

DISPONIBILIDADE DE RECURSOS MINERAIS COMO LIMITE AO CRESCIMENTO ECONÔMICO

*Antônio Cruz Vasques**

Resumo: O estudo discute a polêmica estabelecida pelos pensadores neomalthusianos sobre a adequabilidade da base dos recursos minerais de nosso planeta. Considera a participação da atividade de reciclagem de metais como fator relevante na diminuição das taxas de utilização das reservas minerais, no incremento da poupança de energia e na redução dos rejeitos de mineração.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho descreve, resumidamente, as repercussões que o primeiro informe ao “Clube de Roma” — “Limites do Crescimento” — gerou, a partir de sua divulgação em 1973, especificamente no que se refere às suas estimativas pessimistas quanto à adequabilidade da base dos recursos minerais do nosso planeta.

No primeiro item analisa, superficialmente, o pensamento econômico em termos cronológicos, partindo da idéia de “crescimento sem limites”, de ADAM SMITH, e passando pelas revolucionárias visões de MALTHUS e RICARDO, até chegar ao pensamento econômico contemporâneo. O segundo e terceiro itens apresentam o modelo “WORLD 3” e suas estimativas, com um resumo das críticas, apontadas como as mais significativas pela bibliografia disponível, ao trabalho do MIT (Massachusetts Institute of Technology).

* Mestre em Geociências (IG-UNICAMP), Mestre em Economia (IPE-USP); Técnico da Fundação NUTEC e Professor-Adjunto da UECE.

Nos itens seguintes, são analisadas as estimativas de duração das reservas minerais de MEADOWS e equipe, destacando-se o importante papel que a ciência e a tecnologia desempenharão na paulatina modificação da estrutura do consumo de metais. Na conclusão apresenta-se uma análise sucinta sobre limitações da modelação global.

2. O ESTABELECIMENTO DA POLÊMICA: “LIMITES DO CRESCIMENTO”

Há muito se estabelece um confronto de opiniões sobre a adequabilidade da oferta mineral no futuro, com uma dicotômica divisão entre pessimistas e otimistas. Esse debate transcende ao aspecto meramente restrito do setor mineral, já que se insere num contexto mais amplo de preocupações sobre os limites do crescimento suportável no nosso planeta.

A idéia de crescimento sem limites estava inserida no pensamento dos economistas clássicos e neoclássicos. ADAM SMITH, em sua principal obra “Riqueza das Nações”, preconizava o progresso da divisão do trabalho e, como complemento, a utilização máxima do trabalho produtivo*. Na realidade SMITH apenas sistematizava as tendências da economia inglesa da época que iniciava uma fase de mudanças radicais, ao passar do mercantilismo para uma nova ordem de livre comércio internacional, supressão do feudalismo e com intervenção estatal no comércio interno, fatores condicionantes para o grande crescimento econômico que se verificou posteriormente.

A visão otimista sobre o crescimento sem limites foi por terra com as idéias de MALTHUS que em 1798, publicou “Ensaio sobre o Princípio da População”, onde defendia a tese de que enquanto a população aumentava em progressão geométrica (crescimento exponencial), a produção de alimentos tendia a crescer em progressão aritmética (crescimento linear), o que resultaria em uma carência de alimentos, com a fome limitando o crescimento populacional e com os salários se situando abaixo do nível de subsistência. Ou, nas próprias palavras de MALTHUS: *pelas leis da natureza relativas à capacidade de um território limitado, os acréscimos que podem ser conseguidos na produção de alimentos, em períodos iguais,*

* Conforme SMITH, citado por KUNT (15) “A quantidade de matérias-primas com a qual o mesmo número de pessoas pode trabalhar aumenta em grandes proporções à medida que o trabalho se subdivide cada vez mais...”.

têm que ser, a curto prazo, constantemente decrescentes o que realmente ocorreria ou, na melhor das hipóteses, podem permanecer estacionários, de modo a aumentar os meios de subsistência apenas em progressão aritmética". (15:95)

Posteriormente, partindo da hipótese do caráter limitativo dos recursos (terra), RICARDO, economista inglês, publicou, em 1817, "The Principles of Political Economy and Taxation", enunciando a sua conhecida "Lei dos Rendimentos Decrescentes". Segundo RICARDO, para se obter uma maior produção vão ser necessárias quantidades cada vez maiores de trabalho e capital empregados em terras cada vez menos férteis, com a taxa de lucro sendo governada pela produtividade decrescente do trabalho agrícola.*

Além de MALTHUS, o primeiro economista a explicitar o caráter finito dos recursos naturais, e de RICARDO, diversos outros economistas preocuparam-se com os entraves físicos ao crescimento econômico. Assim, pode-se notar as observações de JOHN STUART MILL com o seu "estado estacionário" e até mais recentemente as idéias revolucionárias de SCHUMACHER em seu livro "O Negócio é ser Pequeno" onde afirma que *"pequena minoria de economistas está hoje começando a indagar até que ponto será possível mais 'crescimento', visto o crescimento infinito em um ambiente finito ser uma impossibilidade evidente; mesmo eles, porém, não conseguem afastar-se do conceito de crescimento puramente quantitativo. Em vez de insistirem no primado das diferenças qualitativas, simplesmente substituem crescimento por não crescimento, isto é, um vazio por outro".(20:41)*

Até a época do lançamento do livro de SCHUMACHER (20), a idéia de limitações físicas ao crescimento econômico, pela escassez de recursos naturais e pelo crescimento geométrico da população, eram meras especulações de estudiosos. Meses após, com a primeira crise do petróleo, as palavras de SCHUMACHER pareciam premonitórias. Mais ou menos nessa época surgem, também, os primeiros modelos globais de sistematização da economia mundial, sendo que o de maior repercussão, pelas características catastróficas de suas previsões, foi o elaborado para o "Clube de Roma", pelo cientista americano MEADOWS et alii.(16)

* Conforme RICARDO; citado por KUNT, (15:111) "é apenas... porque a terra não é ilimitada em sua quantidade nem uniforme em sua qualidade e porque, com o aumento da população, é preciso usar terras de qualidade inferior que se paga renda pelo seu uso".

Em 1968 cerca de uma centena de personalidades decidiram realizar um projeto de âmbito mundial que foi denominado de “Projeto sobre a Condição Humana”, objetivando examinar com profundidade os diferentes problemas que afetavam (e ainda afetam) a humanidade: a pobreza em contraste com a abundância; o crescimento urbano desordenado; a deterioração do meio ambiente; e outras evidências de um vasto conjunto de problemas a resolver.

Essas personalidades estavam agrupadas em torno de uma “Universidade Invisível” que ficou mundialmente conhecida como “Clube de Roma”. Em 1972, mais precisamente em março daquele ano, foi divulgado o I Relatório, de uma série editada a partir desse marco inicial, sob o título “Limites do Crescimento”.(16)

MEADOWS e sua equipe utilizara-se da experiência do professor FORRESTER no desenvolvimento do modelo “World 2”^{*} para delinear um modelo mais completo, composto de 77 equações e uma estimativa mais empírica dos parâmetros. As variáveis básicas eram: produção agrícola, população, produção industrial, poluição e recursos naturais.

Através desse modelo, “World 3”, projetaram o sistema mundial com todas as suas inter-relações e chegaram à conclusão de que o colapso da economia e, por conseqüência, da população humana, seria provocado pelo esgotamento dos recursos naturais não-renováveis. Conforme MEADOWS, *“se as atuais tendências de crescimento da população mundial — industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais — continuarem imutáveis, os limites do crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial”*.(16:20)

As curvas representativas da evolução das cinco variáveis básicas já mencionadas, realimentadas de forma permanente por novos insumos (“feedback loops”), geram um crescimento exponencial.^{**} Conforme MEADOWS, *“para muitas reservas a taxa de consumo está crescendo até mais rapidamente do que a população indicando que, anualmente,*

^{*} Este modelo foi desenvolvido por FORRESTER através de um sistema de 45 equações e divulgado no livro “World Dynamics”, Wright-Allen, Inc., 1971.

^{**} Uma quantidade apresenta crescimento exponencial quando cresce a uma porcentagem constante do total, em um período constante de tempo.

mais pessoas estão consumindo as reservas e também que está aumentando, cada ano, o consumo médio por pessoa. Em outras palavras, a curva do crescimento exponencial do consumo de reservas é determinada tanto pelos ciclos positivos de realimentação do crescimento da população, quanto pelo crescimento do capital”(16:53).

As estimativas realizadas demonstraram um quadro caótico na expectativa de duração das reservas minerais conhecidas àquela época, conforme demonstra a TABELA 1.

Na realidade, a variável mais importante no modelo “World 3” é constituída pelos recursos não-renováveis, com o seu esgotamento precipitando o colapso, ou o “Doomsday” (dia do juízo final), como alguns dos críticos dos modelistas do MIT nomearam essa visão catastrófica do mundo.

Na concepção da equipe de MEADOWS o estoque de capital industrial iria crescer até um nível que tornava enorme a necessidade de insumos produtivos, com paulatina escassez. Com o aumento correspondente de seus preços, mais capital teria de ser usado para a aquisição de novos insumos, com imobilização de vultosos recursos para investimento visando ao posterior crescimento. Finalmente, a massa de investimento não mais seria suficiente para fazer frente sequer às amortizações e, como consequência, a base industrial entraria em colapso, levando consigo os sistemas de serviços e a agricultura, que seria altamente dependente de insumos industriais.

Conclui a equipe de MEADOWS, *“durante algum tempo a situação torna-se particularmente grave porque, devido a retardamentos inerentes à estrutura etária e ao processo de ajustamento social, a população continua aumentando. A população finalmente decresce, quando a taxa de mortalidade aumenta, devido à falta de alimentos e de serviços sanitários... O Sistema entra em colapso devido a uma crise de recursos naturais”(16:123-4).*

Mesmo com a duplicação das reservas minerais o sistema ainda estaria em perigoso desequilíbrio em um cenário muito semelhante ao anteriormente descrito, desta vez, sendo a força motriz que interrompe o crescimento *“um súbito aumento do nível de poluição, causado por uma sobrecarga na capacidade natural de absorção do meio ambiente”(16:124).*

TABELA 1
Recursos Naturais Não-renováveis

1	2	3	4			5	6	7	8	9	10
Reservas	Reservas Conhecidas	Índice Estático (anos) ^a	Taxa Projetada de Crescimento (% anual) ^c			Índice Exponen- cial (anos) ^b	Índice Exponencial Calculado com a Quintupli- cação das Reservas Conhecidas (anos) ^c	Países com as Maiores Reservas (% do total mundial) ^d	Principais Produtores (% do total mundial) ^e	Principais Consumidores (% do total mundial) ^f	Consumo dos Estados Unidos (% do total mundial) ^g
			Alta	Média	Baixa						
Alumínio	1.17 x 10 ⁶ t	100	7.7	6.4	5.1	31	55	Austrália (33) Guiné (20) Jamaica (10)	Jamaica (19) Suriname (12)	Estados Unidos (42) URSS (12)	42
Cromo	7.74 x 10 ⁸ t	420	3.3	2.6	2.0	95	154	República da África do Sul (75)	URSS (30) Turquia (10)		19
Carvão	5 x 10 ¹³ t	2.300	5.3	4.1	3.0 ^h	111	150	Estados Unidos (37) URSS—China (33)	URSS (20) Estados Unidos (24)		22
Cobalto	4.8 x 10 ⁸ lb	110	2.0	1.5	1.0	60	148	Rep. do Congo (31) Zâmbia (16)	Rep. do Congo (51)		32
Cobre	308 x 10 ⁴ t	36	5.8	4.6	3.4 ⁱ	21	48	Estados Unidos (28) Chile (19)	Estados Unidos (20) URSS (15) Zâmbia (13)	Estados Unidos (33) URSS (13) Japão (11)	33
Ouro	353 x 10 ⁸ peso Troy	11	4.8	4.1	3.4 ^k	9	29	República da África do Sul (40)	República da África do Sul (77) Canadá (6)		26
Ferro	1 x 10 ¹¹ t	240	2.3	1.8	1.3	93	173	URSS (33) América do Sul (18) Canadá (14)	URSS (25) Estados Unidos (14)	Estados Unidos (28) URSS (24) Alemanha Ocidental (7)	28
Chumbo	91 x 10 ⁴ t	26	2.4	2.0	1.7	21	64	Estados Unidos (39)	URSS (13) Austrália (13) Canadá (11)	Estados Unidos (25) URSS (13) Alemanha Ocidental (11)	25
Manganês	8 x 10 ⁸ t	97	3.5	2.9	2.4	46	94	República da África do Sul (38) URSS (25)	URSS (34) Brasil (13) Rep. África do Sul (13)		14
Mercurio	3.34 x 10 ⁴ frascos	13	3.1	2.6	2.2	13	41	Espanha (30) Itália (21)	Espanha (22) Itália (21) URSS (18)		24

(Continua)

TABELA 1 (Continuação)
Recursos Naturais Não-renováveis

1	2	3	4			5	6	7	8	9	10
Reservas	Reservas Conhecidas	Índice Estático (anos) ^h	Taxa Projetada de Crescimento (% anual) ^f			Índice Exponencial (anos) ^g	Índice Exponencial Calculado com a Quintuplicação das Reservas Conhecidas (anos) ^f	Países com as Maiores Reservas (% do total mundial) ^j	Principais Produtores (% do total mundial) ^k	Principais Consumidores (% do total mundial) ^h	Consumo dos Estados Unidos (% do total mundial) ⁱ
			Alta	Média	Baixa						
Molibdênio	10.8 x 10 ⁹ lb	79	5.0	4.5	4.0	34	65	Estados Unidos (58) URSS (20)	Estados Unidos (64) Canadá (14)		40
Gás Natural	1.14 x 10 ¹³ pés ³	38	5.5	4.7	3.9	22	49	Estados Unidos (25) URSS (13)	Estados Unidos (58) URSS (18)		63
Níquel	147 x 10 ⁹ lb	150	4.0	3.4	2.8	53	96	Cuba (25) Nova Caledônia (22) URSS (14) Canadá (14)	Canadá (42) Nova Caledônia (28) URSS (16)		38
Petróleo	455 x 10 ⁹ barris	31	4.9	3.9	2.9	20	50	Arábia Saudita (17) Kuwait (15)	Estados Unidos (23) URSS (16)	Estados Unidos (33) URSS (12) Japão (6)	33
Grupo Platina m	429 x 10 ⁴ peso Troy	130	4.5	3.8	3.1	47	85	República da África do Sul (47) URSS (47)	URSS (59)		31
Prata 26	5.5 x 10 ⁴ peso Troy	16	4.0	2.7	1.5	13	42	Países Comunistas (36) Estados Unidos (24)	Canadá (20) México (17)	Estados Unidos (26) Alemanha Ocidental (11) Peru (16)	
Estanho	4.3 x 10 ⁴ t lg	17	2.3	1.1	0	15	61	Tailândia (33) Malásia (14)	Malásia (41) Bolívia (16) Tailândia (13)	Estados Unidos (24) Japão (14)	24
Tungstênio	2.9 x 10 ⁹ lb	40	2.9	2.5	2.1	28	72	China (73)	China (25) URSS (19) Estados Unidos (14)		22
Zinco	123 x 10 ⁴ t	23	3.3	2.9	2.5	18	50	Estados Unidos (27) Canadá (20)	Canadá (23) URSS (11) Estados Unidos (8)	Estados Unidos (26) Japão (13) URSS (11)	26

FONTE: MEADOWS et alii — "Limites do Crescimento".

3. ESTIMATIVAS DE DURAÇÃO DAS RESERVAS MINERAIS

3.1 — As Diferentes Estimativas a Nível Mundial

Uma polêmica foi estabelecida a partir das previsões pessimistas da equipe do MIT sobre a base dos recursos naturais disponíveis para atendimento das necessidades futuras. As estimativas de MEADOWS et alii baseiam-se no crescimento exponencial, definido como “Índice Exponencial”,* nas reservas conhecidas. Os índices calculados projetaram as seguintes perspectivas de duração de reservas de alguns minérios: alumínio, 31 anos; cobre, 21 anos; Ferro, 93 anos; chumbo, 21 anos; manganês, 46 anos; níquel, 53 anos; estanho, 15 anos; tungstênio, 28 anos; e zinco, 18 anos. Mesmo com a quintuplicação das reservas o quadro não melhoraria substancialmente, conforme pode-se depreender em consulta à TABELA 1.

Supondo-se que as reservas estimadas por MEADOWS sejam do ano de 1972, pelo menos as de estanho já estariam atualmente esgotadas pelas suas previsões. Estimativas de 1977(7), entretanto, mostravam que as reservas de estanho eram de 10,2 milhões de toneladas, contra as 4,3 milhões de toneladas originalmente apresentadas.

Na realidade as reservas devem ser encaradas como variáveis-fluxo e não como variáveis-estoque, pela sensibilidade das empresas ao sistema de preços praticados nos mercados. Em épocas de altas de preço há uma tendência natural à mineração a baixos teores, com conseqüente expansão das reservas. O contrário acontece com o mercado tipicamente ofertante, com a mineração das camadas mais nobres para manutenção de mercados, com o oferecimento de produtos de maior qualidade ou, conseqüentemente, de mais alto teor.

Adicionalmente, deve-se salientar que não fica clara, em nenhum momento, a distinção entre “recursos” e “reservas”, no relatório do MIT. São palavras empregadas como sinônimas, quando na realidade não as são. Determinados tipos de recursos estão na fronteira de reservas, muitas vezes por fatores puramente econômicos. Eliminados esses fatores se teria

* Índice Exponencial = $\frac{\text{Ln } r.s + 1}{r}$, onde r — taxa média de crescimento; s — índice estático; Ln — logaritmo neperiano.

um acréscimo nas reservas. Sobre este assunto existem diversos artigos interessantes, principalmente o clássico trabalho de GOVETT & GOVETT (11:46-55) e as observações importantes de BROBST.(2:112-19)*

Uma crítica que particularmente se faz ao trabalho de MEADOWS é com referência à ausência de uma metodologia no levantamento dos dados estatísticos apresentados. Há uma preocupação mundial com a falta de compatibilização das estatísticas minerais dos diferentes países. Parece um detalhe insignificante mas, quando se aprofunda uma análise específica de um bem mineral sabe-se, pela experiência, que a totalização das diferentes variáveis econômicas — reservas, produção, consumo, etc. — está sujeita a erros de agregação. Os tipos de minérios variam de uma jazida a outra, têm preços diferenciados em função, principalmente, nos minerais metálicos, do teor. Daí o sério risco de se somar, literalmente falando, “bananas” com “laranjas”.

Esse assunto é de tal importância que, em 1983, a Organização das Nações Unidas reuniu um grupo de “experts” internacionais para analisar a compatibilização das diferentes fontes nacionais de estatísticas minerais, tendo sido o Brasil representado pelo Departamento nacional da Produção Mineral.**

3.2. As Reservas Brasileiras: um exercício de futurologia

É escassa a bibliografia consultada sobre estimativas de duração de reservas minerais para o Brasil. Com exceção do trabalho de SAMO-HYL(19) não se encontrou nenhuma outra referência.

Esse autor, apesar de ter produzido um “paper” de excelente conteúdo econômico-ecológico muito baseado nas idéias de GEORGESCU sobre Entropia,*** conclui por uma visão pessimista das possibilidades do crescimento econômico com base nos recursos minerais.

Utilizando a metodologia de MEADOWS realizou estimativas de duração das reservas minerais de algumas substâncias (TABELA 2), salientando que em “menos de cem anos o Brasil ficaria sem recursos naturais”.(19:102)

* São muito pertinentes os comentários sobre o assunto em epígrafe.

** É interessante verificar uma análise histórica deste problema em “DEFINITIONS...” (6:253-62).

*** Um interessante artigo sobre as teorias pioneiras de GEORGESCU é de DALY (5:74-6).

TABELA 2
Extração e Esgotamento de Alguns Recursos Naturais Brasileiros

	Taxas Anuais de Crescimento de Extração		Número de Anos até Esgotamento Total das Reservas				
	I Dados Históricos de 1977/78	II Coluna 1 + 2 (metade da taxa histórica)	III Com apenas reservas co- nhecidas, e ta- xa anual de crescimento de extração zero (Extra- ção anual fixa de 1977)	IV Com reservas conhecidas, e taxa anual de crescimento de extração da coluna I	V Cinco vezes a quantidade de das reservas conhecidas e taxa anual de crescimento de extração da coluna I	VI Cinco vezes a quantidade de das reservas conhecidas e taxa anual de crescimento de extração da coluna II (me- tade da taxa histórica)	VII Resultados mundiais com reservas mun- diais conheci- das e taxa anual histórica de crescimento de extração mun- dial.
Alguns Recursos Minerais Brasileiros							
Alumínio	19.79	9.89	1.426	28.5	36.6	66.3	31
Carvão	9.28	4.64	100	25	41.5	68.5	111
Cromo	12.22	6.11	7	5	13.6	18.7	95
Estanho	22.07	11.04	9	5	10.6	16.2	—
Ferro	18.56	9.28	95	15	24	41	—
Manganês	4.24	2.12	20	14	39	51	46
Níquel	25.63	12.82	658	20	27	48	53
Prata	1.50	0.75	10	9.3	37	42	13
Zinco	8.00	4.00	40	18	35	55	18
Gás Natural	4.70	2.35	20	14	37	51	22
Petróleo	0.41	0.20	20	19	84	91	20

FONTE: Paulo José de Freitas Filho e Ivan José Mendonça. "Recursos Minerais Brasileiros". Mimeo, 1981: a coluna VII de Donella H. Meadows et alii. Limite do Crescimento, São Paulo, Editora Perspectiva, 1973. Dados do Anuário Mineral Brasileiro e do Anuário Estatístico Brasileiro, do ano de 1977.

TABELA 3
BRASIL: Esgotamento de Reservas Minerais

Substância Mineral	Taxas Anuais de Crescimento da Extração %		Número de Anos até Esgotamento Total das Reservas				
	I 1980-84	II Coluna I: 2 (Metade da taxa)	III Com Reservas Medidas e taxa Extração de 1984	IV Com Reservas Medidas e taxa Extração Coluna I	V Cinco Vezes as Reservas e taxa Coluna I	VI Cinco Vezes Reservas Atuais e taxa Coluna II	VII Estimativas Mundiais (Limites do Crescimento)
Alumínio	11,50	5,75	163	26	39,6	67	31
Chumbo	2,83	1,42	39	26	66	93	21
Cobre	10,55	5,28	133	26	40	68	48
Estanho	14,53	7,27	11	6,5	15	22	61
Ferro	0,73	0,37	79	62	186	243	93
Manganês	3,51	1,76	20	15	43	58	46
Níquel	47,09	23,55	148	9	12	22	53

Obs.: 1. Taxa de extração (i): $i = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$, onde P_0 = Produção 1980; P_n = Produção de 1984; $n = 4$

2. Índice Exponencial (I): $I = \frac{L_n \cdot i \cdot s + 1}{i}$, onde i = taxas colunas I e II; s = Índice estático (Coluna III).

Por puro exercício futuroológico, não se poderia deixar de elaborar nossas próprias estimativas, as quais são apresentadas na TABELA 3 segundo a mesma metodologia. Saliente-se que para alguns minérios — níquel, por exemplo — os índices exponenciais se revelaram ainda mais pessimistas principalmente porque, no período considerado base para as previsões (1980-84), ofertas adicionais vieram ao mercado, o que incrementou a taxa de utilização.

Este tipo de simulação não tem o menor fundamento técnico consistente, pois estamos em um estágio tecnológico ainda incipiente na exploração de todos os recursos minerais disponíveis na crosta terrestre. Entretanto, esses exercícios de futurologia servem para explicitar convenientemente a característica finita desses recursos e os cuidados que temos de inserir no mundo atual quanto à necessidade de conservação.

4. NOVAS TECNOLOGIAS E MUDANÇAS NO PADRÃO DE CONSUMO DE METAIS

Ao realizar suas projeções de duração das reservas minerais mundiais, o grupo do MIT estabeleceu três hipóteses sobre a trajetória exponencial do crescimento do consumo de cada minério, tendo utilizado o valor médio como variável de predição. Essas taxas foram estimadas em níveis mais elevados do que as realmente verificadas nos dez anos posteriores.

Estimativas recentes, realizadas por GONZALEZ,(10) mostram a evolução do consumo de alguns metais para quatro diferentes períodos de tempo, o último dos quais englobando o ano de 1983, ou seja, mais de um decênio após as estimativas originais de MEADOWS.

MEADOWS havia estimado para ferro, alumínio, cobre, chumbo, zinco, estanho e níquel as taxas anuais de crescimento respectivas de 1,8%; 6,4%, 4,6%; 2,0%, 2,9%; 1,1% e 3,4%. No período de 1979-83 as taxas observadas (reais) de evolução do consumo foram, respectivamente, de - 1,4%; - 1,1%; - 1,9%; - 1,9%; - 0,8%; - 2,0%; - 2,3%. Ou seja, todas decrescentes.

A maior parte dos minerais cujas demandas foram projetadas são de uso tradicional, com consumo declinante em função da mudança progressiva da estrutura produtiva dos países desenvolvidos em direção ao aumento da intensidade de emprego de tecnologias de ponta. Assim, en-

quanto os "older non-ferrous metals", como denominados por GONZALEZ, que são estanho, cobre, chumbo e zinco, têm perspectivas de consumo declinante, para alumínio (aplicações militares), silício, berílio e tântalo (fabricação de componentes eletrônicos), titânio, zircônio e antimônio (utilização em cerâmicas industriais), cobalto, níquel, molibdênio, zircônio (usos químicos especiais), cromo, tungstênio (máquinas e ferramentas especiais) as previsões são de crescimento contínuo da demanda nas próximas décadas.

Essa diminuição de consumo pode ser explicada, também, pelo período recessivo por que passou a economia mundial, com redução da demanda por minérios dos países desenvolvidos e da redução das importações de minérios e metais originários de países periféricos.

Outro fator relevante para explicar o declínio das taxas de consumo é a pesquisa, desenvolvimento e produção de novos materiais como as cerâmicas finas, os polímeros, das ligas de alto desempenho e de materiais compostos. Ou, conforme GONZALEZ, *"moreover, within this new generation of materials have been the recent more dynamic substitutes for natural materials — metals included, and they have most promising perspectives for further replacing metals of general use and speciality uses as well. So far, however, the major older non ferrous metals have been relatively the most affected by this kind of substitutions"*.(10:29)

STEIN, em artigo recente(21), apresenta um gráfico bastante interessante sobre a produção de aço bruto, de metais não-ferrosos e de polímeros sintéticos para o período 1960-80. Enquanto as produções de aço e de não-ferrosos permanecem estacionárias, a oferta de polímeros sintéticos vem crescendo exponencialmente na substituição de metais, conforme pode ser visto, como exemplo, o enorme incremento no consumo de plástico na indústria automobilística americana.*

Essas evidências concretas demonstram que o declínio do consumo de metais não tem um caráter meramente conjuntural. É decorrente também do avanço tecnológico no ramo da engenharia de materiais, que estabelecerá mudanças estruturais no padrão futuro do consumo de metais, o que invalida ainda mais as previsões do Clube de Roma.

* Várias indicações encontramos sobre esta afirmação. GONZALEZ,(10:24), apresenta o aumento do consumo de plásticos (e diminuição no emprego de metais) nos automóveis da FORD, modelos 1977, 1982 e 1985; STEIN,(21:402), chega às mesmas conclusões; finalmente, CURLEE,(4) conclui, "on the other hand, there is evidence to suggest that plastics will be used more in the future in composite materials to increase the overall strenght of the plastics".

5. CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS PELA INTENSIFICAÇÃO DA RECICLAGEM DE METAIS

Uma das mais severas críticas ao trabalho de MEADOWS é a da Universidade de Sussex, principalmente de PAVITT(18) e reside basicamente no papel secundário dado ao progresso tecnológico no escopo da modelação realizada ou nas próprias palavras de PAVITT, citadas por TAMANES (22:152): *“Com tais pressupostos chegam a conclusões que são virtualmente as mesmas que as de MALTHUS e RICARDO, isto é, que o crescimento será travado pelo esgotamento dos recursos naturais, pela asfixia produzida pela poluição ou pela drenagem dos investimentos de capital para um setor agrícola cada vez menos produtivo, de forma que esta nova versão do colapso seria exatamente a mesma que a descrita há 150 anos por RICARDO, que não dispunha de nenhum computador. Sabemos que o colapso não se produziu até agora graças, em parte, ao fato de que MALTHUS e RICARDO terem subestimado o progresso técnico na agricultura, da mesma forma que MARX subvalorizou o progresso técnico incorporado nos bens de capital”*.

FROLOV, em trabalho recente,(9) faz restrições às conclusões do grupo do MIT, assinalando a necessidade de resolução do problema ecológico global no contexto do desenvolvimento desigual dos diferentes países e povos e não apenas no relativo ao nível de renda por habitante, senão a todo o conjunto dos fatores sociais, econômico-produtivos, técnicos e culturais. Em sua concepção, os limites não seriam alcançados pelo aumento das possibilidades de obtenção de materiais substitutos, pela elevação da produtividade de utilização dos recursos, decorrentes dos avanços da ciência e da tecnologia.

FIODOROV e NOVIK (8:62-5) apontam pelo menos três objeções, que caracterizam de “substanciais”, ao trabalho de MEADOWS. A primeira refere-se ao crescimento estacionário das populações quando as nações atingem um grau mais elevado de bem-estar e aumenta o grau de urbanização, sendo errado, portanto, analisar sua evolução meramente quantitativa. A segunda seria a discordância com as conclusões referentes à diminuição paulatina do estoque de recursos naturais já que *“por el contrario, en el curso del progreso de la ciencia y el cambio de modos de producción, estas posibilidades aumentan tanto merced a la elevación de la eficacia del uso de cada recurso concreto y a la incorporación de nuevas riquezas naturales a la actividad económica como debido al descu-*

brimiento de vias radicalmente distintas de satisfacción de esta necesidad del hombre".(8:64) Finalmente a terceira discordância se refere à inevitabilidade do aumento de poluição face ao crescimento da produção, o que seria evitado pelo desenvolvimento dos controles de emissão de efluentes e pela conscientização crescente da comunidade empresarial por esses problemas.

Especificamente no que se refere aos recursos minerais, HERRERA(13) discorda radicalmente das conclusões da equipe do MIT. Com base em uma amostra, extraída aleatoriamente, de 40 jazimentos metálicos do mundo, calculou a profundidade média de exploração em torno de 300 metros, com as profundidades máximas atingindo pouco mais de 3.000 metros. Sabendo-se que a espessura da crosta terrestre está entre 32 e 40 quilômetros e a inexistência de tecnologias de perfuração a grandes profundidades, há grandes possibilidades de acréscimos substanciais de novos recursos, com o avanço das técnicas de sondagem. Adicionalmente, recursos minerais oceânicos podem vir a se constituir uma nova fonte de oferta, principalmente os nódulos de manganês.*

Concordando com HERRERA, KHATCHATUROV(14:102) assinala que *"o que se encontra nas camadas mais profundas da crosta terrestre continua por conhecer. Mas nem as camadas superiores foram totalmente estudadas, sobretudo nas regiões pouco povoadas"*.

A intensificação da reciclagem de metais pode diminuir a taxa de utilização das reservas minerais, preservando-as para o uso das gerações futuras. Além de caracteristicamente se constituir uma atividade poupadora de minérios, a recuperação de metais reduz exponencialmente o consumo de energia, conforme pode ser observado na TABELA 4. Segmento industrial importante nos países mais desenvolvidos, chega a contribuir com quase a metade da oferta, por exemplo, do cobre nos Estados Unidos. A sucata de obsolescência — composta de bens cuja vida útil foi atingida — vem sendo gerada há centenas de anos, formando "reservas" potenciais de metais. Agregada à sucata de geração industrial — oriunda de perdas no processo de manufatura de metais — formam, em conjunto, a denominada oferta secundária.

* Conforme BESSON e VARON(1) "A Typical deposit of commercial interest contains 25 to 30 percent manganese, 1.0 to 1.5 percent nickel, 0.5 to 1.0 percent copper, 0.25 percent cobalt, as well as small quantities of several other metals".

TABELA 4
 Comparação do Consumo de Energia para a Obtenção de Metais
 Primários e seus Secundários Correspondentes

Metais	Energia Empregada na Obtenção de uma Tonelada		Energia Poupada na Reciclagem		
	Metal Primário kWh/t	Metal Secundário kWh/t	kWh/t	tEP/t (1)	Em %
Alumínio	17.600	750	16.850	4,89	95
Cobre	2.426	310	2.116	0,61	87
Zinco	4.000	300	3.700	1,07	92
Estanho	2.377	350	2.027	0,59	85
Chumbo	3.954	450	3.504	1,02	88
Magnésio	18.000	1.830	16.170	4,69	90

FONTE: ABRANPE

(1) Tonelada equivalente de petróleo por tonelada.

Vale salientar, pela análise dos dados da TABELA 4, que enquanto se dispendem 17.600 kWh para a produção de uma tonelada de alumínio, 2.426 kWh na produção de uma tonelada de chumbo e 4.000 kWh na produção de uma tonelada de zinco primários, a oferta secundária das mesmas quantidades é realizada com uma economia energética de respectivamente, 95%, 88% e 92%.

Além dessa economia substancial de energia, a poupança de materiais primários constitui-se um efeito positivo sobre a mineração. Cada tonelada reciclada de alumínio, por exemplo, proporciona a preservação de quatro toneladas de bauxita que seriam necessárias à obtenção de alumínio primário metálico, além da poupança de outros materiais primários,* com o correspondente aumento da “vida” útil das reservas minerais pela diminuição das taxas de utilização.

Outra grande contribuição da atividade de reciclagem de metais é a sensível diminuição dos rejeitos de mineração que aumentam exponencialmente com o paulatino decréscimo do teor. Como consequência direta do declínio sistemático do teor, temos um acréscimo dos custos de manuseio e deposição desses rejeitos, causando perturbações maiores ao meio ambiente. LASKY(11:48) correlacionou as quantidades acumuladas de minério de cobre *versus* teor para 165 depósitos, tendo encontrado uma relação exponencial. A atividade de reciclagem de metais torna-se, portanto, de significativa importância para a conservação de nosso planeta azul.

O estudo da oferta secundária de metais seria não só necessário como imprescindível pelas repercussões que o comércio internacional de sucatas poderá provocar a longo prazo nos países tradicionais exportadores de minérios. Esse comércio, intensivo nas últimas décadas, aliado à transformação dos minérios importados, pode fazer com que um país não dotado de recursos minerais possa, pela acumulação de sucata de obsolescência em seu território, tornar-se auto-suficiente na produção de metais, desde que adapte sua indústria de transformação aos materiais secundários. Esse fenômeno, de transposição de recursos, deverá merecer maior atenção com o avançar do tempo justificando-se, por conseguinte, estudos cada vez mais detalhados sobre os segmentos industriais de recuperação de metais.

* A esse respeito são interessantes as observações de BUTLIN(3:191).

6. CONCLUSÃO

Não poderíamos, em conclusão às nossas observações, deixar de fazer algumas críticas à verdadeira síndrome por modelações globais que, como foi salientado, foi iniciada com os trabalhos pioneiros de JAY FORRESTER. Após o "World Dynamics", seguiram-se os três modelos do "Clube de Roma" (o nosso tão criticado MEADOWS, o Segundo Informe de MESARIC e PESTEL(17) e o Terceiro Informe de JAN TINBERGEN(23) e diversos outros modelos globalizantes, dentre os quais um latino-americano — Modelo BARILOCHE, coordenado por AMÍLCAR HERRERA, em 1974.*

A maior parte desses modelos não levaram em consideração a existência de regiões qualitativamente distintas. Diferenças culturais não foram apropriadas e a diferenciação social, dentro dos países, é baseada apenas nas pesquisas sociológicas específicas e empíricas. Ou, conforme o cientista soviético DJERMEN GVICHIANI(12:137):** "É evidente que a modelação global não pode deixar de ser uma área de uma aguda luta ideológica, já que está ligada à formação de uma visão mais ou menos concreta do futuro da Humanidade. Nesta questão entram em choque duas concepções: a comunista e a capitalista... Nos modelos globais existentes empregam-se diferentes métodos de análise sistêmica, a dinâmica sistêmica, a teoria dos sistemas hierárquicos e de muitos níveis etc., mas torna-se cada vez mais evidente que os resultados da modelação global não são determinados por esses métodos formais, mas por premissas teóricas sobretudo filosófico-sociológicas".

Assim, este estudo sobre a modelação global de MEADOWS e a análise crítica de suas previsões sobre a base dos recursos minerais, explicita a visão otimista que se tem no futuro da "nave espacial Terra". O homem, com o auxílio da ciência e da tecnologia, saberá trilhar os caminhos do futuro na busca de um universo sem limites.

* Outros modelos globais conhecidos são: 1 WASSILY LEONTIEF et alii. "The Future of the World Economy", Oxford University Press, New York, 1977; 2. Modelo SARUM apresentado na Inglaterra em 1976, pelo prof. P. ROBERTS; 3. Modelo Holandês concluído em 1975 sob a coordenação de H. LINNEMANN; 4. Modelo Italiano de D. GABORET, em 1976. Não tivemos oportunidade de ler o material original dos três últimos modelos, inexistentes nas fontes.

** Esse autor faz crítica a todos os modelos globais. É interessante destacar parte da crítica feita ao modelo BARILOCHE, p. 130-131: "As radicais diferenças entre os países capitalistas e socialistas foram aqui aplainadas, tendo passado para o primeiro plano as diferenças entre os chamados países 'ricos' e 'pobres', do que resultou um quadro deformado de desenvolvimento e muitas recomendações utópicas".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. BESSON & VARON. The Mining industry and the developing countries. s.l., Oxford University, 1977.
02. BROBST. Scarcity and growth reconsidered. s.l., The Johns Hopkins University, 1979.
03. BUTLIN. Enhanced recycling through a materials tax. **Resources policy**. s.n.t. 1983.
04. CURLEE. The Recycle of plastics from auto shredder residue: incentives and barriers. **Materials and society**, 9(1):34, 1985.
05. DALY. Entropy, growth and the political economy. *In*: SCARCITY and growth reconsidered. s.n.t. p. 74-6.
06. DEFINITIONS and terminology for statistics on production and consumption. **Natural resources forum**, New York, 7(3):253-62, 1983.
07. DOBOZI. World raw material markets until the year 2000 implications for eastern Europe. **Raw materials report**, 2(2):8, 1983.
08. FIODOROV & NOVIK. **Aspectos ecológicos del progreso social**. s.n.t.
09. FROLOV, Ivan. La Concepción marxista-leninista acerca del problema ecológico. *In*: SOCIEDAD y el medio ambiente: concepción de los científicos soviéticos. Moscou, Progreso, 1981.
10. GONZALEZ. New Technologies, industrial restructuring and changing patterns of metal consumption. **Raw Materials Report**, 3(3):11-31, 1985.
11. GOVETT & GOVETT. The Concepts and measurement of mineral reserves and resources. *In*: RESOURCES POLICY. s.l., s. ed., 1974.
12. GVICHIANI, Djermen. Modelação do desenvolvimento global. *In*: Proteção ao meio ambiente e à sociedade. Moscou, Academia de Ciências da União Soviética, 1983.
13. HERRERA. **Los recursos minerales y los limites del crecimiento económico**. Buenos Aires, Siglo XXI, 1974.
14. KHATCHATUROV. Economia e ecologia. *In*: A Proteção ao meio ambiente e à sociedade. Moscou, Academia de Ciências de URSS, 1983. p. 102.

15. KUNT, E. K. **História do pensamento econômico**. Rio de Janeiro, Campus, 1985.
16. MEADOWS, D. L. et alii. **Limites do crescimento**. São Paulo, Perspectiva, 1973.
17. MESARIC & PESTEL. **Momentos de decisão: o segundo informe do Clube de Roma**. Rio, Agir, 1975.
18. PAVITT. **Thinking about the future**. Londres, Universidade de Sussex, Chatoo & Windus, 1973.
19. SAMOHYL. Acumulação de capital e desacumulação do meio ambiente. **Economia e desenvolvimento**, 1(2), 1982.
20. SCHUMACHER, F. **O Negócio é ser pequeno**. Rio de Janeiro, Zahar, 1973.
21. STEIN. The Impact of polymeric substitutes on critical and strategic applications of imported materials. **Materials and society**, 8(2): 397-410, 1984.
22. TAMANES, Ramon. **Crítica dos limites do crescimento**. Lisboa, D. Quixote, 1983.
23. TINBERGEN, Jan. **Para uma nova ordem internacional: terceiro informe do Clube de Roma**. Rio de Janeiro, Agir, 1978.

Abstract: The study discusses the polemics established by neo-malthusian thinkers regarding the suitability of the base of mineral resources of our planet, and considers the role of recycling as a relevant factor for the decrease in the rates of utilization of mineral reserves, in the increase of energy savings, and in the reduction of mining waste.

