

Novos Materiais e Energia Elétrica:**Tendências e Perspectivas para o Brasil¹**

Renato Dagnino (nov.87)

Sumário

O presente documento objetiva analisar algumas implicações das principais tendências atuais de desenvolvimento científico e tecnológico na área de materiais sobre a geração, transmissão e utilização de energia elétrica. Três áreas-problema, envolvendo cada um desses aspectos, são tratadas utilizando procedimentos distintos, adequados às suas especificidades, disponibilidade de informação, etc.

Em relação à utilização é enfocado, na primeira seção, o impacto da substituição de substâncias metálicas por novos materiais na demanda de energia elétrica para a sua produção por parte do setor mineral do país. De maneira a fundamentar as conclusões a que chega o estudo é feita uma sumária explanação acerca das distintas causas que atuam no sentido da diminuição do consumo de metais. O estágio de desenvolvimento em que se encontra o país, e em especial, as características do setor mineral, faz com que a consecução de metas de "autosuficiência" para o setor tenda a resultar num aumento na demanda de energia elétrica bastante mais elevado do que aquele que, com escassa probabilidade, poderia ocorrer em função da citada tendência.

Em relação à transmissão é avaliada a implicação do desenvolvimento de materiais supercondutores cerâmicos e metálicos na diminuição das perdas e custos envolvidos. Para tanto é analisado o atual "estado da arte" da supercondutividade, as áreas de aplicação que estão recebendo maior apoio a nível internacional, e as projeções existentes acerca da maturação das respectivas tecnologias. Como conclusão, destaca-se o fato de que, como resultado do pouco interesse relativo demonstrado pelas grandes empresas e governos dos países desenvolvidos na utilização da supercondutividade para a transmissão de energia elétrica a longa distância, e dos problemas técnicos--notadamente os de natureza mecânica--existentes, é provável que mesmo uma aplicação como a fusão nuclear venha a estar em operação antes (ela está prevista para 2020).

No que respeita à geração, é tratada, no quarto item, a tecnologia de produção de energia alternativa atualmente mais promissora, e que vem se tornando crescentemente competitiva em

¹ trabalho produzido por solicitação da Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte do Brasil SA)

função do desenvolvimento verificado na área de novos materiais, a energia fotovoltaica. São apresentados aspectos técnicos e econômicos a ela relacionados, bem como o panorama internacional do setor. Uma metodologia para a avaliação do potencial de mercado da energia fotovoltaica passível de ser aplicada em detalhe para a área servida pela Eletronorte é sugerida, e são apresentados os resultados obtidos para uma região brasileira pouco povoada. O enorme potencial de aplicação inferido demanda por parte da empresa uma cuidadosa análise com vistas à formulação de seu planejamento estratégico.

Como conclusão geral, mas sem dúvida preliminar, do estudo, acerca das oportunidades e dificuldades relacionadas à tendência de inovação em novos materiais, ressalta-se:

- a importância da tecnologia fotovoltaica, como fronteira de expansão das atividades da empresa;
- a escassa probabilidade de que se possa contar antes de trinta anos com uma tecnologia adequada para a transmissão de energia elétrica a longa distância baseada em supercondutores;
- o relativamente pequeno impacto global que terá a substituição de substâncias metálicas por novos materiais na demanda de energia elétrica exercida pelo setor mineral no país.

Tendências internacionais da redução do consumo de matérias-primas minerais e avaliação de seu impacto na demanda de energia elétrica

R. Dagnino (nov. 87)¹

Nesta seção são primeiramente analisadas as implicações da atual tendência internacional de diminuição do consumo de matérias-primas minerais, inclusive em relação aos países em desenvolvimento, procurando identificar as distintas causas que a determinam, e enfocando com maior detalhe aquelas diretamente ligadas à substituição tecnológica de metais pelos novos materiais. Para tornar possível uma rápida, tomada de contato com os principais aspectos do debate atual sobre o assunto, serão apresentadas, sem nenhuma preocupação de originalidade ou "prurido acadêmico", numerosos gráficos e tabelas extraídos da literatura recente, indicada na bibliografia.

Posteriormente, a partir de coeficientes técnicos sobre o consumo de energia elétrica no processamento de algumas matérias-primas minerais, estimativas de diminuição de sua demanda futura, e informações sobre o setor mineral brasileiro, aplica-se uma "metodologia", que pode ser eventualmente utilizada

¹ agradeço, sem incriminar, a Celso Ferraz, Iran Machado e Antonio Vasques, da UNICAMP, a colaboração prestada à realização deste trabalho.

para o tratamento de outras substâncias de interesse, destinada a avaliar o impacto das tendências estudadas.

Tendências internacionais da redução do consumo de matérias-primas minerais: avaliação de suas causas principais

A preocupação existente no âmbito dos países desenvolvidos acerca do esgotamento dos recursos minerais deve-se, fundamentalmente, à grande dependência que apresentam em relação ao exterior para garantir o seu suprimento. A tabela abaixo indica a magnitude deste problema para alguns recursos minerais.

Dependência de importação de matérias primas por áreas de comércio

	(% of consumption)			
	EEC	USA	JAPAN	COMECON
Aluminium	61	85	100	28
Copper	90	14	94	4
Chromium	100	91	98	2
Cobalt	100	98	100	68
Iron Ore	79	36	99	5
Lead	76	13	78	3
Nickel	100	70	100	13
Manganese	100	98	98	3
Tin	87	83	98	
Titanium	100			
Tungsten	99	52		
Zinc	91	57	74	9

fonte: Hondros, 1986, p.9

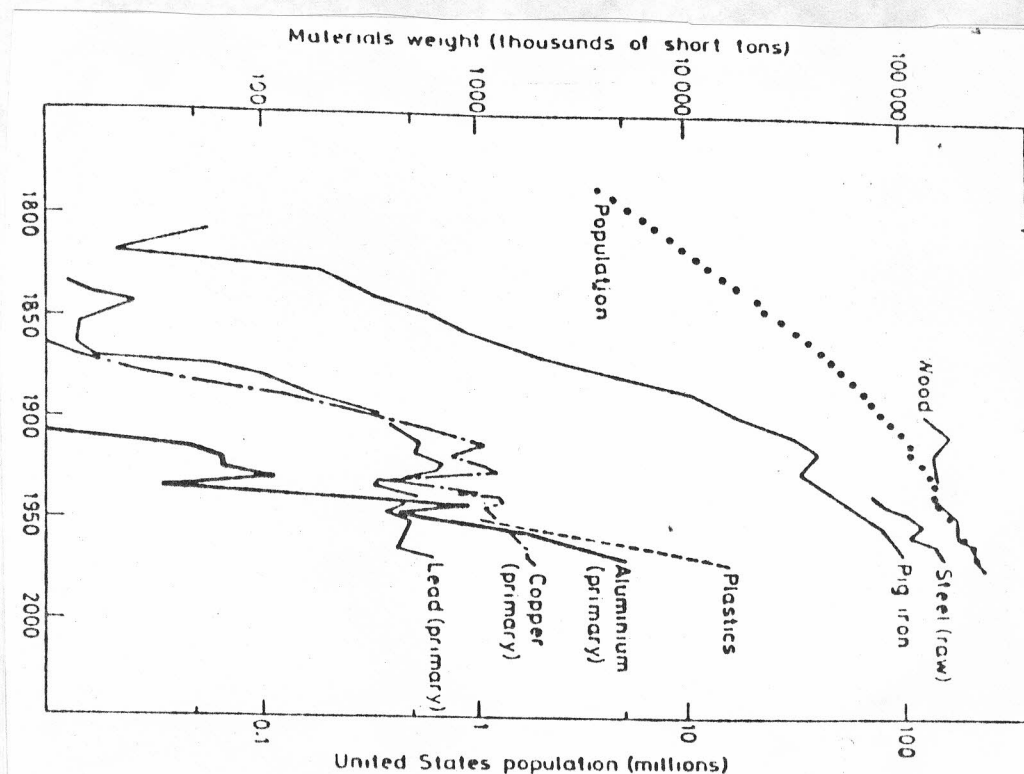
A década de 70 foi marcada por uma grande reflexão e discussão acerca das perspectivas de esgotamento, formuladas a partir da extrapolação das tendências de crescimento do consumo observado. Entretanto, tais projeções, em alguns casos alarmantes, não se verificaram. Entre as razões mais óbvias do não cumprimento destas projeções estão:

- o fato conhecido de que, à medida que são exploradas as jazidas minerais é natural que se ampliem as reservas comprovadas de recursos;

- novas reservas são continuamente descobertas, sobretudo nos países do Terceiro Mundo, onde o conhecimento existente sobre o seu subsolo é bastante precário;

- o crescimento da demanda por recursos minerais (e energéticos) guarda uma relação não linear com o aumento populacional. Ela é decrescente no caso de países desenvolvidos (como mostra o gráfico abaixo), que, é importante ressaltar, apresentam um consumo per capita de recursos cerca de 18 vezes maior do que o dos países do Terceiro Mundo.

Aumento do consumo de materiais nos EUA comparado com crescimento populacional



fonte: Hondros, 1986, p.10

Como indica o gráfico, durante o século passado a população norteamericana (e o PIB), cresceu sete vezes, enquanto que o consumo de ferro e aço aumentou por um fator de 250. Nos cinquenta anos seguintes, a população dobrou (o PIB mais que duplicou), enquanto que o consumo de ferro e aço aumentou somente em 6 vezes. A partir de então, a taxa de crescimento do consumo destes materiais, assim como a do chumbo e do cobre, igualou a da população. Materiais de introdução mais recente, como o alumínio e os plásticos, e outros, cuja evolução do consumo não aparecem no gráfico, parecem apresentar um padrão de comportamento semelhante. Após um período de rápido incremento de seu consumo

(que para o ferro e aço foi de 80 anos, e para o cobre e o chumbo de 40), tendem a apresentar taxas de crescimento semelhantes a da população.

O gráfico ilustra igualmente uma tendência mais geral, relativa à economia como um todo, e que pode ser extrapolada para a análise dos processos de desenvolvimento em curso em outros países: durante o período inicial de industrialização pesada, que corresponde a implantação da infraestrutura produtiva (e também da social, supondo condições adequadas de distribuição de renda), o consumo de materiais (e também de energia) aumenta mais que proporcionalmente em relação à população, posteriormente tende a apresentar uma taxa semelhante, ainda que, em alguns casos (principalmente devido a um processo de substituição tecnológica), inferior. A implicação desta tendência geral para o caso dos países em desenvolvimento, e em especial para o brasileiro, não pode ser desconsiderada, uma vez que "à tecnologia constante" a elevação da renda (per cápita), principalmente se igualitariamente distribuída, tende a produzir um aumento no consumo de matérias primas. Seu resultado tem-se traduzido em taxas de crescimento do consumo de metais, para esses países, mais elevadas do que aquelas dos países desenvolvidos, como pode ser inferido da tabela abaixo. A projeção nela contida indica a manutenção dessa tendência.

Participação dos países em desenvolvimento no consumo mundial de metais

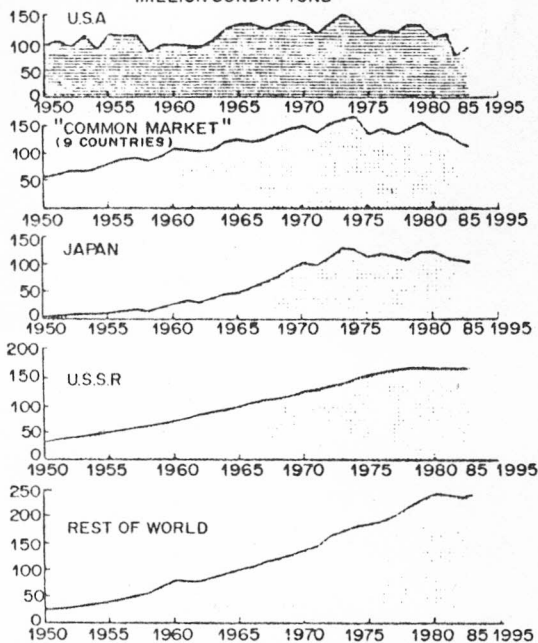
	1961	1970	1975	1980	1995
alumínio	5,0	10,2	15,2	16,1	20,2
cobre	8,6	9,9	14,1	16,3	19,5
min. de ferro	13,5	12,0	16,7	19,4	28,9
min. manganês	11,1	19,6	23,4	26,8	36,8

fonte: Vigil, 1985, p.14.

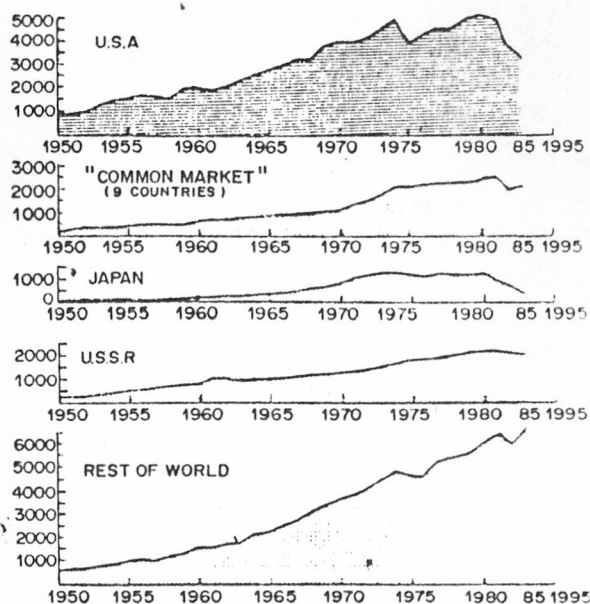
A estimativa do consumo futuro dos materiais tem sido abordada a partir de diversas metodologias, que se apoiam basicamente na compreensão da relação entre os fatores que o determinam. A simples relação consumo x tempo é insuficiente, como mostram os gráficos abaixo.

fonte: Tilton, 1986, p.242.

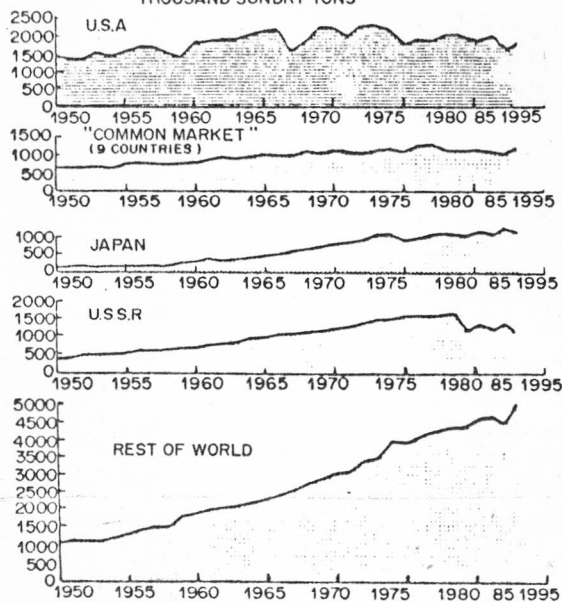
WORLD STEEL PRODUCTION
MILLION SUNDRY TONS



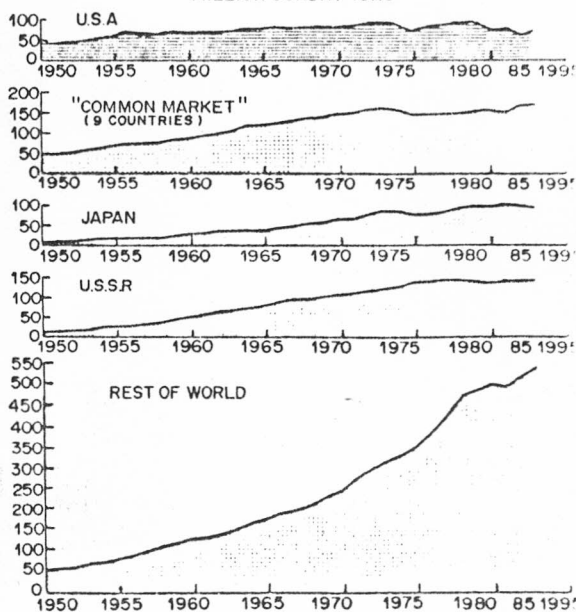
WORLD PRIMARY ALUMINUM METAL PRODUCTION
THOUSAND SUNDRY TONS

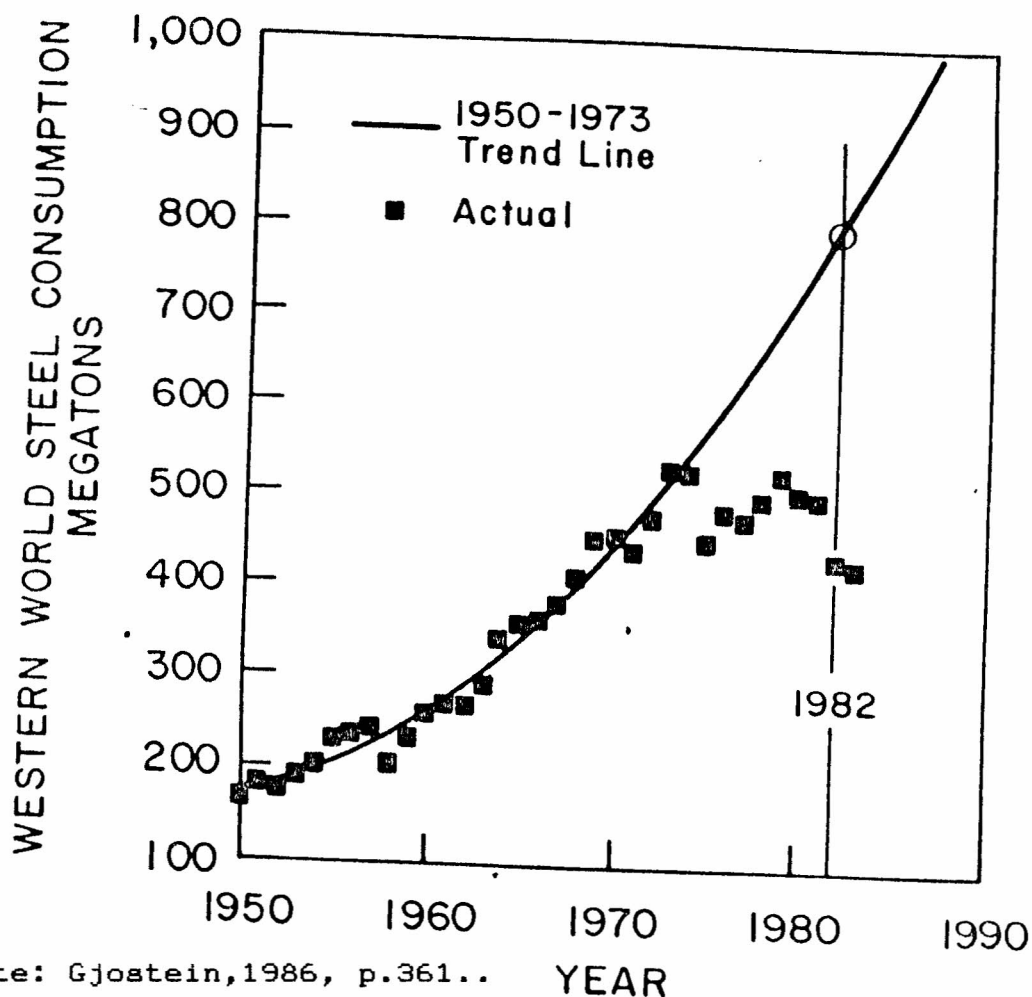


WORLD REFINED COPPER PRODUCTION
THOUSAND SUNDRY TONS



WORLD CEMENT PRODUCTION
MILLION SUNDRY TONS





fonte: Gjostein, 1986, p.361..

Outras fontes detectam, também a mesma tendência, como se constata na tabela abaixo:

Crescimento anual do consumo mundial dos principais metais

Metal	Países desarrollados	EE.UU.	Europa Occ.	Japón
Estanho	64,3	56,2	64,6	69,1
Níquel	76,9	61,5	88,3	73,7
Zinc	78,5	61,0	84,9	75,9
Cobre	86,4	74,8	88,4	97,7
Picmo	97,0	88,5	95,6	117,7
Aluminio	110,5	98,8	116,8	122,2

fonte:González-Vigil, 1985, citado em Gana, 1985.

A diminuição da taxa de crescimento do consumo dos metais e ligas mais importantes, ocorrida a partir de 1974, torna sem sentido uma extrapolação de tendência como a mostrada. Mas além das razões que chamamos de "mais óbvias", para o não cumprimento das projeções de esgotamento dos recursos minerais, existem outras, algumas de tipo mais ou menos conjuntural, outras, ligadas a tendências estruturais.

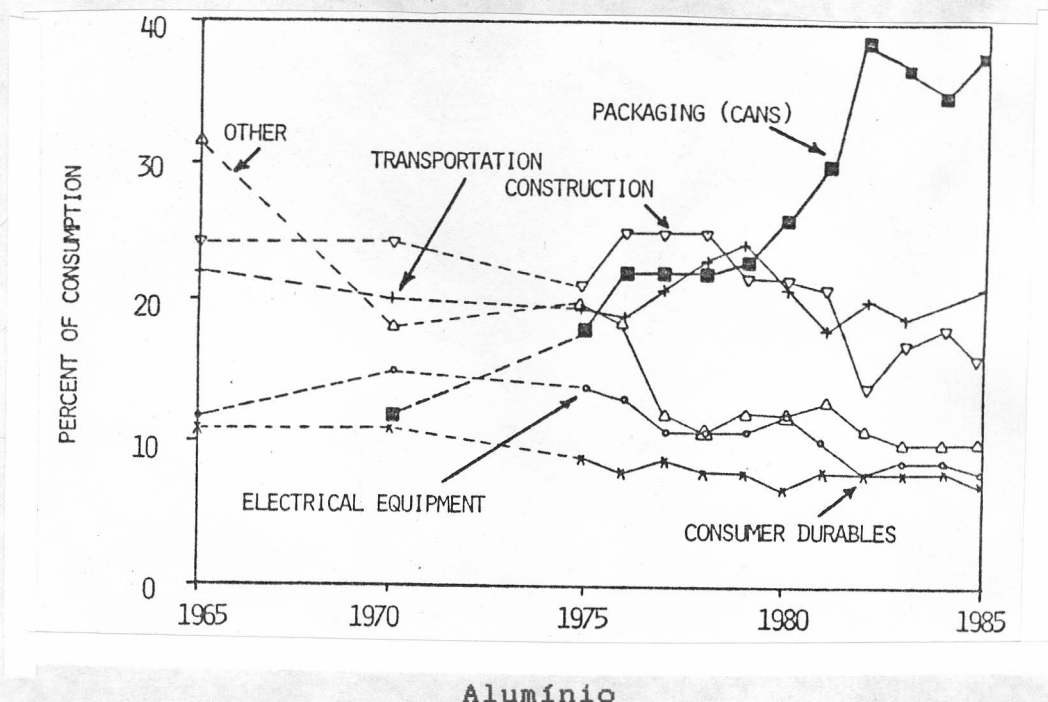
No que segue elas serão abordadas com algum detalhe de maneira a explicitar sua contribuição relativa a queda no consumo de bens minerais em curso. Uma primeira e óbvia razão relaciona-se à diminuição da taxa de crescimento do PIB das economias ocidentais, que passou de 6,2% ao ano, entre 1950 e 74, para 1,7% ao ano. Entretanto, dois outros fatores devem ser considerados. Eles se referem, respectivamente, aos lados da "demanda" e da "oferta" da economia:

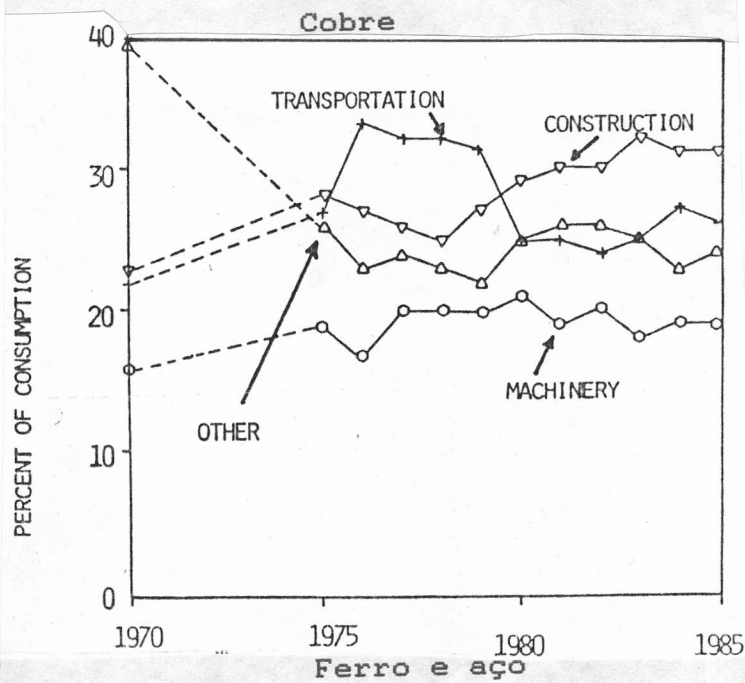
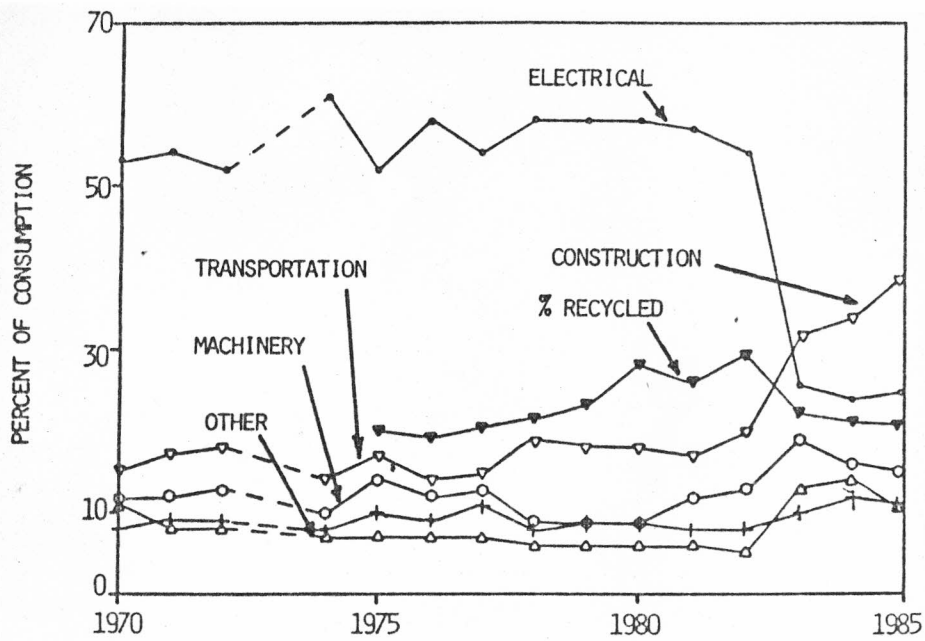
- a modificação das pautas de consumo, ou da "participação dos produtos na renda" (product composition of income), que leva à modificação do peso relativo dos setores produtores de bens de infraestrutura, duráveis, não-duráveis, e do de serviços. Ela é, por sua vez, derivada do padrão de desenvolvimento observado, mas também da difusão de inovações, principalmente as de produto.®

® desde 1970, a participação da produção de bens industriais e agrícolas no PIB dos EUA decresceu de 46% para 41%, enquanto que a do setor serviços aumentou de 43% para 50%. Desde 1953 o setor manufatureiro diminuiu sua participação no PIB, de 30% para 21%, e o segmento de bens duráveis, de 18% para 12%. Estas modificações tendem, obviamente a impactar a intensidade de uso de materiais (Hibbard, 1986).

- a "composição material do produto" (material composition of products), i.é, a quantidade de cada material empregada na satisfação da demanda por determinados bens e serviços da população, como automóveis, comunicações, etc.

Os gráficos abaixo indicam a importância que podem desempenhar modificações na participação dos produtos na renda, na intensidade de uso dos materiais. São também importantes para dar uma idéia da distribuição do consumo de alguns metais importantes entre setores de uso final da economia americana.





fonte:Huyck,1986,p.294,5.

Ambos os fatores incidem de maneira agregada no comportamento de um parâmetro que apresenta as vantagens de "isolar" o efeito do ritmo de crescimento econômico, e de ter sua mensuração relativamente fácil: a intensidade de uso do material no PIB.

A tabela abaixo indica os valores deste parâmetro para três metais importantes em dois períodos característicos.

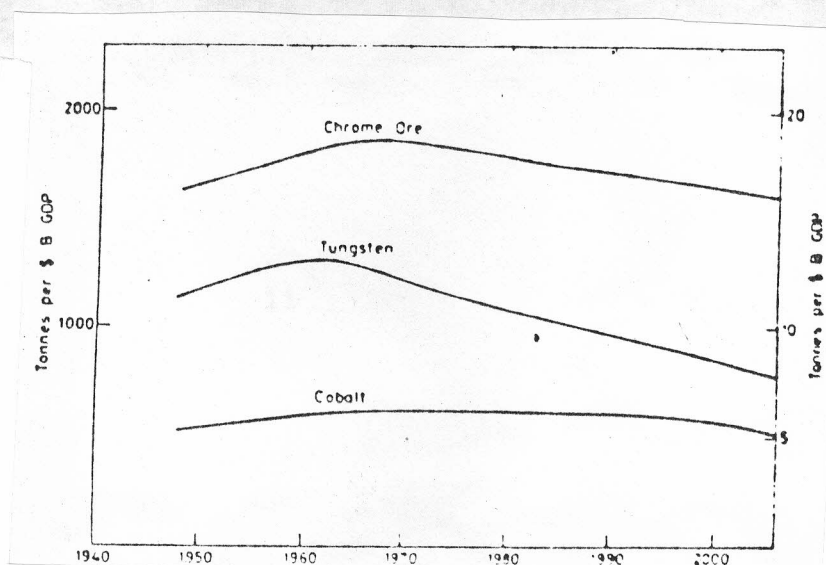
WESTERN WORLD GROWTH IN METAL CONSUMPTION, INTENSITY OF USE, AND GROSS DOMESTIC PRODUCT ^{1,5}				
Metal	Growth Rate, %			Contribution of Intensity of Use %
	Metal Consumption	GDP	Intensity of Use	
Aluminum				44
1950-74	9.3	6.2	2.9	
1974-82	-0.4	1.7	-2.1	
Copper				-30
1950-74	3.8	6.2	-2.2	
1974-82	0.6	1.7	-1.1	
Nickel				44
1950-74	6.3	6.2	0.1	
1974-82	-2.9	1.7	-4.6	

Notes: Since intensity of use is by definition metal consumption per unit of GDP, metal consumption in any year is the product of GDP and intensity of use, and growth over time in metal consumption depends on both the growth of GDP and intensity of use. The last column shown above indicates the contribution of intensity of use to the change in the metal consumption growth rate between 1950-74 and 1974-82. For example, in the case of aluminum the drop in the growth rate of intensity of use from a plus 2.9 to a minus 2.1 accounts for 44 percent of the decline from a plus 9.3 to a minus 0.4 in the growth rate of aluminum consumption. The remaining 56 percent of this decline was caused by the slowdown in GDP growth from 6.2 to 1.7.

fonte: Tilton, 1986, p. 243.

De uma forma geral, as estimativas revelam que por volta do ano 2000 a intensidade de uso da maior parte dos materiais importantes ter-se-á reduzido em 10 a 20%. No gráfico abaixo são apresentados os comportamentos passados e esperados para outros três importantes metais.

Evolução da intensidade de uso por unidade de PIB



nota: a ordenada da esquerda refere-se exclusivamente ao cromo.

fonte: Maleenbaum, 1977, citado em Hondros, 1986, p.17

Outras fontes indicam tendências muito semelhantes, como pode-se depreender da tabela abaixo:

Evolução da intensidade de uso de metais entre 1970-82

CRECIMIENTO ANUAL DEL CONSUMO DE LOS PRINCIPALES METALES (porcentajes)

Metal	1951-1959	1964-1974	1974-1979	1979-1983
Hierro (mineral)	6.2	4.5	0.1	- 1.4
Aluminio	9.2	8.4	3.0	- 1.1
Cobre	4.7	2.9	3.5	- 1.9
Plomo	4.1	2.8	4.4	- 1.9
Zinc	4.9	3.8	1.1	- 0.8
Estanho	1.0	1.2	- 0.8	- 2.0
Niquel	6.2	5.7	1.9	- 2.3

nota: - a base de comparação é o consumo de 1970 (= a 100).

- neste caso a intensidade de uso é avaliada em termos de produto industrial.

fonte: Auty, 1985, citado em Gana, 1985.

O problema, como já assinalado, é que a intensidade de uso é o resultado de causas que, por sua vez, refletem movimentos e tendências distintas (e que atuam segundo "lógicas" independentes, pelo menos no curto prazo³). As pesquisas realizadas recentemente (Canavan,1983, citado em Tilton,1986, Roberts,1986 ,Myers,1986) indicam, em geral, que o fator "composição material do produto", não só tem incidido com maior importância, como tende ser cada vez mais significativo.

De fato, a causa determinante fundamental da modificação nesse fator é a atual "onda de inovações", cujo carácter estrutural, irreversível e inevitável, tanto no âmbito dos países industrializados como no dos em desenvolvimento (Dagnino,1986 e 1987), é notório. Ela incide,

- pervasivamente, a nível de praticamente todos os setores de produção de bens e serviços, aumentando (principalmente via a informática) a eficiência no uso de materiais, promovendo a conservação e a reciclagem (também via a biotecnologia) e,

³ esta ressalva parece importante, pois os autores revisados não demonstram dar-se conta, ou pelo menos não explicitam nas suas análises, o fato de que a inovação tecnológica--principalmente em momentos de rápida e profunda alteração do "paradigma tecnológico", como o atual-- determina mudanças generalizadas e pervasivas, que incidem tanto na "composição do produto" como na "composição material do produto". A consideração do caso do setor bancário brasileiro, que apresentou entre 1979 e 82 um crescimento de 61,3%, enquanto que, em função de um processo acelerado de informatização, a mão-de-obra empregada aumentava em apenas 24,3%, bem exemplifica sua importância.

-particularmente, através do desenvolvimento de novos materiais e processos destinados a substituir os tradicionais.

As modernas técnicas de produção informatizadas, como as MFCN, CAD/CAM, sistemas de manufatura flexível, sensores, etc têm determinado um aumento generalizado na produtividade industrial e, mais especificamente, uma diminuição relativa (por unidade de produto) do emprego de materiais. O aperfeiçoamento das técnicas de projeto e produção, a miniaturização, a diminuição do índice de refugos, e da necessidade de conformação mecânica (usinagem, etc), entre outros, são os responsáveis diretos por este fenômeno.⁴

A utilização de bactérias naturais ou geneticamente melhoradas, tem permitido não apenas a diminuição da demanda de insumos e energia, e conseqüentemente do custo, para a extração de metais como também a sua recuperação (Dagnino,1984). O aumento da eficiência dos processos fermentativos, igualmente obtido através da bt, tem determinado uma considerável diminuição das temperaturas e pressões de operação em inúmeras técnicas produtivas e, como consequência, do emprego de materiais.

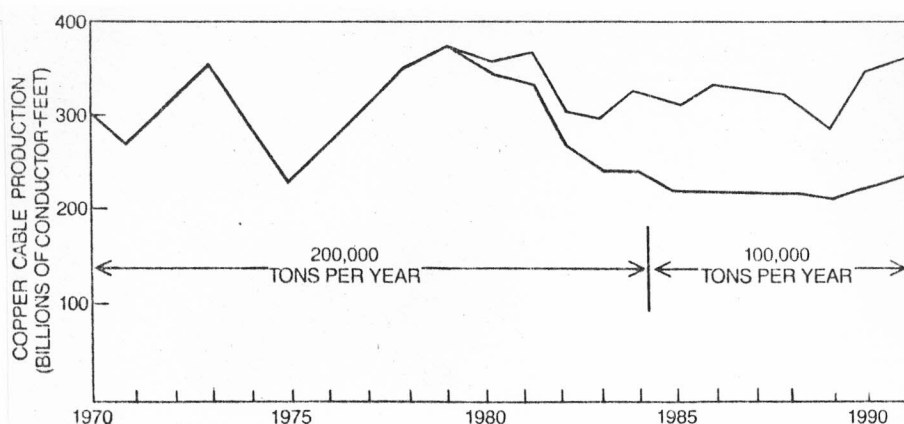
⁴ entre os inúmeros exemplos existentes vale a pena citar:
-a diminuição do diâmetro dos cristais de silício usados nos circuitos integrados, e a redução das perdas de fabricação, determinaram uma queda da intensidade de uso deste material de 0,523 para 0,311 toneladas por milhão de dólares de produto da indústria de comunicações, entre 1970 e 1985. (Hibbard,1986).
-a criação de um novo método de análise computadorizado de tensões em estruturas metálicas permitiu a redução, em 10%, do aço usado em pontes (Bureau of Mines,1986).

O desenvolvimento de novos materiais substitutivos dos materiais tradicionais ou especialmente projetados para novos usos é uma tendência já igualmente consolidada.²⁵

Talvez o caso do cobre, que já pertence ao "folclore" do impacto das novas tecnologias, como um exemplo de perda de vantagens comparativas por parte dos países em desenvolvimento, causada por uma inovação radical (a fibra ótica), mereça algo mais do que uma nota de rodapé. A figura abaixo mostra a dramática redução na demanda de cobre observada nos últimos anos, e a evolução futura previsível.

²⁵ a intensidade de uso de plásticos especiais para a fabricação de garrafas de refrigerante descartáveis, nos EUA, aumentou de 18 toneladas por milhão de dólares, em 1977 para 161, em 1982. A do aço para latas e vasilhames decresceu de 6,5 toneladas por mil dólares para menos de 3, no mesmo período. A do alumínio para embalagem aumentou de 0,77 toneladas por milhão de dólares, em 1974, para 2,0, em 1985 (Hibbard, 1986). A indústria automobilística norte-americana e mundial vem sofrendo, por outro lado, uma autêntica revolução em termos da redução de consumo e de substituição de materiais. No período 1979-82, de apenas três anos, a média de peso dos automóveis Ford reduziu-se em cerca de 1000 libras, das quais:

- 620, devido a tendência de produção de carros menores;
- e 380 devido ao aumento do conteúdo de materiais de menor peso e/ou mais alto desempenho, como os plásticos, o alumínio, e os aços especiais, que aumentaram sua participação no peso total dos veículos de 10,7 para 23% (Gjostein, 1986).



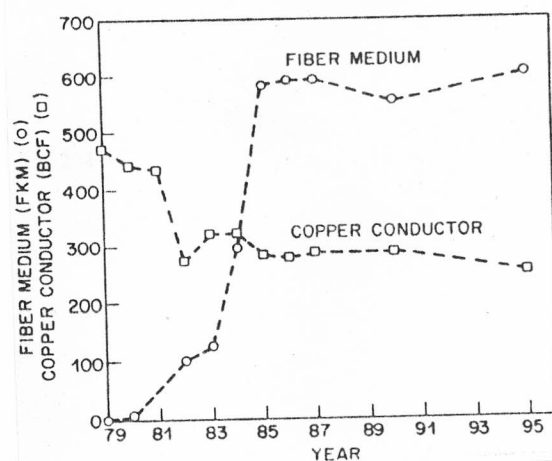
GLASS IS DISPLACING COPPER as an interconnection material as photonic communication links displace electronic ones. The black curve shows the annual production of copper telecommunications cable in the U.S. (in terms of the length of the conductors that make up a cable) projected to 1990. The colored curve shows what the projection would have been without the introduction in the late 1970's of optical fibers and of high-volume digital transmission. Between 1970 and 1984 the U.S. telecommunications industry consumed an average of 200,000 tons of copper per year; between 1984 and 1990 consumption is expected to drop by half. Cable production will not drop proportionately because the remaining cable tends to be narrow-gauge: glass is displacing copper from the top interconnection level down. Nearly all new long-distance cables and many new local cables are optical. Glass fibers are also used increasingly within electronic machines.

fonte: Mayo, J., 1986, p.57

Este comportamento da demanda teve sua origem inicial principal na substituição do alumínio pelo cobre para fins de transmissão de energia elétrica, devido ao sua menor densidade. Mas é evidente que nos últimos anos, e mais ainda no futuro, ele estará determinado pela crescente utilização da fibra ótica, como mostra o gráfico.

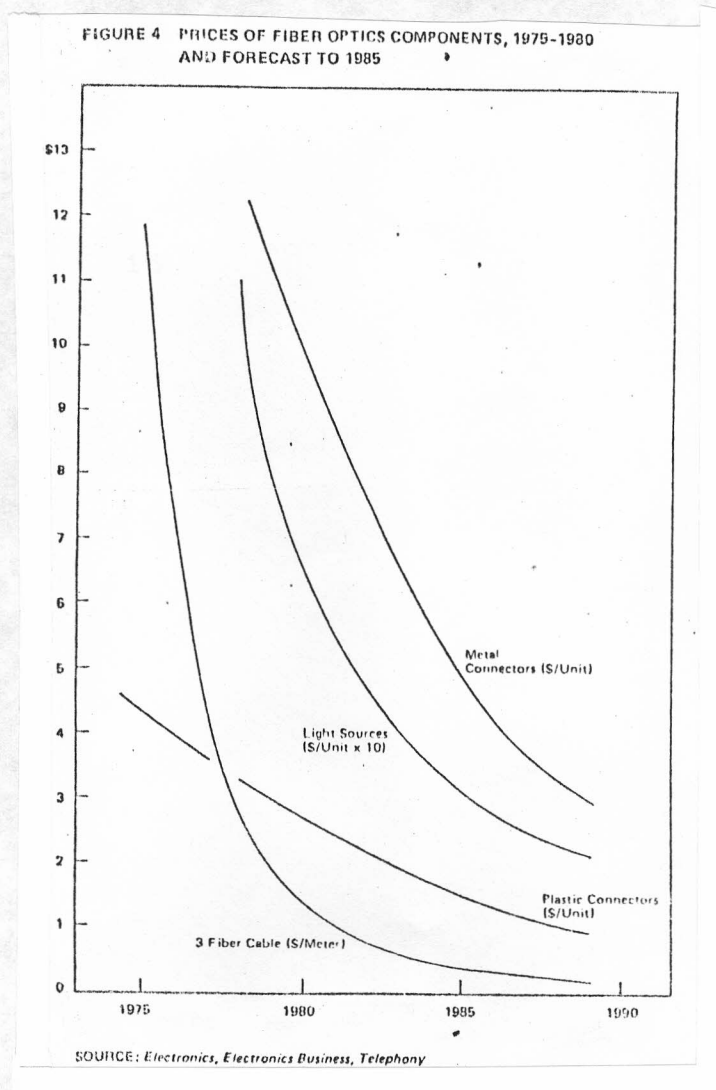
Tendência da demanda de cobre e fibra ótica para cabos de comunicação

COPPER AND FIBER TELECOMMUNICATIONS CABLE DEMAND



fonte: Key e Schlabach, 1986, p.446.

Como indica a tabela abaixo, este pode ser considerado um exemplo típico do que Perez, 1985, considera um dos "fatores chave" para a difusão de inovações, a existência de custos sensivelmente decrescentes associados à tecnologia emergente.



Novos materiais têm sido desenvolvidos para usos cada vez mais específicos (quase que "sob encomenda") determinando uma significativa alteração no quadro até então existente de quase hegemonia de um material sobre os demais. Processos de substituição radical de um material por outro, como os que ocorreram no passado (madeira por ferro, ferro por aço), são atualmente bastante improváveis (UNICAMP,1987). O espectro de utilizações dos diversos tipos de novos materiais (cerâmicos, compósitos, ligas poliméricas, ligas metálicas especiais, etc) abrange um campo cada vez maior de setores produtivos (Scientific American,1967 e 1986, Vigil,1985, Clark e Field,1985, Kelly,1985, Bayen e Portnoff,1984, UNICAMP,1987, Queiroz e Mitlag,1985, etc), embora o estímulo principal para o seu desenvolvimento e penetração no mercado deva continuar provindo das indústrias emergentes, como a informática, ou que estão sofrendo um processo acelerado de transformação como a de energia, aeroespacial, de armamentos⁶. Apesar da importância deste "demand pull", seu caráter intensivo em C&T e seu "acoplamento" às indústrias de ponta, faz com que o comportamento do "setor" de novos materiais seja também muito suscetível a um movimento do tipo "technology push". Como consequência do cada vez maior conhecimento da

⁶ a importância da indústria de armamentos na demanda por metais e, principalmente, por novos materiais, tem sido destacada por muitos autores. De fato, ela tem um papel determinante na tendência de desenvolvimento de novos materiais. Haveria que investigar seu significado no caso brasileiro. Uma abordagem preliminar e geral desta questão pode ser encontrada em Dagnino,1985 e Dagnino e Proença Jr.,1987.

estrutura e do comportamento dos materiais, tornado possível pelos avanços tecnológicos, principalmente da informática, é de se esperar um acirramento dessa tendência geral (Ilachner, 1986).

Assim, embora a tendência geral de substituição tecnológica tenda atuar de forma "negativa" sobre o conjunto dos metais, seu impacto é bastante diferenciado, existindo, em alguns casos, uma clara tendência de aumento de sua intensidade de uso e de demanda. Por oposição aos metais tradicionais até agora abordados, de uso difundido e inespecífico, que são produzidos e utilizados em larga escala e em praticamente todo o mundo, existe um outro conjunto que apresenta usos específicos e, às vezes exclusivos, associados novas tecnologias ou setores produtivos, que apresenta um comportamento diferenciado. É o caso metais que atuam como elementos de liga em aços especiais (molibdênio, vanádio, columbio, níquel, etc) ou que estão estreitamente vinculados às tendências de inovação nas áreas de novos materiais (zircônio, tântalo, titânio, lítio, etc) ou às tecnologias emergentes, como a informática (silício, etc), a supercondutividade (nióbio), etc. Muitos desses metais têm sua localização concentrada em países do Terceiro Mundo. Entretanto, e em função dos elementos já analisados, esses metais, pela pouca expressão quantitativa que apresentam, não parecem ser capazes de contrabalançar a tendência de perda de vantagens comerciais daqueles países, atualmente em curso.

Apesar da relativa abundância dos estudos acerca das tendências de substituição de bens minerais, que permitem seu entendimento cada vez mais adequado, e dos quais os aqui indicados constituem apenas uma amostra, existem ainda consideráveis dificuldades para a formulação de projeções futuras. Isto porque:

- a maioria dos estudos prospectivos trata os setores de utilização de novos materiais e seu impacto na substituição, e não os diferentes bens minerais de modo global. Como resultado torna-se difícil formar um quadro da situação específica de cada bem mineral submetido a múltiplos impactos;
- existe uma grande incerteza com relação a velocidade com que o conhecimento científico e tecnológico irá permitindo novas invenções no campo dos materiais e, principalmente, a respeito do surgimento e difusão de inovações "revolucionárias" que possam vencer a barreira econômica que significam os custos de adaptação e/ou renovação da estrutura produtiva;
- há uma considerável diferença entre as projeções realizadas por especialistas da área mineral e as dos pesquisadores do campo dos novos materiais, o que revela distintos e compreensíveis vieses em relação ao papel da variável mudança tecnológica.

Dentre as estimativas de demanda de substâncias minerais periodicamente realizadas pelos órgãos especializados da área mineral, a mais respeitada é a da publicação, Mineral Facts and Problems do Bureau of Mines do Departamento do Interior norte-

americano. As tabelas apresentadas a seguir, para o alumínio, o cobre, e o ferro, metais que a partir de agora serão objeto de uma análise em maior detalhe, foram retiradas desta publicação. Elas têm a vantagem de serem mais adequadas aos objetivos deste trabalho, mas apresentam o defeito de conterem um viés do tipo recém indicado.

—Projections and forecasts for U.S. aluminum demand by end use—2000

(Thousand metric tons of aluminum or metal equivalent)

End use	1983	Statistical projections ¹	2000		
			Contingency forecasts for United States		
			Forecast range		
			Low	High	Probable
Metal:					
Building and construction	1,116	1,950	1,500	2,800	1,700
Transportation	925	1,830	1,300	2,800	2,000
Electrical	513	1,010	500	1,110	850
Containers and packaging	1,517	2,610	1,300	2,600	2,200
Consumer durables	413	730	500	1,000	700
Machinery and equipment	313	780	400	800	600
Other	231	350*	200	800	350
Total	5,028	9,260	5,700	11,900	8,400
Nonmetal:					
Refractories	127	350	200	330	270
Chemicals	221	510	400	600	460
Abrasives	66	150*	100	170	130
Total	414	1,010	700	1,100	860
Grand total	5,442	10,270	6,400	13,000	9,260

¹Statistical projections, provided by the Branch of Economic Analysis, are derived from regression analyses based on 23-year historical time series data and forecasts of economic indicators such as the GNP and FRB indexes. Projection equations with a coefficient of determination (R-squared) less than 0.7 are indicated by an asterisk (*).

—Summary of forecasts of U.S. and rest-of-world aluminum demand, 1990 and 2000

(Thousand metric tons)

	1983	2000 Forecast range		Probable		Probable average annual growth rate 1983-2000 (percent)
		Low	High	1990	2000	
United States:						
Metal:						
Primary	4,208	4,800	8,600	5,600	6,400	2.5
Secondary	820	900	3,200	1,300	2,000	5.4
Nonmetal: Primary	414	700	1,100	650	860	4.4
Total primary	4,622	5,500	9,700	6,250	7,260	2.7
Total secondary	820	900	3,300	1,300	2,000	5.4
Total	5,442	6,400	13,000	7,500	9,260	3.2
Cumulative (primary)	—	86,000	120,000	39,000	101,000	—
Rest of world:						
Metal:						
Primary	11,092	19,300	35,400	15,400	22,100	4.1
Secondary	780	2,100	6,100	1,500	2,700	7.6
Nonmetal: Primary	786	1,200	1,500	950	1,440	3.6
Total primary	11,878	20,500	36,900	16,350	23,540	4.1
Total secondary	780	2,100	6,100	1,500	2,700	7.6
Total	12,658	22,600	43,000	17,850	26,240	4.4
Cumulative (primary)	—	274,000	388,000	100,000	294,000	—
World:						
Metal:						
Primary	15,300	24,100	44,000	21,000	28,500	3.7
Secondary	1,600	3,000	9,400	2,800	4,700	6.5
Nonmetal: Primary	1,200	1,900	2,600	1,600	2,300	3.9
Total primary	16,500	26,000	46,600	22,600	30,800	3.7
Total secondary	1,600	3,000	9,400	2,800	4,700	6.5
Total	18,100	29,000	56,000	25,400	35,500	4.0
Cumulative (primary)	—	360,000	508,000	139,000	395,000	—

—Projections and forecasts for U.S. copper demand by end use—2000

(Thousand metric tons)

End use	1983	Statistical projections ¹	2000		
			Contingency forecasts for United States		
			Forecast range		
			Low	High	Probable
Electrical	1,192	2,406	1,400	2,500	1,600
Construction	389	604*	500	610	560
Machinery	184	195*	200	410	310
Transportation	134	219*	140	220	180
Ordnance	20	180*	20	210	30
Other	101	182	100	150	120
Total ²	2,020	—	2,400	4,100	2,800

¹Statistical projections, provided by the Branch of Economic Analysis, are derived from regression analyses based on historical time series data and forecasts of economic indicators such as GNP and FRB index. Projection equations with a coefficient of determination (R-squared) less than 0.70 are indicated by an asterisk (*).

²Data may not add to totals shown because of independent rounding.

—Summary of forecasts of U.S. and rest-of-world copper demand, 1990 and 2000

(Thousand metric tons)

	1983	2000 Forecast range		Probable		Probable average annual growth rate 1983-2000 (percent)
		Low	High	1990	2000	
United States:						
Primary	1,565	1,800	2,700	1,750	2,100	1.7
Secondary (old scrap)	445	600	800	550	700	2.7
Total	2,020	2,400	3,500	2,300	2,800	1.9
Cumulative (primary)	—	29,000	36,000	12,000	31,000	—
Rest of world:						
Primary	6,200	9,000	11,200	7,500	10,000	2.9
Secondary (old scrap)	1,300	1,600	2,400	1,400	2,200	3.1
Total	7,500	10,600	13,600	8,900	12,200	2.9
Cumulative (primary)	—	129,000	146,000	48,300	137,000	—
World						
Primary	7,765	10,800	13,900	9,250	12,100	2.6
Secondary (old scrap)	1,755	2,200	3,200	1,950	2,900	3.0
Total	9,520	13,000	17,100	11,200	15,000	2.7
Cumulative (primary)	—	158,000	182,000	60,200	168,000	—

—Projections and forecasts for U.S. iron and steel demand by end use—2000

(Million short tons)

End use	1983	Statistical projections ¹	2000		
			Contingency forecasts for United States		
			Forecast range		
			Low	High	Probable
Construction	29.5	48	38	62	48
Transportation	25.2	50	27	56	43
Machinery	17.5	35*	23	43	32
Oil and gas industries	5.6	8*	7	18	11
Cans and containers	5.6	8*	7	13	9
Appliances and equipment	6.4	10*	6	12	9
Other uses	4.4	8*	5	12	8
Total	94.2	—	113	216	160

¹Statistical projections, provided by the Branch of Economic Analysis, are derived from regression analysis based on historical time series data and forecasts of economic indicators such as GNP, FRB indexes. Projection equations with a coefficient of determination (R-squared) less than 0.70 are indicated by an asterisk (*).

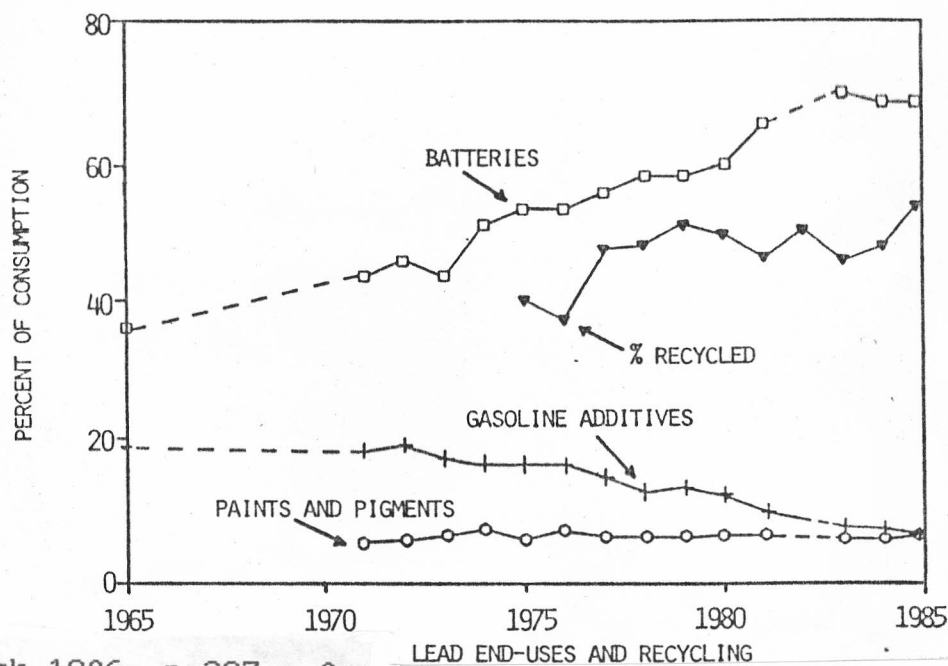
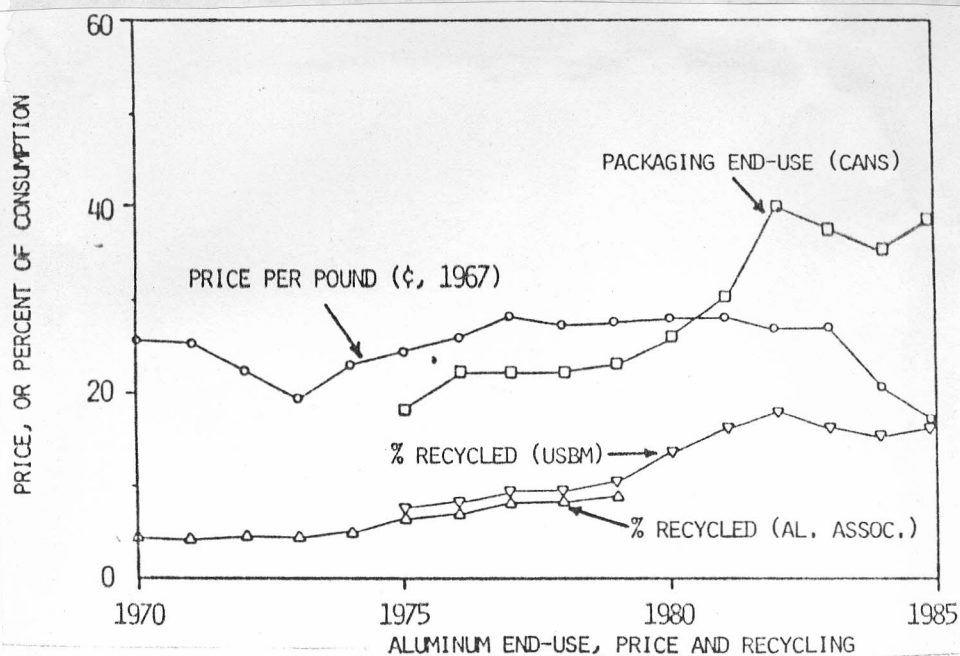
-Summary of forecasts of U.S. and rest-of-world iron and steel demand, 1990 and 2000
(Million short tons)

24

	1983	2000 Forecast range		Probable		Probable average annual growth rate 1983-2000 (percent)
		Low	High	1990	2000	
United States:						
Total	94.2	113	216	132	160	3.2
Cumulative	---	1,800	2,800	800	2,300	---
Rest of world:						
Total	566	690	1,170	680	860	2.5
Cumulative	---	10,700	14,500	4,400	12,100	---
World:						
Total	660	800	1,390	810	1,020	2.6
Cumulative	---	12,500	17,400	5,200	14,400	---

fonte: U.S. Bureau of Mines, 1985.

De uma maneira geral, pode-se constatar que para o alumínio e o cobre a taxa de crescimento da demanda projetada de metal secundário (sucata) é consideravelmente maior do que a de metal primário, tanto a nível internacional como, principalmente para os EUA. Países que já possuem uma infraestrutura instalada (de energia, transporte, etc) e que se encontram na liderança da produção industrial, como os EUA, além de apresentarem uma tendência a diminuição da intensidade de uso de metais, tendem a lançar mão, crescentemente, da reciclagem e, por outras razões conhecidas, da substituição de materiais. Costuma-se dizer que a maior, ou pelo menos a mais atrativa, jazida de cobre encontra-se no subsolo da cidade de Nova York. E é verdade; a quantidade de metal que poderia ser re-utilizado empregando-se as tecnologias atualmente disponíveis seria suficiente para atender a demanda de uma cidade várias vezes maior. De qualquer maneira, o peso que têm os EUA na demanda total, de cerca de 30% para o alumínio, e 20% para o cobre, é suficiente, por si só, para determinar a tendência mundial apresentada. Os gráficos abaixo indicam a dimensão desse fenômeno.



fonte:Huyck,1986, p.297 e 8.

Existem, entretanto outras fontes, também com seus vieses, mas igualmente dignas de crédito. Com o objetivo de fornecer uma síntese das projeções mais importantes realizadas, foi elaborada a tabela que segue.

Projeções sobre a demanda futura de alguns bens minerais (taxas de crescimento--% ao ano--acumuladas)

	H75	US77	WM78	BM80	US80	RW80	LF81	WL83	BM83	US86
	75	75	76	80	70	80	70	80	83	
alumínio	7,3	5,2	3,7	6,7	4,7	5,1	3,7	3,7	3,7	4,0
cobre pr.	3,9	4,0	2,1	3,4	3,9	2,7	2,6	3,1	3,9	2,6
min.ferro	3,6	2,8	2,1	3,2	2,3	2,1	nd	4,0	2,3	2,6

legenda:

H75 = histórica, vigente em meados dos anos 70.

US77= U.S. Bureau of Mines,1977, projeção para o período 1975-2000. As datas indicadas após as fontes referem-se ao ano de sua publicação. A não ser quando mencionado, as projeções são relativas ao período que se inicia na data indicada e termina no ano 2000.

WM= Malenbaun,1978, cit em Dobozi,1983 e Vigil,1985.

BM76= Banco Mundial, cit. em Dobozi,1983. Projeção até 1990.

RW= Ridker e Watson, cit. Vigil,1985.

LF= Fishman, cit. Vigil,1985.

WL= Leontieff, e outros, cit. Vigil,1985.

A tabela permite constatar uma diferença bastante significativa, dado que se trata de taxas de crescimento cumulativas, entre as várias fontes. Além disso, indica como duas das fontes tiveram sua percepção a respeito do futuro alteradas

em função, provavelmente, em grande parte, devido às tendências de substituição em curso.

Uma tentativa "heróica" de sintetizar as projeções existentes, e mais importante do que isto, desagregá-las de uma forma coerente com a perspectiva de análise dos países do Terceiro Mundo, é apresentada por Vigil, 1987, em seu excelente trabalho. As tabelas abaixo são extraídas do mesmo.

Padrões de consumo de alguns países ou grupos de países (% ao ano cumulativo) 1980-83

	Mundo	EUA	E.Oc.	Jap.	Ou.Des.	E.Pl.	Em Des.	*
alumínio	0,0	-1,8	-0,4	3,2	-1,8	0,5	2,3	17,0
cobre	-1,0	-1,7	-2,8	1,6	-3,8	0,8	-1,2	8,9
min.ferro	-1,4	-14,6	-4,9	-6,8	1,9	1,8	4,0	10,7

nota: -os dados relativos aos EUA, Europa Ocidental, Japão e Outros Desenvolvidos, indicados na última linha referen-se ao aço e não ao minério de ferro.

-a última coluna apresenta as taxas anuais acumuladas relativas aos países em desenvolvimento no período de 1971-75, de crescimento generalizado do consumo mundial.

fonte: Vigil, 1985, p.13.

Como se constata pela análise da tabela é evidente a diferença no comportamento observado nos países em

desenvolvimento e nos países desenvolvidos; o que vem apenas a corroborar o que já se havia destacado em relação a influência do estágio de desenvolvimento no padrão de consumo de metais. Apesar da profundidade da crise que afetou também os países em desenvolvimento, observou-se uma diminuição relativamente muito menor das taxas de crescimento do consumo de metais que vigoraram na década dos 70.

Projeções de consumo de alguns países ou grupos de países (% ao ano cumulativo) 1975-2000

	Mundo	USA	Eur.oc.	Jap.	out.des.	URSS	em des.
alumínio	4,1	4,0	3,7	4,9	4,0	3,5	4,6
cobre	2,8	1,9	2,8	3,2	2,6	2,4	4,3
min.ferro	2,8	1,6	2,6	3,3	2,6	2,8	4,2

fonte: Vigil, 1985, p.13.

As projeções formuladas pelas fontes especializadas para os países em desenvolvimento, seguramente, não levam em conta nenhuma modificação substantiva do "estilo de desenvolvimento" neles vigente. Em outras palavras, a regressividade da distribuição da renda, elemento fundamental do subdesenvolvimento que os caracteriza, e que obstaculiza a exploração de uma de suas maiores "riquezas naturais", o mercado interno, é seguramente considerada uma variável não sujeita a mudanças significativas na elaboração dessas projeções. Ainda assim, entretanto, e

simplesmente pelo caráter "inercial" do processo de desenvolvimento econômico, é suposta a manutenção de taxas elevadas de crescimento do consumo de metais. Isto não quer dizer, no entanto, que não ocorrerá uma substituição de metais, nestes países, por razões tecnológicas, mas sim que esta praticamente não se fará notar devido ao crescimento econômico esperado.

É importante ressaltar que tais projeções referem-se a consumo e não a produção. Caso se considerasse as tendências exaustivamente tratadas em muitos trabalhos, acerca do padrão de localização dos investimentos em mineração, os resultados referentes à produção seriam ainda menos preocupantes em termos dos interesses do setor mineral e de outros a ele ligados. De fato:

-a intensividade energética da produção mineral, tende a fazer com que ela seja cada vez mais custosa. Os países que contam com fontes abundantes de energia tenderão a atrair os investimentos, uma vez que não se conta, no horizonte de planejamento, com a perspectiva de queda no custo da energia (ver estudos sobre energia fotovoltaica e supercondutividade);

-o dano ambiental que implica tende a ser cada vez mais questionado pela sociedade. Na medida em que se "externalizam" os seus custos, até agora implícitos, diminuirá significativamente sua lucratividade;

-embora estejam ocorrendo transformações tecnológicas importantes, principalmente no que se refere à exploração dos recursos minerais marinhos, a tecnologia usada na mineração parece não estar seriamente questionada, como ocorre em outros setores, pela atual "onda de inovações" e pela nova divisão internacional do trabalho. O relativamente baixo valor adicionado pelas fases preliminares da exploração mineral tende a fazer com que seja mantida a importância do preço da mão-de obra como fator locacional, no âmbito da lógica das empresas transnacionais que dominam o setor. Além do que, os problemas já observados em função das insalubres condições de trabalho típicas do setor, e que fazem com que os trabalhadores dos países desenvolvidos exijam maiores salários, tendem igualmente a atuar no sentido centrífugo;

-um outro fator locacional, o mercado, atua no mesmo sentido, uma vez que os países em desenvolvimento tendem a apresentar uma crescente intensidade de uso de metais;

-finalmente o teor geralmente mais elevado que apresentam as jazidas localizadas nos países em desenvolvimento fazem com que mais um fator locacional atue no sentido de aumentar sua participação relativa e absoluta na produção mundial. Uma vez que minas existentes nos países desenvolvidos se tornem anti-econômicas, pelas razões citadas, ou pela simples exaustão, tenderá a haver um considerável estímulo, seja para o capital transnacional, seja para o privado e estatal dos países do Terceiro Mundo, para a atividade mineral.

Em resumo, e como conclusão, pode-se dizer que mesmo as projeções que implicam a manutenção das características gerais do processo de desenvolvimento, com tudo o que ele implica em termos sociais, econômicos, industriais, tecnológicos, etc, indicam um horizonte de crescimento para o setor mineral dos países em desenvolvimento bastante favorável. É importante ressaltar, neste sentido, que qualquer consideração específica que se possa fazer para o Brasil, seguramente reforçará ainda mais as conclusões referidas.

No trecho que segue, se aborda com maior detalhe o caso brasileiro, com o intuito de investigar o impacto que poderia determinar, sobre a demanda de energia elétrica, diferentes "cenários" relativos ao setor mineral.

Impacto da redução no uso de metais na demanda de energia elétrica

O Brasil apresenta uma relação entre energia hidrelétrica gerada : energia primária total excepcionalmente elevado, que chegou a alcançar 41%, em 1980, e situa-se atualmente (1985, último ano para o qual existe informação disponível), em 36,2%. Como consequência a relação entre energia hidrelétrica gerada : oferta interna de energia chega atualmente a 31,7% (as informações relativas a geração e consumo de energia provém de MME, 1986 e se referem ao ano de 1985).

A capacidade atual instalada de geração de energia elétrica é (1985) de 43,8 GW, sendo 36,9, ou 84% correspondente à energia hidrelétrica.

Em 1981 (último ano para o qual há informação disponível sobre o assunto), as relações correspondentes à região norte e o total do país eram as seguintes:

- consumo final de energia: 2,7%;
- produção de energia primária: 1,6%;
- população: 5,1%. Estes dados, embora tenham sido alterados em função dos projetos hidrelétricos de implantação recente, permitem visualizar uma situação em geral abaixo da média do país. O consumo per cápita, por exemplo corresponde à metade da média.

A demanda anual de energia exercida pelas atividades de produção mineral corresponde (1985) a cerca de 17,6% do consumo total¹, distribuído, conforme a tabela abaixo. A primeira coluna indica o total da energia utilizada, para cada material; a segunda a porcentagem correspondente a energia total consumida no país; a terceira, a porcentagem de energia elétrica sobre o total de energia consumida:

¹ em algumas regiões, como é o caso da servida pela Eletronorte, esta porcentagem deve chegar atualmente a uma porcentagem maior.

	TWh	%	% en.el.
cimento	9,0	1,7	27,8
ferro gusa e aço	46,9	9,1	25,1
ferro-ligas	5,5	1,1	73,3
miner./pelotização	8,6	1,7	65,1
não fer./out.metal	21,0	4,0	88,4
total	91,0	17,6	-

Como se depreende da tabela, os produtos minerais mais intensivos em energia elétrica são os não ferrosos, em particular o alumínio e o cobre, que na realidade constituem-se nos produtos principais da categoria "não fer./out. metal" (a não disponibilidade de dados desagregados de fácil acesso torna impossível uma análise em detalhe). Entretanto, a maior dimensão das atividades relacionadas ao ferro e aço faz com que o consumo de energia elétrica desta categoria, de 11,8 TWh seja comparável a da anterior, de 18,6 TWh.

A tendência de substituição de metais por novos materiais ou por outros metais, comentada no item anterior, levará, inevitavelmente a uma diminuição da demanda por energia elétrica da atividade de mineração e processamento de minérios. A estimação desta diminuição é, entretanto, um procedimento bastante complicado e sujeito a um grande número de fatores e

variáveis, cujo comportamento não é conhecido, e que, por isto, deve ser suposto.

Neste item será analisado, com algum detalhe, apenas o caso de três metais, o alumínio, o ferro e o cobre, devido as seguintes razões:

-eles são de grande importância para a Eletronorte, uma vez que a região por ela suprida conta com grandes jazidas e algumas das maiores instalações de mineração e processamento dos minerais correspondentes.

-eles são os metais que estão sendo mais profundamente impactados pela tendência atual de transformação do padrão de utilização de materiais referida. O cobre e o ferro, afetados pela substituição, e o alumínio por ser um dos metais importantes para a manufatura de uma série de materiais substitutos, e por ser a alumina um dos substratos importantes de alguns nm.

-eles são os responsáveis, como se mostrou acima, pela maior parte do consumo de energia elétrica do setor mineral brasileiro.

Esta análise não tem como objetivo chegar a resultados conclusivos, mas sim sugerir um "procedimento metodológico" passível de ser utilizado em estudos posteriores, bem como apontar as dificuldades, em termos de informação atual, e do comportamento esperado, que tal estimativa contém. Trata-se mais de um exercício de prospectiva do que de uma estimativa de demanda de energia elétrica futura.

O procedimento se propõe a estimar grosseiramente o impacto da tendência mundial de transformação dos três metais, supondo três alternativas, ou "cenários" de intensidade de substituição. Parte-se, inicialmente, de duas outras hipóteses:

- que o total da demanda atual por estes metais é suprida pela produção interna (isto porque assume-se, talvez com demasiado otimismo que, no futuro, conseguir-se-ia a virtual eliminação da importação dos insumos principais para a sua elaboração);
- que todo o minério produzido será levado até um estágio de processamento maior do que o atual, eliminando-se as exportações "em bruto" (o mesmo caráter otimista levou a adoção desta hipótese).

Os dados brasileiros de produção, exportação, e importação, relativos aos três metais, com a aproximação e simplificações pertinentes, são apresentados nas tabelas que seguem. Referem-se a 1985, último ano para o qual se dispõe de dados confirmados, e foram retirados das fontes de referência brasileiras usuais. E evidente que para formar uma idéia mais precisa deveria ser considerada uma média dos últimos anos, mas para exemplificar o procedimento basta tomar um ano; escolhemos o mais próximo.

A última coluna apresenta os valores de consumo de energia associado à obtenção dos derivados dos metais indicados a partir

de condições médias de teor do minério, e eficiência tecnológica. Eles indicam a quantidade de energia necessária para proceder à elaboração do último estágio de processamento do material (concentrado, primário, etc), e referem-se a uma tonelada do respectivo material, a não ser no caso do cobre, em que são relativos a uma tonelada de metal contido.

COBRE

	(mil ton. de Cu contido)			MWh/t Cu cont.
	prod.	exp.	imp.	consumo ener.
concentrado	41,0	0,0	55,0	2,01
primário	94,0	10,0	78,0	2,43
secundário	49,0	5,0	3,0	0,30
semi-acab.				
e outros		5,0	2,0	

ALUMÍNIO

	(mil ton. de material)			MWh/t de material
	prod.	exp.	imp.	consumo ener.
bauxita	6251,0	3320,5	8,8	0,01
alumina	1100,0	126,8	137,0	1,25
primário	549,8	207,0	7,6	17,60
secundário	44,8	2,6	0,7	0,75
semi-acab.				
e outros		2,0	45,5	

FERRO

	(milhões ton. de material)			MWh/t material
	prod.	exp.	imp.	consumo ener.
min.bruto	168,1	0,0	0,0	0,01
min.benef.	127,7	73,8	0,0	0,01
pel.,sint.	43,7	20,5	0,0	0,19
gusa	19,0	2,5	0,0	1,14
aço	20,5	7,3	0,2	1,14
fe-ligas	0,7	0,1	0,0	7,85

fonte: três primeiras colunas: Consider,1987, DNPM,1987, e aproximações mediante consulta a especialistas.

quarta coluna: Bureau of Mines,1985, Kellogg,1977, Chapman e Roberts,1983, e estimativas para os minérios brasileiros.

De acordo com as hipóteses realizadas teríamos que:

-a quantidade total de energia elétrica a ser despendida para o processamento do minério e derivados até o estágio imediatamente anterior ao de semi acabados ou outros, para o consumo interno e a exportação, em MWh seria:

Cobre:

situação atual: $41 \times 2,01 + 94 \times 2,43 + 49 \times ,30 = 325 \text{ GWh}$

situação hipotética: aprox. 783 GWh

Alumínio:

-situação atual: $6251,0 \times 0,01 + 1100,0 \times 1,25 + (549,8 + 7,6) \cdot 17,60 + (44,8 + 0,7) \cdot 0,75 = 11156 \text{ GWh}$

-situação hipotética: aprox. 14000 GWh

Gusa e aço:

-situação atual: $19,0 \times 1,14 + 20,5 \times 1,14 = 45030 \text{ GWh}$

-situação hipotética: aprox. 90000 GWh

Ferro-ligas:

-situação atual: $0,7 \times 7,85 = 5495 \text{ GWh}$

-situação hipotética: aprox. 11000 GWh

Mineração e pelotização:

-situação atual: $168,1 \times 0,01 + 127,7 \times 0,01 + 43,4 \times 0,19 = 8686 \text{ GWh}$

-situação hipotética: aprox. 15000 GWh

O exercício realizado permite concluir que dado um "cenário de autosuficiência" na produção dos bens minerais utilizados, a demanda de energia total elevar-se-ia de cerca de 70,7 TWh para 128,8, ou seja, em 82%. A demanda de energia elétrica sofreria uma elevação de 31,4 TWh para 53,6 TWh, ou seja 71%.

E importante ressaltar que esse aumento na demanda de energia elétrica, de cerca de 22,2 TWh, equivaleria um aumento de aproximadamente 13% no consumo total correspondente a esta fonte no país.

Como conclusão final cabe apenas enfatizar o que já se havia apontado: a tendência internacional de substituição de bens minerais, pelos novos materiais não parece implicar numa diminuição do consumo de energia elétrica relacionado a sua produção no país. Por outro lado, a consecução de metas de "autosuficiência", como as indicadas, seria capaz de garantir um considerável aumento na demanda do setor mineral.

BIBLIOGRAFIA

Abranfe: Estudo Setorial sobre Reciclagem de Metais não-ferrosos. São Paulo, 1983.

Bayen,M. e Portnoff,A.: Les substitution de matériaux. Annales des Mines, junho de 1984.

Chapman,P. e Roberts,F.: Metal Resources and Energy. Butterworths, 1983.

Clark,J. e Field,F.: How critical are critical materials? Technology Review, agosto/setembro de 1985.

Dagnino,R: Perspectivas da biometalurgia na América Latina. RBT, vol.16,1985.

.....: A indústria de armamentos brasileira: desenvolvimento e perspectiva. En Arnt,R.: O armamentismo e o Brasil. A guerra é deles. Editora Brasiliense, São Paulo,1985.

.....: Nuevas tecnologías y desarrollo: un dilema de los países latinoamericanos. Economía Colombiana,11.nov,1986.

.....: El nuevo desarrollo latinoamericano y el papel de las nuevas tecnologías. CEPAL, 1987.

..... e Proença Jr.,D.: The Brazilian aeronautics industry. NPCT/UNICAMP,Campinas,1987.

Dobozi,I.: World raw material markets until the year 2000-implications for Eastern Europe. Raw Materials Report,2(2),1983.

Chapman,P. e Roberts,F.: Metal resources and energy. Butterworths Monographs in Materials,1983.

CONSIDER: Anuário Estatístico. Brasília, 1987.

DNPM: Sumário Mineral. Brasília, 1987.

Hibbard Jr.,W.: Metals demand in United States.Materials and Society,10(3),1986.

Hondros,E.: Materials, year 2000-A perspective. Int. J. of Materials and Product Technology, 1(1), 1986.

Hugh Douglas & Company Ltd: The impact of fiber optics on copper wire markets. San Francisco, 1982.

Huyck,H.: Effects of recycling on primary metal demand. Materials and Society,10(3),1986.

Jaffee,R.: Materials and electricity. Materials and Society, 10(4), 1986.

Kellogg,H.: Sizing up the energy requirements for producing primary materials. Engineering and Mining Journal, 178(4), 1977. Materials and Society,10(3),1986.

Kelly,A.: An outline of trends in materials science and processing. Materials Science and Engineering, 85(1987)1-13.

Mayo,J.: Materials for information and communication. Scientific American,225(4),1986.

Queiroz,S. e Mitlag,H.: Tendências em novos materiais. Textos para Discussão, NPCT-3,UNICAMP, 1985.

Tilton,J.: Atrophy in metal demand. Materials and Society,10(3),1986.

.....: Beyond intensity of use.Materials and Society,10(3),1986.

UNICAMP:Novos Materiais: subsídios para uma estratégia de desenvolvimento científico e tecnológico.Campinas,1987.

U.S. Bureau of Mines: Minerals facts and problems. 1985.

Vigil,F.: New technologies, industrial restructuring and changing patterns of metal consumption. Raw Materials Report, 3(3),1985.