



CETEM

Série Rochas e Minerais Industriais

As Rochas e os Minerais Industriais como Elementos de Desenvolvimento Sustentável

Benjamín Calvo Perez

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso
VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antônio Maciel
MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: Ronaldo Mota Sardenberg
SECRETÁRIO EXECUTIVO: Carlos Américo Pacheco
SECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA:
João E. Steiner

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

DIRETOR: Fernando A. Freitas Lins
COORD. DE PROJETOS ESPECIAIS (CPE): Juliano Peres Barbosa
COORD. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (CTM): Adão Benvindo da Luz
COORD. DE METALURGIA EXTRATIVA (CME): Ronaldo Luiz C. dos Santos
COORD. DE QUÍMICA ANALÍTICA (CQA): Maria Alice C. de Góes
COORD. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (CES): Carlos César Peiter
COORD. DE ADMINISTRAÇÃO (CAD): Cosme Antônio Moraes Regly

ISSN - 1518-9155

As Rochas e os Minerais Industriais como Elemento de Desenvolvimento Sustentável

BENJAMIN CALVO PEREZ

Doutor Engenheiro de Minas pela Universidade Politécnica de Madri (Espanha). Diplomado em Gemologia. Professor titular do Departamento de Engenharia Geológica (Escola Técnica Superior de Engenheiros de Minas de Madri). Subdiretor de Relações Externas da dita Escola. Autor de quatro livros sobre Mineralogia e Rochas Industriais, e dois sobre Política Universitária. Autor de 40 trabalhos técnicos em revistas espanholas e internacionais, e 30 comunicações a diversos Congressos.

MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS - SRMI

CORPO EDITORIAL

Editor

Adão Benvindo da Luz

Sub-Editor

Gildo de Araújo Sá Cavalcanti de Albuquerque

Membros Internos

Adriano Caranassios, Antônio Rodrigues de Campos,
Fernando Freitas Lins, Francisco Wilson Hollanda Vidal, Jurgen Schnellrath

Membros Externos

Arthur Pinto Chaves (USP), Benjamín Calvo Pérez (Universidade Politécnica de Madri), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Gladstone Motta Bustamante (Consultor), Hélio Antunes Carvalho de Azevedo (CBPM), José Carlos da Rocha (INT), Marsis Cabral Júnior (IPT), Pérsio Souza Santos (USP), Renato Ciminelli (Consultor)

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos que busquem divulgar tecnologias de aproveitamento e agregação de valor a rochas e minerais industriais.

O Conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Elbert Valdiviezo Viera TRADUÇÃO TÉCNICA

Jackson de F. Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL

Vera Lúcia Ribeiro EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Valéria Cristina de Souza DIGITAÇÃO

Perez, Benjamin Calvo

As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável/Benjamin Calvo Perez - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

37 p. (Série Rochas e Minerais Industriais; 3)

1. Rochas ornamentais. 2. Minerais industriais.
I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Título. III. Série.

ISBN 85-7227-145-7

ISSN 1518-9155

CDD 553

Apresentação

É com grande satisfação que trazemos à apreciação da comunidade mineral este trabalho do Prof. Benjamín Calvo. Originalmente escrito em castelhano, é o primeiro artigo do livro *Rocas y Minerales Industriales de Iberoamérica*, editado em 2000 por Benjamín Calvo, Anibal Gajardo e Mario Maya, com apoio do Instituto Tecnológico Geominero de España, CYTED e o Ministério de Ciencia y Tecnología da Espanha. A edição do livro se originou na Rede RIMIN do Subprograma Tecnologia Mineral do Programa CYTED.

A clareza e a qualidade do texto introdutório motivou-nos a solicitar ao autor a publicação do seu trabalho nesta Série.

Num momento em que os minerais não-metálicos começam a merecer, no Brasil, mais atenção dos especialistas e responsáveis pela área mineral, o presente trabalho poderá contribuir para fortalecer ainda mais a convicção a respeito de sua importância.

Agradecemos portanto ao Prof. Calvo sua concordância e também ao Prof. Elbert Valdiviezo, da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande, pela gentileza de fazer a versão do texto para o português.

Novembro de 2001,

Fernando Freitas Lins
Diretor do CETEM

Sumário

Resumo/Abstract	1
1. Introdução	3
2. Algumas Idéias Básicas Sobre Rochas e Minerais Industriais	14
3. Características das Rochas e Minerais Industriais	16
3.1 Jazimentos de Rochas e Minerais Industriais	18
4. Lavra e Beneficiamento das Rochas e Minerais Industriais	20
5. Utilização e Aplicações das Rochas e Minerais Industriais	22
5.1 Os Materiais de Construção	22
5.2 Os Fertilizantes	23
5.3 Matérias-Primas Para a Indústria Química	24
5.4 Outras Aplicações das Rochas e Minerais Industriais	26
6. A Importância das Rochas e Minerais Industriais	27
7. O Desenvolvimento Sustentável	29
8. A Mineração e o Desenvolvimento Sustentado	31
9. Demanda e Exaustão das Matérias-Primas Mineraias	33
9.1 As Rochas Mineraias Industriais e os Países em Desenvolvimento	34
Referências Bibliográficas	37

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo fazer uma apresentação básica das rochas e minerais industriais (RMI), e ressaltar sua importância como matérias primas de utilização ampla e crescente, na sociedade desenvolvida. Além de uma breve descrição sobre os principais grupos de RMI, classificados por usos, é dada especial atenção aos condicionantes derivados do desenvolvimento sustentável, que devem ser levados em consideração em qualquer exploração desses materiais.

Este trabalho é constituído de três partes: na primeira são feitas considerações sobre o crescimento da população humana, sua crescente demanda de matérias primas e o desequilibrado consumo entre países ricos e pobres. Na Segunda parte são relacionadas as principais RMI, suas características, aplicações e perspectivas. Na terceira, é feita uma reflexão sobre o conceito de “desenvolvimento sustentável” e sua aplicação às explorações mineiras, e em particular, algumas considerações sobre as instalações de RMI.

Palavras Chaves: Minerais Industriais, Rochas, Rochas Industriais, Desenvolvimento Sustentável, Matérias Primas Minerais, Exploração Mineira.

Abstract

This work presents an appraisal on the Industrial Mineral and Rocks, relating its importance as raw material with ample use in the developed society. Beside the description of the main group of Industrial Minerals and Rocks, classified by its use, special attention derived of sustainable development, has to be taken into account in any exploitation of these material.

This work has been developed in three steps: in the first one it has been done some consideration on the human population growing, its increasing demand by raw materials as well as some reflection on the unbalance consumption between rich and poor countries. In the second step, the main Industrial Minerals and Rocks, its technological characteristics, uses and perspectives, were presented. In the third step, the concept of sustainable development and its relation with exploitation of industrial mineral were discussed.

Keywords: Industrial Minerals, Rocks, Industrial Rocks, Sustainable Development, Population Growing, Raw Material.

1. Introdução

1.1 População Mundial e Recursos Não-Renováveis

O crescimento da população mundial está muito longe de ser linear. Até o ano 1300 D.C., aproximadamente, foi constatado um aumento gradativo da população mundial, até alcançar 300 milhões de pessoas. A partir desta data, e após a trágica perda de população que mergulhou a Europa na peste negra no ano 1348, a população mundial aumentou de forma acelerada. Estima-se que no ano 1800 habitavam no mundo em torno de 1 bilhão de seres humanos. Ao iniciar o século XX o número era superior a 2 bilhões e, pouco antes do início do ano 2000, se soube de fontes oficiais que a população mundial havia superado os 6 bilhões de pessoas (Hammond *et.al.*, 1996).

Este crescimento é desigual tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. Como pode ser observado na Figura 1, nos primeiros, a curva de crescimento alcança sua estabilidade em 1 bilhão de seres, enquanto que o aumento da população nos países em desenvolvimento continuará, segundo algumas previsões, até alcançar os 10 bilhões de pessoas por volta do ano 2050. A estimativa da população total mundial nas próximas décadas pode variar de acordo com o modelo prospectivo que seja adotado. Segundo estudos desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas, para uma taxa média de crescimento de 2,06 filhos por casal, considera que a população mundial se estabilizaria por volta do ano 2100 em um número aproximado de 11 a 12 bilhões de pessoas.

Evidentemente estes números formam parte da prospectiva das instituições internacionais que estudam as tendências demográficas, e estão submetidas a variações imprevisíveis muito importantes, marcando, em seu conjunto, a evolução crescente de uma população que demanda recursos para sua sobrevivência. Por outro lado, é preciso acreditar que o desenvolvimento e o bem-estar social alcançarão no futuro próximo setores mais amplos da população mundial. Haveria que pensar que o consumo por habitante crescerá também, o que torna a demanda de recursos naturais para as próximas décadas um tema de grande importância, sobretudo nos países em desenvolvimento.

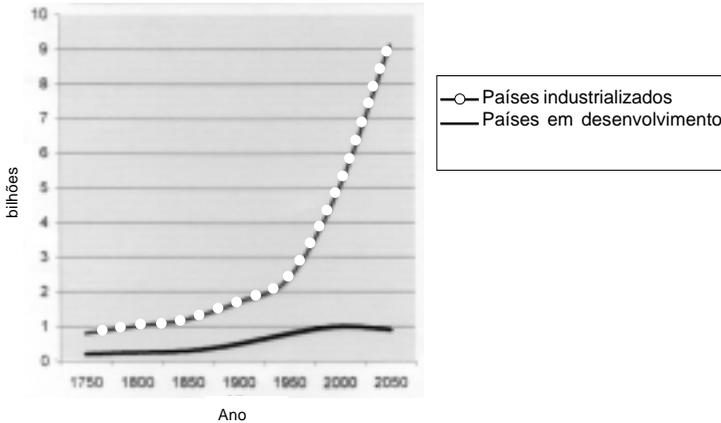


Figura 1 - Tendências e perspectivas de crescimento da população mundial. 1750–2050

A Figura 2 mostra o desigual crescimento da população de várias nações do mundo. Algumas, como Japão, Estados Unidos ou Rússia parecem estar alcançando uma taxa de crescimento zero, enquanto que outras, como Nigéria, Bangladesh ou Paquistão, seguirão experimentando uma alta taxa de crescimento populacional, que não se deverá deter até finais do século XXI.

Poderia pensar-se que o crescimento na demanda de recursos, tanto renováveis quanto não renováveis, comporte-se como uma curva de crescimento paralela à da população, mas não é bem assim. Estudos realizados pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), demonstraram que, a nível mundial, a duplicação da população que se gerou entre 1950 e 1990 (de 2,5 para 5,3 bilhões de pessoas) conduziu a um aumento maior (o triplo) do índice de produção agrícola, o quádruplo do número de tratores (de 6,6 para 26,5 milhões) e um aumento de nove vezes no consumo de fertilizantes (de 17 para 153 milhões de toneladas) (Fig. 3). Aceitando estes números como válidos, pode-se extrapolar a produção de fertilizantes que será necessária no mundo para alimentar a população prevista para finais do próximo século. De forma similar, embora com índices diferentes, evoluirá a demanda de materiais de construção, de produtos petrolíferos, de água ou de energia.

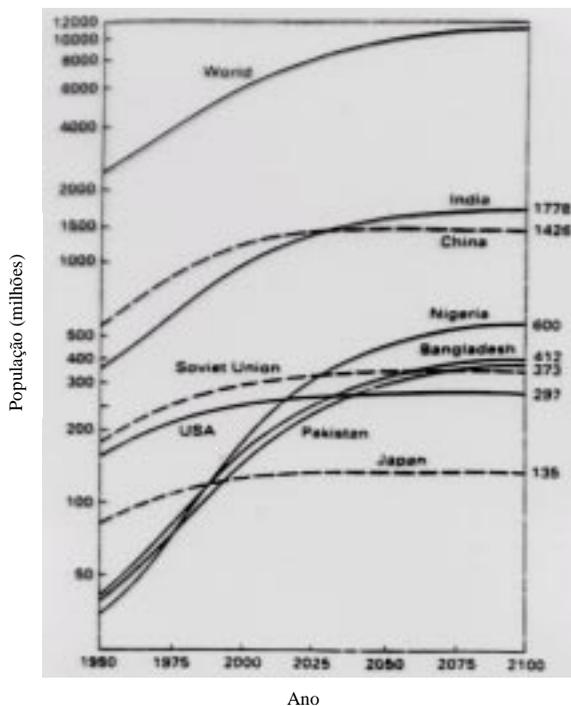


Figura 2 - Crescimento da população estimada em vários países (Demeny, 1984)

O abastecimento de matérias-primas é, sem dúvida, um desafio de primeira ordem, que preocupa a curto prazo todos os governos, e, particularmente, dos países em desenvolvimento, nos quais o crescimento da população será superior. Este abastecimento exige conhecimento dos próprios recursos, estratégias para sua exploração, investigação e exploração, e mecanismos para que o valor agregado de sua extração e distribuição não seja aproveitado por países ricos que dispõem de capital e de tecnologia, mas sim pelos próprios países produtores, aumentando a qualidade de vida e os níveis de emprego de seus habitantes.

Neste complexo panorama de adequação dos recursos à população, existe ainda um terceiro fator que deve ser considerado. O incremento na exploração dos recursos naturais deve produzir-se de forma *sustentável*, isto é, prejudicando o menos possível o meio ambiente, minimizando os prejuízos que a extração e utilização dos materiais e a energia produzirão na espécie humana e no seu entorno.

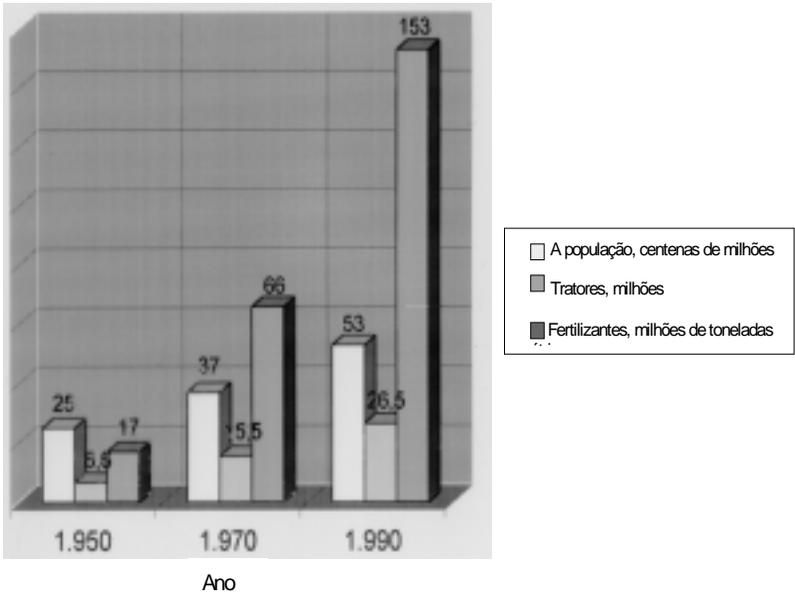


Figura 3 - Relação entre população mundial, produção agrícola e uso de tratores e fertilizantes

Por último, mas não menos importante, seria preciso obter a igualdade na distribuição, que hoje em dia está longe de ser alcançada. Em todos os foros internacionais se denuncia que os países ricos consomem os bens que fornecem os países pobres, e além disso, são os maiores responsáveis pela deterioração ambiental e a destruição progressiva do planeta, que é preciso deter. Convencionou-se que todas as tentativas sejam feitas para que os governos dos países em desenvolvimento conheçam e valorem seus recursos, estabeleçam estratégias para explorá-los de forma racional e sustentável e criem mecanismos para que as vantagens da exploração beneficiem seus cidadãos, para que os mesmos sejam favorecidos e estimulados. É um direito dos países em desenvolvimento exigir dos países ricos que assumam a liderança de uma revolução nas estratégias de produção e distribuição dos recursos, com vistas a conseguir um equilíbrio no bem-estar da população mundial, atual e futura.

Parece desnecessário mencionar que esta utopia possui profundas conotações geopolíticas e geoeconômicas, que excedem em muito a pequena capacidade de ação do reduzido grupo de técnicos e cientistas que têm elaborado esse documento. Contudo, estipula-se que qualquer esfor-

ço, realizado com boa vontade e a cooperação, contribuirá para o benefício da humanidade. Por esse motivo, no âmbito de um setor reduzido, embora importante o das rochas e minerais industriais e em um entorno geográfico limitado, embora muito extenso e estratégico a comunidade iberoamericana os assinantes do presente documento tratam de aportar seu conhecimento da realidade atual e das perspectivas futuras.

No final do documento se conhecerá a importância que possui o setor das Rochas e Minerais Industriais no desenvolvimento dos países iberoamericanos, traça um primeiro esboço da riqueza em geral pouco conhecida e mal aproveitada desses materiais na área, e estabelece as primeiras estratégias de cooperação para alcançar o maior benefício possível com sua exploração.

O Programa CYTED (Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento) marca estes objetivos no âmbito global. Os assinantes, membros da Rede Iberoamericana de Rochas e Minerais Industriais, pertencentes ao Subprograma XIII (Tecnologia Mineral) os assumem como próprios e estão dispostos a cooperar no conhecimento e melhor aproveitamento dos recursos minerais não-metálicos e das rochas industriais dos países iberoamericanos.

2. Algumas Idéias Básicas sobre Rochas e Minerais Industriais

Denominam-se rochas e minerais industriais (RMI) os materiais naturais (e, ocasionalmente, resíduos da indústria ou da construção) que são empregados na atividade humana, não para obter metais ou energia, mas pelas suas propriedades físicas, químicas ou ornamentais, manifestas no mineral ou rocha tal qual são extraídas ou após uma transformação não metalúrgica.

Normalmente distingue-se entre minerais metálicos ou minérios, recursos energéticos e rochas e minerais industriais. Os primeiros foram a base do desenvolvimento industrial no século XIX, tendo prolongado sua importância no século XX, visto que, mediante sua exploração e tratamento metalúrgico são obtidos (exceto os metais reciclados, de importância crescente) a totalidade dos metais usados na indústria e na construção. Os recursos energéticos são e continuam sendo os grandes protagonistas do século XX, porque o desenvolvimento dos países exige enormes quantidades de energia. As rochas e minerais industriais serão, segundo Kuzvart (1984) “as matérias-primas típicas da segunda revolução industrial, as matérias-primas do terceiro milênio”. Esta afirmação, que pode parecer exagerada, tem sentido considerando que os minerais industriais são imprescindíveis na obtenção de diversos produtos de alta demanda pela sociedade pós-industrial: plásticos, fibra óptica, colas adesivas, isolantes, produtos químicos e farmacêuticos, fertilizantes, abrasivos, lubrificantes, componentes eletrônicos, materiais de altas pureza, etc. E tudo isso sem considerar os enormes volumes de matérias-primas que demanda a construção e que, devido ao aumento de população e ao desenvolvimento do nível de vida previsíveis, haverão de multiplicar-se nas próximas décadas.

Não existem limites definidos para a classificação das rochas e minerais industriais, devido a que muitos minerais (berilo, cromita, rutilo, ilmenita, hematita, zircão) têm usos metalúrgicos e não metalúrgicos, à possível inclusão ou não dos materiais de construção e do significativo grupo das gemas, etc. Existe uma enorme polêmica sobre se o termo rochas e minerais industriais é análogo ao de minerais não metálicos. Uma classificação possível, atribuída a Kuzvart (1984), é a que considera rochas e minerais industriais:

- a) As matérias-primas que se empregam na indústria na sua forma mineral, após diversos tratamentos (por exemplo, talco, asbesto, diamante) ou na forma de rocha (diatomita, bentonita, ocre).
- b) As matérias-primas que são fonte de elementos não metálicos (pirita como fonte de enxôfre, fluorita como fonte de flúor, apatita como fonte de fósforo, etc.) ou que servem para a fabricação de compostos simples (boratos para a fabricação de ácido bórico).
- c) As matérias-primas de aspecto não metálico de onde são obtidos metais ou seus compostos (berilo como fonte de berílio, magnesita como fonte de magnésio, espodumênio como fonte de lítio).
- d) Os materiais de construção (argila, areia, cascalho, granito, mármore, matéria-prima para a fabricação de cimentos).

Uma lista convencional (alfabética) dos minerais e rochas industriais mais usados na indústria é a seguinte:

1) **Minerais Industriais:** Andaluzita (+ sillimanita + cianita), Asbestos (anfíbólios, crisotila), Apatita, Barita, Berilo, Boratos, Caulim, Celestina (e estroncianita), Coríndon (e esmeril), Diamante, Enxôfre, Espodumênio (e outros minerais de Lítio), Feldspatos, Fluorita, Gemas, Grafite, Granadas, Magnesita, Mica e vermiculita, Monazita (e outros minerais de terras-raras), Nitratos, Olivina, Pirita, Pirolusita (e outros minerais de manganês), Quartzo, Rutilo (e outros minerais de Titânio), Talco, Thenardita (e glauberita), Wollastonita, Zeólitas, e Zircão.

2) **Rochas Industriais:** Argilas cerâmicas, Argilas especiais (sepiolita, atapulgita, bentonita), Bauxita e laterita alumínica, Basalto, Calcário, Diatomita, Dolomita, Fosfatos (fosforita), Gesso, Granito, Margas, Mármore, Perlita, Ardósia, Pórfiro, Pedra-pomes, Sal gema, Sais potássicos, e Quartzito.

3. Características das Rochas e Minerais Industriais

Do ponto de vista de sua utilização como matéria-prima, as RMI possuem algumas particularidades que, como grupo, as definem e as diferenciam dos minerais metálicos. Essas particularidades são, entre outras, as seguintes:

a) **Explotabilidade determinada pelo uso.** A possibilidade ou impossibilidade de explorar um jazimento de RMI depende de três fatores interligados e inseparáveis: As características geológico-mineiras do mesmo, as possibilidades de tratamento do material para conseguir um produto comercial e o preço de mercado para cada aplicação específica do material extraído. A exploração de um jazimento de areia silicatada, por exemplo, pode resultar rentável se a pureza e homogeneidade do material é suficiente, se existem reservas suficientes, acessíveis e transportáveis a preço competitivo e, se o mercado demanda este material para alguma aplicação que permita o custeio. Se quaisquer destas características variam (por variação lateral de facies, por ausência de água para tratamento, por variação de preços no mercado), o jazimento pode tornar-se antieconômico.

b) **Usos e aplicações diversificados.** Segundo a pureza, granulometria, etc. uma única matéria-prima pode empregar-se em diferentes indústrias, e alcançar diversos valores. Por exemplo, os feldspatos são usados na fabricação de louças e porcelanas, na vitrificação e esmaltes cerâmicos, na indústria do vidro, na fabricação de peças dentárias artificiais, em tintas, em lixas como abrasivo, como aglomerante cerâmico em discos abrasivos, em isolantes de umidade, na agricultura (recobrimentos de sementes, fungicidas, fertilizantes, etc.) e em outros vários usos.

c) **Baixo valor no local de mina, alto valor adicional.** A maior parte das RMI encontram-se em jazimentos muito extensos, mas de baixo valor unitário (granitos, calcários, argilas). A extração, o tratamento posterior e a aplicabilidade em diversos usos específicos é o que confere às RMI valor agregado. Antes de iniciar a exploração é preciso portanto conhecer o processo de tratamento e seu custeio, o preço final de venda e, os possíveis mercados. Existe uma estreita relação entre as etapas de exploração, investigação, exploração, tratamento e comercialização.

d) **Alta incidência do custo de transporte.** Por tratar-se, no geral, de substâncias de baixo valor, o fato de que um jazimento encontre-se afastado dos centros de consumo ou das vias de comunicação, poderia impedir sua exploração. Isso é fundamental em pedras para brita, argilas cerâmicas, calcários para cimentos. Outros materiais, pelo contrário, possuem altos valores unitários e suportam transportes internacionais (muitos granitos, mármore e ardósias, asbesto, sepiolita e zircão). As rochas industriais de menor valor são a argila para cerâmica e as pedras para brita, e o mineral industrial de maior valor, com exceção de algumas gemas, é o diamante industrial.

e) **Estabilidade de preços de venda.** A diferença dos minerais metálicos, cujos preços são controlados desde um mercado central, a grande produção e grandes reservas das RMI de diversos países, faz com que seu mercado se regule e evita, em geral, grandes oscilações de preços. Os fatores que mais influenciam na variação dos preços das RMI são: o aumento do PIB do país produtor, o descobrimento de novas aplicações, o aparecimento no mercado de substitutos ou similares, as políticas governamentais de construção e obras públicas, o desenvolvimento de novas tecnologias, as variações do preço da energia. As taxas de crescimento de produção e consumo apresentam, em todo caso, uma periodicidade plurianual mais longa que a dos minerais metálicos.

f) **Alta taxa de crescimento anual do consumo.** Pelas suas especiais características de investimento relativamente baixo, emprego de mão de obra local e vinculação estreita com as políticas de investimento e obras de um país, as RMI constituem um índice das taxas de desenvolvimento e uma alternativa de emprego, dando valor aos recursos próprios. O incremento médio do consumo mundial de RMI situa-se em 4% anual, acumulado. Em todos os países desenvolvidos, incluindo-se os de maior tradição mineira, como Canadá, África do Sul ou Austrália, observa-se uma progressiva substituição da mineração metálica pela de rochas e minerais industriais.

3.1 Jazimentos de Rochas e Minerais Industriais

Dada a enorme variedade de rochas e minerais industriais, que se estende praticamente a todos os materiais que se encontram na crosta terrestre, menciona-se que quase todos os afloramentos rochosos constituem jazimentos potenciais. Esta apreciação, contudo, não é correta, já que as exigências da indústria são cada vez mais restritas, e a qualidade dos produtos exige especificações que nem todos os minerais e rochas cumprem. É certo que os agregados de construção, por exemplo, tiveram, até épocas recentes, exigências pouco restritas, e por seu baixo valor eram utilizados os materiais mais próximos das obras civis em andamento. Hoje em dia, já não é bem assim, e se estudam não só as características mecânicas e físicas dos materiais, mas também sua durabilidade a longo prazo, posto que os custos de usar materiais inadequados superam os custos de uma investigação e uma exploração de materiais mais afastados.

No que se refere a matérias-primas mais valiosas, é fundamental a prospecção sistemática, a investigação detalhada dos possíveis jazimentos e a caracterização do material, antes de iniciar a exploração.

Uma classificação, necessariamente simples, das RMI e seus jazimentos mais comuns, é a seguinte:

a) Jazimentos magmáticos: Diamante, olivina, apatita, feldspatos, pedra natural para construção.

b) Jazimentos pegmatíticos: Feldspato, quartzo, monazita, berilo, criolita, muscovita, gemas.

c) Jazimentos metassomáticos de contato (tipo *skarn*): Berilo, crisoberilo, fenacita, minerais de boro, grafite, crisotila, talco, granadas.

d) Carbonatitos: Flogopita, apatita, vermiculita.

e) Jazimentos hidrotermais: Apatita, flogopita, quartzo, fluorita, barita, witherita, caulim, serpentina.

e) Depósitos de sublimação: Enxôfre, sassolita.

f) Jazimentos metamórficos: Grafite, esmeril, gemas, andaluzita, sillimanita, cianita, mármore, ardósias.

g) Jazimentos residuais: Caulim, lateritas, bauxitas, halloysita, bentonita, ocres, magnesita, zeólita, vermiculita.

h) Jazimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares: Diamante, gemas, granada, cromita, andaluzita, monazita, feldspatos, quartzo, areias, cascalhos, argilas.

i) Jazimentos sedimentares biogénicos ou bioquímicos: Adubo, diatomita, enxôfre, pirita, fosfatos, dolomita, calcários, nitratos.

j) Jazimentos evaporíticos: Sal gema, sais potássicos, gesso, magnesita, boratos, sais de lítio, thenardita, glauberita, carbonato de cálcio.

4. Lavra e Beneficiamento das Rochas e Minerais Industriais

Dada a grande variedade em forma, tamanho e concentração das RMI, é impossível ter um método geral de lavra para os diferentes tipos de RMI. Na lavra de areias e cascalhos empregam-se dragas ou “scrapers”. Na exploração das rochas ornamentais em blocos (granito, diabásio, mármore, ardósia), conforme a sua dureza ou composição empregam-se o corte por fio diamantado, o maçarico (*jet flame*), corte com cunha, o corte com furos contíguos carregados com explosivos, o corte por jato d’água de alta pressão, etc. A halita (NaCl) e os sais de potássio são extraídos, por lavra subterrânea, através do método câmara e pilares. O sulfato de sódio, os sais e o enxôfre se lavram, também, por dissolução, injetando água no jazimento e coletando as salmouras. Os jazimentos disseminados em greisen, skarns ou pegmatitos, tais como os de berilo, turmalina, wollastonita, zircão, micas, feldspatos, requerem sistemas tradicionais de corte, se o recobrimento não é grande, ou de poço e galerias, caso haja necessidade de lavra subterrânea. Os depósitos de evaporitos com salmouras se exploram por bombeamento e evaporação solar.

A grande maioria das RMI se lavra a céu aberto, devido à extensão de seus jazimentos, a limitação nos custos e o capeamento que o tipo de material pode permitir. Em algumas rochas ornamentais, tais como granitos, mármore ou ardósias, deve considerar-se a lavra subterrânea, sobretudo por razões ambientais ou por impedimentos da legislação.

Os condicionantes do método de lavra são, entre outros:

a) O *tamanho do jazimento*, que varia entre os escassos milhares de toneladas de um jazimento pequeno de grafite, mica, talco, asbesto ou fluorita, até as centenas de milhões de toneladas que pode ter um jazimento grande de sal gema, gesso ou granito.

b) A *disposição geométrica* do material (maciço, estratificado, disseminado, filonar, etc.)

c) O *preço* do material no local de extração, o qual determina o grau de tecnologia.

d) O *nível de qualidade* exigido, que determina a exploração de todo ou de uma parte específica que deve ser extraída com cuidado (por exemplo, as gemas).

e) As *exigências legislativas*, ambientais e outros vigentes no país ou no lugar em que se encontra a mina.

f) Os *fatores climáticos*, a *disponibilidade de água e energia*, o *custo da mão-de-obra*, o *custo de transporte*, etc.

5. Utilização e Aplicações das Rochas e Minerais Industriais

Uma das características que define as RMI é sua versatilidade, isto é, sua capacidade para ser aplicada em distintos usos e em diferentes tipos de indústrias. Não existe indústria nem tarefa do cotidiano doméstico que não use RMI em maior ou menor extensão. Os principais setores consumidores de RMI são o da construção, o químico, o agrícola e o siderometalúrgico. A estes pode-se acrescentar, ainda, o farmacêutico, o de manufatura, o elétrico, o eletrônico e outros.

5.1 Os Materiais de Construção

Constituem, em seu conjunto, o grupo mineral que mais volume de extração propicia na Terra. Quanto ao seu valor total, situa-se somente abaixo dos combustíveis fósseis. Quase todas as rochas e minerais conhecidos possuem um papel na indústria da construção, na qual se incluem estradas, edifícios, pontes, represas, portos e outras estruturas muito variadas. Portanto, o setor da construção é, largamente, o setor industrial que mais consome RMI. Tendo em vista que os volumes envolvidos são muito altos, os preços no local da extração podem ser muito baixos, adquirindo maior ou menor valor agregado segundo o tratamento posterior a que é submetido. Por exemplo, a argila e o calcário usados na fabricação de cimento têm valores em torno de US\$ 5,00 por tonelada no local de extração, mas este valor se multiplica por 10, uma vez transformado em cimento de alta qualidade. As rochas ornamentais e as argilas cerâmicas sofrem um incremento ainda maior.

Como são muito abundantes, os fatores que controlam a exploração e comercialização dos materiais de construção são muito diferentes das outras RMI. Normalmente, as pedreiras são abertas para satisfazer demandas locais, visto que o baixo custo não suporta longos transportes. A produção normalmente é consumida no próprio país. As reservas e os recursos potenciais são muito grandes para materiais de baixo custo (agregados, argilas comuns, gesso), embora possam ser muito menores para materiais de alta qualidade (rocha ornamental, matéria-prima para isolantes).

As RMI que se empregam na fabricação de materiais de construção são, entre outros: areias, cascalhos e toda classe de rochas britadas como agregados; calcário e argila, gesso e materiais pozolânicos para cimentos; argilas, feldspatos, quartzo, caulim e outros minerais para a fabricação de telhas, tijolos, louças, porcelana; granitos, mármore, ardósias, calcários, serpentinas e outras rochas como rocha ornamental; gessos e cal como aglomerantes; materiais asfálticos; areias silicosas e diversos óxidos e carbonatos na fabricação de vidro; crisotila, anfibólios, sepiolita, wollastonita e outros minerais na fabricação de fibrocimentos; pedra-pomes, perlita, vermiculita, argila, ardósia e outras rochas na fabricação de elementos leves ou isolantes.

5.2 Os Fertilizantes

Todos os vegetais terrestres, que constituem a base da cadeia alimentar, se nutrem de uns poucos elementos químicos (hidrogênio, oxigênio, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, ferro e magnésio). Outros elementos são também necessários, mas em quantidades muito menores. Os três primeiros elementos, as plantas os retiram da água e do anidrido carbônico da atmosfera. Os demais procedem da decomposição, em meio aquoso, das rochas da crosta terrestre, para formar os solos vegetais. Não é preciso grandes concentrações, mas sim da presença de todos os elementos citados. A carência de algum deles significa a perda de vida vegetal. Como o ferro, o cálcio e o magnésio estão presentes em quantidade suficiente, as carências apresentam-se, normalmente, em nitrogênio, fósforo e potássio. O enxofre, que é o quarto elemento importante na indústria dos fertilizantes, é indispensável na fabricação de fosfatos, e em quase toda indústria.

O nitrogênio, que forma parte da molécula de clorofila, responsável pela fotossíntese, foi obtido inicialmente do guano, matéria orgânica formada por excrementos de aves, que se encontra no litoral do Chile e Perú, e em certas ilhas do Pacífico. Ao final do século XIX, o incremento da agricultura obrigou a exploração dos enormes jazimentos de nitratos de sódio e de potássio do norte do Chile. Hoje em dia, quase a totalidade do nitrogênio necessário para a fabricação de fertilizantes é obtida do ar. As reservas são praticamente inesgotáveis. A produção mundial alcança 85 milhões de toneladas por ano. Os principais países produtores de compostos nitrogenados são China, Estados Unidos e Índia.

O fósforo, elemento relativamente abundante, mas muito disperso, se encontra também no guano e nos ossos de animais. Também, em grande quantidade, em acumulações sedimentares de fosforita, de origem marinha e, como apatita, em certas rochas ígneas específicas. Os fosfatos são, em geral, insolúveis e, portanto, não podem ser aproveitados pelas plantas. Para torná-los solúveis (superfosfatos) precisa-se de enxôfre, pelo que as indústrias de obtenção de ambos elementos sempre caminham juntas. Não existe substituto conhecido dos adubos fosfatados, e se espera que sua demanda continue aumentando com o aumento da população mundial. Não obstante, as reservas de fosfato, a nível mundial, serem muito grandes (12 bilhões de toneladas), sua presença em certos países específicos cria uma dependência estratégica por parte dos países não produtores. A produção mundial pode alcançar os 140 milhões de toneladas e os principais países produtores são Estados Unidos, China e Marrocos.

O potássio é muito abundante em solos e rochas (é o oitavo elemento em quantidade na crosta terrestre). As únicas rochas que contêm suficiente potássio para permitir sua exploração rentável são os evaporitos, onde os minerais tais como silvita, langbeinita, carnalita e kainita, são paragenéticos da halita, gesso e sulfatos sódicos. As reservas mundiais de potássio são praticamente inesgotáveis (estimam-se em 9 bilhões de toneladas). A produção anual não alcança os 25 milhões de toneladas. Os principais países produtores são Canadá, Rússia, Bielorrússia e Alemanha.

5.3 Matérias-Primas para a Indústria Química

Existem numerosas rochas e, principalmente, minerais industriais que se empregam na indústria química. Estes são diferentes de muitas matérias-primas empregadas na construção. Na indústria química, os minerais sofrem transformações tão intensas que torna difícil as suas identificações nos produtos. Como minerais mais comuns, é preciso destacar o enxôfre e seus compostos, o sal, os boratos e a fluorita.

O enxôfre é um elemento de importância fundamental na fabricação de fertilizantes porque é imprescindível na fabricação de fosfatos solúveis e superfosfatos. Além disso desempenha um papel essencial em toda a indústria química. Trata-se de um elemento muito abundante, que se encontra nativo, em forma de sulfetos e de sulfatos, dissolvido como sulfato em águas marinhas, como sulfeto de hidrogênio no gás natural e como enxôfre orgânico no petróleo e no carvão. Além do seu uso agrícola, o enxôfre se

utiliza, principalmente, na fabricação de sabões, borracha, plásticos, acetato, celofane, seda artificial (rayon), explosivos, papel, pigmentos e solventes. As reservas mundiais explotáveis atingem mais de 1,4 bilhões de toneladas, às quais haveria que somar as contidas nos gessos, águas marinhas, petróleo, gás. São, portanto, praticamente ilimitadas. Além disso, o enxôfre e/ou o ácido sulfúrico são recuperados nas usinas metalúrgicas. A produção mundial de enxôfre alcança 50 milhões de toneladas por ano.

Da halita ou sal comum (NaCl) se obtém o cloro e o sódio, e os inumeráveis compostos destes dois elementos. O mesmo sal é essencial na indústria de alimentos e no tratamento de águas, para o degelo e outros fins. O sal se encontra em quantidades praticamente ilimitadas na água do mar, e também é explotado em jazimentos evaporíticos (estratificados e diapíricos). O conteúdo de sal na água do mar se estima em 46×10^{15} toneladas. O problema não é de reservas, mas de economicidade de extração e transporte.

Os minerais de boro se encontram em áreas geológicas restritas. O boro se emprega na fabricação de vidro, nos isolantes, em detergentes, na conservação de alimentos, em esmaltes e em retardadores de chama. Muitos jazimentos de boratos têm sua origem em emanações vulcânicas que se concentram em ambientes sedimentares. As reservas conhecidas nos Estados Unidos, Turquia, Rússia, China, Argentina, Chile e Perú asseguram o consumo por mais de 100 anos.

A fluorita é a principal fonte de fluor, elemento importante na fabricação de aço e alumínio, e também na fabricação de combustível para centrais nucleares. Se usa também na indústria cerâmica, na fluoretação das águas de consumo, na fabricação de plásticos (teflon) e em certas aplicações médicas. A fluorita é um mineral hidrotermal relativamente escasso, que pode encontrar-se também em jazimentos sedimentares de alta salinidade e baixa temperatura, associada à calcita e barita, e minerais de chumbo e zinco. As reservas mundiais de fluorita, muito disseminadas, atingem os 300 milhões de toneladas, o que permite assegurar o consumo por uns 100 anos.

5.4 Outras Aplicações das Rochas e Minerais Industriais

Para não tornar interminável a descrição, pode atribuir-se às matérias-primas para isolantes, entre as quais se encontram os asbestos e amiantos (fibras de serpentina ou anfibólios), a sepiolita, a pedra-pomes, a perlita, as argilas e ardósias expandidas e outros materiais.

Também os abrasivos, materiais usados para desgaste, entre os quais se encontram o diamante, o coríndon, as granadas, os feldspatos, o quartzo, a pedra-pomes e muitos outros minerais, dependendo da dureza do material a desgastar.

Os lubrificantes, que se empregam para diminuir o coeficiente de atrito entre superfícies sólidas; entre esses o grafite, o talco e o caulim; os pigmentos fabricados a partir de ocre, minerais de titânio e outros; os adensadores, como a barita, e as cargas ou enchimentos, como o caulim, o talco e o carbonato de cálcio.

6. A Importância das Rochas e Minerais Industriais

A importância das rochas e minerais industriais no mercado mundial tem sido crescente nos últimos 70 anos e se verifica isso ao comparar a evolução da demanda com a dos minerais metálicos. Entre 1915 e 1920 eram conhecidos uns 30 minerais metálicos e hoje são conhecidos 40. No entanto, no mesmo período eram conhecidos apenas 15 minerais não-metálicos, e atualmente seu número alcança mais de 50. Foi verificado que, neste mesmo período, o valor total dos minerais metálicos no mercado mundial tem aumentado em 235%, enquanto que o dos recursos não-metálicos foi de 900%; o valor em bruto dos produtos não-metálicos supera o dos metálicos várias vezes.

Isto mostra que a mineração de minerais metálicos, que dominava a produção industrial e o comércio de minerais, tem diminuído de forma relativamente rápida, em relação à mineração do grupo dos recursos não-metálicos, cujo desenvolvimento e aplicações tecnológicas ganham cada vez maior importância.

Atualmente, diversos autores sugerem a conveniência de usar a produção de RMI como uma medida aceitável do amadurecimento industrial de um país. Quanto mais tarde ocorra o momento em que a produção nacional de RMI supere em valor a produção de minerais metálicos, mais recente é a industrialização deste país (Bristow, 1987). Em países de longa tradição industrial, como o Reino Unido, faz muito tempo que a produção de RMI superou amplamente a produção de minerais metálicos. Da mesma forma acontece nos Estados Unidos, apesar da produção metálica continuar sendo importante. Na Tailândia, por exemplo, país que tem experimentado uma rápida industrialização nas décadas passadas, a produção de rochas e minerais industriais alcançou a de metálicos entre 1990 e 1991 (Togashi, 1992).

Grande parte do valor das RMI deve-se à possibilidade de aproveitamento integral destes recursos; este aproveitamento depende principalmente do nível científico, tecnológico ou industrial de cada país. Os países que possuem tecnologia suficiente, têm condições de conduzir investigações mais sistemáticas e completas de seus recursos, dotar laboratórios para

caracterizar melhor os materiais, e desenvolver normas que permitam melhorar a qualidade dos produtos elaborados com eles. Nestas condições, a exploração e comercialização das RMI representa um fator de grande importância na economia de um país, constituindo, em alguns deles, uma fonte considerável de riqueza e de entrada de divisas. Tal é o caso, entre outros, dos diamantes, as gemas e o granito no Brasil, os nitratos e o iodo no Chile, e as rochas ornamentais e as argilas especiais na Espanha.

7. O Desenvolvimento Sustentável

Não pode considerar-se desenvolvimento o simples crescimento econômico, como manifestação quantificável do incremento de determinadas magnitudes macroeconômicas. Desenvolvimento é, segundo Morillas (1997) *“um crescimento no que gradualmente se potenciam os recursos humanos e materiais de um país, mediante transformações progressivas de sua estrutura econômica, tendentes a atenuar ou suprimir os desequilíbrios (intersectoriais, sociais e territoriais) de partida”*.

Este mesmo autor considera desenvolvimento *sustentado* (“*sostenido*”) o que se dá, permanentemente, durante um dilatado, mas definido, período de tempo; diferente é o desenvolvimento sustentável (“*sostenible*” ou “*sustainable*”), que é o que pode manter-se indefinidamente e é compatível com o resto dos países, dentro do necessário equilíbrio ambiental e demográfico. O conceito de desenvolvimento sustentável, que é muito mais amplo e rico em tonalidades do que parece à simples vista, se acunhou definitivamente no denominado “Informe Brundtland”, publicado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento da ONU sob o nome de “*Nosso futuro comum*”.

Segundo este informe, desenvolvimento viável e sustentável seria o *“conjunto de vias de progresso econômico, social e político que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades”*.

O conceito de desenvolvimento sustentável e suas implicações tem sido longamente estudado. Villas Boas (1995), por exemplo, enfocando concretamente o desenvolvimento sustentável em relação com a atividade mineira e metalúrgica, assinala uma série de desafios tecnológicos aos que se enfrentam nas atividades industriais. Tais são os três mínimos exigíveis (mínimo consumo de energia, mínimo consumo de materiais e mínimo impacto ambiental) e um máximo (máxima satisfação social). A combinação destes condicionantes não marca uma estratégia concreta, mas uma atitude global direcionada ao conjunto de estratégias que se incluem sob a denominação de tecnologias limpas.

O desenvolvimento sustentável, em todo caso, se concebe como um equilíbrio entre as necessidades de abastecimento e a conservação do meio,

para nós e para nossos sucessores. Além do equilíbrio, implica uma componente de solidariedade para distribuir de forma homogênea os bens entre países ricos e pobres, entre favorecidos e marginalizados. Precisa, em terceiro lugar, o desenvolvimento da eficiência tecnológica, para conseguir o maior número de recursos ao menor custo social e econômico.

Com este breve ensaio se precisou, de forma elementar, o que *deve ser* o desenvolvimento sustentável; pode agora se conceber como se pode avançar para esse objetivo e que relação existe entre as estratégias necessárias e as rochas e minerais industriais.

8. A Mineração e o Desenvolvimento Sustentável

As atividades mineiras em geral, e a lavra de RMI em particular, talvez mais que outras operações industriais, mantêm uma relação difícil com o meio: para extrair, transportar, transformar e comercializar os minerais, é preciso prejudicar o meio, às vezes de forma irreversível, e produzir uma quantidade de resíduos que quase sempre é muito grande. As taxas de recuperação de uma pedra (granito, mármore ou ardósia) podem encontrar-se em torno de 10 a 20%, o que significa que para cada tonelada comercializada, são rejeitadas entre 5 e 10 toneladas de resíduos. O ouro é explotável com um teor de poucas gramas por tonelada; portanto, 99,9995% do material extraído da mina se converte em um material descartável, em sua maioria contaminado, o que requer local adequado para disposição.

Além dos danos que se podem causar pelo volume de resíduos gerado, é preciso considerar outras características ambientais negativas das explorações mineiras: a primeira é que a localização das pedreiras e minas tem de ser feita no lugar onde existe o jazimento, o que não ocorre com outros tipos de indústrias; este fato pode causar danos ecológicos ou paisagísticos. A segunda é que a mineração é sempre agressiva ao meio no qual se situa. Dados os enormes volumes que é necessário tratar, formam-se sinais visíveis na superfície terrestre difíceis de ocultar, sendo afetada a fauna e a vegetação, às vezes o clima, produzindo-se explosões, poeira e contaminação química por compostos de tratamento, piorando a qualidade de vida dos habitantes mais próximos, entre os quais se encontram os próprios mineiros. A terceira característica, está ligada à produção de resíduos que tem a ver com a possível contaminação de leitos fluviais e de aquíferos e a possibilidade, portanto, de transferir o dano para lugares afastados da própria mina.

A dicotomia não pode expressar-se, portanto, em termos de explotar/não explotar ou de contaminar/não contaminar. Como os recursos minerais são necessários, e em proporções cada vez mais crescentes, é preciso chegar a um compromisso de impacto ambiental aceitável e recuperável. Este compromisso exige que os efeitos do impacto sejam controlados, controláveis e reversíveis, à escala humana de espaço e tempo.

É preciso aceitar que as explorações mineiras, e dentre essas, as de rochas e minerais industriais, que apresentam características específicas quanto ao seu volume, tipo de benefício, transporte e tratamento, são atividades prejudiciais para o meio ambiente, mas compatíveis com o desenvolvimento sustentável. As explorações apresentam um benefício sócio-econômico evidente, mas devem, também, procurar o mínimo consumo de energia e a produção mínima de resíduos. Todos os usuários de RMI devem procurar um consumo racional e não abusivo das mesmas.

A “sustentabilidade” de uma atividade mineira em um determinado entorno sócio-econômico aponta problemas que não são sempre transparentes. Ao calcular os custos de exploração, nem sempre se considera o consumo de bens naturais que se consideram gratuitos (espaço, água, ar). É preciso calcular, também, o custo de reposição dos terrenos afetados. Em muitos países esses valores supõem uma exigência legal muito severa, e determinam, em não poucas ocasiões, o fechamento da mineração e sua inviabilidade. As exigências são menos severas em países em desenvolvimento, e podem conduzir a danos irreversíveis ao meio ambiente e à sociedade circunvizinha.

9. Demanda e Exaustão das Matérias-Primas Minerais

Freqüentemente se argumenta que a exaustão das reservas de um jazimento pode ser compensada com a exploração dos recursos econômicos que se descobrem em outras zonas geográficas e que, em última instância, os minerais não têm limites reais, já que sua escassez se revelaria nos preços (preços cuja oscilação não se deve à escassez, mas a outros motivos). De acordo com esta teoria, o crescimento da população acarretaria uma demanda crescente de recursos minerais que se autoregulamentaria, pela elevação dos preços e, em consequência, pela diminuição do consumo. O aumento dos preços devido aos maiores custos de extração, segundo a lei dos rendimentos decrescentes, diminuiria o consumo e aceleraria a procura de substitutos, estimulando as mudanças tecnológicas.

Esta hipótese tem, contudo, alguns aspectos criticáveis:

A nível microeconômico, ao esgotar-se um recurso em um determinado lugar, uma empresa pode buscá-lo em outro, sem quebra do valor monetário do seu patrimônio, caso se haja dotado de um fundo de amortização suficiente. Em escala estatal ou planetária, contudo, a simples amortização em dinheiro não pode atenuar a perda patrimonial. Ainda que as RMI sejam mais abundantes, quanto à sua distribuição, que os minerais metálicos, também estão submetidas à possibilidade de exaustão, e sobretudo de exaustão regional. Se impõe, portanto, incluir os critérios de conservação, melhora ou reciclagem nas avaliações econômicas.

Por outro lado, a situação atual de equilíbrio entre a demanda de bens de consumo e a oferta de RMI para satisfazê-los (como de quaisquer outras matérias-primas) não significa uma situação aceitável. Há dois desequilíbrios fundamentais encobertos: o primeiro é o desequilíbrio de consumo entre países ricos e pobres, que supõe um evidente desequilíbrio no nível de vida. O segundo, é a agressão contínua ao ecossistema global, cujos efeitos passam inadvertidos pela capacidade enorme, porém limitada, do mesmo para absorver agressões. O primeiro desequilíbrio supõe uma permanente situação de injustiça, socialmente inaceitável. O segundo supõe um expólio às futuras gerações para manter o deslanche das atuais.

Com certeza, em países em desenvolvimento tem que ser dado um desenvolvimento quantitativo da produção para aumentar os níveis econômicos. Este incremento, que é desejável, leva consigo a um aumento dos resíduos, da contaminação e do consumo. Nos países industrializados, pelo contrário, que são e muito os maiores responsáveis da deterioração ambiental global, o crescimento não seria quantitativo, mas qualitativo: não se trata de consumir mais, senão de consumir melhor. Neste sentido, os padrões de consumo dos países desenvolvidos não são, de modo algum, exportáveis aos países em desenvolvimento.

9.1 As Rochas e Minerais Industriais e os Países em Desenvolvimento

Apesar de sua importância, a incidência quantitativa das RMI no Produto Interno Bruto das nações desenvolvidas é, no geral, baixo. Por exemplo, o conjunto das RMI produzidas no Reino Unido em 1990 tinha um valor de uns 2 bilhões de libras esterlinas, isto é, apenas 0,4% do produto interno bruto desse país. Nos Estados Unidos, com volumes muito maiores (33 bilhões de dólares), a relação alcançou somente 0,6% (Highley, 1994).

Por que, apesar de ser tão baixa a participação no PIB, deve atribuir-se tanta importância às RMI? Podem dar-se várias razões: Em primeiro lugar, constituem o fundamento de quase todas as indústrias que sustentam o desenvolvimento de um país; sua ausência determina, assim, dependências estratégicas perigosas. Em segundo lugar, são materiais que aumentam muito seu valor com o tratamento adequado: há poucas matérias que multipliquem tanto o seu valor, desde a obtenção da matéria-prima até a utilização. Enquanto que, na Inglaterra, em 1990, a produção de rocha, argila e agregados, supõe um valor adicional ao custo dos fatores por empregado de 42 libras, e a produção de aglomerantes de 50 libras por empregado, a construção de veículos não chegava a 18 libras, e a fabricação de equipamentos aeroespaciais só aumentava em 32 libras por empregado o valor dos materiais iniciais (Highley, 1994). Outra razão importante é que, por causa de seus elevados volumes de produção e baixos preços unitários, as RMI supõem uma grande atividade de transporte e armazenamento, e demandam muita mão-de-obra. Por último, é preciso mencionar que todos os países necessitam das RMI, fundamentalmente materiais de construção. A diminuição das importações desses materiais supõe poupanças importantes, sobretudo nos países em desenvolvimento.

Ao analisar ligeiramente a importância das RMI nos países em desenvolvimento, se constata vários fatos, alguns surpreendentes, que devem ser analisados:

a) **Muitos países em desenvolvimento devem parte de sua riqueza à exploração de algum recurso mineral não metálico, do qual são possuidores exclusivos ou principais:** assim sucede com os fosfatos em Marrocos, os nitratos no Chile durante o século XIX, o rutilo em Serra Leoa, a ilmenita na Malásia, as esmeraldas na Colômbia, as gemas no Brasil, a barita, a fluorita, o grafite e os granitos ornamentais na China.

b) **O descobrimento e a exploração das RMI de um país,** diferente dos minerais metálicos ou dos recursos energéticos, não supõe o enriquecimento imediato da nação. O processo de industrialização dos recursos não metálicos é lento e requer a criação de estruturas logísticas e comerciais complementares. A exploração de materiais de construção, por exemplo, só é possível se existe uma demanda por construção de moradias ou de obras civis. Se bem que algumas rochas e minerais industriais suportam a exportação, sua maior aplicação tem de procurar-se no consumo interno, e este depende do desenvolvimento social e industrial.

c) **Nos custos de exploração influenciam fatores de todo tipo, mas são de singular importância os políticos.** Os custos naturais (dificuldades próprias do jazimento, transporte, tratamentos, etc.) podem ser calculados. Os custos derivados das mudanças políticas dos países em desenvolvimento são, quase sempre, imprevisíveis, acarretam o fechamento inesperado de explorações e podem tornar inviável o benefício que estes materiais aportam. Portanto, é absolutamente necessário que os países em desenvolvimento estabeleçam políticas claras a respeito da exploração dos recursos, e que criem um ambiente propício ao investimento estrangeiro e ao aporte local.

d) Conseqüentemente com o anterior, é **preciso que se estabeleçam investigações geológicas, mineiras, industriais e de mercado.** É necessário repetir **que o que os países em desenvolvimento devem buscar é o que demanda o mercado,** e não os recursos mais abundantes. É errado pensar que um país em desenvolvimento com reservas importantes de um mineral industrial tem assegurada a riqueza. Pode tê-la, contudo, um país que saiba entender a demanda externa ou interna de determinado produto, ou abasteça com matérias-primas próprias.

e) **A maior produção, em volume e em valor, das RMI, corresponde ao dos materiais de construção** (30% nos E.U.A., 75% no Reino Unido em 1990, em relação ao total das RMI). Por ser materiais baratos, não suportam um transporte longo. É importante que os países em desenvolvimento protejam esses materiais, porque são os primeiros na demanda, não requerem altos investimentos de exploração e podem poupar enormes recursos em importações.

Alguns aspectos que requerem um cuidado especial nas investigações sobre RMI em países em desenvolvimento, são:

- A formação de técnicos (geólogos, mineradores, tratamentistas, etc.).
- A segurança nas instalações extrativas e nas aplicações.
- O meio ambiente, que pode ser afetado de forma irreparável por explorações mal planejadas ou construídas.
- A qualidade de processos e materiais, que devem ser levados a sério, mas sem cair na rigidez típica de países desenvolvidos.
- A padronização de produtos, como garantia de tal qualidade.
- A legislação, que muitas vezes é um obstáculo importante para o desenvolvimento.

Referências Bibliográficas

- Bristow, C.M. (1987). Society's changing requirements for primary raw materials. *Industrial Minerals* nº 233. Pp 59-65.
- Demeny, (1984). Population and Development Review, vol. 10, no.1, p.103.
- Hammond, A.L. (Editor), et al., (1996). World Resources. La guía global del medio ambiente. *Ecoespaña Editorial*. 425 pags. Madrid.
- Highley, D.E. (1994). The role of industrial minerals in the economies of developing countries. En "Industrial Minerals in Developing Countries". Edited by Mathers, S.J. and Notholt, A.J.G. *AGID Report Series Geosciences in International Development nº 18*. Pp 1-12.
- Kuzvart, M. (1984). Industrial Minerals and Rocks.
- Morillas, J. (1997). Introducción a la economía mundial: Estructura y desarrollo sostenible. Madrid, *ADI*.
- ONU. (1992). Long-Range World Population Projections: Two Centuries of World Population Growth, 1950-2150. División de Población de las Naciones Unidas. Nueva York, pag. 14.
- Togashi, Y. (1992). Mineral production and the economic growth of Thailand. In *Proceedings of a National Conference on the Geological Resources of Thailand. Potential for Future Development*. C. Priancharoen, editor-in-chief, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, pp 16-23.
- Villas Bôas, R.C. (1995). Technological challenges faced by the MM sector in achieving sustainable development. Centro de Tecnología Mineral. CNPq. Rio de Janeiro, Brasil.

**TECNOLOGIA
MINERAL**

AVALIAÇÃO DAS RO-
CHAS ORNAMENTAIS
DO CEARÁ ATRAVÉS DE
SUAS CARACTERÍSTI-
CAS TECNOLÓGICAS

74

Francisco Wilson H. Vidal
Maria de Fátima Bessa
Maria Angélica B. Lima

MCT CETEM

**TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

LA EVALUACION AMBIENTAL
DE LA
INFLUENCIA DE LA
GENERACIONE LETRICA
A DISPOSICION DE LA
INDUSTRIA MINERO
METALURGICA

22

Gilberto Hurtado Freyre

MCT CETEM

**QUALIDA-
PRODUTIV-
D A D E**

CONSIDERAÇÕES
SOBRE O VALOR DE
P&D PARA AS EMPRE-
SAS

14

Marcelo de Matos

MCT CETEM

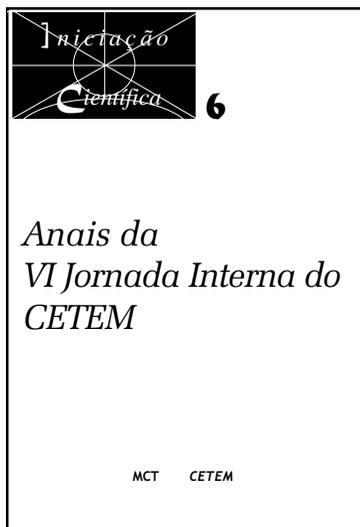
**estudos e
documentos**

44

A GLOBALIZAÇÃO E OS
NOVOS REQUISITOS DE
QUALIDADE PARA AS
ESTATÍSTICAS MINERAIS
DO BRASIL

Francisco Rego Chaves Fernandes

MCT CETEM



Publicações Avulsas (18)

1998 - Expert systems for Particle Recognition After Image Processing, Paolo Massacci - University of Rome "La Sapienza"/CETEM.

A lista completa de publicações poderá ser consultada em nossa Home Page. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br>

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Ipê, 900 - Ilha da Cidade Universitária
21941.590 - Rio de Janeiro - RJ

☎ Geral: (21) 3865-7222 - Biblioteca: 3865-7218 ou 3865-7233

Telefax: 21 2260-2837 ● 2260-9154 ● 2290-4286
2290-9196 ● 2590-3047

E-mail: cetem.info@cetem.gov.br

Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOSSAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

**Solicita-se permuta.
We ask for interchange.**