



Rejeitos de minerações e pedreiras: uma oportunidade de negócio ambientalmente correta

S.H. Theodoro¹ & O. Leonardos²

1 University of Brasília (Universidade de Brasília/Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares / Núcleo de Estudos Agrários) Campus Darcy Ribeiro, Edifício Multiuso I, Bloco B 1º. Andar sala B1-50 CEP 70910-900 Brasília/DF/ Brasil) suzitheodoro@unb.br

2 Universidade de Brasília/Centro de Desenvolvimento Sustentável, SAS Quadra 05, Bloco H sala 200 CEP 70070-914, Brasília, DF, Brasil othon@cds.unb.br

Resumo A crescente tomada de consciência por parte da sociedade global quanto à importância da preservação dos recursos naturais disponíveis no planeta para o futuro da humanidade vem gradativamente promovendo uma reconciliação do homem com o mundo natural. No entanto, tal reconciliação vem ocorrendo mais por uma necessidade de sobrevivência do que por um mero desejo de volta às origens. Visando contribuir com essa tendência, o presente trabalho aborda novas oportunidades para o setor mineral, no que se refere à geração, à deposição e ao uso dos rejeitos gerados pela atividade extrativa. Para tanto, propõe-se como uma estratégia adequada e sustentável o aproveitamento e o uso de tais rejeitos, que são frequentemente considerados como problemas, devido aos custos e aos impactos socioambientais causados pelo armazenamento, estocagem e lagoas de rejeito. Considerando, ainda, que as pressões sociais e ambientais têm contribuído para a incorporação, por parte das empresas do setor, da responsabilidade socioambiental com vistas a um relacionamento mais harmônico com as comunidades que vivem no entorno das áreas de operação e com o poder público, este trabalho busca reforçar essa tendência. Nesse sentido, procurou-se apresentar e discutir os benefícios do uso dos rejeitos minerais dentro de um contexto estratégico para o desenvolvimento e integração transversal entre os setores mineral e agrícola, especialmente aquele composto por agricultores familiares. São apresentadas também algumas oportunidades de uso de rejeitos de pedreiras, especialmente de basalto, com a finalidade de melhorar a qualidade e fertilidade de solos agrícolas.

Palavras-chave: mineração, rejeitos, rochagem, fertilização e recuperação.

Abstract The increasing awareness of the global society in regards to the importance of preservation of the available natural resources in the planet for the future of humanity is gradually promoting reconciliation between men and the natural world. However, this reconciliation is happening more due to a survival need than from just a desire to return to the origins. Looking forward to contribute to this trend, the present work approaches new opportunities for the mineral sector, in regards to generation, deposition and the usage of the waste generated by the extractives. For that, an adequate and sustainable strategy is proposed to make good use of such waste which, frequently, is considered a problem due to the costs and environmental impact caused by its storage. Still, considering that the social and environmental pressures have been contributing to the incorporation of social-environmental responsibility by the companies of the sector, looking for a more harmonious relationship with the communities that live around the operational areas and the public power, this work tries to reinforce this trend. This way, it tries to present and discuss the benefits of the mineral waste usage in a strategic context for the development and transversal integration between the mineral and agricultural sectors, especially the one composed by family farmers. Some opportunities for the usage of quarry wastes, especially of basalt, are presented aiming to improve the quality and fertility of the agricultural soils.

Keywords: mining, wastes, stone meal, fertilize.

INTRODUÇÃO Ao longo da história, a importância dos minerais pode ser constatada pela denominação de épocas vividas pela humanidade, nas quais alguns deles vieram a ser mais intensamente utilizados. Atualmente, a civilização moderna necessita de petróleo, carvão, ferro, alumínio, calcário, fertilizantes, areia, argila etc., para aquecimento, habitação, transporte, alimentação, lazer e muitas outras atividades. Com um uso tão intenso, não há como negar que a atividade de mineração afeta, em diversos graus, o ambiente natural, dependendo da localização das jazidas, da escala das atividades e da

caracterização mineral. Como em todas as alterações do uso da terra, a mineração é responsável por mudanças em diversos componentes do meio ambiente: perfil e composição do solo, paisagem, sistema hidrológico e, indiretamente, a socioeconomia de um país.

Percebe-se, portanto, uma íntima relação entre o uso dos recursos minerais e a preservação do meio ambiente. O desafio de um projeto de mineração bem sucedido envolve não apenas questões técnicas, mas, também, ambientais e todas as implicações socioeconômicas observadas nas áreas dos



empreendimentos. Para tanto, estratégias e planejamentos eficientes do uso dos recursos minerais e de seus rejeitos (com base em estudos e práticas que indiquem alternativas para o aproveitamento desses recursos) são fundamentais para tornar a exploração mineral uma atividade em acordo com os princípios da Agenda 21 planetária bem como com as normas e certificações que regem o setor.

Para Rattner (1993), talvez em nenhum outro setor das atividades produtivas as relações estreitas entre eficiência econômica e qualidade ambiental sejam mais visíveis e, portanto, mais sujeitas às intervenções corretivas e preventivas do que na extração e processamento de minerais. Sua utilização permeia praticamente todos os produtos e serviços, constituindo-se a exploração como base para a "decolagem" do processo de industrialização. Apesar dessa característica, freqüentemente tem-se atribuído à atividade de exploração mineral a imagem de "vilão" ambiental, uma vez que interfere significativamente no meio ambiente e se apropria de múltiplos recursos naturais. Autores como Epps (1997), Cragg (1998) e Cowell *et al.* (1999), enfatizam que a mineração é uma atividade industrial para a qual o princípio de desenvolvimento sustentável tem aplicação direta e significativa. Na visão desses autores, é essencial que os países, sociedades ou setores produtivos que incorporem o conceito ou as práticas que permeiam o desenvolvimento de cunho mais sustentável reconheçam que o mesmo é complexo nas ações e multifacetado nos resultados.

Para tanto, é importante reconhecer que a atividade de mineração, quando mal conduzida, pode ser geradora de sérios impactos socioambientais. Nas áreas ao redor das minas e das plantas de beneficiamento a céu aberto ou em galerias subterrâneas, um dos maiores problemas refere-se à disposição do rejeito e à quantidade de terra removida, que podem tornar o solo impróprio para outras atividades. A legislação resolveu em parte esse problema, com a exigência de se reduzir à quantidade de resíduos sólidos permitida nas pilhas de rejeitos das minas, até que um nível aceitável seja atingido e mantido durante toda a vida útil da mina.

Paralelamente, um outro setor produtivo - o agrícola - também potencialmente causador de impactos ao meio ambiente, necessita de insumos para sustentar os padrões de fertilidade dos solos. Esse fato é especialmente importante em regiões de climas tropicais, onde os solos são desgastados pelos processos intempéricos e antrópicos (Leonardos *et al.* 2000). Outro fato relevante é que, para alterar as condições de fertilidade, o modelo agrícola dito moderno vem se utilizando de insumos altamente solúveis que provocam o esgotamento dos solos de

forma mais rápida. Para reverter essa tendência, o setor agrícola, especialmente aquele representado pelos agricultores familiares, precisa de novas alternativas que sejam disponíveis a partir do uso de recursos disponíveis localmente. Um exemplo disto são os rejeitos de minério fosfatado produzidos por empresas multinacionais na indústria de fertilizantes em Minas Gerais e Goiás (e.g. Bünge, Anglo American) Tanto rejeitos abaixo do teor de corte quanto, principalmente, os rejeitos do processo de beneficiamento (com teores ainda significativos da ordem de até 10% P_2O_5 e às vezes, ainda de brinde com quantidades significativas de vermiculita e outros minerais benéficos) cujo destino é respectivamente, imensas pilhas desarmônicas com a paisagem (para ser aproveitado em futuro incerto) ou as ambientalmente perigosas lagoas de rejeito podem ser aproveitadas se vendidos *in natura* para uso agrícola na própria região a baixo preço. A disponibilidade desses materiais no mercado regional além de seu interesse social favoreceria a economia local pelos baixos custos de transporte (a granel e a pequenas distancias da fonte) e, particularmente, pela relação custo benefício. Um rejeito que contém 1/3 do teor de P_2O_5 de um fertilizante convencional pode ser lucrativamente disponível como fertilizante alternativo a preços irrisórios de pelo menos dez vezes menor para mesma eficiência agrícola. A proposta torna-se imensamente ainda mais vantajosa quando são computados os custos ambientais e sociais de produção dos fertilizantes convencionais. Conciliar atividades que parecem incompatíveis é a proposta principal deste trabalho, que pretende contribuir com a construção de "pontes" entre esses dois setores. Trata-se do uso de pó de rocha ou da tecnologia da Rochagem.

REJEITO MINERAL NÃO É LIXO. É LUXO O uso de pó de rocha para alterar positivamente as características dos solos vem sendo proposto no Brasil, desde a década de 1950 (Ilchenko & Guimarães 1953, Guimarães 1955). Posteriormente, Leonardos *et al.* (1972, 1987, 1999), Theodoro (2000, 2005) e Theodoro & Leonardos (2006), vêm mostrando o potencial da técnica da Rochagem para incrementar os padrões de fertilidade dos solos tropicais. Trata-se de uma tecnologia classificada como intermediária - ou de baixo impacto ambiental - apropriada para países em desenvolvimento, como o Brasil. O pressuposto básico dessa tecnologia é a busca do equilíbrio dos nutrientes nos solos agricultáveis por meio da remineralização ou do rejuvenescimento dos mesmos, favorecendo o alcance da fertilidade plena, que é o parâmetro fundamental para tornar os solos sustentavelmente produtivos.



Considerando que existe uma enorme quantidade de pedreiras e de minerações no País e que as mesmas produzem quantidades enormes de rejeitos ao longo do processo de produção, um novo destino, mais nobre que o lixo, deve ser dado a esses materiais. Nesse sentido, para recondicionar ou recuperar solos degradados ou exauridos, propõe-se o uso regional dos rejeitos gerados pela atividade mineral que, na maioria das vezes, já se encontram moídos ou triturados. A prática da Rochagem proporciona o aproveitamento desses materiais, geralmente considerados resíduos descartáveis pelo processo de concentração de determinados tipos de minérios.

O setor agrícola, por outro lado, apresenta sérios problemas relacionados à obtenção de insumos para tornar os solos produtivos. Nesse caso, o aproveitamento de rejeitos de pedreiras ou de minerações seria uma forma correta e adequada de conferir um tratamento ambientalmente correto para combater tais deficiências. Assim, a implementação dessa proposta pode contribuir com a resolução de um problema do setor mineral que, assim, passa a ser uma solução para o setor agrícola.

Cabe, aqui, esclarecer que nem todo rejeito pode ser utilizado para esse fim. Uma série de cuidados deve ser observada antes de adicionar rejeitos da mineração aos solos utilizados para produção agrícola. Os rejeitos aptos ao uso devem conter quantidades mínimas de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de vários micro-elementos indispensáveis à nutrição vegetal. Vários são os tipos de rochas aptas ao uso. A pesquisa conduzida na Universidade de Brasília vem utilizando rejeitos de minerações de basaltos, granitos, tufos vulcânicos e piroxenitos. Os resultados dos experimentos de campo, desenvolvidos em várias partes do Brasil, confirmam os benefícios econômicos, ambientais e de produtividade, especialmente em culturas de ciclo mais longo, mas também em culturas de ciclo curto.

A adição de pó de rocha como forma de melhorar as condições de fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio do meio ambiente pode se converter em um interessante arranjo de produção que potencializa solução para os dois setores.

REJEITOS: USOS E ABUSOS Todas as rochas ou minerais que se prestam ao uso econômico pelos homens frequentemente, ao longo do processo de exploração, geram rejeitos. O presente estudo apresenta o potencial de uso de alguns tipos de rejeitos como insumos para a agricultura. Para tanto, foram coletados, analisados e testados vários tipos de rejeitos. A Tabela 1 apresenta os dados referentes à disponibilidade de nutrientes presentes na composição

de algumas rochas (ou dos rejeitos gerados pela atividade de extração) em diferentes pontos do país.

Todos os litotipos apresentados na Tabela 1 já foram objeto de experimentos de campo, em unidades demonstrativas com diferentes tipos de cultura, com o intuito de verificar o seu potencial como fornecedores de nutrientes para as plantas. Os resultados foram medidos em termos de mudança nos níveis de fertilidade dos solos após a aplicação, na produtividade das culturas e nas diferenças apresentadas pelas plantas segundo diferentes tratamentos e/ou rochas. Em todos os casos, os solos que receberam o pó de rocha (ou os rejeitos das minerações) apresentavam baixos índices de fertilidade, com carências significativas dos principais macronutrientes e com níveis de pH bastante ácidos.

| Química | L.V. * | T. V. ** | Basalto SC | Piroxenito Ipirá | Fosfato Natural | Granito BA |
|--------------------------------|-----------|-------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------|
| SiO ₂ | 39,1 | 30,18 | | 61,8 | - | - |
| Al ₂ O ₃ | 5,6 | 6,98 | | 13,2 | - | - |
| Fe ₂ O ₃ | 8,6 | 14,09 | | 4,8 | - | 0,14 |
| MgO | 17,1 | 10,22 | 0,32 | 3,7 | 0,40 | 0,35 |
| CaO | 10,1 | 7,16 | 1,12 | 6,2 | 0,36 | 1,35 |
| K ₂ O | 2,3 | 2,13 | 0,01 | 4,5 | 0,25 | 0,18 |
| P ₂ O ₅ | 0,47 | 2,37 | 0,37 | 0,92 | 5,5 | 0,25 |

Tabela 1. Comparação de rochas com diferentes composições

* L.V. Lavas vulcânicas – Leonardos et. al (1991).

** T.V. Tufos vulcânicos - Theodoro (2000).

Cada um dos materiais testados apresentou vantagens do ponto de vista produtivo, mas os melhores resultados foram obtidos com materiais derivados de rochas vulcânicas básicas e ultrapotássicas, as quais contêm quantidades significativas de cálcio, magnésio, fósforo e potássio, vermiculita e baixa sílica. Os experimentos foram implantados em pequenas propriedades e, sempre que possível, combinou-se o pó de rocha com materiais derivados de processos de compostagem e adubação verde. Essa medida visa a disponibilização de nitrogênio e matéria orgânica não disponível nas rochas. Importante lembrar que a vantagem do uso dos rejeitos gerados pela atividade mineral reside no fato de que esse material já se encontra moído (com granulometria variada). Em muitos casos, o material está disponível com tamanhos que variam de muito fino (argila) até cascalho grosseiro (pedrisco), pronto, portanto, para o uso. A diversidade granulométrica tem a função de melhorar as características de permeabilidade do solo. Além disso, potencializa a oferta de macro e micro-elementos por mais tempo. Por um lado, os materiais mais finos (tamanho argila e silte) disponibilizam mais facilmente seus principais



elementos, podendo, em função do intemperismo ou da abrasão, se transformar mais rapidamente em argilo-minerais. Esse caso é especialmente importante nos rejeitos que contêm feldspatos, piroxênios, olivinas, flogopitas e apatitas. Por outro lado, os materiais com granulometria mais grosseira podem estender por um período mais longo o tempo e a oferta de nutrientes.. Nesse caso, as práticas de manejo e a irrigação, comuns na agricultura, favorecem a quebra da estrutura dos minerais, tornando possível, ao longo do tempo, a oferta de diferentes macro e microelementos. Como exemplo, cita-se o caso das rochas vulcânicas da região de Patos de Minas, que já vêm sendo objeto de experimentos por Leonardos (1987) e de Theodoro (2000). Resultados positivos vêm sendo também obtidos nas pesquisas com a aplicação do rejeito de piroxenitos, granitos e granodioritos. Em todos os casos analisados, houve uma alteração positiva nas características dos solos. As plantas reagiram positivamente à aplicação do pó de rocha.

Quando se considera os benefícios estritamente econômicos, os resultados são também bastante animadores. Segundo dados da FAO/INCRA (2000), a agricultura familiar no Brasil representa 85,2% do total de estabelecimentos rurais, ocupa 30,5% da área total e é responsável por 37,9% do Valor Bruto da Produção Agropecuária Nacional. Esse universo de pequenos produtores representa um grande potencial consumidor desse tipo de insumo, que pode ser comercializado a preços irrisórios. Considerando que existe uma grande quantidade de pedreiras e minerações com potencial de uso no Brasil, ou em qualquer outra parte do mundo, a incorporação dessa prática de fertilização torna-se uma excelente alternativa para o setor agrícola. A formalização de parcerias do setores agrícolas locais com empresas de mineração e pedreiras, no sentido de facilitar a doação ou venda a baixo custo dos rejeitos da exploração mineral configura-se como um excelente mecanismo para viabilizar a implementação da técnica de Rochagem. Nesse cenário, as empresas que adotarem tal procedimento resolverão um problema de estoque e armazenamento do material de descarte e, ainda, contribuirão com um segmento social tradicionalmente carente. Vale dizer que a comercialização ou doação do rejeito pode contribuir com uma significativa melhora na imagem das empresas, tanto do ponto de vista ambiental como do de responsabilidade social, pois estaria contribuindo com a melhora da produção de alimentos no setor da agricultura familiar.

Oferecer alternativas de produção para esse grande contingente de excluídos - seja do ponto de vista econômico, social, ambiental ou cultural - é

fundamental para livrá-lo do estado de abandono e pobreza. Portanto, a incorporação de tecnologias de fácil assimilação, como é o caso da Rochagem, pode desencadear desdobramentos múltiplos, capazes de auxiliar na viabilização de um padrão tecnológico menos demandador dos recursos naturais e, ainda, possibilitar a manutenção e autonomia dos pequenos produtores em suas terras, além de viabilizar uma produção de alimentos livres de agroquímicos. Projetos que se revertam em formas alternativas de produção geram condições para o desenvolvimento local, atraindo novas formas de créditos que poderão ser revertidas para programas sociais e ambientais (Theodoro 2000).

Porém, é necessário lembrar que o uso de pó de rochas (rejeitos) está condicionado a alguns pressupostos básicos, quais sejam: (i) o material deve ser rico e conter quantidades mínimas de macroelementos (a presença de micro-elementos também é importante) e não possuir contaminantes; (ii) deve estar disponível na própria região (caso contrário, o custo do transporte inviabiliza sua aplicação); (iii) é conveniente que se façam análises de fertilidade do solo que receberá o material, bem como das rochas que serão utilizadas para fertilizar (com essa medida, é possível conhecer as condições naturais do solo antes da aplicação do material, de forma a facilitar o acompanhamento das mudanças ao longo do tempo); e (iv) é aconselhável que se faça o uso combinado dos pós de rochas com materiais de origem orgânica, advindos, por exemplo, da compostagem ou da adubação verde. O material tanto de origem mineral quanto orgânica pode ser incorporado ao solo em toda área de plantio ou ser distribuído nos sulcos e covas que receberão as plantas.

Por fim, as pesquisas conduzidas por Leonardos e Theodoro mostram que, dependendo do tipo de rocha (ou do rejeito) e do número de safras anuais, a recarga pode ser feita após quatro, cinco ou mais anos, uma vez que a solubilidade natural dos minerais é mais baixa do que a dos fertilizantes convencionais (NPK). Vale dizer que os nutrientes (elementos químicos) são disponibilizados mais lentamente, o que é interessante do ponto de vista da nutrição vegetal, pois as plantas só se utilizam dos nutrientes na medida do necessário, mostrando que a produção com características agroecológicas é uma solução para o segmento representado pelos agricultores familiares. Tal característica confere também à técnica da Rochagem um apelo econômico significativo, haja vista a considerável redução de custos com a aquisição de insumos. Dados recentes das pesquisas de Theodoro mostram que esses custos podem cair em até quatro vezes.



CONSIDERAÇÕES FINAIS A transição para um novo estilo de desenvolvimento pressupõe estratégias bem definidas de transformação de setores produtivos, essenciais para a economia e o bem-estar da sociedade. Há que se harmonizar os diversos interesses econômicos com a preservação do meio ambiente, o que não significa inviolabilidade, mas, sim, desenvolvimento com geração de renda e valorização dos recursos naturais. No caso da mineração, trata-se de uma atividade que só pode ser executada *in situ*. No entanto, com o objetivo de garantir um desenvolvimento com características mais sustentáveis e de longo prazo, a indústria mineradora precisa integrar as questões ambientais ao planejamento e à operação de exploração nas minas, dentro de bases científicas e racionais. Com a questão ambiental tendo o mesmo nível de importância das

questões econômicas, o desafio será o de encontrar as melhores condições e as melhores tecnologias de extração dos minérios e seus rejeitos. O uso de rejeitos (segundo os pressupostos da tecnologia da Rochagem) como insumo agrícola é extremamente factível, pois essa é a estratégia que a natureza vem utilizando para nutrir, renovar e evoluir os sistemas de manutenção da vida.

Na medida em que as civilizações atuais e futuras se utilizem, de maneira racional, dos recursos naturais e, especialmente, minerais, estarão praticando uma boa política conservacionista, evitando o desperdício e minimizando o impacto ambiental, em favor de uma melhor qualidade de vida na Terra. Esse é o grande desafio que a humanidade está enfrentando neste milênio, no mundo globalizado.

Referências

- ALBAGLI S. 1996. *Elementos estratégicos e geopolíticos da evolução recente dos materiais*. Série estudos e documentos (MCT, CNPq e CETEM). Brasília. Albagli, S. Op cit – p. 12, 1996 Albagli, S. Op cit – p. 09, 1996
- DNPM BRASIL - Departamento Nacional de Produção Mineral 1988. *Normas regulamentares de mineração*, Brasília, p. 61,
- _____. 2001. *Anuário Mineral Brasileiro*.
- EPSTEIN A.L. 1992. *Estratégias empresariais e o novo paradigma ambiental* - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, (Relatório interno de consultoria).
- IBRAM Mineração e Meio Ambiente. 1987. *Impactos previsíveis e formas de controle*, p. 04.
- ILCHENKO W. & GUIMARÃES D. 1953. *Sobre a utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do Planalto de Poços de Caldas*. MG. Inst. Tecn. Avulso. 15, 16p.
- GUIMARÃES D. 1955. *Contribuição aos estudos dos Tufos da mata da Corda*. Inst. de tecnologia Industrial. Minas Gerais. 31p
- RATTNER H. 1993. Texto publicado pelo CETEM, MERN/SPRU e NANA/USP - Impactos Ambientais, Mineração e Metalurgia, *Mineração e Meio Ambiente: Bauxita, Cassiterita e Ouro*, CETEM, MERN/SPRU e NANA/USP p. 3.
- SOUZA P.A. 2001. *Impacto econômico da questão ambiental no processo decisório do investimento em mineração*. Série Estudos de Política Econômica Mineral, no. 11. DNPM. Brasília.
- LEONARDOS O.H. & MEYER H.O. 1991. A Geology of Western Minas Gerais. In: LEONARDOS O.H. *Field Guidebook*. 5th Intern. Kimberlite Conference, Araxá. CPRM Special Publ. 3/91 pp.: 17-24.
- LEONARDOS O.H. & THEODORO S.C.H. 1999. *Fertilizer tropical soils for sustainable development*. Proceedings. International workshop on Science for Sustainable development in Latin America and Caribe. Rio de Janeiro. Acad. Bras. Cienc. p.143-153.
- LEONARDOS O.H., THEODORO S.C.H., ASSAD M.L. 2000. *Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint*. IN: Nutrient Cycling in Agroecosystems - Formerly Fertilizer Research. No 56 pp.: 3 - 9,
- LEONARDOS O.H., FYFE W.S. & KRONBERG B.I. 1987. *The Use of Ground Rocks in Laterite Systems: an Improvement to the Use of Conventional Soluble Fertilizers*. *Chemical Geology*, **60**:361-370.
- RATTNER H. 1993. Impactos Ambientais, Mineração e Metalurgia, *Mineração e Meio Ambiente: Bauxita, Cassiterita e Ouro*, CETEM, MERN/SPRU e NANA/USP p. 3.
- THEODORO S.H. 2000. *Fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural*. Tese de doutorado defendida no CDS/UnB 225 p.
- THEODORO S.H. & LEONARDOS O.H. (no prelo) *The use of rocks to improve family agriculture in Brazil*.