da camada para cada área, de acordo com o volume disponível para aquela área.
- A camada deve ser regular, obedecendo a conformação topográfica.
- Recobrimento de toda a superfície, inclusive taludes.
- Minimizar a movimentação de equipamentos sobre as áreas que já tenham recebido a camada fértil do solo.
- Quando o solo estiver estocado o cronograma da operação de recolocação deve estar ajustado com o cronograma de recuperação.

10.2 CONSTRUÇÃO DE TERRAÇOS EM CAMALHÕES E SISTEMA DE DRENAGEM

- O controle da erosão nos trabalhos de recuperação é importantíssimo para se obterem melhores resultados.
- Já foi descrito o método de construção de bancadas (terraços em patamar) para áreas com alta declividade (superior a 20%).
- Em áreas com declividades menores (menos de 20%) deverão ser utilizados os terraços em camalhões.
- Estes terraços devem ser locados, conforme o tipo de solo, em nível ou com baixo gradiente para escoar as águas de chuvas até o sistema de drenagem.

- A distância e o método de construção serão definidos conforme as práticas de Conservação do Solo.
- Deverá ser feita a manutenção periódica dos terraços.
- O sistema de drenagem utilizado será definido segundo as condições de solo, declividades e clima.
- Quanto mais rápida for realizada a construção dos canais e valetas de drenagem, maior será a proteção à área.
- As valetas e canais em áreas com declividades maiores deverão ser, se possível, revestidas. O uso de sacos com solo-cimento, argamassa com pedras de mão e outros materiais são métodos recomendados para o revestimento. Podem ser construídos em escadas para dissipar a violência da água.
- É recomendável, ao longo do sistema de drenagem, construir pequenos tanques ou bacias de sedimentação.
- O uso de barreiras de amortecimento, filtros e dissipadores de energia são técnicas importantes no controle da erosão.

10.3 REDUÇÃO DO GRAU DE COMPACTAÇÃO DO SOLO

- Em solo compactado, as raízes das plantas se torcem mudando de direção e têm seu desenvolvimento prejudicado. Ocorre também a baixa capacidade de infiltração e distribuição da água, diminuindo a porosidade do solo e as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, ocasionando o impedimento da ação capilar da água e o aumento da erosão laminar superficial.
- Fazer análise das características físicas do solo e subsolo para se ter conhecimento do grau de compactação. O mais correto é usar um penetrômetro para medir este valor. Deve apresentar, idealmente, uma densidade aparente *in situ* menor de 1,4 a 1,6 g/cm³ (Lyle, p. 111).
- Identificar a profundidade da camada adensada que deve ser descompactada.
- Usar as diversas práticas de descompactação tanto culturais como mecânicas.

a) Práticas Mecânicas

- Em áreas que já tenham recebido a camada fértil do solo, tomar cuidado para não usar, na descompactação, implementos que são capazes de revolver para a superfície o material que se encontra logo abaixo desta, misturando os dois. Isto prejudica a qualidade da ca-

mada superficial. Deve-se tomar cuidado com o uso de arados de disco, aiveca e grades que invertam estas camadas.

- Para descompactação de camadas superficiais, usar escarificadores até profundidade de aproximadamente 30 cm.
- Fazer subsolagem com "ripper" ou subsolador para descompactar as camadas mais profundas, idealmente superiores a 40 cm.
- A subsolagem é de suma importância, pois aumenta a capacidade de infiltração de água e ar no solo. A presença de oxigênio é fundamental ao metabolismo da planta, resultando em um aumento de volume explorado pelas raízes.
- A subsolagem deve ser realizada em curvas de nível, ou com pequeno gradiente para evitar formação de depósitos de águas.
- Dimensionar espaçamento necessário dos subsoladores/"rippers".
- Em áreas com revegetação arbórea pode-se realizar subsolagem na linha de plantio.
- Realizar a subsolagem com solo seco para se ter melhor resultado. Se for realizada no solo úmido, o peso da máquina e a pressão nas laterais exercida pelos dentes, provocarão aumento da compactação.
- Em condições normais, a subsolagem é a melhor prática, comparada à aração ou escarificação rasa, para atingir profundidades maiores.

b) Práticas Culturais

As práticas culturais são descritas no Capítulo 11 (Revegetação). Entretanto, seguem alguns pontos a serem considerados:

- Práticas culturais são aquelas que se referem ao manejo do solo interado ao desenvolvimento da vegetação.
- Usar espécies herbáceas com sistema radicular profundo capaz de romper camadas compactadas, espécies com diferentes características de desenvolvimento, espécies vegetais com grande densidade radicular para aumentar a porosidade do solo.
- Se possível incorporar matéria orgânica que propicie a redução da densidade do solo.
- Se possível usar adubação verde através do prévio plantio de leguminosas para posterior incorporação, aumentando a nitrogenação do solo.

10.4 CORREÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Pelo que se tem exposto neste manual o material que receberá a semeadura ou plantio de mudas é uma (ou mais) das seguintes substâncias:

- a) Horizonte C do solo *in situ*;
- b) Horizonte C (subsolo) revolvido durante a remoldagem do terreno, ou subsolo trazido de outro local;
- c) Estéril de mina contendo subsolo e, às vezes, fragmentos de rocha, esses idealmente colocados abaixo do subsolo (preenchimento de corte ou cava, ou depósito de estéril a seco);
- d) Rejeito de beneficiamento com uma camada de subsolo posta em cima do rejeito em depósito a seco, ou em via aquosa.

Há de se esperar que, em cima desses materiais, tenha sido colocada uma camada fértil do solo, embora, nem sempre ela esteja disponível.

Observa-se que estes materiais não constituem "um solo" ideal para o crescimento de plantas. São quase sempre desprovidos de nutrientes adequados: muitos locais são altos em acidez e alguns podem conter substâncias tóxicas às plantas. Conclui-se, então, que a correção da fertilidade é um grande desafio. Não se pode tirar uma amostra deste "solo" e esperar que um técnico lhe dê uma simples receita para adubação e calagem, como se fosse uma cultura de milho, soja ou reflorestamento de eucalipto em áreas não degradadas. É necessário que o técnico encarregado da correção do solo e plantio tenha um bom conhecimento do solo em recuperação, da interpretação dos resultados da análise e do cálculo dos corretivos a serem aplicados. Muitas vezes terá de ser assessorado por um perito nesses assuntos que pertence a uma instituição de pesquisas universitária ou de órgão técnico do governo.

Para exemplificar: a análise química do solo visando a obtenção do valor da capacidade de troca catiônica (CTC) e cálculo da saturação em bases (V%) e suas interpretações, é mais importante do que somente interpretar, separadamente, os valores encontrados para cada elemento, bem como considerar o pH, também em separado. Cada informação tem sua importância, porém é mais importante ainda quando se vão juntando as partes para se diagnosticar o quadro geral. Para um determinado solo ácido, a falta de uma calagem adequada prejudicará a adsorção dos elementos fertilizantes inorgânicos e orgânicos. Infelizmente, é impossível expor aqui receitas que servirão para a maioria dos casos, visto que cada solo é um caso a parte. Entretanto, seguem alguns pontos a serem considerados:

- Realizar análises do solo da área abrangendo as características físicas e químicas.
- Avaliar e definir os níveis de correção da fertilidade desejada (pH, macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica).

- Caso necessário, corrigir o pH do solo até o nível recomendado pelas análises. A maioria dos solos no país são ácidos (menos de 7,0 de pH). Nesses casos o corretivo mais comum é calcário dolomítico ou magnesiano agrícola. O Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do calcário deve ter um mínimo de 80%.
- A aplicação de corretivo de pH deverá ser feita com maior tempo possível (3 a 6 meses) de antecedência do plantio.
- É importante manter um controle sobre os níveis de pH do solo das áreas que já foram corrigidas.
- Quando a correção exigir grandes quantidades de corretivo realizar a operação de aplicação em mais de uma vez. Quando a espessura da camada fértil do solo for pequena, estudar a possibilidade de aplicar uma parte do corretivo de pH sobre o material subsuperficial; por exemplo: colocar metade da carga do corretivo sobre a superfície do subsolo, antes da colocação da camada fértil do solo e a outra metade do corretivo sobre esta.
- A adubação pode ser química e/ou orgânica. Além da adubação de correção dos níveis adequados de fertilidade do solo deve-se fazer a adubação de manutenção conforme as necessidades de cada espécie vegetal. A aplicação deverá seguir as técnicas adequadas existentes. O Anexo A é uma listagem dos fertilizantes inorgânicos e orgânicos disponíveis no país.
- A falta de micronutrientes (normalmente boro e zinco) no solo deverá ser corrigida, se for necessário.
- Devem-se realizar análises periódicas para saber se os níveis de fertilidade estão adequados.
- É indicado estudar a possibilidade de se realizar a adubação verde ou a aplicação de "mulch" (colchão de matéria vegetal triturada) para o aumento dos teores de matéria orgânica e conservação da umidade.

11.1 ASPECTOS GERAIS

É a prática principal para se obter a formação de um novo solo, controlar a erosão, evitar a poluição das águas e, se for escolhida a manutenção da vida selvagem como uso futuro do solo, promover o retorno dessa vida.

Há uma tendência natural do dono do empreendimento de querer ver a área revegetada e verde o mais rápido possível, normalmente com árvores de crescimento rápido. Seu desejo é de amenizar o impacto visual da degradação em um curto prazo, se possível dentro de um ano. Entretanto, essa pressa pode induzi-lo a selecionar as espécies vegetais que não sejam as mais adequadas para o uso futuro do solo escolhido, principalmente quando a escolha é a manutenção da vida selvagem, ou simplesmente um "melhoramento" paisagístico da área. É comum ver áreas "recuperadas" onde houve o simples plantio de eucaliptos ou **pinus**, e que depois foram abandonadas. O plantio homogêneo de espécies arbóreas exóticas é, normalmente, aceitável somente quando o uso futuro do solo é de florestamento comercial, e, a área antes da sua degradação não era ocupada por uma mata nativa.

A mata natural degradada deve voltar a ser mata novamente, com o plantio de espécies nativas e colocação de serapilheira na superfície do solo. Da serapilheira nascerá uma grande diversidade de espécies nativas herbáceas, e até arbustivas e arbóreas, conforme sua composição. Este conceito pode ser estendido às áreas onde evidentemente existiam matas antes da interferência do homem. Há casos a parte, por exemplo, quando a mata degradada destina-se à urbanização.

A implantação das espécies arbóreas nativas e as plantas nascidas da serapilheira podem não dar o impacto visual rápido que as espécies exóticas dão, mas fica claro que, ecologicamente, é a melhor prática. A serapilheira pode ser aplicada em qualquer parte do país onde ocorrem matas ou cerrado.

O uso da serapilheira muitas vezes surpreende: tem sido observado, em muitas regiões, que as plantas nascidas dela dão uma cobertura mais rápida e densa ao solo que o uso de espécies herbáceas exóticas forrageiras. Entretanto, há situações onde existem taludes fortes sujeitos à erosão, em que

o uso de serapilheira não é indicado, exceto nas bermas de bancadas (terraços em patamar). É admissível misturar as espécies exóticas (nos taludes) com a serapilheira (nas bermas). Normalmente, as plantas nascidas da serapilheira se instalarão mais rapidamente, e não serão totalmente abafadas pelas espécies exóticas, que podem invadir a área plantada em serapilheira com o decorrer do tempo.

É admissível em casos de pequenas áreas degradadas (menores de 1 a 2 ha) onde são vizinhas à mata natural, que depois de terem recebido os tratamentos preliminares ao plantio (principalmente a descompactação), não recebam o plantio, deixando a cargo do vento, da água, dos animais a semeadura e revegetação. Resultados excelentes usando este método têm sido observados. A sucessão natural da vegetação tem suas aplicações.

O retorno de pastagens naturais, vegetadas há séculos com espécies nativas para sua situação original, através da revegetação, é extremamente difícil, devido à ausência de sementes dessa espécie no mercado. A pesquisa do cultivo dessas plantas é totalmente deficiente, situação existente não só no país, mas mundialmente, onde o plantio de forrageiras é quase sempre feito com espécies exóticas ao local. Exceções são as pastagens que contêm, em grande parte, espécies agressivas exóticas naturalizadas que invadiram grandes extensões, como o capim gordura ou meloso (*Melinis minutiflora*), e onde convivem com inúmeras outras espécies nativas. Ainda mais, parece impossível revegetar estas áreas de pastagens naturais com a diversidade das mesmas espécies. Entretanto, tem sido observada a revegetação, por sucessão natural, em áreas pequenas circundadas por pastagem natural em prazos de 5 a 20 anos.

Muitos dos procedimentos de seleção e plantio expostos em seguida aplicam-se também para fins agrícolas (pastoreio, florestamento comercial, cultivos de plantas), revegetação das áreas de apoio, paisagismo e revegetação de qualquer área degradada, independente da atividade causadora da degradação.

11.2 SELEÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS

11.2.1 Serapilheira

- A serapilheira é o material solto na superfície da mata ou capoeira naturais, composto de folhas e pequenos galhos em decomposição, e repleto de microrganismos, insetos e sementes de plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas. É o verdadeiro banco genético de tudo que ocorre no ambiente natural. Seu uso na revegetação protegerá a superfície dos raios solares; conservará a umidade do solo; fornecerá micro e mesofauna do solo e sementes de plantas que vêm juntamente com a serapilheira coletada; criará condições para o desenvolvimento das plantas e fauna contidas nela, bem como o retorno da macrofauna.

- A sua coleta deve ser feita na época das chuvas, nas áreas circunvizinhas à área degradada a ser recuperada. É feita com o uso de rastelo (nunca cavando o solo), juntando o material solto da superfície e colocando-o em sacos plásticos ou balaies. A coleta deve ser feita no mesmo dia, ou, no máximo, no dia anterior à sua colocação na área a ser recuperada. Isto é para aproveitar e dar continuidade à ação dos microrganismos e ao poder de germinação das sementes dormentes, a serem expostas à ação solar.
- Nunca se deve rastelar a serapilheira em uma área maior e contínua. A mata necessita deste material para sua sobrevivência. Deve-se coletar um metro quadrado em cada 10 a 25 m² da superfície, ou em filas de um metro de largura, espaçadas em cada 10 m. Deve-se recobrir a superfície desnuda com serapilheira vizinha.

11.2.2 Espécies Herbáceas Cultivadas

- Estas espécies serão aplicadas quando não se usar a serapilheira, exceto na consorciação prevista no 5.º parágrafo do Subcapítulo 11.1.
- O uso futuro do solo, características do solo, climatologia e até tradições agrícolas da região influenciarão a seleção das herbáceas.
- Cuidado para não implantar espécies potencialmente invasoras que possam criar problemas nas propriedades vizinhas ou no equilíbrio ecológico da região.
- Usar uma mistura de diversas espécies de gramíneas e leguminosas, estas para a fixação do nitrogênio no solo dando bom crescimento às plantas.
- Procurar usar espécies com sistemas radiculares profundos e, se possível, usar estoloníferas capazes de conseguir um entrelaçamento superficial, ou subsuperficial para melhor controlar a erosão.
- Mesmo se for praticada a implantação de espécies arbóreas e/ou arbustivas, é recomendável o uso das herbáceas para controlar a erosão e formar um solo vegetal com melhores características. Com o crescimento das árvores, muitas espécies herbáceas tendem a desaparecer, ou ralejar, ao sombreamento, ou concorrência dos nutrientes disponíveis. Entretanto, se isto chegar a ocorrer, as herbáceas já terão prestado seu papel de controladores da erosão, e permitindo o aparecimento de espécies nativas, enquanto as árvores crescem.
- A aquisição de sementes deve ser em estabelecimentos de boa reputação e tradição, e que forneçam certificados da Pureza Física e do Valor Cultural (V.C.) dos lotes.

- O cálculo da quantidade de sementes, para cada espécie, em kg/ha é feito usando um fator dividido pela porcentagem do V.C. daquele lote. Para terras boas o fator normalmente é de 180. Para a revegetação onde as condições são adversas, o fator a ser usado é um valor entre 300 a 500. Na consorciação de espécies as quantidades (kg/ha) de sementes de cada uma podem ser alteradas, diminuindo o fator, conforme as predominâncias das espécies desejadas. O V.C. em porcentagem é calculado usando o valor da Pureza Física do lote em porcentagem, multiplicado pela Germinação do lote em porcentagem, dividido por 100.
- A mistura de espécies com períodos de germinação diferentes, tem as vantagens de:
 - a) Conseguir uma cobertura inicial da área, usando espécies de germinação mais rápida, como azevém anual (*Lolium multiflorum*), na espera do aparecimento de espécies com prazos de germinação mais longos;
 - b) Diluir os efeitos de pragas que possam atacar determinadas espécies enquanto outras espécies da mistura não são atacadas;
 - c) Conseguir um visual heterogêneo, muitas vezes benéfico para a estética da paisagem (estética).
- Devem-se evitar espécies de crescimento demasiadamente rápido e porte alto se a área for arborizada com mudas de porte pequeno (espécies nativas, eucaliptos, leguminosas arbóreas, **pinus**, etc.) para não abafar as mudas e diminuir os tratos de manutenção.
- Quase a totalidade das espécies de gramíneas e leguminosas com sementes disponíveis no país são exóticas, ou nativas com melhoramentos no exterior e trazidas de volta ao país.
- Evitar o uso de espécies altamente sujeitas a incêndios, e aquelas agressivas que tendem a dominar as outras espécies.
- Em terrenos pouco erodíveis, e se o uso futuro do solo for para manutenção da vida selvagem, é às vezes recomendável, que as espécies sejam pouco agressivas, deixando espaços para a sucessão natural por espécies nativas herbáceas e arbustivas.

11.2.3 Espécies Arbustivas e Arbóreas, Nativas e Exóticas

- Recomenda-se a implantação de espécies nativas da região se a área da lavra tiver sido originalmente coberta por mata nativa. Procure-se usar pelo menos 20 espécies, concentrando naquelas que são pioneiras (as primeiras que se instalam naturalmente em áreas degradadas), e frutíferas nativas, bem como espécies melíferas.

- A disponibilidade do fornecimento de mudas de espécies nativas é sempre um problema grave. A solução comum é o estabelecimento de um viveiro próprio. Conforme o tamanho do empreendimento, pode ser vantajoso o estabelecimento de viveiro próprio mesmo para a formação de mudas de espécies exóticas, quando estas forem usadas.
- A instalação de um viveiro próprio para as espécies nativas implica, normalmente, na coleta de sementes pelo empreendedor. É comum usar os serviços de um mateiro conhecedor das matas da região, aproveitando a oportunidade para coletar material botânico, que servirá para a identificação das espécies provenientes das árvores matrizes. A coleta deverá ser feita a cada um ou dois meses, levando em consideração que em uma mata que contém uma diversidade boa de espécies, há uma produção de sementes durante o ano inteiro.
- Uma boa prática é o uso de uma mistura de sementes de espécies nativas, na forma de semeadura direta ao solo, mesmo se forem plantadas mudas na área. Isto é, principalmente, válido para as espécies arbustivas nativas.
- No uso de espécies exóticas, ou nativas de outras regiões do país, quando o uso futuro do solo for para manutenção da vida selvagem, devem-se escolher espécies que não prejudiquem a formação do sub-bosque, de serapilheira, ou de outras plantas herbáceas e arbustivas. Plantios de espécies para manutenção da vida selvagem devem seguir espaçamentos maiores. Por exemplo: o plantio homogêneo de **pinus** spp. em espaçamento comercial, até 3x3 metros, inibe o aparecimento do sub-bosque e da fauna, devido a sombreamento e deposição de acículas.
- Nas sementes de muitas espécies nativas e exóticas usam-se as técnicas de quebra da dormência para antecipar a germinação. Os métodos comuns são: abrasão mecânica, colocação em areia, fervura em água quente ou fria, ou imersão em ácido sulfúrico concentrado.
- É recomendável a inclusão de espécies com sementes aladas devido à facilidade de sua dispersão pela ação dos ventos.
- É admissível a obtenção de mudas naturais dentro da mata natural, desde que tenha feito experimentos com as espécies para garantir a sua pega, e desde que a densidade da coleta dessas mudas não prejudique a própria mata de origem das mudas.

11.3 SEMEADURA E PLANTIO

11.3.1 Serapilheira

- É espalhada manualmente na superfície, sem incorporação no solo, na época de chuvas e no mesmo dia, ou no posterior à sua coleta na mata.
- Idealmente, deve-se colocar uma camada com o mínimo de 10 cm de espessura.
- Caso seja aplicada a serapilheira em componentes horizontais de terraços ou bancadas, e em consorciação com espécies herbáceas cultivadas nos taludes, a serapilheira deve ser colocada após o plantio das herbáceas.

11.3.2 Vegetação Herbácea Cultivada

- A declividade da área vai definir o método de semeadura.
- Em áreas com alta declividade deve ser realizada a hidrossemeadura, plantio em mudas, estolões ou em placas.
- Fazer um preparo do solo adequado conforme a espécie.
- Em áreas com baixa declividade pode ser usado o sistema convencional de semeadura a lanço (manual ou mecânica) ou em linha.
- Deve ser usada mistura de sementes de espécies compatíveis de serem consorciadas.
- Após a semeadura a lanço, deve-se fazer a cobertura rasa da semente.
- Cuidar dos ciclos de desenvolvimento das espécies.
- Quando necessário, escarificar a semente para diminuir o tempo de germinação.
- Sementes de algumas leguminosas precisam ser inoculadas antes do plantio.
- O plantio deve ser realizado em épocas chuvosas.

Hidrossemear é recobrir, por via aquo-pastosa, uma área descoberta com sementes de espécies herbáceas e outros materiais que induzem a fixação e crescimento das sementes, e a retenção da umidade. É aplicada por maquinário apropriado, consistindo de um tanque com pás agitadoras num eixo horizontal, e moto-bomba para aplicação da seguinte mistura:

- a) Corretivo do pH do solo (calcário/cal/gesso agrícola: opcionais);
- b) Adubação química/orgânica;

- c) Celulose ou papelão picado para conservar a umidade;
- d) Adesivo específico para fixar a semente e celulose;
- e) Sementes de gramíneas e leguminosas, colocadas por último para diminuir sua quebra por atrição mecânica.

A mistura é feita sob agitação moderada com aplicação logo em seguida em alta rotação, por mangueira ou canhão, e sem interrupção da agitação até o término da carga. Deve-se realizar a hidrossemeadura sempre **no mesmo dia** da mistura da carga no tanque da máquina e sem paralisação das pás agitadoras.

Quando se utilizar a hidrossemeadura deve-se fazer um correto preparo do terreno a ser semeado. A maneira mais correta é fazer pequenos sulcos horizontais (escadinhas) longitudinais ao longo do talude com 20 a 30 cm entre sulcos, e tendo o componente horizontal de 3 a 5 cm de largura e ligeiramente inclinado para dentro do talude. À primeira vista parece muito trabalhoso, mas com a prática, o serviço é executado rapidamente. Os sulcos são especialmente recomendados quando os taludes recebem uma cobertura de solo fértil.

Quando os taludes não recebem uma camada fértil do solo, ou são muito inclinados (acima de 50 graus), e dependendo do material, podem-se fazer pequenas covas com enxada a cada 20 e 30 cm, em substituição aos sulcos. Na aplicação da hidrossemeadura por terceiros há muitos insucessos ou falta de cobertura desejada. Isto é devido ao pouco conhecimento das boas práticas pelo dono da obra. O método de aplicação, espécies a serem usadas, suas quantidades e qualidades devem ser pré-combinadas e fiscalizadas durante a execução da obra. Estas considerações são válidas, mesmo quando a obra for contratada por resultados, isto é, pagamentos parcelados pela porcentagem de germinação, ou fechamento vegetativo da área.

11.3.3 Vegetação Arbustiva e Arbórea

- Se for usado o método de semeadura direta de uma mistura de sementes de espécies arbustivas e arbóreas nativas, o plantio deve ser feito antes da aplicação da serapilheira, e também antes do plantio de herbáceas por hidrossemeadura. Quando se usar o plantio manual de herbáceas, o plantio dessa mistura pode ser concomitante com as herbáceas. O método de plantio é espalhar a mistura de espécies arbustivas e arbóreas manualmente, e cobri-la levemente usando um rastelo; ou de fazer pequenas covas de 1 a 2 cm com a ponta da botina, jogar as sementes e encobri-las com o salto da botina.
- Dependendo da finalidade do reflorestamento deverá ser diferenciado o espaçamento. Em linhas com espaçamento definido (eucaliptos, acácias e **pinus**) ou em covas com espaçamento maior e aleatório entre plantas.

- Mudas pequenas até de 20 a 30 cm de altura, como eucaliptos, acácias, **pinus** e leguminosas são comumente plantadas em linhas ou sulcos. Pode-se aproveitar o sulco do escarificador, "ripper" ou subsolador, mas sempre em curvas de nível ou contornos do terreno para controlar a erosão.
- Para mudas grandes (acima de 40 cm, comumente espécies nativas) e quando o uso futuro do solo for para manutenção da vida selvagem, é recomendável um espaçamento em torno de 3 a 5 m entre plantas para incentivar o crescimento do sub-bosque.
- O plantio em covas grandes (mínimo de 60 x 60 x 60 cm), não deve dar uma impressão de arborização em linhas retas. Para se conseguir isso, a marcação das covas é feita com estacas. Em linhas retas e ao executar a covação, mude as estacas em direções e distâncias ao acaso, entre 1 a 2,5 m das suas posições originais. As covas podem ser feitas manualmente ou por retro-escavadeira pequena acoplada a um trator agrícola, conforme a declividade do terreno.
- A definição do espaçamento e do tamanho das covas não depende só do tamanho da muda, mas também da topografia do terreno e características físicas e químicas do solo.
- O espaçamento utilizado deve ser adequado à espécie plantada, ao tamanho futuro da árvore e estética.
- Estando a área pronta para o plantio deve-se fazer a marcação dos quadros e covas.
- Deve-se ter o cuidado de não colocar adubo mineral em contato com a raiz.
- Antes e depois do plantio deve-se fazer o controle das formigas cortadeiras
- O plantio deve ser realizado em época de chuvas, ou plantio irrigado na cova, antes da época das chuvas.
- As embalagens das mudas devem ser removidas totalmente.
- Tome-se cuidado com a profundidade de plantio da muda, não enterrando demasiadamente seu caule.
- Nas covas, colocar uma boa mistura de adubo orgânico, mineral e solo, e se possível material rico em matéria orgânica.
- Deixar ao redor da planta uma bacia rasa de captação de água.
- Tomar cuidados com a colocação da muda na cova para não prejudicar a raiz da planta.
- Mudanças altas devem ser amarradas com estacas para evitar prejuízos da ação do vento.

- Como prevenção contra incêndios, cuide-se da instalação de aceiros permanentes.

Um ponto que tem sido observado, merece comentários: alguns empreendimentos têm plantado espécies arbóreas de rápido crescimento (eucalipto, **pinus**, bracatinga — **Mimosa scabrella**) em cristas de talude de bancadas (terraços em patamar), para se obter um impacto visual a curto prazo. Nas bermas de bancada, têm-se plantado espécies nativas, normalmente de crescimento mais lento. O plano é de eventualmente cortar as árvores plantadas nas cristas, na medida em que as nativas, plantadas nas bermas, cresçam até uma altura de 4 a 6 m. Na prática, ocorre que as árvores da crista ficam comumente muito altas até que as nativas cheguem à altura desejada, com o agravante de que, muitas vezes, as nativas não chegam à altura desejada, pois são abafadas pelas árvores nas cristas e ainda deficientes em nutrição. Outra observação é que, se forem cortadas as árvores nas cristas, a sua queda e retirada da área vão danificar demasiadamente as nativas, inviabilizando-as. É comum ver o empreendedor tomar a decisão de ter que desistir de cortar as das cristas. O melhor procedimento é plantar somente nativas pioneiras de rápido crescimento, e ter a paciência de esperar mais 2 ou 3 anos para obter-se o impacto desejado. Em termos ecológicos o plantio apenas das nativas é o mais acertado.

11.4 MANUTENÇÃO DA ÁREA

- Em caso de má germinação das sementes ou mortalidade das plantas, refazer a sementeira ou plantio.
- Observar durante um ano na vegetação, sintomas de deficiência nutricional ou toxidez pelo excesso de alguns elementos.
- Realizar adubação de cobertura.
- Realizar a manutenção dos terraços em camalhões, taludes de bancadas e das obras de drenagem.
- Diagnosticar e realizar o controle de doenças e pragas.
- Quando usar espécies herbáceas anuais deixar ocorrer sementação para germinação natural no ano seguinte.
- Não permitir pastoreio nos dois primeiros anos. Mesmo após esse período não deixar que a área seja prejudicada pelo excesso de pisoteio e consumo das plantas por animais. Tem-se observado que a introdução, por terceiros, de animais de pastoreio nas áreas revegetadas é um problema grave em muitas minas. O trabalho dispendioso pode ser destruído facilmente, em pouco tempo.
- Nos primeiros seis meses a dois anos do plantio de espécies arbóreas, conforme o desenvolvimento da espécie, devem-se eliminar

as herbáceas ao redor das mudas (coroamento) devido à competição em elementos essenciais.

- Realizar incorporação de vegetação morta ou outras matérias orgânicas em alguns períodos para ocorrer melhorias na estrutura do solo.
- Manejar adequadamente a predominância de uma ou outra espécie.

12

Fauna

A capacidade reprodutiva e a sobrevivência de muitas espécies vegetais, dependem das relações co-evolutivas com espécies animais, incluindo dispersores de sementes, polinizadores, protetores contra predadores e outras interações naturais. A fauna deve ser considerada como um dos elementos componentes do ambiente, sendo um dos responsáveis pela sua configuração, não devendo, portanto, ser vista somente como um "habitante" deste ambiente. Além deste aspecto, a fauna tem papel fundamental na pedogênese e recuperação dos solos, seja na reciclagem de nutrientes ou no revolvimento de suas camadas.

Portanto, em programas de recuperação de áreas degradadas, não se pode desconsiderar o papel da fauna na manutenção da diversidade de espécies vegetais, em sua reprodução e na qualidade do solo. Além disso, espécies da fauna podem ser utilizadas como indicadores de recuperação de habitats.

Estes aspectos tornam-se mais relevantes quando o objetivo for a recuperação biológica da área degradada. Neste caso, há necessidade de embasamento técnico e científico no sentido de se definir um modelo ambiental que se caracteriza como objetivo final do processo.

Nos casos em que a recuperação visa a manutenção da vida selvagem, os seguintes procedimentos básicos precisam ser considerados: antes da implantação do empreendimento, deve-se definir e implementar estudos para elucidação de parâmetros biológicos e ecológicos da biota afetada.

Para que todo e qualquer plano de recuperação seja bem sucedido, é necessário uma série de informações que orientarão e fornecerão o devido embasamento para a adoção de medidas de manejo. Estas informações são obtidas através de estudos e pesquisas orientados de forma a estabelecer a estrutura faunística e florística da área afetada, suas relações com os outros componentes do ecossistema assim como a constatação de elementos em fase crítica merecedores, portanto, de tratamento específico.

O inventário dos recursos naturais da área produzirão um conjunto de dados que serão utilizados na execução dos planos de recuperação, integrados aos aspectos ambientais locais. Esta investigação biológica pode ser desenvolvida em três etapas:

- a) Levantamento da vegetação e da fauna local. Utilizar, sempre que possível, informações referentes a aspectos físico-químicos do solo. Aspectos sobre a ecologia de determinadas espécies devem ser coletados. Nesta etapa poderão ser utilizados dados que seriam gerados no estudo de caracterização da área e/ou do EIA/RIMA.
- b) Manejo da fauna. Após iniciado o programa de revegetação, o plano de manejo da fauna deve ser implementado, no sentido de estabelecer espécies animais próprias de cada ambiente recuperado.
- c) Monitoramento ambiental. As informações geradas na primeira fase do estudo auxiliarão a elucidação dos impactos ambientais causados pelo empreendimento e o acompanhamento da eficiência do plano de recuperação da área.

12.1 ROTEIRO PARA LEVANTAMENTO DA FAUNA

- Os levantamentos da fauna deverão ser executados, preferencialmente, durante um ano. Caso não seja possível, deverão cobrir pelo menos duas estações contrastantes (seca e chuvosa), de modo a permitir um contato com as espécies ocorrentes na região, sejam residentes ou migratórias.
- Os levantamentos deverão ser realizados em todos os tipos fitofisionômicos presentes na área, incluindo as transições entre os mesmos.
- Quando as áreas já se encontrarem desmatadas, os estudos deverão ser realizados em áreas vizinhas similares.
- Os pontos de amostragem devem compreender os vários tipos de solo, topografia e variações climáticas.
- Enfatizar as espécies de alto interesse. Normalmente, nesta categoria, estão relacionadas as espécies raras ou ameaçadas de extinção, endêmicas, de interesse para caça, assim como aquelas em que uma alteração ambiental poderia provocar um aumento populacional indesejável, levando-a a constituir-se em praga.
- Nos levantamentos sistemáticos para fins de recuperação de áreas degradadas são comumente estudados os mamíferos, as aves, os répteis e os anfíbios.
- Em relação à ictiofauna, caso os impactos decorrentes do empreendimento atinjam áreas próximas a rios, deverá ser estudada a importância da mata ciliar na alimentação dos peixes, pela contribuição de frutos/sementes, flores e insetos, e problemas relacionados à erosão das margens, assoreamento dos rios, etc. A recuperação das áreas marginais poderá ser feita através de estudos realizados

antes do desmatamento ou, caso a área já se encontre desmatada, em áreas vizinhas e semelhantes.

- No que se refere a invertebrados, os estudos tornam-se mais complicados, já que faltam especialistas em sistemática de determinados grupos. Os grupos mais conhecidos e que poderão ser levantados são: lepidópteros (borboletas), coleópteros (besouros), isópteros (cupins), himenópteros (abelhas e formigas), hemípteros (percevejos e barbeiros).
- Deverão ser mapeadas áreas de dessedentação animal e as áreas de nidificação das várias espécies.
- Aspectos quantitativos devem também ser considerados, principalmente a riqueza e diversidade de espécies nas comunidades vegetais presentes, e índice de seletividade de habitat.
- Biologia e comportamento das espécies. Dados referentes à preferência alimentar e de habitats, ciclos reprodutivos, aspectos sociais, áreas de vida, etc., são de extrema importância no estabelecimento das diretrizes de manejo.
- Fatores ambientais abióticos (temperatura, umidade relativa do ar, condições climáticas, etc.), além daqueles resultantes da atividade antrópica, devem ser relacionados com parâmetros biológicos de espécies da fauna.

12.2 MANEJO DA FAUNA

Na fase operacional do processo de recuperação da fauna em áreas degradadas pela mineração, o aspecto de manejo permitirá garantir uma estrutura faunística ideal, além da adequação do ambiente no sentido de suportar as comunidades animais. Aspectos importantes a serem considerados nesta fase são:

- Em casos muito especiais (espécies ameaçadas, endêmicas ou raras localmente) pode-se pensar em reprodução de espécies em cativeiro e sua reintrodução no ambiente recuperado. Entretanto, para que isto se torne possível, é necessário que se identifiquem e se removam os fatores que limitam o crescimento destas populações, propósito bastante difícil. Quando a escassez de alimento e de sítios de nidificação forem os fatores limitantes, forragem suplementar e/ou fornecimento de nichos artificiais pode auxiliar o crescimento da população.
- A soltura indiscriminada de animais provenientes de outras regiões é, também, altamente desaconselhável, devendo quando imprescindível, ser realizada sob aconselhamento técnico.

- Na medida do possível, devem-se deixar faixas de vegetação natural ligando a área desmatada às áreas preservadas do entorno, para que funcionem como corredores de dispersão da fauna.
- Quando existir continuidade, ou mesmo proximidade, entre uma área a ser minerada e outra que não será explorada, é aconselhável que se inicie o plantio com adensamento de espécies vegetais nativas de interesse para a fauna na área que não será objeto da extração mineral. Isto, mesmo antes de qualquer atividade na área a ser minerada. Definem-se plantas de interesse para a fauna aquelas que fornecem alimento (néctar, frutos, sementes, bagos, folhas ou resina), abrigo.
- O manejo da fauna pode também ser conduzido de forma indireta, quando através de mecanismos que permitam o manejo das populações sem, entretanto, haver contato direto entre o agente e o objeto da operação. Tais objetivos podem ser alcançados através da atração da fauna para locais que não serão afetados pelo processo. Sem dúvida, tal procedimento se não for bem orientado, poderá desestabilizar a comunidade já ocupante da área de atração.
- Deve-se salientar que o processo de atração de animais tem de ser visto como um instrumento de manejo e não como um fim, sob o risco de provocar desequilíbrios quando mal conduzido, ou quando não consideradas todas as implicações de sua implantação. Portanto, torna-se bastante eficaz somente quando monitorado, e, na medida das necessidades, alterado para produzir os efeitos desejados.
- O conhecimento dos componentes florísticos e sua relação com a fauna, são essenciais ao processo de recuperação ambiental, já que estes constituem-se em importantes orientadores na elaboração de um plano de manejo faunístico.

Neste sentido destacam-se:

- Estudos da fenologia (desenvolvimento, germinação, floração, frutificação, etc.) que forneçam a base para o conhecimento das interações animal/planta;
- Estudos fitossociológicos, no sentido de se elucidar elementos da dinâmica de populações animais, principalmente em relação à demanda alimentar e níveis de abundância das populações animais e vegetais.

12.3 ROTEIRO PARA MONITORAMENTO DA FAUNA

- Após o início do processo de revegetação, deve-se começar um programa de monitoramento da fauna, o qual permitirá o acompanhamento do processo de sucessão que estará ocorrendo na área, as-

sim como permitirá o controle de pragas que podem atacar as plantas recém-instaladas.

- Deverão ser realizados levantamentos periódicos para determinar quais as espécies que estão se estabelecendo no local e aquelas que, eventualmente, penetram na área para explorá-la.
- O acompanhamento tem por finalidade a verificação de eventuais falhas e imprevistos e sua adequada reorientação.
- Durante o processo sucessório, muitas espécies oportunistas tendem a se instalar. Os efeitos provocados por esta ocupação indevida somente podem ser constatados, e minimizados, por um acompanhamento efetivo.
- Sendo o manejo faunístico pela técnica indireta de atração de fauna um método bastante dinâmico e delicado, ele deve ser revisto e reanalisado periodicamente. Da mesma forma que se faz necessário o acompanhamento dos animais reintroduzidos e suas interações com o ambiente e com os demais ocupantes.
- Um sistema de fiscalização deve ser implementado para impedir a caça dos animais atraídos para a área revegetada, já que estes serão presa fácil no ambiente em formação.
- Nos casos em que animais forem reintroduzidos, estes devem ser marcados e acompanhados no sentido de verificar sua adaptação ao novo ambiente.

12.4 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DA FAUNA

Viert (1989) descreveu várias técnicas (aqui modificadas) a serem empregadas na recuperação da fauna:

Técnica	Benefício Principal
a) Remoldar a topografia, criando ondulações, relevo acidentado, depressões não drenadas na superfície e pequenos acidentes topográficos;	a) Fornece diversidade do habitat, abrigo para esconderijo e proteção contra as intempéries, e condições para o desenvolvimento de elementos de uma biota variada;
b) Remoldar os paredões e taludes altos de rocha remanescentes em pedreiras e cavas profundas, produzindo reentrâncias. Ver Capítulo 14;	b) Fornece condições de nidificação das aves de rapina que habitam este ambiente;
c) Instalar açudes;	c) Fornece habitat para animais aquáticos e fonte de água para a fauna em geral;

- d) Recolocar logo em seguida a camada fértil do solo em área já preparada, espalhando-a em espessuras não uniformes;
- e) Distribuir, aleatoriamente, matações na área;
- f) Distribuir na área troncos, pedaços de madeira e galhos em pilhas;
- g) Reconstruir leitos de cursos de águas e plantar espécies de mata ciliar;
- h) Estabelecer faixas de vegetação densa, ligando a área recuperada com habitats naturais;
- i) Instalar estruturas para abrigo, nidificação, pouso e alimentação da fauna (avi, masto e herpetofauna).
- d) Favorece o estabelecimento da diversidade da flora, com sementes de espécies nativas e microorganismos do solo;
- e) Fornece habitats para micro, meso e macrofauna do solo, assim como para pequenos vertebrados;
- f) Fornece micro-habitats e abrigos para a fauna alada e terrestre;
- g) Desenvolve sistemas para a fauna que habita as margens dos cursos de água;
- h) Cria corredores de ligação para o movimento da fauna entre habitats naturais;
- i) Propicia o aumento das populações animais com a possibilidade de aumento na diversidade da fauna.

Considerações Especiais sobre Depósitos de Estéril/Rejeito e sua Revegetação

13.1 DEPÓSITOS A SECO

Alguns depósitos de estéril/rejeito são operados por um tempo prolongado, e não é possível o reaproveitamento da camada fértil do solo do local do depósito para recobri-lo ao término da sua operação. Alguns materiais depositados são passíveis de receber uma revegetação por serapilheira, ou de espécies herbáceas por hidrossemeadura, a lanço, em mudas, placas ou leivas, e até espécies arbustivas e arbóreas, sem a recobertura da camada fértil do solo.

Para se conseguir o enraizamento de plantas, é preciso que o material tenha uma granulometria com boa porcentagem de areia até argila (menor de 2,0 mm na escala textural do solo), e, idealmente, uma baixa densidade aparente *in situ* (ver Subcapítulo 10.3). Ainda, o material não pode conter elementos com um grau de toxidez que prejudique as plantas. Idealmente, deve conter elementos em formas adequadas que podem contribuir como nutrientes para as plantas.

A melhor maneira de se contornar o problema da falta da camada fértil do solo para cobrir os depósitos é de construir depósitos menores, e retirar a camada fértil da área do próximo depósito a entrar em operação e usá-la como cobertura do depósito que está sendo desativado.

É comum existir a tendência de remover a camada fértil do solo de uma área não incluída nas operações do empreendimento minerário e usá-la como cobertura do depósito. Isto não é aceitável. Não se deve degradar uma área somente para resolver a falta da camada fértil de outra.

Devem-se procurar outros meios na escolha adequada das plantas ou na colocação de uma camada de subsolo ou argila mais espessa em cima do estéril/rejeito depositado.

Muitos estéreis e alguns rejeitos consistem de blocos ou matações com pouco material das frações menores. Para se obter uma boa camada de material passível de suportar uma revegetação, pode-se colocar um material argiloso do subsolo, com, pelo menos, um metro de espessura, para o plantio de gramíneas e leguminosas herbáceas ou colocação de serapilheira.

Se dentro do pacote de estéril existirem camadas de subsolo, estas podem ser colocadas na camada superior do depósito. Caso não existir subso-

lo, é admissível abrir uma pequena "lavra" do mesmo material que não seja minério, como suprimento de um subsolo para cobrir o depósito. Entretanto, não se esqueça que a "lavra" de subsolo também gera uma área degradada. Ela terá de ser tratada como se fosse uma mina, seguindo todas as etapas da recuperação.

A camada espessa de argila ou subsolo é imprescindível para cobrir estéreis e rejeitos tóxicos, que contêm altas concentrações de elementos ou substâncias poluidoras ou alto grau de acidez ou alcalinidade. A camada será formada de duas sub-camadas e terá as seguintes finalidades:

- a) Uma parcela inferior para servir como selante para impedir ou diminuir a percolação das águas de superfície no estéril/rejeito. Esta parcela deve receber uma compactação adequada;
- b) Uma parcela superior servindo como meio para a implantação de plantas herbáceas ou serapilheira. Esta parcela terá de ser descompactada por escarificação para a introdução da vegetação. Neste caso, a escolha criteriosa das espécies é importante para não incluir aquelas cujas raízes possam penetrar na parcela inferior de argila ou subsolo que está servindo como selante. Este método praticamente exclui o uso de espécies arbóreas.

É, algumas vezes, difícil de se prever o comportamento de estéreis e rejeitos em pilhas e como se deve proceder com a revegetação. Pode ser recomendável que no início da operação seja construído e revegetado um depósito ou depósitos de menor porte para ganhar experiência e resolver os problemas.

Nem sempre os melhores cálculos e testes de ensaio apontam os caminhos certos. Experimentos monitorados em depósitos menores podem ser muito úteis.

O depósito constitui um elemento novo na paisagem. As formas tradicionais, retilíneas, retangulares, trapezoidais, que afetam a estética do local podem ser modificadas para amenizar seu impacto, usando-se a criatividade.

Grandes superfícies planas podem ser alteradas para incluir murundus de terra e depressões. A inclusão de pequenos montes pode até beneficiar a gama de plantas a serem usadas, existindo espécies arbustivas e arbóreas que exijam um subsolo mais fundo. Entretanto, a boa drenagem da área não pode ser sacrificada, dando margem à erosão e ao aumento de infiltração das águas em excesso.

13.2 DEPÓSITOS AQUOSOS EM BACIAS CONFINADAS

Pode-se prever quatro situações para a recuperação da área após a operação da bacia:

- a) Reconstituição da lâmina de água;
- b) Rebaixamento da lâmina de água;
- c) Rebaixamento do nível da água no interior dos sedimentos;
- d) Aterro complementar da bacia.

A situação (a) implica um uso futuro do solo para piscicultura, área de recreação/lazer/turismo, ou fins paisagísticos. As outras três situações indicam a escolha do uso futuro do solo para outros fins. As considerações a seguir se referem à revegetação na recuperação.

É comum observar a instalação espontânea e rápida de plantas nativas em bacias quando a lâmina de água é rebaixada, e quando o estéril/rejeito depositado não contém substâncias tóxicas às plantas e nem prejudiciais à qualidade da água a jusante. Esta sucessão natural espontânea pode ser suficiente para satisfazer as expectativas de uma boa recuperação.

Neste caso, os maiores cuidados para serem observados durante a manutenção são de não deixar que a área receba um volume de solo erodido a montante que possa afetar a estabilidade do barramento, ou transpassá-lo. Isto é, o sistema de desvio das águas de superfície em torno da bacia terá de ser permanente. Aliás, estes cuidados de manutenção são aplicáveis para todas as situações apontadas abaixo. Entretanto, pode ser julgado que:

- a) A revegetação por sucessão natural seja demasiadamente lenta; ou
- b) O estéril/rejeito depositado seja de uma granulometria muito fina e seu desagendamento difícil, permanecendo em uma forma pastosa como um lodo.

Para estas situações é recomendável a cobertura com uma camada de subsolo proveniente de uma "lavra" de subsolo, como descrito no Subcapítulo anterior (13.1, 7.º parágrafo). O subsolo é lançado em uma ponta de aterro até encobrir o depósito. Há situações onde é recomendável a colocação de mantos de geotêxtil entre o estéril/rejeito e a camada de subsolo para melhorar as condições de estabilidade da superfície final e até a instalação de um sistema de coleta de água (uma camada de areia grossa, ou tubos furados em um leito de areia grossa) na parte inferior da camada do subsolo.

Quando o estéril/rejeito contiver substâncias tóxicas, ou poluidoras que possam prejudicar a revegetação da área do depósito, e/ou o meio ambiente pela queda do nível d'água que flua do estéril/rejeito, a colocação de uma camada de subsolo é imprescindível. A parcela inferior do subsolo receberá uma compactação adequada, e, novamente, é recomendável investigar a colocação de um manto de geotêxtil, ou material permeabilizante, e um sistema de coleta de água com a possível instalação de um tratamento final do efluente. O sistema todo deverá ser monitorado com piezômetros. A possibilidade da ação capilar da água ascendente até a provável cota inferior das raízes de plantas terá de ser investigada.

A seleção das espécies vegetais é crítica para que suas raízes não penetrem até o material tóxico. Pode-se usar serapilheira da mata na revegetação, desde que se elimine as espécies arbustivas e arbóreas, ao crescerem, para que suas raízes não atinjam o material tóxico.

Novamente a estética final da superfície revegetada pode ser melhorada com a construção de murundus ou montículos de subsolo com a possível inclusão de espécies arbustivas.

Muitas vezes os depósitos aquosos cobrem áreas grandes, e não é possível colocar uma camada fértil do solo em cima da camada de subsolo. Neste caso, pode-se experimentar a revegetação diretamente na camada de subsolo, usando-se a descompactação com a aplicação de corretivos e fertilizantes.

A superfície final terá de ser descompactada antes da revegetação. Caso o material depositado e sua cobertura não apresentem uma sustentação suficiente para a utilização de um trator de esteiras e "ripper", pode-se usar um trator agrícola com escarificador ou subsolador. Quando não for colocada uma camada fértil do solo, o arado de discos pode ser usado.

Como no caso dos Depósitos a Seco, pode ser recomendável a instalação de uma área experimental de deposição, cobertura e revegetação para coletar dados.

Quando a área do depósito for de grande extensão, pode ser recomendável a deposição do estéril/rejeito e sua recuperação em módulos separados por diques.

Inclui lavras de rocha fresca, fraturada ou não, não decomposta; em encosta de morro ou em cava; em bancadas com taludes altos, para a produção de pedra britada (brita) como agregado de concreto ou base de asfaltamento, pedra ornamental, paralelepípedos para calçamento, blocos de rocha para alicerces de construções, calcário para cimento ou cal. Implica o uso de explosivos para o desmonte. Alguns dos conceitos aqui expostos servirão para a lavra de outras substâncias minerais em encosta de morro ou cava com taludes altos.

A lavra de rocha para brita é normalmente localizada perto de cidades para diminuir o transporte. É comum que a expansão urbana chegue até a pedreira, muitas vezes englobando-a. Isto cria situações difíceis para o empreendedor e a comunidade. Os impactos dos ruídos das detonações dos explosivos e os abalos sísmicos, os ruídos dos equipamentos (pá carregadeiras, caminhões, britadores e peneiras de classificação da rocha por granulometria), e as poeiras da operação, provocam conflitos. A melhor maneira de evitá-los é através da instalação da pedreira em área suficientemente longe do núcleo urbano; e da proteção da área de operação, dentro de um raio de dois ou mais quilômetros. O zoneamento do uso do solo (lei municipal) deve proibir a construção de residências e outras edificações dentro deste raio. Estudos geotécnicos e dos ventos terão de ser efetuados para a escolha de localização.

A primeira medida a ser tomada é de implantar uma cortina verde, mesmo usando espécies arbóreas exóticas por seu rápido crescimento. Ao iniciar a exploração, se existir a necessidade de remover uma capa de subsolo ou rocha decomposta para chegar à rocha fresca, estes estéreis terão de ser depositados e recuperados pelos mesmos métodos descritos em outros capítulos desta publicação. A camada fértil do solo deve ser estocada separadamente e recolocada, dentro de um prazo de dois anos, em áreas que necessitarão de uma revegetação, assim como na revegetação do depósito de estéril.

É comum haver a necessidade de um contínuo decapeamento, mesmo pequeno, no decorrer do avanço da lavra. O planejamento da lavra deve prever o local para a deposição desses estéreis.

Na lavra de rochas ornamentais há sempre uma produção grande de fragmentos de rocha ao lavar os blocos, para dar o acabamento no preparo de seu transporte. Esses fragmentos deverão ser tratados como estéril, depositados e estabilizados adequadamente.

Ao chegar ao final da lavra, seja em um único talude alto ou em bancadas, há vários métodos para amenizar os impactos ambientais. Ver a Figura 18. Em muitos casos esta amenização pode ser executada em parcelas, caso a lavra avance lateralmente em seções, com cada seção chegando a um talude final em separado.

O desmonte por detonações das cristas para destruir as linhas retas contribuirá para amenizar os impactos visuais. A rocha desmontada e deixada **in loco** servirá como base para receber o subsolo do decapeamento. Dentro do possível, isto deverá ser executado, mesmo se o subsolo não for de grande quantidade, pois terá um grande valor para a revegetação. Mesmo os blocos de rocha detonados e não recobertos com subsolo servirão para abrigar a vida animal.

A revegetação pode ser feita com serapilheira ou espécies herbáceas e arbustivas, preferivelmente nativas. No caso das espécies arbustivas pode ser aplicada a semeadura direta.

O piso final pode ser recoberto com subsolo e a camada fértil. Existem casos onde a urbanização tem chegado próxima à pedreira, então o piso servirá a outras destinações para a utilização da área: urbanização, área comercial ou industrial, ou área de lazer para a comunidade.

O empreendedor não deve deixar depressões confinadas no piso final, que são sujeitas ao acúmulo das águas da superfície. A água ficará estagnada e poderá hospedar vetores que transmitiriam doenças, e se profundas, são convidativas à natação com acidentes em potencial. Valetas deverão ser detonadas para drenar o fundo.

Podem existir casos onde a criação de um lago faça parte do planejamento da recuperação da pedreira. Terá de ser criteriosamente implantado, com uma boa remoldagem da superfície e revegetação, para não oferecer os riscos apontados.

Voçorocas são sulcos que podem atingir grandes dimensões. Se formam no solo e subsolo mal consolidados no terreno natural devido à erosão provocada pela ação da água superficial ou subsuperficial; em áreas degradadas, recuperadas ou não; e em depósitos de estéril/rejeito a seco. Grandes voçorocas comumente têm ramificações menores que vão ao encontro do eixo central.

Voçorocas em solos **in situ** começam com a devegetação de uma área com relevo subhorizontal ou íngreme, ou na crista de uma escavação. As voçorocas podem avançar até dentro da rocha decomposta **in situ**, como em arenitos mal consolidados e filitos.

- A melhor medida é a preventiva: logo que apareçam os primeiros sinais, não deixar que a voçoroca se forme.
- Voçorocas são comuns em áreas de lavra e depósitos antigos, não recuperados ou abandonados; em áreas onde a lavra está em andamento, ou em depósitos sendo construídos, mas ainda não estabilizados ou revegetados.
- A Voçoroca pode ser:
 - a) Eliminada por preenchimento com subsolo ou estéril/rejeito;
 - b) Estabilizada pela construção de bancadas (terrenos em patamar) dentro da voçoroca, perpendiculares ao seu eixo central;
 - c) Estabilizada por métodos mais simples, mas sem modificar sua topografia.

Nos três casos é indispensável a revegetação.

- No caso de preenchimento total, a voçoroca é eliminada com material empurrado das laterais, ou com material novo transportado até o local.

Procure obter uma boa compactação do material de preenchimento, estendendo-a por cima do material não erodido na adjacência nas laterais

e à montante e jusante. O material transportado deve ter características de estabilidade igual ou melhor do material em que a voçoroca se formou.

Para voçorocas de maiores dimensões, e quando o preenchimento total não é praticável, bancadas podem ser construídas perpendiculares ao eixo maior da voçoroca (ver Subcapítulo 9.1). As bancadas podem ser construídas por material transportado ou empurrado das laterais, ou ainda pelo remanejamento do material que já se encontra dentro da voçoroca. Caso o método corretivo preveja a manutenção de laterais com cristas definidas, regularize-as e diminua o ângulo dos taludes laterais. Se forem de grandes dimensões, as laterais podem também ser reconstruídas em bancadas. Pode ser necessário estabilizar os taludes das bancadas por outros métodos construtivos, como por exemplo o uso de gabiões.

O preenchimento total ou remoldagem em bancadas só podem ser executadas durante o período das secas ou durante uma longa estiagem.

Mesmo usando os processos construtivos descritos acima, é recomendável determinar a necessidade de desviar as águas de superfície da cabeceira e laterais por meio de valetas ou canais em desnível, paralelos às margens das laterais e revestidos de argamassa com pedra de mão ou sacos de solo-cimento.

Para os dois métodos descritos acima, a revegetação é a etapa final.

Quando não for possível usar os métodos de preenchimento total ou de construção de bancadas, o terceiro método é de:

- a) Desviar as águas superficiais da cabeceira e laterais por valetas ou canais revestidos;
- b) Colocar dentro da voçoroca matações e vegetação morta;
- c) Construir uma série de barreiras, perpendiculares ao eixo maior, com matações, troncos de árvores, tábuas, ou bambus amarrados, conhecidas também como "paliçadas", para segurar os sedimentos finos, fazendo pequenas bancadas, na medida em que os sedimentos formem bermas.

Revegetar os taludes das laterais com gramíneas e leguminosas herbáceas por sementeira manual ou em mudas, e com sementes ou mudas de espécies arbustivas como feijão-guandu (*Cajanus cajan*). Revegetar as bermas das bancadas com as mesmas plantas ou serapilheira. Só depois de se conseguir uma razoável cobertura vegetal será estancando o avanço da voçoroca.

16.1 MINAS EM OPERAÇÃO

Para as minas já em operação e onde não tem sido implantado um controle ambiental, será necessário um levantamento para avaliar os impactos na situação atual do empreendimento, nas seguintes áreas: lavra atual, área já lavrada, beneficiamento, depósitos de estéril/rejeito (a seco e via aquosa), estação de embarque, oficinas e outras áreas de serviço e apoio. Os seguintes itens serão avaliados:

- a) Sistema de drenagem;
- b) Qualidade dos efluentes líquidos;
- c) Estabilidade de taludes nas minas e nos depósitos de estéril/rejeito a seco;
- d) Estabilidade dos barramentos dos rejeitos confinados em reservatórios;
- e) Método de lavra e beneficiamento e seus equipamentos;
- f) Método de manejo do estéril/rejeito;
- g) Sistema de transporte;
- h) Qualidade da revegetação, se já existia, na mina e nos depósitos de estéril/rejeito. Inclui a qualidade da revegetação natural em áreas onde houve uma sucessão espontânea;
- i) Aspectos paisagísticos;
- j) Emissões atmosféricas.

Este levantamento incluirá uma descrição das causas e efeitos de cada item no meio ambiente.

O próximo passo é elaborar um relatório especificando as medidas necessárias a serem tomadas para remediar as situações deficitárias, descrevendo as técnicas ou métodos a serem aplicados. Com estes dados em mãos

terá de priorizar os dos impactos para, em seguida, elaborar um plano de ação para executar as modificações necessárias, dentro de um cronograma. Este plano incluirá um orçamento dos custos (gastos de capital e despesas) que serão dispendidos nas modificações.

Fatalmente, modificações terão de ser introduzidas. Algumas delas poderão ser de grande monte com grande dispêndio de recursos, e que seriam completadas somente a longo prazo. Outras modificações poderão, provavelmente, ser introduzidas a curto prazo, e com pouco, ou nenhum investimento de capital.

Antes de tratar das áreas já degradadas, o melhor procedimento seria introduzir modificações no método de lavra e deposição dos estéreis/rejeitos nas áreas atualmente em lavra, para não continuar aplicando aqueles que são incorretos. Nem sempre isto é possível a curto prazo, e, às vezes, nem a longo prazo, devido ao investimento já feito nos tipos de equipamentos em uso e que foram adquiridos para um método específico de lavra.

A revegetação será iniciada somente após remoldagem da topografia, implantação de obras de drenagem, estabilização dos taludes, descompactação e colocação de uma camada de subsolo na superfície a ser revegetada. Entretanto, tratando-se de minas já em operação, é comum não ter sido estocada anteriormente a camada fértil do solo. A falta desse subsolo e da camada fértil do solo não deve desanimar o técnico da revegetação. Em muitas situações, é possível conseguir uma cobertura vegetal em materiais que, à primeira vista, parecem difíceis de suportar plantas. Experimentos instalados usando uma gama de espécies vegetais poderão indicar o caminho certo. A serapilheira, devido a sua rusticidade pode prestar um grande papel na revegetação, sob condições adversas.

16.2 MINAS COM SUAS OPERAÇÕES SUSPENSAS

Sob este título são incluídas várias situações de lavras paralisadas:

- a) Suspensas definitivamente por exaustão do minério ou outras razões técnicas;
- b) Suspensas definitivamente por falta de mercado ou outras razões econômicas;
- c) Suspensas temporariamente por motivos técnicos ou econômicos, mas com trabalhos de recuperação em andamento.

A recuperação para os casos de paralisação (a e b), seguirá o mesmo esquema de levantamento dos impactos ambientais enumerados no primeiro parágrafo do subcapítulo anterior, exceto que não é previsto uma continuação da lavra. O plano de ação e a execução dos trabalhos de recuperação seriam implementados, também, da mesma maneira.

Nas minas com uma paralisação temporária das suas atividades, os trabalhos de recuperação, incluindo a revegetação, devem prosseguir normal-

mente. A parada na lavra não é motivo para suspender aquilo que tem de ser feito para se obter um bom controle ambiental. Os efluentes líquidos serão monitorados, a manutenção da drenagem e taludes, e a revegetação de áreas já exauridas de minério continuarão como se a mina estivesse em operação. Aliás, é uma boa hora para colocar em dia qualquer atraso que tenha havido e para corrigir pontos falhos no processo da recuperação.

Composição de Alguns Fertilizantes Orgânicos e Inorgânicos

Fertilizantes Inorgânicos

MATERIAL	%						CONSIDERAÇÕES
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	
NITROGENADOS							
Amônia anidra	82	—	—	—	—	—	muito concentrada, requer equipamentos especiais
Cloreto de amônio	26	—	—	—	—	—	higroscópico, risco de fogo na armazenagem
Nitrato de amônio	34	—	—	—	—	—	higroscópico
Nitrato de cálcio	13	—	—	26	—	—	risco de fogo na armazenagem
Nitrato de potássio	13	—	44	—	—	—	
Nitrocálcio	21	—	—	9	6	—	
Salitre do Chile	16	—	—	—	—	—	contém 27% de Na
Salitre duplo potássico	15	—	14	—	—	—	
Sulfato de amônio	21	—	—	—	—	23	acidificante do solo
Uréia	45	—	—	—	—	—	higroscópico, converte rapidamente em NH ₄
FOSFATADOS							
Superfosfato simples	18	—	—	20	—	12	
Superfosfato triplo	42	—	—	14	—	—	
Fosfato natural	30-36	—	—	40-45	—	—	usado em solos ácidos
Termofosfato	16	—	—	28	16	—	usado em solos ácidos
N e P							
Fosfato diamônico	16-20	42-46	—	—	—	—	muito solúvel
Fosfato monoamônico	10-11	46-48	—	—	—	—	muito solúvel
POTÁSSICOS							
Cloreto de potássio	—	—	60	—	—	—	contém 47% de Cl
Nitrato de potássio	13	—	44	—	—	—	risco de fogo na armazenagem
Sulfato de potássio	—	—	50	—	—	17	
Sulfato duplo de potássio e magnésio	—	—	22	—	11	22	

Fertilizantes Orgânicos

MATERIAL	%								CONSIDERAÇÕES
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	H ₂ O	MO%	
Bagaco de cana	0,40	0,10	0,18	0,10	—	—	—	—	
Esterco de cavalo	0,70	0,35	0,55	—	—	—	78	21	
Esterco de carneiro	0,90	0,35	1,00	—	—	—	66	31,4	
Esterco de curral	0,60	0,15	0,45	—	—	—	86	14	
Esterco de galinha	2,50	1,80	1,50	4,6-5,8	0,5-1,5	0,3-0,5	55	—	
Cinza de fôrnilha	—	2-3	4-7	—	—	—	—	—	
Cinza de palha de café	—	5-6	20-25	4,2-7,5	1,7-2,7	—	—	—	
Cinza de casca de arroz	—	1-2	2-5	0,8-2,7	0,5-1,1	—	—	—	
Composto	0,60	0,30	0,60	—	—	—	80	—	
Farinha de osso autoclavada	2	24	—	30	—	—	—	—	
Farinha de osso crua	4	22	—	—	—	—	—	—	
Farinha de osso degelatinada	—	26	—	35	—	—	—	—	
Farinha de peixe	6	5-10	—	—	—	—	—	—	
Farinha de sangue	12-14	3	1,00	—	—	—	—	—	
Húmus de minhoca	1,57	0,41	0,49	0,62	0,20	—	—	33,13	pH = 6,30; produzido em esterco de gado
Lixo tratado	0,60	0,60	1,20	2,7	0,5C	—	8	—	
Resíduo de esgoto tratado	5	2	0,50	3	1,25	0,1-0,5	8	—	
Resíduo de filtro prensa	2	0,90	0,34	—	—	1,44	—	81,70	
Resíduo de matadouro	4-6	12-14	—	—	—	—	—	—	
Resíduo de curtume	0,60	0,08	0,30	—	—	—	—	—	
Serapilheira da mata	1	0,10	0,20	—	—	—	—	—	
Torta de algodão	5-7,0	1-3	1-2	0,3	1,0	0,3	—	—	
Torta de amendoim	7	2	—	—	—	—	—	—	
Torta de mamona	5	2	1,10	0,6	0,8	0,4	—	—	
Turfa	2	0,30	0,30	—	—	—	—	—	

ANEXO B

Glossário

As fontes mais consultadas para os termos pedológicos da degradação do solo e do meio ambiente foram ABNT (1987a), Moniz (1972), Kiehl (1979), Bertoni e Lombardi Neto (1985) e Galetti (1984).

ACEIRO — faixa de terreno em volta de uma determinada gleba mantida livre de vegetação por capina ou poda, a fim de se impedir a invasão de plantas indesejáveis ou de fogo indiscreto por queima.

ACÍCULA — folha comprida e fina, filiforme, como a de muitos pinheiros.

ACIDEZ — potencial de hidrogênio inferior a 7,0. Ver pH.

ADSORÇÃO — fenômeno físico ou químico no qual moléculas de gases e líquidos se fixam ou reagem sobre a superfície de corpos porosos (frequentemente sólidos).

ADUBAÇÃO — sinônimo de fertilização.

ADUBO — sinônimo de fertilizante.

ADUBO VERDE — material vegetal fresco (daí o adjetivo verde) que é incorporado ao solo com a finalidade de adicionar matéria orgânica, que vai se transformar parcialmente em húmus, bem como em nutrientes para a planta. Os adubos verdes podem consistir de ervas invasoras ou gramináceas, ou de uma leguminosa, ou, ainda, de uma cultura (leguminosa ou não, que foi plantada com o único fim de ser incorporada).

ALCALINIDADE — potencial de hidrogênio superior a 7,0. Ver pH.

AQUÍFERO — formação geológica capaz de armazenar e transmitir água em quantidades apreciáveis.

AQUÍFERO CONFINADO — aquífero completamente saturado de água, limitado em seu topo e em sua base por uma formação ou camada impermeável. A água armazenada neste aquífero é submetida a uma pressão superior à atmosférica.

AQUÍFERO LIVRE — camada permeável parcialmente saturada de água e limitada em sua base por uma camada impermeável ou semi-impermeável. A água armazenada neste aquífero é submetida unicamente à pressão atmosférica.

ARBUSTO — vegetal lenhoso, de porte não muito avantajado ramificado desde a base e, em conseqüência, desprovido total ou quase totalmente de um tronco. Normalmente, não atinge mais de 3 a 4 metros de altura.

AREIA — a fração granulométrica do solo com diâmetro da partícula de 0,02 a 2,0 mm (em termos pedológicos). Ver Escala de Frações do Solo.

ARGILA — fração granulométrica do solo com diâmetro inferior a 0,002 mm (em termos pedológicos). Ver Escala de Frações do Solo.

ÁRVORE — vegetal lenhoso, de porte avantajado, normalmente maior de 3 a 4 metros de altura, provido de um tronco que se ramifica na parte superior formando uma copa.

ASSOREAMENTO — processo de acumulação excessiva de sedimentos e/ou detritos, transportados por via hídrica, em locais onde a deposição do material é mais rápida do que a capacidade de remoção natural pelos agentes de seu transporte.

BANCADA — cada uma das fatias horizontais que se lavra em uma mina. A bancada é caracterizada por uma berma e um talude. É utilizado, também, o termo banco ("mine bench" ou "mining bench" — inglês). Sua construção é também aplicada usando trator de esteiras com lâmina, na remoldagem do terreno para recuperação de áreas degradadas, em curvas de nível (contornos) em terrenos com declividade normalmente superior a 20%. Como prática agrícola de conservação do solo, é denominada terraço-patamar ou terraço em patamar. Ver terraço.

BARRAMENTO — estrutura de contenção de água ou rejeitos, construída com solo, rocha ou concreto, ou seja, dique ou barragem.

BARRENTO — classe textural do solo, intermediária entre solo de textura fina e grossa ("loam" — inglês). Variante: franco.

BENEFICIAMENTO — separação do mineral útil do rejeito (ver), processada mecanicamente, e/ou quimicamente em via aquosa, em instalação específica. Pode incluir britagem, moagem, peneiramento, lavagem, flotação e outros processos para concentrar (aumento de teor) a substância mineral. Usa-se também, para a diminuição da granulometria do minério sem a presença de rejeito ("ore beneficiation" ou "ore milling" — inglês).

BERMA — componente horizontal ou subhorizontal de uma bancada (ver).

BIOTA — conjunto de seres vivos que habitam um determinado ambiente ecológico, em estreita correspondência com as características físicas, químicas e biológicas deste ambiente.

BOTA-FORA — área que recebe e acumula resíduos gerados em processos produtivos industriais, na mineração e na construção civil. Nesta publicação é sinônimo de depósito de estéril/rejeito a seco.

CALAGEM — emprego de calcário com a finalidade principal de corrigir ou diminuir a acidez do solo, isto é, fazer baixar a concentração de hidrogênio, alumínio trocável e manganês, enriquecendo o solo de cálcio e magnésio.

CAMADA FÉRTIL DO SOLO — camada superficial do solo onde se concentram valores mais altos de matéria orgânica, fauna do solo e nutrientes minerais. Na prática é de 10 a 30 cm de espessura ("topsoil" — inglês). Variantes: solo orgânico, solo vegetal, solo de superfície.

CAMALHÃO — monte ou dique de solo amontoado *in loco* e em linha por implemento agrícola, como prática de controle da erosão na conservação do solo. Concomitantemente é construída uma valeta ou canal junto e paralelamente ao camalhão para reter ou canalizar a água de superfície, designando o conjunto como terraço (ver) em camalhão.

CAMADA — espessura de sedimentos que foi depositada sob condições físicas essencialmente constantes, ou que é produto do intemperismo da rocha *in situ*.

CAPA — camada de estéril, encobrindo o minério.

CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC) — quantidade total de cátions trocáveis que um solo pode adsorver. É expressa em meq/100 g de solo (mlequivalentes por 100 gramas) seco ou de outro material adsorvente, tal como argila. Os principais cátions trocáveis de bases do solo são: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e NH_4^+ . A amônia é de duração efêmera no solo e o sódio é característico de regiões áridas ou semiáridas. Esta soma é denominada "S" e aplicada no cálculo da saturação em bases (V%) — ver.

CAPOEIRA — estágio arbustivo alto ou florestal baixo na sucessão secundária para floresta depois do corte, fogo e outros processos predatórios. É comumente dividida em capoeira baixa e capoeira alta.

CAVA — escavação em terreno plano ou em morro, executada para a lavra mineral ("mine pit" — inglês). A palavra inglesa "pit" é comumente empregada na mineração no país para designar a cava.

CLASSE TEXTURAL DO SOLO — combinações das porcentagens de areia, silte e argila que apresentam o mesmo significado em relação à vida das plantas. Ver Escala de Frações do Solo.

COBERTURA MORTA — camada natural de resíduos de plantas espalhada sobre a superfície, para reter a umidade e protegê-la da insolação.

COMPACTAÇÃO DO SOLO — processo de diminuição do volume de um solo e conseqüente redução da sua porosidade, aumentando a sua densidade.

CONSERVAÇÃO DO SOLO — conjunto de métodos de manejo do solo que, em função de sua capacidade de uso, estabelece a utilização adequada do solo, a recuperação das suas áreas degradadas e mesmo a sua preservação.

CONSORCIAÇÃO — cultura consorciada — o adubo verde é plantado entre as linhas da cultura principal, sendo incorporado ao solo antes do fim do ciclo.

COROAMENTO — remoção das herbáceas ao redor da muda de espécies arbóreas ou arbustivas plantadas em covas. Normalmente, não superior a um raio de 50 cm em volta da muda.

CORRETIVO — material para corrigir o pH do solo. Ver calagem.

COVAÇÃO — abertura do buraco, ou cova, no solo, a ser usado para o plantio de mudas de espécies arbóreas ou arbustivas.

CRISTA — alinhamento superior de um talude de bancada (terraço em patamar), escavação, barranco ou escarpa. Na bancada é a linha de interseção da berma com a extremidade superior do talude.

DECAPEAMENTO — retirada da vegetação, camada fértil do solo, restante do solo, subsolo e rocha, não economicamente exploráveis como minérios, para alcançar o minério e iniciar sua lavra ("stripping" inglês).

DEGRADAÇÃO — ver Capítulo 2: Conceitos.

DENSIDADE APARENTE IN-SITU DO SOLO — massa de um solo seco a 105°C por unidade de volume.

DORMÊNCIA — mecanismo de inibição da germinação de sementes em condições adversas.

ECOSSISTEMA — unidade funcional do meio ambiente, que constitui um sistema onde, pela interação entre os diferentes organismos presentes e o ambiente, ocorre uma troca cíclica e recíproca de matéria e de energia, incluindo os poluentes.

ECÓTOPO — determinado tipo de habitat dentro de uma área geográfica ampla.

EDAFOLOGIA — ciência que trata da influência dos solos sobre os seres vivos, particularmente plantas, incluindo o uso do solo pelo homem para crescimento das plantas. Estudo do solo em relação à vida das plantas.

EFLUENTE LÍQUIDO — fluido que escoar para o exterior de um dado sistema.

ELUVIAÇÃO — movimento descendente de soluções várias, ou suspensões coloidais, num solo.

ENROCAMENTO — estrutura de contenção ou proteção, construída com blocos de rocha.

EROSÃO — desagregação e remoção do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e organismos (plantas e animais).

EROSÃO EM SULCOS — erosão que ocorre nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões no terreno. Também conhecida como erosão de ravinamento.

EROSÃO EÓLICA — erosão do solo provocada pela ação dos ventos. Existem duas classes: litorânea — quando ocorre junto à orla marítima, com deslocamento de material arenoso na forma de dunas; continental — quando ocorre no interior do continente, havendo movimento de partículas de solo sem que haja reposição do material deslocado.

EROSÃO HÍDRICA — erosão provocada no solo e subsolo por ação das águas.

EROSÃO LAMINAR — erosão provocada por escoamento superficial difuso das águas precipitadas, que resulta na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo.

ESCALA DE FRAÇÕES DO SOLO — classificação internacional proposta por Atterberg:

Fração	mm de diâmetro
Areia grossa	2,00 a 0,20
Areia fina	0,20 a 0,02
Silte	0,02 a 0,002
Argila	menos de 0,002

É usada a porção da terra fina seca ao ar (TFSA) que passa pela peneira de 2,0 mm.

ESCALA DE PARTÍCULAS UNITÁRIAS — classificação internacional proposta por Atterberg:

Matações — fragmentos maiores que 200 mm de diâmetro;

Calhaus — fragmentos entre 200 e 20 mm de diâmetro;

Cascalhos — fragmentos entre 20 e 2 mm de diâmetro.

ESCARIFICAÇÃO (DO SOLO) — descompactação por rompimento da camada superficial do solo, normalmente até uma profundidade de 30 cm sem inverter as camadas, executada por meio de um implemento agrícola que contém hastes dentadas, sem inverter as partes da camada, e tracionado por trator. Ver subsolagem.

ESPÉCIE ENDÊMICA — espécie vegetal ou animal que ocorre na natureza somente em uma dada região ou área geográfica.

ESPÉCIE EXÓTICA — espécie vegetal ou animal presente em uma determinada área geográfica da qual não é originária ou aquela introduzida geralmente pelo homem. O termo é usado comumente para espécies procedentes de outros países.

ESPÉCIE NATIVA — espécie vegetal ou animal que, suposta ou comprovadamente, é originária da área geográfica em que atualmente ocorre.

ESPÉCIE NATURALIZADA — espécie vegetal exótica que foi introduzida e adaptada em outra região através da sua cultura, ou por propagação

- espontânea. Alguns autores preferem não usar este termo, usando somente espécie exótica.
- ESPÉCIE PIONEIRA** — espécie vegetal que inicia a ocupação de áreas desabitadas de plantas, em razão da ação do homem ou de forças naturais.
- ESTABILIZAÇÃO (DO SOLO, OU DEPÓSITO DE ESTÉRIL/REJEITO A SECO)** — tratamento físico-químico ou mecânico desses materiais, executado com o objetivo de manter ou melhorar as suas características geotécnicas (resistência à erosão, capacidade de suporte, permeabilidade, etc.).
- ESTÉRIL** — substância natural (solo, subsolo, rocha) não aproveitável economicamente, que ocorre em: camadas (horizontais ou inclinadas), corpos irregulares — ambos encaixando o minério; ou intimamente ligado ao minério ("overburden", "mine waste", "mine spoil" — inglês).
- ESTOLONÍFERA** — planta herbácea que emite caule rastejante na superfície ou dentro do solo, conforme a espécie.
- ESTRUTURA (DO SOLO)** — arranjo das partículas primárias (areia, silte e argila) do solo em agregados, nos quais as forças que ligam tais partículas entre si são mais intensas do que entre os agregados adjacentes a estas partículas. São classificados quanto à forma, tamanho e grau de distinção, classes e tipo.
- FERTILIZAÇÃO** — aplicação de fertilizantes ao solo com o objetivo de fornecer nutrientes às espécies cultivadas. O mesmo que adubação.
- FERTILIZANTE** — toda substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes às plantas.
- FERTILIZANTE DE COBERTURA** — aplicado ao solo após a planta instalada.
- FERTILIZANTE DE PLANTIO** — aplicado ao solo antes do plantio.
- FERTILIZANTES MINERAIS** — substâncias sólidas, fluidas ou gasosas contendo um ou mais elementos fertilizantes sob a forma inorgânica disponível, mais ou menos rapidamente, para a planta.
- FERTILIZANTE MISTO OU MISTURA DE FERTILIZANTE** — todo o fertilizante formado da mistura de dois ou mais fertilizantes simples.
- FERTILIZANTES ORGÂNICOS** — substâncias de origem animal ou vegetal contendo um ou mais elementos fertilizantes, em geral disponíveis mais lentamente, para as plantas.
- FERTILIZANTE SIMPLES** — todo fertilizante formado de um composto químico contendo um ou mais nutrientes primários.
- FILITO** — rocha metamórfica consistindo, principalmente, de quartzo e mica. Quando escavado ou erodido é freqüentemente muito friável (mal consolidado) e de difícil manejo na construção de taludes estáveis.

- FITOFISIONOMIA** — variedade de comunidades vegetais ocorrentes em uma região.
- FITOSSOCIOLOGIA** — parte da botânica que trata das comunidades vegetais no concernente à origem, estrutura, classificação e relações com o meio.
- GABIÃO** — estrutura de contenção ou proteção de taludes, aterros, margens de rios e canais, constituídas por um invólucro de tela metálica, com vários formatos (caixa, cilindro, colchão), preenchido com blocos de rocha de tamanhos variados.
- GEOTÊXTIL** — tecido sintético, permeável, normalmente utilizado como elemento filtrante em estruturas de contenção ou proteção.
- GERMINAÇÃO** — valor dado (para cálculo do Valor Cultural) em porcentagem da análise laboratorial em um lote da germinação de sementes de uma determinada espécie.
- HABITAT** — ambiente que oferece um conjunto de condições favoráveis para o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de determinados organismos.
- HERBÁCEA** — planta com consistência de porte de ervas.
- HIDROSSEMEADURA** — técnica de semeadura que consiste basicamente no jateamento de sementes em mistura com fertilizantes minerais ou orgânicos, produtos agregantes e fixadores, utilizando-se a água como veículo, através de equipamento próprio (hidrossemeador).
- HORIZONTE (DO SOLO)** — camada de solo ou de material de solo aproximadamente paralela à superfície do terreno. Os horizontes que constituem um determinado solo estão relacionados entre si e são diferenciados por propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas, tais como: cor, estrutura, textura, consistência, mineralogia, espécies e número de organismos presentes, grau de acidez ou de alcalinidade, etc. Os horizontes recebem denominações com símbolos convencionais, que têm significados genéticos. Os principais símbolos usados são: O, A, B, C e R, que indicam feições dominantes de acordo com o grau de afastamento do material que deu origem ao solo. A denominação R é usada para a rocha fresca.
- HORIZONTE A** — horizonte onde ocorreu acúmulo de matéria orgânica em superfície ou adjacente a ela, podendo ter havido ou não remoção de argila, ferro ou alumínio, o que resulta em concentrações de quartzo e outros minerais resistentes. É o horizonte do solo de máxima atividade biológica e que está mais sujeito às variações de umidade e temperatura.
- HORIZONTE B LATOSSÓLICO** — horizonte de subsuperfície, com mais de 15% de argila, sem evidência de processos de iluviação e extremamente

intemperizado. A fração argila deste horizonte é constituída principalmente por uma mistura de óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio, materiais amorfos, quantidades variáveis de minerais do tipo 1:1 e gibsita e a fração areia, por minerais altamente insolúveis, tal como o quartzo. Geralmente é muito espesso e friável.

HORIZONTE B TEXTURAL — é um horizonte B caracterizado por possuir maior teor de argila que o horizonte A e também, na maior parte dos casos, pela presença de cerosidade.

HORIZONTE C — horizonte de camadas pouco atingidas pelos mecanismos de gênese do solo. Portanto, são camadas minerais, semelhantes ou não ao material do qual presumivelmente o solo se formou, constituído de material intemperizado, relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos.

HORIZONTE O — horizonte mais superficial, formado por detritos vegetais e animais frescos, em decomposição, decompostos, ou em fermentação. Aparece exclusivamente em solos sob vegetação de mata, e é constituído pela serapilheira.

HÚMUS — fração orgânica coloidal estável existente no solo, que resulta da decomposição dos restos vegetais e animais.

ICTIOFAUNA — fauna que é composta de peixes.

ILUVIAÇÃO — concentração de argilas, sesquióxidos, carbonatos, etc., em uma certa camada do solo.

IMPACTO AMBIENTAL — alteração da qualidade do meio ambiente resultante de uma ação (antrópica ou não). Pode ser avaliado através da relação entre as condições ambientais com e sem a ação considerada.

INCORPORAÇÃO — ato de misturar ou juntar dois ou mais materiais; por exemplo: incorporar adubo verde ao solo.

INOCULAÇÃO — tratamento de sementes ou plantas com organismos simbióticos apropriados, tais como as bactérias fixadoras de nitrogênio em leguminosas, antes do plantio.

INTEMPERISMO — conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos provocados por agentes naturais que ocasionam a desintegração, decomposição e algumas transformações mineralógicas das rochas.

JAZIDA — concentração local de um ou mais minerais, cuja exploração tenha interesse econômico.

LAVRA — sinônimo de mina, restrito ao local específico onde o minério é extraído, lavrado ou minerado. Lavra mineral — atividade que exerce a extração ou lavra de minérios.

LAVRA A CÉU ABERTO — método de lavra de minério desenvolvida na superfície da terra ("open-cast mining" — inglês britânico; "surface mining" — inglês americano).

LAVRA EM TIRAS — método de lavra a céu aberto, onde o estéril e o minério são removidos em uma série de tiras ou fileiras paralelas ("strip mining" — inglês).

LAVRA SUBTERRÂNEA — método de lavra de minério desenvolvida abaixo da superfície da terra. O minério é alcançado através da abertura de poços verticais ou inclinados ("underground mining" — inglês).

LEGUMINOSA — planta da família das dicotiledôneas; engloba árvores, arbustos, ervas e trepadeiras.

LEIVA DE GRAMA — sinônimo de placa de grama.

LENÇOL FREÁTICO — é a superfície da zona de saturação de aquíferos.

LIXIVIAÇÃO — remoção pela água percolante de substâncias presentes no solo e nas rochas.

MACROFAUNA (DO SOLO) — animais que habitam o solo de 2 a 20 mm em tamanho.

MACRONUTRIENTES — nutrientes (elementos) de que as plantas necessitam em grandes quantidades (medidos em porcentagem na matéria seca). Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). A legislação brasileira de fertilizantes, corretivos e inoculantes estabelece a seguinte distinção: macronutrientes primários — N, P, K; macronutrientes secundários — Ca, Mg, S.

MANEJO DO SOLO — conjunto de práticas agrícolas, tais como: subsolação, aração, gradagem, fertilização, plantio, irrigação, colheita, conservação, etc., utilizadas para o aproveitamento do solo.

MANTO DE INTEMPERISMO — material resultante da ação dos processos de intemperismo (ver) que atuam na litosfera, situado sobre as rochas inalteradas.

MANUTENÇÃO DA VIDA SELVAGEM — conjunto de procedimentos que visam o desenvolvimento de condições vitais para a existência de uma estrutura de fauna e flora nativas de uma região.

MASTOFAUNA — fauna composta de animais mamíferos.

MATA — floresta, vegetação extensa de árvores, geralmente de grande porte, com a camada mais alta composta de copas fechadas.

MATAÇÃO — fragmento com mais de 200 mm de diâmetro. Ver Escala de Partículas Unitárias.

MATA CILIAR — mata que ocorre nas margens dos cursos de água.

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO — fração do solo constituída por resíduos vegetais e animais em diversos estágios de decomposição, células e tecidos dos organismos do solo, além de substâncias sintetizadas pela população do solo.

MEIO AMBIENTE — determinado espaço onde ocorre a interação dos componentes bióticos (fauna e flora), abióticos (água, rocha e ar) e biótico-abiótico (solo). Em decorrência da ação humana, caracteriza-se também o componente cultural.

MESOFAUNA (DO SOLO) — animais que habitam o solo de 0,2 a 2 mm em tamanho.

MÉTODO DE LAVRA — tecnologia ou técnicas empregadas para executar a lavra mineral a céu aberto, subterrânea, de cava, em tiras, em encostas de morro, dragagem de rio, garimpagem, etc.

MICROFAUNA (DO SOLO) — animais que habitam o solo, menor de 0,2 mm em tamanho.

MICRONUTRIENTES — elementos essenciais de que as plantas necessitam em pequenas quantidades (medidos em ppm — parte por milhão — na matéria seca). São eles: ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), cloro (Cl) e molibdênio (Mo).

MINA — local específico onde se minera, lavra ou extrai minério. Pode incluir, além do local específico, o conjunto de beneficiamento e embarque de minério, e os serviços auxiliares.

MINERAÇÃO — (1) sinônimo de mina nas duas acepções; (2) atividade que exerce a extração ou lavra de minérios.

MINÉRIO — substância mineral sólida natural, com valor econômico, que é extraída da terra ou do fundo do mar.

MULCH — cobertura morta (camada natural ou artificial de resíduos de plantas ou outro material) colocada na superfície da terra para proteção do solo e das raízes das plantas contra os efeitos das chuvas e vento, restando a umidade e reduzindo a insolação e erosão.

NEUTRALIZAÇÃO — processo de adição de um material ácido ou alcalino à água ou solo, para ajustar seu pH à posição neutra (pH7).

NIDIFICAÇÃO — ato do animal alado ou terrestre fazer ninho.

NÍVEL PIEZOMÉTRICO — posição do nível de água de um aquífero livre ou confinado, quando sua pressão está em equilíbrio com a pressão atmosférica.

PAINEL — segmento de um corpo de minério, constituído para calcular o volume e teores do minério e planejar a seqüência do avanço da lavra.

PALICADA — estrutura rudimentar construída de troncos e galhos de árvore, tábuas e bambus amarrados, para retenção dos sedimentos finos na recuperação de voçorocas.

PEDOLOGIA — ciência que estuda a origem, a transformação e a utilização dos solos.

PERCOLAÇÃO — fluxo de um líquido que se verifica através de meio poroso ou fissurado.

pH — potencial de hidrogênio. A escala do pH é formada por 14 unidades, assim classificadas: 1 a 7 acidez; 7 — neutralidade; 7 a 14 — alcalinidade.

PIEZÔMETRO — instrumento de observação instalado em um aquífero, livre ou confinado, com a finalidade de medir o nível piezométrico local e suas variações.

PISCICULTURA — técnica de criar e multiplicar peixes.

“PIT” — ver cava.

PLACA DE GRAMA — porção de terra (medindo em torno de 40 x 40 cm) com gramíneas enraizadas no solo, usada para revegetação.

PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO — plano de ocupação e utilização do solo (zonas urbanas, rurais, indústrias, etc.) que define o melhor e a máxima capacidade de uso para uma determinada área. Este planejamento deve levar em consideração as características morfológicas, capacidades de uso, aptidão agrícola e de conservação ou preservação, bem como clima, relevo, hidrologia, ocupação antrópica e fatores sócio-econômicos da região (“land-use plan” — inglês). Ver uso futuro do solo.

PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL (PRNT) — índice que avalia a eficiência de um corretivo, contemplando a granulometria e o poder de neutralização.

POROSIDADE DO SOLO — relação, geralmente expressa em porcentagem, entre o volume dos vazios de uma dada amostra de solo e o seu volume total.

PRAGA — designação comum aos insetos e outros organismos que atacam plantas e animais.

PREENCHIMENTO — deposição do estéril/rejeito seco no corte ou na cava minerada.

PUREZA FÍSICA — valor dado (para cálculo do valor cultural) em porcentagem da análise laboratorial em um lote da pureza de uma determinada espécie de sementes. Variante: pureza.

QUEBRA DA DORMÊNCIA — processo físico, químico ou mecânico utilizado para induzir a germinação das sementes.

REABILITAÇÃO — ver Capítulo 2: Conceitos.

RECUPERAÇÃO — ver Capítulo 2: Conceitos.

REJEITO — substância não econômica, separada do minério por beneficiamento. Pode estar na forma de fragmentos ou partículas secas, ou em via aquosa (“mill tailings” — inglês). Necessita ser depositado na área

da lavra, em pilhas a seco, ou em reservatórios com água, confinados. Não pode ser lançado diretamente nos cursos naturais de água. Ver beneficiamento.

RESÍDUO SÓLIDO — resíduo resultante de atividades de comunidade, qualquer que seja a sua origem (doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, agrícola e industrial), desde que:

- a) apresente estado físico sólido;
- b) apresente estado físico semi-sólido ou pastoso, tal como os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, de efluentes líquidos industriais, de processos de concentração de minérios, de equipamentos e instalações de controle de poluição do ar, etc.);
- c) apresente estado físico líquido, com características que tornem inviável seu tratamento para posterior lançamento na rede de esgotos ou corpos de água, exigindo confinamento.

RESTAURAÇÃO — ver Capítulo 2: Conceitos.

RIPAGEM — termo empregado na mineração e terraplenagem para designar a prática da utilização do "ripper". Ver subsolagem.

"RIPPER" — implemento acoplado ao trator de esteiras, que é utilizado na mineração e terraplenagem e pode ser usado na subsolagem profunda, com mais de 30 a 40 cm. Palavra inglesa comumente empregada. Ver subsolagem. Variante: ríper.

ROCHA FRESCA — rocha inalterada, sem ter recebido os efeitos do intemperismo, em um corpo *in situ*. Variante: rocha sã.

SATURAÇÃO EM BASES (V%) — $V\% = \frac{S}{T} \times 100$, onde:

S = soma dos cátions de bases da capacidade de troca catiônica CTC (ver) do solo; e

T = $S + H^+ + Al^{3+}$

Hidrogênio e alumínio trocáveis são responsáveis pela acidez do solo.

SEDIMENTAÇÃO — processo pelo qual partículas sólidas (sedimentos) se acumulam formando depósitos. A sedimentação pode realizar-se em meio aéreo ou aquoso, iniciando-se quando a força transportadora é sobrepujada pela força da gravidade, quando a supersaturação das águas permite a precipitação de partículas sólidas ou, por atividade de organismos.

SELANTE (REVESTIMENTO) — camada de material ou membrana sintética impermeável, utilizada para garantir a estanqueidade de reservatórios que contêm líquidos ou produtos sólidos.

SEMEADURA — ato de aplicar ao solo sementes de espécies vegetais.

SEMEADURA A LANÇO — método de semeadura usado para espalhar sementes, manual ou mecanicamente, na superfície do solo, e não em linhas ou sulcos.

SEMEADURA DIRETA (DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS E ARBÓREAS) — semeadura em linha ou a lanço de sementes de arbustos e árvores, e não em mudas.

SEMEADURA E LINHA — método de semeadura com distribuição das sementes em linhas ou sulcos.

SEMEADURA POR SEMENTAÇÃO — semeadura natural através da queda das sementes, provenientes da própria planta.

SEMANTAÇÃO — estágio em que a planta forma sementes.

SERAPILHEIRA — camada solta na superfície de solos sob florestas, constituída de folhas caídas, ramos, caules, cascas, frutos, sementes, insetos e microrganismos. Equivalente ao Horizonte O do solo (forest litter" ou "leaf litter" — inglês). Variantes: serrapilheira, sarapilheira, sarapilheira.

SILTE — em termos pedológicos a fração granulométrica do solo, com diâmetro da partícula de 0,002 a 0,02 mm. Variantes: limo. Ver Escala de Frações do Solo.

SOLO — (1) parte superficial inconsolidada do manto de intemperismo de partículas da rocha desintegrada, matéria orgânica, água, ar e organismos; fonte de nutrientes das plantas. (2) Material natural que compõe a parte superficial do planeta Terra, constituído por horizontes (camadas) de compostos minerais e/ou orgânicos. É resultante da alteração e evolução de um material original (rocha ou mesmo outro solo), diferindo deste por características físicas, químicas, morfológicas, mineralógicas e biológicas. (3) Em termos geotécnicos é todo material que pode ser escavado manualmente, sem o uso de explosivos.

SOLO-CIMENTO — mistura em proporções adequadas de solo e cimento para estabilização de estradas, ou colocado em sacos de anilagem e assentados para obras de drenagem das águas de superfície.

"SOLUM" — parte superior mais intemperizada do perfil do solo, que corresponde aos Horizontes A e B.

SUB-BOSQUE — estrato vegetal inferior de uma floresta.

SUBSOLADOR — implemento agrícola utilizado na subsolagem.

SUBSOLAGEM — descompactação por rompimento das camadas do solo e subsolo com profundidades maiores que 30 cm, sem invertê-las, através de práticas mecânicas utilizando subsolador ou "ripper" (ver). Ver escarificação.

SUBSOLO — horizonte ou camada localizada abaixo do "solum" (ver) e superior à rocha sã ou fragmentada. Horizonte C do solo (ver).

SUBSTRATO — (1) meio físico ou químico onde se desenvolvem organismos. (2) Termo que designa o Horizonte C do solo ou a rocha subjacente de um solo (Horizonte R).

SUCESSÃO NATURAL — seqüência de comunidades de plantas que vão sendo substituídas umas às outras, numa dada área. Estabelecimento de população num habitat, através de uma progressão regular para um estado estável.

TALUDE — superfície inclinada, escavada ou natural. Expresso em porcentagem, graus ou relação entre as distâncias vertical e horizontal de um ponto a um plano.

TERRACEAMENTO — prática agrícola de construir terraços.

TERRAÇO — estrutura agrícola usada nas práticas de conservação do solo no controle da erosão e construída em curvas de nível (contornos). São de vários tipos: (1) terraço-patamar, basicamente igual à bancada (ver) com talude e berma, usado em terrenos com declividades superiores a 20%; (2) terraço-banqueta ou individual, também para declividades maiores, consistindo em um patamar, circular ou oval, construído individualmente para cada planta, uma muda de árvore por exemplo; (3) terraço em camalhão (ver), usado em terrenos com declividades inferiores a 20%, consistindo em um canal e um camalhão em curvas de nível. Há vários tipos de terraços em camalhão: terraços de base larga, de base estreita, e mais dois, denominados Mangum e Nichols.

TEXTURA DO SOLO — proporções relativas das diversas frações granulométricas de um solo, isto é, a porcentagem de areia, silte e argila que um determinado solo contém. Ver Escala de Frações do Solo.

USO ATUAL DO SOLO — ocupação ou utilização que é dada a uma determinada superfície terrestre ("present land-use" — inglês).

USO DO SOLO — ocupação e utilização de um segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado da atividade do homem ("land-use" — inglês). Variantes: uso da terra; utilização e ocupação do solo ou da terra.

USO FUTURO DO SOLO — utilização que se dará ao solo de uma área recuperada, levando em conta o planejamento do uso para aquela região ("future land-use" — inglês). Ver planejamento do uso do solo.

VALOR CULTURAL (V.C.) — porcentagem de sementes puras viáveis, isto é, capazes de germinar sob condições favoráveis. % V.C. = % Pureza Física vezes % Germinação dividido por 100.

VOÇOROCA — termo regional de origem tupi-guarani, para denominar sulco grande ou ravina, especialmente os de grande dimensão e rápida evolução, cujo mecanismo é complexo e inclui normalmente a água subterrânea como agente erosivo, além da ação das águas de escoamento superficial. Variante: boçoroça.

Referências Bibliográficas

PUBLICAÇÕES CITADAS E OUTRAS
RECOMENDADAS PARA CONSULTA

- ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas. Comitê Brasileiro de Mineração e Metalurgia, CB-1. Comissão de Estudo de Terminologia da Poluição do Solo, CE-1:63.01. (1987a). *Degradação do solo: terminologia*. Projeto 1:63.01-001, primeiro projeto de norma. Rio de Janeiro, 42 p.
- ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas — Comitê Brasileiro de Mineração e Metalurgia. (1987b). NBR 10004 *Resíduos sólidos: classificação*. Rio de Janeiro, 63 p.
- Allen, N. T. (1989). *The methodology for collecting standardized biological data for planning and monitoring reclamation and rehabilitation programmes*. In: *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*, J. D. Majer, coordenador, p. 179-205. Londres, Cambridge University Press.
- Barth, R. C. (1989). *Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil*. Boletim Técnico n.º 1 de 1989. Sociedade de Investigações Florestais - SIF, Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa e Instituto Brasileiro de Mineração — IBRAM. Viçosa, MG, 41 p. Nota: O prefácio e as páginas 1 a 3 deste boletim foram republicadas na revista *Brasil Mineral*, edição especial: o meio ambiente no setor mineral; outubro de 1989.
- Bertoni, José e Lombardi Neto, Francisco. (1985). *Conservação do solo*. Piracicaba, SP, Livroceres, 368 p.
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. (1985). *Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração*. Brasília, 376 p.
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. (1986). *Curso de controle da poluição na mineração*. Brasília. Volume 1 (323 p.) e 2 (412 p.).
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. (1988). *Normas regulamentares de mineração*. Brasília, 61 p.
- Coppin, N. J. e Bradshaw, A. D. (1982). *Quarry reclamation: the establishment of vegetation in quarries and open-pit non-metal mines*. Londres,

- Mining Journal Books, 112 p. Nota: endereço da editora — Mining Journal Books Ltd., P. O. Box 10, Edenbridge, Kent, TNB 5NB, Inglaterra.
- Ferri, Mário Guimarães; Menezes, Nanuza Luíza de; e Scanavacca, Walkyria Rossi Monteiro. (1981). *Glossário ilustrado de botânica*. São Paulo, Nobel, 197 p.
- Galeti, Paulo Anestar. (1984). *Práticas de controle à erosão*. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 278 p.
- Goodland, Robert. (1975). *Glossário de ecologia brasileira*. Manaus, Oficina Gráfica da Imprensa Oficial do Estado, 96 p.
- Hagg, Henrique Paulo, coordenador. (1985). *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Campinas, Fundação Cargill, 144 p.
- Iglesias del Pozo, Elena. (1987). *Recuperación de zonas alteradas*. In: Díaz Segovia, A. e Ramos Fernandez, A. *La práctica de las estimaciones de impactos ambientales*. p. 631-666. Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Instituto Brasileiro de Mineração — IBRAM. (1987). *Mineração e meio ambiente: impactos previsíveis e formas de controle*. Belo Horizonte, 2.^a edição, revisada, 58 p.
- Kiehl, Edmar José. (1979). *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo, Agronômica Ceres, 264 p.
- Leite, José Pereira. (1987). *Tabelas de conversão de fertilizantes*. São Paulo, Nobel, 6.^a edição, 184 p.
- Lepsch, Igo F. (1976). *Solos: formação e conservação*. São Paulo, Melhoramentos, 158 p.
- Lyle, Jr., E. S. (1987). *Surface mine reclamation manual*. Amsterdã, Elsevier, 268 p. Nota: endereço da editora — Elsevier Science Publishers B. V., P. O. Box 211, 1000 AE Amsterdã, Holanda.
- Majer, J. D. (1989). *Fauna studies and land reclamation technology: a review of the history and need for such studies*. In: *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*, J. D. Majer, coordenador, p. 3-33. Londres, Cambridge University Press.
- Mello, Francisco de Assis Ferraz de; Brasil Sobrinho, Moacyr de Oliveira Camponez do; Arzolla, Sylvio; Silveira, Ronaldo Ivan; Cobra Netto, Antonio; e Kiehl, Jorge de Castro. (1985). *Fertilidade do solo*. São Paulo, Nobel, 3.^a edição, 400 p.
- Moniz, Antonio C., coordenador. (1972). *Elementos de pedologia*. São Paulo, Polígono, 459 p.
- Primavesi, Ana. (1985). *Manejo ecológico de pastagens*. São Paulo, Nobel, 2.^a edição, 184 p.
- Primavesi, Ana. (1987). *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. São Paulo, Nobel, 9.^a edição, 1.^a impressão, 549 p.
- Primavesi, Ana. (1988). *Manejo ecológico de pragas e doenças: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente*. São Paulo, Nobel, 137 p.
- Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. (1983). *Manual de conservação do solo*. Porto Alegre, 2.^a edição atualizada, 228 p.
- Schaller, F. W. e Sutton, P., coordenadores. (1978). *Reclamation of drastically disturbed lands*. Madison, Wisconsin, E.U.A., American Society of Agronomy, 742 p. Nota: endereço da editora — American Society of Agronomy, 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin 53711, E.U.A.
- Sendlein, L. V. A.; Yazicigil, H.; e Carlson, C. L., coordenadores. (1983). *Surface mining environmental monitoring and reclamation handbook*. Amsterdã, Elsevier, 750 p.
- Silveira, Gastão Moraes da. (1988). *O preparo do solo: implementos corretos*. Rio de Janeiro, Globo, 243 p.
- SPVS — Sociedade de Pesquisas em Vida Selvagem e Educação Ambiental. Antonelli Filho, R., coordenador. (1988). *Projeto de atração e manejo da fauna nativa no município de São Mateus do Sul, PR*. Projeto desenvolvido para Petrobrás — Petróleos Brasileiros S/A — SIX, São Mateus do Sul, PR. (Relatório não publicado).
- Viert, S. R. (1989). *Design of reclamation to encourage fauna*. In: *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*, J. D. Majer, coordenador, p. 207-222. Londres, Cambridge University Press.
- Williamson, N. A.; Johnson, M. S.; e Bradshaw, A. D. (1982). *Mine wastes reclamation: the establishment of vegetation on metal mine wastes*. Londres, Mining Journal Books, 103 p.

Lista de Figuras

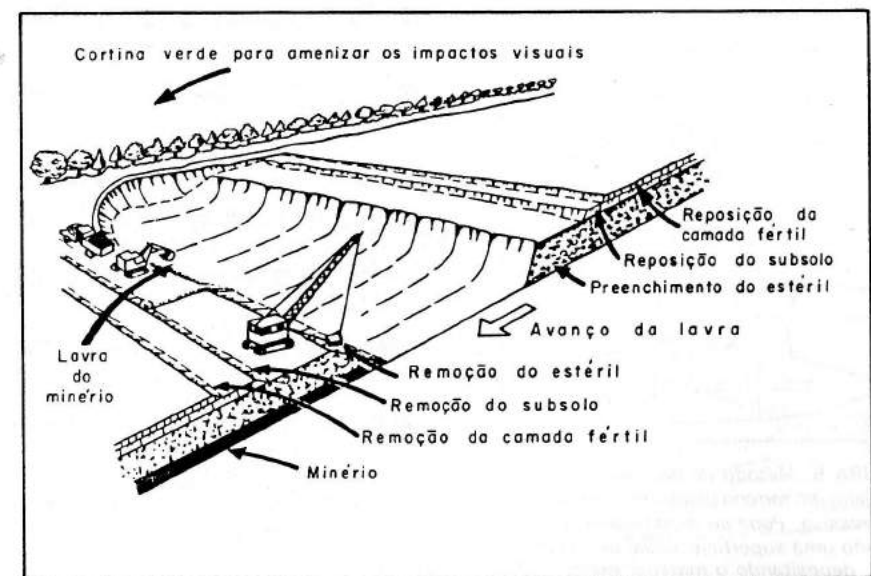


FIGURA 3. Lavra em tiras com preenchimento do estéril. No caso de existir beneficiamento do minério, o rejeito sólido pode ser depositado junto, ou abaixo do estéril, durante a fase de preenchimento, se o rejeito não contaminar as águas subterrâneas. Segundo Coppin e Bradshaw (1982). Modificada.

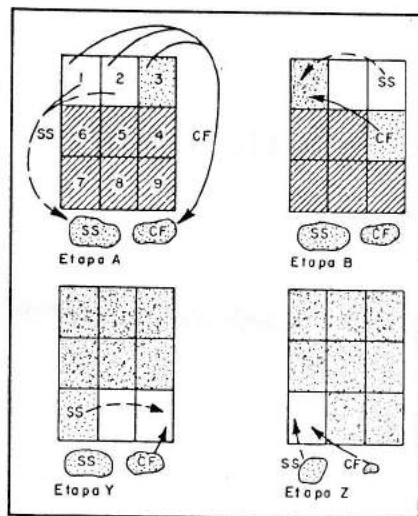


FIGURA 4. Recuperação progressiva de uma mina lavrada em painéis. SS = subsolo; CF = camada fértil do solo. Segundo Coppin e Bradshaw (1982).

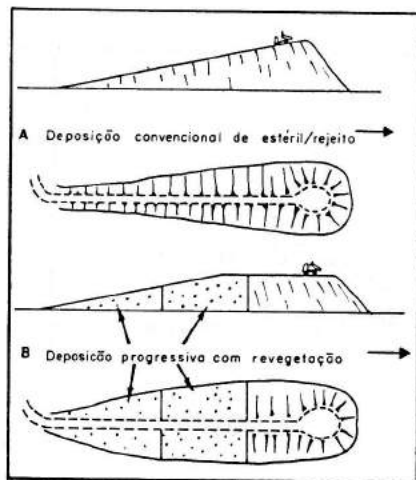


FIGURA 5. Método de deposição de estéril/rejeito em terreno plano com revegetação progressiva. Pode-se modificar o método, usando uma superfície inicial de maior largura, depositando o material em camadas e revegetando o talude na medida em que cada camada for completada. Neste caso é comum formar bancadas entre as camadas. Segundo Coppin e Bradshaw (1982).

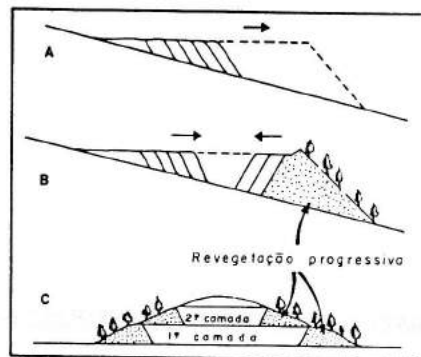


FIGURA 6. Métodos para a construção de depósitos de estéril/rejeito sólido. A e B em terreno com declividade: Método convencional (A); Construção inicial de um dique com estéril/rejeito e preenchimento progressivo a montante (B). Em terreno plano (C). Segundo Coppin e Bradshaw (1982).

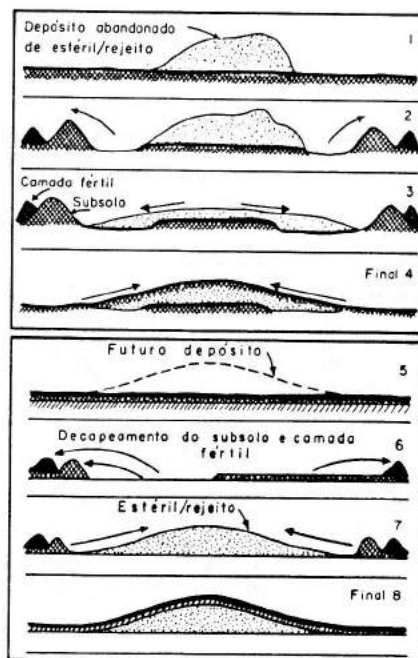


FIGURA 7. Métodos para colocar o subsolo e a camada fértil do solo em depósitos abandonados (1 - 4) e novos (5 - 8) de estéril/rejeito sólido. Segundo Coppin e Bradshaw (1982).

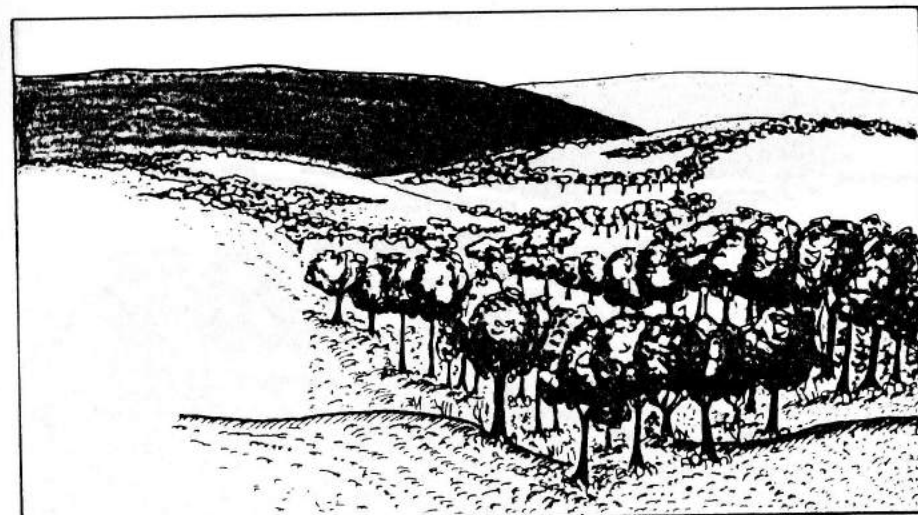


FIGURA 8A. A paisagem do local antes da mineração.



FIGURA 8B. A paisagem do local durante a mineração.

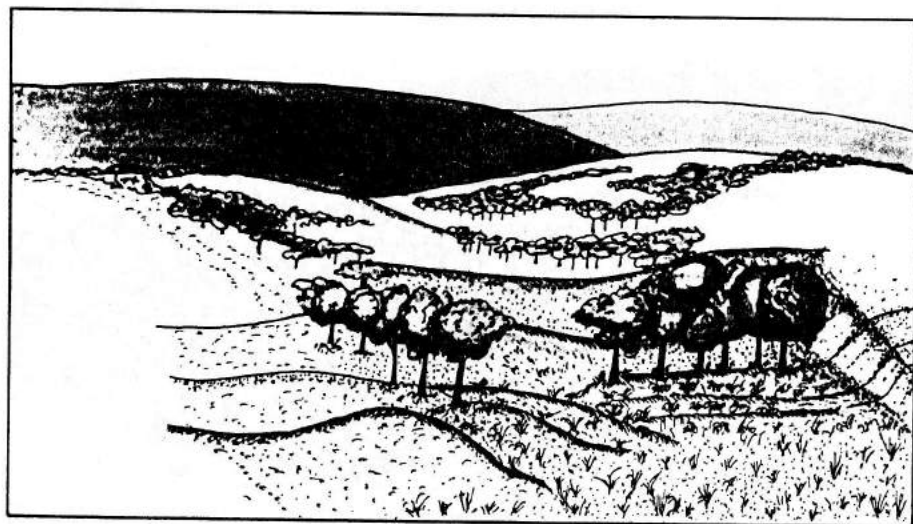


FIGURA 8C. O local após sua recomposição topográfica e paisagística.

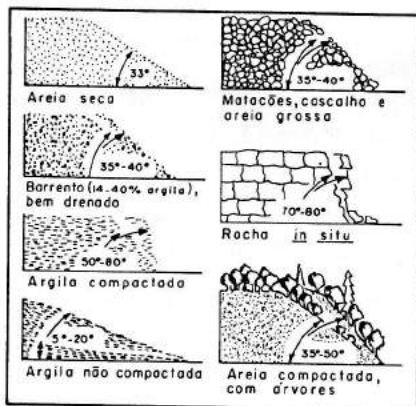


FIGURA 9. Ângulos de repouso de vários materiais. Segundo Coppin e Bradshaw (1982).

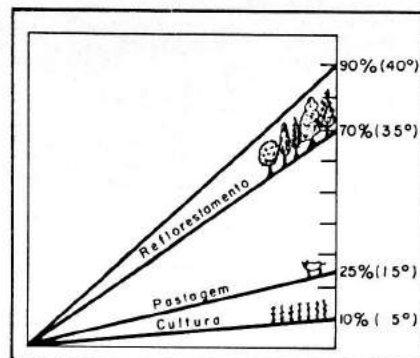


FIGURA 10. Inclinação recomendada para diversos usos finais do solo. Segundo Williamson et alii (1982).

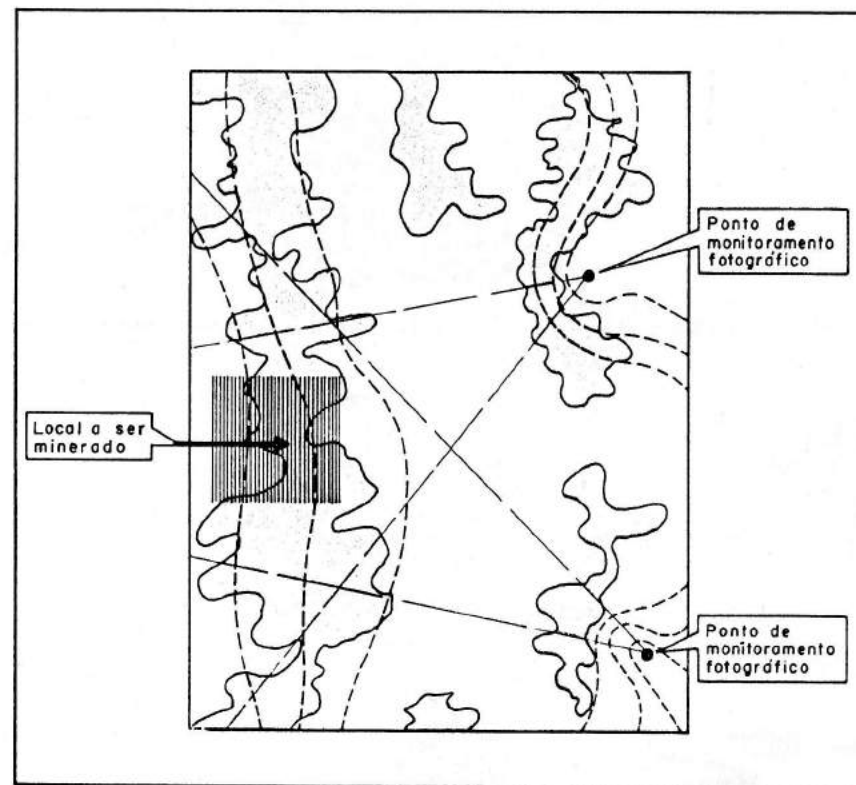


FIGURA 11. Localização dos pontos de monitoramento fotográfico da paisagem a ser minerada.

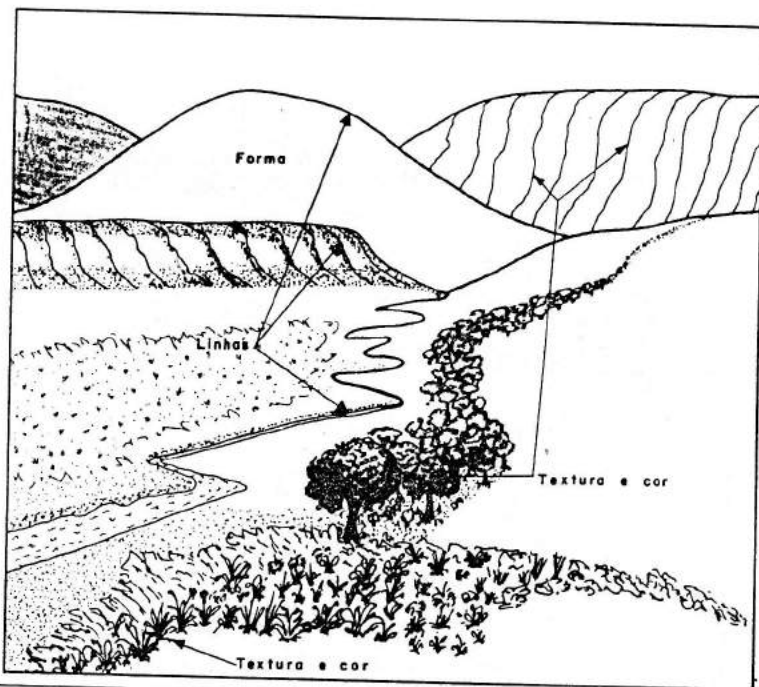


FIGURA 12A.
Os elementos visuais da paisagem natural.

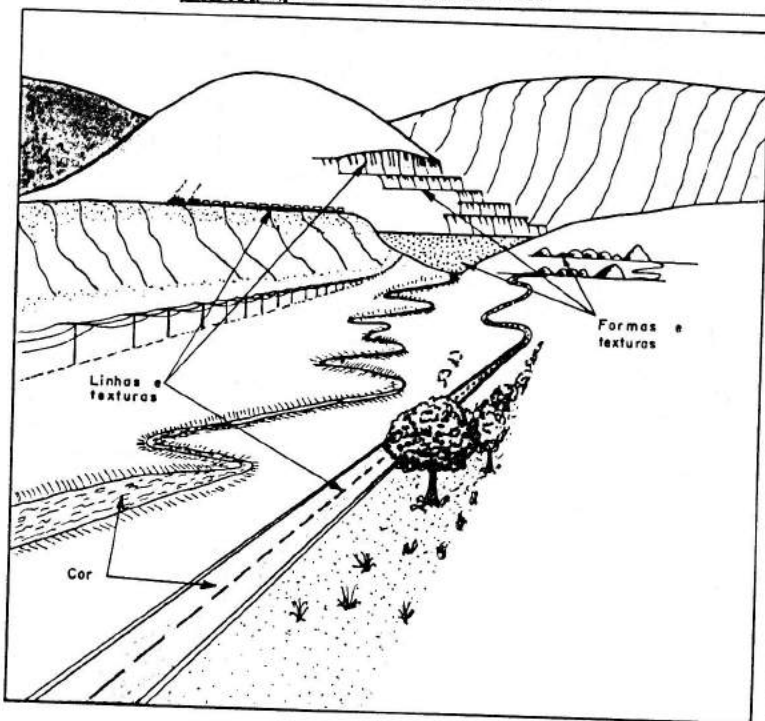


FIGURA 12B.
Os elementos visuais da mineração e sua infraestrutura.

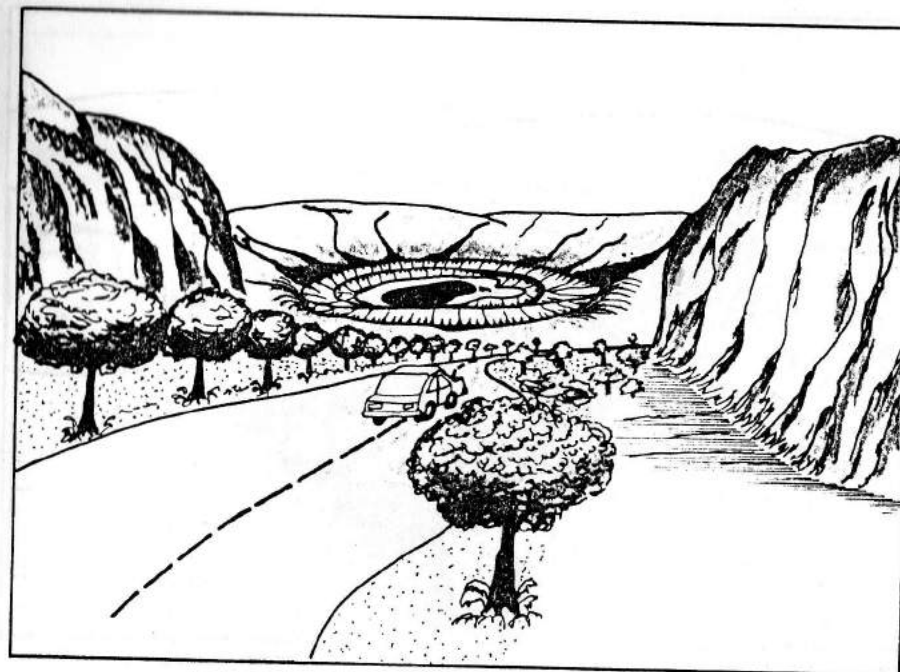


FIGURA 13. Focalização, não desejável, pelo alinhamento da estrada, pela arborização e pelas encostas do vale, do local minerado.

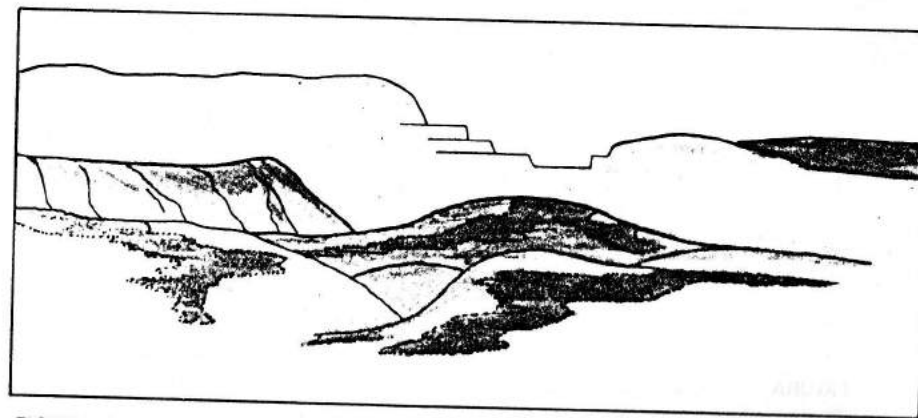


FIGURA 14. Impacto visual causado pela modificação do perfil topográfico do horizonte.

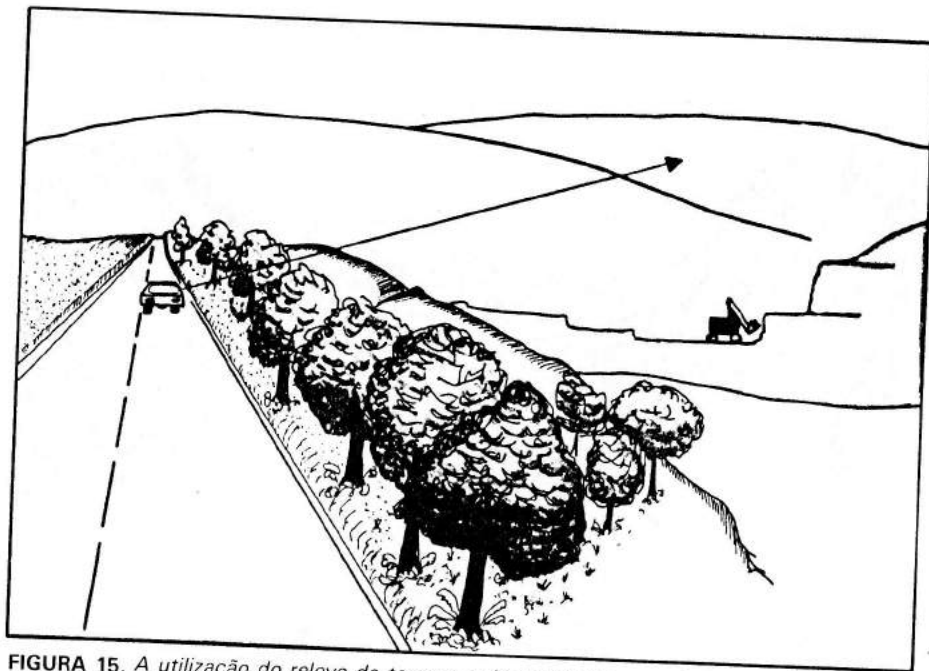


FIGURA 15. A utilização do relevo do terreno e da vegetação para abrigar a mina.

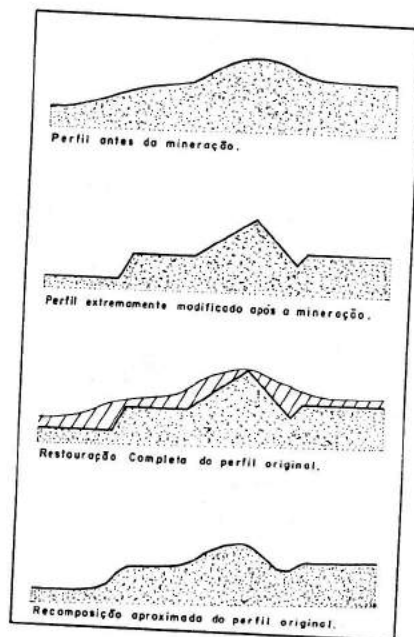


FIGURA 16. Impacto visual causado pela modificação do perfil topográfico.

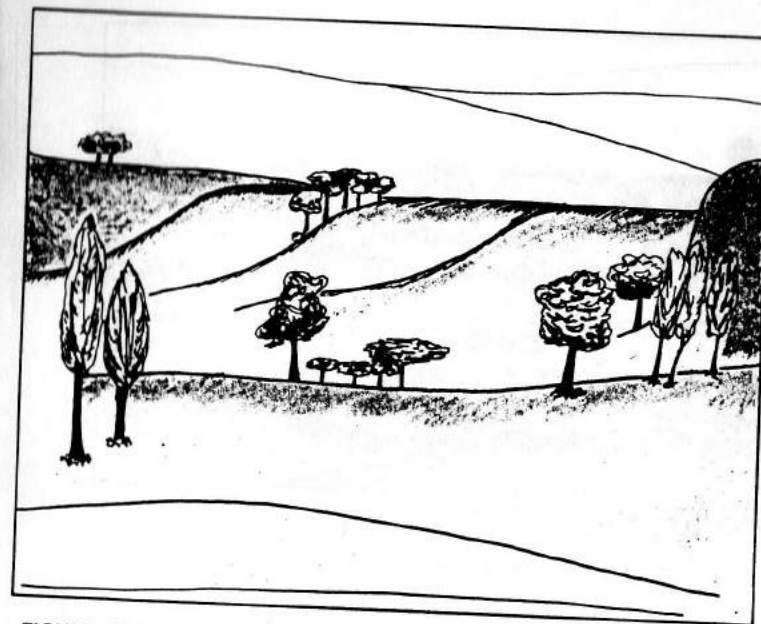


FIGURA 17A. A paisagem do local antes da mineração.

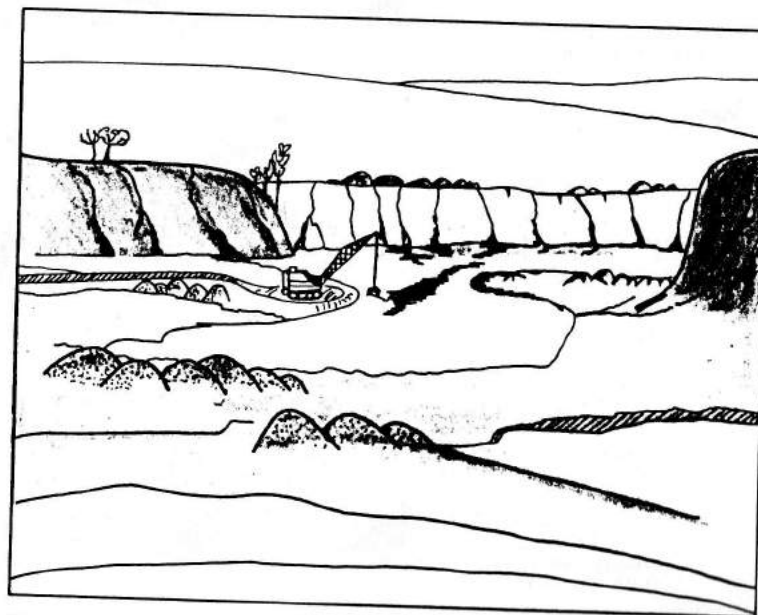


FIGURA 17B. Impacto visual negativo de uma lavra sem medidas conservacionistas.

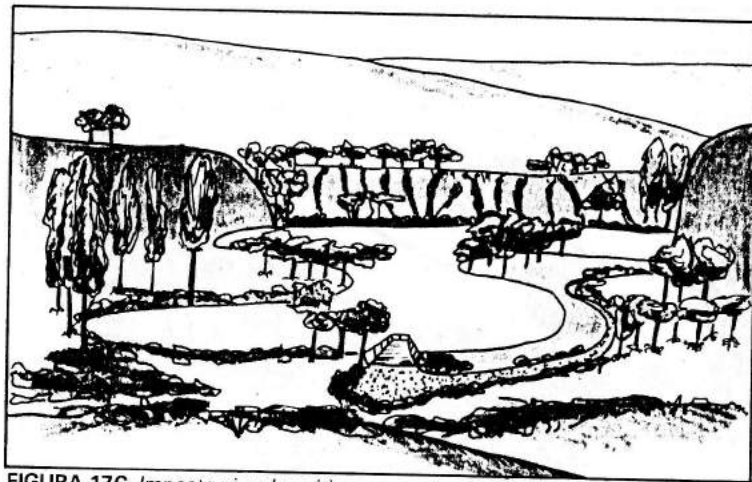


FIGURA 17C. Impacto visual positivo consequente à recomposição paisagística.

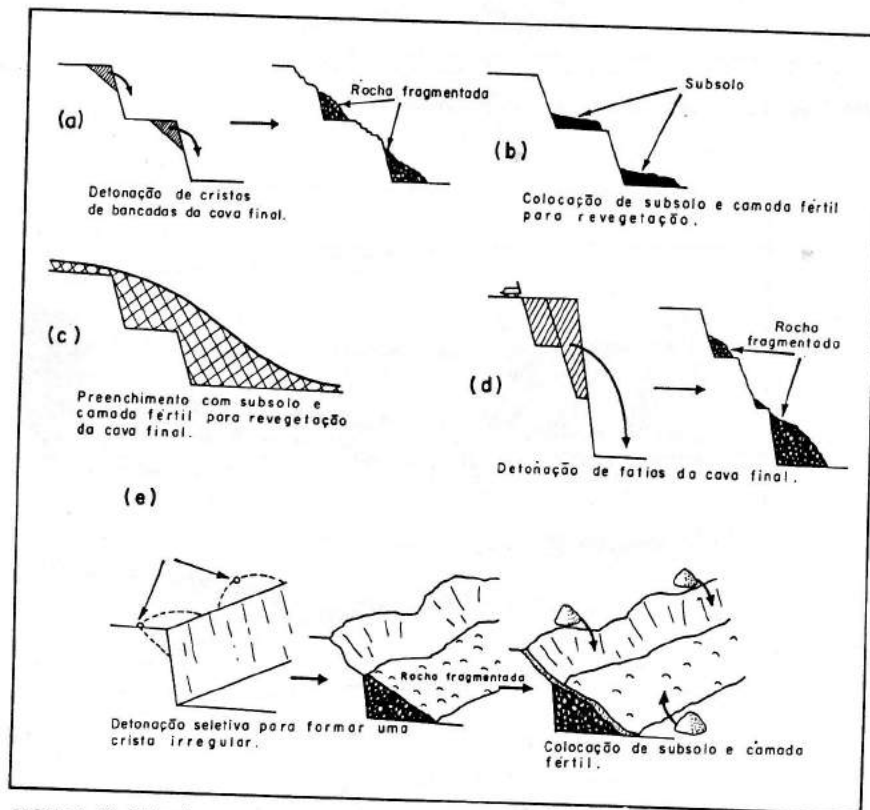


FIGURA 18. Métodos para amenizar bancadas (a, b, c); taludes altos (d, e). Segundo Coppin e Bradshaw (1982).