

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL  
CONCURSO DE MONOGRAFIAS SOBRE O SETOR MINERAL

A IMPORTÂNCIA DOS METAIS PARA A NOSSA CIVILIZAÇÃO -  
UMA ABORDAGEM HISTÓRICA RELATIVA AO DESPERTAR DE NOVOS TEMPOS

Geól. Cristina Valle Pinto-Coelho

549.283  
P659

Curitiba, Janeiro de 1989

Registro n. 3751



Biblioteca/Minerpar

MINEROPAR  
Minerais do Paraná S. A.  
BIBLIOTECA  
REG. 3751 DATA 31/01/89

Aos colegas da Mineropar que resistiram com decência e dignidade à atitude absolutista, irresponsável e tresloucada do governo do Estado de desativar a Empresa e exterminar o setor mineral do Paraná.

"A ciência permanecerá sempre a satisfação do desejo mais alto da nossa natureza, a curiosidade; ela fornecerá sempre ao homem o meio que ele possui para melhorar a própria sorte".

Renan

## SUMÁRIO

1 - Introdução .....	1
2 - Das Origens à Revolução Tecnológica .....	4
3 - Metais: a Espinha-Dorsal da Civilização Moderna .....	10
3.1 - Ouro .....	11
3.1.1 - Propriedades .....	11
3.1.2 - Retrospectiva Histórica .....	13
3.1.3 - Aspectos Geológicos .....	17
3.1.3.1 - Contexto Geológico dos Depôsi- tos Auríferos .....	17
3.1.3.2 - Panorama Mundial .....	18
3.1.3.2.1 - Reservas .....	18
3.1.3.3.3 - Produção e Oferta ..	23
3.1.4 - Aspectos Econômicos .....	28
3.1.4.1 - Demanda Mundial e Consumo .....	28
3.1.4.2 - Preços e Mercado .....	35
3.1.5 - Utilizações .....	38
3.2 - Ferro .....	41
3.2.1 - Definições e Especificações .....	41
3.2.2 - Retrospectiva Histórica .....	43
3.2.3 - Aspectos Geológicos .....	49
3.2.3.1 - Contexto Geológico dos Depôsi- tos Ferríferos .....	49
3.2.3.2 - Panorama Mundial .....	51
3.2.3.2.1 - Reservas .....	51

3.2.3.2.2 - Produção e Oferta ..	53
3.2.4 - Aspectos Econômicos .....	59
3.2.4.1 - Demanda Mundial e Consumo .....	59
3.2.4.2 - Preços e Mercado .....	61
3.2.5 - Utilizações .....	63
4 - Os Novos Materiais Metálicos .....	66
5 - Conclusões .....	71

#### Referências Bibliográficas

## AGRADECIMENTOS INDISPENSÁVEIS

"Em tempos de crise, abra um bar", aconselhava, durante a Segunda Guerra Mundial, o escritor norte-americano Ernest Hemingway. De fato, crises econômicas, sociais e de valores produzem a sensação de que algo deve ser feito, mesmo que fora dos padrões usuais, para vencê-las ou, em primeira instância, minorá-las. Como a minha vocação etílica não me permite seguir à risca o conselho do escritor, resolvi, para tentar superar uma microcrise temporária, recorrer ao salutar exercício da imaginação e participar do concurso de monografias lançado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral.

Entretanto, romper a inércia não é um processo simples. Para isto, foram necessários vários e intensos pulsos de inspiração e transpiração antes de dar início à mudança daquele estado de coisas e algumas pessoas contribuíram de forma inquecível para a minha "démarrage". Foram elas:

*Kátia Norma Siedlecki*, geóloga da Mineropar, amiga fiel e parceira literária inseparável, foi quem primeiro sugeriu a minha participação no concurso e quem sempre tem colaborado, de forma criativa e inteligente, na superação de nossas dificuldades técnicas;

*Edir Edemir Arioli*, revisor geológico crítico e incansável de meus artigos, fraternal e "voluntariamente nomeado", sempre disposto a combater de forma satírica a minha prolixidade intelectual, indicou o ponto de partida bibliográfico;

*Mário Lessa Sobrinho*, diretor-técnico da Mineropar, além de fazer a leitura criteriosa do manuscrito, fornecendo críticas e sugestões pertinentes, tem manifestado apoio incondicional às minhas outras empreitadas lítero-geológicas e equacionado, de forma coerente, soluções para nossos problemas técnicos;

*Gilmar Paiva Lima*, gerente de Apoio Técnico e Desenvolvimento Tecnológico da Mineropar, consentiu na minha ausência das atividades da Empresa por alguns dias para que pudesse me dedicar integralmente à esta pesquisa;

*Luciano Cordeiro de Loyola*, geólogo da Mineropar, cedeu algumas referências bibliográficas sobre o ouro;

*Marlene Mengarda Martelli e Silvana Regina Cavichiolo*, bibliotecárias da Mineropar, procederam à infindáveis buscas bibliográficas, sempre de bom-humor, indo, inclusive, além de suas atribuições trabalhistas e funcionais;

*Roseneide Ogleari Gonçalves*, desenhista, foi a responsável pelo aspecto impecável das ilustrações;

*Ana Maria Gapiski*, datilógrafa irreprovável, não mediu esforços para que o "layout" e a qualidade do texto satisfizessem ao seu saudável perfeccionismo;

*Onildo João Marini*, professor da Universidade de Brasília, ex-orientador e eterno conselheiro, foi o responsável definitivo pela minha decisão de participar do concurso, mediante incentivo integral;

*Marcos Souza e Rosely Bastos Manfredini Souza*, amigos inseparáveis e seculares, forneceram o já consagrado apoio nos períodos de exacerbação das dificuldades e vêm propiciando convívio prazeroso nas épocas de acalmia e

*Lucy Terezinha Tonietto*, grande amiga, sempre me incentivando e questionando em diversos setores da nossa convivência fraterna e amistosa.

Finalmente, mas não em último lugar e nem menos importante, gostaria de dedicar um parágrafo inteiro repleto de frases grandiloquentes à *Célia Ferreira Montenegro* - a emoção me impede de fazê-lo - que soube administrar com inteligência, saga

cidade e perspicácia o meu temperamento "non sense", fornecendo, muitas vezes, a vontade e determinação necessárias para seguir a diante e superar atrasos e empecilhos. À ela, o meu mais saudá-  
vel, leve e sincero sentimento de gratidão e de saudade antecipa-  
da.

**Nota:** Esta pesquisa já se encontrava praticamente concluída quan-  
do nós, empregados da Mineropar, fomos surpreendidos pela  
atitude inconseqüente das pseudo-autoridades palacianas de  
plantão no Estado do Paraná que visava a desativação sumá-  
ria da Empresa. Apesar de entendermos que uma monografia  
não deveria se prestar a atos de protesto, como cidadãos e  
profissionais diretamente atingidos por mais esta arbitra-  
riedade, não podemos deixar de manifestar nosso repúdio e  
indignação pela ruptura dos padrões mínimos de democracia.  
O tema por nós escolhido aqui visa, basicamente e em essên-  
cia, a valorização da pesquisa e prospecção mineral e é,  
neste momento e no acender das luzes da reforma administra-  
tiva e econômica do Governo Federal, que se pretendeu lan-  
çar no ostracismo o único órgão do Estado responsável por  
este setor. Triste ironia!

Apesar de terem sido tomadas medidas que descaracterizaram  
tal desativação, o fosso técnico e científico que irá se-  
parar, a partir de agora, o Paraná dos outros estados da Fe-  
deração poderá se tornar intransponível. A se manter tais  
medidas, a recuperação da dinâmica anterior poderá exigir  
vários anos, muitos cérebros e milhões de cruzados, incom-  
paravelmente muito mais do que se pretende "economizar" a-  
gora com os cortes.

Apenas o tempo irá dimensionar as reais conseqüências des-  
te retrocesso.

Esperamos, dentro do que nos restou, honrar os nossos com-  
promissos profissionais para com a comunidade paranaense e  
torcemos para que janeiros tão infelizes quanto este sejam  
varridos para sempre da nossa história.

## 1 - INTRODUÇÃO

Inventariar a importância dos metais para a nossa civilização é navegar analiticamente nas águas turbulentas do processo evolutivo da espécie humana, desde o momento em que o primeiro representante da proto-humanidade desprezou a proteção e tranquilidade das árvores e se aventurou na terra inóspita e desconhecida até os dias revolucionários da atualidade, abordando todo o processo científico que ocorreu ao longo de sua acidentada evolução em tempos inmemoriáveis no planeta, enfrentando enormes adversidades na luta pela sobrevivência da espécie.

Tal abordagem nos remete à incursões pelo campo social, econômico e pelos diversos ramos das ciências, sobretudo a geologia, num espaço ocupado por uma cultura complexa e heteroclita, dando origem, entretanto, à uma análise imperecível, sempre contemporânea.

Pretende-se aqui proceder ao tratamento do tema de forma não a fazer uma análise exaustiva do problema, uma vez que a transitoriedade da nossa visão atualística não permitiria tal enfoque, mas sim tentar mostrar, tanto em profundidade quanto em extensão, a evolução histórica nos domínios do conhecimento de dois dos mais importantes metais para a civilização humana: o ouro e o ferro. O comportamento social da humanidade no início da sua história cultural foi amplamente regido pela distribuição e disponibilidade destas duas substâncias, onde as pesquisas nesta área contribuíram de forma impressionante para dilatar as fronteiras do conhecimento, contando com a espontaneidade criativa cotidiana tanto do homem primitivo que tinha à sua disposição métodos e técnicas rudimentares para o aproveitamento dos metais, quanto do homem moderno que dispõe da mais alta tecnol

logia.

Encontramo-nos agora no limiar de novos tempos e o século XXI pode reservar surpresas no campo das pesquisas tecnológicas. Conseqüentemente, a época é oportuna para se proceder ao balanço científico do que tem sido feito para o incremento do bem estar físico, mental e social do ser humano. Neste aspecto, torna-se louvável a proposição do tema em questão pelo Departamento Nacional da Produção Mineral, como forma de conclamar a comunidade geocientífica nacional a participar do processo de divulgação do setor mineral do País junto à sociedade leiga.

O desconhecimento mostrado pela maioria esmagadora dos indivíduos com relação à importância dos bens minerais na sua vida cotidiana tem chegado ao estágio de questionamento do papel social do geólogo, sendo o profissional visto como um ser à parte, encastelado em suas teorias mirabolantes e aprisionado eternamente no seu jargão incompreensível. Desconhece-se que o universo que nos rodeia relaciona-se direta ou indiretamente à substâncias minerais, cuja pesquisa e prospecção se devem a profissionais da área das ciências geológicas, feitas com base em elementos factuais e previsíveis. Infelizmente, o profissional desta área atua, dentro da sociedade, como um ator coadjuvante ou trabalhando apenas nos bastidores para dar continuidade ao espetáculo. Apenas quando houver maior aproximação do conhecimento científico junto à população e a informação científica e tecnológica tiver o seu espaço próprio, as seqüelas culturais deixadas pelo obscurantismo se diluirão e a sociedade como um todo poderá participar do processo de criação científica e fazer com que a aventura da ciência torne-se cada vez mais fascinante.

É sabido que em países subdesenvolvidos os meios de comunicação não têm interesse em proceder à ampla divulgação

de pesquisas realizadas pela comunidade científica autóctone, uma vez que faz parte da estratégia mundial impedir aos povos atrasados o acesso à informações relativas ao saber, à ciência e à tecnologia, permanecendo tais informações restritas ao universo das nações desenvolvidas e hegemônicas. Neste contexto, qualquer iniciativa proveniente de órgãos e entidades pertencentes à nossa realidade terceiro-mundista deve ser aceita como forma de romper com esta mentalidade oligopolística e divulgar as contribuições dadas pela nação ao acervo do conhecimento humano. Torna-se imprescindível assimilar as palavras de Manuel E. Patarroyo, pesquisador colombiano, chefe da equipe responsável pela síntese da vacina antimalárica no início de 1988: "Nego-me a aceitar que nossos problemas tenham que ser solucionados por países que não os têm e os estudam só porque são desenvolvidos"; "... para resolver nossos problemas bastam vontade e determinação".

O alicerce indispensável à industrialização de um país é o levantamento da potencialidade de seus recursos minerais, visando à diminuição das importações desnecessárias e o aproveitamento racional da matéria-prima. Assim sendo, a atividade mineral traduz-se na espinha dorsal do desenvolvimento sócio-econômico de um país, ficando a soberania da nação na dependência da industrialização e comercialização de seu potencial mine-rário. Não obstante, a atividade industrial por si só já não basta para assegurar o caminho do desenvolvimento. Aliado à abundância de recursos naturais e farta mão-de-obra encontra-se o domínio do conhecimento do avanço industrial, obtido mediante o investimento em recursos humanos altamente qualificados, consistindo, desta maneira, num vigoroso fator de sustentação do processo produtivo.

Para procedermos à abordagem do tema escolhido

baseamo-nos numa frase de José Reis: "no relato deve estar presente o humano: a ciência resulta do trabalho dos pesquisadores, daí a importância da presença da história e de considerações filosóficas adequadas". Assim, será feito breve histórico sobre a evolução do conhecimento científico na área em pauta, para, após isto, enfocarmos aspectos sociais, econômicos e científicos dos dois metais citados anteriormente.

## 2 - DAS ORIGENS À REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

Torna-se absolutamente impraticável discorrer sobre todos os domínios do conhecimento científico e tecnológico de cada era e cada civilização da história mundial no curto espaço literário reservado à uma monografia. Por esta razão optamos por seleccionar apenas as indicações relativas à área da metalurgia e mineralogia, num breve relato histórico restrito aos propósitos deste trabalho.

Segundo Ronan (1987), a ciência constituiu-se em grande aventura intelectual, que nos primórdios da civilização encontrava-se intrinsecamente ligada à magia, num "complexo amálgama de espiritismo e arcano". Todo o pensamento científico nesta época voltava-se para fundamentos e explicações místicas dos fenômenos da natureza, até que, com o desenvolvimento da sociedade no antigo Oriente Médio, surgiu o interesse por explicações mais palpáveis e consistentes, surgindo assim a oposição entre o pensamento mítico e o racional. Com os gregos tem início uma nova forma de enfoque científico, onde o laboratório alquímico da ciência cede lugar, gradativamente, às fases de observação direta

dos processos naturais do cotidiano.

A reunião de fatos e explicações relativas à vida diária do indivíduo fez surgir, há 10.000 anos aproximadamente, no Oriente Médio, o embrião do que hoje designa-se como ciência. Os povos egípcios, pioneiros em várias artes e ofícios, desenvolveram observações no campo da metalurgia, através do conhecimento das temperaturas de fusão de diversos metais, da confecção de ligas e técnicas de moldes e fundições e na área da mineralogia e geologia.

A civilização tolteca, nascida após a decadência dos povos maias no final do século IX d.C., entre 900 e 1519, utilizava os metais como ornamentos. Os chineses, no oriente, dominavam as técnicas de manufatura do ferro e do aço, executavam perfurações profundas, atuavam na área de engenharia, no desenvolvimento de foles e bombas, além de pesquisas na área da mineralogia, através da diferenciação das substâncias em metais e rochas. Já utilizavam, na época, a classificação dos minerais de acordo com a dureza, a cor, a aparência e o gosto. Reconheceram a associação entre determinados tipos de plantas e certos minerais, numa clara antevisão do que atualmente é conhecido como prospecção geobotânica e biogeoquímica.

A fusão do ferro teve início na Índia entre 1050 e 950 a.C., sendo que 1500 anos mais tarde os fundidores hindus deram início à construção de uma série de pilares que se tornaram famosos. Dentre eles, encontra-se em Deli um pilar com altura superior a 7 metros acima do solo e meio metro abaixo, com diâmetro entre 30 e 40 centímetros e peso superior a 6 toneladas, totalmente construído em ferro forjado e, o mais notável, mostra ausência absoluta de deterioração ou ferrugem. Apesar desta proeza, os povos indianos não se detinham a pesquisar a natureza dos

processos químicos, agiam tão-somente por "intuição científica".

A cultura grega obedeceu a um desenvolvimento intelectual admirável em todos os ramos do conhecimento humano. Tem início o primeiro grande esforço da civilização ocidental em compreender os fenômenos da natureza, deixando de lado as especulações divinas e mitológicas para penetrar no campo das observações diretas. Entre 3000 e 2200 a.C. os povos neolíticos viviam a idade do bronze em Creta e nas Cíclades, onde existiam inúmeras manufaturas de metal. Na área da geologia, Aristóteles (384-322 a.C.) preconizava serem os terremotos originados por violentos ventos no interior da Terra; Pitágoras (século VI a.C.) viajou pelo Egito durante vinte anos em busca de resposta para vários processos geológicos.

Dentre todas as várias teorias revolucionárias propostas ao longo da história da ciência para explicar os fenômenos pertinentes ao ser humano e ao desenvolvimento do universo, aquela que mais influenciou e originou a reorientação do pensamento na época foi a revolução científica, iniciada na Itália no século XV e que prolongou até o final do século XVI. Historiadores modernos são unânimes em afirmar que "a revolução científica de 1500-1600 não apenas afetou todos os campos da ciência como mudou as técnicas de investigação científica, os objetivos que o cientista estabelecia para si mesmo e o papel que a ciência poderia desempenhar na filosofia e até na própria sociedade. Uma mudança tão profunda não poderia acontecer simplesmente por si mesma, mas foi uma modificação geral no modo pelo qual o homem via a si mesmo e ao mundo em que vivia" (Ronan, 1987). Provavelmente, estamos atualmente vivendo uma nova fase revolucionária na história da ciência, visto que conceitos e fatos científicos "fundamentais e inquestionáveis" estão sendo observados à luz de teo-

rias e paradigmas que têm esclarecido idéias sombrias e inexplicadas.

Voltando à Renascença, no século XV deu-se também novo descobrimento do mundo, quando tiveram início as explorações geográficas, sobretudo pelos portugueses e espanhóis, estabelecendo-se assim impérios ultramarinos, com intensa importação de mercadorias. A nossa própria história de descobrimento e colonização prende-se à esta época, com fortes conseqüências para o "ciclo do ouro", conforme será abordado mais adiante.

Devem-se ainda às realizações comerciais ligadas à Renascença as invenções do papel e da imprensa, originários da China e trazidas ao ocidente pelos muçulmanos. Ambas as invenções, por si sós, representam toda a dimensão simbólica traduzida pela ciência, através da comunicação e da independência do pensamento.

Um dos mais notáveis protocientistas desta época foi, sem dúvida, Leonardo da Vinci. O gênio criativo deste inventor polivalente tipifica a florescente safra científica dos séculos XV-XVI, onde foram feitas incursões aos mais variados ramos do conhecimento humano. As ciências geológicas ele forneceu as etapas de observação de campo como sendo os verdadeiros pilares das proposições e modelos para explicar suas teorias, deixando de lado as especulações e misticismo dos séculos anteriores. Explicou, com isto, o papel da erosão na formação de montanhas, a formação dos rios e a origem dos fósseis.

Com a invenção do papel e da imprensa, têm início os textos técnicos simples, voltados também para o público leigo, ao contrário do que se observava na época dos magos e alquimistas, que preferiam manter segredo sobre suas "descobertas". No século XVI foram escritas duas obras de inquestionável impor-

tância nas áreas da metalurgia e mineralogia: "Descrição dos métodos de mineração e processamento de minério de chumbo", de Lazarus Ercker (1574) e "De remetallica", do médico alemão Georg Bauer - Agricolla, em 1555. Este último, tendo sido nomeado pelo príncipe da Boêmia para desvendar as causas da elevada taxa de mortalidade precoce que assolava os mineiros das minas de prata da região, não só estabeleceu as técnicas coerentes de mineração e metalurgia na época, como também criou teorias metalogenéticas que permaneceram inabaláveis durante mais de três séculos.

Estudos mais pormenorizados na área da mineralogia surgiram como consequência imediata da elevada performance disputada pela mineração e metalurgia nesta época e as três juntas deram início, no século XVII no Ocidente, às ciências geológicas. Descartes, em 1617, Leibniz, Stensen, Arduino, Werner, Hutton, dentre outros, constituíram-se em próceres geológicos, que durante o processo de criação científica contribuíram de forma indelével para o desenvolvimento e afirmação da geologia como ciência digna, isenta de especulação mitológica e mercantilismo.

No século XIX o pensamento científico desenvolve-se de forma bastante acelerada e passa a desempenhar grande papel social, à medida que cresce a importância e o interesse demonstrado pelos cidadãos comuns em participar das novas descobertas. A Associação Britânica para o Progresso da Ciência, fundada em Glasgow em 1831, utiliza pela primeira vez, em 1840, o termo cientista e lança o marco fundamental para a criação de sociedades científicas voltadas basicamente para a popularização da ciência. Este objetivo torna-se claro na definição de Bernardes (1988): "a ciência faz parte da atividade humana pela qual se tenta reduzir as tensões surgidas dos conflitos decorrentes da vivência do indivíduo, talvez da espécie, dentro e fora da coletividade", e

é perseguido por todas as instituições de pesquisa científica sérias que se espalham atualmente pelos quatro cantos do mundo.

Um dos mais dedicados estudiosos no campo da geologia no século XIX foi Charles Lyell, advogado escocês que cultivou grande interesse pela geomorfologia, estratigrafia e forneceu inúmeras contribuições para a teoria da evolução das espécies de Charles Darwin.

O século XX impõe-se definitivamente como a era onde "o cientista constrói o seu objeto" (Oliveira, 1988), abandonando de vez a posição de passivo observador do real. O desenvolvimento da tecnologia neste século facilitou a pesquisa em novos campos do conhecimento e é ainda prematuro proceder à uma retrospectiva histórica da ciência na atualidade, uma vez que as pesquisas, sobretudo nas áreas da eletrônica, da informática, dos novos materiais, vêm evoluindo numa velocidade vertiginosa.

No campo das ciências geológicas, deu-se, na década de 30, o surgimento de novo ciclo de idéias relacionadas à metalogênese, com a divulgação das teorias de Lindgren, seguidas anos depois por Bateman, Routhier e Bilibin, associadas ao hidrotermalismo ortomagmatogênico. O final da década de 60 marca-se pela proposição da tectônica de placas e com ela surgem novos paradigmas geológicos, com diversos autores se lançando à elaboração de propostas metalogenéticas e de métodos prospectivos inovadores que influenciaram sobremaneira a prospecção e pesquisa mineral.

### 3 - METAIS: A ESPINHA-DORSAL DA CIVILIZAÇÃO MODERNA

Dentre todas as manifestações de vida que habitam o planeta, o homem foi a única a elaborar um controle sobre seus próprios poderes para criar novos meios de sustento, dando origem, assim, à civilização, à ocupação da terra inóspita e ao desenvolvimento tecnológico, através da descoberta de recursos naturais e da ampliação de sua utilidade.

O ponto de partida para a avaliação do desempenho de dada comunidade é a análise da valorização de seus recursos disponíveis, seja através da habilidade em trabalhá-los, seja mediante a sua racionalização e substituição. Desta maneira, os metais surgem como verdadeiros marcos históricos, definindo épocas e fixando comportamentos, tal como é mostrado nas idades do cobre (3900-2100 a.C.), do bronze (2100-1200 a.C.) e do ferro (1200-50 a.C.).

Com o advento da Revolução Industrial, no século XVIII, os metais passaram a constituir o alicerce da moderna civilização, sendo matéria-prima indispensável para a fabricação de centenas de produtos que tornam o dia-a-dia da humanidade mais confortável e prático. O minério de ferro, carvão, petróleo e gás natural traduzem-se em matérias-primas fundamentais para a indústria moderna, agindo como sustentáculo básico e fornecendo a energia necessária para operar o complexo industrial. Por esta razão escolheu-se o ferro como um dos metais a serem enfocados neste trabalho; o outro, o ouro, reveste-se de extrema importância tanto do ponto de vista industrial, quanto do aspecto econômico, traduzido por seu emprego como sistema monetário e financeiro, internacionalmente aceito. O primeiro enquadra-se na categoria de metais abundantes - ocorrem na crosta terrestre em

concentrações superiores a 0,01% -; o ouro é um dos metais escassos em estado nativo, com abundância inferior a 0,01% (Skinner, 1976).

### 3.1 - Ouro

#### 3.1.1 - Propriedades

Metal com símbolo químico Au e número atômico 79, o ouro encontra-se no grupo 1B da tabela periódica dos elementos, tendo, ainda, elevadas densidade, maleabilidade e ductibilidade. Cristaliza-se no sistema cúbico, onde os cristais são octaédricos, mostrando, raras vezes, faces de cubo, trapezoedro e dodecaedro; quando agrupados, tendem a desenvolver configurações dendríticas, filiformes e reticulares. É um metal altamente inerte, sendo que mesmo soluções com elevado poder de corrosão afetam-no de forma desprezível, o que torna possível a sua permanência, em estado nativo, em condições de superfície; dissolve-se quimicamente com água régia, mistura dos ácidos nítrico e clorídrico em concentração 3:1.

As propriedades físico-químicas do ouro são mostradas na Tabela 1.

Encontra-se em baixas concentrações em diversos minerais e rochas, em que processos geológicos de natureza tardia a pós-magmática ou intempérica, atuando sob a fonte primária do metal, tendem a concentrá-lo em depósitos economicamente viáveis.

Símbolo	Au
Número atômico	79
Peso atômico	196, 197
Estados de oxidação	0 (nativo); +1 (auroso); +3 (áurico)
Isótopos	186, 188, 196, 197, 198, 201 e 203
Sistema de cristalização	cúbico
Dureza (escala de Mohs)	2,5 a 3,0
Ponto de fusão (°C)	1.063
Ponto de ebulição (°C)	2.970
Resistividade elétrica a 20°C (micro-ohm/cm)	2,44
Condutividade térmica a 20°C (cal/seg/cm <sup>2</sup> /°C)	0,74
Susceptibilidade magnética específica (cgs)	-0,15 x 10 <sup>-6</sup>
Força de tensão aproximada (libra/pol <sup>2</sup> )	19,0
Módulo de elasticidade aproximado (libra/pol <sup>2</sup> )	11,6 x 10 <sup>6</sup>
Calor específico a 20°C (cal/g)	0,0306
Calor latente de fusão (cal/g)	15,0
Calor latente de vaporização (cal/g)	446
Temperatura de transição e supercondução (°K)	Não é supercondutor acima de 0,006
Densidade a 20°C (g/cm <sup>3</sup> ) - destilado a vácuo	19,88
Densidade a 20°C (g/cm <sup>3</sup> ) - fundido	19,3
Densidade a 20°C (g/cm <sup>3</sup> ) - raio-X	19,4
Densidade próxima ao ponto de fusão (g/cm <sup>3</sup> ) - sólido	18,474
Densidade próxima ao ponto de fusão (g/cm <sup>3</sup> ) - líquido	17,361
Coefficiente de expansão linear (18°-100°C)	14,3 x 10 <sup>-6</sup>

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas do ouro.

Fonte: DNPM, 1984

### 3.1.2 - Retrospectiva Histórica

A história da descoberta e utilização do ouro pelo homem encontra-se mesclada de forma indelével com o próprio desenrolar evolutivo da civilização. Há 20.000 anos atrás os seres primitivos já tinham conhecimento da existência do metal, atraídos pela curiosidade despertada por sua cor e seu brilho. Não obstante este primeiro contato, a utilização do ouro apenas se viabilizou durante a idade do bronze, há 6000 anos, devido ao a-

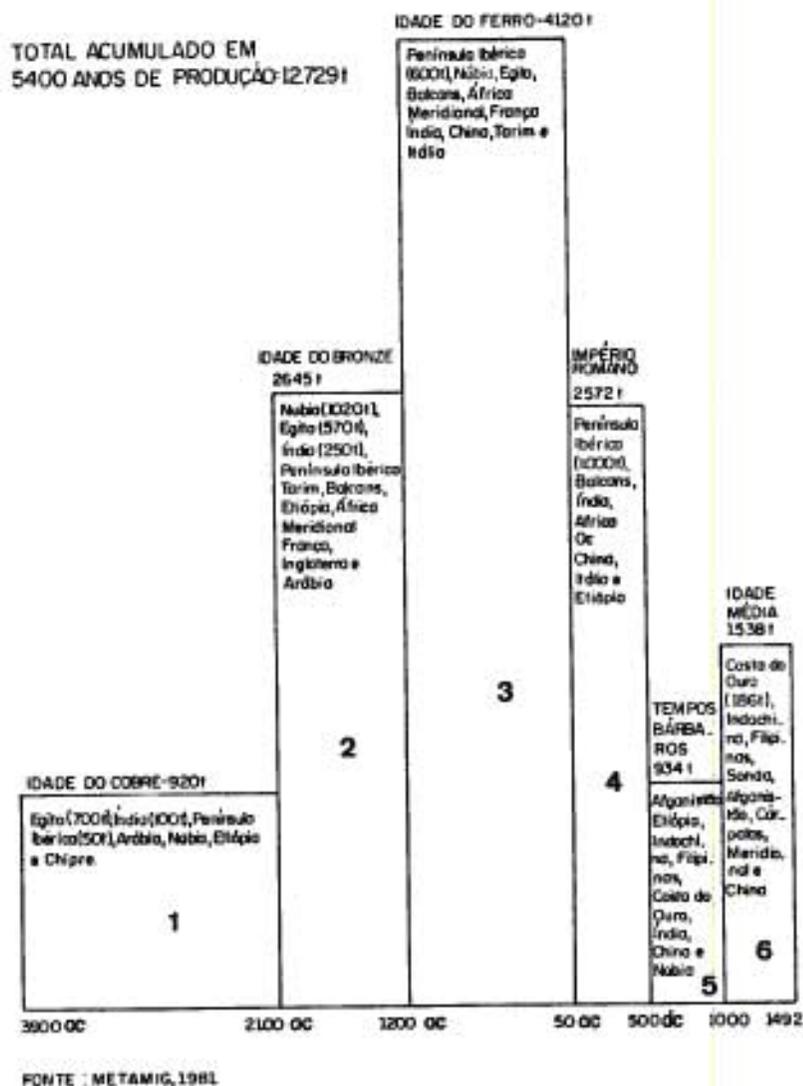


FIGURA 01 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE OURO

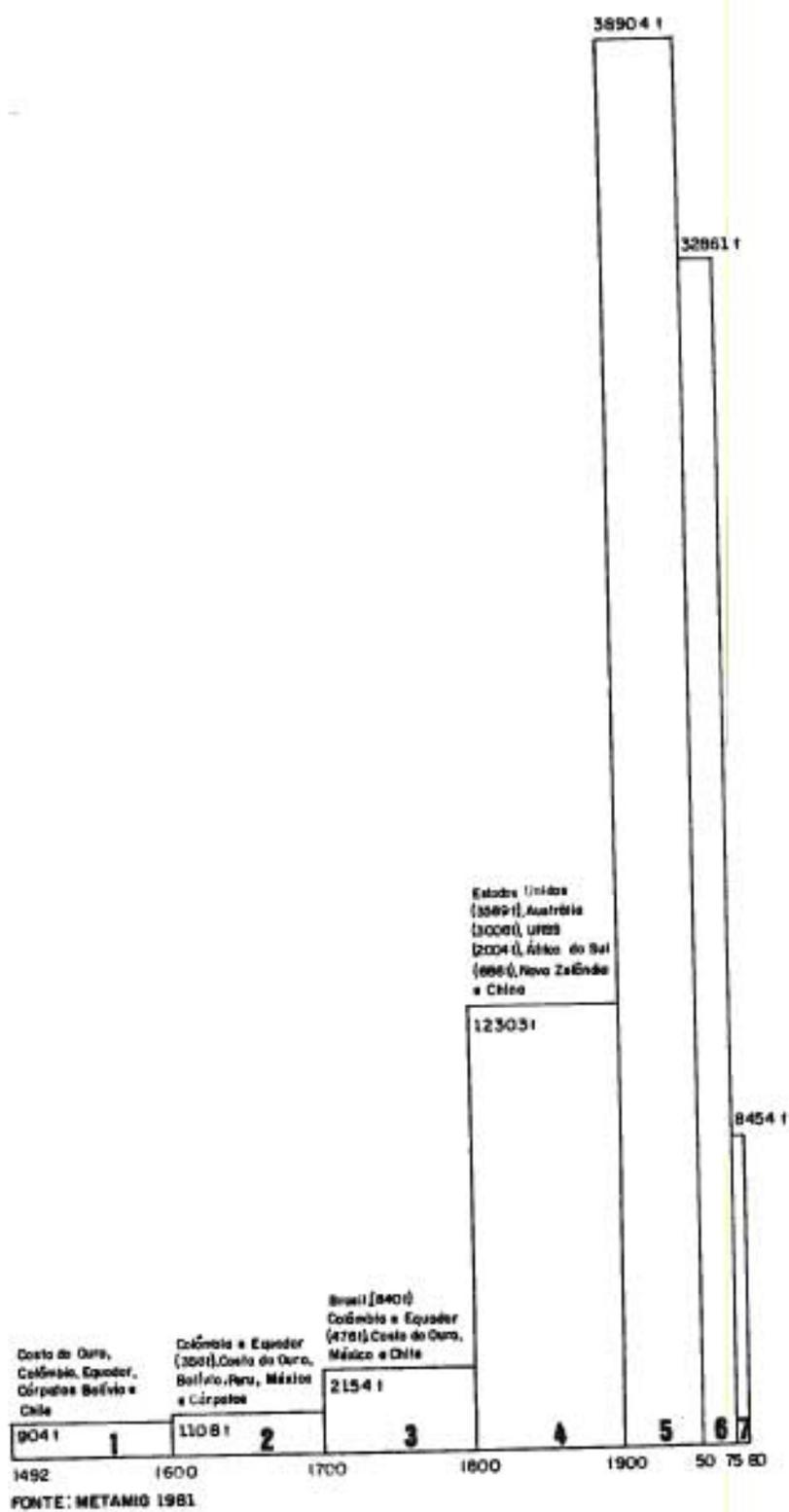


FIGURA 01 - (CONTINUAÇÃO)

perfeiçoamento das técnicas de fundição. Daí em diante observa-se um interesse contínuo e ascendente, conforme mostra a Figura 01.

A chamada idade do ouro tem início no Egito, no final do Paleolítico, há 6000 anos, com a exploração dos "placers" auríferos do Sudão e Núbia e desenvolvimento de técnicas de metalurgia e mineração, traduzindo-se, aquela região, na grande província aurífera da antiguidade. Persas, armênios, fenícios, gregos e romanos também se dedicaram à exploração do metal, onde, à cada descoberta de novos jazimentos, cresciam o interesse e o poder de cada povo. Com as invasões dos bárbaros e a queda do Império Romano, o ouro, que vivia épocas florescentes sob a forma de padrão monetário, devido ao excedente nas balanças comerciais da Espanha, Itália, França e Inglaterra, cai no ostracismo, ficando durante 1000 anos relegado a condições secundárias de exploração.

Na Idade Média o interesse crescente levou à criação da arte da alquimia, onde magos visionários pretendiam transformar em ouro todos os demais metais.

No final desta época, as novas invenções, a revolução cultural renascentista, a formação de novos estados e a expansão comercial foram decisivas para a retomada gloriosa da valorização do ouro. Os portugueses exploravam-no na África, nas Índias e no Japão; os espanhóis atuavam nas Antilhas.

A época dos grandes descobrimentos faz crescer de forma vertiginosa o fluxo de ouro levado à Europa, procedente das Américas, sobretudo do México, Chile, Brasil e Bolívia, onde astecas e incas já utilizavam há séculos o metal.

A partir de 1823, observa-se o declínio da produção na América Latina, sobretudo no Brasil, que no século XVIII atingiu o "status" de maior produtor mundial. As causas deste declínio são apontadas como sendo a libertação dos escravos, o con

trabando, a exploração predatória dos depósitos, a má condução administrativa por parte das companhias mineradoras e o emprego inadequado de processos metalúrgicos.

Enquanto isto, crescia a produção soviética, que dominou o mercado mundial durante quatorze anos, de 1823-1837. Em 1846 verifica-se a corrida do ouro na Califórnia, duplicando a produção americana, juntamente com os depósitos da Geórgia e da Carolina do Norte, transformando o país no maior produtor mundial de ouro durante meio século.

Em 1851 a Austrália entra em cena como grande produtora do metal e a partir de 1860 até 1891 verifica-se novo declínio da produção, acrescida logo após com o desenvolvimento das minas americanas no Colorado.

A África do Sul surge no cenário da produção mundial de ouro de forma decisiva e definitiva em 1896, dominando este quadro até os dias atuais, com uma produção de 607 toneladas no ano de 1987 (Tofaneto, 1988).

No Brasil, as primeiras referências oficiais sobre a ocorrência de ouro remontam a 1552, descoberto na então Capitania de São Vicente; em 1578 entra em operação uma modesta mina em Paranaguá (PR), tornando-se assim São Paulo e Paraná as primeiras províncias produtoras do metal, de onde extraiu-se quantidade superior a uma tonelada durante as duas últimas décadas do século XVII.

Não obstante se conhecessem depósitos auríferos no norte do País e em Minas Gerais desde 1624, as primeiras corridas do ouro se iniciaram apenas no século XVIII em Goiás, Mato Grosso, Bahia, Maranhão, Pará e Minas, com a organização de companhias mineradoras, sobretudo após a proclamação da independência.

Com a escassez dos depósitos superficiais e aluviões, a Coroa Portuguesa decidiu, no início do século XIX, modificar o sistema de extração do metal para minas subterrâneas; a falta de experiência nesta área determinou a queda da produção e houve necessidade de se importar tecnologia especializada e incentivar cada vez mais a formação de companhias mineradoras.

Neste século, a partir de 1979, exacerbam-se os garimpos na região Amazônica, resultando em nova corrida do ouro com as descobertas de Serra Pelada, Cumaru, Juruena-Teles Pires, dentre outros, que em cinco anos duplicaram a produção nacional e elevaram o país, em 1985, à quinta colocação no mercado mundial, com uma produção efetiva de 83,8 toneladas do metal em 1987 (Mining Annual Review, 1988).

### 3.1.3 - Aspectos Geológicos

#### 3.1.3.1 - Contexto Geológico dos Depósitos Auríferos

Vários pesquisadores têm voltado suas áreas de interesse para o ouro, o que faz com que inúmeras classificações genéticas sejam propostas. Serão citadas aqui apenas duas delas, extraídas do "Perfil analítico do ouro" - DNPM, 1984.

Bateman (1961) subdivide os depósitos auríferos com base na sua gênese em: a) depósitos magmáticos; b) metassomáticos de contato; c) de substituição; d) de preenchimento; e) concentrações mecânicas e f) concentrações residuais.

Boyle (1979) propõe uma classificação essencialmente descritiva em: a) diques, "sills", "stocks" pórfiros; corpos graníticos, aplíticos e pegmatíticos; b) depósitos do tipo

"skarn"; d) depósitos do tipo Au-Ag e Ag-Au em veios, "stock-works", "pipes" e corpos irregulares silicificados em zonas de fraqueza estrutural associados a terrenos vulcânicos; d) veios, zonas de acamamento, lentes, fraturas, discordâncias, "drag folds", zonas de brecha, anticlínios, terrenos sedimentares, zonas de substituição tabulares ou irregulares, observadas em associação a fraturas em lentes quimicamente favoráveis; e) em conglomerados e quartzitos; f) em "placers" eluviais e aluviais e g) fontes diversas.

No Brasil, os depósitos auríferos são classificados em quatro tipos básicos, de acordo com Berbert (1983, in DNPM, op. cit.): a) veios de quartzo e bonanzas, exemplificados pelo Quadrilátero Ferrífero (MG), Serra Pelada (PA), Faixa Weber (Araci) (BA), Mara Rosa (GO), Crixás (GO), Itatá (PA), Andorinhas (PA) e Morro Velho (MG); b) depósitos de "placers" jovens: Tapajós (PA), Cumaru (PA), Rio Madeira (RO), Itatá (PA), Uirapuru (PA), Amapá, norte do Mato Grosso e vale do Jequitinhonha; c) depósitos de "placers" antigos: Jacobina (BA) e d) depósitos onde o ouro é extraído como sub-produto: Salobo-Pojuca (PA) e Chapada.

### 3.1.3.2 - Panorama Mundial

#### 3.1.3.2.1 - Reservas

A quantificação das reservas e recursos de qualquer bem mineral obedece a um conjunto complexo e oscilante de variáveis, determinadas sobretudo pelo regime político do país e associadas a fatores técnicos, como descoberta de novos depósitos, fechamento de outros, redução de teores favoráveis, etc. Para o ouro, tal assertiva se confirma, visto que, em países de e-

conomia centralizada as estimativas das reservas são feitas conforme a necessidade do Estado, deixando-se de lado os fatores econômicos de custo e mercado. Países capitalistas fixam suas reservas com base na variação do preço do metal no mercado mundial, viabilizando minérios com teores maiores ou menores em função do lucro estabelecido.

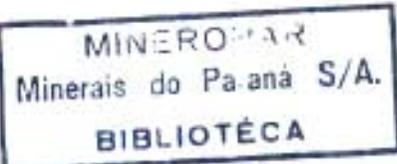
A difusão das possibilidades de utilização do ouro e o suporte ao mercado justificam sua importância crescente na economia mundial. Suas reservas são consideradas pelos bancos centrais como um dos principais ativos contábeis, podendo ser transformadas em moeda forte quando necessário. Além disso, vêm se observando no mercado internacional nos últimos anos mudanças estruturais em relação aos preços oscilantes de metais não-ferrosos, fazendo com que companhias mineradoras tracem programas de exploração para bens minerais passíveis de melhores retornos; nesta linha de atuação o ouro atrai os maiores investimentos.

Assim sendo, tem-se que as reservas mundiais disponíveis são oscilantes e de difícil quantificação. Na Tabela 2 encontra-se a estimativa das reservas dos principais países produtores em 1982. Atualmente, as reservas mundiais são avaliadas em 80.000 toneladas, das quais 40.000 toneladas encontram-se na África do Sul, que participa com 47% da produção mundial. Segue-se a URSS com 18%; Brasil, Canadá, China, Estados Unidos e Austrália contribuem juntos com 20% da produção mundial, ficando o restante distribuído isoladamente em outros países (Min. Metal., 1988), mostrando, desta maneira, que o interesse despertado pelo metal não obedece à fronteiras ideológicas.

Entretanto, de acordo com estatísticas feitas pelo Fundo Monetário Internacional (in. Minérios, 1988) as reservas de ouro da África do Sul caíram pela metade em cinco anos,

LOCALIZAÇÃO	RESERVA BASE <sup>1</sup>		RESERVA MARGINAL <sup>3</sup>		TOTAL	
	toneladas	\$	toneladas	%	toneladas	%
América do Sul	1.371	4,0	495	7,1	1.866	4,6
Brasil	843	2,5	90	1,3	933	2,3
Outros	528	1,5	405	5,8	933	2,3
América do Norte	4.820	14,0	467	6,7	5.287	12,8
Estados Unidos	2.643 <sup>2</sup>	7,7	467	6,7	3.110	7,5
Canadá	1.244 <sup>2</sup>	3,6	-	-	1.244	3,0
Outros	933	2,7	-	-	933	2,3
Europa	18.942	55,1	4.073	58,2	23.015	55,6
URSS	6.221	18,1	1.555	22,2	7.776	18,8
Outros	311	0,9	-	-	311	0,7
África	18.942	55,1	4.073	58,2	23.015	55,6
África do Sul	18.040 <sup>2</sup>	52,5	3.732	53,4	21.772	52,6
Zimbábwe	467	1,3	155	2,2	662	1,5
Gana	124	0,4	31	0,4	155	0,4
Outros	311	0,9	155	2,2	466	1,1
Ásia	1.369	4,0	186	2,6	1.555	3,7
Filipinas	622	1,8	-	-	622	1,5
Japão	218	0,6	93	1,3	311	0,7
Outros	529	1,6	93,13		622	1,5
Oceania	1.338	3,9	217	3,1	1.555	3,7
Austrália	560	1,6	62	0,9	622	1,5
Outros	778	2,3	155	2,2	933	2,2
TOTAL MUNDIAL	34.372	100,0	6.993	100,0	41.365	100,0

Tabela 2 - Reservas e recursos mundiais de ouro - 1982. (1) Reservas medida, indicada e inferida  
 Fonte: DNPM, 1984 (2) Exclui reservas inferidas  
 (3) Reservas marginais e recursos subeconômicos



colocando o país em posição inferior à Argélia.

No Brasil, segundo o Anuário Mineral Brasileiro (1987) as reservas medidas de ouro perfazem 965.867.636 kg com 466.023 kg de metal contido; as reservas indicadas são da ordem de 334.465.439 kg e as inferidas completam 240.206.577 kg; o teor médio ponderado da reserva medida atinge 0,48 g/t de ouro. Existem atualmente no país 18 projetos de mineração de ouro já instalados e em fase de produção (Neves, 1988). Embora completamente discrepantes com os acima mencionados, os dados apresentados por Neves (1988), exibidos na Tabela 3, revelam a potencialidade regional para o ouro. Na Figura 02 observa-se a evolução das mesmas no período compreendido entre 1979 e 1988.

REGIÕES	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA	TOTAL
Sudeste	205.977	261.389	220.394	687.760
Centro-Oeste	183.047	29.224	76.671	288.942
Nordeste	104.933	51.295	91.449	247.677
Norte	61.175	90.941	126.702	278.818
Sul	12.848	2.809	18.000	33.657
<b>TOTAL</b>	<b>567.980</b>	<b>435.658</b>	<b>533.216</b>	<b>1.536.854</b>

Tabela 3 - Reservas de ouro por regiões (em kg).

Fonte: Neves, 1988

No tocante à exaustão das reservas, tomando-se como base a produção mundial de 1984, igual a 1498,7 toneladas, verifica-se na Figura 03 a data limite para o esgotamento das reservas mundiais medidas + indicadas e medidas + indicadas + inferidas: as primeiras esgotar-se-iam por volta de 2008; as demais estariam completamente lavradas até 2013. A se considerar o total de recursos estimados, incluindo-se os hipotéticos e especu-

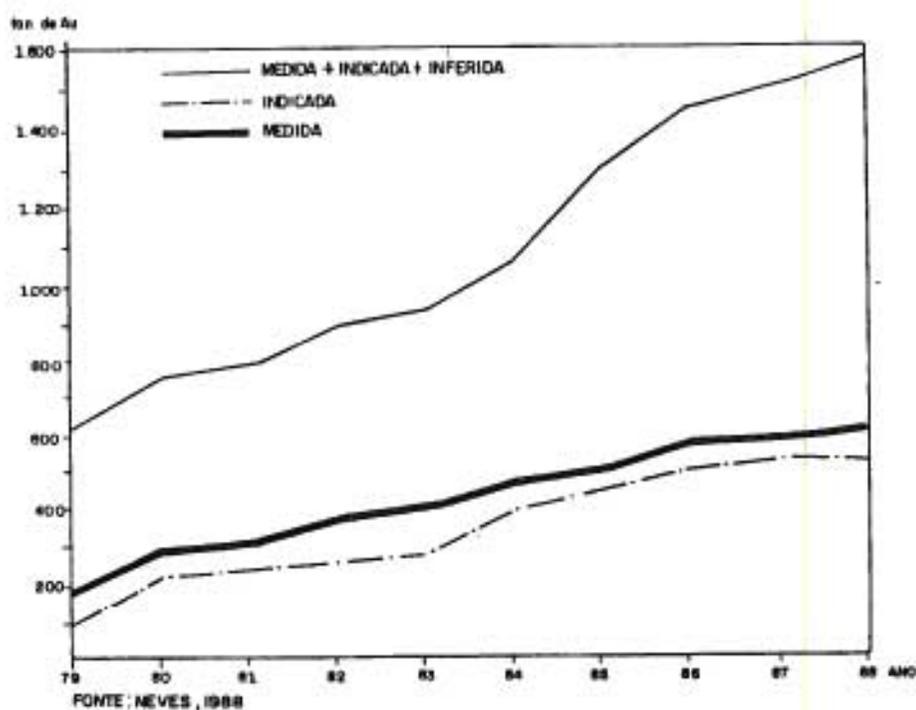


FIGURA 02 - EVOLUÇÃO DAS RESERVAS DE OURO - 1979 - 1988

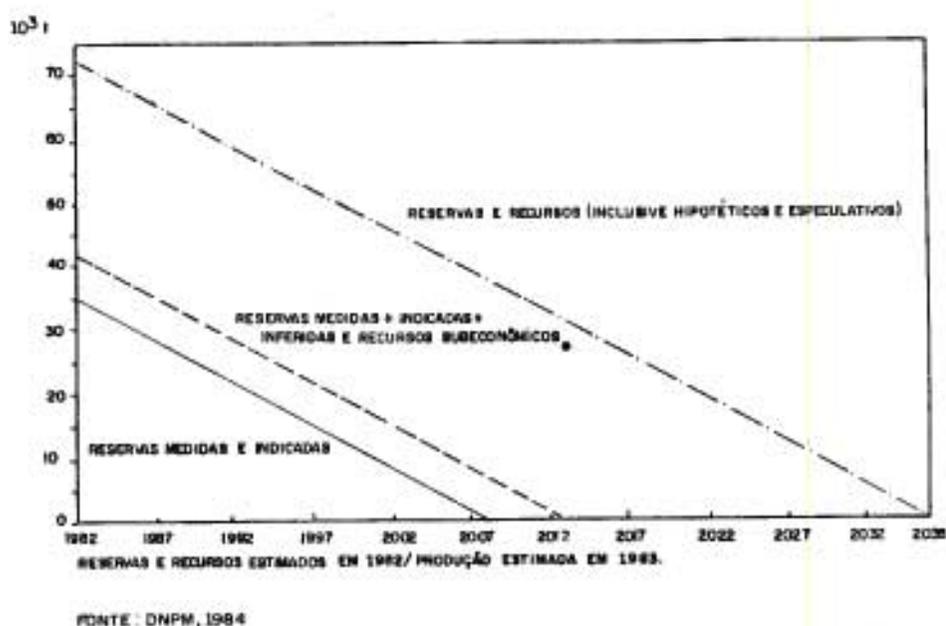


FIGURA 03 - EXAUSTÃO DAS RESERVAS E RECURSOS MUNDIAIS DE OURO .

• 1148,7 TONELADAS PARA PAÍSES CAPITALISTAS  
 350 TONELADAS PARA PAÍSES DE ECONOMIA CENTRALIZADA

lativos, o potencial aurífero mundial estará esgotado no ano de 2036 (DNPM, 1984).

#### 3.1.3.2.2 - Produção e Oferta

Considera-se como produção o ouro primário e secundário obtido, em determinada época, no mundo; a produção primária diz respeito ao metal proveniente das minas e garimpos, enquanto a produção secundária é derivada do reaproveitamento do ouro de sucatas industriais e da refusão do material de joalheria. A oferta está representada pelo ouro produzido mais aquele proveniente do desentesouramento dos setores oficial e privado.

A Tabela 4 resume os dados de produção efetiva dos 10 maiores produtores mundiais no triênio 85-87. A produção mundial, excetuando-se países comunistas, alcançou, em 1987, 1.373,4 toneladas, crescendo 6,5% em relação ao ano anterior. Estados Unidos, Canadá e Austrália lideram a produção no mundo ocidental, com 383,2 toneladas. O aumento nestes três países foi superior à queda registrada na África do Sul pelo terceiro ano consecutivo; na Austrália prevê-se um aumento de 27% na produção até o primeiro semestre de 1989.

No bloco comunista os dois maiores produtores são a URSS, com 330 toneladas, posicionada, portanto, na segunda colocação mundial, e a China, sétimo produtor mundial (Tofaneto, 1988).

A Figura 04 mostra a evolução da oferta mundial de ouro (total disponível) e a evolução da produção mundial (países capitalistas + URSS) e a dos países capitalistas. A oferta mundial a partir de 1972 marcou-se, principalmente, pela variação da quantidade do metal comercializado pela URSS. A produção

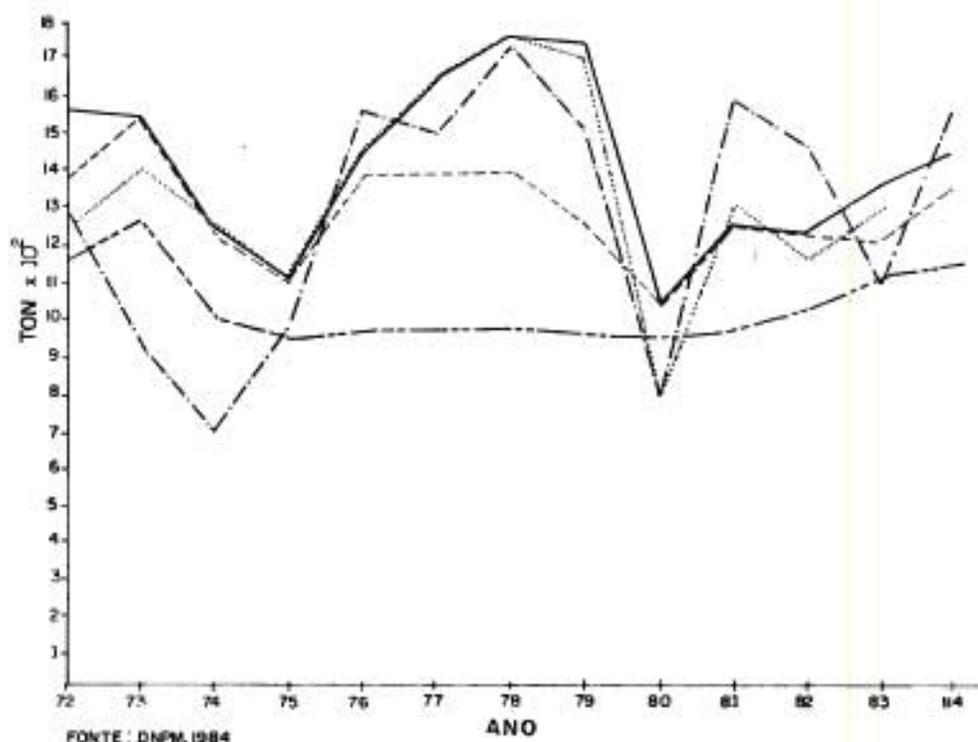
	1985	1986	1987
África do Sul	671,7	640,0	607,0
EUA	79,5	118,3	154,9
Canadá	90,0	105,7	120,3
Austrália	58,5	75,1	108,0
Brasil	72,3	67,4	83,8
Filipinas	36,9	38,7	39,5
Papua Nova Guiné	31,3	36,1	33,9
Colômbia	26,4	27,1	26,3
Chile	18,2	18,9	19,2
Venezuela	12,0	15,0	16,0
África (Outros)	51,7	52,6	63,4
América Latina (Outros)	44,8	45,3	45,8
Ásia/Oceania (Outros)	23,1	35,0	38,4
Europa	16,5	15,3	16,9
<b>TOTAL</b>	<b>1.232,9</b>	<b>1.290,5</b>	<b>1.373,4</b>

Tabela 4 - Produção mundial de ouro (excluindo países comunistas), em toneladas.

Fonte: Mining Annual Review, 1988

dos países capitalistas evoluiu de forma regular, com uma queda de 1972 até 1975, seguida por período de estabilidade até 1981, ano em que se produziu, em média 970 toneladas de ouro.

No Brasil, a produção oficial de ouro em 1987 totalizou 35,8 toneladas, quantidade 48,4% superior à produzida no ano anterior. As empresas de mineração foram responsáveis por 13,1 toneladas, 40% a mais que em 1986, ao passo que os garimpos contribuíram com 22,6 toneladas, 53% superior ao ano de 1986 (Tabela 5 e Figura 5). Estes dados referem-se apenas à parcela registrada na documentação fiscal, constituindo, assim, a produção



- TOTAL DE Au DISPONÍVEL (PAÍSES CAPITALISTAS + URSS + VENDAS DOS BANCOS CENTRAIS)
- - - - - TOTAL DE Au PRODUZIDO (PAÍSES CAPITALISTAS + URSS)
- · - · - TOTAL DE Au PRODUZIDO PELOS PAÍSES CAPITALISTAS
- - - - - TOTAL DE Au CONSUMIDO (PAÍSES DE ECONOMIA CAPITALISTA + URSS + BANCOS CENTRAIS)
- ..... TOTAL DE Au CONSUMIDO

FIGURA 04 - PRODUÇÃO x CONSUMO (INTERNACIONAL DE OURO)

FOITE : NEVES, 1988

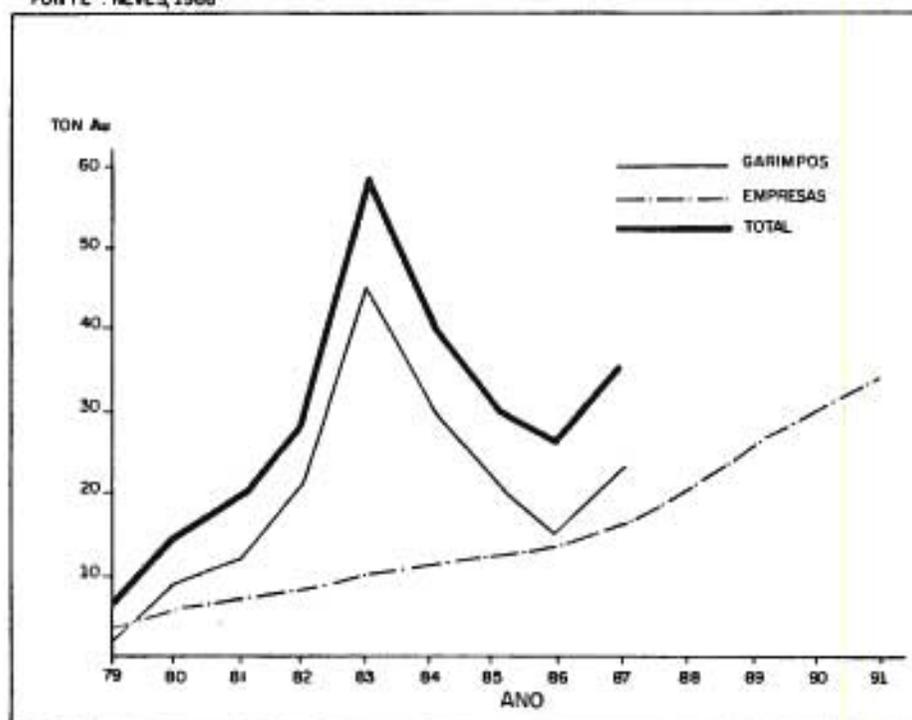


FIGURA 05 - PRODUÇÃO BRASILEIRA DE OURO (OFICIAL)

ANO	EMPRESAS	GARIMPOS	TOTAL	PARTIC. DOS GARIMPOS (%)	PARTIC. DAS EMPRESAS (%)
1966	6.142	1.260	7.402	17,0	83,0
1967	6.143	580	6.723	8,6	91,4
1968	6.068	160	6.228	2,6	97,4
1969	6.053	310	6.363	4,9	95,1
1970	5.830	370	6.200	6,0	94,0
1971	5.116	890	6.006	14,8	85,2
1972	6.338	850	7.188	11,8	88,2
1973	5.128	1.240	6.358	19,5	80,5
1974	4.761	1.100	5.816	18,9	81,1
1975	3.851	1.500	5.351	28,3	71,7
1976	3.718	1.204	4.922	24,5	75,5
1977	3.765	1.590	5.355	29,7	70,3
1978	4.008	5.351	9.359	57,2	42,8
1979	3.333	1.127	4.460	25,3	74,7
1980	4.088	9.664	13.752	70,2	29,8
1981	4.429	10.943	15.372	71,1	28,9
1982	4.616	20.901	25.517	81,9	18,1
1983	6.196	47.488	53.684	88,4	11,6
1984	6.655	30.563	37.218	82,1	17,9
1985	8.324	21.725	30.049	72,2	27,8
1986	9.348	14.776	24.124	61,2	38,8
1987	13.142	22.659	35.801	63,3	36,7

Tabela 5 - Produção oficial brasileira de ouro de 1966 a 1987, em quilos.

Fonte: Gomes, 1988

*oficialmente reconhecida.* Entretanto, a produção *efetiva* deve ter sido bastante superior, considerando-se as dificuldades em controlar o produto obtido e as vendas no mercado paralelo: estima-se que aproximadamente 50 toneladas da produção garimpeira foram contrabandeadas durante o ano de 1987, sendo que 13 quilos são reciclados e comercializados diariamente em todo o país (Gomes, 1988), o que, se computado, daria a produção efetiva em torno de 83 toneladas citada anteriormente. De 1979 a 1987 evadiram-se 192 toneladas de ouro do país. Além do contrabando, as principais razões da diminuição da produção nacional a partir de 1984 foram o aumento da produção informal nos garimpos e o incremento do volume de compra para lastro de tesouros privados, sem nota fiscal.

A atividade garimpeira de ouro representa um aspecto importante para a mineração brasileira, tendo, em 1983, respondido por 30% do valor da produção mineral e ter absorvido um contingente de mão-de-obra quatro vezes superior ao das empresas mineradoras. Os maiores garimpos situam-se no Estado do Pará, totalizando 14 áreas que, em 1987, produziram 13.346,39 kg de concentrado; os mais significativos são os de Itaituba - 6.361,44 kg, Serra Pelada - 2.406,6 kg -, Santarém - 1.663,55 kg - e Redenção - 1.283,65 kg (Gomes, op. cit.).

A produção industrial de ouro no país fica a cargo de aproximadamente 20 empresas, em que 5 delas detêm 92% do total produzido: Mineração Morro Velho, Mineração Novo Astro, Companhia Vale do Rio Doce, Mineração Porto Estrela e Caraíba Metais. Na região de Nova Lima - Raposos - Bicalho, em Minas Gerais, localizam-se as maiores minas produtoras do país, como Morro Velho e São Bento, além de 50% das reservas medidas, indicadas e inferidas.

Apesar das incertezas políticas e econômicas reinantes atualmente no país, espera-se manter o incremento da produção de ouro verificado em 1987, em virtude de novos projetos em implantação, aliado ao enorme potencial geológico aurífero já definido e por definir, incorporando, assim, novas jazidas ao patrimônio mineral nacional. É fundamental ainda o emprego de métodos racionais de lavra e beneficiamento, além da verificação das necessidades do mercado interno, a fim de gerar excedentes que possam ser tanto exportados, quanto incorporados às reservas internacionais do país.

#### 3.1.4 - Aspectos Econômicos

##### 3.1.4.1 - Demanda Mundial e Consumo

O consumo mundial de ouro advém da necessidade das indústrias, sobretudo as de joalheria e eletrônica, enquanto que a demanda é função do consumo industrial, acrescido de entesouramento dos setores oficial e privado, quer para armazenamento como reserva de liquidez internacional ou com fins especulativos ou de investimentos.

A grande demanda do metal sempre esteve vinculada à sua utilização monetária, sendo que a maior parcela de produção mundial é dirigida aos tesouros nacionais ou bancos centrais. Entretanto, a partir da década de 50 as compras para usos industriais e para investimento/especulação, têm-se mostrado superiores às aquisições oficiais. Com o advento do mercado livre em 1968, a demanda mundial acha-se controlada por expectativas que envolvem uma gama variável de fatores, tais como o nível de confiança nas moedas correntes (inflação), taxas de juros vigen-

COMPONENTES	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<b>Demanda Industrial</b>	1.346	845	725	974	1.386	1.426	1.596	1.317	545	1.033	1.076	1.002	-
. Joalheria	999	508	216	516	977	1.004	1.004	728	126	595	715	598	818
. Eletrônica	105	124	91	66	74	76	89	99	89	90	85	97	123
. Odontológica	66	67	57	62	77	85	91	87	62	64	61	53	52
. Outros usos ind.	71	72	67	58	65	67	75	79	66	65	62	58	-
. Medalhas, medalhões	42	20	7	21	51	52	50	33	16	27	22	31	-
. Moedas oficiais	63	54	287	251	182	142	287	291	186	192	131	165	130
<b>Demanda p/Entesouram.</b>	151	547	511	130	48	206	148	385	265	276	85	297	-
. Setor público	151	-	-	-	-	-	-	-	230	276	85	-	-
. Setor privado	-	547	511	130	48	206	148	285	35	-	-	297	-
<b>Demanda Total</b>	1.497	1.392	1.236	1.104	1.394	1.632	1.744	1.702	810	1.309	1.161	1.299	1.554

Unidade = tonelada

Tabela 6 - Demanda mundial por ouro - 1972 - 1984.

Fonte: DNPM, 1984

Nota: Não inclui a demanda atendida pela oferta proveniente da produção secundária. Assumiu-se como demanda do setor privado a diferença entre a oferta total e as demandas industrial e do setor público, desconsiderando-se eventuais estoques comerciais.

tes no mercado e flutuações nos preços futuros, influenciando, assim, a demanda atual.

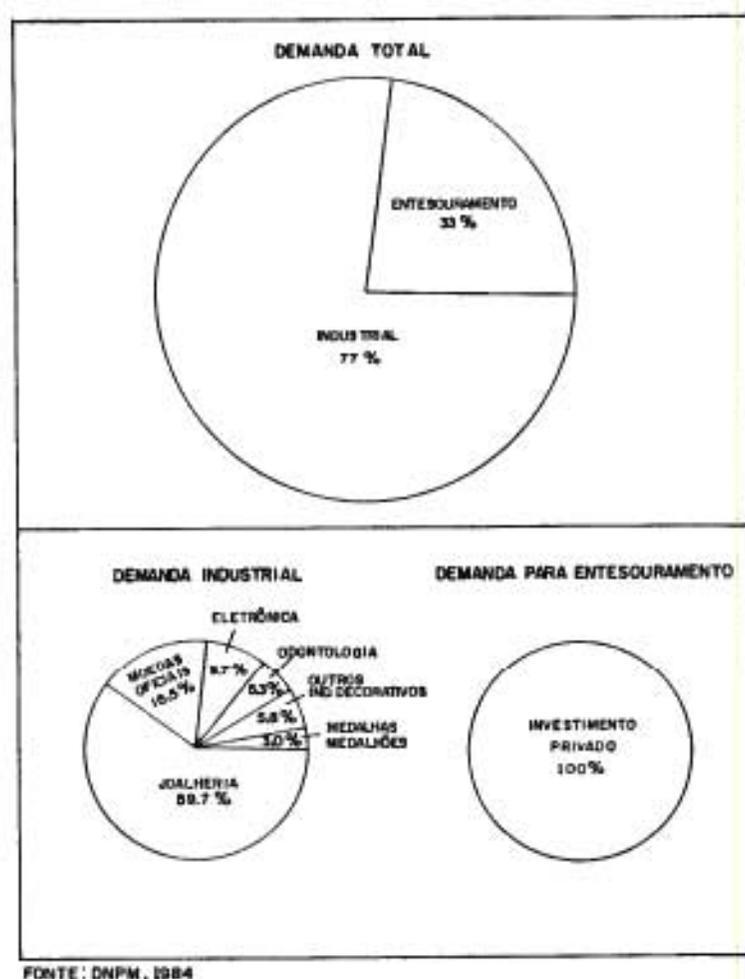
Nas Tabelas 6 e 7 encontra-se a evolução da demanda mundial, à exceção dos países comunistas, no período 1972-1983 e o consumo por atividade nos países desenvolvidos e em desenvolvimento; a Figura 06 mostra a estrutura da demanda mundial em 1983.

	PAÍSES DESENVOLVIDOS		PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	
	1986	1987	1986	1987
Joalheria	552,5	549,7	551,8	588,5
Eletrônica	119,5	118,1	4,2	5,6
Odontologia	49,2	45,2	1,6	2,8
Outras Indústrias	50,9	51,3	5,3	5,8
Medalhas e Moedas- -Fantasia	4,2	6,7	7,5	8,4
Moedas Oficiais	297,2	166,5	29,4	40,8
<b>TOTAL</b>	<b>1.073,5</b>	<b>937,5</b>	<b>599,8</b>	<b>651,9</b>
Total geral em 1986, nos dois grupos de países = 1.673,3 t				
Total geral em 1987, nos dois grupos de países = 1.589,4 t				

Tabela 7 - Consumo de ouro por atividade (em t) nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Fonte: Tofaneto, 1988

A demanda mundial total é intensamente influenciada pelo setor joalheiro e pelo entesouramento, onde o consumo é, obviamente, controlado pelo preço do metal, numa nítida relação inversa. Pela Tabela 6 nota-se que a menor demanda mundial ocorreu em 1980, onde o setor joalheiro, antes forte comprador, decresceu seu investimento para 126 toneladas do metal. Esta si-



**FIGURA 08** - ESTRUTURA DA DEMANDA MUNDIAL POR OURO - 1983

tuação se reverte de forma surpreendente em 1984, quando o mesmo setor aumenta o seu consumo para 818 toneladas. Os setores odontológico e de moedas são relativamente estáveis; o setor eletrônico aparece como dos mais promissores, permanecendo estável até 1982, para, a partir daí, mostrar um aumento médio de 20 toneladas/ano (Hunter, 1988).

A Tabela 7 mostra que o consumo mundial de ouro em 1987 foi de 1.589 toneladas, quantidade 5% inferior à dos anos anteriores. Desse montante, o setor joalheiro consumiu 1.138 toneladas (3% a mais que em 1986), sendo o aumento significativo

JOALHERIA		
PAÍS	EM 1986	EM 1987
Itália	218,0	203,0
Índia	88,4	99,2
EUA	81,8	79,9
Japão	77,4	77,5
Turquia	44,4	61,4
Taiwan	20,2	43,3
Alemanha Ocíd.	31,0	35,7
Hong Kong	18,5	26,0
Arábia Saudita	22,0	23,0
França	19,9	20,4
ELETRÔNICA		
Japão	52,1	47,8
EUA	38,3	41,4
Reino Unido/Irlanda	8,8	9,2
Alemanha Ocíd.	7,9	8,4
Suíça	2,9	2,9
França	2,6	2,4
Holanda	2,5	2,0
Coréia do Sul	1,5	2,0
Iugoslávia	1,3	1,3
Cingapura	1,2	1,3
MOEDAS OFICIAIS		
EUA	57,7	65,6
Canadá	42,2	42,7
Japão*	182,0	16,6
Austrália	1,2	15,4
Bélgica	0,0	14,4
Coréia do Sul	0,0	13,7
Reino Unido/Irlanda	2,8	12,7
Turquia	9,5	12,0
México	15,8	5,7
Suíça	0,0	3,1

\* Em 1986 o grande consumo no Japão se deveu ao 60º aniversário do acesso ao trono do Imperador Hirohito.

Tabela 8 - Os dez maiores consumidores mundiais de ouro nos setores de joalheria, eletrônica e moedas oficiais, em toneladas.

Fonte: Tofaneto, 1988

	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Banco Central	17,3	37,8	30,4	25,0	9,2	22,8
Investimento	15,0	17,5	23,5	20,0	20,0	41,3
Joalheria	18,0	1,0	(-5,0)	12,5	20,0	9,0
Odontologia	6,0	5,0	5,0	5,0	2,5	1,0
Indústria	1,5	1,0	1,1	1,5	2,0	2,0
Exportação	4,2	8,4	25,0	26,4	22,3	20,0
Estoques em Minas, Plantas de Trata- mento	-	-	-	-	-	1,7
Consumo Total	62,0	70,7	80,0	89,9	76,0	97,8

Tabela 9 - Brasil-Evolução do Consumo de Ouro (em toneladas - inclui reciclagem).

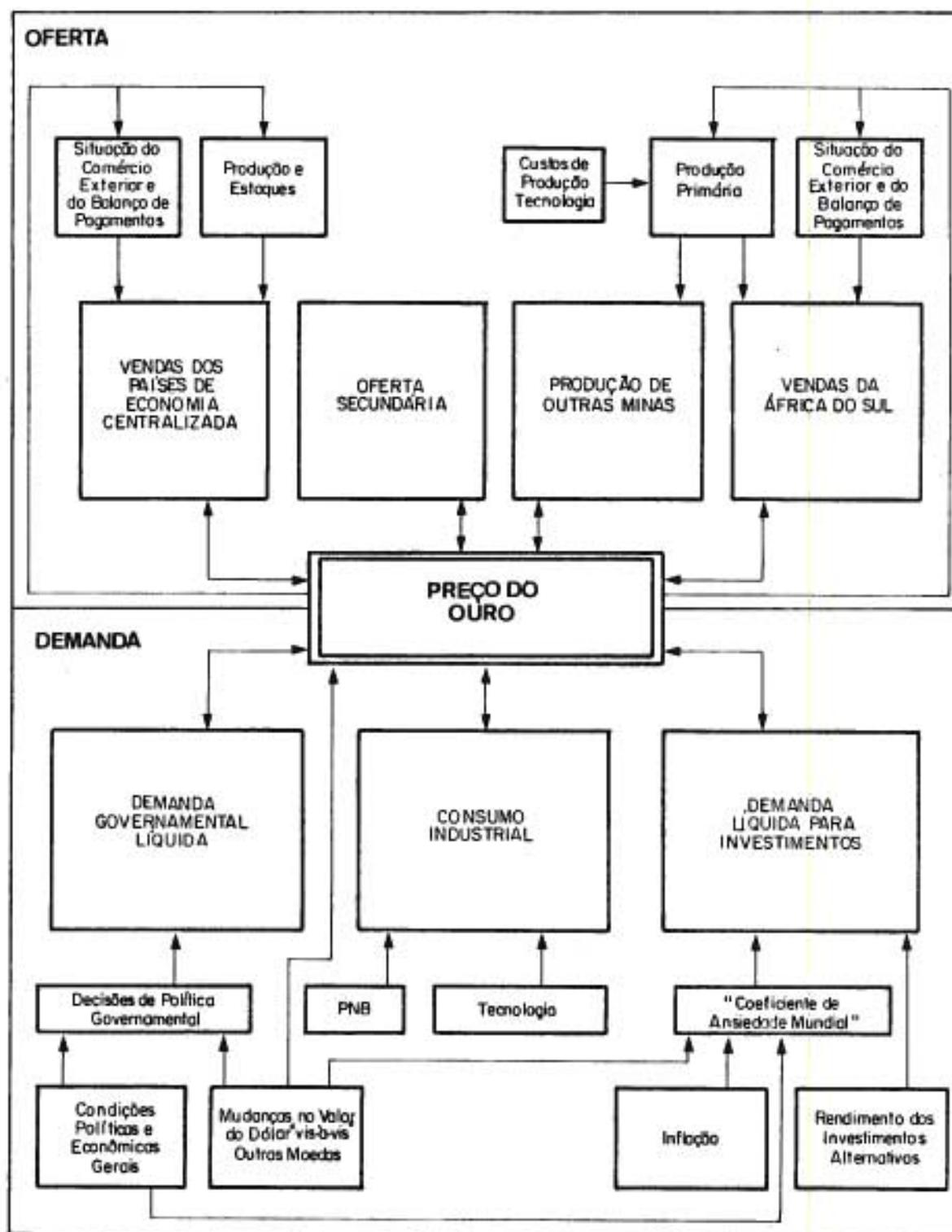
Fonte: Tofaneto, 1988

observado nos países em desenvolvimento. O consumo para cunhagem de moedas oficiais foi de 166 toneladas em 1987, com uma queda a centuada em relação ao ano anterior.

As vendas efetuadas pelos países comunistas para o mundo ocidental foram de 303 toneladas em 1987, 24,66% a menos que no ano anterior (Tofaneto, 1988).

Na Tabela 8 encontram-se os 10 maiores países consumidores de ouro nos setores de joalheria, eletrônico e de moedas oficiais.

No Brasil, o interesse dos investidores pelo metal como ativo financeiro e cambial vem sendo, desde 1987, o destaque ao lado da demanda. A Tabela 9 mostra que a procura como investimento saltou de 20 toneladas em 1986 para 41,3 toneladas em 1987; 22,8 toneladas foram como reserva para o Banco Central;



FONTE : DNPM , 1984

FIGURA 07 - INFLUÊNCIA SOBRE A FORMAÇÃO DO PREÇO DO OURO .

20 toneladas foram exportadas, 9 foram consumidas pelo setor joa<sub>l</sub>heiro, 2 pela indústria, 1 pela odontologia, totalizando um con<sub>s</sub>umo de 97,8 toneladas do metal.

Conclui-se que em todo o mundo o ouro voltou a ser o grande refúgio dos investidores que perseguem um ativo de valor real e líquido, não importando as incertezas das políticas econômicas e sociais de cada governo.

#### 3.1.4.2 - Preços e Mercado

O preço do ouro no mercado mundial sofre influên<sub>ç</sub>ia direta de uma gama variada de fatores, sobretudo os polít<sub>i</sub>cos, que atuam tanto a curto quanto a longo prazos. São comumen<sub>t</sub>e mencionados na literatura os seguintes fatores que influem na cotação do metal (Figura 07):

- a) conjuntura econômica mundial (inflação nos paí<sub>s</sub>es desenvolvidos);
- b) instabilidade governamental nos países produ<sub>t</sub>ores;
- c) conflito no Oriente Médio;
- d) ameaças de guerra;
- e) política econômica da URSS (venda ou compra de ouro dos países ocidentais);
- f) performance da safra agrícola de grãos da URSS;
- g) entesouramento dos países produtores de pe<sub>t</sub>róleo;
- h) leilões do Fundo Monetário Internacional;
- i) investimentos privados face à incertezas po-

líticas;

j) comportamento cambial da moeda de referência à cotação do ouro;

l) custos operacionais elevados nos trabalhos de mineração a grandes profundidades;

m) redução dos teores nas jazidas em produção;

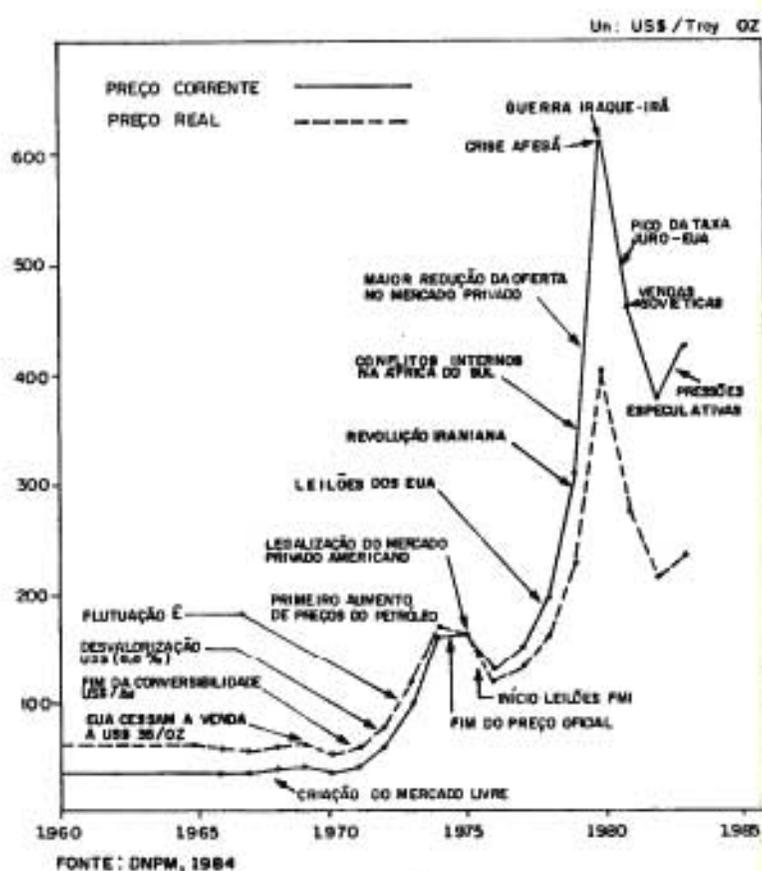
n) perspectivas de exaustão nas jazidas de origem primária em atividade;

o) produções irregulares nos depósitos secundários e

p) maior utilização do ouro em tecnologias sofisticadas (Costa, 1980, in DNPM, 1984).

A partir da Primeira Guerra Mundial a maior parte dos países do mundo adotou o ouro como padrão monetário. Em 1922 o metal passou a compor reservas nacionais dos países industrializados no Ocidente; em 1934 os Estados Unidos resolveram garantir o preço fixo do metal a US\$ 35,00/oz.tr.. No final da Segunda Guerra Mundial, em 1944, criou-se, na Conferência de Bretton Woods, o Fundo Monetário Internacional e o ouro passou a desempenhar duas grandes funções no sistema monetário internacional: constituir a unidade de conta do sistema e transformar-se no principal ativo de reservas de liquidez internacional. Questões relacionadas à política e à economia mundiais impuseram dois reajustes do preço oficial fixado em Bretton Woods: em 1971, a US\$ 38,00/oz.tr. e em 1973, a US\$ 43,22/oz.tr.. Nesta ocasião o preço oficial já se encontrava completamente defasado do preço do mercado livre criado em 1968 e estourou a partir de 1971, quando o governo norte-americano desobrigou a conversibilidade em dólar de todo o seu ouro disponível (Figura 08).

A alta nos preços ocorrida entre 1974 e 1975 é a



**FIGURA 08 - EVOLUÇÃO DO PREÇO MÉDIO ANUAL DO OURO EM LONDRES - 1960-1983**

parente, tendo sido causada, principalmente, pela queda do metal em 1976 e da sua elevada disponibilidade mundial devido aos leilões do Fundo Monetário Internacional. A partir daí houve um acentuado aumento até 1980 - US\$ 612,38/oz.tr., em consequência da guerra Irã x Iraque e do atentado ao presidente norte-americano Ronald Reagan. Deste ano em diante a tendência geral tem sido descendente, em virtude, sobretudo, das altas taxas de juros do mercado americano.

Em 1987, o preço médio do ouro foi estável em ienes japoneses, em francos suíços e em marcos alemães; em dólares americanos atingiu US\$ 446,53/oz.tr., superior US\$ 79,00 ao ano anterior e no seu nível mais elevado desde 1981, possivelmente devido ao aumento da demanda de investimentos.

No Brasil, além das influências das oferta e demanda internas, os preços do ouro variam conforme as cotações alcançadas nos mercados de Nova Iorque e Londres. Preços estipulados pela Caixa Econômica Federal, mediante autorização do Banco Central, são função do local da transação e do vendedor, seja em presa, garimpeiro ou intermediário.

Como se vê, os preços atingidos pelo metal vão muito além da simples e clássica "lei da oferta e da procura", ficando à mercê de fatores complexos e variados, fixados de acordo com a conjuntura sócio-econômico-política mundial.

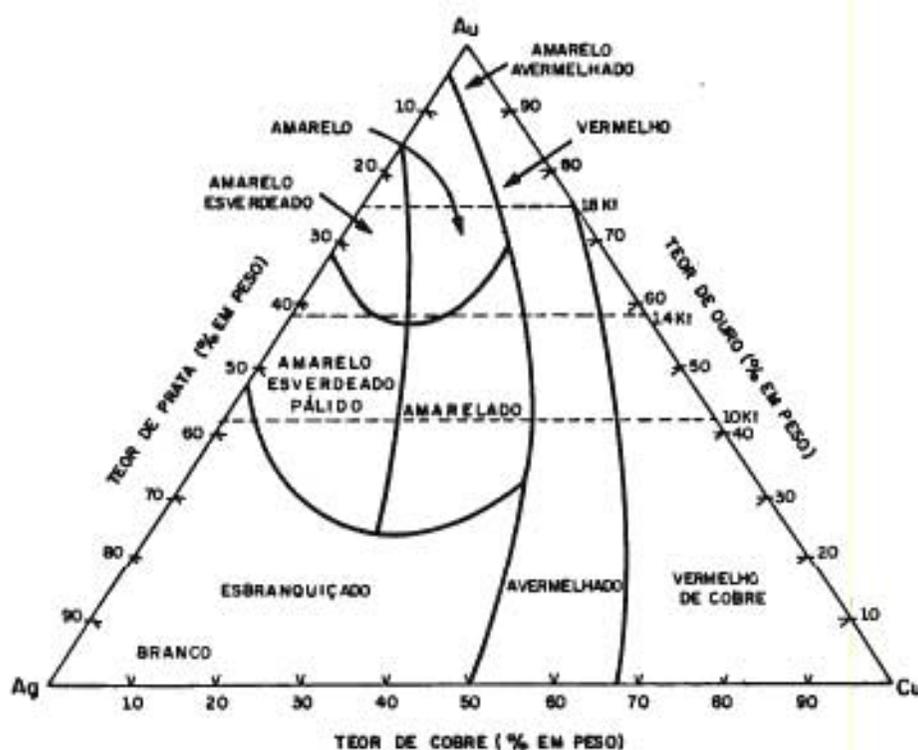
#### 3.1.5 - Utilizações

Devido às suas propriedades físico-químicas particulares e à sua beleza estética, o ouro encontra vasta aplicação em setores distintos, tais como joalheria, indústrias em geral, odontologia, reservas de valor e como meio internacional de pagamento, onde os dois últimos absorvem em torno de um terço de todo o metal extraído no mundo.

Na *indústria joalheira*, que, consumiu, em 1987, 1.138 toneladas, conforme já comentado, o ouro vem sendo utilizado desde as civilizações orientais mais antigas, principalmente assírios, egípcios, e etruscos, atingindo o seu clímax no Barroco, com a ourivesaria sagrada e profana dominando as realizações das artes gótica e renascentista.

Para ser empregado na joalheria, o metal exige prévia purificação, uma vez que em estado nativo nunca se mostra totalmente isento de impurezas, além de requerer, pelas suas propriedades físico-químicas, a formação de ligas com certos metais, como prata, cobre, zinco, níquel, paládio e alumínio, o que in-

flui diretamente na coloração, no brilho, na dureza e no valor da peça trabalhada (Figura 09).



PONTE: METAMIG, 1981

**FIGURA 09** - FAIXA DE COMPOSIÇÃO EM PORCENTAGEM/PESO PARA VÁRIAS CORES DE LIGAS OURO/PRATA/COBRE

Como *matéria-prima industrial* o ouro é empregado nas indústrias elétrica, eletrônica, química e têxtil. Devido à sua densidade, ductibilidade, baixa corrosão e boa condução de calor e eletricidade, o metal é usado para reduzir a resistência em contatos elétricos; suas propriedades lubrificantes capacitam-no para a indústria eletrônica, em circuitos de semicondutores em circuitos integrados e relés. Outras aplicações são verificadas em condutores para "plugs" telefônicos, circuitos impressos, circuitos condutores de baixa energia, potenciômetros de alta resistência, resistores-padrão, guias de onda, tubos de elétrons, válvulas termiônicas, equipamentos de vácuo, satélites, cabos submarinos e capacitores.

A *indústria química* utiliza ligas metálicas com

ouro em extrusão de soluções alcalinas de "rayon viscose", em essências para perfumaria, em tanques pressurizados de amônia líquida e, sobretudo, em válvulas de segurança para proteção contra pressões elevadas.

Na *indústria têxtil* o ouro é empregado devido à elevada refletividade óptica e excelente radiação, sendo, ainda, absorvido pelas indústrias de impressão, papel, plásticos, produtos alimentícios, laminação de vidro, visores, equipamentos espaciais, janelas isolantes, dentre outras.

A *construção civil* utiliza-se de pós de ouro e bronze para revestimentos em cúpulas de edifícios, florões, sancas e pilastras.

Na *odontologia* é empregado sob a forma de pó, folhas ou malha, em grau de elevada pureza ou em ligas, além de soldas, como elemento para prótese dentária.

Em estado líquido, em pastas, puro ou em ligas o metal encontra aplicação nas indústrias cerâmica, porcelana, fibra de vidro, cristais, trabalhos de douração, termômetros para baixas temperaturas, fusíveis térmicos, alvos de raios-X e cápsulas para reagentes submetidos a elevadas condições de pressão e temperatura.

A *medicina* emprega o ouro desde a Idade Média, quando os árabes utilizavam-no para tratamento de melancolia, palpitação e falta de ar. No início do século XIX, com o desenvolvimento da homeopatia, o metal passou a ser empregado na cura de depressões profundas, no tratamento de afecções ósseas destrutivas, distúrbios glandulares e afecções do sistema reprodutivo. O iodeto de ouro é empregado, na homeopatia, para tratar arteriosclerose e espasmos da laringe; o cloreto de ouro destina-se às moléstias do coração e útero.

O emprego do ouro para fins *monetários* remonta ao século VIII a.C., quando moedas eram cunhadas na Lídia e na Jônia. Atualmente, após uma série de mudanças ocorridas ao longo da história mundial no tocante à relações monetárias, o metal constitui grande ativo de interesse, conforme já comentado em páginas anteriores.

### 3.2 - Ferro

#### 3.2.1 - Definições e Especificações

A energia que coloca em movimento a moderna indústria é derivada basicamente do carvão, mas o sustentáculo que suporta todo o desenvolvimento industrial é originado do ferro e do aço. Este é indispensável à civilização moderna; por seu baixo preço e elevada versatilidade é que a indústria pode fabricar, em 20 dias, a produção combinada de alumínio, magnésio, cobre, chumbo, zinco e estanho durante todo um ano. Assim sendo, o aço é tido como um barômetro industrial e o minério de ferro, fonte primária do elemento, passou a ser o metal básico mais amplamente utilizado pelo homem moderno: o consumo mundial desta matéria-prima é cinquenta vezes superior ao do alumínio, segundo metal com uso mais intensivo na metalurgia.

O minério de ferro é uma substância mineral que, quando aquecida na presença de um agente redutor, produz ferro metálico. O aço é simplesmente o ferro que teve a sua dureza e qualidade modificadas pela adição de carbono e outras ligas.

De forma simplificada, tem-se que os minerais de ferro subdividem-se, conforme o teor em: a) chamoisita (Mg, Fe),  $Fe_3^{3+}(AlSi_3)O_{10}(OH)_2$ , com até 42% Fe; b) pirita  $FeS_2$ , com até

46,6% Fe e siderita  $\text{FeCO}_3$ , com até 48,2% Fe; c) limonita, mistura de óxidos hidratados, com 62,9% Fe; d) hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , com até 69,9% Fe e e) magnetita,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , com 74,4% Fe. Os principais depósitos mundiais constituem-se em 3 grupos:

a) hematita de alto nível com 60-65% Fe, encontrada na Austrália, África Ocidental e do Sul, Índia e Brasil;

b) magnetita fina associada a quartzo, silicato e carboreto de ferro com teor acima de 65% Fe, comum na América do Norte e URSS e

c) magnetita maciça, representada por pequenos depósitos na Suécia e Peru (SEMIN, 1984).

Na natureza, todo minério de ferro contém alguma impureza, como por exemplo, oxigênio, sílica, alumínio, magnésio, enxofre, arsênio, titânio e fósforo, que tendem a reduzir a porcentagem de ferro metálico. Dentre estas, o enxofre, titânio e fósforo são as mais indesejáveis, uma vez que tendem a enfraquecer o ferro e dificultar a manufatura do aço.

Após a extração, o minério de ferro é britado e peneirado em diversas frações, visando à sua utilização nos processos siderúrgicos. De acordo com a granulometria final, recebe as seguintes designações: a) "lump": partículas com diâmetro de 1/4 polegada ou mais; b) finas, com diâmetro inferior a 1/4 polegada; c) "sinter-feed", consiste principalmente de finos maiores que 100 mesh; d) "pellet feed", ou finos menores do que 100 mesh. Os produtos da planta de beneficiamento são designados concentrados e classificados como grosseiro (maiores que 1/4") ou finos (menores 1/4"). Os concentrados finos ou minérios naturais são aglomerados para facilitar o transporte e a fundição e recebem o nome de "pellets", "sinter", "briquets", dentro outros, dependendo do processo empregado na aglomeração (Peterson, 1980).

### 3.2.2 - Retrospectiva Histórica

A utilização do ferro pelo homem é extremamente antiga; os seres primitivos não conheciam o segredo de sua obtenção e dependiam das esparsas descobertas de ferro meteorítico e em pequenas escavações para produzir o fogo. Mas onde quer que tenha sido revelado, o metal foi amplamente empregado por civilizações antigas, como chineses, indianos, babilônicos, sírios e, sobretudo, egípcios. No início da idade do bronze, há 2000 anos a.C., já se confeccionavam implementos em ferro, sendo que os egípcios produziram os primeiros utensílios do metal-lâminas para foices - há milhares de anos atrás. Há 800 anos a.C. a maioria das nações já dominavam o seu emprego.

O início da idade do ferro é fixado em 1200 anos a.C., tendo nascido na Ásia Menor. A sua fundição, a partir dos óxidos, traduz-se num processo quimicamente simples, no qual o carbono, sob a forma de carvão coque, e o óxido de ferro, reagem em elevadas temperaturas para formar ferro metálico e  $\text{CO}_2$ ; adiciona-se, ainda, um fluxo calcário ( $\text{CaCO}_3$ ), que se combina com as impurezas removidas na escória. Processos tecnológicos foram sendo gradativamente aperfeiçoados ao longo da história da fundição do ferro, através da seleção do tipo de minério e obtenção de temperaturas suficientemente elevadas.

Com o ferro, o processo de fundição é, na maioria das vezes, apenas o passo inicial numa longa operação industrial, na qual o minério é transformado em ferro-gusa, de ferro-gusa em aço e, após isto, o aço é preparado para obter maiores tenacidade e resistência à corrosão e adota uma enormidade de formas ou chapas distintas num processo integrado.

Até o início do século XIV, todo o metal era pro

duzido em forjas primitivas, nas quais se colocava uma carga de carvão vegetal, minério de ferro e fluxo calcário, em uma corrente de ar. Estas forjas, desenvolvidas pelos espanhóis e conhecidas como "catalãs", eram pequenas e capazes tão-somente de reduzir o óxido de ferro metálico; não era possível fundir o metal, obtinha-se apenas uma massa viscosa de grãos incandescentes de ferro soldados entre si; a escória e outras impurezas eram separadas por golpes de martelo e originavam, assim, o ferro forjado.

Como consequência da crescente demanda do metal, as forjas foram incrementadas, necessitando-se de uma corrente de ar mais intensa. Assim, atingiram-se temperaturas cada vez mais elevadas, obtendo-se a fusão do ferro, nos precursores dos atuais altos fornos. Todo este processo foi desenvolvido e aperfeiçoado na Bélgica e na Prússia, por volta de 1340, e a partir destes países espalhou-se por toda a Europa central. A elevada quantidade de ferro-gusa produzida daí em diante estabeleceu os fundamentos da moderna indústria siderúrgica.

No século XIX ocorreram intensos progressos, responsáveis pelas bases da tecnologia atual; as principais descobertas e aperfeiçoamentos relacionam-se a processos econômicos para produção de aços puros a partir do gusa; a procedimentos mais eficientes nos altos fornos, incluindo o uso de carvão coque em substituição ao carvão vegetal; a outros métodos de redução de minérios de ferro; a métodos de utilização de minérios contendo impurezas indesejáveis e a métodos de processamento de minérios de baixo teor.

A união entre a fundição do ferro e a produção do aço - inicialmente duas indústrias separadas - num só processo nas siderúrgicas integradas e contínuas do século XX propiciou maiores reduções no insumo de combustível. Nos últimos 150

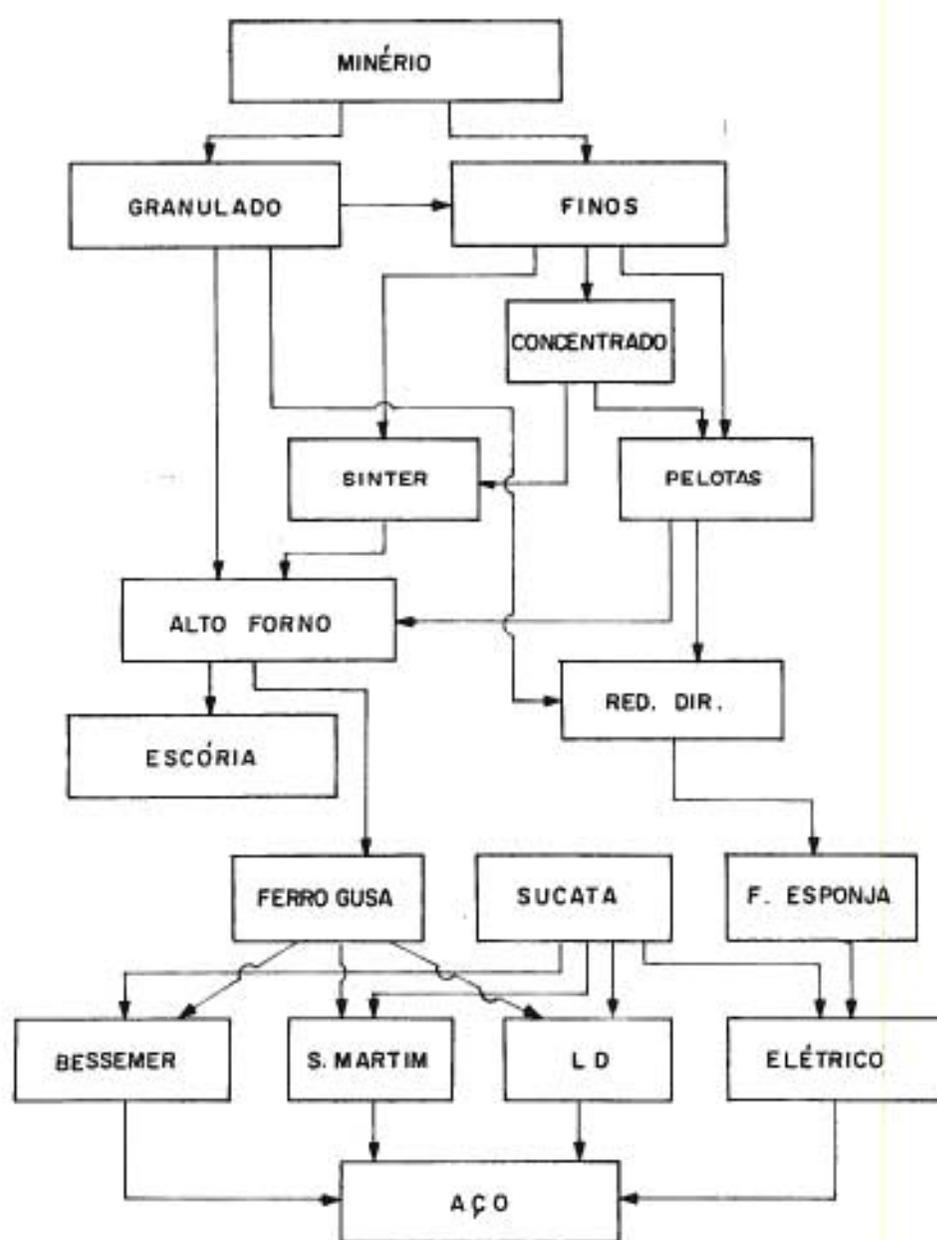
anos, notáveis economias foram obtidas pela introdução, na produção do aço, do processo LD com uso de oxigênio. Este processo, batizado em homenagem às cidades austríacas Linz e Donawitz onde foi desenvolvido, baseia-se no lançamento de uma rajada de oxigênio a alta pressão sobre a carga do conversor, diminuindo as necessidades de combustível em até um terço.

Nos Estados Unidos, em 1856, é desenvolvido o conversor Bessemer, que produzia aço a baixo custo a partir de minério de ferro não fosfórico. Na Inglaterra surge, em 1869, o forno Siemens-Martin, que melhorou a qualidade do aço obtido, também de minérios não fosfóricos. Entretanto, o emprego de minérios fosfóricos só foi possível após o grande avanço técnico surgido com o processo Gilchrist Thomas, em 1878/79, que revestia o conversor ou o forno com material de reação química básica (calcário dolomítico), capaz de extrair o material fosfórico sem danificar o revestimento do forno.

Os três estágios na manufatura do aço - redução do minério, purificação e modelagem do metal - têm caracterizado, como se vê, todo o desenrolar do processo metalúrgico desde os dias iniciais, apesar de as técnicas e equipamentos terem sido sensivelmente aperfeiçoados. Não obstante todo o progresso, a essência tecnológica permanece.

A Figura 10 mostra a estrutura da indústria siderúrgica moderna.

A história da indústria da mineração do ferro no Brasil tem estreita relação com a indústria do aço. Durante a década de 1930, a produção nacional de minério de ferro e aço bruto era incipiente e pouco significativa dentro do cenário mundial, uma vez que no final da década atingiu-se a modesta cifra de 111.000 toneladas de aço e a exportação de minério de ferro



FONTE: OLIVEIRA E GIMARÃES, 1986.

**FIGURA 10** - ESTRUTURA DA PRODUÇÃO SIDERÚRGICA.

era inexistente. A eclosão da Segunda Guerra Mundial boicotou as tentativas de incremento da exportação regular em consórcio com capitais alemães e ingleses. Por outro lado, este fato possibilitou a criação, em 1942, de duas empresas que viriam a se tornar as maiores forças na exploração e comercialização de minério de ferro no País: a Companhia Vale do Rio Doce - CVRD - e a Companhia Siderúrgica Nacional - CSN. Compromissos firmados entre os governos brasileiros e norte-americanos durante a guerra consubstanciaram o acordo do "lease and lend agreement", onde os EUA forneceriam equipamentos para que o Brasil criasse uma usina siderúrgica integrada e uma empresa mineradora que fornecesse minério de ferro aos países aliados. Criou-se, assim, a CSN, em Volta Redonda e a empresa CVRD. Já em 1942, a empresa exportou cerca de 40.000 toneladas de minério de ferro; em 1947 embarcou 170.000 toneladas; 1,5 milhões de toneladas em 1952; 3,2 milhões em 1959 e aproximadamente 6 milhões de toneladas foram vendidas ao exterior em 1962 (SEMIN, 1984). Desta forma, é lícito considerar o final da década de 1940 como o marco histórico na exportação de minério de ferro do Brasil.

Profundas modificações ocorriam, na década de 1960, nos processos de produção siderúrgica, como a utilização de novas técnicas, localização de grandes complexos próximos ao litoral e incremento da produção de aço através da participação japonesa.

Dentre todas as inovações tecnológicas desenvolvidas nesta época, a principal foi o início da produção em altos fornos de grande capacidade e que exigiam matéria-prima homogênea e de excelente qualidade, determinando assim a criação do "sinter-feed". Este, atualmente, representa a quase totalidade da demanda mundial.

Em 1971 foram exportadas, a partir do porto de Tubarão, 25,2 milhões de toneladas de minério onde a participação do país no mercado transoceânico evoluiu de 6% em 1966 para 15% em 1982.

Com o recrudescimento da crise econômica mundial nos anos 80, verifica-se redução nos níveis de demanda do mercado para a grande parte dos produtos de exportação brasileira. Não obstante tal situação, as exportações do minério evoluíram 6,5%, passando de 61 milhões toneladas em 1980 para 65 milhões toneladas em 1982. Em 1983 ocorreu redução de 11,7% no volume de exportações, com 74,5 milhões toneladas.

Em 1986, de acordo com dados publicados no Sumário Mineral, a quantidade efetivamente exportada foi de 95.288.464 toneladas, com crescimento de 0,01% em relação ao ano anterior. Os principais países importadores foram: Japão, com 29,2%, Alemanha Ocidental, com 17%; Itália, com 6,4%, Bélgica, 5,2%; Estados Unidos, com 4,2%; França 3,8%; Coréia do Sul, 3,2%; Romênia, 2,5%; China Continental, 2,5%; Reino Unido, 2,3%, além de vinte outros países.

Conclui-se, a partir disto, que o desempenho do minério de ferro nos últimos anos, apesar da alternância de períodos de redução e aumento da demanda externa, mantém participação constante e importante na pauta de exportação brasileira, o que comprova a tradição do insumo no mercado externo.

### 3.2.3 - Aspectos Geológicos

#### 3.2.3.1 - Contexto Geológico dos Depósitos Ferríferos

O ferro é, em ordem de abundância, o quarto elemento formador de rocha, compreendendo aproximadamente 5% da crosta terrestre. Pequena parte do metal é concentrada por processos sedimentares, ígneos ou metamórficos em depósitos com teores médios em torno de 68% (Peterson, 1980).

As maiores concentrações de ferro são encontradas em formações ferríferas sedimentares com idade pré-cambriana e constituem o grande volume de recursos mundiais do metal. São extraídas nos Estados Unidos, Canadá, América do Sul, África, Índia, Austrália e URSS. As formações consistem basicamente de magnetita ou hematita fina e quartzo, com quantidades acessórias de silicatos e carbonatos de ferro, e teores entre 20-40% Fe; são localmente enriquecidas pela remoção da sílica e conseqüente oxidação dos minerais ferrosos. Os minérios de alto teor são classificados como pertencentes a depósitos residuais ou de substituição, em função da remoção da sílica ter sido ou não acompanhada da introdução de óxidos de ferro; neste caso, os minérios residuais chegam a atingir 50-60% Fe; os de substituição contêm 64-68% Fe. Os primeiros são encontrados no Lago Superior, Canadá e URSS; os últimos nos Estados Unidos, Canadá, Quadrilátero Ferrífero, Mauritânia e África do Sul.

Outra classe de depósitos sedimentares são os minérios oolíticos de idade Paleozóica e Cretácea, abundantes no sudeste dos Estados Unidos e Europa Ocidental. Tais formações exibem teores médios entre 25 e 35% Fe, raramente excedendo 48%

Fe; consistem de hematita fina, quartzo, chamoisita e siderita; calcita é comum e o teor de fósforo deste minério muitas vezes dificulta o beneficiamento.

Depósitos de magnetita maciça, de origem ígnea e idade pré-cambriana, são de dois tipos: segregação magmática e substituição metamórfica de contato. Os primeiros têm concentrações de ferro que variam entre 60% - 65% e são encontrados nos Estados Unidos e Suécia. Os depósitos metamórficos de contato podem conter até 65%, dependendo da intensidade da substituição e são encontrados no oeste dos Estados Unidos, México e Peru.

No Brasil, os depósitos ferríferos de grande importância localizam-se no Quadrilátero Ferrífero (MG) e em Carajás (PA). O primeiro, que compreende as cidades de Belo Horizonte ao norte, Congonhas do Campo, no extremo oeste, Ouro Preto e Mariana no extremo sudeste e Santa Bárbara, Rio Piracicaba e João Monlevade no extremo nordeste, possui 7 mil km<sup>2</sup> e constitui-se por rochas pré-cambrianas com idades que variam de 2,8 b. a. a 500 m.a., cujas formações ferríferas são conhecidas desde a época dos bandeirantes.

De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro de 1987, as reservas medidas de minério de ferro no Estado de Minas Gerais são da ordem de 8.107.051.498 toneladas; as indicadas de 3.568.495.898 toneladas e as inferidas de 18.609.844.551 toneladas.

Os depósitos de ferro de Carajás foram descobertos em 1967 e localizam-se ao sul do Estado do Pará, em rochas com 3,3 b.a., formadas principalmente por gnaisses, anfibolitos, migmatitos e tonalitos (Fonseca, 1981), aos quais associam-se também importantes reservas de manganês, cobre, ouro, estanho e níquel. A reserva medida é da ordem de 2.493.733.627 toneladas;

a indicada 2.425.400.000 e a inferida 12.760.300.000 toneladas, com teor médio de 66% Fe (Anuário Mineral Brasileiro, 1987).

Muito embora as reservas de alto teor (acima de 65% Fe) do Quadrilátero Ferrífero ainda estejam longe da exaustão, a produção está sendo onerada progressivamente pela quantidade de itabiritos com baixo teor (45-50% Fe) que devem ser removidos para lavrar as hematitas de alto teor. A concentração do itabirito, produz grande quantidade de "pellet feed", com diminuição relativa do "sinter feed" e do granulado. Este fato, aliado ao aumento da demanda interna pela indústria siderúrgica nacional, mostra que a posição do país como um dos principais fornecedores de minério de ferro para a indústria mundial do aço, certamente seria fragilizada sem o Projeto Carajás (Fonseca, op. cit.).

### 3.2.3.2 - Panorama Mundial

#### 3.2.3.2.1 - Reservas

Estimativas recentes indicam que as reservas mundiais de minério de ferro encontram-se em 93 milhões de toneladas de metal contido, sendo que para outras fontes têm-se 103.500 milhões de toneladas, perfazendo um total de 196.500 milhões de toneladas do metal, conforme mostra a distribuição regional da Tabela 10; na Tabela 11 encontram-se as reservas medidas e indicadas, juntamente com a participação percentual de cada país no contexto mundial.

As reservas brasileiras de minério de ferro situam-se entre as cinco principais em termos de volume, detendo

	RESERVAS	OUTRAS FONTES	TOTAL
América do Norte	14,9	29,8	44,7
América do Sul	18,9	27,5	46,4
URSS	28,1	23,6	51,7
Outros da Europa	6,9	3,6	10,5
África	3,2	4,0	7,2
Ásia	10,1	6,9	17,0
Oceania	10,9	8,1	19,0
<b>TOTAL</b>	<b>93,0</b>	<b>103,5</b>	<b>196,5</b>

Tabela 10 - Distribuição mundial regional de fontes de minério de ferro (milhões de toneladas de metal contido).

Fonte: SEMIN, 1984

PAÍS	RESERVAS MEDIDAS + INDICADAS (10 <sup>6</sup> )	%
URSS	59.900	28,6
Austrália	33.500	16,0
Canadá	25.500	12,1
EUA	25.100	11,9
Brasil	17.600	8,4
África do Sul	9.400	4,4
China	9.100	4,3
Índia	7.200	3,4
Suécia	4.600	2,1
França	2.200	1,0
Venezuela	2.000	0,9
Outros Países de Economia de Mercado	12.200	5,8
Outros Países de Economia Centralizada	900	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>209.200</b>	

Tabela 11 - Reservas mundiais de ferro e porcentagem da participação total de cada país.

Fonte: DNPM, 1987

cerca de 8% do total mundial. Devido ao elevado teor de metal contido, ocupam lugar de destaque: constituem-se de hematita com 60-68% Fe e itabiritos com 50-60% Fe, o que dá ao país situação de destaque quando comparado aos minérios de outros países. As reservas concentram-se, sobretudo, no Estado de Minas Gerais, com 65% do total, e Pará, com 30%, que produzem minério com excelentes características químicas e granulométricas comprovadas pela sua grande utilização na siderurgia mundial. No Brasil, o minério é consumido pelas cinco minas integradas a coque (CSN, CST, Usiminas, Cosipa e Açominas), pelas oito usinas integradas a carvão vegetal e pelos produtores independentes de ferro-gusa.

Em Minas Gerais, a CVRD dispõe de reservas da ordem de 17,1 bilhões de toneladas de minério de ferro, incluindo hematita e itabirito. A segunda mineradora do país - MBR - Minerações Brasileiras Reunidas - apresenta reservas conhecidas de 1,5 bilhão de toneladas de hematita e 4 bilhões de toneladas de itabirito rico, o que, ao nível atual de produção, são suficientes para 300 anos (Minérios, 1986).

#### 3.2.3.2.2 - Produção e Oferta

A produção mundial de ferro contido atingiu seu nível mais elevado em 1975 e 1979, com 521 e 522 milhões de toneladas, respectivamente. A partir daí a produção tem decaído continuamente. Em termos de tonelagem bruta, observa-se em 1975, 903 milhões de toneladas; em 1979, 912 milhões e em 1981, cerca de 867 milhões, com 57%, em média de ferro contido. Respondem pela produção mundial cerca de 11 países com aproximadamente 90% do total: URSS, Brasil, Austrália, China, Índia, Estados Unidos, Canadá, África do Sul, Suécia, Venezuela e França, em ordem decres-

cente de produção. Na Tabela 12 encontra-se a produção mundial destes e de outros países no triênio 85-87. Vale mencionar que a porcentagem de ferro contido do minério brasileiro (65% em média) é superior ao do minério soviético, com 54% Fe, participando o país com 15% da produção mundial, contra 29,3% da URSS (DNPM, 1987).

A produção nacional, iniciada efetivamente na década de 40, consolida-se, conforme mencionado anteriormente, na década de 60, quando, ao produzir 9,8 milhões de toneladas, o Brasil ocupava um modesto décimo-primeiro lugar no "ranking" mundial. No final desta mesma década, saltava para o sétimo lugar entre os maiores produtores, superando a Suécia, Venezuela e Índia. A produção bruta de minério de ferro evoluiu, no país, de 46 milhões de toneladas em 1972 para 175.725 milhões em 1986, o que representou, apenas no período 72-82 um crescimento da produção comercial (granulados + finos) da ordem de 40 milhões para 90 milhões, com aumento anual de 8,8% (Melo, 1987).

Com a crise mundial do petróleo em 1980, a indústria mundial do aço sofreu grandes abalos, cujas conseqüências no mercado de minério de ferro se fizeram sentir a partir de 1981, recuperando os níveis de 1980 apenas quatro anos depois. A produção bruta do minério, de acordo com o Anuário Mineral Brasileiro - 1987, cresceu de 119.939 milhões de toneladas em 1982 para 175.725 milhões em 1986, o que representa um aumento de 46%. A produção beneficiada cresceu, no mesmo período, 38%, passando de 93.147 milhões toneladas para 129.054 milhões. O ferro-gusa cresceu 86% de 1982-1986, com produção de 10.827 milhões de toneladas saltando para 20.169 milhões; a produção de aço bruto foi, em 1982, de 12.966 milhões de toneladas e em 1986, 21.240, representando aumento de 63%. Ferro-esponja cresceu 30% em 4 anos, cu

PAÍS	1985	1986	1987 (e)
<b>Europa (CEE)</b>			
França	14,48	12,56	11,73
Rep. Fed. Alemanha	1,03	0,72	0,25
Portugal	0,07	0,05	0,04
Espanha	6,72	6,09	4,50
Reino Unido	0,27	0,29	0,36
	<u>22,57</u>	<u>19,71</u>	<u>16,88</u>
<b>Europa (Não CEE)</b>			
Áustria	3,30	3,12	3,05
Finlândia	0,80	0,64	0,69
Noruega	3,47	3,66	3,14
Suécia	20,27	20,47	19,71
Turquia	3,38	3,40	3,50
Iugoslávia	5,48	6,28	4,17
	<u>36,70</u>	<u>37,57</u>	<u>34,36</u>
<b>Europa Oriental</b>			
Bulgária	2,00	2,14	2,71
Tchecoslováquia	1,82	1,76	1,80
Rep. Dem. Alemanha	0,04	0,00	0,00
Hungria	0,18	0,00	0,00
Polónia	0,01	0,01	0,01
Roménia	2,29	2,00	2,00
URSS	247,64	250,00	250,90
	<u>253,98</u>	<u>255,91</u>	<u>257,42</u>
<b>TOTAL EUROPA</b>	<b>313,25</b>	<b>313,19</b>	<b>308,56</b>
<b>África</b>			
Argélia	3,38	3,36	3,38
Libéria	16,12	15,60	13,81
Mauritânia	9,20	9,17	9,00
Marrocos	0,14	0,14	0,14
África do Sul	24,39	24,48	24,00
Sierra Leone	0,07	0,00	0,00
Tunísia	0,31	0,31	0,30
Outros	4,00	3,90	4,00
	<u>57,61</u>	<u>56,96</u>	<u>54,63</u>
<b>América do Norte</b>			
Canadá	39,50	37,31	37,00
EUA	49,53	39,45	45,00
	<u>89,03</u>	<u>76,76</u>	<u>82,00</u>
<b>América Latina</b>			
Argentina	0,90	0,71	0,80
Brasil	128,20	129,54	134,00
Chile	5,84	6,33	3,51
Colômbia	0,43	0,50	0,60
México	7,91	7,76	7,80
Peru	5,14	5,33	5,41
Venezuela	14,76	16,72	17,20
	<u>163,18</u>	<u>166,89</u>	<u>169,32</u>
<b>Ásia</b>			
China	131,50	142,48	157,00
Índia	42,55	48,82	48,50
Indonésia	0,13	0,13	0,13
Japão	0,33	0,29	0,30
Coréia	8,00	8,00	8,00
Coréia Rep.	0,54	0,53	0,60
Malásia	0,16	0,20	0,20
Tailândia	0,10	0,04	0,10
	<u>181,31</u>	<u>200,49</u>	<u>214,83</u>
<b>Oceania</b>			
Austrália	96,43	95,60	104,58
Nova Zelândia	2,52	2,58	2,29
	<u>98,95</u>	<u>98,18</u>	<u>106,87</u>
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>905,33</b>	<b>912,47</b>	<b>936,21</b>

Tabela 12 - Produção mundial de minério de ferro (milhões de toneladas)

Fonte: Steel industry metals

e = estimada

ja produção de 1982 de 226 mil toneladas, atinge 295 mil em 1986. A indústria de ferro-ligas produziu em 1982, 553 mil toneladas e em 1986, 777 mil, representando um crescimento de 40%; laminados planos e não planos aumentaram a produção em 46% e 42%, respectivamente, entre 1982 e 1986, indo, no primeiro caso, de 6.150 milhões toneladas para 8.980 milhões e no segundo caso de 4.669 milhões para 6.635 milhões de toneladas. A produção de pelotas e "sinter", à semelhança dos demais, também cresceu de forma significativa; as primeiras saltaram de 15.500 milhões toneladas em 1982 para 24.146 milhões em 1986, com um acréscimo de 56%; "sinter" aumentou de 12.348 milhões para 21.471 milhões do mesmo período, num aumento de 74%. Este crescimento na produção do "sinter" pode ser explicado pela acentuada evolução da indústria siderúrgica, marcada principalmente pela instalação de novas aciarias baseadas no processo de conversores a oxigênio e o incremento no desenvolvimento da tecnologia do alto forno, o que fez decrescer a utilização do minério tipo "lump" para o refino. Com isto, os novos altos-fornos passaram a exigir cargas cada vez mais elaboradas e o "sinter" passou a ser intensamente empregado.

As principais companhias produtoras de minério de ferro no Brasil são a Companhia Vale do Rio Doce, Companhia Siderúrgica Nacional, Ferteco Mineração, Mannesman Mineração, Minerações Brasileiras Reunidas, W.H. Müller S.A., Samarco e Samitri. Grande parte da produção provém do Quadrilátero Ferrífero; no entanto o Pará surge como um pólo de posição privilegiada, preocupando países produtores como a Austrália, Índia e África, que "temem que a entrada de Carajás no mercado mundial defina de vez a liderança que o Brasil detém no mercado de minério de ferro" (Oliveira e Guimarães, 1986).

A CVRD permaneceu, em 1986, como a principal pro

duto de minério de ferro no país, sendo responsável por 57,2% da produção nacional (Melo, 1987), com capacidade instalada para produzir em suas minas no Quadrilátero Ferrífero 68,6 milhões de toneladas/ano. Em 1986 a empresa produziu 55,6 milhões de toneladas em Minas Gerais e 14 milhões em Carajás. A MBR produziu 16,3 milhões; a Ferteco Mineração 10,3 milhões de toneladas; a Samitri (Mineração Trindade S.A.) 9,7 milhões; a Samarco 7 milhões e a CSN 4,8 milhões de toneladas, ofertando, todas juntas, 91,4% da produção brasileira de minério de ferro (DNPM, 1987).

A exportação brasileira encontra-se intimamente ligada à evolução do mercado mundial do aço. A quantidade exportada, mencionada no item 3.2.2., gerou divisas da ordem de US\$ 1.662.962.430. O acréscimo de exportação de minério de ferro do Brasil foi de 3,04% entre 1979 e 1981 com uma queda de 11,7% entre os anos de 1982 e 1983, com recuperação entre 1984 e 1985 de 31,90%; a exportação em 1986 manteve os mesmos níveis do ano anterior (Melo, 1987). Na Figura 11 observa-se os valores da produ

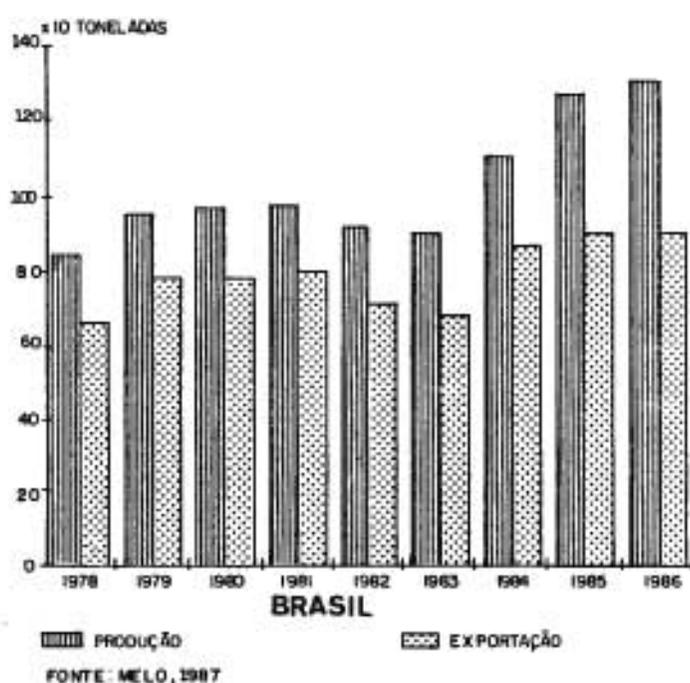


FIGURA 11 - PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO - 1978-1986

ção e exportação do minério de ferro entre os anos de 1978 e 1986.

Após excelente desempenho nos anos de 1984 e 1985, a indústria siderúrgica mundial, mostrou uma queda de 2,4% na sua produção em 1986, atingindo a cifra de 700 milhões de toneladas de aço. Tal declínio verificou-se devido à diminuição do consumo do aço nos países desenvolvidos, ao desempenho negativo da economia americana e à desvalorização do dólar frente à outras moedas fortes. Para os países industrializados observa-se uma produção de aço em torno de 352 milhões toneladas em 1986, com uma diminuição de 5,9% em relação ao ano anterior (Tabela 13).

PAÍSES/REGIÕES	1985	1986	1987 (e)
<b>Desenvolvidos</b>	<b>374</b>	<b>352</b>	<b>347</b>
CEE	120	113	112
EUA	79	73	72
Japão	105	98	95
Outros	70	68	68
<b>Em Desenvolvimento</b>	<b>75</b>	<b>78</b>	<b>81</b>
Brasil	20	21	22
Coréia do Sul	13	14	15
Taiwan	5	5	5
Outros	37	38	39
<b>Economia Planificada</b>	<b>268</b>	<b>270</b>	<b>272</b>
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>717</b>	<b>700</b>	<b>700</b>

Tabela 13 - Produção mundial de aço (milhões de tonelada).

Fonte: Melo, 1987

e = estimada

Em países em desenvolvimento estima-se que a produção em 1986 tenha atingido 78 milhões de toneladas de aço, 4% superior ao ano de 1985. Para os países de economia centralizada estima-se que a

produção alcançou, em 1986, 272 bilhões de toneladas, 0,8% a mais que no ano anterior.

Na Tabela 14 encontra-se a produção mundial de aço por países nos anos de 1979, 1986 e 1987. No Brasil, dados não oficiais veiculados pela imprensa no início deste ano, apontam para o ano de 1988, uma produção de 26.600.000 toneladas de aço.

### 3.2.4 - Aspectos Econômicos

#### 3.2.4.1 - Demanda Mundial e Consumo

A demanda por minério de ferro brasileiro é constituída pela somatória das demandas interna e externa. Para se avaliar o desempenho do mercado mundial de ferro é necessário conhecer-se o mercado do aço já que o primeiro depende grandemente do segundo.

As três formas básicas de matéria-prima compostas à base de ferro são a sucata, o gusa e o ferro-esponja. A relação entre a demanda por minério de ferro e a produção de aço bruto depende basicamente da disponibilidade da sucata em relação à necessidade total de matéria-prima empregada na usina produtora. O ferro-esponja ainda carece de adequação de processos de produção para ser utilizado com maior viabilidade.

A importância relativa destas 3 formas de insumos de produção depende basicamente do processo utilizado e vice-versa, com relação à disponibilidade destes produtos.

A atual recessão, ampliada para a siderurgia mundial, causou excedente de cerca de 16 milhões de toneladas de minério em 1980, agravando-se com a diminuição da produção mundial de aço. Até então, na década 70-80 a demanda mundial havia cres-

PAÍS	1979	1986	1987
<b>América do Norte</b>			
Canadá	16,1	14,1	14,7e
EUA	<u>123,7</u>	<u>73,8</u>	<u>81,0</u>
	139,8	87,9	95,7
<b>CEE</b>			
Bélgica	13,4	9,7	9,8
França	23,4	17,9	17,7
Rep. Fed. Alemanha	46,0	37,1	36,3
Itália	24,3	22,9	22,8
Luxemburgo	4,9	3,7	3,3
Holanda	5,8	5,3	5,1
Espanha	12,2	12,0	11,9
Reino Unido	21,5	14,8	17,2
Outros	<u>2,5</u>	<u>2,5</u>	<u>2,6e</u>
	154,0	125,9	126,7
<b>Outros Europa Ocidental</b>			
Áustria	4,9	4,3	4,3
Finlândia	2,5	2,6	2,7
Suécia	4,7	4,7	4,6
Turquia	2,4	6,0	6,9e
Iugoslávia	3,5	5,3	4,3e
Outros	<u>1,9</u>	<u>1,9</u>	<u>1,9e</u>
	19,9	24,8	24,7
<b>Oceania</b>			
Austrália	8,1	6,7	6,1
Nova Zelândia	<u>0,2</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>
	8,3	7,0	6,4
<b>América Latina</b>			
Argentina	3,2	3,2	3,6
Brasil	13,9	21,2	22,2
México	7,0	7,1	7,5e
Venezuela	1,5	3,5	3,7e
Outros	<u>1,9</u>	<u>2,5</u>	<u>2,6e</u>
	27,5	37,5	39,6
<b>África</b>			
África do Sul	8,9	9,1	8,8
Outros África	1,4	2,7	2,7e
África Centro-Ocidental	<u>2,9</u>	<u>2,8</u>	<u>2,7e</u>
	27,5	14,6	14,2
<b>Ásia</b>			
China	34,5	51,9	55,3e
Índia	10,1	11,9	12,6
Japão	111,7	98,3	98,5
Coreia do Norte	5,4	9,0	9,5e
Coreia do Sul	7,6	14,6	16,8
Taiwan	3,2	5,1	5,6e
Outros Ásia	<u>2,2</u>	<u>3,4</u>	<u>3,4e</u>
	174,7	194,3	201,7
<b>Europa Oriental</b>			
Bulgária	2,5	2,9	3,0e
Tchecoslováquia	14,8	15,3	15,4e
Rep. Dem. Alemanha	7,0	7,9	8,2e
Hungria	3,9	3,8	3,6e
Polónia	19,2	17,4	17,0e
Romênia	12,9	13,8	15,0e
URSS	<u>149,1</u>	<u>166,0</u>	<u>161,4e</u>
	209,4	221,1	223,6e

Tabela 14 - Produção mundial de aço por países (milhões de toneladas de aço bruto).

Fonte: Steel and industry metals e = estimada

cido a uma taxa de 1,94 a.a.

A demanda interna constitui-se das necessidades das indústrias siderúrgicas integradas, dos produtores independentes de gusa e ferro-esponja para sua transformação em aço, com emprego de 97% em alto-forno para gusa, 2% em fornos elétricos para ferro-esponja e 1% para outros fins, como ferro-ligas, cimento e construção de estradas (Melo, 1987).

Como nos outros países, o Brasil emprega na sua siderurgia minérios bitolados e minérios finos aglomerados ("sinter" e "pellet-feed"), com crescente participação do uso de finos para a sinterização, em detrimento do uso de minérios bitolados, ficando estes para os fabricantes independentes de gusa.

Em 1986 o setor siderúrgico integrado e independente consumiu 28,7 milhões de toneladas de minério, com 436 mil toneladas de pelotas, para produzir 20,4 milhões de toneladas de gusa. As usinas de pelotas consumiram 24,2 milhões de toneladas de "pellet-feed". O consumo total efetivo foi de 52,4 milhões de toneladas, registrando um aumento de 4,8% em relação ao ano anterior. Tal consumo não inclui as indústrias de ferro-ligas, cimento e construção civil, pouco representativas (DNPM, 1987).

#### 3.2.4.2 - Preços e Mercado

Durante as décadas de 60 e 70 os preços reais do minério de ferro caíram vertiginosamente, o que, até meados da década de 70, foi atribuído à abertura de novas minas no mundo em desenvolvimento, sobretudo Brasil e Austrália. Com as crises mundiais do petróleo houve, como já se comentou, declínio na produção de aço e as oscilações nos preços do minério de ferro a nível internacional podem ser atribuídas a:

a) descompasso entre a produção de minério de ferro que cresceu ao ritmo de 4,5% a.a. entre 1961 e 1980, em relação à produção do aço que cresceu, no mesmo período 1,7% a.a.;

b) redução do mercado transoceânico, devido a mudança na direção da indústria do aço, que é transferida dos países industrializados para aqueles em desenvolvimento e

d) fortalecimento das moedas européias e japonesa em relação ao dólar, o que reduz a competitividade dos países exportadores (Melo, 1987).

O preço médio do minério de ferro no Brasil em relação à média mundial no período compreendido entre 1975 e 1986 é mostrado na Tabela 15. Com relação aos preços em 1988 estes caíram 4% nos minérios finos, enquanto os granulados mantiveram-se

ANO	BRASIL	MÉDIA MUNDIAL (FOB US\$/t)
1975	12,6	13,9
1976	14,8	14,8
1977	15,4	15,1
1978	15,4	14,8
1979	17,0	16,3
1980	19,8	18,7
1981	20,6	20,4
1982	21,8	21,7
1983	20,3	21,4
1984	15,9	18,6
1985	16,01	17,6
1986	15,94 (preliminar)	não conhecida

Tabela 15 - Evolução dos preços do minério de ferro.

Fonte: Melo, 1987

inalterados; as pelotas aumentaram 10% quando comparadas aos preços do ano anterior (Szpigel, 1988).

A comercialização externa de minério de ferro conduz-se sob a forma de contratos a longo prazo, verificando-se a determinação de preços em bases anuais. A redução da demanda devido, sobretudo, aos elevados custos e à recessão siderúrgica, exacerbaram as dificuldades dos produtores e dos fabricantes de aço, complicando o estabelecimento de acordos de preços.

Considerando-se que os custos da energia crescem, em termos reais, de forma linear a médio e longo prazos, conclui-se que o aumento do preço do minério ocasionará a redução da demanda por aço bruto (SEMIN, 1984).

#### 3.2.5 - Utilizações

O minério de ferro destina-se tanto ao uso metalúrgico quanto não-metalúrgico, sendo que ao primeiro cabe a grande parcela do total produzido no mundo.

Os principais usos não-metalúrgicos destinam-se a aditivo ao cimento para produção de clínquer, na proporção de 1 tonelada de ferro para 10 de clínquer; na separação de impurezas do carvão, em virtude das características da magnetita, além de ser usado como pigmentos, naturais ou sintéticos, para tintas, coberturas e em estruturas metálicas, na fabricação de borrachas, plásticos, como vinil, poliuretano e epoxy, cerâmica, papel e fertilizantes.

Com relação ao uso metalúrgico, o minério de ferro pode ser empregado diretamente na produção de ferro-gusa, em redução direta para produção de ferro-esponja nas plantas de produção de "sinter" e nas plantas de produção de "pellets". As ma-

térias-prima empregadas na indústria siderúrgica são o ferro-esponja, o ferro-gusa e a sucata; como demanda derivada, o gusa pode ser utilizado, ainda, para produção de materiais de ferro fundido.

Os tipos de minérios empregados na indústria nacional, com respectivas especificações e utilizações, são:

- a) baixo fósforo, com 58-62% Fe, usado na siderurgia;
- b) bruto, para cerâmica;
- c) chapinha, para siderurgia;
- d) fino, com 64%, na siderurgia;
- e) hematita, com 67% Fe, na siderurgia;
- f) hematita fina, com 64% Fe, empregada na siderurgia;
- g) finos em geral, com 64% Fe, para indústria siderúrgica;
- h) finos com 64% Fe, para sinterização;
- i) granulados em geral, com 64% Fe, para siderurgia;
- j) grão, com 68,5% Fe, na aciaria;
- l) "pellet" natural, com 64% Fe, na redução direta;
- m) "pellet", com 67%, também na redução direta e
- n) "pellet" comum, com 65% Fe, empregado em alto-forno (SEMIN, 1984).

Devido à recessão econômica mundial, as exportações de "pellets" decrescem continuamente em virtude de seu elevado preço, muito embora assegure maior produtividade nos altos-fornos. Conseqüentemente, a produção de ferro-gusa por redução

direta com "pellets" de grau mais elevado desenvolve-se com grande intensidade, apesar de a capacidade de produção destas indústrias ser em torno de 80% inferior à tradicional.

Não obstante as crises, um suprimento adequado e seguro de minério de ferro é essencial para manter a produção doméstica de ferro e aço.

A modificação de certas características do aço, como resistência à abrasão, fadiga, choque, corrosão, altas temperaturas, dentre outras, originou a indústria de ferro-ligas. As ligas de ferro representam mais de 90%, em peso, dos metais utilizados pela humanidade e a união do ferro com outros elementos origina metais fundamentais para a civilização, em razão de suas propriedades e vasto campo de aplicação. Dentre todos os elementos químicos empregados na fabricação de ligas de ferro, o manganês constitui-se no único insubstituível, pois nenhum outro transmite ao ferro as propriedades por ele conferidas, sendo assim indispensável na fabricação de ferro fundido e aço.

Os principais elementos empregados nas ferro-ligas encontram-se agrupados abaixo de acordo com suas principais funções, apesar de alguns deles serem raramente usados com propósitos específicos, devido ao custo ou efeitos secundários nas propriedades do aço. Dois destes elementos, enxofre e fósforo, são geralmente considerados nocivos; não obstante, o fósforo é usado em tipos específicos de ferro fundido e para aumentar os limites de resistência, flexibilidade e resistência à corrosão de aços. Enxofre é, algumas vezes, adicionado para melhorar a usinagem.

- a) desoxidação: Si, Al, Mn, Ca, V, Ti e Zr;
- b) para neutralizar o enxofre: Mn;
- c) para aumentar a dureza: B, Cr, Mn, Mo, Ni, Si,

V, W, etc;

d) para aumentar a resistência à corrosão: Cr, Ni, P, Si, Mo, Ti, W, Cu e Nb;

e) para propriedades elétricas e magnéticas especiais: Si, Co, Ni, Cr e W;

f) para aplicações em altas temperaturas: Cr, Ni, Co, Mo, Nb, Ti, V e W;

g) para aumentar a usinagem: Pb, P, S e Se;

h) para aumentar a resistência: Mn, Si, Nb, V, Ni, Ti, Mo e P;

i) para refinar a granulometria: Al, Nb, Ti e V;

j) para aumentar a dureza: Ni, V, Mn, Mo e elementos terras-raras;

l) para adicionar ferro fundido ao cimento: Ca, Al, Sr, Ba e Zr;

m) para produzir ferro fundido nodular: Mg, S, O e elementos terras-raras e

n) para moldagem do aço: Si, Cr, Mo, W, V e Co (Brown e Murphy, 1985).

#### 4 - OS NOVOS MATERIAIS METÁLICOS

A inovação tecnológica dos últimos anos, sobretudo nos setores ligados à produção, associada à iminente escassez de várias substâncias minerais, fez surgir numa rapidez estonteante um segmento de mercado que engloba o que se convencionou denominar de novos materiais, inaugurando, assim, um novo ciclo de produção industrial e deslocando várias aplicações específicas de

materiais tradicionalmente consagrados, sobretudo na área de metais. Considerando-se a atualidade do assunto, sua relevância e aplicabilidade, nos parece oportuno registrar aqui este segmento inédito na área dos metais, cujo registro histórico, sem passado, a civilização moderna acompanha como protagonista, à semelhança dos povos neolíticos em relação à idade do bronze, e somente o futuro irá escrever as páginas desta nova era.

Trata-se de materiais sintéticos com estruturas moleculares reconstruídas átomo por átomo, num processo multidisciplinar harmônico envolvendo intensas pesquisas nos campos da engenharia, física, química, metalurgia e ciências congêneres, num processo de atividade pluralística. São intensivos no aspecto tecnológico e econômicos quanto aos insumos energéticos e naturais no processo de produção e utilização. Destinam-se basicamente a suprir os setores de informática (por exemplo, silício e semicondutores), aeroespacial e de transportes (superligas, ligas leves, supercondutores e plásticos de engenharia), telecomunicações (fibras ópticas que substituem o cobre, já obsoleto, nas comunicações por cabo), armamentos (aços, ligas especiais e compósitos), eletro-eletrônica (cerâmicas avançadas e ligas amorfas) e biomédico (polímeros e compósitos).

Os novos materiais constituem-se nos pilares fundamentais para o crescimento na área de tecnologia de ponta e dos setores que investem maciçamente na modernização tecnológica, mediante o uso racional e criativo de matérias-primas alternativas, aliado à sofisticação imposta aos materiais tradicionais.

Na área de metais e ligas vêm sendo desenvolvidos materiais que obedecem à especificações não observadas nos tradicionais, bem como a geração de variantes destes últimos, através de modificações a nível estrutural e cristalográfico do

material, de tratamentos térmicos e mecânicos, mediante a aplicação de processos tais como a metalurgia do pó, solidificação direcional, solidificação ultra-rápida e o recobrimento de ligas (Luis Neto, 1988). Este conjunto de etapas propicia o surgimento de materiais incapazes de serem obtidos por técnicas convencionais, convertendo matérias-primas simples em produtos finais revolucionários.

O segmento dos novos materiais metálicos é extremamente abrangente e destina-se à cobrir diversos setores industriais, conforme mostra as Tabelas 16 e 17. O aço destaca-se, neste contexto, como um dos materiais que vêm sendo submetidos aos mais variados processos de aprimoramento tecnológico, originando inúmeras variedades que são foco de grandes e renovados interesses em distintos setores industriais (Tabela 17).

Lastres (1988) chama a atenção para o fato de que "... o Brasil dispõe de uma importante base de recursos naturais, principalmente minerais, que não pode de todo ser desconsiderada em termos de produção de insumos para os setores de tecnologias de ponta" e que "... o mercado brasileiro é apontado como o quinto em importância nos setores de tecnologia de ponta, dentro dos próximos anos. Este aspecto parece inclusive ser aquele que concentra atualmente de forma mais decisiva, os interesses dos países e empresas estrangeiras, em termos da articulação com a economia nacional".

Neste sentido torna-se vital para o crescimento econômico e social do país estabelecer uma base de pesquisa fundamental e coerente que possa ensejar o desenvolvimento científico e tecnológico autóctone, para propiciar a produção de materiais competitivos a nível internacional, evitando, assim, o deslocamento de seus interesses. Tal cadeia de inovação tecnológica

FUNÇÃO		EXEMPLO	
		MATERIAL	APLICAÇÕES
<b>Mecânica</b> 1) alta resistência (resistência à fratura e fadiga devido a forças de tensão, compressão ou outros carregamentos) 2) superplasticidade (capacidade de absorver elevadas deformações plásticas) 3) absorção de vibração (capacidade de absorver vibrações eficientemente)		- ligas com cristais finos - ligas monocristalinas - ligas de alumínio superplásticas - ligas da série do magnésio - ligas da série manganês-cobre	- equipamentos aeroespaciais - aeronáutica - componentes de equipamentos
<b>Térmica</b> 1) alta resistência (capacidade de resistir a elevadas temperaturas sem variações significativas no limite da resistência à tração)		- ligas a base de níquel - ligas a base de cobalto	- turbinas a gás, dutos térmicos
<b>Elétrica</b> 1) supercondutividade (capacidade de perder a resistência elétrica, quando resfriado a temperaturas criogênicas)		- nióbio/titânio - nióbio/3 estanho - vanádio/3 gálio	- reatores de fusão nuclear, motores lineares
<b>Magnética</b> 1) alto magnetismo (capacidade de ser bem magnetizado, quando sujeito a um campo magnético) 2) alta permeabilidade magnética (capacidade de tornar-se facilmente magnético)		- pós/partículas finas de materiais magnéticos, samário, cobalto - materiais magnéticos amorfos	- motores, materiais para gravação magnética - núcleos de transformadores e cabeças magnéticas
<b>Outras</b> 1) absorção de hidrogênio (capacidade de absorver ou carregar hidrogênio com mudanças de temperatura ou pressão) 2) memória de forma (capacidade de retornar à forma inicial a uma temperatura diferente daquela em que foi deformado)		- ligas da série ferro-titânio - ligas da série níquel-manganês - ligas da série níquel-titânio - ligas da série cobre-zinco	- transporte de hidrogênio - veículos locomovidos por hidrogênio - junta para dutos, articulações artificiais e prótese

Tabela 16 - Funções e Aplicações dos Novos Materiais Metálicos.

MATERIAL	SETOR INDUSTRIAL									
	Aeroespacial	Nuclear	Armamentos	Transportes Terrestres	Siderúrgico	Químico e Petroquímico	Eletrônico	Biomédico	Petrolífero (extração)	Embalagem
aços microligados			•	•	•	•			•	
microest. controlada p/laminação			•	•	•	•	•		•	
ultra-alta resistência e tenacidade	•	•	•	•	•	•			•	
ultra-alta pureza			•	•	•					
inoxidáveis	•	•	•		•	•	•	•		•
revestidos		•	•	•	•	•	•		•	•
ferros fundidos			•	•						
ligas leves	•	•	•	•		•	•		•	•
ligas AP* superligas	•	•	•			•			•	
refratárias	•		•	•	•	•	•	•		
intermetálicas	•				•		•	•		
outras	•	•	•	•		•		•	•	
metais grau eletrônico						•	•			
ligas amorfas		•		•		•	•			
ligas supercondutoras		•		•			•	•		
ligas magnéticas	•			•			•			
ligas com memória de forma	•			•			•	•		
ligas armazenadoras de hidrogênio				•		•	•			

Tabela 17 - Matriz de aplicações industriais dos novos materiais metálicos.

\*AP = alta performance

Fonte: Neto, 1988

"... compreende um conjunto de atividades, métodos e processos, que começa com a pesquisa básica, passa pela aplicada (já com seus objetivos práticos), pelo desenvolvimento e construção de protótipos, até finalizar com a industrialização e a comercialização do produto final" (Zawislak, 1988). Sem esta integração de atividades não será possível atingir-se a soberania nacional e investindo-se na formação de recursos humanos e em pesquisa e desenvolvimento construir-se-á um indestrutível fator de sustentação do processo de produção.

Um manifesto em defesa da ciência e tecnologia lançado em São Paulo em 16/11 p.p. pelos representantes das comunidades científica, tecnológica e empresarial contém uma frase contundente neste aspecto e que revela o quê deveria ser a preocupação precípua dos dirigentes do país: "... ou uma nação domina o desenvolvimento dos conhecimentos de que necessita ou será caudatária das economias centrais que os possuem".

Finalizando, e ainda no rol das citações incisivas, conclui-se que "no futuro, é do progresso tecnológico que teremos de depender para aumentar os meios de nosso sustento" (Paterson, 1971).

## 5 - CONCLUSÕES

Tentar imaginar a civilização moderna sem a presença dos metais é lançar-se num exercício estéril e, no mínimo, anacrônico. A descoberta e aperfeiçoamento de substâncias como o ouro, ferro, alumínio, cobre, chumbo, zinco, dentre outras, tornou o dia-a-dia do cidadão moderno tão prático e confortável que a sua

ausência poderia significar, numa comparação exagerada, mas não menos realista, a perpetuação da moradia em cavernas, onde o ser primitivo estaria a se utilizar de dardos rudimentares para abater animais e atritar duas pedras para produzir fogo.

O estágio atual de desenvolvimento da humanidade, entretanto, só foi possível graças à união saudável entre a especulação e a práxis, exigências fundamentais para o pleno florescimento do espírito científico pluralístico. Para revitalizar uma sociedade, novas e renovadas idéias são exigidas. O desenvolvimento econômico pressupõe motivação, padrões éticos, disciplina e habilidade e o mais importante para mobilizar a energia humana é inculcar um novo caráter, isto é, um espírito de continuidade, fé e novos padrões de aspiração.

Uma civilização se expande ou sobrevive a partir da crença em si mesma e as mudanças mais fundamentais devem ocorrer de dentro para fora, onde as transformações mais radicais se fazem no período inicial, quando o nível de expectativa é mais amplo que a possibilidade de satisfação.

Mudanças tecnológicas constituem o primeiro passo para o processo de modernização de uma sociedade. Entretanto, a assimilação de novos níveis de civilização é um processo complexo, dependendo mais de mudanças sociais e institucionais do que de introdução tecnológica isolada.

A este respeito vale citar Hanna, que define de forma poética o surgimento, após a revolução industrial, do homem do futuro ou "o protomutante cultural": ... "o pai deste protomutante emergente foram todas as inteligências teóricas criadas que durante os dois últimos milênios tornaram possível a nossa estrutura social. A mãe foram todos os organismos de engenharia e tecnologia que trabalharam para dar à luz uma sociedade tec

nológica, uma sociedade pós-industrial, que atinge agora a sua maturidade usando das suas possibilidades tecnológicas para corrigir o descompasso ecológico e a poluição que se originaram das suas bases industriais. A parteira foram todas as inteligências científicas e tecnológicas que lutaram para guiar, interpretar e ajudar o que sabiam ser um parto difícil e doloroso. E é para elas - as inteligências prescientes de filósofos e cientistas dos últimos séculos - que devemos olhar, se desejamos compreender, interpretar e, em última análise, participar do nascimento de um novo e muito mais resplandecente ser humano".

A convivência entre este pai, esta mãe e esta parteira definem e caracterizam o estado-da-arte na área do desenvolvimento técnico-científico da humanidade e o salto qualitativo dos últimos séculos pode ser observado, na prática, por exemplo, em Ouro Preto, Minas Gerais, onde coabitam frente à frente, na mesma rua estreita, de um lado, a Casa dos Contos, porta de entrada para o século XVIII e de outro, um Centro de Informática, ponto de partida para o futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Brasília, DNPM, 1987. 370 p.
- 2 AZEVEDO, E. R. Como evitar a fuga do metal. Minérios extração & processamento, (118):110-111, nov. 1986.
- 3 BERNARDES, N. Ordem e desordem: uma avaliação crítica da situação. Ci. e Cult., 40(5):473-477, maio 1988.
- 4 BROWN, R. E. & MURPHY, G. F. Ferroalloys. In: Mineral facts and problems. Washington D.C., UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1985. p. 1-11.
- 5 CASANOVA, A. G. Minério de ferro: panorama atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2, São Paulo, 1987. Conferências. São Paulo, IBRAM, 1987.
- 6 OS 60 anos da indústria de ferro-ligas. Brasil Mineral, (18):31-33, maio 1985.
- 7 CVRD - Minérios de ferro. Mineração Metalurgia, (472):32, jan. 1986.
- 8 OS DESCAMINHOS do ouro brasileiro. Mineração Metalurgia, (492):41-43, mar. 1988.
- 9 DUPLICAÇÃO futura demanda US\$ 90 milhões. Minérios extração & processamento, (139):48-49, ago. 1988.
- 10 FONSECA, F. F. A. de. Amazônia Oriental: Projeto Carajás. Ciência da Terra, (1):25-31, nov/dez. 1981.
- 11 THE GOLD INSTITUTE. World mine production of gold 1987 - 1991. Washington, 1988. 12 p.
- 12 GOMES, D. R. Produção de ouro volta a crescer. Brasil Mineral, (52):14-20, mar. 1988.
- 13 GUSA: carvão vegetal e preços agravam a produção. Minérios extração & processamento, (119):60-62, dez. 1986.
- 14 HANCOCK, K. R. Mineral pigments. In: LEFOND, S. J. Industrial minerals and rocks. New York, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 1975. p. 335-357.
- 15 HOFFMAN, L. A. Modern economic development: ideology and technology. In: \_\_\_\_\_. Economic geography. New York, The Ronald Press Company, 1965. p. 59-68.
- 16 HUNTER, C. Gold-still sings of life? Mining Journal. Precious Metals Supplement, London, 311(7991):1-2, 21 out. 1988.
- 17 INCENTIVOS fiscais aos produtores. Minérios extração & processamento, (125):50-51, jun. 1987.
- 18 ITABIRITO: aproveitamento cresce 60% em 10 anos. Minérios extração & processamento, (119):52-54, dez. 1986.
- 19 KENDALL, H. M. et alli. Iron and steel. In: \_\_\_\_\_. Introduction to geography. New York, Harcourt, Brace & World, 1867. p. 520-539.
- 20 LASTRES, H. M. M. Os novos materiais no Brasil. Brasil Mineral, (57):39-41, ago. 1988.
- 21 LIMA, A. Com o declínio do garimpo, cai a produção de ouro. Brasil Mineral, (39):12-16, fev. 1987.

- 22 LONGDON, W. C. et alii. World economic geography. Belmont, Wadsworth Publishing Company, 1964. 661 p.
- 23 LUIZ NETO, H. Panorama e tendência dos novos materiais metálicos. Brasil Mineral, (57):42-49, ago. 1988.
- 24 O MAPA de ouro no Brasil. Brasil Mineral, (39):18-23, fev. 1987.
- 25 MARON, Marcos A. Perfil analítico do ouro. Brasília, DNPM, 1984. 144 p.
- 26 MBR: a meta é exportar 20 milhões t/ano. Minérios extração & processamento, (119):46-51, dez. 1986.
- 27 MELO, M. T. V. de. Panorama de minério de ferro no Brasil. Brasil Mineral, (49):22-29, dez. 1987.
- 28 METAIS comuns e suas obras. Diário oficial. Suplemento ao nº 92, Brasília, (92):128-151, 18 maio 1988.
- 29 METAMIG. Metais de Minas Gerais. Ouro. Belo Horizonte, 1981. 222 p.
- 30 MILLING-STANLEY, G. Gold. Mining Annual Review 1987. p. 13-21, jun. 1988.
- 31 MINÉRIO de ferro: mercado mundial superofertado. Minérios extração & processamento, (141):74-75, out. 1986.
- 32 NEVES, S. B. O número de projetos dobra em dois anos. Minérios extração & processamento, (141):82-89, out. 1988.
- 33 NICHOLS, J. A. Gold - situation and outlook. Mining Journal. Gold Supplement, London, 310(7968):32, 16 maio 1988.
- 34 OLIVEIRA, L. Verdades científicas e relações de força - notas críticas sobre o relativismo de Latour. Ci. e Cult. 40(5):442-447, maio 1987.
- 35 OLIVEIRA, L. F. Q. de & GUIMARÃES, M. A. A indústria do minério de ferro em Minas Gerais: repercussões do Projeto Carajás. Mineração Metalurgia, (479):46-52, set. 1986.
- 36 OURO: conhecimento geológico e aumento da produção. Mineração Metalurgia, (463):5-6, abr. 1985.
- 37 OURO: indústria mineral no Brasil. Minérios extração & processamento, (140):74, set. 1988.
- 38 PATERSON, J. H. Terra, trabalho e recursos: uma introdução à geografia econômica. Rio de Janeiro, Zahar, 1971. 324 p.
- 39 PERSITE situação de superoferta. Minérios extração & processamento, (119):55-59, dez. 1986.
- 40 PETERSON, E. C. Iron ore. In: MINERAL facts and problems. Washington D. C., UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1980, p. 433-452.
- 41 O PROCESSO de produção. Brasil Mineral, (48):54-59, nov. 1987.
- 42 PRODUÇÃO de ouro foi de 620 kg. Mineração e Metalurgia, (472):21-30, jan. 1986.
- 43 QUADRILÁTERO Ferrífero: mais centenas de anos pela frente. Minérios extração & processamento, (119):42-45, dez. 1986.

- 44 O RECORDE na produção de ferro. Brasil Mineral, (37):12-13, dez. 1986.
- 45 RESERVAS de ouro diminuem na África do Sul. Minérios extração & processamento, (141):8, out. 1988.
- 46 ROCHA, R. C. et alii. O mercado do minério de ferro. S.l., Grupo SEMIN, 1984. 57 p.
- 47 RONAN, C. A. História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge. São Paulo, Jorge Zahar, 1987. 4 v.
- 48 RUSSELL, S. J. et alii. Industrial and commercial geography. New York, Henry Holt, 1956. 689 p.
- 49 SKINNER, B. J. Recursos minerais da terra. São Paulo, Edgard Blücher, 1976. 140 p.
- 50 SUMÁRIO MINERAL. Brasília, DNPM, 1987. 103 p.
- 51 STEEL industry metals. Mining Annual Review 1987. p.55-61, 1988.
- 52 SZPIGEL, B. Minério de ferro. Minérios extração & processamento, (140):68, set. 1988.
- 53 TOFANETO, A. A nova corrida ao ouro no Brasil. Minérios extração & processamento, (139):42-47, ago. 1988.
- 54 \_\_\_\_\_. Mundo investe no ouro e estimula a produção. Minérios extração & processamento, (139):57-59, ago. 1988.
- 55 ZAWISLAK, F. C. Pesquisa básica: base da ciência. Ci. e Cult., 40(6):580-583, jun. 1988.