

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

1
Lug
o cad.

DEMANDA DOS PRINCIPAIS METAIS E OS NOVOS

MATERIAIS: ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

Este exemplar corresponde a redação final
da Tese defendida por Wilson Trigueiro de Sousa
e aprovada pela Comissão Julgadora em 06/09/90

Saul Suslick

WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA *mt.*

Dissertação apresentada ao Instituto de
Geociências da Universidade Estadual de
Campinas- UNICAMP para obtenção do título
de Mestre em Geociências.

Orientador: Prof. Dr. SAUL BARISNIK SUSLICK *t.*

Suslick, Saul Barisnik.

10/9/10/031

So85d

13242/BC

Campinas
1990

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

DEDICATÓRIAS

À minha esposa, Maria José, pela companhia e pelas dificuldades enfrentadas. Aos meus filhos, Wilson Jr. e Carolina, razão de tudo e fontes de alegria e estímulo.

À memória de meu pai. À minha mãe e meus dois irmãos.

Aos profissionais do setor mineral, como uma contribuição a um melhor entendimento das transformações tecnológicas em curso e suas possíveis consequências para a mineração.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do Departamento de Administração e Política de Recursos Minerais do Instituto de Geociências da UNICAMP, pela companhia fraterna e troca de experiência desfrutadas ao longo do curso. Também aos demais colegas dos Departamentos de Metalogênese e Geoquímica, e de Política Científica e Tecnológica, que igualmente contribuíram para um maior intercâmbio de conhecimentos.

Aos docentes do IG, pela colaboração quase que permanente. Em particular, ao professor Celso P. Ferraz, que prestou uma grande contribuição na fase de estruturação do trabalho; ao professor Saul B. Suslick, pela orientação objetiva e informal, e pelo ritmo que imprimiu ao trabalho; aos professores André Tosi Furtado e Luiz Augusto Milani Martins, pela paciência e trabalho detalhado de revisão e análise que fizeram como membros das bancas do exame de qualificação e de defesa de tese; e à professora Hebe Mitlag, pela contribuição inestimável a vários itens do trabalho, e pela ajuda na escolha de grande parte da bibliografia. A Cristina, pelo apoio que sempre prestou nas tarefas de secretaria.

O autor agradece de maneira especial à Universidade Estadual de Campinas, pela concessão de duas bolsas de fomento à pesquisa (Incentivo Acadêmico e Monitoria II), sem as quais a realização deste trabalho teria sido impossível.

RESUMO

Neste trabalho são analisadas algumas tendências na área de novos materiais na tentativa de obter um melhor entendimento das repercussões das atuais inovações tecnológicas para o setor mineral.

Inicialmente são revisados os principais estudos sobre as mudanças ocorridas por volta de 1972/74 no comportamento da demanda dos metais mais importantes. Entre as possíveis causas, está o progresso técnico, que tornou possível o surgimento de novos materiais e o aperfeiçoamento de outros em uso.

Em seguida são apresentados alguns conceitos e classificações básicos relacionados aos novos materiais, comparando-os com os materiais tradicionais.

Os novos materiais têm contribuído para um intenso processo de substituição entre os metais e outros materiais que, combinado com outros fatores, como a reciclagem de materiais de grande uso, tem um efeito adverso para economias em desenvolvimento fortemente dependentes das exportações de bens minerais.

São analisados ainda os grandes esforços que estão sendo empreendidos em P&D de materiais pelos países desenvolvidos, e aspectos do programa brasileiro.

Por fim, são feitas algumas considerações sobre as possíveis alternativas que a indústria de minerais tradicionais poderia encontrar para contornar tais desafios e tornar-se mais competitiva.

ABSTRACT

This dissertation evaluates some trends related to the new materials in an attempt to a better understanding of the current technological innovations and their implications in the mining industry.

Firstly, it is reviewed the main information related to the structural changes in demand for the most important metals which took place around 1972/74. The causes are reported to be associated to a declining in the economic growth and to the technical progress which led to a radical change in the materials science and engineering since the ending of last century.

The following section describes some basic concepts and classifications on new materials compared with traditional ones.

The availability of new materials has been followed by a substitution process. This process, combined with other factors such as recycling, created a strong effect in some LDCs economies to which mineral exports have a major role.

The following section analyses the main R&D programs carried out by the developed countries. This policy has the clear objective to make the new materials an irreversible reality. Some aspects of Brazilian program are also analysed.

Finally, some strategies are presented that the mining industry could implement to facing such problems and to becoming more competitive in the international market.

DEMANDA DOS PRINCIPAIS METAIS E OS NOVOS
MATERIAIS: ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

SUMÁRIO

	Pág.
DEDICATÓRIAS	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUÇÃO	ix
CAPÍTULO I. O COMPORTAMENTO DA DEMANDA POR BENS MINERAIS METÁLICOS A PARTIR DE 1950	01
I.1. A Teoria da Intensidade de Uso	07
I.2. A Hipótese do Ciclo de Vida	10
I.3. O Efeito das Modificações nos Preços Relativos	15
I.4. O Efeito das Mudanças Tecnológicas	16
I.5. O Comportamento da Demanda por Materiais nos Países Desenvolvidos e nos Países em Desenvolvimento	23
I.6. Síntese e Análise Comparativa das Interpretações do Comportamento da Demanda	28

CAPÍTULO II. CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES	32
II.1. Conceitos e Classificações	32
II.2. Distinções entre Materiais Convencionais e Novos Materiais	40
CAPÍTULO III. MUDANÇAS PRINCIPAIS NO PADRÃO DE CONSUMO E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA AS ECONOMIAS MINEIRAS	42
III.1. Mudanças via Substituição	42
III.2. Mudanças via Reciclagem	48
III.3. A Situação das Economias Mineiras	50
CAPÍTULO IV. A IMPORTÂNCIA ATUAL DOS NOVOS MATERIAIS E OS GRANDES INVESTIMENTOS EM P&D	61
IV.1. A Tentativa dos EUA para Liderar a Terceira Revolução Industrial	61
IV.2. A Política de C&T no Japão e os Novos Materiais	66
IV.3. Os Desafios e os Esforços da Comunidade Européia	76
IV.4. O Programa Bienal Brasileiro	88
IV.5. Quadro-resumo dos Grandes Programas, Incluindo o Brasil	96
CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
NOTAS EXPLICATIVAS	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1- CRESCIMENTO NO CONSUMO DE METAL, INTENSIDADE DE USO E PIB NO MUNDO OCIDENTAL	06
TABELA 2- CONSUMO APARENTE DE METAL E TAXAS DE CRESCIMENTO DO CONSUMO POR GRUPO DE PAÍSES	26
TABELA 3- MATRIZ DE APLICAÇÕES SETORIAIS DOS MATERIAIS METÁLICOS	35
TABELA 4- DISTINÇÕES ENTRE MATERIAIS CONVENCIONAIS E NOVOS MATERIAIS	41
TABELA 5- MATRIZ DE IMPACTOS DO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DE ALGUNS METAIS POR POLÍMEROS EM SETORES INDUSTRIAIS SELECIONADOS DOS EUA	46
TABELA 6- ECONOMIA DE ENERGIA: MAT. PRIMÁRIOS X MATERIAIS RECICLADOS	49
TABELA 7- BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DERIVADOS DA SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS PRIMÁRIOS POR MATERIAIS RECICLADOS	50
TABELA 8- INDICADORES COMPARATIVOS: ECONOMIAS MINEIRAS X ECONOMIAS NÃO-MINEIRAS (%)	54
TABELA 9- PRINCIPAIS INDICADORES MACRO-ECONÔMICOS DE ALGUMAS ECONOMIAS MINEIRAS SELECIONADAS	55
TABELA 10- ÍNDICES DE PREÇOS DE ALGUMAS COMMODITIES, 1965-1985	57
TABELA 11- MUDANÇAS NAS VARIÁVEIS RELACIONADAS À DÍVIDA EXTERNA, 1970-1985	58
TABELA 12- ORÇAMENTO PARA P&D DE MATERIAIS EM ALGUNS DEPARTAMENTOS E ÓRGÃOS PÚBLICOS DOS EUA	62
TABELA 13- PRIORIDADES DE P&D DE NOVOS MATERIAIS NOS EUA	63
TABELA 14- MERCADO JAPONÊS PARA NOVOS MATERIAIS	74
TABELA 15- AS 30 MAIORES INDÚSTRIAS QUÍMICAS DO MUNDO EM 1985	78
TABELA 16- PARTICIPAÇÕES DE EMPRESAS QUÍMICAS EUROPEIAS EM MERCADOS DE CRESCIMENTO RÁPIDO	79
TABELA 17- DESPESAS COM P&D DE ALGUMAS EMPRESAS EM 1987	79
TABELA 18- PROJETOS DO EUREKA POR ÁREA TECNOLÓGICA	83
TABELA 19- O PROGRAMA EURAM	86

TABELA 20- PROGRAMA BIENAL BRASILEIRO DE NOVOS MATERIAIS - RECURSOS PREVISTOS NO ÂMBITO DO MCT	93
TABELA 21- APLICAÇÕES SETORIAIS PREVISTAS DOS ÓRGÃOS DO MCT	94
TABELA 22- RESERVAS DE ALGUNS BENS MINERAIS DO NOVO CICLO	95

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1- CONSUMO MUNDIAL DE MATERIAIS - 1983	xi
FIGURA 2- CONSUMO DE ALGUNS BENS MINERAIS NO JAPÃO NO PERÍODO 1955-84	02
FIGURA 3- CONSUMO DOS PRINCIPAIS METAIS NO MUNDO OCIDENTAL NO PERÍODO 1950-82.	03
FIGURA 4- LEI DA DEMANDA MINERAL SEGUNDO MALENBAUM	09
FIGURA 5- CONCEITO DE TRANSMATERIALIZAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM ALGUNS METAIS	14
FIGURA 6- AS DIFERENTES FORMAS DE COMPÓSITOS	38
FIGURA 7- A ASSIMETRIA DO COMÉRCIO EXTERIOR JAPONÊS NO PERÍODO 1960-85	67
FIGURA 8- ORGANIZAÇÃO DO GOVERNO, INDÚSTRIAS E UNIVERSIDADES PARA REALIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS CONJUNTOS NO JAPÃO	69
FIGURA 9- ORGANIZAÇÃO DO MITI NA CONDUÇÃO DOS PRINCIPAIS PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS	71

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é analisar o papel dos novos materiais como agentes de mudanças no comportamento da demanda mundial por bens minerais metálicos a partir do início dos anos 50.

A escolha do tema deve-se ao significado expressivo que os novos materiais já adquiriram para alguns segmentos industriais, como é o caso dos setores de comunicações e transportes, onde o uso de cobre, zinco, estanho, ferro e aço já está experimentando expressiva diminuição na sua intensidade de uso [1]. Satélites pesando menos de 250 kg estão fazendo hoje a função antes realizada por cabos telefônicos transoceânicos pesando 150.000 toneladas, e ligas, plásticos e aços especiais de alta resistência têm reduzido o peso dos materiais usados nos automóveis, fazendo com que os carros a serem fabricados em 1990 sejam 26% mais leves que os modelos de 1980 (STEELE, 1988). Também fibras óticas estão substituindo largamente o cobre em entroncamentos de linhas telefônicas (ARCOVERDE e SUSLICK, 1989; WILCOX, 1986).

Inicialmente são caracterizadas essas mudanças, bem como as principais teorias ou explicações que surgiram a partir do início dos anos 70 na tentativa de melhor entendê-las. São apresentados alguns conceitos e as classificações mais correntes utilizados para caracterizar os novos materiais, listando-se as substâncias e processos principais que compõem essa nova matriz

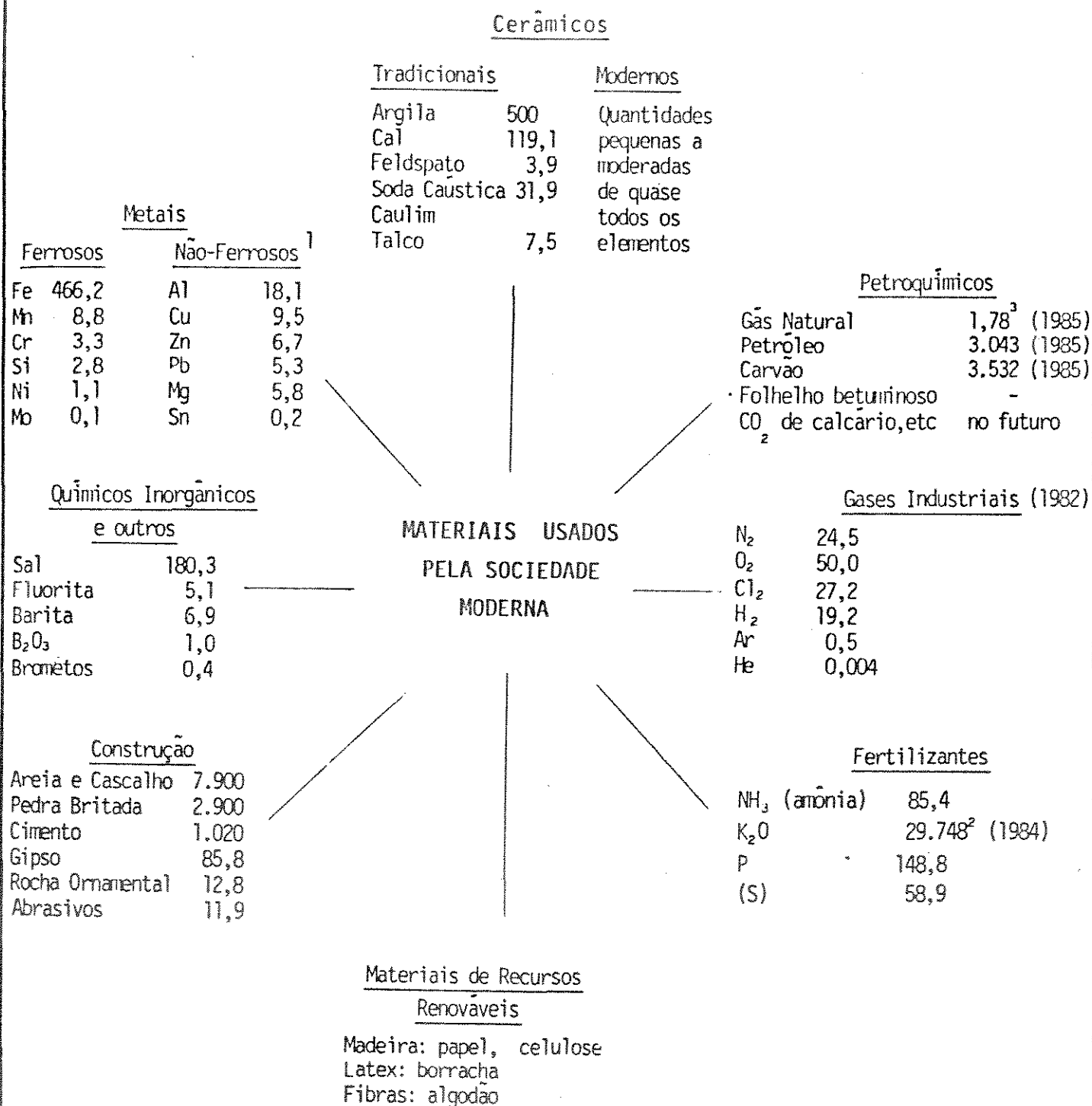
[1] Os algarismos entre colchetes referem-se a notas explicativas, que estão apresentadas na página 100.

de produtos. Em seguida são analisados os principais impactos do processo de substituição, e as vantagens oferecidas pela reciclagem de alguns metais em termos de economia de matérias-primas e energia, e também em termos dos benefícios ambientais proporcionados. Aborda-se também os possíveis efeitos dessa nova revolução tecnológica sobre o consumo de matérias-primas tradicionais, e as consequências para as economias mineral-exportadoras ("economias mineiras"). Também são mostrados os principais programas internacionais voltados, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento de materiais, bem como aspectos do programa brasileiro, e o montante de recursos destinados a esses programas, que atestam as novas prioridades econômicas.

Para os países dependentes da importação de matérias-primas, os novos materiais possibilitam reduzir a dependência de materiais estratégicos e críticos para suas economias, uma vez que, para sua fabricação, na maioria dos casos, são utilizadas matérias-primas abundantes na superfície terrestre, minimizando e até mesmo anulando a rigidez locacional, que é uma característica dos depósitos minerais.

A FIGURA 1 apresenta um panorama dos principais materiais utilizados pela sociedade moderna.

Novas invenções eletrônicas, magnéticas, óticas e químicas, produzidas a nível molecular, estão resultando em uma revolução nas comunicações, análise de dados, análises químicas e estruturais, tecnologia médica e processamento industrial, que prometem mudanças profundas na indústria e no estilo de vida humana.



unidade: milhões de t curtas, exceto quando especificado outra unidade

¹ milhões de toneladas métricas

² mil toneladas métricas

³ trilhões de m³

Fontes: USBM (1985); Mining Annual Review (1988)

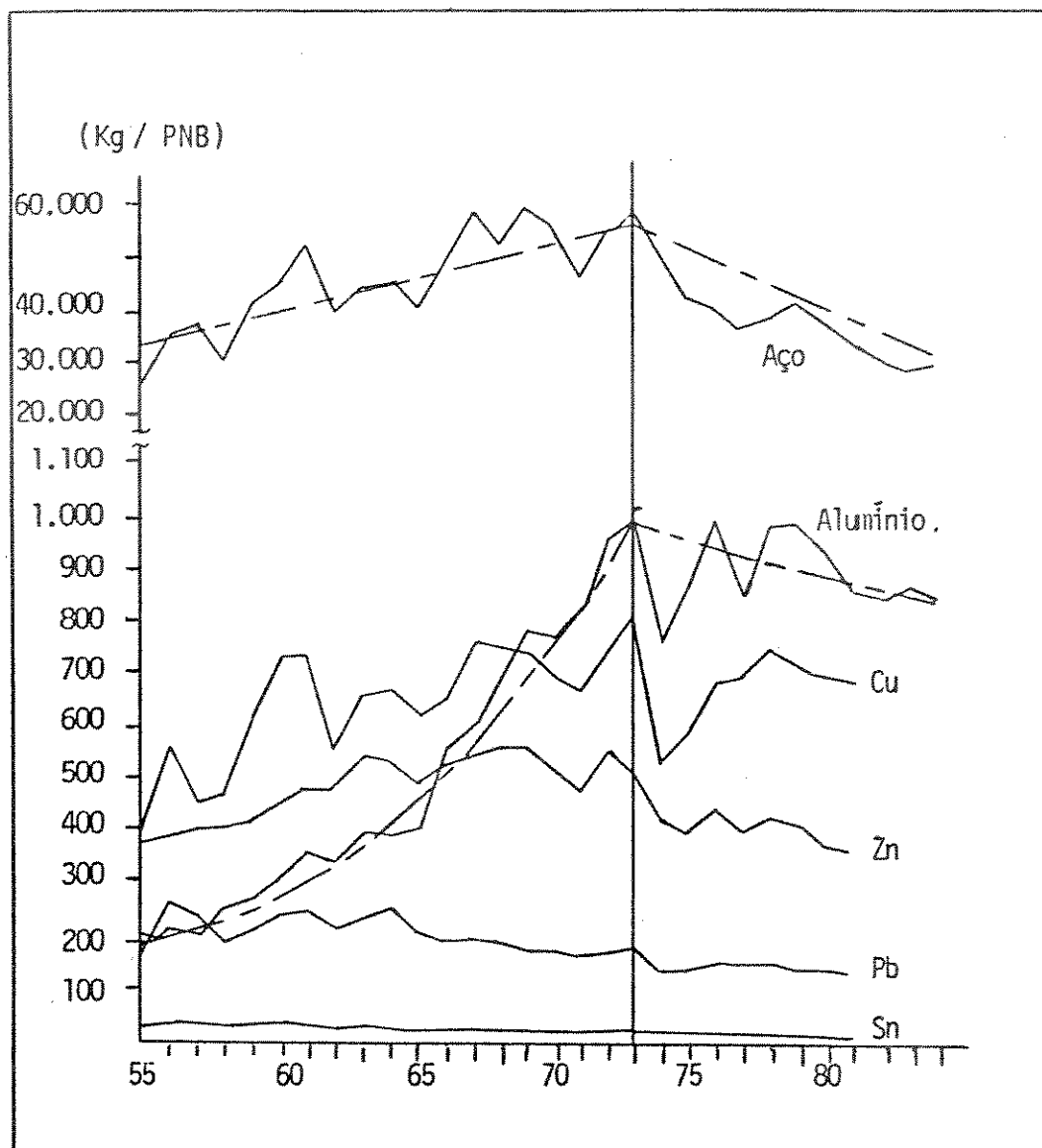
FIGURA 1- CONSUMO MUNDIAL DE MATERIAIS - 1983

I. O COMPORTAMENTO DA DEMANDA POR BENS MINERAIS METÁLICOS A PARTIR DE 1950

O comportamento da demanda de alumínio, cobre, aço, níquel, estanho e zinco, nos países do âmbito da OCDE [2], a partir da 2ª Guerra Mundial até os dias atuais, apresenta duas fases distintas. A primeira fase se estendeu do início dos anos 50 até o início dos anos 70, e caracterizou-se pelo crescimento exponencial da demanda, com a consequente preocupação, a nível mundial, da possível exaustão dos recursos naturais de origem mineral, e que resultou na visão catastrófica do 1º Relatório ao Clube de Roma (MEADOWS, 1972). A segunda fase se estendeu a partir do início dos anos 70, e teve como característica principal um acentuado declínio nas taxas de consumo dos principais metais como consequência de mudanças estruturais na demanda por bens minerais.

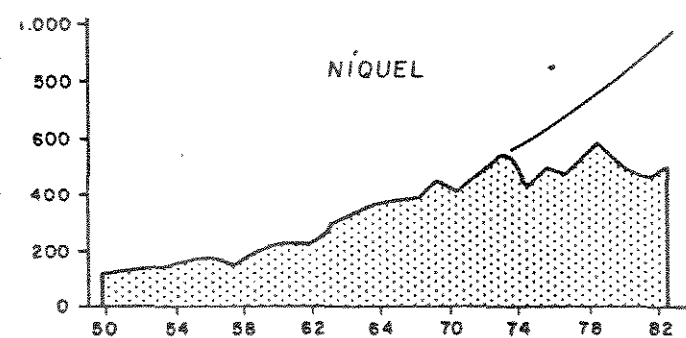
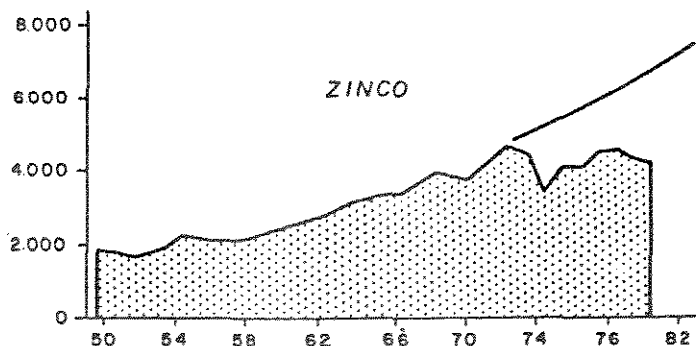
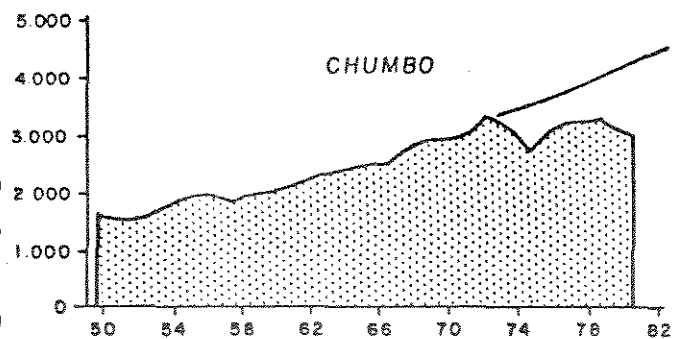
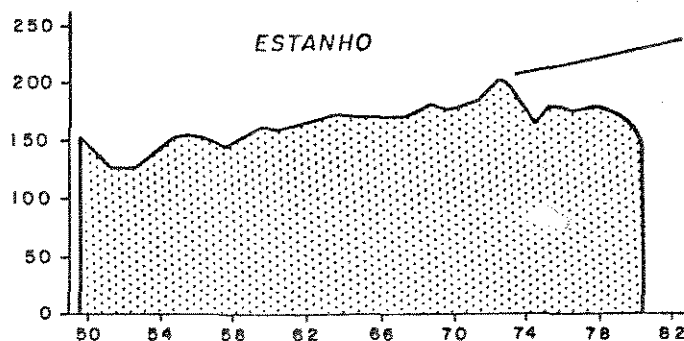
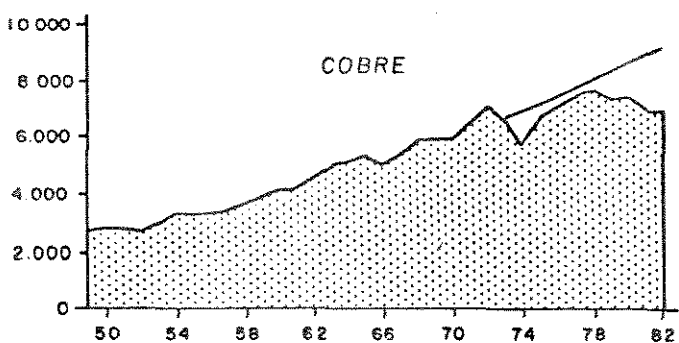
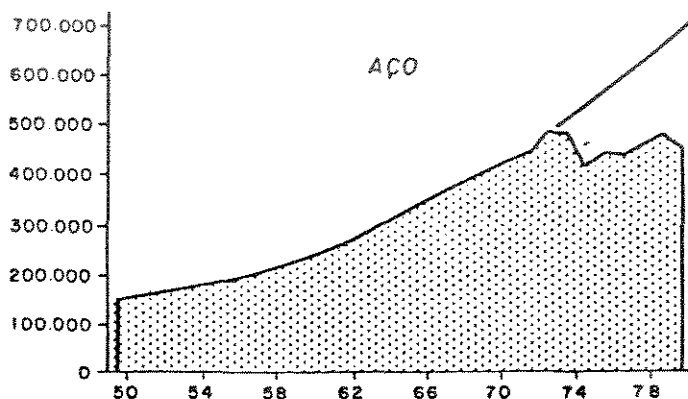
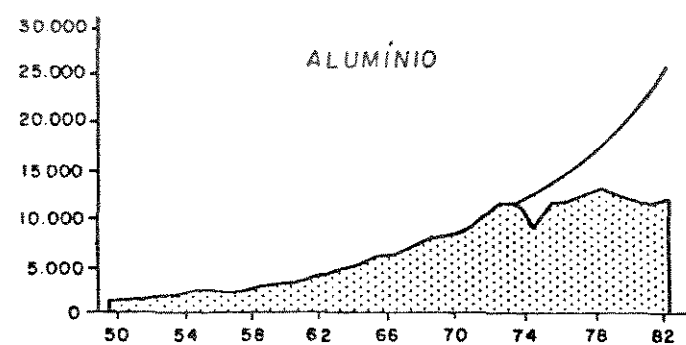
Esse comportamento da demanda é constatado analisando-se o consumo de aço, alumínio, cobre, zinco, chumbo e estanho no Japão no período 1955-84 (FIGURA 2), e na OCDE no período 1950-82 (FIGURA 3).

As causas mais prováveis que têm sido apontadas para essas mudanças são o declínio na atividade econômica e a diminuição na intensidade de uso dos materiais, tendo os dois choques nos preços do petróleo, em 1973 e em 1979, colaborado para agravar este quadro, apesar de, isoladamente, não explicarem as causas. Os choques também reforçaram a idéia do perigo latente que existia na época, para os países industrializados importadores de



Fonte: COHENDET et al. (1987)

FIGURA 2- CONSUMO DE ALGUNS BENS MINERAIS NO JAPÃO NO PERÍODO 1955-84



 HISTÓRICO — TENDÊNCIA

CONSUMO DOS PRINCIPAIS METAIS NO MUNDO OCIDENTAL. DADOS HISTÓRICOS E TENDÊNCIA, EM MIL TONELADAS, 1950-1982. A CURVA DE TENDÊNCIA INDICA COMO O CONSUMO DOS METAIS TERIA CRESCIDO NO PERÍODO PÓS-1973, SE SUA TAXA DE CRESCIMENTO TIVESSE SE MANTIDO NOS NÍVEIS DA OBSERVADA NO PERÍODO 1950-1973. (O CONSUMO DE AÇO PARA VÁRIOS ANOS ENTRE 1951 E 1972 FOI OBTIDO POR EXTRAPOLAÇÃO.)

FONTE: TILTON (1986a)
Apud BRAZ (1988)

FIGURA 3- CONSUMO DOS PRINCIPAIS METAIS NO MUNDO OCIDENTAL NO PERÍODO 1950-82.

insumos minerais, quanto ao possível sucesso da formação de car-
teis pelos países produtores desses insumos (BANCO MUNDIAL,
1987).

Segundo MALENBAUM (1978), a intensidade de uso de mui-
tos materiais tem decrescido nas últimas décadas nas regiões mais
consumidoras, isto é, nos países industrializados de economia de
mercado, com exceção do alumínio, que apresentou taxas positivas
de crescimento. As forças responsáveis por esse declínio seriam:

- i. mudanças na composição dos produtos finais e serviços;
- ii. desenvolvimentos tecnológicos que alterariam a eficiência nas
etapas de descoberta, lavra, processamento, comercialização e
utilização em produtos finais;
- iii. substituições entre insumos minerais em consequência de mo-
dificações nos preços relativos e na tecnologia utilizada.

TILTON (1986a), fez uma importante contribuição para um
melhor entendimento das principais questões envolvendo a queda na
demanda de bens minerais que, aparentemente, começou a ocorrer
por volta de 1974, depois do primeiro choque no preço do petró-
leo. Nesta época estava em debate na imprensa e no Congresso ame-
ricano as medidas a serem adotadas pelos EUA com respeito a im-
portação e segurança no abastecimento de minerais estratégicos e
críticos.

O estudo analisa o comportamento da demanda de sete dos
principais metais: os seis já mencionados (alumínio, aço, cobre,
estanho, chumbo, zinco) e o níquel, no período 1950-82, nos paí-
ses da OCDE (FIGURA 3). Para esses metais é evidente que houve
uma mudança no ritmo de consumo que vinha se verificando no pe-

riodo pré-1974.

O que teria causado essa mudança? Apesar de ainda não estar bem claro, um dos possíveis fatores seria a queda na atividade econômica que ocorreu naquela data, quando as taxas de crescimento das economias ocidentais, que fora em média 6,2% ao ano no período 1950-1974, caiu para 1,7% após 1974. Isto, entretanto, explica apenas parte do problema, uma vez que ocorreram, também nessa época, mudanças importantes na intensidade de uso de vários metais.

Se compararmos a taxa de crescimento de um metal num determinado período, com a taxa de crescimento do PIB e da intensidade de uso desse metal (IU_m), é possível compararmos as influências destes dois últimos fatores sobre a taxa de consumo desse metal, uma vez que, por definição, a intensidade de uso de um metal é função do consumo desse metal e do PIB, ou seja:

$$IU_m = \frac{\text{consumo de } m}{\text{PIB}} \quad \text{ou} \quad \text{consumo de } m = IU_m \times \text{PIB}$$

Usando a definição acima para o alumínio, cobre e níquel nos períodos 1950-74 e 1974-82 (TABELA 1), TILTON (op. cit.) chegou à conclusão de que a participação da intensidade de uso de dois desses metais, alumínio e níquel, em relação a seu consumo, foi de 44% em ambos, sendo a participação do PIB, portanto, de 56%. Antes de 1974, quando o consumo desses dois metais crescia a taxas elevadas, ocorria exatamente o inverso, ou seja, a participação da IU era maior que o crescimento do PIB. No caso do cobre,

a participação da intensidade de uso não foi mais acentuada ainda porque esse metal já vinha reduzindo sua IU desde 1950.

TABELA 1- CRESCIMENTO NO CONSUMO DE METAL, INTENSIDADE DE USO, E PIB NO MUNDO OCIDENTAL*

Metal	Taxa de crescimento, %			Contribuição da intens. de uso, %
	Consumo de metal	PIB	Intensidade de uso	
Alumínio				44
1950-1974	9,3	6,2	2,9	
1974-1982	-0,4	1,7	-2,1	
Cobre				-30
1950-1974	3,8	6,2	-2,2	
1974-1982	0,6	1,7	-1,1	
Níquel				44
1950-1974	6,3	6,2	0,1	
1974-1982	-2,9	1,7	-4,6	

* Mundo Ocidental: definido como todos os países do mundo, excluindo os países socialistas.

Fonte: TILTON (1986a)

Os fatores principais que o autor considera que teriam influência sobre o comportamento da intensidade de uso seriam:

- i. o conteúdo de materiais nos produtos- reflete a quantidade de material que é utilizado na fabricação das mercadorias (como p. ex., o aço, alumínio e cobre nos setores automobilístico e de telecomunicações), resultante de mudanças tecnológicas (p. ex., aços mais resistentes), do processo de substituição (cobre por fibra ótica), entre outros fatores;
- ii. o conteúdo dos produtos que compoem o PIB- mercadorias e serviços que formam a economia. À medida que a renda per capita de

um país se eleva, diminui a participação no PIB de produtos metal-intensivos e aumenta a participação do setor de serviços, pouco intensivo no uso de materiais, ocasionando diminuição na intensidade de uso.

Além dos trabalhos de MALENBAUM (op. cit.) e TILTON (1986a,b), várias teorias ou explicações foram formuladas para explicar melhor os motivos das mudanças nas taxas de crescimento da demanda dos principais metais (BRAZ, 1988). Aqui serão analisadas algumas delas, inclusive a de MALENBAUM:

- . a teoria da intensidade de uso (MALENBAUM, op. cit.);
- . a hipótese do ciclo de vida (HUMPHREYS, 1982; WADDELL e LABYS, 1988);
- . o efeito das modificações nos preços relativos (MYERS, 1986);
- . o efeito das mudanças tecnológicas (LARSON, ILSCHNER, ROBERTS, 1986; EAGAR, 1987);
- . o comportamento da demanda por materiais nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento (MYERS, LOWRY, LARSON, RADEZTKI, 1986);

I.1. A Teoria da Intensidade de Uso:

O trabalho de MALENBAUM (op. cit.), foi publicado em 1978, utilizando dados anteriores a setembro de 1977. Os objetivos do autor foram: (1) revisar estimativas da demanda de metais básicos em diferentes regiões e, (2) contribuir de forma metodológica para tais previsões utilizando o método da intensidade de uso.

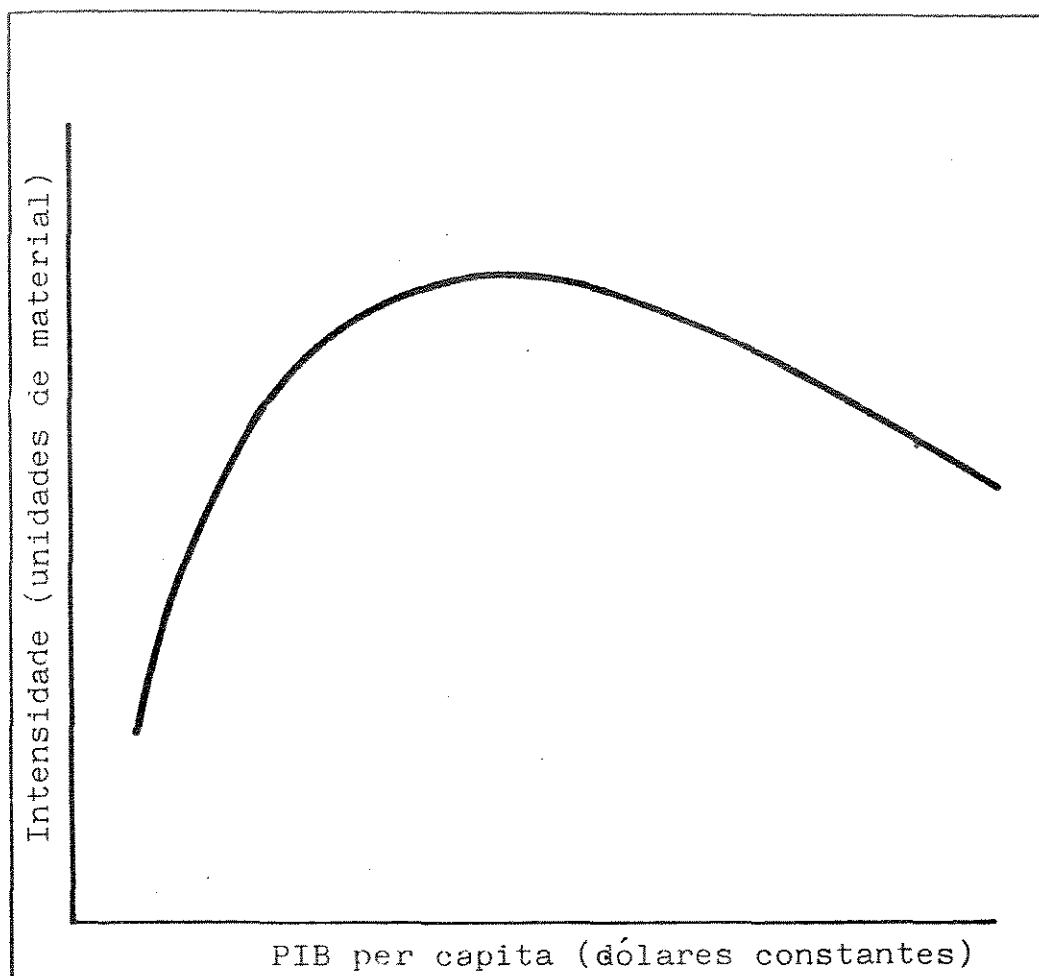
O estudo contém previsões de consumo dos mais importantes metais, a nível mundial: aço bruto, ferro, níquel, manganês, cromo, cobalto, tungstênio, cobre refinado, alumínio primário, metais do grupo da platina, zinco e estanho. Contém também considerações específicas para os ferros-liga, envolvendo cinco dos principais materiais que entram como aditivos na sua produção: níquel, manganês, cromita, cobalto e tungstênio (as percentagens de uso desses materiais na indústria do aço é superior a 70%; no caso do níquel e manganês chega a 90%).

O autor fez as previsões de consumo para os anos de 1985 e 2000, dividindo os mercados de acordo com as seguintes regiões geográficas:

1. Europa Ocidental- países europeus da OCDE
2. Japão
3. Outros países desenvolvidos- Austrália, Canadá, Israel, Nova Zelândia e África do Sul
4. União Soviética
5. Países da Europa Oriental- países do bloco soviético mais Albânia e Iugoslávia
6. África- menos África do Sul
7. Ásia- menos Japão, Israel, China Continental e áreas relacionadas
8. América Latina
9. China- mais Mongólia, Coreia do Norte e Vietnã do Norte
10. Estados Unidos- mais Porto Rico e demais ilhas americanas
11. Mundo- soma 1-10
12. Mundo excluindo os EUA- soma 1-9
13. Nações pobres- soma 6-9
14. Nações ricas- soma 1-5, 10

As previsões realizadas por MALENMAUM basearam-se em projeções do PIB, PIB per capita e intensidade de uso, a partir de dados das Nações Unidas (Department of Economic and Social Affairs), USBM, U.K. Statistical Summary of Mineral Industry, e de grupos privados, como o Metal Statistics (do grupo Metallgesellschaft).

A hipótese fundamental do autor, com base em séries temporais de consumo, supõe que a intensidade de uso aumenta com o desenvolvimento econômico, alcançando um pico ao nível de US\$2.000 per capita (dólar de 1971), variando de "commodity" para "commodity", e decrescendo a partir de então com o aumento da renda média. Representado graficamente, esse conceito assume a forma de "U" invertido ou de uma função lognormal (FIGURA 4). Esta relação foi definida como "lei da demanda mineral" e provocou



Fonte: MALENBAUM (1978)

FIGURA 4- LEI DA DEMANDA MINERAL SEGUNDO MALENBAUM

muita polêmica na área de consumo mineral.

Segundo o autor, para os países em desenvolvimento, a intensidade de uso é projetada com base em séries temporais dos países desenvolvidos levando em consideração o uso mais eficiente dos materiais proporcionado pelas mudanças tecnológicas.

Foi feita pouca consideração com respeito às modificações nos preços relativos. Além disso, as previsões pareceram mais basear-se em um julgamento informal, tomando como base os fatores já mencionados (RADEZTKI, 1986). Embora realizado em outro contexto histórico que não se aplica aos dias atuais, seu trabalho continua sendo uma referência em qualquer estudo atual de demanda mineral, principalmente por ter sido pioneiro na análise da intensidade de uso. Um trabalho interessante de demanda seria comparar as previsões de Malenbaum para 1985 com os dados reais já amplamente conhecidos.

1.2. A Hipótese do Ciclo de Vida:

HUMPHREYS (1982), analisou o bem mineral segundo padrões cíclicos de desenvolvimento, e utilizou esse modelo cíclico como uma ferramenta analítica e de previsão para elaborar a hipótese do ciclo de vida, segundo a qual as "commodities" minerais atravessam quatro fases de desenvolvimento bem definidas:

1). Juventude: é a fase que sucede a descoberta de um bem mineral, ou a sua maior utilização. Nesta fase o consumo cresce rapidamente à medida que se desenvolvem mais pesquisas sobre suas propriedades, e também à medida que se disseminam essas informa-

ções. O crescimento da produção, nesta fase, reflete a penetração do material no mercado, podendo-se esperar ser da ordem de 6% ao ano, permitindo a realização de economias de escala e a redução de preços. Exemplos de materiais que estariam nesta fase são o molibdênio e o vanádio.

2). Maturidade: é a fase em que o crescimento da produção se dá a taxas mais modestas e mais consistentes, em torno de 2% a 5% a.a. Os preços se estabilizam e a demanda obedece o padrão de crescimento da economia. Exemplos de materiais que estariam nesta fase são o cromo, cobre e manganês.

2). Velhice: a produção continua a níveis altos, porém menores do que na fase de juventude. A transição para esta fase está associada à substituição de materiais, uma vez que o aumento nos preços relativos estabiliza a demanda, embora também esteja associada a um uso mais eficiente dos materiais, e, em alguns casos, a um processo de reciclagem. Exemplos de materiais nesta fase são o tungstênio e o cobalto.

4). Declínio: longa fase em que ocorre aumento dos preços relativos, aceleração do processo de substituição e queda na demanda. Exemplos de materiais que estariam nesta fase são o estanho e o ouro.

Os objetivos do autor foram: (1) examinar o comportamento de algumas "commodities" em diversos estágios de desenvolvimento; (2) verificar se o seu comportamento fornece suporte para uma teoria de desenvolvimento cíclico; e (3) investigar a relevância de uma teoria cíclica para avaliação de recursos minerais.

Neste contexto, foram analisados os comportamentos de "novos" e "antigos" bens minerais. O termo "novo" está relacionado à fase de "juventude" de um bem mineral, enquanto que o termo "antigo" se relaciona às outras três fases seguintes, no sentido econômico, e não em termos temporais onde o bem mineral tem sido consumido. Como "novos" foram analisados o alumínio, o molibdênio e o gálio, e como "antigos" foram analisados o cromo, cobre, cobalto, tungstênio, antimônio e estanho.

Segundo HUMPHREYS (op. cit.), o conceito de ciclo de vida de uma "commodity" mineral tem uma certa aceitabilidade, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento de um material. Entretanto, existem algumas limitações para uma maior aceitação, devido principalmente às seguintes características:

- . o conceito de ciclo de vida não poder ser divorciado do contexto econômico no qual a "commodity" é desenvolvida;
- . a teoria do ciclo de vida sugere uma certa continuidade de desenvolvimento da "commodity", o que raramente é verificado na prática;
- . um ciclo completo de vida se constitui, de fato, de vários sub-ciclos superpostos uns aos outros, como ocorreu com o consumo de cobre, que depois de 1880 esteve relacionado a aplicações elétricas, o que não ocorria antes, não podendo-se considerar, portanto, um só ciclo contínuo.

WADDELL e LABYS (1988), introduziram o conceito de transmaterialização, que implica numa constante alteração do processo industrial, que vem ocorrendo ciclicamente através da história, onde determinadas economias alteram o perfil de utilização

dos materiais.

Enquanto que a desmaterialização implica em uma mudança estrutural única e definitiva, indicando uma redução na demanda por materiais, a transmaterialização sugere que a demanda por minerais experimenta fases em que materiais antigos, de baixa qualidade, ligados a indústrias maduras, sofrem substituição periódica por materiais de qualidade superior ou de melhor performance técnica. A FIGURA 5 ilustra o conceito de transmaterialização.

Os materiais examinados no estudo foram divididos em cinco grupos. Cada grupo se refere a um período definido de tempo no qual o bem mineral teve maior uso, como resultado de alterações no processo produtivo ou na preferência dos consumidores:

- . o primeiro grupo é constituído por materiais que experimentaram o apogeu em sua intensidade de uso antes da 2ª Guerra Mundial, como o ferro e o cobre;

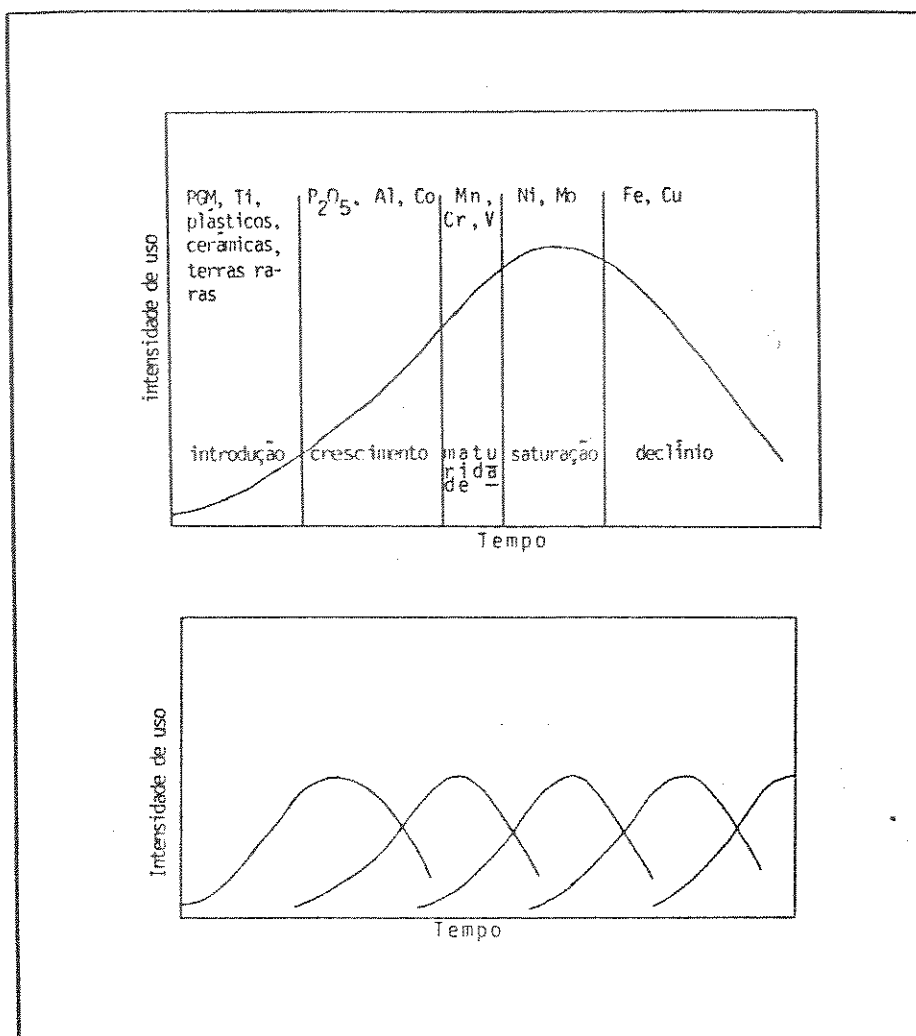
- . o segundo grupo é constituído por materiais que tiveram um grande aumento em sua intensidade de uso logo após a 2ª Guerra Mundial, como o níquel e molibdênio;

- . ao terceiro grupo pertencem os materiais com altos valores em intensidade de uso durante o período 1956-1970, como o manganês, cromo e vanádio;

- . o quarto grupo é representado por materiais com valores expressivos em intensidade de uso após 1970, como a rocha fosfática, alumínio e cobalto;

- . o quinto grupo é representado por materiais cujo apogeu em sua intensidade de uso ainda está para acontecer. Exemplos desses materiais são os metais do grupo da platina (rutênio, ródio, palá-

dio, ósmio, irídio e platina), titânio, plásticos e cerâmicas de alta tecnologia.



Fonte: WADDELL & LABYS (1988)

FIGURA 3- CONCEITO DE TRANSMATERIALIZAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM ALGUNS METAIS

Os autores concluem que a transmaterialização representa uma série de ciclos naturais, não constituindo um fenômeno único.

I.3. O Efeito das Modificações nos Preços Relativos:

MYERS (1986a), analisou, com a utilização de séries temporais e matrizes insumo-produto, a existência de mudanças estruturais na demanda de cinco metais básicos nos E.U.A.: aço, cobre, chumbo, zinco e alumínio.

O autor identificou substituição entre metais, e entre metais e outros materiais. Analisando a produção desses cinco metais no período 1958-1983, em termos absolutos e em relação ao PIB americano (utilizando dólares constantes de 1977), MYERS verificou a existência de diferentes comportamentos da produção em dois períodos distintos: entre 1958 e 1972 a produção das cinco substâncias minerais cresceu, tendo o alumínio crescido mais rapidamente que o PIB real; entre 1972 e 1983, a produção de aço e zinco caiu em termos absolutos, tendo os cinco metais diminuído em relação ao PIB real.

Para o período 1972-1977 foi realizada uma análise mais detalhada das mudanças em setores selecionados da indústria, responsáveis por parcela significativa do mercado de cada um desses metais, com comentários sobre as possíveis causas para essas mudanças na demanda de um setor comprador ou mudanças nos coeficientes técnicos. Coeficientes de insumo-produto são úteis na medição das mudanças nas estruturas da demanda para insumos intermediários. Foram identificados dois tipos: coeficiente direto e coeficiente total. O coeficiente direto mostra a proporção de cada dólar do faturamento de uma indústria que é gasto com um determinado insumo. O coeficiente total mostra a proporção de cada

dólar da demanda final da indústria que é gasto com um insumo, direta e indiretamente.

Foram realizados estudos de caso de quatro setores: embalagens metálicas (latas), "hardware", dispositivos elétricos, e motores para veículos, incluindo o setor de componentes e acessórios. Em cada estudo de caso foi analisado o comportamento da demanda dos principais metais, no período 1972-1977, como também comentários quanto a substituição e inovações tecnológicas.

Segundo o autor, uma proporção significativa da substituição de metais por outros materiais deve-se à elevação dos preços relativos dos metais no período considerado. Uma grande parte da diminuição do consumo de metais nos EUA é efeito da redução do nível da atividade econômica.

I.4. O Efeito das Mudanças Tecnológicas:

Entre os vários fatores que contribuíram para acelerar o atual quadro de rápidas e profundas transformações tecnológicas está a ciência e engenharia dos materiais (CEM). Podemos até mesmo afirmar que a origem dessas mudanças está no progresso alcançado pela CEM.

EAGAR (1987), analisou as origens, os avanços (motivados pelo melhor entendimento da mecânica quântica [3]) e os limites da CEM. Para ele, o desenvolvimento dos novos materiais tornou-se uma ciência reconhecida no final do século XIX, depois que o geólogo britânico Henry Clifton Sorby descobriu que poderia ver a estrutura cristalina do aço. Polindo sua superfície e uti-

lizando ácido para corroer seletivamente algumas partes da estrutura, Sorby observou, com a ajuda de um microscópio, a estrutura do aço de forma mais distinta.

Após repetir o procedimento anterior com aços de diferentes composições químicas e diferentes tratamentos térmicos, Sorby e sua equipe correlacionaram a estrutura de cada tipo de aço com suas propriedades mecânicas. Eles notaram que os aços de baixa resistência tinham grandes quantidades de cristais de cor cinza-claro, constituídos de átomos de ferro, denominando-os ferrita. Aços alto-carbono, resistentes até mesmo à corrosão, tinham partes escuras, às vezes brilhosas, que os pesquisadores denominaram perlita, constituindo-se em uma mistura de puros cristais de ferro, ricos em carbono.

Graças ao trabalho de Sorby, os cientistas começaram a entender a relação entre propriedades, estrutura cristalina e processamento. Até hoje essa relação constitui a base da CEM.

Na década de 20 houve grande progresso no estudo da estrutura cristalina, com a utilização de raios-X. Na década de 30 a CEM ganhou novo impulso, quando a mecânica quântica começou a explicar como elétrons se comportam nos sólidos. Na década de 50 o microscópio de transmissão de elétrons permitiu medições da estrutura cristalina 1.000 vezes mais finas do que aquelas possíveis de fazer com o microscópio óptico. Na década de 60 o microscópio de exploração de elétrons permitiu aumentar superfícies a um grau nunca possível antes, enquanto que microssondas eletrônicas permitiram análises microquímicas daquelas superfícies. Na década de 70 ocorreu o desenvolvimento do espectômetro Auger, que

se constituiu em um instrumento mais preciso para análises microquímicas de superfícies.

Dentre a mais recente tecnologia está o microscópio de construção de túnel de exploração, que se constituiu no primeiro instrumento que permite medir, simultaneamente, a estrutura eletrônica dos átomos e sua estrutura geométrica. Entretanto, o progresso da CEM deve-se também ao desenvolvimento de outros equipamentos, como os computadores de alta velocidade de processamento, que permitiram uma melhor utilização das vantagens da teoria quântica.

ILSCHNER (1986), analisou a contribuição feita pela CEM ao conhecimento intrínseco dos materiais, permitindo que menor quantidade de metal seja utilizada de forma mais eficiente para alcançar objetivos idênticos.

O autor identificou dez áreas onde a CEM prestou contribuições relevantes:

- i. no desenvolvimento de ligas de maior resistência, com base na aplicação combinada da resistência mecânica, e da termodinâmica e cinética de transformações. Esses novos desenvolvimentos permitiram ganhos de 10, 20 e até 50% na resistência de ligas, num período de 10 anos, tendo como efeito líquido um aumento médio da relação resistência/peso, levando a um menor uso de metais e melhor desempenho técnico;
- ii. na eliminação de falhas estruturais através de controle de processos;
- iii. possibilitando um melhor conhecimento da mecânica de fraturas dos materiais, de forma que, mesmo sem ser possível eliminar

totalmente falhas estruturais em escalas de produção, pelo menos possibilita obter ganhos com o aumento dos níveis de segurança de forma seletiva, nas partes que mais necessitam;

- iv. na determinação de microfraturas através de melhores testes;
- v. na análise da distribuição dos esforços teóricos;
- vi. na previsão do tempo de vida de componentes sujeitos a esforços complexos e a extremas condições de temperaturas e corrosão;
- vii. no avanço no tratamento de superfícies e na eletroquímica, reduzindo as perdas causadas por corrosão;
- viii. nos aspectos técnicos e econômicos da reciclagem;
- ix. nos aspectos das novas tecnologias de produção que levam a uma maior economia de materiais, como, por exemplo, a metalurgia do pó;
- x. no desenvolvimento de materiais plásticos e cerâmicos, com uso crescente em vários segmentos industriais.

Em sua análise da contribuição da CEM para uma menor demanda de metais, ILSCHNER (op. cit.) mostrou-se preocupado com a imagem do profissional em materiais que, como seus pares da microeletrônica, deram uma contribuição inestimável à sociedade, mas, ao mesmo tempo, impediram um maior uso de materiais, o que pode ser entendido como positivo no sentido de conservação do bem mineral, permitindo até mesmo reverter as expectativas de exaustão, e como negativo no sentido do impacto causado na demanda por alguns bens minerais extremamente importantes para a economia de determinados países conhecidos como "países de economias mineiras".

LARSON, WILLIAMS e ROSS (1986), analisaram as tendências de consumo de diversos materiais, que se manifestariam, segundo eles, em forma de ciclos. A caracterização que os autores fazem de cada ciclo é semelhante à caracterização feita por HUMPHREYS (op. cit.), enfatizando mais os efeitos das mudanças tecnológicas.

Na fase de introdução de um material, as taxas de consumo, medidas em kg/habitante, são baixas, existindo um grande potencial de mercado. Na parte inicial do ciclo o consumo do novo material cresce mais rápido do que a economia como um todo, o que encoraja avanços na tecnologia de processamento que, por sua vez, aumenta a produtividade e a qualidade do produto, baixando seu preço. Estas mudanças estimulam o aumento da demanda.

Na segunda fase do ciclo são fabricados produtos mais sofisticados, o material tende a ser um componente menos significativo na cadeia produtiva, e aumenta a relação valor agregado/quantidade produzida.

Inovações adicionais tornam possível o uso mais eficiente dos materiais. Nessa fase, a demanda por material (medida em kg/unidade de PIB) chega ao máximo e começa a declinar, apesar de que o consumo em kg/hab deve continuar aumentando.

Na fase final do ciclo os mercados se tornam saturados desses materiais (em volume), surgindo novos mercados para produtos especializados, que têm pouco efeito em relação ao total consumido. LARSON et al. (op. cit.) citaram como exemplo a indústria americana de aço, apesar do modelo servir para muitos outros materiais básicos.

Além do aço, o estudo focalizou seis outros materiais, introduzidos no mercado em diferentes períodos: cimento, papel, alumínio, amônia, cloro e etileno.

Para os sete materiais, o consumo, medido por dólar do PIB, começou a diminuir na década de 70, e o consumo per capita tem praticamente se mantido constante.

Quais seriam as causas para essa mudança na demanda? Na opinião de LARSON et al. (op. cit.), existem quatro fatores: substituição de materiais, uso mais eficiente dos materiais, saturação dos mercados, e mudanças nas preferências dos consumidores.

Enquanto que os dois primeiros fatores se manifestaram desde o início da Revolução Industrial, os dois últimos seriam fenômenos recentes associados aos estágios finais do ciclo. Após analisar cada um desses fatores, a opinião dos autores é que as alterações recentes no uso de materiais não serão revertidas, indicando uma mudança histórica nas economias dos países desenvolvidos.

Concluindo, os autores fazem uma análise dos efeitos positivos do processo de alteração da demanda, entre os quais estaria:

- i. necessidade de maior esforço de planejamento econômico no sentido de otimizar o uso dos materiais;
- ii. estabilização e até mesmo redução do consumo energético industrial;
- iii. melhores possibilidades de equacionar os problemas ambientais.

ROBERTS (1986), analisou o declínio, a longo prazo, na intensidade de uso do cobre nos EUA, focalizando o período 1929-1984.

O autor visou identificar as características fundamentais da demanda para fornecer um melhor entendimento das tendências de consumo do passado. Para ele, um modelo econométrico que explique o comportamento de uma série temporal seria útil para melhorar a qualidade de novas previsões.

O modelo que o autor utiliza explica o consumo de um metal com a ajuda de três determinantes: o nível global da atividade econômica, a composição da demanda final por mercadorias e serviços, e a eficiência técnica de conversão de metais em produtos finais.

Segundo ROBERTS (op. cit.), as mudanças verificadas nas preferências dos consumidores no período 1929-1974 tiveram uma pequena influência sobre a intensidade de uso do cobre, já que teriam sido compensadas da seguinte forma: o crescimento do setor de serviços, pouco intensivo no uso de cobre, foi acompanhado por um crescimento no consumo de bens duráveis, intensivos no uso de cobre. Sua conclusão para explicar a redução na intensidade de uso do cobre nesse período é que dever-se-ia a mudanças no processo produtivo, com o desenvolvimento de tecnologias de processamento eficientes, que levaram a uma redução cada vez maior no uso do metal.

No período 1974-1984 as três variáveis do modelo sofreram modificações em relação ao período anterior, tendo sido também importante a diminuição na demanda causada pela redução na

atividade econômica e pelas modificações surgidas na composição dos bens finais de consumo. É destacado ainda que uma das principais mudanças ocorridas na demanda foi no setor de uso do cobre para fins estruturais, que teve um acentuado declínio.

I.5. O Comportamento da Demanda por Materiais nos Países Desenvolvidos e em Desenvolvimento:

Segundo LDWRY (1986), pode-se considerar o estágio atual de desenvolvimento dos países em desenvolvimento mais populosos, onde existe potencial para grande crescimento da demanda, como sendo semelhante àquele em que se encontrava os EUA na década de 20, ou um pouco antes.

Apesar do progresso técnico ter levado a um menor uso de metais nos produtos, o que ocasionou uma redução na intensidade de uso, não existe evidências de que a economia desses países utilizem menor quantidade de metal do que os EUA utilizaram em um estágio equivalente de desenvolvimento. Se, por um lado, o desenvolvimento tecnológico permitiu redução no uso de materiais por unidade de produto (principalmente metais), por outro lado aumentou a demanda por bens duráveis, intensivos no uso de materiais.

O autor sugeriu que a importância das mudanças tecnológicas na redução da intensidade de uso é exagerada até mesmo para as economias de países industrializados. Nos países em desenvolvimento, estas mudanças teriam efeitos positivos e negativos, de acordo com a facilidade de obtenção de bens muito ou pouco metal-intensivos.

Foram consideradas algumas informações úteis para avaliação do estágio atual de alguns países em desenvolvimento selecionados, como PIB per capita comparados com valores equivalentes de países industrializados em diferentes épocas- p. ex., a renda per capita do Brasil em 1981 era US\$ 2.200/habitante, pouco inferior à dos EUA em 1890, de US\$ 2.470/hab. São também considerados indicadores de consumo de bens duráveis, como automóveis, televisores e rádios, medidos por 1.000 habitantes e comparando-os também com valores equivalentes de países industrializados em diferentes épocas- p. ex., na Argentina o consumo de automóveis em 1975 foi de 80,2 automóveis para cada grupo de 1.000 habitantes, comparável ao da República Federal Alemã em 1960, que foi de 78,3/1.000 hab.

LOWRY (op. cit.) sugere que, para avaliar os impactos que o crescimento das economias dos países em desenvolvimento provocará na demanda futura de metais, é necessário que se avalie os países desse grupo em níveis diferenciados, uma vez que um grupo constituído de alguns dos mais populosos já alcançou um estágio intermediário de industrialização. Neste grupo foram incluídos o Brasil, México, Turquia e Coreia do Sul, que estariam num estágio industrial comparável ao alcançado pelos EUA no início deste século, e por outros países industrializados só mais recentemente, como Japão, Espanha e Irlanda (década de 60).

Para RADETZKI (1986), o interesse recente em melhor conhecer e identificar os problemas relacionados ao consumo de metais nos países em desenvolvimento deve-se a que, depois de 1974, quando o consumo de metais nas economias industrializadas de mer-

cado estagnou, o crescimento continuado do consumo nos países em desenvolvimento fez com que esse grupo de países assumisse uma importância maior.

Existe também a constatação de que esse grupo tornou-se responsável por parcela significativa da demanda mundial nos mais importantes mercados de metais. A TABELA 2 ilustra o consumo de seis dos mais importantes metais- alumínio primário, chumbo, cobre refinado, zinco, níquel e aço bruto, num período de 20 anos, em alguns dos países mais desenvolvidos da OCDE e nos países em desenvolvimento, mostrando as taxas médias de crescimento do consumo, em dois períodos distintos: 1964-1973 e 1973-1984. É evidente que, para os seis metais, o percentual médio de crescimento anual no grupo dos países em desenvolvimento é maior que nos países desenvolvidos.

Entre os critérios que o autor considera para selecionar países em desenvolvimento para sua análise, estão o tamanho do mercado interno, o nível de desenvolvimento econômico e aspectos geográficos. Foram selecionados Brasil, Índia, Coreia do Sul, México, Egito, Filipinas, Turquia, Chile e Argélia. Alguns países desenvolvidos foram incluídos para permitir uma melhor comparação das diferenças e similaridades entre os dois grupos: EUA, Japão, República Federal Alemã, França e Reino Unido.

O trabalho de RADETZKI (op. cit) é uma importante contribuição para um maior conhecimento do consumo de metais nos países em desenvolvimento. Apesar das dificuldades na obtenção de dados, é possível, segundo o autor, uma estimativa, com razoável precisão, de dados de fabricantes, o que possibilita determinar a

TABELA 2- CONSUMO APARENTE DE METAL E TAXAS DE CRESCIMENTO DO CONSUMO

POR GRUPO DE PAÍSES

	Consumo, 1.000 t			Crescimento anual, %	
	1964	1973	1984	1964-1973	1973-1984
Alumínio primário					
-Países industrializados	4.580	10.445	10.574	9,2	0,1
-Países em desenvolvimento	229	753	2.020	13,2	9,0
-Participação dos países em desenvolvimento no total, %	4,8	6,7	16,0		
Chumbo					
-Países industrializados	2.209	2.966	3.361	3,3	1,1
-Países em desenvolvimento	185	324	602	6,2	5,6
-Participação dos países em desenvolvimento no total, %	7,7	9,8	17,9		
Cobre refinado					
-Países industrializados	4.610	6.502	6.605	3,8	0,2
-Países em desenvolvimento	256	434	968	5,9	7,3
-Participação dos países em desenvolvimento no total, %	5,3	6,3	12,8		
Zinco					
-Países industrializados	2.984	4.323	3.763	4,1	-1,3
-Países em desenvolvimento	223	475	923	8,4	6,0
-Participação dos países em desenvolvimento no total, %	7,0	9,9	19,7		
Níquel					
-Países industrializados	287	498	531	6,1	0,1
-Países em desenvolvimento	3	14	50	17,1	11,6
-Participação dos países em desenvolvimento no total, %	1,1	2,7	8,6		
Aço bruto (milhões de t)					
-Países industrializados	292,4 ^a	424,8	338,7	4,2 ^b	-2,1
-Países em desenvolvimento	29,9 ^a	64,8	97,6	8,6 ^b	3,7
-Participação dos países em desenvolvimento no total, %	9,3 ^a	13,2	22,4		

^a1965. ^b1965-1974.

Países industrializados: definidos como os países da OCDE (excluindo Turquia), mais África do Sul.

Países em desenvolvimento: definidos como todos os demais países, exceto os países socialistas da Europa Oriental e Ásia.

Fontes: aço- International Iron and Steel Institute, vários memorandos; outros metais: Metallgesellschaft, Metal Statistics, anual. Apud RADETZKI (op. cit.).

quantidade de metais nos produtos finais. Dificuldades em estatísticas desse tipo existe até mesmo nos países desenvolvidos.

MYERS (1986b), fez alguns comentários sobre o trabalho de RADETZKI (op. cit.), adicionando mais dados comparativos entre o consumo de metais nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento.

Em 1973, os cinco países desenvolvidos que foram analisados respondiam por 72% a 83% do consumo aparente dos seis metais no total das economias industrializadas de mercado, e por 65% a 80% do consumo aparente mundial dos seis metais, excluindo apenas as economias socialistas.

Utilizando funções lineares, MYERS (op. cit.) estudou o comportamento de 35 séries de intensidade de uso, considerando sete séries- dos seis metais já citados mais "alumínio total", constituído de alumínio primário e sucata, para cada um dos cinco países industrializados. A hipótese testada é se a tendência na intensidade de uso desses metais mudou realmente em 1973, de forma positiva (para mais), ou de forma negativa (para menos).

Resultados diferentes são obtidos, tanto por país como por metal. Por país, os resultados mais consistentes com a hipótese da mudança na intensidade de uso são os observados para os EUA. O Japão e o Reino Unido tiveram desempenhos próximos aqueles dos EUA, enquanto que a França e a RFA apresentaram empate nos resultados, com mudanças positivas e negativas iguais.

Por metal, a classificação revela que o aço é o metal mais consistente com a hipótese da mudança na intensidade de uso. Todos os metais apresentaram mais mudanças negativas na demanda,

exceto o níquel, que apresentou mudanças positivas, e o cobre e zinco, que apresentaram mudanças positivas e negativas iguais.

É necessário notar também o declínio que alguns metais já apresentavam na intensidade de uso no período 1960-1972: quatro na França e RFA, um no Japão e cinco nos EUA e Reino Unido.

SUSLICK e HARRIS (1990), em um estudo sobre a América Latina, analisaram os determinantes do consumo de alumínio, cobre, chumbo, zinco e estanho para o Brasil. Para eles, as componentes associadas ao PIB exercem um papel preponderante no consumo destas substâncias.

I.6. Síntese e Análise Comparativa das Interpretações do Comportamento da Demanda:

A partir dos trabalhos de MALENBAUM (1973, 1978), o conceito de intensidade de uso dos materiais foi utilizado em várias análises do comportamento da demanda.

Para ILSCHNER (1986), a possibilidade de obtenção de maiores benefícios a partir de uma mesma quantidade de metal proporcionada pelos avanços da CEM levou a um menor conteúdo metálico em produtos manufaturados e em produtos para fins estruturais, sugerindo que desenvolvimentos fora dos mercados de metais contribuíram para um declínio no uso dos mesmos.

MYERS (op. cit.), usando séries temporais e matrizes insumo-produto, chegou às mesmas conclusões na análise das tendências do mercado americano que TILTON (op. cit.) chegou em relação ao mercado mundial. Suas conclusões em relação ao processo

de substituição que ocorre paralelamente ao aumento dos preços relativos já necessitam de revisão, uma vez que seus dados, até 1977, cobrem um período de declínio de preços de várias commodities minerais.

ROBERTS (op. cit.) estudou em maior profundidade o consumo de cobre nos EUA no período 1929-1984 utilizando o conceito de intensidade de uso. Analisando seu trabalho, VOGELY (1986) observou que alguns comentários foram feitos em relação ao método utilizado por ROBERTS para medir as mudanças tecnológicas, como também sobre o conteúdo em metais embutido nas importações de bens manufaturados afetando a intensidade de uso no mercado interno. VOGELY fez também restrições quanto aos métodos estatísticos empregados.

LOWRY (op. cit.) acha que existe certo exagero na importância atribuída às mudanças tecnológicas como fator de redução da intensidade de uso. Apesar de seu trabalho analisar mais os países em desenvolvimento, ele estendeu esse conceito também aos países desenvolvidos.

RADETZKI (op. cit.), analisando também o consumo de metais nos países em desenvolvimento, concluiu que este é um assunto ainda "muito pouco estudado e subpesquisado", apesar desse grupo de países ter aumentado sua participação no consumo de metais em termos mundiais em três vezes no período 1964-1984. Ele fez também uma revisão de nove estudos sobre a demanda mundial de cobre.

HUMPHREYS (op. cit.) e LARSON (op. cit.) interpretaram o uso dos materiais segundo diferentes ciclos, cada um de acordo

com sua maior ou menor penetração no mercado. Tanto esses autores como EAGAR (op. cit.) - que analisou mais a origem da CEM e sua contribuição ao conhecimento dos materiais - não se referiram à intensidade de uso.

WADDELL e LABYS (op. cit.) introduziram o conceito de transmaterialização, analisando o comportamento da intensidade de uso de 27 materiais durante o período 1930-1985 no mercado americano. Segundo os autores, o uso dos metais atravessa ciclos de vida sucessivos, que podem ser expressos por curvas consecutivas de intensidade de uso.

Apesar das opiniões acima se limitarem mais aos países desenvolvidos, especialmente aos EUA (é pouco conhecido sobre o comportamento da demanda nos países em desenvolvimento e nos países de economia planificada) e a alguns materiais em períodos de tempo selecionados, elas são importantes para melhor entendermos o que se passa com a demanda.

São necessários mais estudos e pesquisas que incluam a contribuição que os minerais não-metálicos, além dos novos materiais poliméricos, cerâmicos, e seus compósitos (ausentes em todos os trabalhos, exceto no de WADDELL e LABYS), já estão proporcionando como elementos presentes, de forma aparentemente irreversível, no cenário atual e futuro da demanda por materiais.

De um modo geral, as mudanças no comportamento da demanda aqui analisadas consideraram que houve uma inversão na tendência, por volta de 1972/74. Mesmo não estando totalmente esclarecidas as causas dessas mudanças (BRAZ, 1988; AUTY, 1985), é possível fazer algumas considerações.

TILTON (1986a,b), considerou que as causas mais prováveis para a mudança na demanda estariam associadas à diminuição na intensidade de uso dos principais metais e ao declínio da atividade econômica.

BRAZ (op. cit.) fez uma síntese dos fatores considerados por TILTON (op. cit.) que contribuiriam para uma diminuição na intensidade de uso dos metais. Estes fatores dependeriam:

- i. do conteúdo dos produtos nos quais é alocada a renda e, portanto, da renda per capita e das preferências dos consumidores. Esta componente TILTON (op. cit.) denominou PCI ("product composition of income");
- ii. do conteúdo de materiais empregados nos produtos, que é função do progresso tecnológico (uso mais eficiente dos materiais tradicionais, uso de novos materiais, criação de produtos novos, mudanças de "design"). Esta componente TILTON (op. cit.) denominou MCP ("material composition of products").

Deve-se salientar que a IU mede a demanda na sua forma mais agregada e não leva em consideração o consumo de metais embutido nas importações e exportações dos produtos. Neste sentido os valores de IU devem ser considerados como aparentes.

Por influir na intensidade de uso, e, portanto, nas mudanças no comportamento da demanda de metais, nos capítulos seguintes serão feitas algumas considerações sobre os novos materiais: alguns conceitos básicos, o processo de substituição e os esforços que estão sendo empreendidos através de programas conjuntos de P&D visando, entre outros objetivos, tornar os novos materiais cada vez mais competitivos com os materiais tradicio-

nais. Serão feitas também algumas considerações sobre reciclagem de metais que, juntamente com o processo de substituição, tende a agravar ainda mais a situação atual de crise que alguns países em desenvolvimento exportadores de bens minerais estão atravessando.

II. CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES DOS NOVOS MATERIAIS

II.1. Conceitos e Classificações

Denomina-se **novos materiais** aqueles desenvolvidos nos últimos anos, e que possuem maior resistência, mais alta relação resistência/densidade, durezas, e/ou uma ou mais propriedades térmicas, elétricas, óticas ou químicas superiores, quando comparados com materiais tradicionais. Metais avançados, cerâmicas e polímeros, incluindo seus compósitos, oferecem a possibilidade de menor consumo de energia e melhor desempenho a custos mais baixos (USBM, 1987).

Os materiais podem ser classificados de acordo com sua função em um determinado uso, as propriedades vinculadas ao uso, as características da estrutura molecular (metal, cerâmico, polímero, compósito), as características físico-químicas e a tecnologia de processamento. Em decorrência desses aspectos, torna-se difícil adotar um critério único de classificação devido às complexas interações entre materiais, usos e processos.

A classificação mais usual é segundo as características da estrutura molecular. A título de ilustração, citamos alguns

autores e instituições que adotaram esta classificação:

MCT (1987): metais, cerâmicas, polímeros, compósitos, quartzo e silício;

KAOUNIDES (1989): metais, cerâmicas, supercondutores, polímeros, e compósitos;

VILLAS-BOAS (1989), LASTRES (1988/90), QUEIROZ e MITLAG (1989), NPCT/UNICAMP (1987): metais, cerâmicas, polímeros, e compósitos.

Na opinião de QUEIROZ e MITLAG (1989), além da classificação acima, o crescente aumento dos materiais está tornando atraente uma classificação por função: materiais estruturais, biológicos, eletrônicos, óticos, etc. É possível combinar também ambas as classificações, para indicar, simultaneamente, a classe e a função do material: cerâmicas para uso estrutural, polímeros com funções biológicas.

A classificação do U. S. Bureau of Mines baseou-se mais na estrutura molecular, mas agregou também algumas classes de materiais de acordo com sua função, resultando em uma classificação que reflete mais a importância que alguns materiais já assumiram para o setor mineral, embora não explicitando formalmente os critérios da escolha:

- . Metais e Ligas
- . Cerâmicas de Alta Tecnologia
- . Polímeros de Engenharia
- . Compósitos Avançados
- . Materiais Eletrônicos, óticos e Magnéticos
- . Materiais Médico-odontológicos

Devido às limitações existentes em cada classificação, será feita uma análise de cada segmento de acordo com a classificação do USBM. Entretanto, ao longo deste trabalho não será utilizada uma classificação única, mas a adequada para expressar os conceitos expostos.

Metais e Ligas: Intensos programas de P&D estão sendo desenvolvidos para aumentar as propriedades dos metais e ligas, para desenvolver novas ligas com propriedades superiores, e para encontrar novos usos para as ligas existentes. Segundo o USBM (1987), alguns dos mais importantes materiais e processos são:

- . superligas solidificadas direcionalmente de cristal único e revestidas;
- . ligas alumínio-lítio com baixa densidade e maior resistência em relação a outras ligas de alumínio;
- . ligas amorfas com resistência superior e com propriedades magnéticas;
- . ligas solidificadas rapidamente com novas composições e microestruturas;
- . partículas superfinais para o processo de metalurgia do pó;
- . ligas supercondutoras para magnetos de alta intensidade;
- . ligas com memória de forma para grampos, rebites, sensores e comandos;
- . fios ortodônticos, e
- . produtos de armazenagem de energia cinética.

Na TABELA 3 apresentamos uma matriz de aplicações setoriais de metais e ligas convencionais, estratégicos e avançados, segundo classificação de LUZ NETO (1987/88) e VILLAS-BOAS (1987).

Cerâmicas de Alta Tecnologia: Devido à sua resistência superior ao calor, ao desgaste e à corrosão, as cerâmicas de alta tecnologia constituem-se em materiais importantes para uso em motores turbo, motores adiabáticos, ferramentas de corte, componentes de atrito e muitas outras aplicações.

TABELA 3- MATRIZ DE APLICAÇÕES SETORIAIS DOS MATERIAIS METÁLICOS

		MATERIAL		SETOR INDUSTRIAL									
				Aeroespacial	Nuclear	Armamentos	Automobilístico	Siderúrgico	Químico e Petroquímico	Eletrônico	Biomédico	Petrolífero (extração)	
Convencionais	Aços	especiais	●	●	●	●	●	●				●	
		ultra alta resistência e tenacidade	●	●	●	●	●	●				●	
		inoxidáveis	●	●	●	●	●	●	●				
		revestidos	●	●	●	●	●	●				●	
		ultra alta pureza			●	●	●	●					
		microestrutura controlada por laminação			●	●	●	●					
	Ligas metálicas (metal base)	microaligados			●	●	●	●				●	
		alumínio	●	●	●	●	●	●	●			●	
		magnésio	●	●	●	●							
		titânio	●		●	●		●		●	●		
		ferro						●		●			
		estanho				●		●	●		●		
		cobre						●	●				
		níquel	●	●				●	●	●	●	●	
		outros metais (Ba, Bi, Ga, In, nobres...)						●					
	Estratégicos	superligas	●	●	●		●	●				●	
		ferros fundidos			●	●							
zircônio			●					●					
berílio				●									
terras raras			●	●					●				
refratários (Nb, W, Mo, Ta)		●		●	●	●	●	●	●	●			
Avançados	nucleares		●										
	reforçados por fibras	●		●									
	supercondutores							●	●				
	ligas metálicas amorfas		●		●		●	●					
	ligas metálicas com efeito de memória de forma	●			●			●		●			

Fontes: LUZ NETO (1987/88); VILLAS-BOAS (1987)

São fabricadas através da produção de pós especiais que são formados e sinterizados por uma variedade de métodos de alta

temperatura com ou sem pressão. São também fabricadas sob a forma de partículas, filamentos e fibras para reforçar compósitos, sendo utilizadas por vários métodos como revestimentos em partes metálicas ou cerâmicas, visando adquirir propriedades termo-resistentes.

Os materiais mais importantes para fabricação de cerâmicas de alta tecnologia são alumina, zirconia parcialmente estabilizada-PSZ (com cálcio, magnésio ou ítrio), zirconia tetragonal policristalizada, carbetos e nitreto de silício, SIALONS (componentes de Si, Al, O e N), carbetos e nitreto de boro, nitreto de alumínio, berília, cordierita, boreto e carbetos de titânio, nitreto de titânio, ítria e tória. Em geral, as matérias-primas para estes materiais são abundantes, com possível excessão para a ítria. O fator crítico no desenvolvimento de produção em larga escala é a capacidade de processamento de pós cerâmicos de alta pureza com granulometria fina.

As projeções realizadas indicam um rápido crescimento das cerâmicas de alta tecnologia para os próximos 20 anos, mas existem muitas incertezas sobre o equacionamento dos problemas técnicos, notadamente devido ao fato dos materiais cerâmicos serem quebradiços. A pressão competitiva do Japão e dos EUA é muito forte, o que provavelmente viabilizará o desenvolvimento de materiais cerâmicos com características mais apropriadas.

Polímeros de Engenharia: Os plásticos, como polietileno, polipropileno, polistireno e cloreto polivinil, constituíram uma grande indústria por muitos anos, como também os plásticos reforçados de fibra de vidro encontraram larga aplicação industrial. Uma nova

classe de materiais poliméricos com resistência excepcional até mesmo ao calor está emergindo e sendo cada vez mais utilizados em automóveis, aviões, etc., substituindo os metais. Para estes materiais está sendo usado o termo polímeros de engenharia.

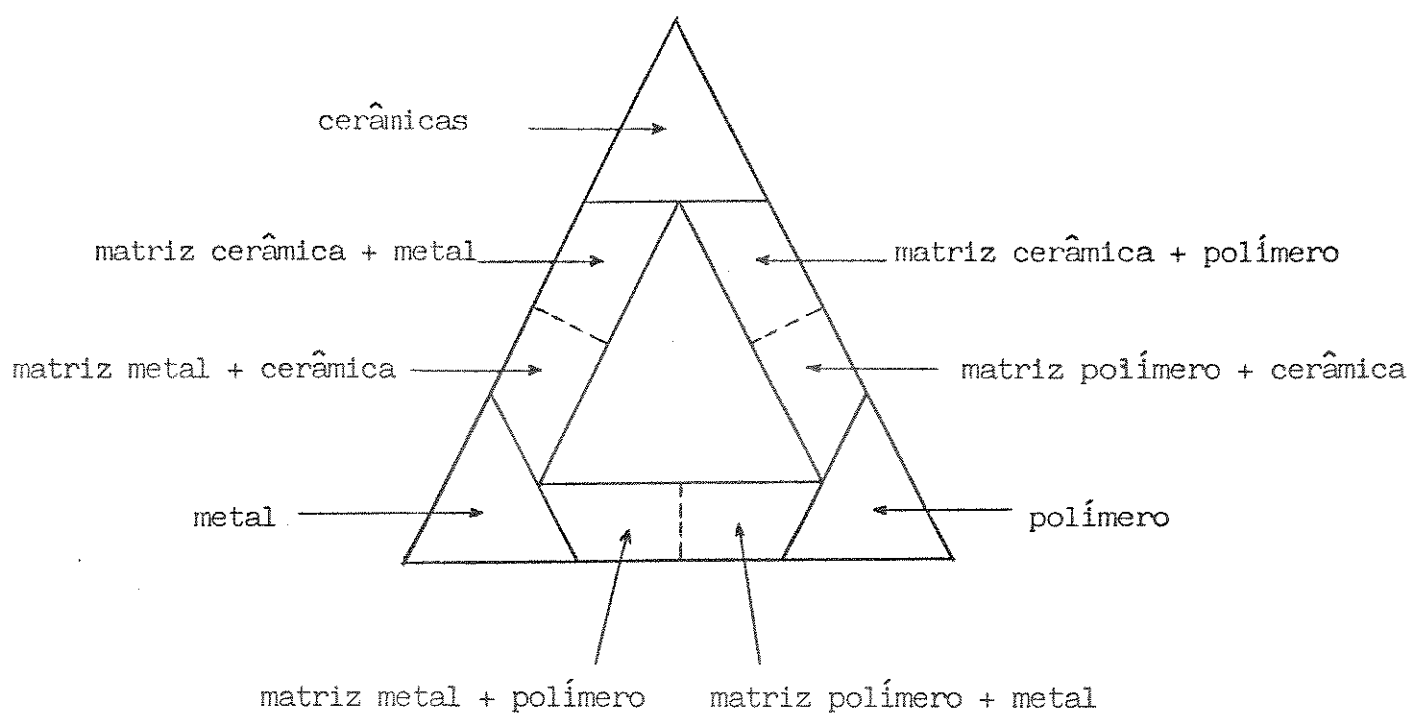
Estes materiais, reforçados com uma variedade de fibras, estão sendo aplicados tanto em componentes interiores como exteriores de aviões, e avaliados para uso em automóveis, em substituição às folhas de aço na carroceria e possivelmente como componentes estruturais. Já são previstas altas taxas de crescimento para esse segmento.

Extensas pesquisas têm sido realizadas para uso de polímeros em condutores elétricos, semicondutores, escudos de interferência eletromagnética, fibras óticas e dispositivos de ligação ótica. Com intenso interesse em ótica-eletrônica, os polímeros poderão competir brevemente com os materiais cerâmicos e metálicos em diferentes aplicações.

Compósitos Avançados: A necessidade de materiais com maior resistência mecânica e térmica e menor peso, para diversas aplicações, tem levado à intenso P&D de matrizes compostas de metais, cerâmicas e polímeros, contendo reforços em forma de partículas, filamentos e fibras. A FIGURA 6 representa os padrões de formação dos compósitos.

Novas fibras de carbono, boro, carбето e nitreto de silício, alumina, zirconia, silicatos de alumínio e polímeros, têm aumentado o universo de materiais e propriedades a serem investigadas. O reforço dos compósitos abre possibilidades de aumento da tenacidade e diminuição da fragilidade das cerâmicas de alta tec-

nologia que contribuirão brevemente para o sucesso desses materiais em motores de automóveis e aviões. O desenvolvimento de compósitos de matriz carbono/fibro-carbono para uso como revestimento de aeronaves transatmosféricas permitirá utilizá-las para sua reentrada frequente na atmosfera a altas temperaturas, e oferece a possibilidade de aplicações generalizadas em programas espaciais, particularmente em projetos de estações orbitais.



Fonte: COHENDET et al. (1987)

FIGURA 6- AS DIFERENTES FORMAS DE COMPÓSITOS

os próximos anos novos materiais para substituição de tecidos e pele, fibras de carbono reforçando ácido poliláctico para substituição de tendões, silicones e resinas para vasos sanguíneos artificiais e órgãos, e novos materiais cerâmicos e metálicos para substituir ossos e dentes.

II.2. Distinções entre Materiais Convencionais e Novos Materiais:

Algumas qualidades são necessárias para distinguir os novos materiais avançados daqueles conhecidos anteriormente:

- . apresentam altos níveis de pureza e limites rígidos de composição física e química que exigem processamento avançado e sofisticado para sua obtenção;

- . a tecnologia de fabricação constitui, em muitos casos, a maior barreira técnica para aplicação comercial, que requer novos "designs", ferramentas e desenvolvimento de processos, para assegurar uniformidade, alto rendimento e segurança. O conteúdo de P&D nesta tecnologia é um requisito mais fundamental do que na tecnologia de fabricação dos materiais convencionais;

- . existe crescente necessidade de integração entre fabricantes de materiais e de produtos trabalhando desde a fase do projeto até a fabricação. Em alguns casos o material deve ser desenvolvido para satisfazer demandas de "design" e engenharia, e em outros casos este deve ser adaptado às propriedades do material. Portanto, um processo interativo toma forma para produzir materiais com propriedades e desempenhos ótimos.

Na TABELA 4 apresentamos as principais características dos novos materiais e dos materiais convencionais, bem como as características da demanda e da produção.

TABELA 4- DISTINÇÕES ENTRE MATERIAIS CONVENCIONAIS E NOVOS MATERIAIS

		novos mat. -----	mat. tradic. -----
Características do produto	Tipo	muitos	poucos
	Valor agregado	alto	baixo
Características da demanda	Tamanho do mercado	pequeno	grande
	Ciclo de vida	curto	longo
	Utilidade	específica	múltipla
Características de produção	Método de produção	variados, em peq. quant.	único, em grande quant.
	Grau de intensidade de tecnológica	alto	baixa
	Escala de produção	pequena	grande

Fonte: IBJ (1986).

III. MUDANÇAS PRINCIPAIS NO PADRÃO DE CONSUMO E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA AS ECONOMIAS MINEIRAS

III.1. Mudanças via Substituição:

Alguns pesquisadores em economia mineral defendem a tese de que os países desenvolvidos de economia de mercado estão vivendo uma mudança radical no padrão de consumo dos materiais. Teria sido atingido um ponto limite de consumo, e o crescimento econômico nas próximas décadas não se faria acompanhar de um aumento proporcional no consumo de bens primários convencionais que vinha sendo observado até então. A FIGURA 2 ilustra esta tese para o mercado japonês. Estaria em curso uma transição do uso da tecnologia intensiva em energia e materiais para uma era intensiva em informações. São apontadas quatro causas básicas:

- . os mercados que estão atravessando uma maior expansão no uso de novos materiais estariam saturados dos convencionais, devido ao seu intenso uso durante toda a fase industrial, sendo esta a causa mais importante;
- . a substituição intensa de materiais reduz a demanda por certos produtos e aumenta a demanda por outros;
- . o incremento no "design" de produtos tende a aumentar a eficiência no uso de materiais;
- . os novos materiais se orientam para produtos com conteúdo de materiais relativamente baixo por unidade, alto desempenho funcional e alto valor agregado.

BALAZIK e KLEIN (1987a,b) detectaram também as condições que vêm influenciando a substituição de materiais nas últimas décadas. Suas principais conclusões podem ser resumidas da seguinte forma:

. os materiais com propriedades e desempenhos superiores e baixos custos de produção aparecem como sendo aqueles que possuem os fatores ideais nos estágios iniciais de substituição. Se o custo de um novo material torna-se competitivo enquanto o volume da produção aumenta, será difícil reverter o processo de substituição em curso;

. em relação aos custos, um aspecto relevante na substituição de materiais em nossos dias é o chamado "custo total do pacote", que inclui não somente o preço do material per se, mas também todos os outros custos envolvidos no processo de fabricação. O custo de muitos produtos que utilizam novos materiais pode ser superior ao dos produtos substituídos, feitos com materiais convencionais. Entretanto, o uso dos novos materiais pode ser preferido pelos fabricantes caso proporcione oportunidades de redução dos custos de fabricação o suficiente para compensar seus preços mais altos. Por exemplo, um determinado item de uma nova peça única que substitui um item feito de material convencional com preço inferior, mas constituído de várias peças, pode reduzir os custos finais em uma linha de montagem, principalmente nas indústrias automobilísticas e de embalagens;

. considerações importantes, além das qualidades intrínsecas dos novos materiais, devem ser feitas, do tipo "resultado provado". As empresas continuam relutantes em incorporar um novo material

em seus produtos até que seu desempenho em outros usos comprove a qualidade. "Espere e veja" é uma atitude cautelosa que favorece os materiais convencionais em uso;

o governo dos países desenvolvidos exerce importante influência no desenvolvimento de materiais avançados através dos programas conduzidos pelas várias agências. É importante observar que esses programas são dirigidos mais por razões econômicas e estratégicas do que para o desenvolvimento específico de novos materiais em si;

os produtores de metais e vidros aproximaram-se, em resposta à forte competição dos novos materiais para (1) aumentar P&D visando maior competitividade dos produtos atuais e, (2) diversificar a produção para incluir os novos materiais.

Exemplos de resultados da primeira decisão são as ligas de alumínio-lítio desenvolvidas para competir na indústria espacial, e os novos aços desenvolvidos especialmente para atender necessidades da indústria automobilística. Exemplos da segunda decisão incluem as grandes empresas americanas fabricantes de "containers" de vidro que passaram a produzir também embalagens plásticas, e empresas produtoras de metal que adquiriram firmas de alta tecnologia ou participam de "joint ventures" com elas;

a substituição de materiais obsoletos por substitutos superiores é um tema que se repete na história da humanidade. Então, poderia ser argumentado que os avanços feitos pelos novos materiais reproduzem uma competição em que o vencedor, no caso um substituto, não pode ser ultrapassado se oferece desempenho superior. Entretanto, é precisamente a obtenção de alta qualidade e, por con-

seguinte, maior competitividade, que motiva o desenvolvimento e uso de materiais de alta tecnologia. O resultante aumento em competição tem infringido perdas em alguns produtores de materiais. Contudo, o resultado líquido da substituição é que os consumidores podem adquirir produtos melhores, a preços mais baixos, e os fabricantes têm oportunidade de serem competitivos no mercado internacional.

Para que se tenha uma melhor idéia quantitativa do significado econômico do processo de substituição atual e com algumas projeções futuras, apresentamos na TABELA 5 uma matriz de impactos relativa aos principais produtos alvos de substituição por polímeros em setores selecionados da indústria americana, responsáveis por significativa parcela do consumo mundial de matérias-primas.

O processo de substituição envolve um número elevado de variáveis econômicas, sociais, tecnológicas, culturais, etc., o que torna difícil, em determinadas situações, a sua modelagem e quantificação. KATZ (1984), trabalhando com materiais cerâmicos de alta tecnologia, propôs um modelo de substituição em que foram definidas três situações:

- . substituição reativa por reposição- predominam as razões de ordem econômica, ou seja, o material antigo é substituído por um novo material com preço mais competitivo, sem levar em consideração a performance técnica;
- . substituição reativa por deslocamento- o novo material possui um melhor desempenho técnico, independente de seu custo;
- . substituição proativa- está intimamente ligada à componente

**TABELA 5- MATRIZ DE IMPACTOS DO PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO DE
ALGUNS METAIS POR POLÍMEROS EM SETORES INDUSTRIAIS
SELECIONADOS DOS EUA**

<u>Setor Industrial e produtos</u>	<u>Tipos de Substituição</u>	<u>Quantidade Substituída</u> (em Mst ¹ exceto quando especificada outra unidade)			
		<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>
Indústria automobilística: automóveis caminhões leves	aço → plásticos aço → plásticos	1,3 ND	1,6-2,2 0,18	ND ND	2,5-7,1 0,23
Construção Civil: galerias de escoamento tubulações de drenagem, rejeitos e ventilação conduítes desvios esquadrias	ferro → plásticos ferro e aço → plásticos aço → plásticos alumínio → vinil aço → vinil alumínio → plásticos	1,95 0,25 0,29 25,3 6,7 12	ND ND ND ND ND 24	3,65-5,10 0,34-0,43 0,34-0,58 63,6 20,5 ND	ND ND ND ND ND ND
Aeroespacial (civil)	alumínio → polímeros compositos	0,5 ²	ND	ND	4,0-11,0
Embalagens	vidro → plásticos	ND	386 ³	ND	ND
Equipamentos e máquinas pesadas	metais → plásticos	700 ²	800 ²	ND	ND
Telecomunicações: cabos de telecomunicações	cobre → fibra ótica	20 ⁴	ND	60 ⁴	ND
ND - não disponível					
¹ milhões de t curtas					
² mil t curtas					
³ milhões de dólares					
⁴ mil t métricas					
1 st = 907,184 kg					
Fonte: USBM (1985/87)					

tecnológica que poderá viabilizar materiais escassos e/ou críticos.

As implicações do crescente consumo de materiais avançados não são de todo benéficas para a economia e para a sociedade. Segundo CLARK (1986), à medida que esses materiais se tornam cada vez mais utilizados, começam a aparecer as consequências econômicas, sociais e ambientais. As economias de países em desenvolvimento, muitos dos quais já estão sofrendo os efeitos da queda nos preços de várias "commodities" minerais, poderão sofrer maior redução e até mesmo um decréscimo de suas taxas de crescimento à medida que os materiais avançados substituem os convencionais. Neste contexto, o cobre, níquel, cobalto, cromo e manganês são particularmente vulneráveis. Países como o Gabão, África do Sul, Zaire, Zâmbia, Zimbábue, Brasil, Chile, Perú e Papua-Nova Guiné, para os quais as exportações de bens minerais representam uma importante fonte de divisas, tendem a enfrentar maiores problemas econômicos para conseguir um aumento crescente de suas receitas do comércio de minerais tradicionais.

Em determinadas situações, a produção de materiais avançados poderá introduzir também certas dificuldades na questão ambiental e problemas de saúde. Os efluentes produzidos pela fabricação de pós cerâmicos ou resinas orgânicas não são qualitativamente diferentes daqueles provenientes da lavra e processamento de metais ferrosos e não-ferrosos.

Riscos para a saúde nos locais de fabricação deverão representar outro tipo de problema para a produção de alguns materiais avançados. A fabricação de materiais cerâmicos e compósi-

tos acarreta dispersão de partículas. Embora os efeitos cancerígenos destes materiais nos seres humanos não tenham sido comprovados, as fibras cerâmicas microscópicas usadas na produção de cerâmicas de alta tecnologia têm sido identificadas em estudos de laboratório como causadoras de tumores pulmonares em animais. Não foi estabelecida ainda qualquer regulamentação visando limitar a exposição a fibras cerâmicas em locais de trabalho. Acrescente-se ainda o fato de que os compósitos devem estar quimicamente ativos nos estágios de produção, o que aumenta o risco à saúde e segurança.

III.2. Mudanças via Reciclagem:

Quanto à saturação dos materiais convencionais nas sociedades desenvolvidas, existe um campo aberto à reciclagem dos mesmos.

BOSSON e VARON (1978) consideraram a atividade de reciclagem como uma reserva potencial dos mais importantes metais. Sua transformação em reservas explotáveis depende de tecnologia, investimento, infraestrutura, qualidade e preços. Os autores identificaram também quatro características próprias da atividade de reciclagem:

- a reciclagem é um processo econômico em que objetivos ambientalistas, sujeitos à influência da opinião pública, desempenham um papel chave;

- o sucesso de estabelecer objetivos para a reciclagem de metais depende do nível de organização da sociedade. Neste caso, admi-

nistração e gerenciamento são tão importantes quanto tecnologia ou incentivos econômicos;

o volume de material disponível para reciclagem tem uma rigidez de localização maior ainda que as fontes de materiais primários, e sua distribuição atual favorece fortemente os países industrializados;

o custo de energia exerce uma influência direta no processo de reciclagem.

O NPCT/UNICAMP (1987) fez algumas observações quanto aos fatores que condicionam a reciclagem:

para a maioria dos materiais de grande uso ocorre uma economia de energia considerável, com mostra a TABELA 6.

TABELA 6 - ECONOMIA DE ENERGIA: MATERIAIS PRIMÁRIOS X RECICLADOS

	Energia requerida por ton. de material pri- mário .	Energia requerida por ton. de material re- ciclado (fusão)*.	Economia de ener- gia (%)
Alumínio	71.491	5.742	92
Cobre	32.815	5.057	85
Ferro e Aço	7.032	2.496	65
Chumbo	7.911	2.798	65
Papel	16.320	5.919	64
Borracha	9.150	2.680	71
Zinco	19.045	7.533	60

* Não computado a energia requerida na coleta do material reciclado.

unid.: Kwh

Fonte: La Verne (1985). Apud NPCT/UNICAMP (1987).

outro fator que tende a dar maior impulso à reciclagem é seu efeito benéfico sobre o meio ambiente. Além de reduzir o consumo

de matérias-primas, permite reduzir o montante geralmente elevado de poluentes oriundos da produção (TABELA 7).

A reciclagem também torna-se atraente como solução de parte do problema do lixo urbano e industrial, cada vez mais crítico nas áreas densamente povoadas e industrializadas, apesar dos problemas existentes de contaminação por substâncias tóxicas, o que exige mecanismos de controle químico mais rigorosos e diversificados do que os necessários para a fabricação de produtos a partir de matérias-primas, inviabilizando, muitas vezes, o seu aproveitamento econômico.

TABELA 7 - BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DERIVADOS DA SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS PRIMÁRIOS POR MATERIAIS RECICLADOS (X)

<u>Benefício ambiental</u>	<u>Alumínio</u>	<u>Aço</u>	<u>Papel</u>	<u>Vidro</u>
Redução do uso de energia	90-97	47-74	23-74	4-32
Redução da poluição do ar	95	85	74	20
Redução da poluição da água	97	76	35	-
Redução dos dejetos de minérios	-	97	-	80
Redução do uso de água	-	40	58	50

Fonte: Pollock (1987). Apud NPCT/UNICAMP (1987).

III.3. A Situação das Economias Mineiras

O desenvolvimento do setor mineral em alguns países do Terceiro Mundo tem sido objeto de análise de vários pesquisadores e instituições. A maior parte dos estudos busca um melhor entendimento das causas do desenvolvimento do setor, seu significado

para as economias industrializadas de mercado, as mudanças ocorridas nas últimas décadas, e as perspectivas da mineração para os países produtores.

MACHADO (1989a) e FERRAZ (1989) analisaram algumas questões sobre a reestruturação da indústria mundial de minerais metálicos que foram tratadas durante um seminário sobre as "Perspectivas da Mineração para o Ano 2.000" patrocinado pelo Departamento de Cooperação Técnica para o Desenvolvimento- DTCD, das Nações Unidas, realizado em 1989 em Nova York.

As décadas de 50 e 60 constituíram uma fase de crescimento rápido da produção mineral mundial, uma vez que uma possível falta de matérias-primas poderia comprometer a recuperação econômica da Europa e do Japão, e limitar o atendimento às necessidades dos países do Terceiro Mundo recém-independentes.

Com o aumento da produção e das receitas obtidas, o setor mineral passou a ser considerado chave para a economia de muitos países em desenvolvimento. Além das preocupações em controlar as empresas estrangeiras, havia também a preocupação em buscar a auto-suficiência em alguns bens minerais como forma de garantir o abastecimento interno. Estes conceitos relacionavam-se com outro, mais amplo, vigente na época, de segurança nacional. Assim, projetos de viabilidade econômica discutível foram implementados, através de subsídios, de acordo com uma previsão de escassez futura e de altos preços, gerando uma produção superior ao consumo.

Ainda segundo os autores, na década de 70, com o agravamento da crise energética, os preços dos principais metais caí-

ram, fazendo com que grandes prejuízos tivessem que ser suportados pelos governos e por suas empresas estatais. Além disso, os governos começaram a sentir os efeitos da dívida externa que havia sido contraída, em parte, para montar a infra-estrutura necessária para a implantação de grandes projetos.

HERRERA (1986) compartilhou dos mesmos pontos de vista que SOHN (1988) teria dois anos depois quanto às dificuldades geradas pela dívida externa na incorporação de capital novo nas economias de alguns países. Seu trabalho é um ensaio dos problemas e das opções da atual onda de inovações tecnológicas para os países em desenvolvimento em geral, e para a América Latina em particular, mas serve também para um melhor entendimento dos problemas que os países fortemente dependentes de exportações de bens minerais já estão tendo que equacionar, e que foram estudados em mais detalhes por SCHATTNER (1982) e por SOHN (op. cit.).

Para o autor, as causas do baixo desempenho das economias latino-americanas está no fracasso da região em adaptar-se às mudanças técnico-econômicas induzidas pela onda atual de inovações. Em consequência do modelo de industrialização adotado, os benefícios gerados por um crescimento econômico relativamente alto que ocorreu na segunda metade da década de 60 e durante a década de 70 beneficiaram apenas determinados segmentos sociais.

A estratégia proposta para o futuro, segundo HERRERA (op. cit.), implica em mudanças radicais nas estruturas dos países da região. Para o autor, a pergunta óbvia é: quais são as forças sociais com desejo e capacidade suficientes para implementar essas mudanças?

SCHATTNER (op. cit.) analisou o comportamento da economia para um grupo de países conhecidos como "países mineiros", num total de 13, para os quais as exportações de minerais respondem por 40% ou mais das exportações, ou constituem 5% ou mais da formação do PIB, excluindo-se os países exportadores de petróleo: Guiné, Mauritânia, Serra Leoa, Togo, Zaire, Bolívia, Chile, Guiana, Jamaica, Libéria, Marrocos, Perú e Zâmbia. Os cinco primeiros têm renda per capita abaixo de US\$ 370, e os oito restantes, acima.

No estudo são utilizados vários indicadores para demonstrar que, na década de 70, as economias mineiras estiveram em situação econômica pior do que outros países em desenvolvimento com nível equivalente de renda per capita, mas com uma pauta de exportações mais diversificada ("não-mineiros"), conforme pode ser observado na TABELA 8.

Um dos fatores responsáveis por essa situação seria o peso da dívida externa para essas economias, que evoluiu de US\$ 5,8 bilhões em 1970 para US\$ 28,5 bilhões em 1979, apenas no que se refere aos créditos garantidos pelos governos.

O Banco Mundial classifica os países em desenvolvimento de acordo com o nível da dívida externa (BANCO MUNDIAL, 1987), e o FMI classifica-os de acordo com a categoria dos empréstimos: tomadores de empréstimos de mercado e tomadores de empréstimos oficiais.

SOHN (op. cit.), adotando a classificação do FMI, fez uma avaliação dos problemas gerados pela crise da dívida para um grupo selecionado de 12 países em desenvolvimento mineral-exportadores.

cimento interno. As condições internacionais eram favoráveis, decorrentes da disponibilidade de "petrodólares" que não encontra-

TABELA 2— PRINCIPAIS INDICADORES MACRO-ECONÔMICOS DE ALGUMAS ECONOMIAS MINEIRAS SELECIONADAS

	Chile	Equador	Egito	Indonésia	Jamaica	Mauritânia	Marrocos	Nigéria	Perú	Togo	Zaire	Zâmbia
Categoria da renda ^a	P	P	P	P	P	P	P	P	P	MP	MP	MP
Categoria da dívida ^b	merc.	merc.	ofic.	mercado	oficial	oficial	oficial	merc.	merc.	of.	ofic.	ofic.
Principal mineral de exportação	Cu	petr.	petr.	petr.	Al	Fe	r. fós.	petr.	div ^c	fós. div ^d		Cu
% das exportações do principal mineral (1986)	140	160	160	160	150	140	130	195	160	160	160	180
Dívida externa (x 10 ⁹ 1985 US\$)	20,0	9,2	24,0	36,0	3,8	1,4	11,0	18,3	13,7	0,9	5,0	4,5
Crescimento do PIB (média anual, %)												
1965-1980	1,9	8,4	6,7	7,9	1,5	2,1	5,7	7,9	3,9	4,4	1,4	1,8
1980-1985	-1,1	1,5	5,2	3,5	0,5	0,2	3,0	-3,4	-1,6	-1,8	1,0	0,1
Crescimento no consumo privado (média anual, %)												
1965-1980	1,0	6,8	5,7	6,3	1,5	1,8	4,6	7,0	4,2	5,4	-0,2	0,1
1980-1985	-2,2	1,3	3,0	5,9	0,1	6,3	2,6	-1,5	-1,0	-1,9	0,6	2,2
Crescimento nos investimentos internos brutos (média anual, %)												
1965-1980	0,5	9,5	11,5	16,1	-3,3	19,2	11,1	14,7	0,2	9,0	6,7	-3,6
1980-1985	-13,5	-7,2	0,7	5,6	2,1	-8,1	-3,1	-18,7	-16,5	-6,8	-4,4	-14,0
Crescimento nas exportações (média anual, %)												
1965-1980	7,9	15,2	2,0	9,7	-0,2	2,7	3,6	11,5	2,3	5,4	4,4	1,7
1980-1985	2,3	6,3	3,9	1,1	-7,3	14,9	3,5	-9,9	1,4	-4,2	-2,9	-0,3
Exportações/PIB (%)												
1965	14	16	18	5	33	42	18	18	16	20	36	49
1985	29	27	27	23	55	60	27	17	22	41	39	39
Grau de dependência ^e												
1965	89	2	8	43	28	94	40	32	18 ^f	33	72	97
1985	64	74	72	75	67	58	32	96	38 ^f	52	74	94
Crescimento no consumo mundial do principal mineral exportado (média anual, %)												
1965-1980	2,8	4,7	4,7	4,7	7,5	3,0	4,6	4,7	2,8 ^g	4,6	2,8	2,8
1980-1985	1,0	-1,3	-1,3	-1,3	1,8	0,0	1,3	-1,3	1,0 ^g	1,3	1,0	1,0

^a P = pobre, de renda per capita >US\$ 400 e <US\$ 1.500, e MP = muito pobre, de renda per capita <US\$ 400, segundo o Banco Mundial, 1985.

^b Segundo o FMI, dois terços dos empréstimos concedidos entre 1978 e 1982 foram fornecidos por credores comerciais.

^c Cu, petróleo, Pb e Zn.

^d Cu, Zn e Co.

^e Participação relativa do(s) principal(ais) mineral(ais) exportado(s) no total das exportações.

^f Somente petróleo e cobre.

^g Dados para o cobre. Para o petróleo, 1965-1980 = 4,7 e 1980-1985 = -1,3.

Fontes: World Bank (1987), IMF (1986, 1987), The Economist (1987), USDM (1987) e Metal Statistics (1986). Apud SOHM (1988).

vam demanda suficiente nas economias desenvolvidas, que atravessavam um período de reduzidas taxas de crescimento como resultado dos dois choques nos preços do petróleo. Por outro lado, as economias mineral-exportadoras ofereciam a possibilidade de pagamento dos créditos com a receita obtida com as exportações de matérias-primas. Os encargos da dívida em relação às exportações continuavam baixos, as taxas de juros reais eram baixas e as receitas obtidas com as exportações eram tão fortes que os países em desenvolvimento tinham pouca dificuldade para saldar seus compromissos de pagamento da dívida.

Entretanto, em 1980/81, a taxa de inflação nos EUA chegou a 14% a.a., fazendo com que o U.S. Federal Reserve Board elevasse as taxas internas de juros a níveis sem precedentes desde a 2ª Guerra Mundial, o que provocou recessão no país em 1981/82, e a nível mundial em seguida. O crescimento econômico dos países industrializados caiu para 1,9% em 1981 e para -0,5% em 1982, recuperando-se para taxas anuais de 3,0% no período 1983/86. Para as economias mineiras, os preços das principais "commodities" minerais caiu, no período 1981/82, a níveis atingidos 30 anos antes, enquanto que as taxas de juros reais subiram 30% entre 1980 e 1982, provocando uma severa deterioração nos termos de troca e uma forte retração do consumo. Na TABELA 10 estão apresentados os índices de preços de sete das principais "commodities" minerais, entre 1965 e 1985: bauxita, cobre, minério de ferro, chumbo, petróleo, rocha fosfática e zinco.

É evidente que para seis das sete "commodities" analisadas, a partir de 1980 começou haver um decréscimo na tendência

dos preços. A exceção fica para o zinco, que teve seu preço médio elevado.

TABELA 10- ÍNDICES DE PREÇOS DE ALGUMAS "COMMODITIES", 1965-1985 (1980 = 100)

Mineral	1965	1970	1975	1980	1985
Bauxita	15,2	20,0	49,6	100	77,3
Cobre	34,5	56,9	62,7	100	64,7
Minério de ferro	57,6	55,8	83,7	100	83,2
Chumbo	36,8	36,1	49,7	100	45,1
Petróleo	4,6	4,5	37,4	100	97,3
Rocha fosfática	30,0	23,6	145,6	100	72,6
Zinco	39,4	41,7	102,5	100	113,4

Fonte: IMF (1987). Apud SOHN (1988).

Este quadro fez com que os credores internacionais diminuíssem e até mesmo suspendessem novos empréstimos. SOHN (op. cit.), utilizando dados do The Economist (1987), afirmou que o nível de vida, medido pelo consumo per capita, nos países em desenvolvimento mineral-exportadores, caiu de aproximadamente 2% a.a. entre 1980 e 1984, e o PIB, despesas com investimentos e importações caíram em 3,1% a.a. no mesmo período. Na TABELA 11 estão apresentadas as principais mudanças nas variáveis relacionadas à dívida externa dos 12 países estudados.

O autor concluiu que, para restaurar o nível de vida e o PIB a níveis pré-1980, os países de economia mineira deveriam aumentar os investimentos, tanto por empréstimos externos como gerando superávits em suas contas. Como a primeira opção é impraticável devido o grande peso do serviço da dívida, não resta outra opção a não ser gerar excedentes nas exportações. A médio prazo isto se constitui um problema de soluções limitadas, uma

TABELA 11- MUDANÇAS NAS VARIÁVEIS RELACIONADAS À DÍVIDA EXTERNA, 1970-1985

		Chile	Equador	Egito	Indonésia	Jamaica	Mauritânia	Marrocos	Nigéria	Perú	Togo	Zaire	Zâmbia
Dívida externa	1970-75	11,1	23,9	22,4	28,9	10,2	47,2	19,7	14,8	13,8	24,2	41,0	13,8
(crescimento médio anual) ^a	1975-80	22,7	53,3	29,0	15,0	3,7	34,1	32,2	50,7	14,5	54,0	20,1	20,9
	1980-85	10,7	9,0	7,0	11,1	14,5	12,5	9,6	15,6	6,5	-2,3	2,3	38,2
Dívida/PIB	1970	0,32	0,15	0,23	0,30	0,73	0,14	0,18	0,05	0,39	0,16	0,09	0,36
	1975	0,63	0,17	0,42	0,33	0,72	0,42	0,19	0,03	0,33	0,19	0,24	0,48
	1980	0,45	0,53	0,70	0,28	0,80	1,22	0,39	0,10	0,54	0,93	0,42	0,90
	1985	1,42	0,79	0,77	0,45	2,19	2,30 ^b	0,93	0,26	0,88	1,42	1,12 ^b	2,10
Dívida/exportações	1970	2,02	0,94	1,83	2,45	1,83	0,26	1,01	0,34	2,14	0,52	0,37	0,63
	1975	2,37	0,63	2,12	1,47	1,42	0,99	0,87	0,11	2,95	0,68	1,68	1,29
	1980	1,93	2,01	2,66	0,94	1,35	3,03	2,17	0,32	2,06	1,81	1,96	1,99
	1985	4,30	0,79	3,67	1,79	3,46	3,99 ^b	3,50	1,41	3,61	2,84	1,97 ^b	5,29
Média das taxas de juros nominais nos empréstimos internacionais (%)	1970	6,8	6,2	7,6	2,6	6,0	6,0	4,6	6,0	7,4	4,6	6,5	4,2
	1975	7,3	7,4	4,9	8,0	6,2	2,6	7,3	7,6	7,6	7,8	6,5	8,1
	1980	13,8	11,1	5,8	8,1	7,7	3,5	8,2	10,6	9,4	4,0	4,7	6,5
	1985	9,4	9,4	8,6	8,1	7,7	1,9 ^b	8,5	9,3	9,4	0,8	3,1 ^b	2,3
Serviço da dívida/expor- tações	1970	19,1	8,6	37,0	7,0	2,8	3,3	8,6	4,2	11,6	3,9	4,4	6,3
	1975	27,2	4,4	28,0	7,5	7,2	20,8	7,2	2,7	25,6	9,5	14,8	10,8
	1980	21,9	18,8	21,0	7,9	14,2	11,1	36,5	1,8	31,2	8,1	16,7	18,1
	1985	26,2	28,8	34,0	20,1	36,5	13,1 ^b	32,3	30,8	7,9	27,4	14,8 ^b	10,2
Pagamentos de juros/ exportações (%)	1970	6,2	2,6	5,6	2,0	1,7	0,4	3,4	1,5	3,5	1,0	1,1	2,8
	1975	8,5	1,5	6,9	2,5	4,5	2,9	2,5	0,4	10,9	2,5	6,1	5,3
	1980	7,7	9,7	6,0	3,7	7,8	4,8	18,8	1,6	11,2	3,4	9,0	6,6
	1985	21,4	21,8	8,5	8,3	18,8	7,1 ^b	15,3	9,7	3,9	11,8	9,4 ^b	5,0
Serviço da dívida/PIB (%)	1970	3,0	1,4	4,7	0,9	1,1	1,8	1,5	0,6	2,1	0,9	1,1	3,6
	1975	7,2	1,2	5,5	1,7	3,7	8,8	1,5	0,7	2,9	2,7	2,2	4,1
	1980	5,2	5,0	5,7	2,4	8,4	4,5	6,5	0,6	8,1	4,2	3,6	8,2
	1985	8,5	8,0	7,1	5,0	23,0	12,2 ^b	8,6	5,6	1,9	13,7	7,9 ^b	4,0
Pagamentos de juros/PIB (%)	1970	1,0	0,4	0,7	0,2	0,7	0,2	0,6	0,2	0,6	0,3	0,3	1,6
	1975	2,3	0,4	1,4	0,6	2,3	1,2	0,5	0,1	1,2	0,7	0,9	2,0
	1980	1,8	2,6	1,6	1,1	4,6	1,9	3,4	0,5	2,9	1,7	2,0	3,0
	1985	7,1	6,1	1,8	2,1	11,9	4,3 ^b	4,1	1,8	0,9	5,9	5,1 ^b	2,0

^a Os dados do World Debt Tables não se referem à dívida a curto prazo em 1970 e 1975. Como a dívida a curto prazo é incluída nos dados de 1980 e 1985, as taxas de crescimento de 1975-1980 estão superestimadas.

^b Dados de 1984.

Fonte: World Bank (1987). Apud SOHN (1988).

vez que, como vimos na TABELA 9, a maior parte de suas exportações depende de, às vezes, um único bem mineral. Apesar do aumento nas taxas de crescimento econômico dos países industrializados, o crescimento na demanda por minerais é esperado ocorrer a taxas modestas, provocado por medidas de substituição e de uso mais racional dos recursos minerais. Uma questão, já colocada por HERRERA (op. cit.), é se esses países poderão ou não mobilizar as vontades políticas e sociais para enfrentar as mudanças necessárias para que continuem participando em uma economia mundial cada vez mais competitiva.

Na opinião de BRAZ (1988) a indústria mineral tende a ser conservadora, tendo, ao longo do tempo, adotado economias de escala, e dado pouca importância à inovação tecnológica. Para o autor, o processo de reajustamento, além de reestruturação e mudança de estratégia das empresas, passa pela redução na oferta para que seja restabelecido o equilíbrio do mercado, o que significa uma diminuição de gastos com pesquisas geológicas, fechamento de minas marginais, maior competição entre os produtores e adoção de novas formas de comercialização.

Para FERRAZ (op.cit.) a importância dos efeitos das inovações tecnológicas atuais para a mineração nos países em desenvolvimento será subordinada aos efeitos do esforço de formação de blocos econômicos e aos resultados da abertura dos países de economias centralmente planejadas.

MACHADO (1989b), após analisar a situação das economias mineiras nos dias atuais, achou bastante crítica a evolução do consumo mundial de alguns dos mais importantes minerais, como

bauxita, minério de ferro, rocha fosfática, cobre, cobalto, estanho e prata, que são fontes de divisas insubstituíveis para seu desenvolvimento econômico. Para ele, diante de uma hipotética guerra de preços, por exemplo, na oferta de minério de ferro ou bauxita, como poderão a Mauritânia, Libéria, Guiné ou Jamaica concorrerem com economias não-mineiras como Brasil e Austrália?

O autor é enfático ao afirmar: "... a questão dos novos materiais envolve dimensões políticas e sociais, além de econômicas, de alta relevância para as relações comerciais entre nações ricas e pobres. Uma abordagem parcial da questão pode ter consequências extremamente graves para nações julgadas até nossos dias como privilegiadas pela natureza. Quantos países terão a capacidade de adaptar-se aos novos parâmetros da economia mundial?"

Diante do quadro descrito, as perspectivas para as economias fortemente dependentes de exportações minerais, a curto e médio prazos, não parecem ser otimistas. Sérios problemas, como a deterioração nos termos de troca, que torna difícil uma solução para o endividamento externo, certamente serão agravados pela intensificação dos processos de substituição e reciclagem.

No caso específico do processo de substituição, pode-se afirmar que está sendo induzido não somente pelas forças de mercado mas também através da ação dos governos dos principais países industrializados. O capítulo seguinte tratará dos esforços governamentais que estão sendo empreendidos no desenvolvimento de materiais, com maiores comentários nas considerações finais.

IV. A IMPORTÂNCIA ATUAL DOS NOVOS MATERIAIS E OS GRANDES INVESTIMENTOS EM P&D

Com o objetivo de encontrar novos espaços de crescimento, os países mais avançados estão investindo maciçamente no desenvolvimento tecnológico de setores considerados de ponta. Importantes transformações na base técnica mundial estão se processando em nossos dias, introduzidas por novas tecnologias como a informática, biotecnologia, química fina e mecânica de precisão.

Os grandes blocos de economia de mercado, representados pelos EUA, Japão e Comunidade Européia [4], lideram os investimentos em novos materiais. Os esforços iniciais estiveram limitados a cada bloco, individualmente, mas programas mais recentes de amplo alcance já envolvem a cooperação interblocos.

Devido às características específicas de cada programa e a dificuldade de obtenção de dados, não foi possível fazer uma abordagem uniforme de todos os programas. A preocupação principal foi apresentar, na medida do possível, alguns dados importantes de cada programa, como objetivos, prazos e orçamentos previstos.

IV.1. A Tentativa dos EUA para Liderar a Terceira Revolução Industrial

Os EUA, desde a 2ª Guerra Mundial, vêm ocupando a liderança no desenvolvimento de novos materiais, dentro de projetos como o Manhattan (que criou a bomba atômica e o projeto Apollo),

aproveitando filões tecnológicos dos setores de energia nuclear e espacial, e outros projetos no setor de armamentos.

A coordenação e gestão dos programas de materiais é realizada pela National Aeronautic and Space Administration- NASA, National Science Foundation- NSF, National Bureau of Standard- NBS, Bureau of Mines- USBM, e por Departamentos de Estado, como o Department of Defense- DOD, o Department of Energy- DOE e o Department of Commerce- DOC. Para se ter uma idéia dos recursos alocados nesses órgãos, apresentamos na TABELA 12 seus orçamentos para P&D, e na TABELA 13 as prioridades governamentais de P&D em 1988, por segmento.

TABELA 12- ORÇAMENTO PARA P&D DE MATERIAIS EM ALGUNS
DEPARTAMENTOS E ÓRGÃOS PÚBLICOS DOS EUA

Dept ^o ou órgão	DOE ^a	DOD ^b	NSF ^c	NASA ^b	DOC ^d	USBM ^b	NBS ^b
	---	---	---	---	---	---	---
Orçamento	368	296	100	75	40	32	12

a1982 b1983 c1984 d1987
valores em US\$ milhões

Fontes: COHENDET et al. (1987) e KAOUNIDES (1989). Compilação do autor.

As pesquisas do USBM relacionadas aos impactos dos novos materiais no setor mineral são conduzidas por algumas divisões, como a Division of Ferrous Metals, a Division of Materials Policy and Analysis e a Division of Materials and

Recycling Technology.

TABELA 13- PRIORIDADES DE P&D DE NOVOS MATERIAIS NOS EUA^a

Material	Objetivos
Compósitos (53%)^b	
Resinas reforçadas com fibras	Desenvolvimento de materiais para componentes com funções estruturais para as indústrias aeroespacial, automobilística e de construções.
Compósitos de matriz metálica	Desenvolvimento de materiais para componentes com funções estruturais e para componentes com funções supercondutoras.
Cerâmicas (23%)^b	
Cerâmicas com funções estruturais	Desenvolvimento de materiais para componentes resistentes ao calor, para uso nas indústrias aeroespacial e automobilística.
Cerâmicas com funções supercondutoras e eletrônicas	Desenvolvimento de materiais para componentes elétricos, eletrônicos e óticos para uso em transmissão elétrica, no setor de transportes e na área de saúde.
Metais (15%)^b	
Ligas amorfas	Desenvolvimento de materiais para equipamentos eletromagnéticos.

^a 1988.^b Em relação ao orçamento das principais agências e órgãos públicos em 1983.

Fonte: OCDE (1988). Apud LASTRES (1990).

Segundo KAOUNIDES (1989), os trabalhos de P&D no DOC são realizados pelo Institute of Materials Sciences and Engineering, que possui uma equipe multidisciplinar de 400 cientistas, engenheiros e técnicos, além de pesquisadores visitantes (em 1987 foram 374).

Dos programas americanos mais recentes, a Iniciativa de Defesa Estratégica (IDE), é o mais importante e também o que gerou mais controvérsias.

A IDE estava estruturada para desenvolver-se da seguinte forma: uma primeira etapa de "investigação e tecnologia" até início dos anos 90, quando seria feita uma avaliação do progresso alcançado nas pesquisas, o que permitiria passar a uma segunda

fase, de desenvolvimento dos componentes; a fase seguinte seria de transição, quando seriam iniciados sistemas defensivos; a quarta e última fase consolidaria a fase anterior, chegando aos sistemas defensivos de grande eficiência (PORTALES, 1986).

O orçamento da IDE contemplava grandes cifras. SICHEL (1987), citou alguns dados:

- . nos cinco anos seguintes ao lançamento do programa, estava previsto a IDE absorver US\$ 20 bilhões;

- . a pesquisa e teste dos componentes poderia custar até US\$ 90 bilhões entre 1984 e 1994;

- . o ex-Secretário de Defesa Caspar Weinberger insistia na tese de que a IDE precisaria ser complementada com um programa de pesquisa na área de radares e de defesa da costa, num custo estimado de mais de US\$ 50 bilhões/ano;

- . em 1985 o orçamento da IDE foi de US\$ 1,6 bilhão; em 1986 foi de US\$ 3 bilhões e em 1987 foi de US\$ 3,1 bilhões (cifra aprovada no Senado, de um total solicitado de US\$ 5,4 bilhões);

- . o custo total estimado varia entre US\$ 400 bilhões a um trilhão.

Segundo RANGER (1985), o orçamento contemplava um programa quinquenal de P&D para defesa estratégica de US 26 bilhões. Este é o orçamento para a IDE citado por FORD (1988), parecendo ser a cifra mais correta. Para se ter uma idéia do tamanho desse orçamento, o Projeto Manhattan custou US\$ 2 bilhões desde sua concepção até a explosão da primeira bomba atômica em Hiroshima (SICHEL, 1987).

Os orçamentos acima mencionados são gerais, incluindo os gastos com o desenvolvimento de novos materiais. Para LASTRES (1988), o orçamento anual para pesquisa em novos materiais nos EUA é estimado em US\$ 1 bilhão, incluindo gastos militares e excluindo o gasto não divulgado das empresas privadas, como IBM (descobridora dos supercondutores cerâmicos), Du Pont, GE, GM e outras. Esse dado é compatível com aqueles apresentados por COHENDET et al. (1987) e KAOUNIDES (1989) na TABELA 12.

A disponibilidade financeira foi a principal justificativa para o envolvimento das maiores empresas e da comunidade científica em torno da IDE. Cerca de 90% dos contratos de P&D para a IDE e para armas anti-satélites foram ganhos por dez empresas: Rockwell, TRW, Boeing, LTV, Aerospace, Lockheed, Litton, McDonnell Douglas, Hughes Aircraft e Teledyne Brown. Entre as universidades estavam a do Alabama, Arizona, South-Florida, Nova York e Carnegie-Mellon, em Pittsburgh.

Um dos mais importantes problemas que teria de ser resolvido diz respeito aos programas de software para movimentar as informações necessárias, a grandes velocidades.

WALDROP (1986), fez uma análise de um trabalho encomendado pela IDE ao Eastport Study Group [5]. Segundo o autor, o relatório do Eastport é uma crítica severa à maneira como os EUA conduzem o desenvolvimento de armas de alta tecnologia em geral, e de software em particular. Trata ainda de questões importantes, como os limites da computação, a natureza da segurança, a organização de grandes e complexos sistemas, e a natureza da defesa estratégica em si. O relatório torna válido o que muitos dos críti-

cos da IDE tinham dito sobre a inviabilidade de desenvolvimento de software para esse programa de defesa.

A reação européia à IDE será analisada no Capítulo IV.3.

No contexto atual de reformas políticas e econômicas na URSS e Europa Oriental, é provável que o significado estratégico da IDE tenha sido alterado, provocando mudanças nos objetivos iniciais aqui analisados e refletindo na P&D de novos materiais.

IV.2. A Política de C&T no Japão e os Novos Materiais:

"Os materiais continuam, ainda no momento atual, atrás das novas indústrias e das novas técnicas".

"Novas tecnologias e novos materiais são como duas rodas de um mesmo veículo".

Citação do MITI (1984) e Sciences & Techniques (1985).

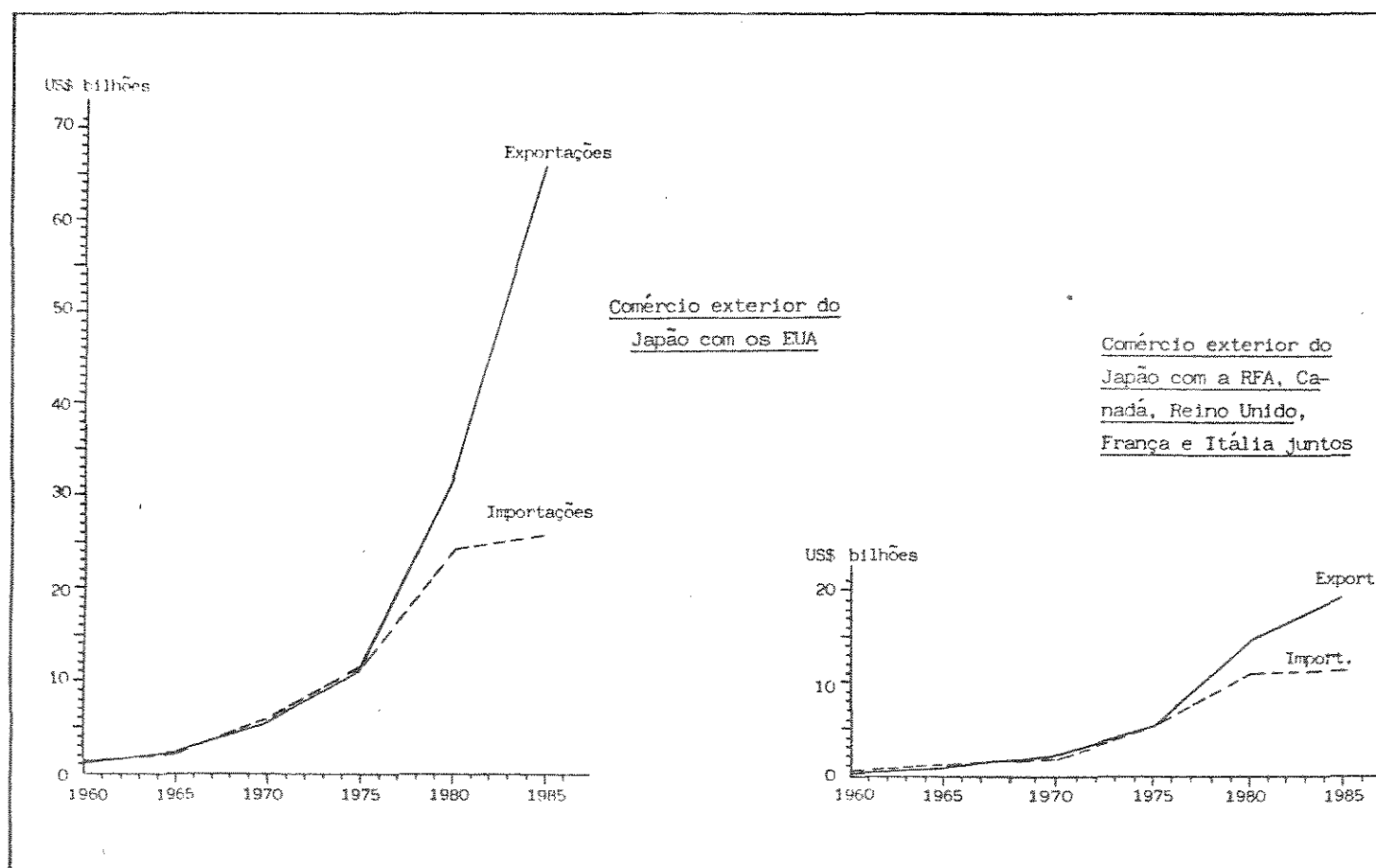
No Japão, o programa de desenvolvimento de novos materiais foi iniciado há mais de quinze anos, através da articulação de centros de pesquisa e empresas em torno do Ministério de Comércio Exterior e da Indústria- MITI (da sigla em inglês para Ministry of International Trade and Industry).

Para dar uma idéia dos resultados já alcançados, basta citar que o Japão já é o primeiro produtor mundial de cerâmicas avançadas para eletrônica e motores avançados; o primeiro produtor mundial de fibras de carbono; e o segundo produtor mundial de

componentes avançados para a indústria eletrônica e de informática (LASTRES, 1988).

O Japão enfrenta crescente pressão dos parceiros comerciais (americanos, europeus e do Terceiro Mundo), para que realize uma maior abertura de seu mercado visando reduzir a assimetria nas trocas comerciais (FIGURA 7). Como pode-se observar, essa assimetria é particularmente evidente em relação aos EUA. É possível, mas não provável, que medidas protecionistas por parte dos

FIGURA 7- ASSIMETRIA DO COMÉRCIO EXTERIOR JAPONÊS NO PERÍODO 1960-85



EUA e CE venham alterar o desempenho do comércio exterior japonês.

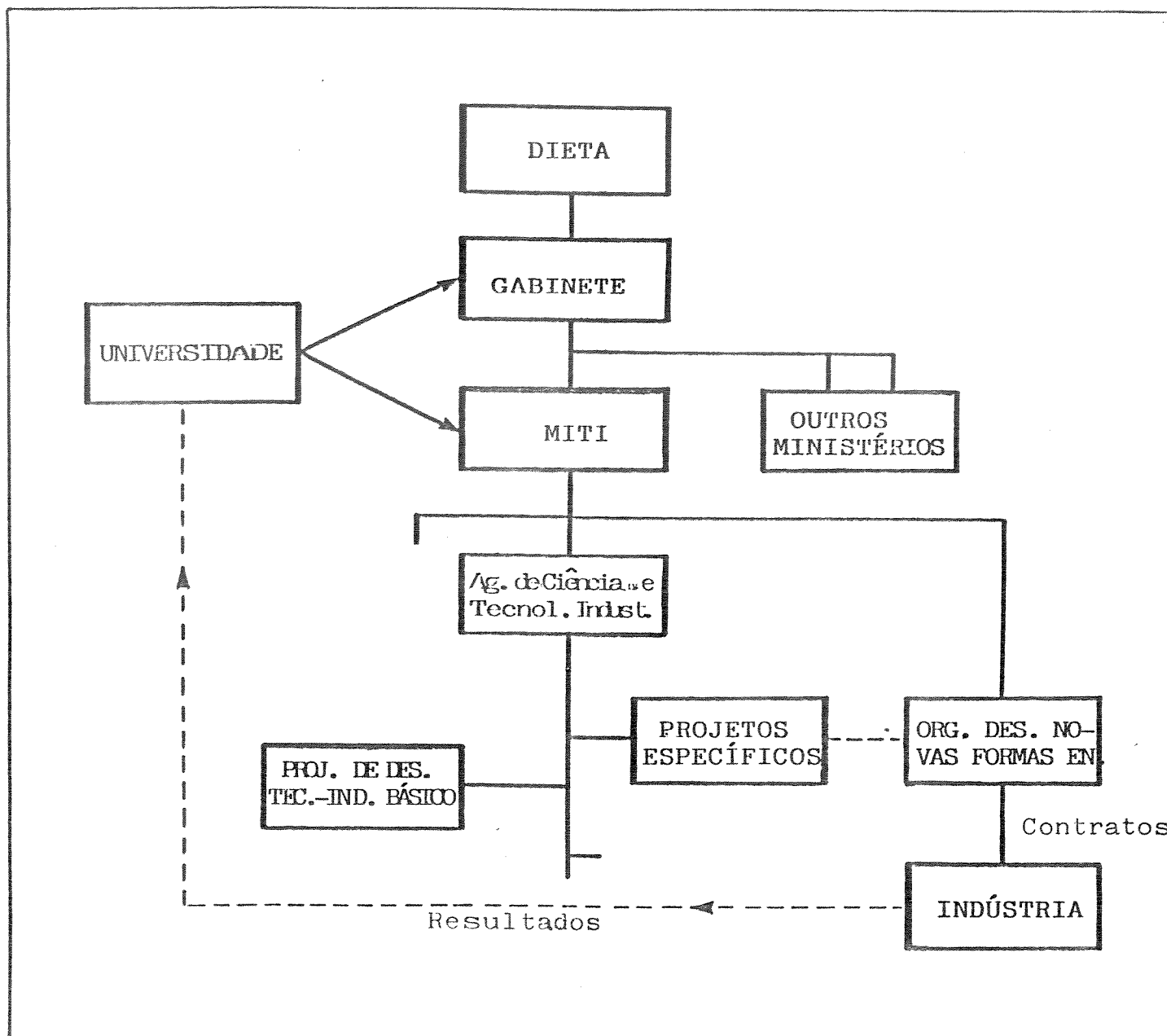
O propósito desse trabalho não é analisar os aspectos de tais medidas, mas sim de alguns fatores que levaram ao extraordinário desempenho da economia japonesa nas últimas décadas, notadamente as estratégias políticas adotadas nas áreas científicas e tecnológicas, onde os novos materiais representam um fator preponderante.

O Estado japonês desempenha um papel importante na formulação da política científica e tecnológica, mantendo um estreito vínculo com o setor privado (FIGURA 8).

MONETA (1986) descreveu as interações da estrutura de C&T do país. A nível governamental, existem vários conselhos, como o Conselho de Ciência e Tecnologia, fundado em 1949 e reestruturado dez anos depois, presidido pelo primeiro-ministro. Atua nas áreas de energia atômica, segurança nuclear, radiação, atividades espaciais, e desenvolvimento oceânico, assessorando não só o primeiro-ministro na formulação de políticas nessas áreas, como também outros ministérios chaves, como Finanças, Educação, Ciência e Cultura, Planejamento, etc.

Existe também o Conselho de Ciências do Japão, igualmente fundado em 1949. É constituído por membros eleitos pela comunidade científica, sendo seus pareceres independentes do governo. Tem como principal tarefa fazer análise dos problemas da área científica, efetuando recomendações e propostas ao governo.

Mas cabe ao MITI o papel chave na formulação de políticas científicas e tecnológicas relacionadas ao desenvolvimento



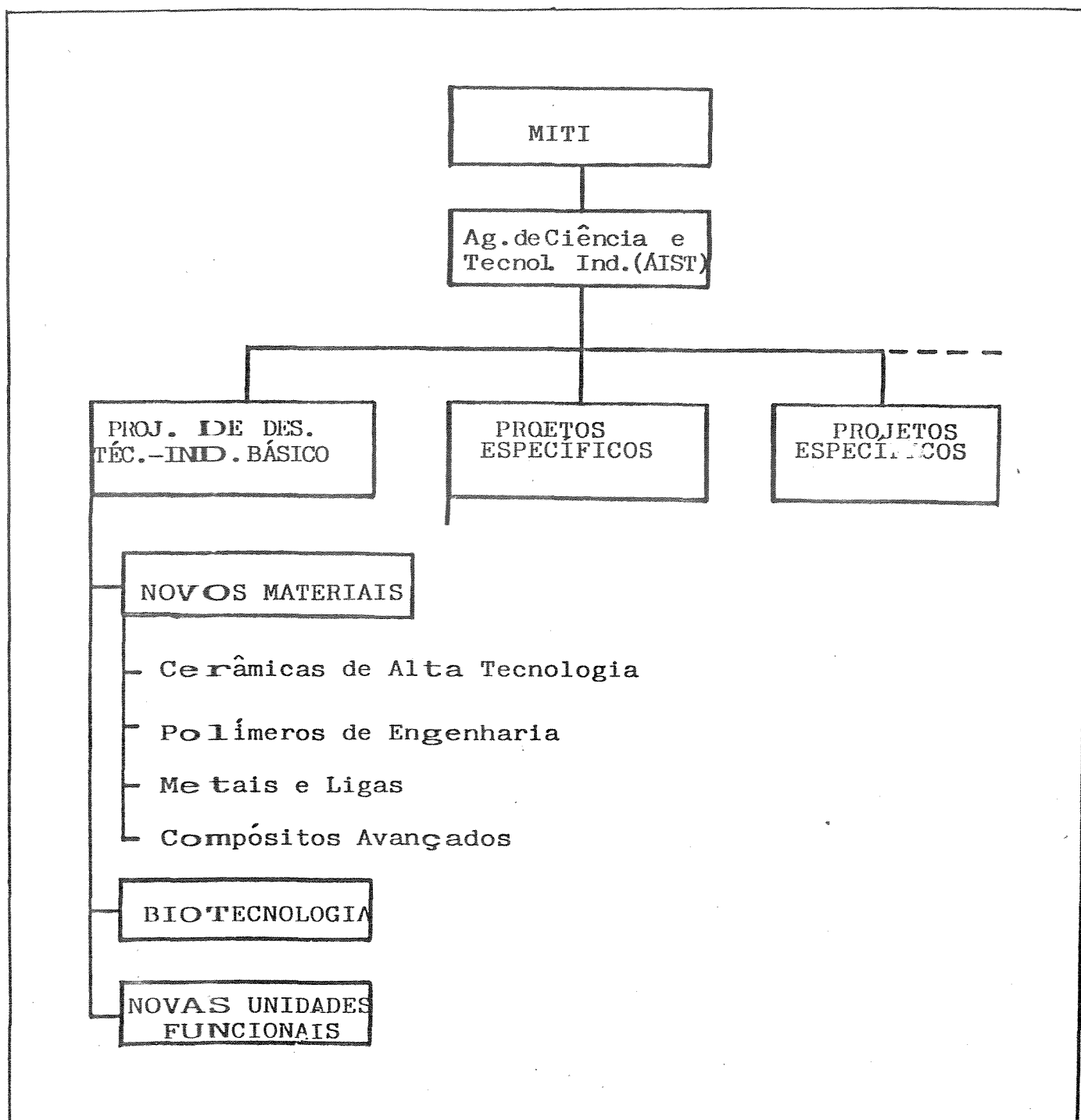
Fonte: KAMO (1984)

FIGURA 8- ORGANIZAÇÃO DO GOVERNO, INDÚSTRIAS E UNIVERSIDADES PARA REALIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS CONJUNTOS NO JAPÃO

industrial. O MITI tem a responsabilidade de conduzir a pesquisa industrial e de formular políticas nas áreas de energia, automação, eletrônica, informática, química e biotecnologia, contando com um Conselho de Tecnologia Industrial constituído de vários comitês de especialistas das diversas áreas, oriundos da comunidade acadêmica, da indústria e do setor público. A FIGURA 9 mostra a organização desse "superministério" na condução dos principais programas de desenvolvimento de novas tecnologias.

O MITI conta com a Agência de Ciência e Tecnologia Industrial (AIST) e a Agência de Recursos Naturais e Energia. A primeira, criada em 1956, é responsável pela coordenação administrativa geral das atividades de C&T, exceto aquelas desenvolvidas nas universidades, que não pertencem à sua competência. Juntamente com o Ministério de Educação, Ciência e Cultura, atua como Secretariado do Conselho de Ciência e Tecnologia. É função do Ministério de Educação, Ciência e Cultura formular políticas de promoção da ciência e da pesquisa e desenvolvimento, incluindo as ciências sociais, humanidades e ciências naturais, nas universidades.

A Agência de Recursos Naturais e Energia, criada em 1948, cabe a promoção da pesquisa junto às universidades e ao setor empresarial, nas áreas de grande risco financeiro e alta complexidade técnica, onde a iniciativa privada sozinha não teria condições de promover atividades de P&D. É também uma agência de desenvolvimento regional e de normatização industrial.



Fonte: KAMO (1984)

FIGURA 9-ORGANIZAÇÃO DO MITI NA CONDUÇÃO DOS PRINCIPAIS PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS

A conjugação de esforços entre o aparato do Estado e o setor privado proporciona um mecanismo de decisão que, apesar de funcionar com certa lentidão e complexidade, gera, através de vários mecanismos formais e informais, um consenso e uma conciliação de interesses de diversos grupos. Ao Estado cabe determinar as grandes orientações, permeadas pelos interesses da iniciativa privada, que são atendidas pela comunidade científica e tecnológica. Esse processo germinador, que oferece continuidade em seus propósitos, tem demonstrado ter capacidade de adotar rápidas medidas frente a desafios que surjam.

Entre os setores industriais onde tem havido maiores investimentos em P&D destaca-se o setor de novos materiais. O Industrial Bank of Japan- IBJ (1986), num estudo sobre o "negócio" dos novos materiais, apresenta as principais estratégias que as empresas japonesas têm adotado:

- i. expansão dos laboratórios atuais e criação de novos;
- ii. criação de divisão específica para comercialização de novos materiais, uma vez que estes requerem enfoques diferentes de P&D, produção e vendas;
- iii. promoção da aliança indústria-governo-universidade;
- iv. pesquisa conjunta, tanto de forma "vertical", onde o produtor procura identificar as principais necessidades do usuário diretamente junto a este, e desenvolvendo "pacotes" de pesquisas em conjunto, como de forma "horizontal", onde produtores diferentes dentro de uma mesma indústria juntam esforços em P&D visando evitar a duplicação de investimentos e assegurando otimização de eficiência. Este procedimento tem-se intensificado particularmen-

te entre subsidiárias de um mesmo grupo, uma vez que, neste caso, deixa de existir o medo de transferência de segredos industriais.

A nível institucional, o governo do primeiro-ministro Yasuhiro Nakasone (1982-1987) propôs algumas estratégias gerais para o país (MONETA, 1986):

- . adoção de políticas que reduzissem os conflitos comerciais com os países desenvolvidos;
- . reativação do consumo interno, permitindo maior abertura do mercado japonês para os produtos dos países desenvolvidos e em desenvolvimento;
- . obter, manter e consolidar a liderança mundial nas indústrias de alta tecnologia (eletrônica, biotecnologia, novos materiais, energia nuclear, etc.);
- . incorporar a alta tecnologia ao conjunto das atividades sócio-políticas, econômicas e culturais da sociedade japonesa.

Quanto ao mercado japonês para novos materiais, a Roskill's Letter from Japan (Out.1989) trouxe um balanço do ano de 1987, com projeção para o ano 2000, com base em dados da Basic New Materials Research Unit, do MITI (TABELA 14). O mercado em 1987 foi de 3,1 trilhões de yens (US\$ 20 bilhões). Para o ano 2000 é previsto um mercado de Y 12 trilhões (US\$ 77 bilhões), representando um crescimento anual médio de 11% no período. A economia japonesa já vem apresentando as maiores taxas mundiais de vendas de novos materiais por produto interno bruto (LASTRES, 1988).

TABELA 14- MERCADO JAPONÊS PARA NOVOS MATERIAIS

Novo material	1987		2000	
	Y bi	US\$ m ¹	Y bi	US\$ m ¹
1. n.m. de origem orgânica	845,2	5.843,5	2.171,0	15.009,7
plásticos de engenharia	278,0	1.922,0	740,0	5.116,1
ligas poliméricas	45,0	313,1	120,0	829,6
resinas eletro-condutoras	22,0	152,1	80,0	553,1
resinas "insulative"	62,0	428,6	130,0	898,8
resinas piezo e piroelétricas	0,2	1,4	1,0	6,9
resinas absorventes de água	12,0	83,0	40,0	276,5
resinas fotosensíveis	40,0	276,5	100,0	691,4
membranas de separação	31,0	214,3	90,0	622,2
materiais biocompatíveis	35,0	242,0	80,0	553,1
outros	320,0	2.212,4	790,0	5.461,8
2. n.m. derivados de metais ²	644,8	2.703,1	2.178,0	9.138,9
ligas ultraresistentes ao calor	25,0	104,8	90,0	377,3
ligas amorfas	0,1	0,4	160,0	670,7
ligas com memória de forma	0,5	2,1	3,0	12,6
ligas absorventes de hidrogênio	0,1	0,4	20,0	83,8
materiais magnéticos	20,0	83,8	105,0	440,2
materiais semicondutores	144,0	603,7	500,0	2.096,1
ligas de alta tensão	3,0	12,6	8,0	33,5
ligas superplásticas	-	-	15,0	62,9
mat. absorventes de vibrações	4,0	16,8	75,0	314,4
"metal foil"	3,0	12,6	25,0	104,8
mat. para metalurgia do pó	106,7	447,3	395,0	1.655,9
metais ultrapulverizados	-	-	2,0	8,4
materiais supercondutores	0,5	2,1	10,0	41,9
materiais biocompatíveis	60,0	251,5	70,0	293,4
outros	277,9	1.165,0	700,0	2.934,5
3. n.m. de origem não-orgânica	1.084,4	7.497,2	3.470,0-6.570,0	23.990,6-45.423,1
IC packages e				
IC bases	155,6	1.075,8	280,0-420,0	1.935,8-2.903,3
dispositivos condensadores	122,0	843,5	290,0-470,0	2.005,0-3.249,4
dispositivos piezo-elétricos	57,7	398,9	280,0	1.935,8
dispositivos sensores de gás	18,2	125,8	25,0-35,0	172,8-242,0
materiais magnéticos	182,3	1.260,4	330,0-560,0	2.281,5-3.871,7
transportadores catalíticos	38,6	266,9	50,0-60,0	345,7-414,8
materiais resistentes				
ao calor e à corrosão	57,7	398,9	200,0-350,0	1.382,7-2.419,8
materiais para ferramenta	74,8	517,1	130,0-160,0	898,8-1.106,2
materiais anti-abrasivos	15,5	107,2	25,0-60,0	172,8-414,8
materiais bio-compatíveis	2,4	16,6	80,0	553,1
materiais supercondutores	-	-	450,9-555,0	3.117,4-3.837,1
4. n.m. compósitos	534,8	3.687,4	1.680,0	11.615,0
GFRP (plásticos reforçados				

com fibra de vidro)	489,0	3.380,8	1.420,0	9.817,5
fibras de carbono	40,0	276,5	200,0	1.382,7
fibras de aramíde	5,0	34,6	30,0	207,4
fibras de boro	-	-	1,0	6,9
fibras de alumina	0,7	4,8	10,0	69,1
FRM (metais reforçados com fibras)	0,1	0,7	5,0	34,6
FRC (cerâmicas reforçadas com fibras)	-	-	10,0	69,1
compósitos CC (carbono-carbono)	-	-	5,0	34,6
Total Geral	3.109,2	21.496,1	9.500,0-12.600,0	65.680,3-87.112,8

¹ Utilizada a taxa de câmbio (média anual) de 1987: 1US\$ = Y 144,64. FMI. International Financial Statistics Yearbook 1989

² Estatística referente a 1985. Taxa de câmbio (média anual): 1US\$ = Y 238,54. FMI. IFSY 1989

Fonte: Roskill's Letter from Japan (Out.1989). Compilação do autor.

Em 1981 o MITI reorganizou o novo programa decenal de novos materiais, com orçamento anual em torno de US\$ 300 milhões (LASTRES, 1988).

NAKASONE (1986), analisando o papel do Japão no século XXI, acredita no surgimento de uma nova era para a chamada Bacia do Pacífico, onde o vigor e a competitividade do capitalismo ocidental tem sido enriquecido pela herança cultural da Ásia. A Bacia do Pacífico é constituída de economias que praticam o livre-mercado, algumas de crescimento muito rápido: os novos países industrializados, conhecidos por NICs- Coreia do Sul, Taiwan, Hong Kong e Cingapura; os países da ASEAN (Association of Southeast Asia Nations)- Tailândia, Malásia, Cingapura, Filipinas, Indonésia e Brunei; e os países desenvolvidos da área- Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia e Japão. Em 1979 o comércio dos EUA com o Pacífico ultrapassou o comércio com o Atlântico. A Agência de Planejamento do Japão estima que o crescimento real no período 1985-2000 será: mundo, 3%; região do Pacífico, 4%; Japão,

4%; EUA, Canadá e Austrália, 3%; China, 7%; na ASEAN: Malásia, Tailândia e Indonésia, 7%, igual a NICs como Coreia do Sul e Taiwan.

Para MONETA (1986), a viabilidade do projeto japonês dependerá, em grande medida, da capacidade do Japão obter a liderança tecnológica desejada, do êxito em elevar a sociedade japonesa a um estágio superior de bem-estar e sua conversão em sociedade com alto grau tecnológico, assim como da evolução das relações cooperativas/conflitivas com os EUA e com a Europa Ocidental.

IV.3. Os Desafios e os Esforços da Comunidade Européia:

Na Europa foram criados ou ampliados, no início dos anos 80, programas voltados para o desenvolvimento de pesquisas de ponta em conjunto, para fazer face ao progresso já alcançado pelos EUA e Japão, evitando duplicação de esforços de países isolados. Um quadro geral da atual situação industrial européia é mostrado por COHENDET et al. (1987).

A Europa possui uma situação concorrencial em relação aos outros dois parceiros mundiais (EUA e Japão) da tríade comercial no domínio dos materiais com funções estruturais. Esta situação é favorecida, em grande parte, pelo peso da indústria química (especialmente dos três grupos alemães Bayer, Hoechst e BASF), que tem a maior produção mundial (US\$ 320 bilhões, ou seja, 31% do faturamento mundial do setor químico), segundo WOLLENWEBER (1989), e possui um conceito mundial de qualidade (TABELA

15). As principais empresas estão participando ativamente nos mercados com índices altos de crescimento e investimento em P&D (TABELAS 16 e 17). Também outros grupos europeus ocupam posição de destaque como produtores de materiais: Péchiney (alumínio), Wacker (silício), Saint-Gobain e Pilkinton (vidros e derivados), além de fortes grupos que utilizam materiais estruturais nas indústrias automobilística, aeronáutica e construção de obras públicas.

Entretanto, a Europa é muito dependente dos EUA e Japão no domínio dos materiais com funções não estruturais, principalmente com respeito à eletrônica, materiais magnéticos, cerâmicas resistentes a altas temperaturas e biomateriais. Apesar de possuir algumas ilhas de excelência, como a já mencionada Wacker (produtora de silício) ou a Rhône-Poulenc (terras raras e catalisadores), a Europa é obrigada a importar dos EUA e do Japão uma grande parte dos componentes eletrônicos de que necessita, provocando desequilíbrio na balança comercial. As grandes filiais de transnacionais reproduzem no continente europeu uma prática muito conhecida entre nós, que consiste em montar nas filiais o que PODNIATOWSKI (1988) chamou de indústrias "chaves de parafuso", de conteúdo tecnológico baixo ou já ultrapassado, reservando às matrizes americanas ou japonesas a parte criativa da tecnologia de ponta.

Certamente o lançamento do programa americano Iniciativa de Defesa Estratégica- IDE, teve um efeito de choque nos Governos da Comunidade Européia.

TABELA 15- AS 30 MAIORES INDÚSTRIAS QUÍMICAS DO MUNDO EM 1985

Pos.	Empresa (país)	Faturamento 1985 (US\$ milhões)	Lucro líquido 1985 (US\$ milhões)	% do Fatur.
1	Bayer (RFA)	15.598	428	2,7
2	Du Pont (EUA)	15.046 ^a	875 ^b	5,8 ^b
3	Hoechst (RFA)	14.510	408	2,8
4	ICI (Reino Unido)	14.241 ^a	740 ^c	4,8
5	BASF (RFA)	13.141 ^a	339 ^c	2,2 ^e
6	Dow (EUA)	11.537	58	0,5
7	Eastman Kodak (EUA)	10.631	332	3,1
8	Shell Chemicals (RU e Hol.)	9.174	300 ^b	3,3
9	Union Carbide (EUA)	9.003	-581	s.s.
10	Exxon Chemical (EUA)	7.900	249	3,2
11	Ciba-Geigy (Suíça)	7.404	598	8,1
12	Monsanto (EUA)	6.747	-98	s.s.
13	Rhône-Poulenc (França)	6.243	257	4,1
14	Elf ^d (França)	5.630	19	0,3
15	Akzo (Holanda)	5.422	254	4,7
16	Mitsubishi Chemical (Japão)	5.112	98	1,9
17	Am. Home Products (EUA)	4.685	717	15,3
18	Bristol Myers (EUA)	4.444	531	11,9
19	PPG Industries (EUA)	4.346	303	6,9
20	Montedison (Itália)	4.231 ^a	59 ^c	0,8
21	Sumitomo Chemical (Japão)	4.177	43	1,0
22	Asahi Chemical (Japão)	4.084	67	1,6
23	Pfizer (EUA)	4.025	580	14,4
24	Solvay (Bélgica)	3.796	136	3,6
25	Enichem (Itália)	3.705	-203	s.s.
26	Am. Cyanamid (EUA)	3.666	129	3,5
27	Hoffmann La Roche (Suíça)	3.638	184	5,1
28	D.S.M. (Holanda)	3.576 ^a	121 ^c	1,7 ^e
29	Merck (EUA)	3.548	540	15,2
30	Sandoz (Suíça)	3.440	215	6,3

^a Exceto energia (petróleo, gás, carvão) e serviços (para a Montedison)^b Lucro operacional líquido para as atividades químicas (exceto gastos *corporate*)^c Lucro líquido de todas atividades juntas^d A química do grupo Elf inclui ATOCHEM e as filiais Sanofi, Habitat e atividades relacionadas à produção de enxofre^e Refere-se ao faturamento total consolidado

taxa de câmbio: valores médios de 1985 em relação ao dólar americano

s.s. sem sentido

Fonte: COHENDET et al. (1987)

TABELA 16- PARTICIPAÇÕES DE EMPRESAS QUÍMICAS EUROPEIAS
EM MERCADOS COM CRESCIMENTO RÁPIDO

Empresa	Eletronic chemicals	Materiais compostos avancados	Cerâmicas de alto desempenho	Plásticos de engenharia	Produtos de biotecnologia
Akzo	P	A		A	A
BASF	A	A		A	P
Bayer	P		A	A	A
Ciba-Geigy	A	A		A	A
Hoechst	A	A	A	A	A
ICI	A	A	A	A	A
Montedison	A	P	P	A	A
Rhône-Poulenc	A	P	A	P	A

A atuante; P em preparação

Fonte: WOLLENWEBER (1989)

TABELA 17- DESPESAS COM PESQUISA EM 1987

(Valores dos Relatórios Anuais)

Empresa	US\$ milhões
Bayer	1.277
Hoechst	1.232
Du Pont	1.161
Ciba-Geigy	1.121
BASF	896
ICI	753
Dow	670
Rhône-Poulenc	548
Monsanto	557

Fonte: WOLLENWEBER (1989)

LORINO (1986) chamou a atenção de que, para a realização da IDE, os europeus foram chamados para contribuir de forma individual, empresa por empresa, laboratório por laboratório. Na ocasião, várias organizações dentro da CE se levantaram contra o que chamaram de verdadeira fuga de cientistas e pesquisadores para o outro lado do Atlântico. Estava fora de toda discussão que os EUA não abririam mão do controle político do programa.

Para atenuar esses riscos, o presidente francês François Mitterrand propôs, em 17 de abril de 1985, promover uma vasta ação, chamada EUREKA- European Research Co-ordinating Agency. Essa agência teria como finalidade promover cooperação tecnológica e industrial europeia nos setores julgados chaves para o futuro do continente (OLIVEIRA, 1987/88; LORINO, 1986; DICKSON, 1988; PISTELLA, 1989).

Os principais campos de investigação do EUREKA seriam: eletrônica e informática, novos materiais, robótica e automação, biotecnologia e telecomunicações. Como essas áreas eram de alta prioridade para a IDE, o EUREKA sugeria propósitos políticos (DICKSON, 1988). Ao programa militar com consequências civis dos EUA a Europa responderia com um programa civil com aplicações militares, como o laser de potência (LORINO, 1986).

A iniciativa da França foi vista de forma favorável por industriais que viam uma fonte eventual de subsídios nada desprezíveis. Somente as grandes empresas alemãs já instaladas no mercado americano se inquietaram ao ver desenvolver-se entre os governos da CE um nacionalismo tecnológico que poderia contrabalançar sua expansão, e se mostraram reservadas.

Os governos, depois de um período de hesitação, deram ao EUREKA pelo menos um apoio formal, deixando-o, entretanto, fora do quadro institucional da CE, principalmente porque:

- i. não poderiam ficar de fora do EUREKA aliados importantes no campo industrial, como Suécia, Suíça, Noruega e Áustria, todos não-membros da CE;
- ii. pela vontade de impor uma "geometria variável" na configuração de cada projeto do EUREKA, e escapar da fatalidade extremamente pesada da coordenação sistemática de doze países, alguns muito pouco motivados. Isto provocou uma clara reticência por parte das autoridades da Comunidade Européia e uma certa desconfiança dos países pequenos de serem excluídos pelos grandes na cooperação tecnológica.

Os dez primeiros projetos do EUREKA foram delineados oficialmente em 06/11/1985, durante a Conferência Interministerial de Hanover. Foram projetos limitados em tamanho, em comparação ao que está em curso nos EUA e Japão. Entretanto, através deles, os pesquisadores se encontram, discutem e trocam informações de maneira mais intensa (LORINO, 1986). O EUREKA contou com um orçamento de US\$ 5 bilhões, dividido igualmente entre fundos públicos e fundos privados. Os fundos públicos destinados diretamente aos projetos do EUREKA são relativamente pequenos, representando menos de 10% do orçamento. Uma outra parte é constituída de fundos que já haviam sido destinados à inovação industrial (DICKSON, 1988).

Entre os maiores programas do EUREKA estão os seguintes (DICKSON, op. cit.):

PROMETHEUS- Program for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety: orçado em US\$ 68 milhões, para oito anos de duração, teve como finalidade desenvolver tecnologias de informática para o setor de transportes. Estava previsto o uso de "carros inteligentes" e monitores eletrônicos para controle de tráfego visando aumentar as comunicações entre os motoristas e detectar, automaticamente, qualquer risco de colisão. Vinte dos maiores fabricantes europeus de automóveis apoiaram o projeto, entre eles a Fiat, Volvo, Renault e Daimler Benz. Este programa também regulamenta normas.

O PROMETHEUS é o maior de uma série de programas voltados para o desenvolvimento e incorporação de tecnologia avançada (principalmente eletrônica e informática) ao setor de transportes na Europa. Outros programas menores foram citados por LAUNET (1988): CARMINAT, EUROPOLIS, DEMETER e TELE-ATLAS, com prazos de três a sete anos de duração.

EUROLASER- um programa para cinco anos de duração e orçamento de US\$ 47 milhões, para desenvolver e avaliar o uso industrial de lasers de alta potência. Envolverá empresas de cinco países na instalação e controle de qualidade de lasers, incluindo o equipamento necessário para manipular raios e medir suas características.

FAMOS- sigla em alemão para "flexible automated assembly systems": orçado em US\$ 160 milhões, com o objetivo de integrar tecnologias de ponta em vários sistemas industriais e linhas de montagem, nos setores aeroespacial, automobilístico, farmacêutico, eletrônico, têxtil, materiais compostos, entre outros.

COSINE - um projeto de iniciativa governamental, apoiado por todos os países signatários do EUREKA, com o objetivo de estabelecer uma vasta rede de comunicações na Europa, ligando os grandes computadores utilizados pelos pesquisadores nas universidades e centros de pesquisa ao setor privado.

A TABELA 18 mostra os projetos do EUREKA por área tecnológica (até julho de 1988).

TABELA 18- PROJETOS DO EUREKA POR ÁREA TECNOLÓGICA

Área tecnológica	Nº de projetos	Custo estimado (milhões ECU ³)	% Custos	Custo médio por projeto (milhões ECU ³)	Duração média por projeto (anos)	Custo médio anual (milhões de ECU ³)
Eurobio (biotecnologia)	39	310,79	5,64	7,97	4,23	73,47
Eurobot (robótica)	60	1.412,51	25,66	23,54	3,91	361,25
Eurocom (telecomunicações)	14	522,30	9,49	37,31	3,46	150,95
Euroenergy (energia)	6	290,40	5,27	48,40	6,17	47,07
Euroenv (proteção do meio-ambiente)	12	447,40	8,13	37,28	5,25	85,22
Eurolaser (laser)	11	245,60	4,46	22,33	4,68	52,48
Euromat (novos materiais)	17	190,20	3,45	11,19	3,72	51,13
Euromatic (tecnologia de informação)	45	1.437,30	26,11	31,94	3,47	414,21
Eurotrans (transporte)	11	649,25	11,79	59,02	3,65	177,88
Total	215	5.505,75	100,00	25,61	3,99	1.379,89

³ ECU- European Currency Unit. Em dez. 1988, um ECU equivalia a aproximadamente US\$ 0,90, embora sua taxa não seja fixa.

Fonte: NAPOLITANO (1988)

Para FELS (1989), o sucesso do EUREKA pode ser medido pelo fato de, em três anos, terem sido criados 165 projetos, envolvendo de 800 a 900 organizações participantes, das quais 25% são universidades e institutos de pesquisa que atuam principalmente em lasers e biotecnologia.

Existe diferenças entre os programas propostos pelo EUREKA e outros programas, alguns até mesmo anteriores ao EUREKA, propostos pela CE. O âmbito geográfico do EUREKA extrapola a CE, sendo apoiado pelos 12 países-membros da Comunidade mais a Áustria, Suíça, Suécia, Noruega, Finlândia, Islândia e Turquia, além da Comissão das Comunidades Europeias, que participa com seus próprios centros de pesquisas, num total de 19 países (PISTELLA, 1989). Tem como objetivo encorajar o que se chama "pesquisa competitiva", ou seja, esforços que ajudam produtos e processos comercializáveis incorporando alta tecnologia. Já outros programas, restritos à participação conjunta de alguns países da CE, se concentram na "pesquisa pré-competitiva", que é de valor geral para várias empresas, não conduzindo a produtos específicos (DICKSON, 1988).

Citamos a seguir alguns programas comunitários.

ESPRIT- European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology: o mais importante programa comunitário, aprovado em fevereiro de 1984, dirigido ao desenvolvimento de investigações entre firmas e laboratórios de pelo menos dois países participantes, em cinco domínios de tecnologia de informação: microeletrônica, software, inteligência artificial, informática de gestão e produção industrial integrada por computador.

O ESPRIT financia projetos em 50% e teve um orçamento para cinco anos de US\$ 700 milhões (750 milhões de ECU), que foi consumido em dois anos e meio (LORINO, 1986). Somente em 1986, empresas e universidades propuseram cerca de 228 projetos de investigação, participando de diferentes formas.

BRITE- Basic Research in Industrial Technologies for Europe: iniciado em março de 1985, com objetivos semelhantes ao ESPRIT, ou seja, aumentar a colaboração entre empresas e laboratórios de pelo menos dois países diferentes da CE, com financiamento de 50%. Contempla projetos de investigação tecnológica fundamental, tendo como característica comum a introdução de novas tecnologias nas chamadas "indústrias tradicionais"- metalurgia, têxtil, de couro, etc. O orçamento inicial foi de 125 milhões de ECU (US\$ 117 milhões), segundo LORIND (1986).

EURAM- European Research in Advanced Materials: foi lançado em 1987, para quatro anos, com orçamento de US\$ 80 milhões/ano, destinado a promover pesquisa e desenvolvimento tecnológico exclusivamente em novos materiais (LASTRES, 1988).

Segundo COHENDET et al. (1987), o objetivo do EURAM é o desenvolvimento de materiais avançados, combinando pesquisa básica com os trabalhos de engenharia. Se propõe criar, desenvolver e utilizar novos materiais, como também desenvolver os materiais tradicionais, tornando-os mais competitivos. Para o autor, o orçamento do EURAM foi de 30 milhões de ECU, o que contradiz em muito o orçamento apresentado por LASTRES (op. cit.). O programa compreende três grandes domínios: metais, cerâmicas e compósitos (TABELA 19).

RACE- Research on Advanced Communication Technologies in Europe: lançado em julho de 1985, com orçamento menor que os programas anteriores (43 milhões de ECU ou US\$ 40 milhões), pois se tratava somente de uma fase piloto destinada a estudar de forma preliminar a implantação na Europa de uma rede digital de série,

conhecida pela sigla RNSI- Rede Numérica com Integração de Serviços, rebatizada Rede Numéris, pela France Telecom (ZWEIG, 1989; LAUNET, 1988b). A RNSI deverá ser a "auto-estrada das comunicações" do futuro. Consistirá de uma rede pública de grande capacidade destinada a transportar informações sob todas as formas: voz, dados, impressos e imagens (LORINO, 1986).

TABELA 19- O PROGRAMA EURAM

Prioridades	Objetivos
Desenvolvimento de metais e ligas	Ligas de alumínio (especialmente para as indústrias aeroespacial e automobilística); Ligas de magnésio; Ligas de titânio; Materiais para contato elétrico. Um dos objetivos é a substituição dos metais nobres atualmente utilizados, como prata e platina; Materiais magnéticos. Um dos objetivos é substituir Co e Sm por metais mais disponíveis; Materiais para tratamento superficial para aplicações em ferramentas de corte e equipamentos; Desenvolvimento e aperfeiçoamento do ferro-gusa visando a obtenção do mesmo em lâminas finas.
Desenvolvimento de cerâmicas de alta tecnologia	Otimização de cerâmicas avançadas para uso em motores; Estudo da interface metal/cerâmica ou cermet [6]; Estudo de compósitos cerâmicos com fibras como reforço, para aplicações industriais; Estudo básico do comportamento da cerâmica sob condições de operação do motor cerâmico. O efeito da temperatura será um fator decisivo, pois possibilitará estabelecer os limites de eficiência em que o motor poderá operar.
Desenvolvimento de compósitos avançados	Compósitos de matriz orgânica; Compósitos de matriz metálica; Outros materiais avançados para aplicações específicas.

Fonte: COHENDET et al. (1987)

Além dos programas voltados para setores industriais, como os acima mencionados, alguns programas foram desenvolvidos na CE visando promover maior intercâmbio científico entre pesquisadores, com o objetivo de criar uma comunidade científica genuí-

namente europeia. NARJES (1989) cita alguns desses programas científico/educacionais:

SCIENCE- Stimulation des Cooperations Internationales et des Exchanges Necessaires aux Chercheurs en Europe: um programa novo, que espera envolver 8.000 pesquisadores até 1992 na cooperação de atividades científicas;

COMETT I e II: visam aumentar o treinamento básico de estudantes e promover um mais contínuo treinamento de especialistas e "management staff", intensificando a cooperação insatisfatória entre universidades e indústrias que tem existido até agora;

DELTA- Development of European Learning through Technological Advance: tem como objetivo tornar as novas tecnologias aplicáveis à educação. Estava com início previsto para 1989;

ERASMUS: tem como objetivo criar mais incentivos para que um maior número de estudantes façam cursos em outros países da Comunidade, que não o seu de origem. No momento, apenas 1% dos estudantes europeus atendem a um curso em outro país-membro. A meta é atingir pelo menos 10% em 1992. Há também incentivos para o reconhecimento de diplomas entre universidades de diferentes países;

DRIVE- Dedicated Road Safety Systems and Intelligent Vehicles in Europe: um programa novo, para aumentar a segurança nas estradas. É complementar ao PROMETHEUS, do EUREKA.

Outros programas científico/educacionais foram implementados pela Comunidade Europeia: EUROPACE, IRIS, LINGUA, PETRA e EUROTECH.

IV.4. O Programa Bienal Brasileiro:

Em 1987, o Ministério da Ciência e Tecnologia, através de uma comissão especial [7], elaborou o Programa Bienal de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em novos materiais, que iria balizar a política nacional para o setor no período 1987/88.

O Programa fez uma avaliação do estado da arte no país e traçou linhas de ação para cada um dos cinco segmentos analisados: cerâmicas avançadas, quartzo e silício, metais e ligas especiais, polímeros especiais, e compósitos.

Na avaliação foi traçado um quadro da capacitação nacional em cada segmento, tanto em termos de produtos quanto em termos de realização de P&D, de forma bastante sintética. O NPCT/UNICAMP (1987) fez uma avaliação mais detalhada, em um dos trabalhos que serviram de base para a composição do Programa Bienal.

Quanto às linhas de ação, são apresentadas diretrizes que deveriam ser implementadas em cada segmento:

- * formação e especialização de recursos humanos envolvidos com P&D, em todos os níveis, através da concessão de bolsas de estudo para cursos no país e no exterior, estágios em laboratórios de excelência, participação em congressos, e visitas técnicas a centros de pesquisa;
- * consolidação da infra-estrutura de P&D- reequipamento de laboratórios e demais unidades de universidades e centros de pesquisa, articulando-os de maneira adequada, visando maximizar os resultados;

* oportunidades imediatas em P&D identificadas:

cerâmicas avançadas: obtenção de pós cerâmicos via solução química, com destaque para sol-gel, hidrólise, pirólise, co-precipitação, etc; processos cerâmicos especiais: injeção, colagem em fitas, prensagem a quente, cristalização controlada de vidros, sol-gel, etc.; materiais cerâmicos especiais, principalmente cerâmicas eletroeletrônicas: produtos com propriedades especiais (isolantes, ferroelétricas, piezoelétricas, semicondutores, supercondutores, etc.), cerâmica estrutural (produtos de alumina- Al_2O_3 , zirconia- ZrO_2 , titânia- TiO_2 , SIALON, nitretos, carbetos e seus conjugados; estudos de utilização de cimento em aplicações de alta tecnologia, envolvendo aplicações em camadas protetoras, para altas temperaturas e resistores, partes resistentes à abrasão e corrosão; incentivar e apoiar projetos de desenvolvimento conjunto de produtos e processos em cerâmica avançada, envolvendo indústrias nacionais e universidades e/ou institutos de pesquisa.

quartzo e silício: projetos de engenharia básica para produção de quartzo cultivado; P&D visando o domínio da tecnologia do pó de quartzo de alta pureza, quartzo fundido, silício grau eletrônico e grau solar.

metais e ligas especiais: aços especiais, ultra-resistentes, inoxidáveis, revestidos, ultrapuros, microligados e com microestrutura controlada por laminação; metais e ligas à base de alumínio, titânio, ferro, magnésio, estanho, cobre, níquel, além de bário, bismuto, gálio, índio, lítio, metais nobres, etc.; superligas; ferros fundidos especiais; metais e ligas metálicas estratégicos (zircônio, berílio, terras-raras, metais refratários-

nióbio, tungstênio, molibdênio, tantalita, metais nucleares e metais reforçados por fibras); supercondutores; ligas metálicas amorfas; ligas metálicas com memória de forma.

polímeros especiais: processos avançados de separação por membranas poliméricas; materiais biocompatíveis; plásticos reforçados; polímeros de alta cristalinidade; ligas poliméricas homogêneas; materiais fotossensíveis; adesivos especiais; plásticos de engenharia; polímeros obtidos a partir de fontes renováveis.

compósitos: materiais estruturais (compósitos de matrizes poliméricas, tendo como agente de reforço flocos de mica em substituição à fibra de vidro; compósitos com agentes de reforço provenientes de rejeitos industriais; fibras de boro, carbono e aramida; compósitos de matrizes inorgânicas, destacando-se as de alumínio); materiais biomédicos (apatita como agente de reforço para matrizes de polietileno de alta densidade- próteses permanentes, ou de polihidroxibutirato- PHB- fixação de fraturas; borracha de silicone impregnada de anticoagulante- implantes); pesquisa e desenvolvimento da técnica de infusão química, que permite incorporar novas propriedades aos materiais de base. As aplicações vão desde a infusão de metais, para se criarem plásticos condutores, até o tratamento de superfícies plásticas extremamente polidas, para fabricação de lentes e biomateriais.

* garantia de qualidade: normatização e qualidade industrial; controle de qualidade.

* implantação de unidades produtivas:

cerâmicas avançadas: apoio à implantação de usinas piloto e unidades de produção de pós cerâmicos especiais. São citadas al-

gumas instituições e empresas que já estavam esforçando-se para sua produção, e passíveis de apoio:

- . ZrO_2 , $ZrCl_2$ e óxidos de terras raras - IPEN
- . ZrO_2 - Minebra
- . ZrO_2 , $ZrOCl_2$ - CTA
- . TiO_2 e óxidos de terras raras - Nuclemon
- . Al_2O_3 - Metal Leve
- . SiO_2 - CVRD
- . BeO - INPRO
- . SiC e Si_3Na_4 - Cecrisa

quartzo e silício: deveria ser dado apoio na implantação ou expansão de indústrias nas seguintes áreas:

- . pó de quartzo de alta pureza
- . quartzo cultivado
- . osciladores
- . quartzo fundido
- . fibras óticas de baixa atenuação
- . silício grau eletrônico
- . silício grau solar

metais e ligas especiais: incentivar e apoiar projetos de desenvolvimento de produtos e processos envolvendo indústrias nacionais, universidades e institutos de pesquisa.

polímeros especiais e compósitos: apoiar a implantação de indústrias nas áreas priorizadas nesses segmentos.

Para implementar essas linhas de ação, o Programa Bie-nal teve um orçamento previsto de Cz\$ 2,8 bilhões, equivalente a cerca de US\$ 88 milhões (considerando-se a taxa de câmbio média de janeiro de 1987 de Cz\$ 20,93 : US\$ 1,00, fornecida pela FGV -Revista Conjuntura Econômica, e a inflação de 100% que fora prevista para 1988). Esse montante, razoável para os padrões brasileiros, é comparável ao orçamento anual do programa EURAM, com a diferença de não haver no país a estrutura já existente na Europa.

Quanto ao real gasto, mesmo sem dispormos de informações mais detalhadas, é possível que tenha se situado abaixo do total previsto, uma vez que não foi possível alocar Cz\$ 430 milhões orçados para o segmento dos compósitos (Cz\$ 81 milhões em 1987 e Cz\$ 349 milhões em 1988, da Finep), e pelo fato de a taxa de inflação em 1988 ter sido muito superior à prevista (933,62%, de acordo com o IPC do IBGE).

Na TABELA 20 transcrevemos o orçamento do programa por subprograma e fonte de financiamento e na TABELA 21 apresentamos os recursos por cada fonte de financiamento (Funat, Finep, CNPq e SEI), segundo cada segmento.

LASTRES (1988) aponta alguns argumentos para justificar uma política nacional para novos materiais:

- é possível identificar e ocupar espaços produtivos ainda não totalmente bloqueados por grandes estruturas de capital, nessa fase de alteração do padrão de concorrência;

- localizam-se no país importantes reservas de bens minerais do novo ciclo, como quartzo, nióbio, berílio, titânio, terras raras, níquel, magnesita, e outros (TABELA 22), que, se não forem devidamente aproveitadas, serão exportadas in natura, sem uma maior agregação de valor, e importadas sob a forma de materiais ou produtos finais, a preços altíssimos;

- o país já possui razoável base técnica e científica, concentrada em algumas universidades, centros de pesquisa e empresas, que já vêm trabalhando com materiais desse novo ciclo, e que precisam de maior apoio para consolidar suas pesquisas;

a dimensão do mercado interno para produtos de tecnologia de ponta é razoável, sendo considerado o quinto maior mercado mundial, comparável à França ou Grã-Bretanha.

TABELA 20 - PROGRAMA BIENAL DE NOVOS MATERIAIS
RECURSOS PREVISTOS NO ÂMBITO DO MCT

Subprograma/Fonte	1987										1988									
	MCT*		Finep		CNPq		SEI		Total		MCT*		Finep		CNPq		SEI		Total	
	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$
Estudos e Planejamento	10	478	5	239	-	-	-	-	15	717	15	358	5	119	-	-	-	-	20	477
Formação e Especialização em Recursos Humanos	6	287	10	478	192	9173	3	143	211	10001	40	956	15	358	394	9412	3	72	452	10798
Consolidação de Infra-estrutura	74	3536	30	1433	-	-	-	-	104	4969	130	3106	50	1194	-	-	-	-	180	4300
Pesquisa e Desenvolvimento	48	2293	420	20067	18	860	5	239	491	23459	210	5016	860	20545	36	860	5	119	1111	26540
Garantia de Qualidade	12	573	5	239	-	-	-	-	17	812	25	597	20	478	-	-	-	-	45	1075
Implantação de Un. Produtivas	-	-	30	1433	-	-	30	1433	60	2866	-	-	50	1194	-	-	30	717	80	1911
Total	150	7167	500	23889	210	10033	38	1815	898	42904	420	10033	1000	23888	430	10272	38	908	1888	45101

* Recursos orçamentários próprios do MCT

valores em Cz\$ milhões e US\$ mil

Fonte: MCT (1987). Compilação do autor.

TABELA 21 - APLICAÇÕES SETORIAIS PREVISTAS DOS ÓRGÃOS DO MCT

Segmento/Fonte	1987										1988									
	MCT ¹		Finep		CNPq		SEI		Total ²		MCT ¹		Finep		CNPq		SEI		Total ²	
	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$	Cz\$	US\$
Novos Materiais																				
Metálicos	46	2198	164	7836	74,6	3564	-	-	284,6	13598	122	2914	330	7883	141,2	3373	-	-	593,2	14170
Cerâmicas																				
Avançadas	44	2102	62	2962	36,5	1744	-	-	142,5	6808	98	2341	68	1624	80,0	1911	-	-	246,0	5876
Quartzo e																				
Silício	15	717	118	5638	30,4	1452	-	-	163,4	7807	73	1744	102	2437	61,8	1476	-	-	236,8	5657
Polímeros																				
Especiais	30	1433	35	1672	45,5	2174	-	-	110,5	5279	92	2198	71	1696	93,0	2222	-	-	256,0	6116
Compositos	15	717	121	5781	23,0	1099	-	-	159,0	7597	35	836	429	10248	54,0	1290	-	-	518,0	12374
Total	150	7167	500	23889	210,0	10033	38	1815	898,0	42904	420	10033	1000	23888	430,0	10272	38	908	1888,0	45101

¹ Recursos orçamentários próprios do MCT² Exclui os gastos não divulgados da SEI por segmento

valores em Cz\$ milhões e US\$ mil

Fonte: MCT (1987). Compilação do autor.

TABELA 22- RESERVAS DE ALGUNS BENS MINERAIS DO NOVO CICLO

Insumo	Reservas ¹ 1988		% das reservas mundiais
	Mundo ²	Brasil	
Bauxita	22,8 MMM	2,3 MMM	10,2
Berílio ³	902,0 MM	15,0 MM	2,0
Lítio	12,7 MM ⁴	361,0 M ⁵	2,8
Magnesita ⁶	3,4 MMM	155,7 MM	7,0
Manganês	3,9 MMM	60,0 MM	1,5
Nióbio (piroclore) ⁶	4,5 MM	4,0 MM	88,7
Níquel ⁶	111,3 MM	6,2 MM	5,5
Quartzo	ND	52,0 MM ⁷	ND
Terras Raras ⁸	47,9 MM	338,0 M	0,7
Titânio ⁹ :			
ilmenita	40,2 MM	2,2 MM	0,6
rutilo	50,3 MM	111,0 M	0,2
Tungstênio ⁶	3,5 MM	16,0 M	0,5
Vanádio ⁶	16,7 MM	164,0 M	1,0
Zinco ⁶	295,0 MM	3,7 MM	1,3
Zircônio	47,9 MM	1,6 MM	3,4

¹ Reserva base - medida + indicada

² Inclui os países socialistas de economia planificada

³ Reserva estimada em óxido de berílio contido

⁴ Inclui sais de lítio contido em salmouras, obtidos a partir de evaporitos, e óxido de lítio contido (LiO₂)

⁵ Reserva base de pegmatito mineralizado

⁶ Dados em metal contido

⁷ Quartzo industrial comum (quartzo leitoso), com teores variando entre 90,0% e 99,0% de SiO₂

⁸ Dados em óxidos de terras raras

⁹ Dados com 54,5% e 96,0% de TiO₂ em média (ilmenita e rutilo, respectivamente)

ND dados não disponíveis

unidades: M mil t; MM milhões t; MMM bilhões t

Fonte: DNPM. Sumário Mineral 1989. Compilação do autor.

IV.5. QUADRO-RESUMO DOS GRANDES PROGRAMAS, INCLUINDO O BRASIL

Programas/Data do início	Objetivos	Prazos	Orçamento (US\$ milhões)
ESTADOS UNIDOS			
Energia nuclear e projetos espaciais, desde a II Guerra Mundial. Iniciou com os projetos Manhattan e Apollo.	Econômicos e estratégicos. Coordenados pela NASA, National Science Fundation, National Bureau of Standard, USDM, Dept. of Defense, Dept. of Energy, Dept. of Commerce.	sem prazo definido	US\$ 1 milhão/ano. Inclui gastos militares e exclui os gastos das emp. privadas como IBM, Du Pont, GE, GM e outras.
JAPÃO			
Centros de pesquisa e empresas articulados em torno do MITI. Iniciado há mais de 15 anos. Em 1981 o MITI reorganizou o novo programa decenal.	Atender às necessidades técnicas da indústria, a longo prazo; estabelecer um sistema educacional técnico voltado para o desenvolvimento de novos materiais.	10 anos	300/ano
EUROPA			
1. Programa EUREKA			
PROMETHEUS	Desenvolver informática para o setor de transportes.	8 anos	68
EUROLASER	Desenvolvimento do uso industrial de lasers de alta potência.	5 anos	47
FAMOS	Integrar tecnologias de ponta nos setores automobilístico, aeroespacial, farmacêutico, eletrônico, têxtil, etc.	ND	160
COSINE	Vasta rede de comunicações na Europa, ligando os grandes computadores.	ND	ND
2. Comunidade Européia			
. Programas voltados para a indústria:			
ESPRIT - fev./1984	Microeletrônica, software, inteligência artificial, informática de gestão, produção industrial.	5 anos	700
BRITE - março/1985	Introduzir novas tecnologias nas indústrias "tradicionais".	4 anos	117
EURAM - 1987	P&D em novos materiais.	4 anos	80/ano
RACE - julho/1985	Fase piloto para estudar a implantação de uma rede pública de grande capacidade de transporte de informações sob todas as formas: voz, dados, impressos e imagens.	sem prazo definido	40
. Programas científico-educacionais:			
SCIENCE, COMETT I e II, DELTA, ERASMUS, DRIVE	Criar uma comunidade científica européia através da promoção de maior intercâmbio científico entre pesquisadores e alunos.	ND	ND
BRASIL			
1987	P&D em novos mat., formação de recursos humanos, infra-estrutura, implantação de unidades de produção, garantia de qualidade, planejamento.	2 anos	88

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A entrada, de maneira efetiva e aparentemente irreversível, dos novos materiais no processo produtivo está motivando a indústria mineral à adoção de medidas que possibilitem a garantia de seu espaço neste novo cenário competitivo. Neste sentido, algumas considerações pertinentes podem ser esboçadas:

- . o setor minero-metalúrgico deve refletir sobre a sua reestruturação visando a redução de custos e uma melhor performance, tornando-se mais competitivo;

- . seria interessante buscar uma diversificação seletiva dos produtos, o que poderia ser obtido através de joint ventures com setores de ponta, com a finalidade de incorporar materiais de alta tecnologia em seus produtos finais. Existe sempre a possibilidade de utilização de tecnologias de outros setores do conhecimento;

- . é importante o reconhecimento de mercados e oportunidades industriais. As empresas do setor mineral realizam investimentos buscando medidas protecionistas em lugar de adotarem novas estratégias, como agregação de tecnologia, novas oportunidades industriais, etc.;

- . a entrada de novos produtos no mercado pode representar ganhos na conservação e aproveitamento racional de recursos minerais, uma vez que os novos materiais caracterizam-se pela utilização de pouca quantidade de matéria-prima por produto, que, por sua vez, é abundante para a maior parte das aplicações.

É preciso ponderar adequadamente os impactos, alguns dos quais citados neste trabalho, como a saturação dos mercados,

a diminuição relativa da demanda, a desvalorização das matérias-primas, etc. Existe também uma limitação de volume, ou seja, os novos materiais são representados por um valor alto na relação existente entre a quantidade de material utilizado e o valor agregado, que exige altos investimentos em P&D. Assim, em termos de viabilidade econômica, os novos materiais enfrentam a problemática de riscos que também afeta o setor mineral.

Vale salientar que a conquista de mercados pelos novos produtos que tradicionalmente pertenciam aos materiais convencionais, especialmente os metais, tem um significado econômico ainda pouco expressivo quando confrontado com os índices de substituição disponíveis. Entretanto, as expectativas são de rápido crescimento para todos os segmentos, uma vez que representam alta atratividade para os países desenvolvidos em termos políticos, econômicos e sociais.

Em termos políticos, um maior desenvolvimento dos novos materiais, juntamente com novos processos, representa maior segurança em relação às fontes de suprimento de vários bens minerais tidos como escassos ou críticos para as economias desenvolvidas. Muitas dessas fontes estão situadas em áreas política e/ou economicamente instáveis do Terceiro Mundo, ou com forma de economia antagônica à prática de mercado. Em ambos os casos essas regiões ou países são considerados "não confiáveis" pelos países consumidores desenvolvidos.

Economicamente, os novos materiais permitem um aumento de competitividade, à medida que o mercado de materiais, novos e convencionais, é forçado a conviver com o que já se convencionou

chamar de uma "hyperchoix" de materiais, ou seja, a existência de um leque muito mais diversificado de materiais à escolha do consumidor e do produtor de bens finais. Permite também um uso mais racional dos recursos minerais uma vez que os novos materiais se caracterizam pelo uso de pequenas quantidades comparados aos convencionais. Ademais, a maior parte da matéria-prima utilizada é abundante para a maioria das aplicações.

Em termos sociais, a crescente pressão atual nas questões relacionadas ao meio-ambiente tende a favorecer mais os novos materiais por serem considerados menos poluentes e fabricados em pequenas unidades industriais, comparados às unidades grandes e horizontais dos materiais convencionais, que movimentam enormes quantidades de minérios com efeitos ambientais às vezes desastrosos. Entretanto, como já foi mencionado, os efeitos negativos decorrentes da fabricação e uso dos novos materiais para o meio-ambiente ainda não são bem conhecidos.

Os componentes políticos, econômicos e sociais dos novos materiais parecem que foram bem entendidos pelas sociedades desenvolvidas, resultando em ações por parte de governos, empresas privadas e universidades num esforço conjunto e planejado de P&D, conforme visto.

No Brasil, são necessários estudos de avaliação do programa bienal já concluído, resultando em mais subsídios para definição de uma programa para o setor dentro de uma política industrial nacional ainda a ser definida. O país é detentor de abundantes reservas minerais, como quartzo, nióbio, berílio, titânio e bauxita, entre outros, possuindo reconhecidas vantagens

comparativas no cenário mundial nestas substâncias, e poderia ampliá-las fortemente, explorando-as de forma adequada numa sólida política de valorização dos recursos minerais.

São necessários também mais trabalhos quantitativos dos impactos dos novos materiais e novos processos para o setor mineral a nível mundial e nacional, aqui pouco estudados devido às dificuldades na obtenção e geração de dados.

O mais importante é reconhecer que uma mudança fundamental, e talvez até mesmo irreversível, está em curso.

* * *

NOTAS EXPLICATIVAS

[1] A intensidade de uso indica a participação de uma matéria prima na produção total do país, e é expressa como quantidade consumida por unidade de PIB, ou seja, t/PIB . É diferente da intensidade de consumo, que expressa a relação "consumo de metal por dólar de PIB/PIB per capita". A IC traduz os acréscimos do consumo de um metal provocados por uma variação do PIB, para um dado nível da renda per capita. Se a IC é maior do que um, significa que a taxa de crescimento do consumo do metal em questão é superior à do PIB (SÁ e MARQUES, 1987).

[2] OCDE: Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Também é usada a sigla em inglês OECD- Organization for Economic Co-operation and Development. Criada em 1960, tem o objetivo de

promover o desenvolvimento econômico e social nos países-membros, em cooperação com as demais nações, e de acordo com as obrigações internacionais. Atualmente conta com 24 países-membros: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, Noruega, Nova Zelândia, Portugal, Reino Unido, RFA, Suécia, Suíça e Turquia. A Iugoslávia participa de alguns trabalhos com um "status" especial. Tem sede em Paris.

[3] Mecânica quântica é a parte da Física que estuda o comportamento dos elétrons nos sólidos.

[4] A CE é formada por 12 países-membros: Bélgica, Dinamarca, Espanha, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido e RFA.

[5] Eastport Study Group: grupo constituído de nove especialistas ligados à University of Southern California.

[6] Cermet: cerâmica + metal: uma liga especial constituída de um composto termo-resistente (ex. carbeto de Ti) e um metal (ex. Ni), obtida através da metalurgia do pó. Entre outras aplicações, é utilizada em hélices de turbinas.

[7] A comissão especial foi coordenada pelo titular da Secretaria de Planejamento e Coordenação do MCT, e tinha como membros os diretores do INT, CNPq e Finep, além do titular da Secretaria Executiva do NMAT. Vários consultores e debatedores deram importante contribuição ao Programa Bienal, ligados a empresas e instituições como Cepel, Cetec, CNPq, COPPE, CVRD, Eletrometal S.A., Finep, IMA, INPE, PAA, Petroquisa, SICI/SP, UFRJ, UFSCar (DEMa), Unesp, Unicamp e USP (LME-DEE).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOVERDE, Walter Lins e SUSLICK, Saul B. O Impacto da Fibra ótica sobre o Consumo de Cobre. Brasil Mineral. São Paulo, agosto 1989. Ano VII. nº 69. p. 68-79.
- AUTY, Richard. Materials Intensity of GDP: Research Issues on the Measurement and Explanation of Change. Resources Policy. Guildford/U.K., December 1985. 11(4). p. 275-283.
- BALAZIK, Ronald F. & KLEIN, Barry W. The Challenge of New Materials. Materials and Society. New York, 1987. 11(2). p. 135-141.
- The Impact of Advanced Materials on Conventional Nonfuel Mineral Markets: Selected Forecasts for 1990-2000. U.S. Bureau of Mines. IC 9150. Washington, 1987. 18 pp.
- BANCO MUNDIAL (1987). Ver INDUSTRIALIZAÇÃO: TENDÊNCIAS E TRANSFORMAÇÕES.
- BOSSON, R. & VARON, B. Recovery and Recycling. In "The Mining Industry and the Developing Countries". Oxford Univ. Press. New York, 1978. Cap. 2. p. 70-76.
- BRAZ, Eliezer. Tendências da Política Mineral em Nível Internacional; Mudanças Estruturais na Demanda por Bens Minerais. Aspectos de Política Mineral no Contexto Internacional: Políticas, Demanda e Tributação. DNPM. Brasília, 1988. p. 2-37.
- BUREAU OF MINES ACTIVITIES IN ADVANCED MATERIALS. Definitions and Guidelines for the Office of Advanced Materials Coordination. U.S. Dept. of the Interior. Open File Report. OFR 4887. Washington, Dec. 1987. 28 pp.
- BUREAU OF MINES. Mineral Facts and Problems. U.S. Dept. of the Interior. Washington, 1985 Edition.
- CLARK, Joel P. & FLEMINGS, Merton C. Advanced Materials and the Economy. Scientific American. New York, Oct. 1986. 255(4). p. 43-49.
- COHENDET, Patrick et al. Les Matériaux Nouveaux. Commission des Communautés Européennes. Projet Fast DG XII. Bureau D'économie Théorique et Appliquée. Ed. Economica. Paris, 1987. 621 p.
- DICKSON, David. Eureka! Technology Review. M.I.T. Cambridge/MA, Aug./Sep. 1988. 91(6). p. 27-33.
- EAGAR, Thomas W. The Real Challenge in Materials Engineering. Technology Review. M.I.T. Cambridge/MA, Feb./Mar. 1987. p.

24-35.

FELS, Xavier. Eureka International Conference. Technovation. Oxford, U.K., June 1989. Vol. 9(2-3). p. 293-294.

FERRARI, Livia. Projeto Europeu Eureka Aplica US\$ 5 Bilhões. Gazeta Mercantil. São Paulo, 12/11/88.

FERRAZ, Celso Pinto. Perspectivas da Mineração nos Países em Desenvolvimento. Brasil Mineral. São Paulo, maio 1989. nº 66. p. 45-48.

FORD, Glyn. European Technological Choices. Science and Public Policy. London, December 1988. 15(6). p. 367-372.

HERRERA, Amilcar O. The New Technological Wave and the Developing Countries: Problems and Options. In MacLeod, Roy M. "Technology and the Human Prospects: Essays in Honour of Christopher Freeman". London e Wolfeboro (NH, EUA), 1986. p. 140-153.

HUMPHREYS, David. A Mineral Commodity Life-cycle? Relationships between Production, Price and Economic Resources. Resources Policy. Guildford, U.K., September 1982. 8(3). p. 215-229.

IBJ (1986). Ver INDUSTRIAL BANK OF JAPAN.

ILSCHNER, Bernhard. The Influence of Materials Science on Metals Consumption. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 259-270.

INDUSTRIAL BANK OF JAPAN. Light and Shadow: The Two Aspects of the New Materials Business. Tokyo, August 1986. 57 p.

INDUSTRIALIZAÇÃO: TENDÊNCIAS E TRANSFORMAÇÕES. Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1987. Publicado para o Banco Mundial pela Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1987. Parte 2, Cap. 3, pag. 38-57.

KAMO, Roy. High Technology Ceramics for Japanese Heat Engines. Materials and Society. New York, 1984. 8(2). p. 415-440.

KAOUNIDES, Lakis. Advanced Materials and Primary Commodities: a Review of Recent Scientific and Technological Developments and their Implications for Industrial Policy and Strategy. UNIDO. Vienna, 4-7 April 1989. 86 p.

KATZ, R. Nathan. Structural Ceramics for Heat Engines Future Prospects. Materials and Society. New York, 1984. 8(2). p. 221.

LARSON, Eric. D. et al. Beyond the Era of Materials. Scientific American. New York, June 1986. 254(6). p. 24-31.

LASTRES, Helena Maria Martins. The Impact of Advanced Materials on World Development. Advances in Materials Technology: MONITOR. New Technology Unit, UNIDO. Vienna, January 1990. p. 81-130.

----- Fascínio e Desafio. R.B.T. Brasília, abril 1988. 19(4). p. 20-24.

LAUNET, Edouard. Electronic Automobile: L'Europe Prepare la Voiture de l'An 2000; La Voiture de Demain en Pieces Detachees. Science et Technologie. Paris, septembre 1988. nº 8. p. 36-49.

----- RNIS: Le Telephone Devient Autoroute Numerique Multiservice. Science et Technologie. Paris, octobre 1988. nº 9. p. 40-47.

L'HYPERCHOIX DES MATÉRIAUX. Siences & Techniques. Numéro spécial: Rapport sur L'Etat de la Technique. Paris, Mars 1985. p. 48-61.

LORINO, Philippe. La Comunidad Económica Europea en la Competencia Tecnológica Mundial. In Ominami, Carlos. "La Tercera Revolución Industrial: Impactos Internacionales del Actual Viraje Tecnológico". Buenos Aires, 1986. Cap. 15. p. 347-377.

LOWRY, Mark Newton. Assessing Future Metals Demand in Less-Developed Countries: another Look at the Leapfrog Effect. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 513-527.

LUZ NETO, Heitor. Panorama e Tendências dos Novos Materiais Metálicos. Brasil Mineral. São Paulo, agosto 1988. V(57). p. 42-49.

----- Novos Materiais Metálicos. Informativo do INT. MCT/INT. Rio de Janeiro, jan/abr. 1987. 19(38). p. 5-7.

MACHADO, Iran Ferreira. A Questão dos Novos Materiais. In "Recursos Minerais, Política e Sociedade". Ed. Blücher. São Paulo, 1989. Cap. 10.4. p. 254-258.

----- Prospectivas da Mineração para o Ano 2000. Brasil Mineral. São Paulo, abril 1989. nº 65. p. 193-198.

MALENBAUM, Wilfred. World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000. Ed. McGraw-Hill. New York, 1978. 126 pp.

----- Material Requirements in the United States and Abroad in the Year 2000. University of Pennsylvania Press. National Commission on Materials Policy. 1973.

MCT (1987). Ver MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA.

- MEADOWS, Donella H. et al. *The Limits to Growth*. Universe Books, Publishers, New York, 1972. 207 p.
- MINING ANNUAL REVIEW. Mining Journal. London, 1987, 1988.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *O Desafio dos Novos Materiais*. Programa Brasileiro. Coleção Brasil Ciência. MCT. Brasília, 1987.
- MONETA, Carlos. *La Reestructuración Industrial en el Japon*. In Ominami, Carlos. "La Tercera Revolución Industrial: Impactos Internacionales del Actual Viraje Tecnológico". Buenos Aires, 1986. Cap. 15. p. 185-203.
- MYERS, John G. *Testing for Strutral Change in Metals Use*. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 271-283.
- Comment on "Issues in Measuring and Forecasting Metal Consumption in LDCs". Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 285-288.
- NAKASONE, Yasuhiro. *The New Asia-Pacific Era: A Perspective from an International Nation Building for the 21st Century*. 1986 Britannica Book of the Year. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, 1986. p. 10-20.
- NAPOLITANO, Giovanni. *European Technological Co-operation: the Italian Participation in Eureka*. Science and Public Policy. London, December 1988. 15(6). p. 376-382.
- NARJES, Karl-Heinz. *Policies and Experiences of International Organizations for the Promotion of Enhanced Interaction between Industries, Universities, and other Research Organizations*. Technovation. Oxford, U.K., June 1989. Vol. 9(2-3). p. 241-248.
- NPCT/UNICAMP. *Novos Materiais: Subsídios para uma Estratégia de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. Relatório ao Ministério de Ciência e Tecnologia. Núcleo de Política Científica e Tecnológica-UNICAMP. Campinas, 1987. 117 p. Mimeo.
- OLIVEIRA, Amaury B. Porto de. *O Desafio Tecnológico da França*. R.B.T. Série de quatro artigos. Brasília, set. 1987. 18(6). p. 57-60.; jan. 1988. 19(1). p. 58-61; fev. 1988. p. 58-61; mar. 1988. p. 61-64.
- PISTELLA, Fabio. *From Madrid to Copenhagen: The Milan Conference within EUREKA Developments*. Technovation. Oxford, U.K., June 1989. Vol. 9(2-3). p. 205-208.
- PONIATOWSKI, M. *Europe's Technological Challenge: a View from the European Parliament*. Science and Public Policy. London, December 1988. 15(6). p. 383-393.

- PORTALES, Carlos. La Iniciativa de Defensa Estratégica y el Cambio Tecnológico. In Ominami, Carlos. "La Tercera Revolución Industrial: Impactos Internacionales del Actual Viaje Tecnológico". Buenos Aires, 1986. Cap. 15. p. 327-345.
- QUEIROZ, Sérgio R. R. e MITLAG, Hebe. A Emergência dos Novos Materiais: seu Significado e Impacto Econômico no Brasil. Inter-ciência. Caracas, Mar-Apr 1989. 14(2). p. 59-67.
- Tendências em Novos Materiais. Textos para Discussão nº 3. Núcleo de Política Científica e Tecnológica-UNICAMP. Campinas, Out 1985. 55 p.
- RADETZKI, Marian. Issues in Measuring and Forecasting Metal Consumption in LDCs. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 491-511.
- RANGER, Robin. Star Wars: President Reagan's Strategic Defense Initiative. Military Affairs: Special Report. 1985 Book of the Year. Encyclopaedia Britannica, Inc. Chicago, 1985. p. 320-321.
- ROBERTS, Mark C. An Aggregate Model for Long-term Mineral Requirements. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 303-328.
- ROSKILL'S LETTER FROM JAPAN. Roskill Information Services Ltd. London. Diversos números.
- SÁ, Paulo César Ramos de Oliveira e MARQUES, Maria Isabel. 20 Anos de Política Mineral. In Pereira, Osny Duarte. "Política Mineral do Brasil: Dois Ensaios Críticos". MCT/CNPq. Brasília, 1987. p. 13-77.
- SCHATTNER, Susanne. Mineral Economies: Indebtedness without Growth. Intereconomics. Sep/Oct. 1982. (17). p. 234-240.
- SCIENCES ET TECHNIQUES (1985). Ver L'HYPERCHOIX DES MATÉRIAUX.
- SICHEL, Berta. Guerra nas Estrelas: Alibi da Paz. Dados & Idéias. São Paulo, fev. 1987. 12(105). p. 20-21.
- SOHN, Ira. The Debt Crisis and Mineral-Exporting Developing Countries: Problems and Prospects. Natural Resources Forum. London, November 1988. 12(4). p. 383-392.
- STEELE, Ian. New Materials Threaten Third World Exports. AGID News, April 1988. p. 24-25.
- SUMÁRIO MINERAL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília, 1989. 111 p.
- SUSLICK, Saul. B. & HARRIS, Deverle P. Long Range Metal Consumption Forecasts Using Innovative Methods: The Case of

Aluminum in Brazil to the Year 2000. Resources Policy (forthcoming). 47 p.

TILTON, John E. Atrophy in Metal Demand. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 241-243.

----- Beyond Intensity of Use. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 245-250.

U.N. INTERNATIONAL TRADE STATISTICS YEARBOOK. Diversos números.

USBM (1987). Ver BUREAU OF MINES ACTIVITIES IN ADVANCED MATERIALS.

VILLAS-BOAS, Roberto Cerrini. Geopolítica dos Novos Materiais. CETEM/CNPq. Série Tecnologia Mineral. Nº 45. Rio de Janeiro, 1989. 10 p.

----- Brazil's National Policy on New Materials. Paper preparado para o Department for Industrial Promotion, Consultation and Technology da UNIDO. Vienna, Dec. 1987. 26 p. Mimeo.

VOGELY, William A. Metals Demand Conference. Materials and Society. New York, 1986. 10(3). p. 237-239.

WADDELL, Lorna M. & LABYS, Walter C. Transmaterialization: Technology and Material Demand Cycles. Materials and Society. New York, 1988. 12(1). p. 59-86.

WALDROP, M. Mitchell. Resolving the Star Wars Software Dilemma. Science. Washington, 9 May 1986. 232(5). p. 710-713.

WILCOX, Ben A. Influence of Advanced Materials on the Domestic Minerals Industry. Materials and Society. New York, 1986. 10(2). p. 197-212.

WOLLENWEBER, Heinz. A Integração do Mercado Europeu. Química Industrial. São Paulo, 1989. Ano II(16). p. 38-43.

ZWEIG, Alma. Aberta na França a Primeira Rede Numérica no Mundo com Integração de Serviços. CONTACTO: Ciência, Tecnologia e Indústria da França. Editada pelo CENDOTEC- Centro Franco-Brasileiro de Documentação Técnica e Científica, e pelo CEFI- Centro Francês de Informação Industrial e Econômica. São Paulo, set./out. 1989. Ano 2. p. 19-21.