

CAPÍTULO 1

Panorama das Rochas e Minerais Industriais no Brasil

Fernando A. Freitas Lins¹

1. INTRODUÇÃO

Qualquer atividade agrícola ou industrial, no campo da metalurgia, da indústria química, da construção civil ou do cultivo da terra, utiliza os minerais ou seus derivados. Os fertilizantes, os metais e suas ligas, o cimento, a cerâmica, o vidro, são todos produzidos a partir de matérias-primas minerais. É cada vez maior a influência dos minerais sobre a vida e o desenvolvimento de um país. Com o aumento das populações, cada dia se necessita de maior quantidade de minerais para atender às crescentes necessidades. Como se mostrará mais adiante, há uma estreita relação entre o padrão de vida de um país e seu consumo per capita de minerais.

Em nível mundial, a produção de matérias-primas minerais foi extraordinária nas últimas décadas. Nos últimos 25 anos, o crescimento econômico da China (8-10% ao ano), acelerou sua demanda por minerais, supridos a partir de 2001, em frações significativas, por importações crescentes (principalmente os metálicos). O “efeito China” na evolução da cotação internacional das commodities é noticiado freqüentemente. A Índia também segue um percurso de alto crescimento. Juntos, os dois países, com respectivamente 1,3 e 1,1 bilhão de habitantes, representam cerca de 40% da população mundial. A grande população desses países, um longo período de alto crescimento econômico e um intenso processo em curso de urbanização (planejada) constitui a principal causa desse novo boom mineral verificado nos últimos anos.

O abastecimento de matérias-primas é, sem dúvida, um desafio que preocupa os governos, particularmente os dos países em desenvolvimento, nos quais o crescimento demográfico será superior. Este abastecimento exige

¹Engº Metalúrgico/PUC-Rio; D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais/COPPE-UFRJ; Pesquisador Titular do CETEM/MCT; atualmente, Diretor de Transformação e Tecnologia Mineral da SGM/MME.

conhecimento dos próprios recursos minerais; estratégias para sua exploração e exploração; e mecanismos para que o valor agregado de sua extração não seja apropriado pelos países ricos, que geralmente são os que dispõem de capital e tecnologia; mas, ao contrário, pelos países produtores, aumentando assim a qualidade de vida e os níveis de emprego de seus habitantes, e com o desafio de fazê-lo minimizando os impactos ambientais (Calvo, 2001).

O impacto físico no planeta ocorre tanto pela ação da própria natureza como pelas atividades humanas. Wellmer e Becker-Plate (2001) quantificaram a movimentação total de material sólido, resultando em 72 bilhões de m³/ano, segundo discriminado a seguir:

- (i) Geogênico (37 bilhões de m³/ano): (a) erosão do solo pela água ~ 20; (b) geração de crosta oceânica ~10 e (c) formação de montanhas ~ 7.
- (ii) Antropogênico (35 bilhões de m³/ano): (a) mineração ~ 17,8 incluindo os produtos minerais e os rejeitos de lavra e processamento e (b) massa movimentada em obras de engenharia estrutural e civil ~ 17,2.

Verifica-se que cerca da metade do material sólido movimentado no planeta é de origem antropogênica. Importa destacar que, desta parcela, a mineração e a construção civil compartilham, quase igualmente, a responsabilidade pelo impacto na Terra

O impacto ambiental da extração dos minerais metálicos e energéticos tende a ser mais grave que o provocado pela produção de rochas e minerais industriais (RMIs, como nos referiremos aqui com freqüência). Drenagem ácida e contaminação com metais pesados são mais regularmente verificadas na extração de minerais metálicos e carvões, via de regra requerendo tratamentos especiais preventivos ou corretivos.

As minerações de RMIs normalmente não geram aqueles problemas, mas, como às vezes se encontram em áreas mais habitadas ou próximas a cidades, enfrentam o desafio de evitar danos paisagísticos, de disposição adequada dos estéreis da lavra e dos rejeitos do processamento. E não raro disputam espaço físico com a comunidade em seu entorno, em função do custo de oportunidade de utilização das áreas.

A produção mundial de minerais, incluindo os energéticos (carvão, petróleo etc.), segundo estimativa para o ano 2000, foi de 32 bilhões de toneladas (Wellmer e Becker-Plate, 2002). Desse total, cerca de 60% foram de minerais (dos quais 2/3 de agregados para a construção civil) e 40% de energéticos.

No Brasil nosso levantamento para a produção em 2006 resultou em 1,05 bilhão de toneladas, das quais 9% de energéticos (91 Mt de petróleo e 6 Mt de carvão) e 91% de minerais. Destas, os destaques foram os agregados (areia e brita) para construção civil (358 Mt), minério de ferro (318 Mt), argilas para cerâmica vermelha (158 Mt), calcário (88 Mt) e bauxita (22 Mt). Segue um grupo entre 10 e 2 Mt (rochas ornamentais, sal, fósforo, manganês, caulim e gipsita). Os demais bens minerais produzidos situam-se abaixo de 500 kt.

Os minerais metálicos fundamentaram o desenvolvimento industrial do Século XIX, que se prolongou pelo século seguinte. Os recursos energéticos foram os grandes protagonistas do Século XX, e ainda o são neste novo século. De acordo com Kuzvart, citado por Calvo (2001), “as rochas e minerais industriais (RMIs) serão as matérias-primas típicas da segunda revolução industrial, as matérias-primas do terceiro milênio”, por serem imprescindíveis na fabricação de produtos demandados pela sociedade pós-industrial (plástico, fibra óptica, componentes eletrônicos etc.).

Sem embargo, prevalecerá a importância das RMIs nos usos tradicionais, como construção civil, entre outros, que demandarão grandes volumes de matérias-primas para atender a demanda reprimida de conforto material e de infra-estrutura de populações ainda crescentes. No Brasil, com a predominância de pequenas e médias empresas e Arranjos Produtivos Locais-APLs na produção de rochas e minerais industriais, a atividade mineral pode ser uma opção importante para geração de emprego e renda.

As RMIs, com reservas abundantes e/ou produção em diversos países, em geral não passam por grandes oscilações de preços, em comparação com os metálicos e energéticos. (Há períodos especiais, no entanto, como o aumento dos preços, a partir de 2007, dos agrominerais, insumos para a fabricação de fertilizantes.) Como os preços mais estáveis constituem um fator importante para a redução de risco de um projeto, os riscos associados a um investimento em mineração de RMIs tendem a ser menores que os de metálicos.

Os fatores que mais influenciam na variação dos preços das RMI são (Calvo, 2001): (i) aumento do PIB do país produtor*; (ii) as políticas governamentais de construção e obras públicas**; (iii) o descobrimento de novas aplicações; (iv) o aparecimento no mercado de substitutos ou similares; e (v) o desenvolvimento de novas tecnologias e as variações do preço de energia.

Neste capítulo serão apresentados, na seqüência, a classificação dos minerais, com ênfase nas rochas e minerais industriais; um panorama de longo período (1975-2006) da produção e consumo de algumas RMI em nosso país; a evolução do consumo per capita de alguns materiais no período 1970-2007; e a relevância econômica para o Brasil da mineração, e das RMI, e da transformação mineral (metálicos e não-metálicos) a que são submetidos os bens minerais, com suas contribuições ao PIB nacional de 1970 a 2007, finalizando com uma estimativa do mineral business brasileiro.

2. CLASSIFICAÇÃO DOS MINERAIS

A questão de classificação dos minerais é algo controversa. Na indústria mineral, os minérios ou minerais são normalmente classificados em três grandes classes: metálicos, não-metálicos e energéticos (Luz e Lins, 2004). Os minerais metálicos, de imediato entendimento, são aqueles dos quais os metais são extraídos para suas inúmeras aplicações. Os energéticos também não geram dúvida por sua denominação, pois deles derivam as diversas modalidades de energia.

A terminologia “não-metálicos”, todavia, é antes uma negação, ou seja, é a denominação pelo que não é. Uma tendência mais recente é subdividir a classe dos minerais que não compõe a classe dos metálicos nem a dos energéticos em outras classes, conferindo mais clareza quando se faz referência a seus membros constituintes. Com essa perspectiva, apresenta-se, a seguir, a classificação que a nosso ver embasa o escopo deste livro, que abordará as Rochas e Minerais Industriais (RMI).

*Ou seja, a maior renda per capita impulsiona a demanda interna. Havendo concomitantemente um processo de distribuição de renda, a demanda é ainda mais alargada na base da pirâmide social, com tendência de elevação dos preços.

**Cabe lembrar que está em curso no país o PAC-Plano de Aceleração do Crescimento, para o período 2007-2010, focado em infra-estrutura e habitação.

Nesta classe, diferentemente das classes dos metálicos e dos energéticos, os minerais se aplicam diretamente, tais como se encontram ou após algum tratamento, ou se prestam como matéria-prima para a fabricação de uma grande variedade de produtos. Para as RMIs, a classificação se relaciona com o uso final. Em síntese, a classificação contempla as classes: metálicos, RMIs, energéticos, gemas e águas. A lista é complementada com algumas categorias de aplicações minerais sugeridas (Cabral et al., 2005).

Minerais Metálicos

- (i) Ferrosos (têm uso intensivo na siderurgia e formam ligas importantes com o ferro): além do próprio ferro, manganês, cromo, níquel, cobalto, molibdênio, nióbio, vanádio, wolfrâmio;
- (ii) Não-ferrosos: básicos (cobre, zinco, chumbo e estanho) e leves (alumínio, magnésio, titânio e berílio);
- (iii) Preciosos: ouro, prata, platina, ósmio, irídio, paládio, rutênio e ródio;
- (iv) Raros: escândio, índio, germânio, gálio etc.

Rochas e Minerais Industriais (RMIs)

- (i) Estruturais ou para construção civil: agregados (brita e areia), minerais para cimento (calcário, areia, argila e gipsita), rochas e pedras ornamentais (granito, gnaisse, quartzito, mármore, ardósia etc.), argilas para cerâmica vermelha, artefatos de uso na construção civil (amianto, gipsita, vermiculita etc.);
- (ii) Indústria química: enxofre, barita, bauxita, fluorita, cromita, pirita etc.;
- (iii) Cerâmicos: argilas, caulins, feldspatos, sílica, talco, zirconita etc.;
- (iv) Refratários: magnesita, bauxita, cromita, grafita, cianita etc.;
- (v) Isolantes: amianto, vermiculita, mica etc.;
- (vi) Fundentes: fluorita, calcário, criolita etc.;
- (vii) Abrasivos: diamante, granada, quartzito, coríndon etc.;
- (viii) Minerais de carga: talco, gipsita, barita, caulim, calcita etc.;

- (ix) Pigmentos: barita, ocre, minerais de titânio;
- (x) Agrominerais (minerais e rochas para a agricultura): fosfato, calcário, sais de potássio, enxofre, feldspato, flogopita, gipsita, zeólita etc.;
- (xi) Minerais “ambientais” (ou minerais “verdes”): bentonita, atapulgita, zeólitas, vermiculita etc., utilizados (na forma natural ou modificados) no tratamento de efluentes, na adsorção de metais pesados e espécies orgânicas, ou como dessulfurantes de gases (calcário).

Gemas

- (i) Pedras preciosas: diamante, esmeralda, safira, turmalina, opala, topázio, águas marinhas, ametista etc. (Segundo especialistas, a terminologia “semi-preciosas” não deve ser mais usada.)

Águas

- (i) Minerais e Subterrâneas.

Minerais Energéticos

- (i) Radioativos: urânio e tório;
- (ii) Combustíveis fósseis: petróleo, turfa, linhito, carvão e antracito, que embora não sejam minerais no sentido estrito (não são cristalinos e nem de composição inorgânica) são estudados pela geologia e extraídos por métodos de mineração.

As RMI's podem adicionalmente ser agrupadas conforme sejam estritamente ou rochas ou minerais (Calvo, 2001). Assim, podem ser subdivididas em rochas industriais (agalmatolito, bauxita, calcário, dolomito, quartzito etc.) e minerais industriais (apatita, barita, magnesita, talco etc.)

Para o propósito de investigações geocientíficas, usa-se uma classificação com base na gênese para o agrupamento das RMI's (Noetstaller, 1988): ígneas, sedimentares, de alteração superficial, e as metamórficas.

Uma outra classificação divide os minerais industriais segundo a função que apresentam em suas aplicações. O tema será tratado em profundidade no próximo capítulo, apresentando-se a seguir apenas a síntese da classificação:

- (i) minerais físicos (mantêm a identidade física original): estruturais, cargas e extensores, auxiliares de processos, fundição etc.
- (ii) minerais químicos (perdem a identidade original): insumos para a indústria química, para fertilizantes, para cerâmica, fluxo e metalurgia etc.

Vale ressaltar a dificuldade de uma classificação rígida para os minerais, pois muitos se enquadram perfeitamente em duas ou mais das subclasses, quaisquer que sejam as classificações adotadas. Exemplos: a bauxita e a cromita servem, respectivamente, à extração dos metais Al e Cr, como também são usadas para fabricação de compostos químicos e de refratários; o diamante gema e o diamante industrial para uso abrasivo. A lista seria interminável.

3. PRODUÇÃO E CONSUMO DE RMIS NO BRASIL

Apresenta-se nesta seção a evolução histórica da produção brasileira e do consumo aparente de algumas RMIs selecionadas, para o período 1975-2006. O objetivo foi oferecer ao leitor um panorama da evolução, sem analisar as razões que determinaram os níveis de produção ou de consumo. Os capítulos deste livro analisam 42 substâncias minerais.

Houve alguma dificuldade para obter informações sobre determinadas RMIs. Por exemplo, a produção de argilas comuns para a produção de cerâmica vermelha não é totalmente capturada pelo Anuário Mineral Brasileiro (DNPM), em face da ainda grande informalidade. Estima-se que a produção tenha alcançado 158 Mt em 2006, com base na produção de telhas e tijolos (MME, 2008a; MME 2008b), perdendo apenas, em quantidade, para os agregados de uso na construção civil (areia e brita) e minério de ferro.

Nas Tabelas 1 e 2 houve um agrupamento pelo critério de associar a rocha ou o mineral à aplicação que responde pelo seu principal consumo em quantidade. As matérias-primas para indústria de construção civil constituem o grupo mineral que mais é extraído em volume. É de longe o setor industrial que mais consome RMIs em quantidade, principalmente pelos agregados

(areia e brita) que apresentam os mesmos valores de produção e consumo, e não foram repetidos na Tabela 2. E também em variedade, quando se considera o artefato que se destinam ao complemento/acabamento das construções. Por exemplo, o amianto, usado principalmente (90%) na fabricação de fibrocimento (telhas e caixas d'água), de emprego final na construção de moradias e galpões.

O fosfato e o potássio, matérias-primas para fertilizantes, estão associados à agricultura; assim como o enxofre, usado em sua maior parte para fabricação de fertilizantes.

Há também os minerais de consumo distribuído em duas ou três aplicações, como o caulim, na manufatura de papel e cerâmica. Em outro extremo, diversas RMI são consumidas em tantas aplicações que nenhuma delas pode ser considerada "representativa" de sua utilização.

Na Tabela 1 apresenta-se ainda, para o ano de 2006, a relação produção/consumo aparente (P/C), que dá uma idéia do grau de suficiência de cada substância mineral. Verifica-se a produção insuficiente no País (além dos agrominerais) de diatomita, fluorita e zirconita. Os agrominerais destacam-se pela alta dependência externa, o que, do ponto de vista estratégico, configura-se como uma vulnerabilidade aos planos do país de se consolidar como uma potência agrícola e como um grande produtor e exportador de biocombustíveis.

Tabela 1 – Evolução da produção de algumas RMI's no Brasil.

Uso Construção Civil	un	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	P/C *
Agregados – Areia	Mt	n.d.	n.d.	n.d.	14,9	87,0	226	196	212	1,00
Agregados – Brita	Mt	n.d.	n.d.	n.d.	85,6	105	156	135	146	1,00
Cimento	Mt	9,4	22,1	20,6	25,8	28,3	39,2	38,7	41,9	1,03
Crisotila [beneficiada]	kt	73,9	170	165	205	210	209	236	227	1,69
Gipsita [bruta]	Mt	0,40	0,57	0,18	0,82	0,95	1,50	1,58	1,74	1,02
Rochas Ornamentais	Mt	n.d.	n.d.	n.d.	1,67	1,89	2,84	6,89	7,52	1,52
Vermiculita [benef.]	kt	0,80	10,0	9,00	5,71	3,39	24,1	24,2	19,3	1,08
Agrominerais	un	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	P/C*
Enxofre [S contido]	kt	25,0	131	229	276	265	323	399	436	<u>0,12</u>
Fosfato [concentrado]	Mt	0,41	2,79	4,21	3,12	3,89	4,73	563	5,80	<u>0,80</u>
Potássio [K ₂ O contido]	kt	0,0	0,0	1,51	113	374	352	405	403	<u>0,12</u>
Outras RMI's	un	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	P/C*
Bentonita [beneficiada]	kt	112	260	173	180	150	274	221	235	1,06
Caulim [beneficiado]	Mt	0,17	0,41	0,52	0,66	1,07	1,64	2,41	2,46	42,8
Diamante	kct	200	380	450	600	676	1000	300	200	n.d.
Diatomita [calcinada]	kt	5,65	14,5	17,4	13,3	15,1	7,20	7,67	8,97	<u>0,33</u>
Feldspato [beneficiado]	kt	76,4	123	92,9	105	173	118	117	71,8	1,13
Fluorita [concentrado]	kt	57,4	55,4	73,0	70,5	89,4	42,9	66,5	63,6	<u>0,66</u>
Grafita [concentrado]	kt	5,26	16,4	27,2	28,9	28,0	71,2	75,5	76,2	1,25
Magnesita [calcinada]	kt	173	316	261	345	316	280	387	324	1,29
Mica [bruta]	kt	0,39	4,8	2,8	5,0	5,2	4,0	4,0	4,0	1,11
Talco/Pirofilita [bruto]	kt	155	365	558	470	626	474	413	389	1,01
Zirconita [concentrado]	kt	n.d.	4,00	21,0	16,9	16,3	29,8	25,7	25,1	<u>0,61</u>

Fontes: compilação e adaptação do autor a partir Sumário Mineral (DNPM), Balanço Mineral Brasileiro (DNPM) e Anuário Mineral Brasileiro (DNPM).

(*) P/C é relação produção/consumo aparente em 2006.

Na Tabela 2, para 2006, apresenta-se também o saldo de comércio internacional de cada substância mineral. Destaca-se de longe o superávit das rochas ornamentais (US\$ 1 bilhão), e depois o caulim e a magnesita. No saldo negativo (à parte os agrominerais) estão a vermiculita, bentonita, diatomita, fluorita e zirconita, totalizando US\$ 41 milhões em 2006. Os agrominerais contribuem muito para o déficit no saldo comercial de bens minerais. Em 2007, com a elevação súbita dos preços desses três agrominerais, as importações alcançaram US\$ 1,8 bilhão, muito superior as de 2006, de US\$ 1,1 bilhão.

Tabela 2 – Evolução do consumo aparente de algumas RMI's no Brasil.

Uso Construção Civil	Un	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	SALDO
Cimento	Mt	9,4	22,1	20,5	25,8	28,6	39,2	37,7	40,9	24
Crisotila	kt	103	195	145	170	182	182	129	134	29
Gipsita (bruta)	Mt	0,40	0,58	0,56	0,82	0,96	1,55	1,57	1,70	7,4*
Rochas Ornamentais	MT	n.d.	n.d.	n.d.	1,90	1,27	3,15	4,77	5,02	10 ³
Vermiculita (benef.)	kt	n.d.	9,61	8,81	13,3	16,8	15,9	26,8	17,8	(3,0)*
Agrominerais	Un	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	SALDO
Enxofre (S contido)	Mt	0,46	1,10	1,34	1,19	1,54	2,03	2,19	3,57	(104)
Fosfato (concentrado)	Mt	0,40	1,22	4,25	3,32	4,42	5,71	6,85	7,21	(67)
Potássio (K ₂ O contido)	Mt	0,55	1,29	1,07	1,20	1,76	2,97	3,41	3,64	(942)
Outras RMI's	Un	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	SALDO
Bentonita (beneficiada)	kt	124	273	186	211	208	357	217	222	(10)
Caulim (beneficiado)	kt	170	230	330	390	490	254	343	57,4	264
Diamante	kct	1770	3660	n.d.	45	n.d.	1340	n.d.	n.d.	5,4
Diatomita (calcinada)	kt	24,5	39,6	32,5	15,3	26,1	26,5	26,6	27,4	(8,3)*
Feldspato (beneficiado)	kt	76,4	119	92,9	98,1	160	116	116	63,3	1,7
Fluorita (concentrado)	kt	35,0	85,1	72,4	45,6	107	74,6	92,1	96,2	(3,8)
Grafita (concentrado)	kt	5,18	8,74	18,6	18,9	18,3	51,0	61,8	60,9	12,5
Magnesita (calcinada)	kt	134	227	176	163	175	208	331	251	79,9
Mica (bruta)	kt	n.d.	n.d.	2,0	2,9	3,1	3,1	4,5	3,6	1,0*
Talco/Pirofilita (bruto)	kt	155	365	554	469	628	477	411	384	1,23
Zircônia (concentrado)	kt	n.d.	16,8	33,1	21,1	25,0	45,8	45,3	43,7	(16)

Fontes: compilação e adaptação do autor a partir do Sumário Mineral (DNPM), Balanço Mineral Brasileiro (DNPM) e Anuário Mineral Brasileiro (DNPM). Saldo comercial de 2006 em US\$ milhões.

(*) Inclui manufaturados.

4. CONSUMO PER CAPITA DE MATERIAIS

O consumo per capita de minerais e materiais é um indicador normalmente usado para avaliar o grau de desenvolvimento material de um país. Os países já industrializados consomem três a seis vezes mais que aqueles em desenvolvimento. Inversamente, não se encontra país industrialmente avançado com os níveis de consumo per capita similares, por exemplo, aos do Brasil.

Para cada material, o consumo per capita cresce com o aumento da renda per capita do país, até atingir um determinado patamar de consumo, um ponto de saturação. Mesmo com a continuação do crescimento da renda per capita, o consumo tende a se estabilizar ou oscilar dentro da faixa de consumo alcançada, não mais retornando ao nível de consumo quando a renda per capita era baixa. Esse é o padrão clássico de evolução do consumo de materiais.

Menzie et al. (2003) analisaram para diversos países, em diferentes níveis de desenvolvimento, a relação entre PIB per capita e consumo per capita de alguns metais e cimento, entre 1970 e 2000. Concluíram por haver evidências de que o consumo per capita de cada material alcançava seu patamar (diferente em cada país desenvolvido) a um PIB per capita da ordem de US\$ 10 mil.

Cada país, em função de sua cultura, condicionantes climáticos e disponibilidade ou acesso a cada material, apresenta padrões de consumo diferenciados. Por exemplo, o Japão e a Coreia do Sul consomem mais cimento per capita que os EUA, explicado pela preferência por estradas pavimentadas com concreto, enquanto os EUA privilegiam as asfaltadas e usam mais madeira na construção de moradias. Outro exemplo, quase uma exceção, o Brasil consome, per capita, quatro vezes mais de cerâmica de revestimento que os EUA e o Japão.

Alguns dos países em desenvolvimento, como a China, têm acelerado o consumo de materiais, a reboque de altos níveis de crescimento econômico por muitos anos. Esse país, com sete vezes a nossa população e um PIB per capita ainda inferior, já nos ultrapassou e superou em muito no consumo per capita de aço, cimento, entre muitos outros minerais e materiais, e energia.

Apresenta-se na Tabela 3 o consumo aparente de alguns materiais no Brasil, entre 1970 e 2006. Foram selecionados aqueles para os quais foram encontrados mais facilmente dados internacionais publicados, para efeito de comparação com o país. O cimento, representando a construção civil (habitação e infra-estrutura). O aço, material pesado clássico, desde o século XIX lastreando a infra-estrutura e a indústria pesada. O cobre, frequentemente usado como uma medida do desenvolvimento industrial, utilizado em construções, produtos elétricos e máquinas e equipamentos. O alumínio, o metal leve cuja produção ascendeu ao longo do Século XX, é empregado como material estrutural em construção e transporte e também em embalagem, e tem substituído o aço em algumas aplicações.

Os dados da Tabela 3, com respeito ao consumo per capita no Brasil, mostram diferentes padrões de evolução entre 1970 e 2006. O cimento e o aço tiveram seu consumo aumentado em quase duas vezes. O cobre, com oscilações mais bruscas, e o alumínio chegam ao fim do período com um consumo quatro vezes superior ao de 1970.

Tabela 3 – Evolução de consumo per capita de alguns materiais no Brasil.

Material	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007
Cimento										
Consumo (Mt)	9,40	17,4	22,4	20,5	26,0	28,5	39,2	37,7	40,9	45,0
kg/hab	101	162	184	153	177	179	231	210	224	245
Aço (bruto)										
Consumo (Mt)	6,24	8,93	10,9	10,4	11,7	15,7	19,2	18,6	20,5	24,5
kg/hab	67	83	90	77	80	99	113	103	113	133
Cobre										
Consumo (kt)	50,3	256	273	205	158	305	355	382	408	443
kg/hab	0,54	1,5	2,3	1,5	1,1	1,9	2,1	2,1	2,2	2,4
Alumínio										
Consumo (kt)	104	256	357	356	317	504	666	802	838	919
kg/hab	1,1	2,4	3,0	2,7	2,2	3,2	3,9	4,5	4,6	5,0
População* -10 ⁶	93,1	107,3	121,6	134,2	146,6	158,9	169,8	179,8	181,9	184,0
PIB per capita (US\$ ₂₀₀₇ /hab)	3.064	4.295	5.368	5.183	5.175	5.742	6.190	6.685	6.850	7.145
Salário Mínimo (R\$ de 06-2008)	344	382	403	368	173	254	271	344	390	408
IDH	n.d.	0,647	0,684	0,690	0,720	0,749	0,785	0,800	n.d.	n.d.
Índice de Gini	n.d.	0,623	0,589	0,598	0,614	0,599	0,593	0,566	0,559	n.d.

Fontes: Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico-MME (2008), Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos-MME (2008), Sinopse-MME (2008), IPEAData..

Nota: Os EUA apresentaram o nível de consumo per capita equivalente ao Brasil, de 2006, nos seguintes anos: aço em 1900; cobre, 1900; cimento, 1930; e alumínio em 1940.

(*) Já com as recentes correções do IBGE, para menos, para o período 2000-2007.

Uma análise mais atenta, no entanto, revela que, já em 1980, o consumo aparente per capita dos quatro materiais alcançava níveis bem superiores àqueles de 1970, havendo uma involução nos anos seguintes, e uma recuperação a partir de 1995.

A evolução lenta do consumo aparente dos materiais mostrados na Tabela 3 parece se relacionar com o crescimento do PIB per capita; percebendo-se sua estagnação na década de 80, a denominada de “perdida”. As RMI devem também apresentar evolução de consumo em dependência da evolução do PIB per capita.

O IDH (índice de desenvolvimento humano) conjuga indicadores de expectativa de vida, educação e renda da população de um país. O índice de Gini mede a desigualdade na distribuição da renda domiciliar per capita; quanto mais próximo de zero, menor a desigualdade. Os dados mostram uma

contínua melhoria desses dois índices. A evolução do índice de Gini destaca um recrudescimento da concentração de renda em 1990, quando o salário mínimo apresenta seu menor valor, seguindo-se uma tendência, a partir de 1995, de uma melhor distribuição. Certamente, uma melhor distribuição de renda contribui para aumentar o poder aquisitivo da base da pirâmide social e, em decorrência, a demanda por RMI, especialmente àquelas de uso na construção de habitações.

Quanto mais moderna uma economia, mais se espera que o setor de produção de matérias-primas, per si, tenha menor participação no PIB, com a agregação de valor via produtos mais elaborados. A involução do indicador intensidade de uso de uma determinada commodity, ou seja, o consumo dividido pelo PIB (geralmente em kg/US\$ 100) reflete esta mudança, mesmo com o consumo per capita crescendo. Trata-se da inflexão para uma economia onde o setor terciário (Serviços) prepondera sobre o setor secundário (Indústria).

A intensidade de uso de alguns materiais nos EUA foi analisada (Materials, 1998). A do aço foi decrescente ao longo de todo o Século XX; portanto, o aço foi menos crítico para o crescimento da economia, mesmo com o consumo per capita crescendo. Já a intensidade de uso do alumínio aumentou quase 100 vezes até se estabilizar na década de 1970, enquanto o consumo per capita segue crescendo. A intensidade de uso do plástico, material moderno, sintético, da metade do século passado, continua em crescimento desde a década de 1940.

Seguindo-se padrão similar, espera-se que no Brasil ocorra, em seu processo de modernização, um crescimento da intensidade de uso daqueles materiais da Tabela 3, dentre vários outros, inclusive as RMI, por muitos anos. Após a inflexão e o decréscimo da intensidade de uso, por longo tempo ainda deverá crescer o consumo per capita, até alcançar o ponto de saturação.

Nosso país começou tarde seu desenvolvimento industrial. Deveria estar materializando sua economia mais rapidamente do que mostram os dados da Tabela 3. A restrição à intensificação do uso de materiais (a chamada “desmaterialização” da economia), neste estágio de desenvolvimento do Brasil, seria, obviamente, um absurdo, dados os níveis de conforto material e de infra-estrutura ainda muito deficientes que persistem no

país. (Seria como tentar eliminar a inanição de um povo sem o aumento do consumo per capita de alimentos.)

A Tabela 4 exemplifica como a reconhecida desigualdade de desenvolvimento entre as diversas regiões brasileiras se reflete no consumo per capita de alguns materiais selecionados. Não surpreende que o Norte e Nordeste apresentem menor consumo per capita.

Tabela 4 – Consumo per capita de alguns materiais por região em 2006.

Material	Brasil	N	NE	CO	SE	S
Cimento (kg/t)	224	177	137	278	269	219
Cer.vermelha (peças/hab)	352	220	281	347	348	579
Cer.revestimento (m ² /hab)	2,6	1,4	1,8	3,5	3,0	3,1
Produtos de aço (kg/hab)	99	17	26	39	163	126

Fonte: Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos (MME).

Em decorrência, por muitos anos ainda, em um processo de materialização da economia e desenvolvimento, é de se esperar o contínuo crescimento do consumo per capita de matérias-primas minerais e seus produtos, bem como de energia.

Em escala planetária, à luz dos princípios do desenvolvimento sustentável, a questão é mais complexa. O impacto ambiental decorrente da exploração crescente de recursos minerais e sua transformação industrial (com emissão de efluentes, CO₂ e outros gases), para a elevação do nível de vida da maioria da população mundial, deve ser considerado em conjunto com as demais nações.

Há um aparente paradoxo nos princípios do desenvolvimento sustentável: a um elevado nível de desenvolvimento de um país têm correspondido historicamente altos níveis de consumo per capita de materiais. Com a população mundial estabilizando-se em torno 10-11 bilhões de pessoas por volta de 2100*, haverá que se chegar a um equilíbrio, com os países hoje avançados industrialmente consumindo menos quantitativamente dos recursos minerais (e melhor qualitativamente), deixando espaço para o avanço, necessário e desejável, do crescimento quantitativo no consumo pelos demais países.

*O Brasil, segundo previsão recente do IBGE, deve atingir seu máximo populacional por volta de 2060, com cerca de 260 milhões de habitantes.

Subjacentes a esta premissa:

- (i) a aceitação da impossibilidade física do Planeta suportar o impacto decorrente do padrão atual de consumo material dos países industrialmente avançados estendido a toda população mundial, ou seja, a necessidade de uma ruptura com o padrão vigente de produção e consumo;
- (ii) o aumento dramático na eficiência de produção dos materiais e na engenharia e design dos produtos em geral e
- (iii) a intensificação da reciclagem e redução drástica dos resíduos gerados.

Os países pobres e emergentes deverão adotar tecnologias mais eficientes para aproveitamento dos recursos minerais. Essas tecnologias, como de praxe, provavelmente serão desenvolvidas pelos países industrialmente avançados. Espera-se, todavia, que o Brasil seja o sujeito do aproveitamento econômico de seus recursos minerais, de sua transformação industrial e agregação de valor, com maiores e contínuos investimentos, privados e públicos, em P&D e inovação.

5. O MINERAL BUSINESS BRASILEIRO E AS RMIS

A importância da mineração para a economia brasileira pode ser subestimada se for considerada apenas sua participação no PIB nacional, em torno de 1% (exclusive petróleo e gás natural).

Seu papel no cenário econômico, no entanto, eleva-se substancialmente com a agregação de frações de outros subsetores que fornecem insumos para a mineração (em sua atividade extrativa strictu sensu de produção na própria mina) e daqueles subsetores que dela dependem parcialmente, formando o elo da cadeia produtiva. Explicitamente, uma fração de cada atividade econômica formal discriminada pelo IBGE no entorno da área de mineração: de onde vêm seus insumos (equipamentos, produtos químicos, serviços diversos etc.); e das atividades sequenciais à mineração, consumidoras dos bens minerais primários; e as que dela dependem parcialmente na prestação de serviços (transporte, comercialização etc.). Nas três etapas, há que se considerar ainda os serviços financeiros e a tecnologia, entre outros.

Nessa linha de raciocínio, com a quantificação dessas frações de outros subsetores, na 1ª Edição deste livro, em 2005, fizemos um exercício de

conformação do mineral business brasileiro (ou com outras denominações: minebusiness, e diversas que foram surgindo, mínero-negócio, mínero-indústria, negócio mineral ou mineral-negócio).

Alguns setores e subsetores da economia têm sido hábeis na exposição de sua importância, contabilizando parcelas de outras atividades econômicas associadas, inclusive apropriando frações da própria mineração. Exemplificando, o agribusiness, ou agronegócio, contabiliza a produção de matérias-primas para a fabricação de fertilizantes. O construbusiness (ou macrossetor da construção civil) considera a produção e a comercialização dos materiais (areia, brita, cimento, aço e cerâmica etc.) usados na construção, aumentando em 20% sua participação original no PIB, com mais 10% em bens de capital e mais 20% em serviços diversos.

Machado (2004) calculou a contribuição do subsetor industrial petróleo ao PIB, para o ano de 2001, contabilizando no negócio petróleo outras atividades além da extração de combustíveis propriamente dita, agregando refino de petróleo, produção e distribuição de gás, comércio a varejo e a atacado de combustível e comércio a varejo de GLP (mas excluindo a extração de carvão mineral e a indústria petroquímica). O negócio do petróleo atingiu 5,9% do PIB, com o preço internacional do barril ainda inferior a US\$ 30.

O MME (agora a EPE), em seu Balanço Energético Nacional, agrega os diversos segmentos energéticos (petróleo e gás, elétrico, nuclear etc.) em um Setor Energético, cuja participação no PIB brasileiro em 2007 atingiu 5,3%. O Ministério do Turismo, em convênio com o IBGE, estimou a participação do Setor de Turismo no PIB, resultando em 2,8% para o ano de 2006. O Ministério da Cultura também busca, com o IBGE, estimar a importância de suas atividades no PIB nacional.

Apresentamos primeiramente os dados da mineração (exclusivo petróleo e gás) e da transformação mineral (M&TM), esta última definida como a primeira transformação mineral de metálicos (siderurgia, não-ferrosos, ferro-ligas e fundição) e de não-Metálicos (cimento e indústria cerâmica). Na seqüência, um exercício de cálculo expedito, com o objetivo de se obter uma estimativa do mineral business brasileiro.

A Tabela 5 mostra a evolução do PIB (US\$ de 2007) do sub-setores mineração, metalurgia e não-metálicos em uma retrospectiva de 37 anos,

bem como seu percentual em relação ao PIB. A fonte de informações é o Balanço Energético Nacional-BEN (2008), base 2007, acessível no sítio do MME.

Verifica-se na Tabela 5 que a participação do PIB da mineração, no período analisado, varia entre 0,6 e 1,1% do PIB nacional e entre 2 e 3,6% do PIB industrial. Sua participação ganha maior expressão quando se considera o efeito da primeira transformação dos bens minerais, com a agregação dos sub-setores industriais metalurgia e não-metálicos, estes últimos providos essencialmente pelas RMI. A evolução desses sub-setores com respeito ao PIB nacional e industrial é também apresentada na Tabela 5.

Percebe-se que a mineração e sua agregação com a primeira transformação (metalurgia e não-metálicos) apresentam uma participação, no período analisado, entre 3 e 6% no PIB nacional e entre 11 e 16% do PIB industrial. Em 2007, resulta em aumento de participação no PIB nacional de 1,1% , apenas a mineração, para 4,5%; e com relação ao PIB industrial, de 3,6% para 15%.

Tabela 5 – Evolução do PIB setorial da mineração, metalurgia e não-metálicos (bilhões de US\$₂₀₀₇) e a participação (%) no PIB brasileiro e industrial.

Sub-setor	1970	1980	1990	2000	2005	2006	2007	07/70 (%)	07/00 (%)
Mineração ¹	2,2	5,5	4,2	6,2	9,9	13,7	14,2	545	129
Metalurgia ²	9,9	23,6	21,2	20,0	33,1	33,7	36,0	264	80
Não-Metálicos ³	4,6	11,6	9,5	7,1	7,7	9,0	9,5	107	34
Min+Met+NM	16,7	40,7	35,2	33,3	50,7	56,4	59,7	258	79
PIB BRASIL	285,3	652,8	758,7	1.051	1.202	1.246	1.314	361	25
Mineração (%)	0,77	0,84	0,55	0,59	1,1	1,1	1,1	-	-
Metalurgia (%)	3,5	3,6	2,8	1,9	2,8	2,7	2,7	-	-
Não-Metálicos (%)	1,6	1,8	1,3	0,68	0,74	0,72	0,72	-	-
Min+Met+NM (%)	5,9	6,2	4,6	3,2	4,7	4,5	4,5	-	-
PIB INDÚSTRIA	109,2	262,1	279,2	291,3	351,8	377,6	398,4	265	37
Mineração (%)	2,0	2,1	1,5	2,1	2,8	3,6	3,6	-	-
Metalurgia (%)	9,0	9,0	7,6	6,9	9,4	8,9	9,0	-	-
Não-Metálicos (%)	4,2	4,4	3,4	2,5	2,2	2,4	2,4	-	-
Min+Met+NM (%)	15,2	15,5	12,5	11,4	14,4	14,9	15,0	-	-

Fonte: Balanço Energético Nacional-BEN/EPE/MME, de 2008.

1.Extrativa Mineral: exclusive petróleo&gás e carvão mineral.

2.Ferro-gusa e aço + Não Ferrosos + Ferro-ligas.

3.Cimento + Cerâmicas (revestimento, vermelha, vidro etc.).

A essa agregação pode ser acrescida a primeira transformação de produtos minerais (essencialmente RMIs) que se dá na indústria química, na fabricação de produtos inorgânicos em geral, intermediários para fertilizantes e fertilizantes N, P e K; uma parcela que compõe um grupo com outras atividades econômicas (fabricação de resinas, tintas e vernizes etc.) agrupadas em Química, e responsável por 3,2% do PIB em 2007 (ABIQUIM, 2008). O autor estima que pelo menos 15% podem ser creditados às RMIs, ou seja, algo como 0,5% do total do PIB.

A partir dos 5,0% (4,5+0,5) já alcançados, como produto de primeira transformação, o mineral business pode ser expandido por uma estimativa sobre o impacto dos produtos minerais em outros sub-setores do Setor Indústria (além da Química). Por exemplo, construção civil (~ 6% do PIB em 2007), papel (1%) e outros, que empregam como matérias-primas minerais, principalmente as RMIs. Agregando ao setor mineral pelo menos 10% da participação mencionada, tem-se mais 0,7% do PIB. Atinge-se portanto a participação de 5,7% do PIB nacional.

Considerando também o que se destina à própria mineração, proveniente da fabricação de veículos, de máquinas e equipamentos e bens elétricos e eletrônicos, que somam cerca de 4% do PIB, e estimando-se em 10% desse valor a participação da mineração, o negócio mineral ganha mais 0,4% do PIB, alcançando 6,1%.

Com as premissas acima, mais um pequeno acréscimo da contribuição da extração de carvão, o mineral business brasileiro terá atingido 6,2% do PIB nacional em 2007, com as RMIs contribuindo com aproximadamente 20%. Na 1ª Edição deste livro a estimativa foi de 6,5%, para o ano de 2004. As RMIs então participaram com 40%. A elevação da produção e dos preços dos metais nos últimos três anos explica essa perda relativa de participação das RMIs. Com efeito, a participação dos não-metálicos no valor da produção mineral brasileira caiu de 43% em 2004 para 22% em 2007, segundo dados preliminares do DNPM (2008a).

Ressalta-se que não se levou em conta neste exercício ligeiro o grande setor Serviços (comércio, transportes, financeiro, governo etc.), que respondeu por cerca de 64% do PIB em 2007, ou seja, a fração de cada sub-setor que depende exclusivamente da atividade mineral. Não se fez nenhuma estimativa neste sentido, mas mereceria um estudo criterioso. O estudo do agrribusiness contabiliza suas participação nos vários subsetores de Serviços, o

que explica em grande parte o salto de 5-6% do PIB da agropecuária para o valor na casa dos 25%, freqüentemente veiculado na mídia.

A seguir, a título de ilustração, apresentam-se alguns exemplos de percentuais típicos de participação no PIB, segundo as contas nacionais do IBGE, e o resultado de agregação de partes de outros subsetores, formando seu respectivo negócio:

- (i) agropecuário ~ 6% PIB >>> agribusiness ~ 25% PIB;
- (ii) construção civil ~ 6% PIB >>> construbusiness ~ 9% PIB;
- (iii) extração de P&GNP ~ 2-3% PIB >>> petrobusiness ~ 6% PIB;
- (iv) extração de minerais ~ 1,1% PIB >>> mineralbusiness ~ 6,2% PIB.

O autor reconhece a necessidade de estudo aprofundado, contando inclusive com a colaboração de especialistas do IBGE, de modo a se estabelecer uma metodologia criteriosa que possa ser aplicada sistematicamente no cálculo do mineral business brasileiro. Acredita-se que tal informação ajude a melhorar a percepção e consolidar a relevância do Setor Mineral.

Finalizando, apresenta-se uma breve análise da evolução dos subsetores. A mineração teve um crescimento real de seu produto (PIB), no período 1970-2007, de 545% enquanto a metalurgia logrou crescer 264%. O subsetor não-metálico cresceu apenas 117% neste período. Vendo como um todo os subsetores mineração, metalurgia e não-metálicos, ou a mineração e a primeira transformação mineral (M&TM), o crescimento de 258% esteve abaixo dos 361% da economia nacional, no período em análise.

Cabe assinalar o desempenho excelente da mineração no período mais recente, 2000-2007, no qual cresceu 129%, e da metalurgia, com 80% (certamente por causa da alta nos últimos anos na cotação internacional de minérios e metais, especialmente após 2002, concorrendo para o destaque nas exportações), bem superiores ao da economia nacional, de apenas 25%. O subsetor não-metálico, muito mais dependente do mercado interno, cresceu 34%, mais próximo ao crescimento econômico do País.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIQUIM (2008). Anuário da Indústria Química Brasileira.
- BEN (2008). Balanço Energético Nacional – Cap.7. Energia e Socioeconomia. EPE, Ministério das Minas e Energia, www.mme.gov.br.
- CABRAL Jr, M. et al. (2005). Minerais Industriais – orientação para regularização e implantação de empreendimentos. São Paulo, IPT, 86p.
- CALVO, B. (2001). As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Série Rochas e Minerais Industriais. nº 3, CETEM, 37p.
- DNPM (2008a). Anuário Mineral Brasileiro (versão preliminar, e anos anteriores).
- DNPM (2008b). Sumário Mineral (também de anos anteriores).
- IPEADData. (2008). www.ipea.gov.br.
- LUZ, A. B. e LINS F. F. (2004). Introdução ao tratamento de minérios. In: Tratamento de Minérios, 4ª Edição. A.B. Luz; J. A. Sampaio e S. L. M. Almeida (Editores). Rio de Janeiro, CETEM, cap.1, p. 1-16.
- MACHADO, G. (2004). Estimativa da contribuição do setor petróleo ao produto interno bruto do Brasil: 1997-2001. In: X Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, Anais, p. 1093-1105.
- MENZIE, D. et al. (2003). Some implications of changing patterns of mineral consumption. USGS, www.pubs.usgs.gov/of/2003/html.
- MATERIALS – A report of the interagency working group on industrial ecology, material and energy flows. (1998). www.oit.doe.gov/mattec/img.htm
- MME (2008a). Sinopse da Mineração e Transformação Mineral (Metálicos&Não-Metálicos). DTTM/SGM/MME. Folder. Acessível em www.mme.gov.br (publicações/anuários).

- MME (2008b). Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos. DTTM/SGM/MME. Acessível em [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br/publicações/anuários) (publicações/anuários). Lins, F. F.; Angelo, S. M. M. A. e Oliveira, J. M. F., 72p.
- NOETSTALLER, R. (1988). Industrial Mineral-A Technical Review. World Bank Technical Paper Number 76. Industry and Finance Series, 117p.
- WELLMER, F. W. e BECKER-PLATE, J. D. (2001). World natural resources policy (with focus on mineral resources). In: Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. M. K. Tolba, Editor, vol.1, Eolss Publishers Co. Ltd, Oxford, UK, p. 183-207.
- WELLMER, F. W. e BECKER-PLATEN, J. D. (2002). Sustainable development and the exploitation of mineral and energy resources: a review. International Journal of Earth Science, vol. 91, p. 723-745.