

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR PEDREIRAS

Roberto Naime*
Ana Cristina Garcia**

RESUMO

São apresentados e discutidos os principais fatores geológicos intervenientes nos processos de recuperação de áreas degradadas por pedreiras, com ênfase nos processos envolvidos na formação dos solos, tais como materiais de origem, clima, organismos, relevo e tempo. Também são apresentadas e discutidas as principais técnicas para avaliação de impactos ambientais em pedreiras, e as principais medidas atenuadoras, mitigadoras e compensatórias que poderiam auxiliar na implantação de empreendimentos sustentáveis, evitando a formação de novas áreas degradadas. São feitas também considerações sobre os principais materiais geológicos utilizados na recuperação das áreas degradadas. Após a análise de alguns notórios casos brasileiros, são feitas considerações finais relevantes dos processos de recuperação de áreas degradadas e dos planejamentos necessários para evitar sua ocorrência.

PALAVRAS-CHAVE

áreas degradadas, pedreiras, recuperação

ABSTRACT

They are presented and argued the main intervening geologic factors in the processes of recovery of areas degraded for

* Doutor em Geologia Ambiental pela UFPR, Universidade Federal do Paraná. Mestre em Geociências pela USP, Universidade de São Paulo. Professor titular do curso de Engenharia Industrial – Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas/ Centro Universitário FEEVALE - RS 239, Nº 2755 - CEP 93352-000 - Novo Hamburgo, RS. Professor titular da Universidade de Cuiabá. E-mail: rnaime@feevale.br

** Curso de Engenharia Industrial – Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas / Centro Universitário FEEVALE - RS 239, No 2755 - CEP 93352-000 - Novo Hamburgo, RS. E-mail: anagarcia@feevale.br

quarries, with emphasis in the involved processes in the formation of ground, as material of origin, climate, organisms, relief and time. Also they are presented and argued the main techniques for evaluation of ambient impacts in quarries, and main measured attenuating and the compensatory ones that could assist in the implantation of sustainable enterprises, preventing the formation of new degraded areas. Also consideration on the main used geologic materials in the recovery of the degraded areas are made. After the analysis of some well-known Brazilian cases, is executed excellent final consideration on the processes of recovery of degraded areas and on the management necessary to prevent its occurrence.

KEYWORDS

degraded areas, quarries, reclamation

Introdução

A degradação do meio ambiente, decorrente de um rápido crescimento econômico, associado à exploração dos recursos naturais, vem aumentando cada vez mais.

No Brasil, a produção média anual de agregados pétreos para uso na construção civil atinge mais de 1 tonelada “*per capita*” por ano.

Embora este valor possa ser considerado pequeno perto da produção americana, que ultrapassa 8 toneladas “*per capita*” por ano, não deixa de ser um valor considerável, que tem seus reflexos na degradação ambiental.

As estratégias de sustentabilidade ambiental buscam compatibilizar as intervenções antrópicas com as características dos meios físico, biológico e socioeconômico, minimizando os impactos ambientais.

A própria Constituição Federal, em seu artigo 174, prevê que o Estado seja o regulador das atividades econômicas, promovendo o desenvolvimento equilibrado entre produção e conservação ambiental.

O presente trabalho se propõe a realizar um estudo sobre os fatores geológicos envolvidos nos processos de recuperações

de pedreiras, e analisar casos brasileiros conhecidos, tais como o Parque das Pedreiras e a Universidade Livre do Meio Ambiente, em Curitiba, e o Parque Francisco Rizzo, em Embu, SP.

Também são feitas considerações sobre os materiais utilizados em Recuperação de Áreas Degradadas e os Procedimentos Técnicos usuais em Estudos de Impacto Ambiental de Pedreiras.

Ao final são feitas observações sobre avaliações de áreas degradadas e projetos de recuperação das áreas.

Fatores geológicos envolvidos no processo de recuperação de áreas degradadas

A recuperação de áreas degradadas é função da interação sinérgica entre fatores naturais. Por isso, os resultados do conjunto de técnicas restauradoras podem variar muito. Os fatores naturais impõem as condições de equilíbrio do sistema e determinam o grau de estabilidade do processo de recuperação. A intervenção antrópica sobre os solos determinará a dimensão a ser atingida.

Um dos objetivos a serem alcançados por qualquer plano de recuperação de uma área degradada objetiva no estabelecimento de um horizonte “A” consistente, que sustente um processo catalisado pela biosfera, induzindo um processo de desenvolvimento dos solos.

No entanto, não se deve fixar objetivos de incorporação a processos produtivos, agrícolas, silvícolas ou pastoril, pois neste caso o custo pode ser maior que os benefícios.

Os elementos de formação do solo são material de origem, clima, organismos, relevo e tempo (ABRAHÃO e MELLO, 1998).

Os fatores considerados ativos são o clima, os organismos e a água, pois contribuem com matéria e energia para o sistema. O clima atua através da Temperatura, no aquecimento da água que acelera a velocidade das reações químicas e orgânicas. Quanto maior for a associação e a simbiose entre vegetais, animais e microorganismos, maior a intensidade biótica que favorece a manutenção do horizonte “A” (BARTH, 1989).

Os fatores passivos não adicionam, nem exportam, matéria e energia. São o material de origem, o relevo e o tempo.

Os materiais sobre os quais serão implantadas as técnicas para recuperação da área são fundamentais. Podem ser rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, em diferentes estágios de decomposição ou solos residuais ou de alteração, ou ainda sedimentos aluviais e coluviais.

Cada material apresenta diferentes características físicas, químicas ou mineralógicas, que afetam diretamente a natureza e a tipologia das intervenções a serem executadas. No entanto, à medida em que a pedogênese induzida avança, menor é a influência do fator material de origem sobre os processos. A idéia é que a sucessão biológica, em interação com os demais fatores de formação do solo, seja responsável pelo equilíbrio do ambiente (IBAMA, 1995; ITGE, 1989).

O relevo controla o fluxo de materiais na superfície através dos processos erosivos e controla a profundidade da infiltração e da ocorrência de processos de lixiviação e translocação. Obviamente quanto mais inclinado o terreno, maior a taxa de escoamento superficial.

Quanto mais planos forem os terrenos, maior a taxa de infiltração da água e, em decorrência, maiores as espessuras de solo. Dessa forma o relevo atua como uma espécie de fator controlador que não pode ser negligenciado em projetos de recuperação de áreas degradadas. Outros fatores são os tipos litológicos associados com as características de permeabilidade que produzem tanto nas rochas quanto nos solos residuais formados pela decomposição “in situ” destas rochas.

O tempo influencia no grau de maturidade ou equilíbrio homeostático atingido pelos materiais a partir do conjunto das interações determinadas.

Materiais e métodos

O presente trabalho realiza um levantamento teórico-prático dos fatores geológicos ativos e passivos atuantes nos proces-

tos de recuperação de áreas degradadas e nas técnicas utilizadas para incorporar planejamento ambiental sustentável em áreas submetidas à exploração por pedreiras.

São efetuados estudos de casos brasileiros, com análise dos procedimentos empregados e dos resultados obtidos, sendo feitas observações sobre as tecnologias mais empregadas nos estudos de impacto ambiental de pedreiras e áreas degradadas em geral, e feitas considerações sobre os materiais mais empregados para as atividades de recuperação e fixação de horizontes de solo capazes de reintegrar biosistemas atuantes a essas áreas.

Procedimentos técnicos usuais em estudos de impacto ambiental de pedreiras

Para elaborar um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), objetivando o licenciamento de atividades de pedreira em geral, são considerados a capacidade de exploração da jazida, o posicionamento do local em relação ao mercado consumidor e diagnósticos sobre os meios físico, biológico e antrópico relevantes.

O meio ambiente é um conjunto de agentes físicos, químicos e biológicos e dos fatores sociais suscetíveis de causar efeitos diretos ou indiretos, imediatos ou a prazo, sobre os seres vivos e as atividades humanas (CASTRO, 1998).

Dentro do meio físico são avaliados a geologia, os solos, os mananciais hídricos superficiais e subterrâneos, o clima e a geomorfologia. Nos fatores biológicos, a ênfase é para a cobertura vegetal (flora) e a fauna locais. No meio antrópico destacam-se as populações atingidas de forma direta e indireta pelas atividades de exploração e os benefícios trazidos para as populações atendidas pelo fornecimento de material pétreo para a constituição de agregados.

São referidos de forma específica os itens decorrentes de modificações no meio físico, como erosão e escorregamento de solos e rochas que trazem degradação à paisagem. Também são efetuadas avaliações sobre os ruídos e vibrações decorrentes do

desmonte do material pétreo ou por tráfego de veículos pesados e pelo beneficiamento do material.

Merecem destaque especial ainda a formação de partículas suspensas no ar (poeira) decorrente de atividades de perfuração das rochas para instalação de explosivos, beneficiamento em britadores e ações de transporte. Também são avaliadas as disposições finais de resíduos da atividade, conhecidos como “bota-fora”.

O estéril deve ser estocado e utilizado na recomposição física da paisagem, em sítio onde não produza poluição de mananciais hídricos e assoreamento dos cursos de água. O mesmo cuidado deve ser tomado com a manutenção das máquinas, para que águas carregando óleos ou outros poluentes sejam tratadas antes de retornarem ao meio físico, impedindo dessa forma a poluição de águas superficiais e subterrâneas. Por último são feitas avaliações para determinação e conseqüente minimização dos impactos sobre a flora e a fauna.

Atendendo a legislações gerais (Resolução Conama 001/86) e específicas, são elaborados programas de atenuação, minimização ou compensação dos impactos ambientais.

Para evitar degradação de paisagens com os impactos sobre o meio físico, são efetuados plantio de gramíneas; cálculos adequados de estabilidade de taludes naturais e de escavação para impedir a instabilização dos taludes, utilizando bermas de equilíbrio quando necessário; controles de drenagem e de erosão através de barragens de sedimentos, também conhecidas como barragens de rejeitos e direcionamento de frentes de lavra para locais encobertos, se necessário com auxílio de cortinas de vegetação.

Para minimizar a geração de ruídos e vibrações, são comuns a diminuição do tamanho das bancadas, com redução das cargas de explosivo; a redução do porte do maquinário pesado e até mesmo calçamento do pátio de manobra.

As ações para redução da poeira incluem ainda a redução dos diâmetros de perfuração e monitoramento dos ventos, ou mesmo a instalação de chuveiros ou aspersores de água para redução da poeira. Filtros coletores de poeira podem ser instalados nas instalações de beneficiamento.

Para gerenciamento do estéril, além das barragens de rejeito, podem ser instalados diques para proteção de mananciais hídricos superficiais que se encontrem em situação de elevada suscetibilidade. Para proteção dos aquíferos em função da geração de efluentes pela manutenção de maquinário, são instaladas caixas separadoras de água e óleo e até mesmo bacias de decantação.

A proteção da flora e fauna pode ser realizada através da implantação de pequenas reservas ecológicas ou zonas de conservação ambiental, com preservação das nascentes, ações de controle de ocupação dos solos e atividades permanentes de recuperação de águas degradadas. Controles de horário também favorecem a menor dispersão de fauna no local.

Todas as atividades devem ser monitoradas por um plano de monitoramento e acompanhamento que estimule uma ampla participação das comunidades envolvidas, como forma de dar transparência ao empreendimento, numa dimensão de responsabilidade mútua entre o empreendedor e a comunidade. A Tabela 1 resume os impactos avaliados e as medidas mitigadoras discutidas e passíveis de serem aplicadas.

Tabela 1 – Impactos ambientais avaliados nas atividades de pedreiras e medidas mitigadoras mais comuns.

Meio	Atividade	Medida Mitigadora
Físico	Erosão	1) Controle de drenagem superficial 2) Enleivamento e plantio de gramíneas
	Instabilização de taludes naturais em solos ou rochas	1) Cálculos de Estabilidade de Taludes Naturais 2) Cálculos de Estabilidade de Cortes e Escavações 3) Controles de drenagem
	Assoreamento de cursos de água superficiais	1) Diques ou barragens de rejeito 2) Enrocamentos de filtragem
	Poluição visual	1) Uso de cortinas verdes
	Ruídos e vibrações de explosões	1) Diminuição de taludes e bancadas 2) Redução das cargas de explosivos
	Tráfego de maquinário	1) Aspersão de água nos pátios de manobras 2) Calçamento dos pátios 3) Redução do tamanho do maquinário
	Beneficiamento da rocha	1) Ajustes no maquinário para redução de ruídos
	Poeira de perfuração	1) Redução dos buracos com menores cargas de explosivos
	Poeira de beneficiamento	1) Instalação de filtros coletores de poeira 2) Instalação de cortinas vegetais
	Poeira de transporte	1) Aspersão de água sobre as tarefas de carregamento e descarregamento de veículos transportadores. 2) Redução do tamanho dos veículos
	Disposição de estéril	1) Escolha de pátio acima do lençol freático 2) Instalação de diques de contenção 3) Instalação de barragens de rejeito 4) Reutilização de estéril para recomposição paisagística e geomorfológica
	Manutenção e lavagem de equipamentos	1) Instalação de pisos e canaletas coletoras de água na área de manutenção 2) Instalação de caixas separadoras de água e óleo 3) Instalação de bacias de decantação
Biológico	Impactos sobre flora	1) Instalação de zonas de conservação ambiental 2) Instalação de reservas ecológicas 3) Planejamento de lavra protegendo áreas de elevada suscetibilidade
	Impactos sobre a fauna	1) Criação de zonas de preservação ou reservas 2) Controle de horários buscando favorecer menor dispersão de fauna
Antrópico	Impactos sobre as populações circundantes	1) Monitoramento dos meios físico e biológico 2) Participação das comunidades
	Impactos sobre as áreas beneficiadas pela produção	1) Avaliação da redução de custo dos materiais para agregados 2) Geração de emprego, renda e impostos

Considerações sobre os materiais utilizados na recuperação de áreas degradadas

A natureza das rochas que constituem o substrato do material de origem é um fator determinante no planejamento das ações, pois vai influenciar na eficiência das intervenções previstas.

Rochas ígneas dependem da natureza da granulação. Rochas plutônicas, com grãos maiores, são mais facilmente intemperizadas do que rochas vulcânicas. Em ambos os casos a fragmentação esculpida por fatores tectônicos ou grau de diaclasma, no caso das rochas vulcânicas, é fator primordial na eficácia da decomposição.

As rochas sedimentares constituem a transformação dos materiais inconsolidados, acumulados em superfície por agentes aquosos ou eólicos, em materiais consolidados em profundidade devido à ação de processos de aumento de pressão e temperatura incluídos na diagênese.

A presença de estruturas horizontalizadas ou inclinadas, conhecidas como estratificações plano-paralelas ou acanaladas, herdadas dos procedimentos sedimentológicos superficiais, facilita a infiltração e a percolação da água dentro das rochas, induzindo processos de alteração intempérica e pedogênese. A permeabilidade dos materiais também é influenciada pela textura das rochas e uniformidade dos grãos que constituem os substratos rochosos. Quanto menor a granulometria e a uniformidade de uma rocha sedimentar, maior tende a ser a capacidade de permeabilidade e os efeitos de decomposição pétrica induzidos.

As rochas metamórficas são formadas por transformações devido à elevação das pressões e das temperaturas. Nas rochas de baixo grau, os planos de xistosidade facilitam as infiltrações de água e a decomposição da rocha, induzindo a formação de processos pedogênicos.

Nas rochas de alto grau, as lineações e a formação de minerais de maior tamanho, perpendiculares às zonas de maior esforço, podem dotar os saprolitos a serem formados de maiores permeabilidade e capacidade de retenção de umidade. Nas ro-

chas metamórficas o potencial químico e a composição mineralógica são muito variados.

A recuperação da área degradada somente se completa quando o ecossistema se torna auto-sustentável, atingindo uma condição de equilíbrio homeostático (BARTH, 1989). E para tanto todos os fatores devem ser controlados, principalmente os materiais utilizados na recuperação.

Análise do Parque das Pedreiras, em Curitiba

Este parque está localizado no perímetro urbano da cidade de Curitiba, sendo constituído pelo espaço cultural Paulo Leminski, e a Ópera de Arame. O espaço cultural é um auditório natural cercado de rocha maciça com 3 m de altura e excelente acústica. A Ópera de Arame é um teatro transparente em estrutura tubular.

Foram projetadas também paisagens inusitadas de integração da população com a natureza, constituídas por lagos, cascatas e vegetações típicas com áreas reconstituídas.

Este espaço de área degradada foi utilizado para a implantação de um anfiteatro, com urbanização do espaço, recuperação dos solos e implantação de vegetação nos terrenos adjacentes, utilizando a acústica natural implantada pela exploração da pedreira na área.

Análise da Universidade Livre do Meio Ambiente, em Curitiba

Este parque também está localizado na cidade de Curitiba. O entorno da pedreira era totalmente isolado, sem vínculo com as áreas urbanizadas próximas. A recuperação privilegiou a formação de lagos, utilizando as vertentes, e explorando os desníveis e edificações como fatores integrantes da paisagem, originando mirantes. Foi inserida uma estrutura de Universidade como parte integrante da paisagem, sendo utilizados troncos de euca-

liptos com rampas circulares, passarelas de madeira e auditório de pedra ao ar livre.

Analisando este caso, podemos concluir que foi implantada uma área típica de recuperação, com a recolocação de espécies locais e a introdução de espécies decorativas com a urbanização do local e reutilização para espaço social de convívio antrópico.

Análise do Parque Francisco Rizzo, em Embu, SP

O parque Francisco Rizzo, em Embu, São Paulo, com taludes de 35 m de altura e escavações com 25 m de profundidade, enfatizou os espaços livres e a predominância de elementos naturais da paisagem como indutores de procedimentos de educação ambiental. Contempla viveiro, centro de eventos e convenções, mirante, administração e sanitários, núcleo de educação ambiental, playground, jogos, anfiteatro, locais para lazer ao ar livre, vertentes reflorestadas, lagos artificiais e recuperação de sítios com espécies locais, nativas e exóticas.

Como nas áreas anteriores, observa-se que a principal ação da recuperação é a urbanização da área para nova utilização em convívio social, utilizando os próprios elementos da degradação para efetivar tarefas de educação ambiental dentro de uma visão pedagógica moderna e integrada. Todas as demais atividades de recomposição física de solos e de vegetação foram realizadas.

Conclusões

As atividades de recuperação de áreas degradadas implicam a implantação e manutenção através de várias medidas, de um horizonte de solo capaz de recuperar, recompor ou restituir um ecossistema, inicialmente de flora e posteriormente com fauna (ITGE, 1989).

É necessário desenvolver uma cultura de segurança, através de educação pública, de forma que o planejamento ambien-

tal antecipe a ocorrência de desastres e degradação de áreas, sem qualquer tipo de controle.

Todas as possibilidades de impacto ambiental representadas por pedreiras e outras explorações de jazidas de empréstimo para construção civil devem adotar um planejamento capaz de sustentar um manejo adequado das áreas, de forma que ao final das explorações não resultem em problemas de áreas degradadas em regiões perturbadas, necessitando o conjunto de um largo investimento público para reintegração da paisagem física e social.

As atividades prioritárias para recuperação, além da implantação de horizontes de solo ativos, envolvem a proteção das áreas, com a retirada dos fatores de degradação, manejo da vegetação local, transferência de bancos de semente alóctones e implantação de novas mudas pioneiras para atração de dispersores. As atividades complementares incluem enriquecimento de espécies com mudas e sementes e a eventual introdução de animais silvestres, conforme se observa na descrição dos casos analisados.

Para implantar projetos adequados de recuperação de áreas degradadas, além da consideração de todos os itens já discutidos, são necessárias ações específicas com levantamentos topográficos, análises da vegetação no local, caracterização das áreas de entorno, estudos de legislação, compatibilização de interesses públicos e privados, e discussões com a comunidade.

São necessárias ações de planejamento global em direção à obtenção de parâmetros de sustentabilidade que compatibilizem as intervenções antrópicas com as características naturais do meio físico e que considerem fatores como o raio de influência por faixa etária para o deslocamento autônomo das populações, a densidade populacional e o percentual de áreas que devem ser preservadas para o lazer das populações e outros parâmetros.

Somente desta forma poderão ser recuperadas as áreas degradadas e as decorrentes inversões para sua recuperação aqui apresentadas.

Referências bibliográficas

ABRAHÃO, W. A. P.; MELLO, J. W. V. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: **Recuperação de áreas degradadas**. Dias, L. E.; Mello, J. W.V de. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

BARTH, R.C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações florestais, 1989.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Renováveis – IBAMA. **Workshop internacional sobre recuperação de recursos naturais degradados pela mineração**. Brasília: Anais, 1995.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 001 de 23/01/86. **Cria a obrigatoriedade de realização de EIA/RIMA para o licenciamento de atividades poluidoras**. Disponível em <http://www.lei.adv.br/conama01.htm>.

CASTRO, J. P. C. de. Reabilitação de áreas degradadas: aspectos legais. In: **Recuperação de áreas degradadas**. Dias, L.E.; Mello, J.W.V de. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

ITGE - Instituto Tecnológico Geominero de España. **Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientais en minería**. Madrid: ITGE, 1989. Serie Ingeniería Geoambiental.

