

CAPÍTULO 6

MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

*Luis Enrique Sánchez**

1. INTRODUÇÃO

Planejamento e gestão ambiental na indústria de mineração integram um campo em rápida evolução. Há certamente avanços importantes em temas como: recuperação de áreas degradadas, manejo de águas em minas, monitoramento ambiental e relações com a comunidade. Porém, estes avanços são distribuídos de forma desigual, um reflexo da grande diversidade do setor mineral. Esta diversidade ocorre em escala mundial e se repete no Brasil, país onde a desigualdade é um traço marcante.

O produto da indústria mineral brasileira situa-se entre as dez maiores do mundo, e, nos últimos anos, o saldo da balança de comércio exterior de bens minerais tem sido positivo, dados que sugerem que o Brasil deveria registrar bons resultados de desempenho ambiental no setor de mineração. Porém, uma única empresa respondia, em 2004, por cerca de 50% do valor da produção mineral¹ (Brasil Mineral, 2005). A seu lado, centenas de empresas familiares e de cooperativas de garimpeiros compõem outra face do universo da mineração brasileira. Ao lado de empresas capitalizadas, com acesso ao mercado global e capazes de aplicar as melhores tecnologias disponíveis, trabalham milhares de pessoas empregando tecnologias rudimentares e se expondo a condições inseguras ou insalubres. São evidentemente muito diferentes os impactos ambientais de megaempreendimentos operados por corporações transnacionais daqueles causados, cumulativamente no tempo e no espaço, por uma grande quantidade de minas disseminadas no território ou concentradas em determinadas zonas²

Assim, as tendências tecnológicas em um setor díspar somente podem refletir suas disparidades. É sob este pano de fundo que, neste texto, serão discutidas algumas questões atuais relativas aos impactos ambientais da mineração no Brasil.

* Professor da Escola Politécnica da USP – Universidade de São Paulo.

¹ Trata-se da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). A cifra inclui a participação acionária da CVRD em outras empresas, segundo dados compilados pela revista Brasil Mineral.

² Não se pretende, com esta afirmativa, defender o ponto de vista de que as grandes empresas teriam uma postura de maior responsabilidade social ou apresentariam melhor desempenho ambiental do que as pequenas empresas. Não há evidência empírica para suportar tal hipótese. Porém, é inegável a capacidade das grandes empresas de rapidamente mobilizar recursos e desenvolver capacidades e competências para o trato das questões de natureza ambiental e social; tais competências podem se disseminar para outras empresas do setor e para fornecedores e prestadores de serviços.

2. O ESTADO DA ARTE DA GESTÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO BRASILEIRA

Em pouco mais de vinte anos, a gestão ambiental na mineração brasileira evoluiu significativamente. O grande propulsor foi a lei, que se tornou progressivamente mais rígida, como consequência da crescente importância que a proteção ambiental foi alcançando na sociedade, que não só fez avançar as exigências como também impediu retrocessos (Silva-Sánchez, 2000). A aplicação da lei também evoluiu de maneira notável – literalmente notável, pois muitas empresas, grandes e pequenas, notaram essa evolução ao sofrerem procedimentos investigatórios ou serem alvos de ações civis públicas impetradas pelo Ministério Público.

De modo equivalente ao de países mais avançados, a gestão ambiental nas empresas brasileiras também avançou devido a outras razões, como as demandas de mercado, mas sua força é observada quase que exclusivamente entre as empresas mais ativas na exportação. A eventual demanda de clientes por certificações e a necessidade de fazer provisões contábeis para recuperação de áreas degradadas e fechamento de minas, imposta por instituições financeiras e pela regulamentação do mercado de ações norte-americano, são as duas mais visíveis manifestações das forças de mercado.

Em que pese a contribuição representada pelas forças de mercado e algumas iniciativas voluntárias das empresas, foram as demandas impostas pela legislação aquelas que realmente fizeram avançar a gestão ambiental, o que, aliás, também ocorreu no Canadá (Sánchez, 1998), país considerado líder nessa matéria.

Em comparação com Canadá e Austrália, o outro país que lidera tendências ambientais na mineração, as principais empresas brasileiras ainda lançam mão de poucas iniciativas voluntárias, mas, em contrapartida, enfrentam demandas administrativas pouco comuns nesses países, como obrigatoriedades de compensação ambiental por danos causados por novos projetos ou mesmo como condição para a continuidade do funcionamento de empreendimentos existentes.

Naturalmente, o perfil diversificado e díspar da mineração no Brasil e das empresas que se dedicam a esta atividade, tem reflexos na gestão ambiental. A função ambiental já é plenamente reconhecida nas empresas bem organizadas, e todas elas contam com profissionais especializados em seus quadros ou dispõem permanentemente de serviços de consultoria nesse campo, fornecidos por empresas especializadas. Por outro lado, grande número de pequenas empresas ainda atua à margem ou nos limites da lei, mas isto não é, evidentemente, exclusividade do setor mineral.

Se um marco inicial para comparação do comportamento e do desempenho da indústria mineira for estabelecido em meados da década de 1970, quando surgiram no Brasil as primeiras exigências legais de controle de poluição, então o quadro atual é radicalmente distinto: as minas dispõem de licenças ambientais que lhes estabelecem obrigações particulares, têm planos para recuperar as áreas degradadas e seus dirigentes estão sujeitos

a sanções penais em caso de descumprimento da lei; estudos de impacto ambiental, diagnósticos e uma série de outros estudos foram feitos para a maioria delas e, à parte alguns problemas localizados ou específicos, há conhecimento e tecnologias disseminados para prevenir riscos e danos ambientais e para recuperar áreas degradadas ou remediar áreas contaminadas.

No entanto, em três décadas, o volume de bens minerais produzidos foi multiplicado várias vezes. Por conseqüência, o volume de estéreis movimentados, a quantidade de rejeitos produzidos e a extensão das áreas perturbadas também cresceram. Mais do que isso, a expansão da mineração requereu novas infra-estruturas (principalmente para transporte) e induziu outras atividades de transformação mineral, cujos impactos se somam e se acumulam àqueles do passado.

Em paralelo, o setor mineral desenvolveu, adaptou e aplicou novas tecnologias que têm proporcionado ganhos ambientais. Variados exemplos podem ser citados:

- Disseminação e consolidação de métodos de disposição segura de rejeitos em bacias formadas por barragens; não há registro, na mineração brasileira, de acidentes de grandes proporções e com conseqüências ambientais severas (Icold, 2001), porém observa-se uma série de incidentes e de acidentes.
- Disposição de rejeitos em pilhas ou em bacias de retenção formadas por diques perimetrais, sem barramento de drenagens naturais. Porém, esta é uma alternativa ainda pouco comum, devido às características geomorfológicas de boa parte do território brasileiro, mas que facilita a desativação dessas estruturas, exemplos são: a pilha de rejeitos quartzosos da mina de ferro de Alegria (Mariana, MG), que, à época do projeto, pertencia à Samitri e o dique de rejeitos de beneficiamento de minério de níquel da Mineração Serra da Fortaleza (Fortaleza de Minas, MG), que, à época de projeto, pertencia à Rio Tinto.
- Uso de técnicas de desmonte de rocha por explosivos, com controle furo a furo e mapeamento da face das bancadas. Tais técnicas reduzem vibrações e o risco de ultralancamento de fragmentos de rocha e são utilizadas, por exemplo, pela Embu S.A., maior empresa nacional do setor de agregados.
- Eliminação do emprego de cordel detonante para reduzir sobrepressão acústica, técnica atualmente empregada em várias pedreiras.
- Inovações na britagem de rocha em pedreiras (britador de impacto de eixo vertical), que permitem a produção de areia artificial e a conseqüente redução da quantidade de rejeitos produzidos (finos de pedreiras).
- Melhoria nos reagentes de flotação, aumentando a recuperação de diversos minérios.
- Crescimento no uso de flotação em colunas que, por serem mais seletivas, permitem maior recuperação de finos e redução do volume de rejeitos.

- Diversas melhorias em processos de tratamento de minerais, aumentando a recuperação de minério e reduzindo o volume de rejeitos, como no caso dos equipamentos de separação magnética de alto gradiente para beneficiamento de caulim.
- Melhoria da eficiência energética em operações de tratamento, a exemplo do emprego de prensas de rolos (*high pressure grinding rolls*), substituindo equipamentos de cominuição, com vantagens e menor consumo de energia, e as moagens autógenas e semi-autógenas.
- Valorização de certos rejeitos, a exemplo do corretivo agrícola produzido com rejeito calcítico do beneficiamento de minérios sulfetados de metais básicos e dos finos de pedreiras, empregados na fabricação de artefatos de concreto.
- Valorização de alguns resíduos do processamento industrial de matérias-primas minerais, como cinzas de usinas termelétricas a carvão, empregadas na fabricação de cimento, e escórias de altos-fornos, empregadas em pavimentação e na fabricação de cimento. A transformação desses resíduos em co-produtos dessas indústrias reduz a demanda por bens minerais. Há um vasto potencial para inovação tecnológica neste campo, como exemplificado por pesquisas desenvolvidas pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) visando o emprego de cinzas de termelétricas para cobertura de rejeitos geradores de ácidos em minas de carvão.
- Desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de resíduos de construção e demolição, reduzindo o ritmo de crescimento de produção de agregados.
- Reciclagem de produtos industrializados à base de matérias-primas minerais metálicas e não-metálicas, como nos casos bem conhecidos do alumínio e do vidro.

Evidentemente, outros avanços mereceriam menção, mas a intenção aqui é simplesmente exemplificar uma tendência mundial de melhoria da ecoeficiência, ou seja, a obtenção de resultados econômicos em paralelo à obtenção de ganhos ambientais, tendência observada em muitas indústrias e que também se verifica no setor mineral. É bem verdade, entretanto, que estes ganhos são mais do que superados pelo aumento contínuo do volume de bens minerais produzidos, que também não é contido pelo crescimento das taxas de reciclagem de certos produtos de base mineral. A demanda mundial por matérias-primas minerais virgens continua a aumentar.

É de se notar, também, que há uma particularidade na indústria mineira que a diferencia da indústria de transformação e da manufatura. Trata-se da tendência histórica de aproveitamento de minérios de teores cada vez mais baixos. Se isto significa que a temida escassez ou mesmo exaustão de recursos minerais, popularizada pelo Clube de Roma ao final da década de 1960, não tem fundamento teórico nem constatação empírica, a produção de uma tonelada de metal ou de um produto de origem mineral se faz com maior consumo de energia, maior movimentação de materiais estéreis e maior volume de rejeitos, portanto, com maior potencial de impacto ambiental. Dados compilados por

Suslick, Machado e Teixeira (2005) mostram que, no período de 1975 a 1999, a produção dos principais metais e recursos energéticos cresceu a taxas anuais entre 0,5% (ferro) e 3,4% (cobre), situando-se em 2,9% para o alumínio. A partir de 2000, impulsionada pela demanda chinesa, a produção mundial de recursos minerais cresceu ainda mais.

Outro ponto relevante é que, se há avanços notáveis no planejamento de novas minas e na gestão ambiental dos empreendimentos em funcionamento, ainda há um longo caminho a percorrer no tratamento das questões socioambientais associadas ao fechamento de minas. O quadro legal e o aparato administrativo foram montados para equacionar os problemas ambientais decorrentes da abertura e do funcionamento de minas e demais atividades, mas muito pouco foi feito para tratar da situação incontornável de que minas são exauridas e indústrias ficam obsoletas e fecham (Sánchez, 2001). A desativação ambientalmente segura e socialmente responsável de minas e instalações conexas demanda planejamento concatenado com o planejamento do projeto, em paralelo a uma cuidadosa planificação econômico-financeira, elementos ainda virtualmente ausentes no setor mineral brasileiro.

3. DESAFIOS ATUAIS E FUTUROS

Em que pesem os avanços passados e recentes dos setores mais dinâmicos da mineração brasileira, em alguns aspectos as empresas nacionais (e, em certa medida, mesmo as subsidiárias nacionais de empresas estrangeiras) não se situam no mesmo patamar das empresas líderes. Por outro lado, as demandas sociais tendem a ser cada vez mais fortes, o que freqüentemente se reflete em novas exigências legais, que já podem ser vislumbradas para o futuro. Algumas dessas questões serão exploradas nesta seção.

3.1 Avaliação do desempenho ambiental

A avaliação do desempenho ambiental é uma ferramenta que, ao mesmo tempo possibilita um controle empresarial (corporativo) dos resultados ambientais de uma operação ou de um conjunto de operações e coleta evidências que demonstram esses resultados à comunidade e demais partes interessadas³.

Diversas empresas de grande e médio porte coletam e analisam dados de desempenho ambiental e os tornam públicos através de relatórios de desempenho, impressos ou eletrônicos, ou ainda disponíveis na Internet. Os resultados podem ser divulgados para o conjunto de sítios de uma empresa e/ou de maneira individualizada, mostrando o desempenho em cada mina.

³ Há diferentes modelos para análise de desempenho ambiental. O mais difundido é o preconizado pela norma ISO 14031:1999.

Porém, esta prática é ainda muito pouco difundida no Brasil. Algumas subsidiárias reportam os resultados para suas matrizes, mas a difusão interna dos documentos é restrita. Os balanços sociais preparados por algumas empresas, em geral seguindo o modelo Ibase⁴, representam sem dúvida um avanço, mas costumam trazer poucos dados ambientais, sendo muito poucas as empresas brasileiras (inclusive de outros setores) que seguem o modelo preconizado pelo *Global Reporting Initiative* - GRI.⁵

3.2 Análise de riscos

A análise de riscos é uma ferramenta com múltiplas aplicações e pode ser usada com diversos enfoques. No planejamento de uma nova mina e na desativação de uma mina existente, a análise de riscos possibilita a identificação de perigos e de situações críticas que possam acarretar acidentes ou perdas para a empresa, para a comunidade e para o ambiente. Acidentes com barragens de rejeitos têm chamado a atenção da mídia e representam não só uma das mais sérias ameaças à segurança pública e à integridade dos ecossistemas (Icold, 2001) como também significam o risco de sérios danos à imagem do conjunto das empresas de mineração. Da mesma forma, acidentes no transporte de cianeto e outros produtos perigosos empregados na mineração, embora relativamente pouco comuns, são ainda mais freqüentes do que acidentes envolvendo estruturas de retenção de rejeitos (World Bank, 2003).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente recomenda que as empresas desenvolvam programas para aumentar a conscientização dos riscos e a preparação das empresas e das comunidades vizinhas para o caso de acidentes tecnológicos. Além disso, incluiu a mineração no rol de atividades para as quais são recomendadas ações, inclusive no período posterior ao fechamento das minas (Unep, 2001). Por outro lado, é de se notar que os estudos de análise de riscos exigidos no Brasil para fins de licenciamento ambiental raramente são aplicados para a mineração.

3.3 Avaliação do ciclo de vida de produtos

As matérias-primas minerais estão na base de um grande número de cadeias produtivas na indústria. Sua extração, processamento, transporte e reciclagem podem representar contribuições expressivas ao impacto agregado de produtos tão diversos, como: embalagens metálicas, veículos, embarcações e aeronaves, equipamentos eletrônicos e mesmo produtos da agroindústria.

A produção de informação confiável sobre emissões e consumos de recursos, na extração e tratamento de minérios, para realização de inventários de ciclo de vida, deve se

⁴ IBASE – Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas, Demonstrativo do Balanço Social. Disponível em www.balancosocial.org.br.

⁵ GRI – Global Reporting Initiative, Sustainability Reporting Guidelines 2002, Boston, 104 p. Disponível em www.globalreporting.org.

ampliar. Atualmente estes inventários são muito imprecisos quanto à fase de aquisição de matérias-primas minerais, em comparação com os dados sobre processamento industrial e transporte. Esta situação decorre, evidentemente, da maior heterogeneidade da fase de extração mineral, face a uma certa padronização dos métodos e processos produtivos na fase de transformação industrial. Porém, se for possível demonstrar que uma determinada mina causa menos impactos que outra (ou que um conjunto de minas em um país ou região causa menos impactos para produzir uma tonelada de matéria-prima mineral), isto pode, futuramente, se transformar em fator competitivo ou representar possibilidade de ganho adicional para empresas que puderem demonstrar melhor desempenho.

3.4 Produção mais limpa

Todos os ramos da indústria e dos serviços confrontam-se com os desafios da produção mais limpa ("aplicação contínua de uma estratégia preventiva integrada relativa a processos, produtos e serviços, visando aumentar a eficiência e reduzir os riscos para a saúde humana e para o meio ambiente")⁶. Na mineração, processos produtivos mais limpos dependem diretamente de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Diferentemente de muitos ramos da indústria, nos quais é possível o emprego de um mesmo tipo de solução para um grande número de firmas, a extração e o processamento de matérias-primas minerais requerem soluções para cada caso.

3.5 Iniciativas de certificação

Eventualmente podem-se desenvolver iniciativas de certificação de origem de bens minerais, a exemplo do processo Kimberley de certificação de origem de diamantes. Evidentemente o caso dos diamantes é muito particular, pois, além do alto preço, havia evidências incontestes de que estes minerais eram usados para financiar atividades ilegais em alguns países africanos. Atualmente está bem estabelecida a certificação de empresas por atender a requisitos de normas de gestão ambiental, de qualidade, de segurança do trabalho ou de responsabilidade social, mas, à parte o caso dos diamantes, ainda não há certificação de produtos minerais, que são vendidos como *commodities* ou seguindo certas especificações técnicas. No entanto, é possível vislumbrar possibilidades de desenvolvimentos futuros, no sentido de ampliar os esquemas de certificação para outros bens minerais. É interessante observar que, com outro objetivo, foi proposta a "certificação dos minerais produzidos em consonância com as normas de controle ambiental" (Barreto, 2001, p. 170) durante discussões sobre mineração e desenvolvimento sustentável, com diversas partes interessadas, no âmbito do projeto MMSD – *Mining, Minerals and Sustainable Development*.

⁶ United Nations Environment Programme, *Declaration on Cleaner Production*, 2000.

3.6 Planejamento do fechamento de minas

A experiência com a desativação e o fechamento planejado de minas no Brasil ainda é pequena. Houve sim avanços importantes em recuperação de áreas degradadas, para vários minérios e métodos de lavra a céu aberto, inclusive no restabelecimento de comunidades vegetais nativas (Parrotta e Knowles, 2001; Toy e Griffith, 2001), mas persistem importantes lacunas jurídicas que retardam o avanço do planejamento do fechamento de minas.

Algumas empresas já desenvolveram critérios e procedimentos internos para planejar o fechamento de suas minas, seja para atender a políticas corporativas, seja para responder a exigências de órgãos reguladores do mercado de capitais (Sánchez, 2005), caso das empresas que têm ações nas bolsas de Nova York ou Toronto. Desta forma, algumas empresas de consultoria também começaram a desenvolver competências na preparação de planos de fechamento.

No campo governamental, porém, os órgãos ambientais ainda não têm diretrizes ou critérios para orientar a elaboração ou analisar planos de fechamento, ao passo que está estagnada a discussão sobre o uso de instrumentos financeiros para garantir a disponibilidade de recursos para o fechamento – tais como cauções, fianças, fundos e outros mecanismos. Entretanto, é interessante notar que certos órgãos estaduais de meio ambiente, amparados na legislação atual, já tiveram experiências bem sucedidas ao exigir garantias financeiras para a implementação de medidas de correção de danos ambientais (por exemplo, um empreendimento industrial no Rio de Janeiro), para a satisfatória implementação de medidas compensatórias (caso da construção de uma barragem em Minas Gerais) e na forma de seguro contra danos ambientais (caso de uma mina em Santa Catarina).

3.7 Impactos sociais do fechamento de minas

Diversos municípios têm forte dependência econômica e tributária da atividade mineira. Nesta situação, o fechamento de uma mina representa desemprego, forte redução da atividade econômica e queda substancial da arrecadação de impostos. Assim como o fechamento de uma mina deve ser planejado para reduzir o passivo ambiental e os impactos ambientais remanescentes, também devem ser contemplados os impactos sociais do fechamento. A mineradora pode ter um papel preponderante na preparação da comunidade durante a transição para o período pós-mineração, mas esta preparação requer amadurecimento e um prazo possivelmente longo para envolver e engajar os atores sociais. Um conceito-chave que pode orientar a preparação para uma transição suave é o de capital social, ou seja, o conjunto de normas, instituições e relações que dão forma às interações sociais e sustentam a ação coletiva.

As empresas podem e devem contribuir ativamente para a formação do capital social nas comunidades em que atuam engajando-se em programas de cooperação e parceria

com associações comunitárias, órgãos governamentais e prefeituras. A presença de uma empresa de mineração durante alguns anos ou décadas pode ser uma oportunidade única para alavancar o desenvolvimento social de uma pequena comunidade ou município, mas o processo envolve a construção de parcerias e de uma relação de confiança entre atores sociais e a provável liderança da empresa, como catalisadora. Caso contrário, continuaremos a presenciar o declínio de comunidades mineiras.

Uma comunidade organizada e com alto nível de capital social tem maiores condições de desenvolver projetos economicamente sustentáveis para o período posterior ao fechamento da mina. A carência de capital econômico pode ser, em grande parte, suprida pelo capital social que, entre outros, facilita a obtenção de recursos financeiros. Com a devida antecipação, a própria presença da empresa de mineração pode facilitar a preparação de projetos viáveis e a capacitação de recursos humanos. A fase do enclave mineiro, caracterizada por uma atitude paternalista da empresa e por poucos vínculos com a comunidade e a economia locais, está em vias de superação.

3.8 Valorização do capital humano

Muitas empresas integrantes da cadeia produtiva da mineração (*mineral business*, Lins, 2005), incluindo empresas prestadoras de serviços, estão bastante conscientes da importância crescente da gestão do conhecimento neste ramo de negócios, bem como da importância que tem a capacitação de seus recursos humanos, desde o nível "chão de fábrica" até os mais altos postos gerenciais.

Talvez um dos mais visíveis aspectos da disparidade existente no setor mineral seja a capacitação de seus recursos humanos, condição necessária para que a mineração melhore seus resultados em termos ambientais e sociais. As maiores empresas têm investido em formação, treinamento e capacitação, mas a maioria das empresas não tem feito tal esforço, seja por carência de recursos financeiros, seja por outros motivos.

Como a capacitação do pessoal das empresas tem repercussões nas comunidades onde vivem, o investimento em capital humano acaba se refletindo em aumento do capital social e pode ser visto como uma das mais significativas contribuições que as empresas podem dar ao desenvolvimento local. Ademais, o poder que as empresas médias e grandes podem ter em pequenas localidades faz delas atores importante para o desenvolvimento local.

3.9 Valorização do patrimônio mineiro

A mineração teve um papel relevante na colonização e povoamento do Brasil, inclusive em períodos recentes. No entanto, somente o ciclo do ouro é reconhecido nos livros de História. Com o fechamento de minas, referências históricas ao passado mineiro de muitas regiões são perdidas e também as chances de compreensão de sua importância econômica e social (Sánchez, 2003). Mesmo no coração da zona principal do ciclo do

ouro, os vestígios da atividade mineira são pouco ou nada valorizados, e alguns resquícios significativos estão sujeitos à destruição ou à descontextualização decorrente do avanço da urbanização, como ocorre com os *mundéus* de Ouro Preto (Sobreira e Fonseca, 2001).

O resgate do passado e a apropriação da história local pelas antigas e atuais comunidades mineiras poderiam contribuir para o desenvolvimento local, através de projetos de conservação, restauro e uso turístico e educativo de antigas minas, instalações de tratamento de minerais e demais elementos do patrimônio mineiro, a exemplo do que ocorre em muitas regiões mineiras de diversos países. Não se trata somente de conservar edificações por seu eventual caráter monumental, mas de registrar e resgatar a mineração como atividade humana, elemento cultural e, por exemplo, documentar e expor seu papel na sobrevivência de um grande contingente de pessoas, na melhoria da qualidade de vida de numerosas famílias e no fortalecimento do movimento sindical em algumas regiões (Grossi, 1981; Minayo, 1986; Volpato, 1984). Os planos de fechamento de minas deveriam contemplar um inventário do patrimônio cultural mineiro e incluir, quando apropriado, programas que visassem sua valorização (Villas-Boas, González-Martínez e Albuquerque, 2003).

3.10 Novos paradigmas na avaliação de projetos

A partir da década de 1970, começou a se difundir a idéia de que as decisões acerca de investimentos públicos e privados deveriam se basear também em uma análise de viabilidade ambiental, conhecida como avaliação de impacto ambiental. Este procedimento foi sendo consolidado, ao mesmo tempo em que se expandia no plano internacional, até ser adotado como um dos princípios da *Declaração do Rio*, um dos documentos oriundos da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992.

A mineração está sempre entre as atividades para as quais, em quase todos os países, se exige a preparação prévia de um estudo de impacto ambiental ou de outra forma equivalente de estudo ambiental, no qual são identificadas e descritas as conseqüências potenciais advindas da implantação, operação e desativação de um empreendimento e suas alternativas, assim como as medidas propostas para evitar, reduzir ou compensar os impactos negativos e valorizar os positivos.

A avaliação de impacto ambiental é uma ferramenta em contínua evolução e uma das inquietações atuais é determinar o seu real peso nas decisões governamentais e empresariais. Um dos pontos em debate diz respeito a uma ampliação de foco, para que estas avaliações passem a tratar dos dois outros requisitos do desenvolvimento sustentável, a sustentabilidade econômica e a social. Assim, tem início uma nova tendência de se perguntar qual a contribuição líquida de um projeto para o desenvolvimento sustentável,

como ocorreu no segmento norte-americano do projeto MMSD – *Mining, Minerals and Sustainable Development* (IISD, 2004).

4. AGENDA DE PRIORIDADES – BRASIL 2015

A pesquisa tecnológica avança à proporção que as empresas demandam soluções para problemas, que por sua vez surgem como resultado de demandas de origem legal, social ou para redução de custos. A redução de impactos ambientais, a reabilitação de áreas degradadas e a estabilidade a longo termo de áreas afetadas pela mineração demandam contínua atividade de investigação. Naturalmente a agenda de pesquisa evolui com o passar do tempo, pois surgem novas demandas.

Uma dessas demandas diz respeito à ampliação do campo de pesquisa de interesse das empresas e dos órgãos reguladores. O desenvolvimento e a otimização de processos industriais (incluindo a busca de maior ecoeficiência e de tecnologias mais limpas) é o campo tradicional de interesse, pois atende a uma necessidade permanente das empresas. Contudo, o desafio do desenvolvimento sustentável coloca outros temas na agenda, os quais não são estabelecidos pelas necessidades internas das empresas, mas que decorrem das demandas e expectativas das partes interessadas.⁷

Alguns temas que nos dias de hoje e no futuro próximo provavelmente merecem mais atenção dos pesquisadores (além de atenção e apoio das empresas de mineração) são:

– Desenvolvimento, validação e aferição de indicadores de sustentabilidade para a mineração. A utilidade e a necessidade de se dispor de indicadores apropriados são fundamentos de qualquer atividade gerencial, no plano empresarial ou público. Em vários setores da atividade econômica, indicadores de sustentabilidade vêm sendo propostos, testados e debatidos, com a principal função de transmitir informação complexa de maneira simplificada. Dada a imensa quantidade de parâmetros que podem ser usados como indicadores, é necessário mais avanço e aprofundamento para que possam ser selecionados indicadores locais, regionais e nacionais para avaliar a sustentabilidade da atividade de extração, transformação e reciclagem de matérias-primas minerais (Villas-Bôas e Beinhoff, 2002). Uma meta importante deve ser validar os indicadores perante as diferentes partes interessadas, pois sem que esta tarefa seja satisfatoriamente realizada, seu uso pode não ser reconhecido por terceiros.

Tópicos: Aprofundar questões de responsabilidade social das empresas de mineração e da cadeia produtiva mineral; caracterizar a qualidade ambiental das áreas cedidas pela grande mineração à pequena mineração, com o fim de identificar se a mesma não corresponde a passivo ambiental da grande empresa; apresentar programas pós-

⁷ No jargão da gestão ambiental, o termo partes interessadas se refere a todos os indivíduos ou grupos que têm um interesse nas atividades da empresa, a exemplo de funcionários, fornecedores, vizinhos, associações comunitárias, organizações não-governamentais, agentes de órgãos públicos e outros.

mineração para a comunidade local/regional, antes de iniciar as atividades mineradoras (Programa que oriente os municípios para a sustentabilidade dos mesmos pós-mineração); utilização de instrumentos tipo o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) para delimitação de atividade mineral e/ou para o planejamento do uso territorial.

- Efeitos econômicos e sociais de longo prazo dos empreendimentos mineiros. De longa data há um debate, em escala mundial, sobre os efeitos de longo prazo da mineração (especialmente dos grandes empreendimentos) sobre a economia e a sociedade, principalmente no plano local e no âmbito regional. Questões como: se a mineração contribui para reduzir a pobreza ou se favorece a concentração de renda, se promove a capacitação de recursos humanos e a melhoria da qualidade de vida das regiões mineiras não têm uma resposta inequívoca. O uso de indicadores apropriados para avaliar esses efeitos deve ser tema de pesquisa. Por exemplo, há indícios de que os municípios nos quais é mais intensa a atividade mineradora, têm índices de desenvolvimento humano (IDH) acima da média regional, mas ainda é preciso esclarecer se isto se deve a uma real contribuição da mineração para as populações locais ou ao afluxo de pessoas de maior nível de escolaridade e renda. Enquadram-se também neste tema, pesquisas sobre o uso local de tributos gerados pela mineração, sobre os resultados de ações de responsabilidade social promovidos pelas empresas, dentre outros.

Tópicos: estudos sobre a utilização dos recursos advindos do recolhimento da Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais (CFEM), nível federal, estadual e municipal; avaliação do custo de oportunidade da exploração mineral do ponto de vista da comunidade, ou seja, o aspecto locacional da jazida *versus* a possível decisão da população local sobre a não atividade mineral naquele local (exemplo: pode-se decidir que determinadas jazidas não serão mineradas); avaliação do impacto ambiental da mineração associada ao setor de transformação mineral, da cadeia produtiva, envolvendo os setores da siderurgia e da metalurgia.

- Critérios para considerar uma área minerada como ambientalmente recuperada. Hoje em dia o conceito de "área recuperada" é extremamente vago. Às vezes um simples "tapete verde" (plântio de gramíneas) parece ser indicativo de uma área recuperada, outras vezes é a incorporação de uma área a uma zona urbana, pela implantação de um empreendimento imobiliário ou mesmo de um aterro de resíduos. Em outras ocasiões, ainda, o objetivo almejado é o restabelecimento de uma comunidade vegetal auto-sustentável. O objetivo da recuperação ambiental varia de mina para mina, e, para cada caso, o minerador deve propor uma estratégia de recuperação para atingir esses objetivos. No entanto, com pouquíssimas exceções, não há critérios nem mesmo para situações comuns a um conjunto de empreendimentos similares em ecossistemas similares, o que dá margem a um grande arbítrio em caso de conflito com a comunidade ou de demandas judiciais.

Tópicos: avaliação de programas ambientais concluídos, critérios para a recuperação de áreas urbanas e de áreas rurais e posteriores usos do solo, divulgação de programas bem sucedidos.

- Impactos ambientais da mineração, da cadeia produtiva e seus riscos associados e critérios de valoração de dano ambiental. A demanda legal pela autodeclaração de carga de poluentes em efluentes líquidos, conforme a Resolução CONAMA 357/05, poderá ser o início de um completo inventário de impactos ambientais da mineração e de suas cadeias produtivas, de forma transparente à sociedade. As pesquisas sobre valoração de dano ambiental auxiliariam na determinação das garantias financeiras necessárias para a recuperação de áreas degradadas e o fechamento das minas, assim como para o cálculo de provisões contábeis para a reserva de recursos com esta mesma finalidade, porém no âmbito interno às empresas. Embora o que se busque, na maioria dos casos, seja a reparação do dano causado, tal reparação nem sempre é possível tecnicamente ou seus resultados são incertos. Em inúmeros casos é também solicitada uma indenização por danos irreversíveis ou irreparáveis, mas os critérios para estimativa do montante são muitas vezes arbitrários e não guardam relação com as funções ambientais afetadas ou perdidas. As pesquisas sobre este tema também auxiliariam na determinação das garantias financeiras necessárias para a recuperação de áreas degradadas e o fechamento das minas, assim como para o cálculo de provisões contábeis para a reserva de recursos com esta mesma finalidade, porém no âmbito interno às empresas.

Tópicos: drenagem ácida de minas e de resíduos radioativos na exploração e no beneficiamento de diversos minérios, avaliação econômica do custo de oportunidade da atividade mineral e impactos ambientais, desenvolvimento de indicadores de valoração de dano ambiental, indicadores de risco ecológico e de risco à saúde humana, estudos epidemiológicos da exposição ambiental e/ou ocupacional por atividade na cadeia produtiva da mineração.

- Desenvolvimento de tecnologias apropriadas para a produção mais limpa nas micro e pequenas empresas e no setor informal e incentivos à produção limpa. Ainda é grande a informalidade em parte do setor de mineração no Brasil, situação que dificulta o controle e a fiscalização governamental, inclusive dos órgãos ambientais. O desenvolvimento tecnológico pode contribuir para a redução da informalidade, ao tornar disponíveis técnicas e processos produtivos de baixo impacto ambiental, haja vista que a informalidade, muitas vezes, decorre da dificuldade que encontram as micro e pequenas empresas em atender às exigências da legislação ambiental. O caso do trabalho desenvolvido no noroeste do estado do Rio de Janeiro (Santo Antônio de Pádua e adjacências), com o setor de pedras de revestimento, onde se conseguiu aumentar o aproveitamento de resíduos de serragem (por meio de incorporação a tijolos, fabricação de argamassa etc.) o reúso da água, pode servir de exemplo para outras regiões,

aproveitando-se as possibilidades de apoio governamental aos arranjos produtivos locais (APLs).

Tópicos: Extensionismo mineral, identificação de pólos mineradores para a inserção de tecnologias apropriadas (nem toda área com mineração será identificada como APL, nem todos os mineradores têm interesse em formar APLs); adaptação de tecnologias sofisticadas, de produção limpa, para a pequena mineração; identificação de tecnologias apropriadas já disponíveis para o pequeno minerador; incentivo à produção de cartilhas educativas sobre tecnologias apropriadas com linguagem acessível ao público-alvo; *fair-trade* ou comércio justo ou proposta de bônus como estímulo para a produção mais adequada; estudos para elaboração de *check-list* para se atingir um programa de comércio justo; incremento da discussão sobre os segmentos minerais de interesse social e de utilidade pública.

- Tecnologias inovadoras de disposição de rejeitos e no tratamento de efluentes e na prevenção e tratamento de drenagem ácida de minas (DAM).

Estoques de rejeitos podem representar riscos não desprezíveis em minas e instalações industriais associadas. A remediação de áreas degradadas ou contaminadas pela disposição inadequada de rejeitos pode representar um dos maiores itens de passivo ambiental de uma empresa de mineração, que tem responsabilidades legais de zelar pela estabilidade e segurança de longo prazo das estruturas de contenção de rejeitos. Algumas soluções de disposição de rejeitos têm potencial de reduzir significativamente os riscos e o passivo, embora freqüentemente representem custos mais elevados durante as etapas de implantação e de operação. Pilhas espessadas ou a preparação de pastas de rejeitos com vistas à disposição em escavações subterrâneas ou em sítios a céu aberto são algumas tecnologias inovadoras que precisam ser mais investigadas no Brasil.

Tópicos: definir responsabilidades sobre barragens de rejeitos; pesquisar pilhas espessadas ou preparação de pastas de rejeitos com vistas à disposição em escavações subterrâneas ou em sítios a céu aberto, novas tecnologias de prevenção de DAM e novas tecnologias de tratamento de DAM.

- Valorização de rejeitos, produção mais limpa e ecologia industrial. Há atualmente inúmeras iniciativas de aproveitamento de rejeitos de mineração, como finos de pedreiras, pó de serragem de ardósia, rejeitos de beneficiamento de bauxita e resíduos do processamento químico de rocha fosfática. Tais iniciativas devem se multiplicar, tanto por razões econômicas (retorno sobre investimentos em valorização) quanto por razões ambientais (minimização de resíduos). É um campo promissor de pesquisa que pode ser associado aos estudos sobre ecologia industrial, ou seja, o estudo dos fluxos de matéria e energia em processos industriais e de como tais fluxos podem se integrar, aumentando a ecoeficiência de um conjunto de indústrias de uma região.

Tópicos: desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento de resíduos.

- Formação de recursos humanos e formação de rede de cooperação entre universidades, centros de pesquisa, órgãos fiscalizadores, e outros, para maior apoio às atividades minerais visando a produção ambientalmente adequada.

Tópicos: prestigiar (e/ou criar) disciplinas de segurança no trabalho e noções básicas de meio ambiente em cursos de Engenharia de Minas e Geologia, entre outros; incentivo a formação em hidrogeologia aplicada a mineração; incentivar a formação em Economia Mineral; formar monitores e orientadores técnicos em mineração da própria comunidade mineira; incentivar projetos voltados para a educação ambiental nestas comunidades; incentivar projetos que visem a comunicação do setor mineral com a sociedade em geral para difusão e popularização da atividade, bem como sobre a utilidade dos produtos gerados pela mineração; aparelhamento de órgãos fiscalizadores em conhecimentos sobre aspectos característicos da mineração; aproximação dos centros de pesquisa e universidades com grandes empresas de mineração e realização de projetos em conjunto, tanto de interesse das empresas quanto de apoio à pequena mineração.

- Ecologia de lagos profundos em cavas de mineração. As concepções de fechamento de várias minas pressupõem o enchimento de cavas com águas pluviais, de escoamento superficial e subterrâneas. As condições geomorfológicas brasileiras não propiciam naturalmente a formação de lagos profundos e este tipo de ambiente somente é encontrado em reservatórios artificiais de hidrelétricas. As águas profundas apresentam estratificação térmica e baixo conteúdo de oxigênio. Por outro lado, metais e outros elementos dissolvidos podem alterar negativamente a qualidade das águas. O aumento das capacidades de previsão da qualidade futura das águas desses lagos seria de grande valia para subsidiar as decisões a serem tomadas sobre o fechamento de minas e os usos pós-mineração.
- Estabilidade a longo termo de estruturas de retenção de rejeitos. Pilhas e, principalmente, barragens de rejeitos devem ser estruturas estáveis muito tempo após sua desativação (centenas, milhares de anos?). Durante a operação, estas estruturas são monitoradas e intervenções corretivas podem ser executadas caso sejam constatados problemas. No entanto, após o fechamento da mina e a transferência de responsabilidade para um sucessor, o ideal é que somente haja necessidades mínimas de manutenção. Idealmente, tais requisitos de manutenção deveriam ser especificados em contratos ou outro instrumento juridicamente aceitável.
- Mecanismos jurídicos para transferência de responsabilidade após o fechamento da mina. Há um vazio jurídico no que concerne às responsabilidades respectivas do minerador e de seu sucessor em um terreno minerado ou de alguma forma afetado por atividades de mineração. Mesmo depois de satisfatoriamente concluída a recuperação de áreas degradadas, algumas áreas somente podem ser usadas com restrições, como

bacias e barragens de rejeitos. O sucessor deve ter pleno conhecimento das condições em que receberá esses terrenos e das restrições que se aplicam. Acordos podem ser estabelecidos por contratos privados, mas, em se tratando de locais que podem representar um risco ambiental, é evidente que cabe ao poder público estabelecer condições gerais para que a transferência possa se fazer em consonância com as necessidades de proteção ambiental e da saúde e segurança públicas.

- Métodos e procedimentos para avaliar o capital social em comunidades mineiras. Nos municípios nos quais emprego, serviços e arrecadação são fortemente dependentes da mineração, o fechamento da mina pode significar crise e empobrecimento. Se a empresa de mineração for comprometida com a comunidade anfitriã, deverá ter uma política de relações comunitárias voltada para o desenvolvimento sustentável e poderá mesmo desempenhar um papel de liderança nesse processo. Medir o capital social torna-se então uma necessidade; é um indicador da autonomia da comunidade e de sua preparação para o período pós-mineração. As técnicas atuais de avaliação e mensuração do capital social podem ser adaptadas e aplicadas em diversas situações brasileiras.
- Contribuição da mineração e da transformação mineral para o aquecimento global. Todos os ramos da economia são chamados a avaliar seu papel na emissão de gases causadores do efeito estufa. Alguns ramos da extração e processamento de minerais têm emissões importantes, como carvão, cal e cimento.
- Interferência da mineração sobre os recursos hídricos subterrâneos. A maioria das minas brasileiras, historicamente, teve pouca interferência sobre a água subterrânea, seja pelo pequeno número de minas subterrâneas, seja pelo número relativamente reduzido de grandes cavas a céu aberto. Entretanto, este quadro está mudando, assim como a importância que tem sido acordada à água subterrânea. Por tais razões, é importante aumentar a capacitação nacional no tema, pois é pequeno o número de profissionais especializados. O tema é relevante para a discussão de novos projetos (com estudo aprofundado das possíveis interferências como parte do estudo de impacto ambiental) e também para o planejamento do fechamento de minas.

5. CONCLUSÕES

Neste texto foram apontados alguns temas e linhas de pesquisa para fazer face às demandas atuais e aos possíveis desenvolvimentos futuros em termos de gestão ambiental e responsabilidade social, num horizonte de dez anos.

A mineração brasileira, no campo da gestão ambiental e no plano de seu relacionamento com a sociedade, tem logrado muitos avanços, vários deles em linha com as tendências internacionais. Todavia, estes avanços ainda precisam ser disseminados pela maioria das empresas e ainda não foram plenamente incorporados pelos órgãos reguladores.

Para que a indústria mineral atenda satisfatoriamente às demandas atuais colocadas pelo mercado e pela sociedade, é necessário um contínuo esforço em pesquisa científica e tecnológica, assim como mais ênfase na disseminação de conhecimentos e técnicas já disponíveis.

Há, inegavelmente, boa capacitação tecnológica em universidades e institutos de pesquisa, mas são deficientes os mecanismos de difusão de inovações e mesmo os meios de capacitação de recursos humanos para o emprego de tecnologias e ferramentas gerenciais já estabelecidas. Ademais, as empresas e órgãos públicos brasileiros têm pouca tradição de investir em desenvolvimento tecnológico, predominando o enfoque de buscar soluções prontas propostas por empresas de consultoria. Ora, muitos problemas ambientais não se resolvem sem a contribuição de pesquisa e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, M.L. (org.) (2001), *Mineração e Desenvolvimento Sustentável: desafios para o Brasil*, CETEM, Rio de Janeiro, 215 p.
- Brasil Mineral. (2005), *As 100 maiores empresas brasileiras de mineração*, Brasil Mineral, junho, 240: 44-160.
- Grossi, Y.S. (1981), *Mina de Morro Velho: a extração do homem*, Paz e Terra, Rio de Janeiro, 265 p.
- ICOLD, Commission Internationale des Grands Barrages. (2001), *Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences*. Bulletin 121, Paris, 144 p.
- IIED, International Institute for Environment and Development (2002), *Breaking new ground*, Earthscan, London, 441 p.
- IISD, International Institute for Sustainable Development (2004), *Seven questions to sustainability: how to assess the contribution of mining and minerals activities*, Winnipeg, 54 p.
- Lins, F.A.F.(2005), *O mineral business brasileiro*, Brasil Mineral 244: 86-93.
- Minayo, M.C.S. (1986), *Os homens de ferro: estudo sobre os trabalhadores da Vale do Rio Doce em Itabira*, Dois Pontos, Rio de Janeiro, 244 p.
- Parrotta, J.A.; Knowles, O.H (2001), *Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: examples from the brazilian Amazon*, *Ecological Engineering*, 17(2-3): 219-239.
- Sánchez, L.E (1998), *Industry response to the challenge of sustainability: the case of Canadian nonferrous mining sector*, *Environmental Management*, 22(4): 521-531.
- Sánchez, L.E (2001), *Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais*, Edusp, São Paulo, 254 p.
- Sánchez, L.E (2003), *A produção mineral brasileira, cinco séculos de impacto ambiental*, In: W.C. Ribeiro (org.), *Patrimônio Ambiental Brasileiro*, Edusp, São Paulo, p. 125-163.
- Sánchez, L.E. (2005), *Dano e passivo ambiental*, In: A. Philippi Jr. e A.C. Alves (org.), *Curso Interdisciplinar de Direito Ambiental*. Ed. Manole, Barueri, p. 261-293.
- Silva-Sánchez, S, S. (2000), *Cidadania ambiental: novos direitos no Brasil*, *Humanitas/Annablume*, São Paulo, 202 p.

- Sobreira, F.G.; Fonseca, M.A. (2001), Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, *Geotecnia* 92: 5-28.
- Suslick, S.; Machado, I.F.; Ferreira, D.F. (2005), Recursos minerais e sustentabilidade, Komedi, Campinas, 246 p.
- Toy, T.J.; Griffith, J.J. (2001), Changing surface-mine reclamation practices in Minas Gerais, Brazil, *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment* 15(1): 33-51.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2001), APELL for Mining: guidance for the mining industry in raising awareness and preparedness for emergencies at local level, Unep Division of Technology, Industry and Economics, Paris, 67 p.
- Villas-Boas, R.C.; González-Martínez, A; Albuquerque, A.G.S. (org.) (2003), Patrimônio geológico y minero en el contexto del cierre de minas, CNPq/Cyted, Rio de Janeiro, 258 p.
- Villas-Boas, R.C.; Beinhoff, C. (org.) (2002), Indicators of sustainability for the mineral extraction industry, CNPq/Cyted,Unido, Rio de Janeiro, 524 p.
- Volpato, T.G. (1984), *A piritá humana: os mineiros de Criciúma*, Ed. UFSC/Assembléia Legislativa do estado de Santa Catarina, Florianópolis, 159 p.
- World Bank. (2003), *Striking a better balance*, Volume 1. The World Bank Group and Extrative Industries. The Final Report of the Extractive Industries Review, December 2003. Disponível em www.worldbank.org, acesso em 24 nov.