

PASSADO E FUTURO DOS RECURSOS MINERAIS EM PORTUGAL

O conhecimento que tivermos da Base de Recursos que a Geologia e a História nos legaram e o modo como a soubermos explorar e aproveitar serão, como sempre foram, factores determinantes de progresso e bem estar social.

Os recursos são como o ar, sem grande importância até se sentir a sua falta

(anónimo)

DELFINO DE CARVALHO

Com a escalada das mudanças que vêm revolucionando a civilização actual, decorrentes, em grande medida, das novas tecnologias da informação, da biotecnologia, dos novos materiais e da maior e melhor percepção da vulnerabilidade do ambiente natural, muitos parecem esquecer-se de que praticamente todas as substâncias necessárias à saúde e prosperidade provêm da Terra. Tais substâncias, genericamente apelidadas de recursos não renováveis, estão, sempre estiveram, directa ou indirectamente envolvidas nos processos produtivos, desde a mais rudimentar indústria do homem pré-histórico, até ao fabrico de vestuário, do papel, dos modernos materiais compostos e cerâmicas ou da ultra-sofisticada optoelectrónica. Por paradoxal que pareça, até a mera produção de bens alimentares, típicos recursos renováveis, é hoje, cada vez mais, dependente do consumo de recursos não renováveis, traduzido em equipamento, energia, fertilizantes e outros produtos químicos. A indispensabilidade dos recursos para a vida é bem patente nas mais diversas estatísticas. De 1900 a 1970 a população mundial cresceu cerca de 2,3 vezes, mas, em contrapartida, o consumo de minerais aumentou 12 vezes. Por outro lado, os números actuais indicam que estão a ser extraídas, por ano e por pessoa, cerca de 10 toneladas de material da crosta terrestre, do qual 30% é rejeitado e depositado algures como estéril. Tais valores quando computados à escala global,

apontam para números impressionantes, da ordem das 5×10^{10} t/ano de várias substâncias geológicas, o que significa que a interferência do Homem no geossistema global corresponde já a valores superiores aos da geração de novo material crustal nas cristas de expansão oceânica ou aos da formação de montanhas e erosão. Das consequências de tal facto ninguém pode ainda adiantar resposta credível, ignorância que é, no mínimo, motivo de séria apreensão.



Licenciado em Ciências Geológicas (FCUL), Delfino de Carvalho obteve formação pós-graduada em Geologia Económica na Universidade do Arizona, participou em vários projectos de prospecção mineira e teve contribuição activa na descoberta de depósitos minerais. Formulou e desenvolveu modelos metalogénicos orientadores da prospecção e pesquisa de jazigos de sulfuretos polimetálicos. É autor ou co-autor de várias dezenas de trabalhos em livros e revistas, publicados no país e no estrangeiro. Conferencista convidado em Portugal, Espanha, Bélgica, Japão e EUA, delegado nacional no Programa "Matérias-Primas" da CEE, é perito avaliador de programas internacionais de investigação. Investigador-Coordenador (IGM) e Professor Convidado de Geologia Económica na Universidade Nova de Lisboa, foi Director dos Serviços Geológicos de Portugal de 1978 a 1992.

Graças ao progresso científico das últimas décadas, em particular nos ramos das Geociências, sabe-se que os recursos minerais, ou, de forma mais abrangente, recursos geológicos, mesmo aqueles que ocorrem em quantidades diminutas, devem ser entendidos como produtos normais de processos do ciclo geológico e não particularidades ou "caprichos" da Natureza, de ocorrência aleatória. Sempre que determinados factores se conjugam, o fenómeno mineralizante acontece. A intensidade do mesmo é que varia de caso para caso, podendo, em consequência, formar-se desde a simples ocorrência mineral até ao depósito de enormes dimensões. Assim, muito embora haja importantes lacunas de conhecimento nos complexos sistemas metalogénicos que ocorrem no interior da crosta terrestre, a verdade é que estão já relativamente bem definidos e caracterizados os ambientes físicos onde a generalidade dos diferentes tipos de jazigos minerais se encontram.

O progresso na compreensão da tectónica global, essencialmente derivado da teoria da tectónica de placas a partir da década de 60, conjugado com os inúmeros dados sobre a tipologia e distribuição espaço-temporal dos diferentes jazigos minerais, em particular nas cadeias orogénicas de formação recente, e com os resultados do estudo de sistemas mineralizantes activos nos limites de placas oceânicas, levou à conclusão de que a cada ambiente geotectónico estão associados determinados tipos de recursos geológicos. Por outro lado, tudo leva a crer que os mecanismos da tectónica global, consequência da libertação da energia do interior da Terra, terão, no essencial, sempre actuado de forma semelhante, vindo tais ambientes a ser, pelo menos desde o Proterozóico (2500 Ma), ciclicamente gerados ao longo dos tempos geológicos.

A definição tipológica e a sistematização dos jazigos à escala global, bem como o conhecimento dos respectivos enquadramentos geológicos, fazem com que, uma vez conhecida a geologia de determinada região, caracterizados os materiais que nela ocorrem, definidos que sejam o respectivo ambiente geotectónico e o nível de erosão actual, ou seja, em síntese, a história geológica dessa região, fácil se torna aplicar as técnicas de análise predictiva e estimar a sua potencialidade em recursos. É, assim, possível obter, com elevada segurança, dados fundamentais quanto à previsibilidade sobre quais as substâncias possíveis, tipo de jazidas, e, até mesmo, as gamas de teores mais prováveis e o grau de dificuldade na descoberta de eventuais jazigos minerais que em tal região possam existir.

Assim, se, por exemplo, se pretender saber porque razão um granito formado numa cadeia de montanhas como a dos Andes tem um cortejo de mineralizações associadas bem distinto dum outro granito gerado numa cadeia do tipo Himalaias, muita teoria e grande soma de dados de petrogeoquímica, de geologia isotópica, ou de metalogenia poderiam ser adiantados para tentar explicar tal facto. Mas, se a resposta plenamente convincente ainda não é, para alguns autores, possível de obter, o mesmo não aconteceria, porém, se a questão fosse a de prever o potencial numa área granítica, representada num mapa geológico da qual se conhece com adequado rigor a história geológica e, eventualmente, a história mineira. É a aplicação da teoria e da análise global dos dados a funcionar como eficaz instrumento prático de inestimável valor. Com efeito, o conhecimento da evolução geotectónica dum região resulta da integração de múltipla informação de diferentes domínios das geociências, podendo alguma dela ser, só por si, determinante e secundarizar a relevância de outra, conhecida ou desconhecida. É o que vem já, por sistema, a ser praticado nos gabinetes de planeamento de prospecção e pesquisa de recursos geológicos das empresas e organismos modernos, com recursos às tecnologias da informação, à modelação matemática e simulação. Porém, se tais dados

de base não existirem tudo ficará bloqueado à partida.

Todavia, a história geológica da maioria dos terrenos antigos pode ser complexa e difícil de desvendar por terem sido submetidos a profundas transformações em diferentes ciclos orogénicos. Curiosamente, casos há em que são, inclusive, as próprias mineralizações que ajudam a inferir os ambientes geotectónicos, tal é a especificidade da sua formação e modo de ocorrência.

Processos geradores de recursos minerais

No âmbito destas genéricas considerações introdutórias, parece ajustado lembrar, em traços muito gerais, os principais processos de formação de recursos minerais. Resumidamente, pode dizer-se que os depósitos minerais resultam da concentração de um ou mais minerais por uma das seguintes vias:

1. Concentração devida à diferenciação por cristalização fraccionada de um magma. Tal diferenciação, a partir de magma basáltico de baixa viscosidade, pode acontecer quando os primeiros minerais formados constituem fases mais densas, as quais se afundam rapidamente no líquido e acumulam na parte inferior da câmara magmática. São os casos da cromite, platina e platinóides, por exemplo. Em contrapartida, a cristalização fraccionada de um magma granítico pode gerar uma fracção residual, fundida, progressivamente enriquecida em elementos químicos não integrados nos minerais que se foram formando. A separação e posterior cristalização dessa fracção vai originar rochas ricas nesses elementos. Estão neste caso, os pegmatitos que podem conter berilo, nióbio, céσιο, tântalo, urânio, lítio e outros elementos menores muito raros. Estes grupos de mineralizações associam-se, respectivamente, às fases “proto” e “tardi” da evolução magmática propriamente dita e tomam a designação de **depósitos minerais magmáticos**.

2. Concentração por precipitação a partir de fluidos aquosos quentes que percorrem fracturas ou espaços intergranulares das rochas, dando enorme variedade de elementos metálicos, designadamente: cobre, zinco, chumbo, prata, ouro, estanho, volfrâmio, molibdénio, etc. A água dos fluidos pode ter, conforme os casos, uma ou mais proveniências (magma, metamórfica, fóssil, meteórica ou água do mar) e atingir salinidades relativamente elevadas. Tais fluidos constituem soluções hidrotermais, as quais se comportam como que salmouras quentes e ricas em metais. A precipitação pode ocorrer devida à queda da temperatura ou da pressão, à ocorrência de ebulição do fluido ou a reacções de equilíbrio entre este e a rocha encaixante por onde passa. Ocorrem predominantemente em filões, filonetes ou em massas lenticulares e tomam a designação genérica de **depósitos hidrotermais**.

3. Concentração por precipitação dos elementos transportados em solução nas águas de lagos ou na água marinha em bacias circunscritas, dando origem aos **depósitos sedimentares**, tais como: gesso, evaporitos (ClNa, ClK, Co₃Na₂) e vários jazigos de ferro. Estas concentrações formam-se concomitantemente com os processos de sedimentação em camadas concordantes com os estratos.

4. Concentração hidrogravítica de minerais densos ou de metais a partir de águas em movimento de rios e riachos formando “**placers**”; são bem conhecidos os casos do ouro, diamantes, cassiterite, zircão, terras-raras, etc.

5. Concentração por alteração meteórica provocada pelas águas das chuvas, dando origem aos **depósitos residuais**. Caso das bauxites donde se extrai o alumínio, as laterites níquelíferas, etc. A alteração meteórica pode também destruir jazigos, como foi o caso de Chança, a norte de S. Domingos, ou transformar mineralizações sub-económicas em jazigos rentáveis devido à formação de minerais supergénicos, muito mais ricos em metal do que os minerais primários de que derivaram. Tal aconteceu em vários depósitos de cobre noutros países, e em Portugal no pequeno jazigo de zinco calaminar de Vila Ruiva (Moura) já explorado.

6. Formação de **combustíveis fósseis** por:
 – Concentração de matéria orgânica (fito e zooplanton) em sedimentos e em rochas sedimentares marinhas que, por decomposição química, pode gerar hidrocarbonetos (óleo e gás) em “rochas-mãe”, os quais podem migrar e ser retidos em armadilhas naturais “rochas-reservatório”.
 – Acumulação de restos de plantas em pântanos e bacias sedimentares continentais que por incarbonização, devida à evolução diagenética ou a metamorfismo, dão carvão, ou seja, uma rocha composta por mais de 50%, em peso, de matéria orgânica.

Os depósitos ou jazidas minerais assim formados podem, quando economicamente exploráveis, constituir jazigos e dar lugar a minas de lavra subterrânea ou a céu aberto para exploração do minério, normalmente constituído por minerais úteis e ganga. O minério é geralmente concentrado nas instalações da mina (operações mineralúrgicas) e ganha valor comercial, mas do concentrado ao metal praticamente puro pode haver um longo caminho a percorrer, passando por processos metalúrgicos, mais ou menos complexos, casos do cobre, do tungsténio e de tantos outros.

Para os minerais não metálicos as etapas do processo produtivo desde a mina à utilização final são, quase sempre, mais simples e em menor número, e casos há em que o produto tal qual extraído pode ser directamente aplicado na indústria transformadora, por exemplo o sal-gema, enxofre, carvão, etc.

A exploração dos hidrocarbonetos faz-se por poços de produção, com ou sem bombagem, e a extrac-

ção de sal-gema pode, para além dos tradicionais métodos de lavra, ser obtida por dissolução com água e formação de salmoura que é “bombeada” para a superfície. Processos envolvendo lixiviação são também utilizados na exploração de alguns metais (p.e. Cu, Au, U, Ni), normalmente a partir de minérios de baixo teor. Por outro lado, o enxofre pode ser explorado após fusão “in situ” provocada pela injeção de água quente (método Frash).

Classificação de Recursos

Toda a substância de natureza geológica (sólida, líquida, gasosa) ou o calor geotérmico, podem dar lugar a um recurso sempre que, em função da sua forma e concentração na crosta terrestre, é, ou poderá vir a ser, economicamente viável a extracção de um bem útil e comercializável.

O conjunto dos depósitos, ou seja, das concentrações de recursos conhecidas e desconhecidas existentes na parte acessível da crosta terrestre constitui a **Base de Recursos Geológicos**.

A necessidade de conhecer as disponibilidades de recursos à escala global, em boa medida na sequência do sinal de alarme dado nos anos 60 pelo Club de Roma, despertou a atenção para a conveniência de se vir a utilizar uma linguagem comum nesta matéria. Por tal facto, surgiram diferentes modelos de classificação de recursos, designadamente o proposto conjuntamente pelo USGS (United States Geological Survey) e USBM (United States Bureau of Mines) em 1976 com os reajustamentos posteriores, e o da ONU em 1979, parecendo ser aquele o preferencialmente seguido nas empresas e serviços (Fig. 1). Tais classificações podem ser aplicadas a várias escalas, desde a global até à do distrito mineiro ou à do simples depósito mineral. Sendo a figura suficientemente explícita, e estando fora de causa entrar aqui na definição de todos os termos, interessará apenas destacar o significado de **Reservas**, ou seja, a parte dos recursos conhecidos que podem, no momento, ser legal e economicamente explorados.

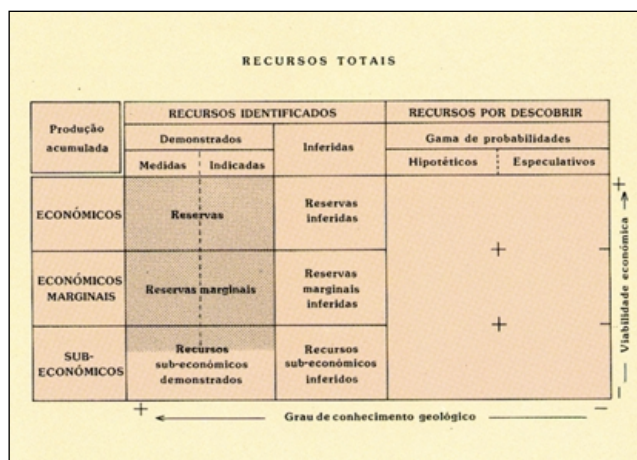


Fig. 1 – Classificação de Recursos Minerais (USGS-USBM, 1976, 1986).

Trata-se, pois, de um conceito dinâmico. Quer isto dizer que, para além das propriedades intrínsecas da mineralização e das características da jazida, há que contar com vários outros factores de natureza tecnológica, económica e política para que um depósito, ou jazida, possa ser considerado um jazigo com reservas suficientes para dar lugar a uma exploração mineira. De salientar que, mesmo um depósito mineral muito grande à escala mundial, pode, num dado momento, não conter reservas mas apenas recursos. Este é o caso do depósito de ferro de Moncorvo, por exemplo. A conjugação daqueles factores faz, assim, variar os limites inferiores das Reservas e da **Base de Reservas**. A Base de Reservas (conjunto sombreado na figura) inclui não só as reservas propriamente ditas, mas também os recursos que oferecem um potencial razoável de poderem vir a ser economicamente explorados em horizonte temporal para além do que entrou em conta apenas com a tecnologia dominante e a envolvente económica corrente.

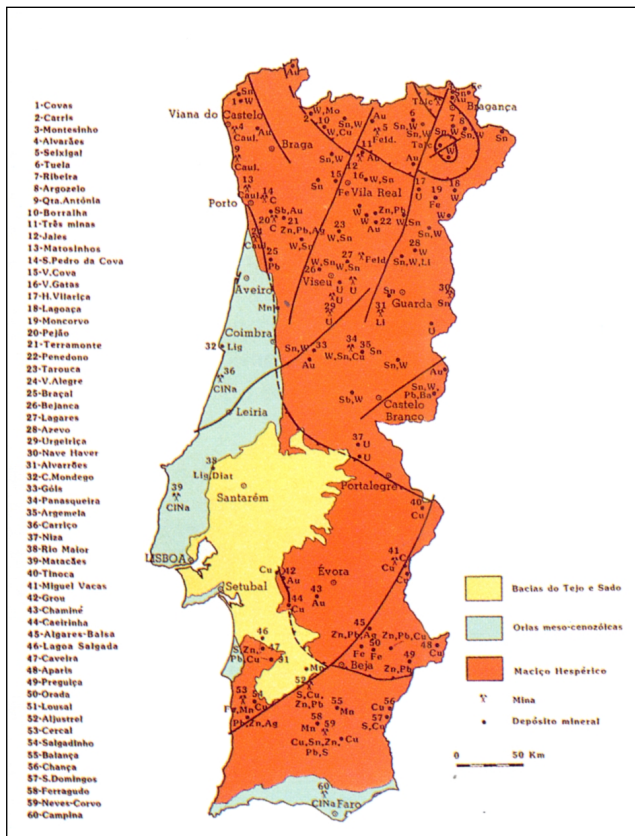


Fig. 2 – Grandes unidades geológicas e distribuição dos principais depósitos minerais.

Recursos minerais e matriz geológica

É na área correspondente à parte portuguesa do designado **Máciço Hespérico** que se localizam a quase totalidade das ocorrências metálicas e os principais depósitos minerais do País (Fig. 2). Aquele máciço constitui a fracção mais contínua do soco hercínico do continente europeu e as formações geológicas que o constituem compreendem variada gama de rochas sedimentares metamorfizadas e rochas ígneas (vulcânicas e plutónicas) com idades que vão do Precâmbrico superior até ao Paleozóico superior (aprox. de 700 a 250 Ma). Foi neste período de tempo que decorreram os processos geológicos do ciclo hercínico, envolvendo erosão, transporte e sedimentação, magmatismo, metamorfismo e deformação tectónica, culminando na orogenia a que se associou intensa actividade ígnea granítica e consolidação dos terrenos, gerando-se a cadeia de montanhas hercínica ou varisca. Mais tarde, a erosão começou a actuar aplanando-a, reiniciando-se

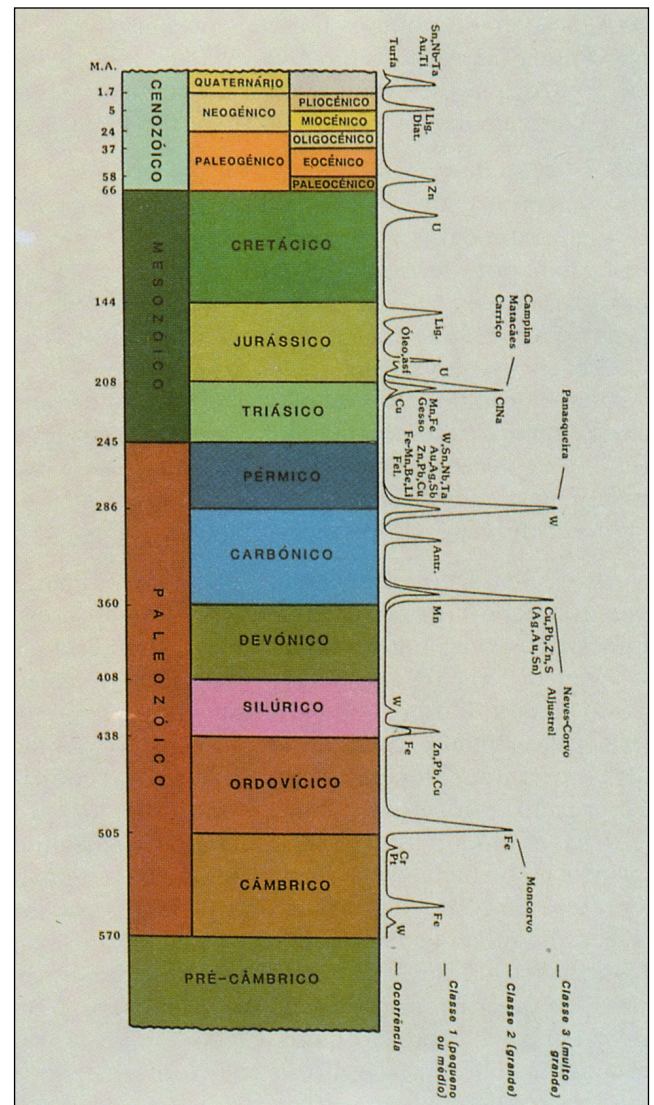


Fig. 3 – Mineralizações na coluna estratigráfica em Portugal.

A análise genérica da dotação de recursos geológicos conhecidos na Base de Recursos do território nacional permite, desde logo, apurar os seguintes factos principais:

– Apesar da exiguidade da expressão geográfica, a complexa evolução geológica do território criou grande variedade de ocorrências e de jazidas minerais, destacando-se a formação de três depósitos da classe 3 mundial (“muito grande”): **Neves-Corvo**, **Aljustrel** (mais de 10 000 000 de ton. de Cu + Pb + Zn) e **Panasqueira** (mais de 50 000 ton. de W) e cinco depósitos da classe 2 (“grande”): **Moncorvo** (mais de 100 000 000 ton. de Fe), **Borralha** (mais de 10 000 t de W), **Loulé**, **Matacães** e **Cariço** (mais de 100 000 000 ton. de ClNa, jazigos estes apenas parcialmente conhecidos).

– Nos recursos energéticos sobressaem os depósitos de minerais radioactivos que, embora de pequena dimensão, detêm no conjunto importantes quantidades de urânio (**Nisa** e outros) no quadro europeu e, até mesmo, mundial. Em relação aos combustíveis fósseis destacam-se a exiguidade dos depósitos e a fraca qualidade dos carvões, não podendo tal cenário vir a modificar-se. No referente ao petróleo e gás, o que se pode com segurança dizer, é que constitui bom sinal haver a certeza de que as condições geológicas propiciaram a sua formação. O que é conhecido até agora pouco mais representa que meros, embora bons, indícios.

Existe um considerável **potencial geotérmico** de baixa-média entalpia (bacias sedimentares, áreas de vulcanismo recente e zonas termais), bem como de alta entalpia, para produção de electricidade, que começa a ser realidade nos Açores e se poderá, no futuro, desenvolver noutras regiões de gradiente geotérmico anómalo, do continente e ilhas, logo que a tecnologia e a competitividade económica do processo conhecido por HDR (“Hot Dry Rock”) o permitam.

– O País é particularmente rico em alguns recursos do sector “não metálico”, em particular, de **mármore**, **granitos** e **calcários**, e em **recursos hidrominerais**.

Recursos minerais em Portugal - uma síntese retrospectiva

Do passado longínquo

Da simples leitura da distribuição geográfica das estações arqueológicas conhecidas e do contexto geológico em que se situam, fácil se torna concluir que terão sido factores geológicos, em particular os recursos, que mais determinaram a escolha de locais para povoamentos primitivos. A existência de água, de cavernas ou grutas, de rochas siliciosas, e, mais tarde, já no Neolítico e nas épocas seguintes da Antiguidade, os bons solos, argilas e metais, foram condimentos

decisivos para a fixação e objectivos de conquista em sucessivas fases de colonização do território (Fig. 5). Muito embora haja a tendência, compreensível, aliás, para ao se tratar destes períodos valorizar sobretudo os metais, será interessante lembrar que a obtenção de uma ponta de seta de sílex em determinada região podia ser tão ou mais difícil do que uma pepita de ouro; e o agora desprezado sílex era, porventura, bem mais útil ao possuidor.



Fig. 5 – Exemplos de aproveitamento de recursos minerais em indústrias pré-históricas em Portugal. Da esquerda para a direita, respectivamente: biface – Juncal, Alpiarça; ponta de lança – Montiraz, Santarém; punhal de bronze – Montelavar (pedreira Pêra Gorda). Museu dos Serviços Geológicos de Portugal.

A riqueza da Península Ibérica em recursos minerais e as condições naturais muito favoráveis à sua descoberta permitiram que fossem explorados desde tempos remotos, como se conclui dos vestígios encontrados em diversas minas e estações metalúrgicas atribuídas a povos pré-Romanos. Fenícios, Tartessos e Cartagineses terão sido os mais activos nesse período da exploração, seguidos depois pela impressionante actividade mineira romana. Os metais extraídos foram o ouro, cobre, estanho, prata e chumbo. As aluviões auríferas e os metais nativos (cobre, ouro, prata) que localmente ocorrem nas zonas de oxidação dos jazigos de sulfuretos, terão sido os primeiros a serem descobertos. Tais zonas de oxidação, que formam os “gossans” ou chapéus de ferro, constituem quase sempre pontos conspícuos na paisagem, não só pela morfologia do terreno mas, também, pela variedade de cores observáveis, predominantemente vermelhas, castanhas e amarelas dos óxidos e hidróxidos de ferro ou dos verdes e azuis dos carbonatos de cobre, dando nítido contraste com as rochas comuns. A figura 6 mostra um belo exemplar proveniente de um “gossan”, tirado do livro de **Blanchard** (*Interpretation of Leached Outcrops*, 1968), autor que dedicou a sua vida ao estudo dos minerais oxidados. Amostras semelhan-

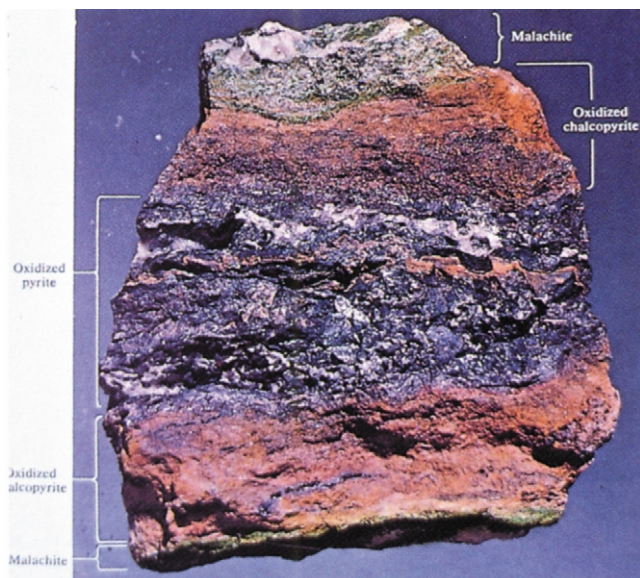


Fig. 6 – Amostra de minerais oxidados de um chapéu de ferro. Tirado de *Interpretation of Leached Outcrops*, Blanchard. Nevada Bureau of Mines Bull. 66, 1968.

tes eram utilizadas para ensinar os primeiros prospectores e serviam de referência para as pesquisas. Os Romanos foram tão eficazes que se pode afirmar terem descoberto praticamente todos os chapéus de ferro existentes na Península Ibérica. Os frutos da experiência milenária de várias civilizações foram sendo compilados em textos da época helenístico-romana, contendo princípios de pesquisa geológico-mineira, do tipo acabado de referir.

Apesar de muita incógnita persistir, pode considerar-se que a actividade mineira e metalúrgica na antiguidade em Portugal está relativamente bem conhecida, conforme se pode concluir dos trabalhos mais completos sobre o assunto, **Allen, J.C.** (*A mineração em Portugal na Antiguidade*, Bol. Minas, 1965) e **Dormergue, C.** (*Les mines de la péninsule ibérique dans l'antiquité romaine*, Coll. École Française de Rome, n.º 127, 1990), dos quais se extraíram, no essencial, muitos dos dados e ideias aqui apresentadas.

Não restam dúvidas de que a exploração dos metais ocorrera já nas épocas pré-romanas desde o Eneolítico (3 300-2 300 a.C.). Da época pré-Campaniforme (Zambujal - 3 145 a 2 405 a.C.), são conhecidos fragmentos de cobre fundido e diversos objectos em cobre, atestando a actividade metalúrgica para este metal admitindo-se, até, que tanto o cobre como a prata teriam sido explorados, muito provavelmente nos jazigos da Faixa Piritosa, e exportados da Península por volta dos 3 000 anos a.C. É consensual a ideia de que o cobre terá sido introduzido na Península pelos prospectores do Mediterrâneo Oriental desembarcados na costa sul de Espanha, dando origem à conhecida cultura de Almeria. Alguns autores salientam mesmo a estreita ligação da colonização megalítica das zonas costeiras atlânticas com o comércio e a prospecção e exploração metalífera. Da célebre cultura do vaso

campaniforme (2 100 - 1 900 a.C.), com os notáveis testemunhos de Vila Nova de S. Pedro e do Zambujal, típicos vasos de cerâmica são acompanhados de punhais e cabeças de setas.

A Idade do Bronze na Península Ibérica ficou assinalada por vasta actividade extractiva em minas de cobre. Nem na época romana foram trabalhadas tantas jazidas de cobre, daí resultando a utilização, na Península, de cobres arsenicais, ou bronzes primitivos, até à introdução do verdadeiro bronze com estanho. De notar, porém, que se sabe hoje haver também estanho em quantidades apreciáveis nalguns chapéus de ferro da Faixa Piritosa, o que terá facilitado, sem o saberem, a obtenção de bronzes impuros. Por outro lado, os estudos arqueológicos das minas de chumbo do SE da Península veio a revelar que a extracção da prata a partir do sulfureto de chumbo (galena) era já praticada pelos povos argáricos na Idade do Bronze. Técnicas essas que, um pouco mais tarde, vieram a ser aplicadas nos jazigos da Faixa Piritosa.

Com a chegada dos Fenícios à Península (fundadores de Gades em 1 100 a.C., hoje Cádiz) a pesquisa e a indústria minero-metalúrgica sofreram grande impulso, em particular o estanho e a prata, mais pela acção indirecta decorrente do comércio por eles incrementado do que pelo seu labor como exploradores activos. Mais tarde também os Tartessos (900/800-500 a.C.) exploraram os jazigos da Faixa Piritosa, essencialmente para a prata. Seguiram-se-lhe os Cartagineses que igualmente procuraram e exploraram a prata, para financiar as duas primeiras guerras púnicas com Roma, mas actuaram principalmente na região de Cartago Nova (hoje Cartagena), de que foram fundadores. Graças a **Estrabão** (58 a.C. - 25 d.C.), ao transcrever parte dos escritos de **Políbio** (200 a.C.) que visitara a Península e acompanhara os Romanos aquando da queda de Numância em 133 a.C., foi possível colher conhecimentos sobre a actividade mineira e metalúrgica na Península, região que, de acordo com as descrições, mais ou menos fantasiosas dos historiadores gregos e romanos, seria imensamente fértil em riquezas minerais. Riquezas essas que iriam ser objecto de intensa procura e exploração no período de mais de seis séculos de ocupação romana, desde o fim da Segunda Guerra Púnica até meados do séc. V. Muito do que se sabe da sua actividade ficou a dever-se ao historiador **Plínio o Velho** (23 a.C. - 79 d.C.), que durante nove anos foi procurador-geral para toda a Península, e ao estudo das várias peças arqueológicas encontradas junto das explorações. É curiosa a preocupação de rigor por Plínio ao distinguir nos seus escritos o minério (*uena*) da ganga ou estéril (*lâpis, terra ou arena*). Por exemplo, ao referir-se à pirite não utilizava o termo *uena*, como fazia para os minerais de cobre.

A actividade mineira desenvolvida pelos Romanos na Península, extraíndo ouro, prata, cobre, ferro, estanho, chumbo e zinco foi, a todos os títulos, verdadeiramente impressionante. Os alvos mais importantes



Fig. 7 – Lingotes de cobre e de chumbo da época romana. Minas de Algaes, Aljustrel, Museu dos Serviços Geológicos de Portugal

foram os metais das jazidas de sulfuretos da Faixa Piritosa no Alentejo, a exploração do ouro aluvionar (*arugia*) e do ouro em filões (*canalicium*). Contam-se por dezenas as minas que em Portugal foram trabalhadas pelos romanos, destacando-se pela importância da quantidade dos materiais removidos, as lavras em Três Minas e Jales (Vila Pouca de Aguiar) para ouro e prata, e Aljustrel, Caveira-Lousal e S. Domingos no Alentejo, para cobre, ouro, prata e, talvez, ferro. Os extensos escoriais encontrados, os poços e galerias, ferramentas, cerâmica, vestuário e moedas, dão testemunho de tão importante actividade. Em Três Minas onde restam duas importantes cortas (480 x 60 x 80 m e 350 x 100 x 100 m) da exploração a céu aberto, e algumas galerias e poços, os escoriais encontrados foram estimados entre 16 a 20 milhões de toneladas e cerca de 3 milhões de toneladas em Aljustrel. A exploração foi feita em regime de concessão em Aljustrel enquanto que em Três Minas era pertença do estado romano e a magnitude dos desmontes da lavra ali realizados implica 2 000 homens x 200 anos de trabalho. A exploração de Aljustrel, bem como de S. Domingos, Jales e várias outras, envolveu lavra subterrânea. Em Aljustrel, jazigo de Algaes, os trabalhos subterrâneos atingiam 118 metros de profundidade e em Jales localizaram-se ao longo de mais de 4 Km, chegando a atingir mais de 1 200 m de extensão e 120 m de profundidade.

Os Romanos levaram as explorações das jazidas de ouro até ao limite das suas possibilidades. Jales foi um caso singular por ter permitido, nos tempos modernos, retomar a exploração com sucesso. O minério explorado não se cingia apenas às zonas de oxidação, eles exploravam também a zona dos sulfuretos auríferos dos filões que submetiam a tratamento metalúrgico, muito favorecido no caso de Jales e Três Minas dado que a paragénese do minério incluía minerais de chum-

bo e arsénio. A recuperação do ouro dos sulfuretos por amalgamação era já conhecida, mas em Jales não foram encontrados indícios de aplicação desta técnica.

Os estudos das escórias encontradas nas minas da Faixa Piritosa, tanto em Espanha como Portugal, demonstram bem a evolução dos conhecimentos metalúrgicos conseguida pelos romanos. As escórias antigas, de cor castanha, pré-romanas, continham teores de cobre da ordem dos 3,5 %, enquanto que as que se lhe sobrepunham, atribuídas aos romanos (nelas foram encontrados diversos achados dessa época) tinham cor negra e deram teores à volta dos 0,5 % Cu.

Dos inúmeros achados romanos nas minas portuguesas há a referir dois lingotes, um de cobre, com 99,5% Cu, e outro de chumbo, com 99,47% Pb, que são testemunho da sua técnica e eficácia para obtenção do máximo valor acrescentado (Fig. 7). É de crer, porém, que o lingote de chumbo não corresponda a metal extraído do minério de Aljustrel, mas sim a produto trazido de outra proveniência, destinado à extracção da prata. Todavia, os mais importantes achados arqueológicos correspondem às duas célebres tábulas de bronze, também encontradas nos escoriais de Aljustrel. A primeira (fig.8) que está datada do século I a.C., está gravada nas duas faces, encontra-se actualmente no Museu dos Serviços Geológicos de Portugal, foi encontrada em 1876 e logo dada a conhecer no mesmo ano por **Augusto Soromenho** em relatório dirigido ao Ministro do Interior (*La Table de Bronze d'Aljustrel*, Imprensa Nacional, Lisboa, 1877). Este documento romano foi estudado por **Estácio da Veiga**, dele vindo a publicar a sua interpretação em 1880.

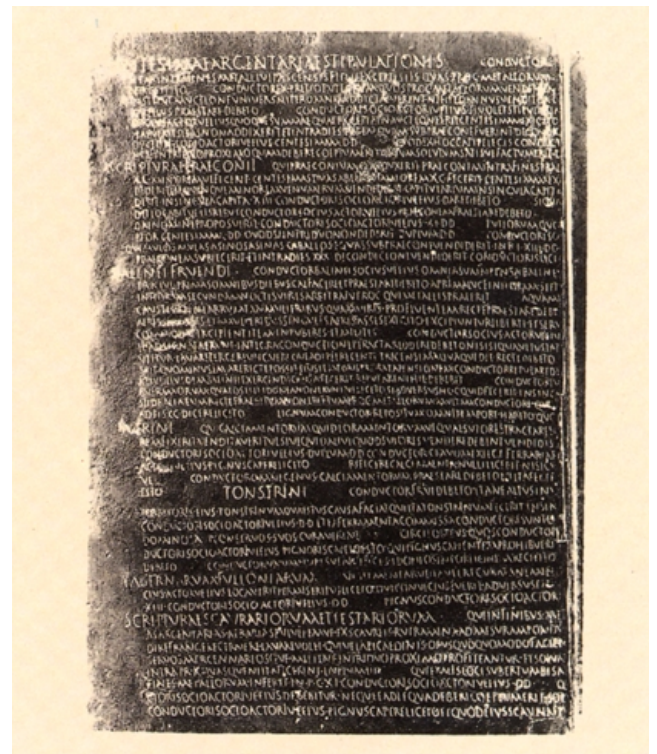


Fig. 8 – Tábuia de Bronze, Lei Mineira Romana, sec. I. Minas de Aljustrel, Museu dos Serviços Geológicos de Portugal.

A segunda tábula de bronze foi descoberta em 1906, está gravada numa face, menciona o imperador Adriano (117 - 136 a.C.) e encontra-se no Museu Nacional de Arqueologia Doutor Leite Vasconcelos. Estes notáveis documentos, ímpares no mundo, contêm decretos e regulamentos para aplicação à exploração mineira, fundição de cobre e prata, bem como a toda a actividade civil do *Vicus Vipascencis*, que era o nome dado, na época, à região mineira de Aljustrel.

A clara percepção dos romanos sobre a vital importância da actividade mineira, a sua especificidade e as dificuldades que impunha, é bem patente na sua legislação que chegava ao ponto de prever incentivos à iniciativa individual, como demonstra a introdução, em período de declínio da actividade, da lei *damnatio ad metalla*, promulgada em 1 de Outubro de 326 d.C., visando estimular o interesse na exploração. Esta legislação destinava-se a desenvolver qualquer jazida susceptível de ser explorada por pequenos grupos autónomos e não para os trabalhos de grande dimensão. Verifica-se assim a preocupação de introduzir regulamentos flexíveis adaptáveis à realidade. A fiscalidade variava em função da dimensão da exploração. Preocupações que, nos traços gerais, têm plena actualidade.

A intensa actividade mineira dos romanos levou ao esgotamento dos recursos que na época podiam ser explorados com benefício em muitos dos jazigos, implicando declínio acentuado na produção de ouro desde o séc. III d.C. até ao abandono da lavra a partir do fim do séc. IV d.C. Não há registos de actividade mineira durante a ocupação pelos “povos bárbaros” desde o começo do séc. V d.C. até à ocupação árabe. Os árabes não tinham grande tradição mineira e durante a sua permanência, até ao séc. XIII, muito poucos recursos minerais terão sido explorados, porventura, apenas o ouro aluvionar na Adiça (Almada) e algum minério das minas de Aljustrel.

Do passado recente aos nossos dias

O ressurgimento do verdadeiro interesse pelos recursos minerais só vem a ter eco por meados do séc. XIX como consequência da revolução industrial. No entanto, em meados do séc. XVI nascia na Saxónia-Boémia (Erzebirge) a ciência da Geologia Mineira e em 1556 **Georgius AGRICOLA**, físico de Chemnitz (Saxónia), publica o magnífico volume *De Re Metallica*, primeiro tratado sobre jazigos minerais, onde valoriza sobretudo a observação de campo, cita a varinha mágica dos vedores mas descrê dela, trata com grande imaginação criativa os problemas da génese e da pesquisa, e revela técnicas para a exploração mineira e tratamento metalúrgico (Fig. 9). Trata-se de um dos primeiros livros a ser publicado, surgindo apenas 40 anos após o primeiro livro impresso de Gutenberg. É curioso verificar que já naquela época Agricola focava problemas do impacte ambiental da exploração



Fig. 9 – Prospecção e pesquisa no séc. XVI. De *Re Metallica*, Georgius Agricola.

mineira, alguns deles com acuidade não muito diferente da actual. Os seus trabalhos científicos induziram enorme estímulo ao desenvolvimento de ideias e seu refinamento em Universidades e Academias. Com o séc. XVIII surge a corrente defensora do pragmatismo para testar as Ciências Naturais, até então mais filosóficas do que aplicadas, passando-se à acção de “verificar na prática”. O progresso é enorme e em 1756 é publicado em Paris o Mapa Geológico do Este do Canadá, o qual já incluía simbologia dos depósitos minerais. Na Rússia, é grande o interesse pelos depósitos minerais e organizam-se expedições à Sibéria para descobrir jazigos e colher dados para “confirmação de certas teorias científicas”. Em Portugal, porém, havia que esperar pela Revolução Industrial para desencadear o estudo com base científica da Geologia e dos recursos minerais do País. A Academia Real das Ciências de Lisboa, ao reconhecer, em 1848, o adiantamento da Geologia e dos conhecimentos geológicos no estrangeiro, quando comparados com os de Portugal, e da sua “transcendência incalculável para muitos assuntos administrativos” decidira recomendar ao Governo a criação de uma Comissão Geológica, presidida por **Charles Bonnet**, especialista francês que estava em Portugal a expensas do Conde de Farrobo para dirigir as suas explorações mineiras. Tal proposta foi aceite, ficando reunidas as condições para a criação do Serviço Geológico Nacional com a missão de proceder ao “exame e exploração geológica e mineralógica das províncias do continente do reino”. **Carlos Ribeiro** (Fig. 10), primeiro Director dos Serviços Geológicos (1857-1882), foi um grande dinamizador da Geologia em geral e pioneiro da Geologia Económica, desenvolvendo obra notável e determinante na recuperação de grande parte do atraso em que o País se encontrava neste domínio. A prospecção e estudo dos recursos minerais passaram a ser progressivamente mais facilita-

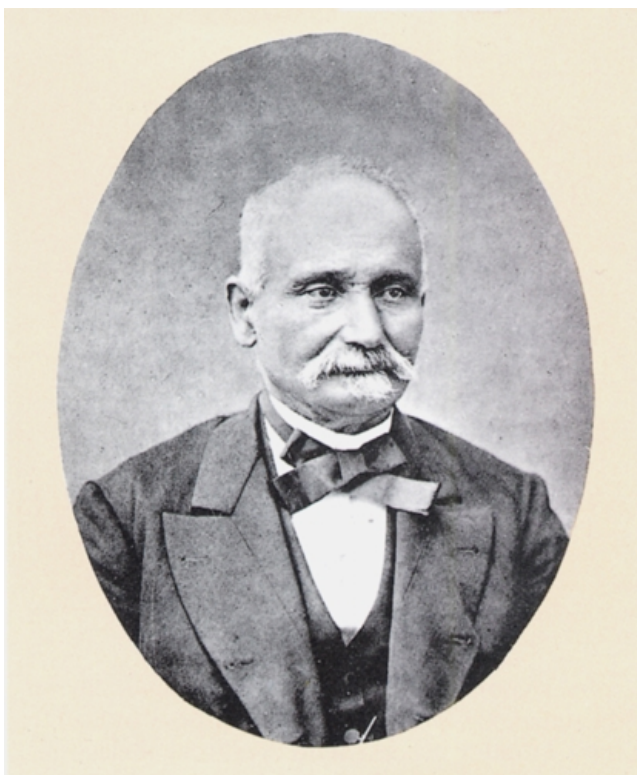


Fig. 10 – Carlos Ribeiro (1813-1882). Pioneiro da Geologia Económica e primeiro Director dos Serviços Geológicos de Portugal.

dos, à medida que avançavam a cartografia geológica sistemática do País e a investigação na Geologia, Mineralogia e Ciências da Engenharia, tendo como protagonistas os organismos públicos, universidades e empresas.

A segunda metade do século passado ficou marcada por notável actividade de pesquisa e exploração de recursos minerais, em particular do carvão, ferro, manganês e metais básicos. Datam deste período as atribuições dos primeiros alvarás de concessão para exploração de vários jazigos, com destaque para Aljustrel, S. Domingos e Panasqueira. A preocupação em incrementar a produção e maximizar o valor acrescentado, através do tratamento metalúrgico, era já nota dominante como consta das recomendações do notável relatório da Comissão presidida por Carlos Ribeiro para analisar a situação das Minas de Aljustrel, datado de 1873. Surgiram também várias explorações de pequenos depósitos de cobre, chumbo-zinco, antimónio, estanho, tungsténio, ouro e prata. Data igualmente deste período a primeira concessão (1848) para exploração de produtos betuminosos, em **Canto do Azeche** (Pataias), que terá laborado irregularmente até cerca de 1861, produzindo o betume com que, entre outras obras, foram asfaltadas todas as estações de caminho de ferro de Lisboa até Elvas e desde o Entroncamento até ao Porto. É ainda nesta época que se verificam as principais produções de antimónio do país, proveniente das jazidas de antimónio e ouro da região **Valongo-Gondomar**. Os minérios eram de boa qualidade e o auge da produção ocorreu entre 1880

e 1890, data em que, por excesso de oferta no mercado devido à produção chinesa, as minas tiveram de fechar. Pelo que consta, a produção portuguesa chegou naquele período a afectar a cotação do metal no mercado londrino.

Ao entrar no século actual Portugal debatia-se com uma preocupante dependência de carvão importado, dado que a produção nacional raramente ultrapassava as 20 000 toneladas anuais. Com a deflagração da 1.^a Guerra Mundial esta situação agravou-se, devido à suspensão de fornecimentos do estrangeiro e dificuldades de transportes marítimos, obrigando toda a indústria a aproveitar ao máximo os carvões nacionais, muito deles de fraca qualidade. Meios consideráveis foram então mobilizados para aumentar as reservas e incrementar a produção, proveniente das minas de antracite da **Bacia Carbonífera do Douro** (S. Pedro da Cova, Passal de Baixo e Pejão) e de lignitos do cabo Mondego. Assim, de uma produção de pouco mais de 29 000 toneladas em 1914 passou-se para 151 000 em 1916 e mais de 200 000 em 1917. A importância dos carvões levou a que em 1921 fosse nomeada uma Comissão para o estudo sobre as possibilidades de existência de carvões no país e seu aproveitamento, de que foi relator o engenheiro **António Viana**, estudo esse que foi complementado com um trabalho do mesmo autor sobre a situação geral da indústria mineira do carvão em Portugal. Tais trabalhos foram apresentados em 1924 e constituíram referência orientadora das acções de política sectorial durante muitos anos. Para além do carvão, também o ferro, manganês, tungsténio e outros metais foram alvo de vários trabalhos de prospecção e pesquisa os quais atingiram particular intensidade durante e após a Segunda Guerra Mundial, com destaque para os jazigos de volframite do Centro e Norte do País. Surgiram então muitas minas para explorar os jazigos revelados, quase todos de pequena dimensão. No que ao tungsténio se refere, pode dizer-se que, por ser facilmente identificável, praticamente todas as jazidas aflorantes de volframite ($WO_4 Fe Mn$) terão sido descobertas, restando apenas para o futuro investigar as não aflorantes e aquelas onde este metal ocorre sob a forma de scheelite ($WO_4 Ca$), mineral que, embora bastante denso, tem, ao contrário daquele, cores e brilho que o tornam facilmente confundível com outros minerais comuns. Portugal passou a ser um dos mais importantes produtores de tungsténio e de estanho do Mundo, sendo a **Panasqueira** e a **Borralha** as principais minas. Os “records” de produção do país estão ligados aos períodos da 2.^a Grande Guerra e ao da Guerra da Coreia (5 700 ton. de concentrados em 1942 e 4 900 ton. em 1952; com o valor médio de 2 912 ton. entre 1939-70). A mesma evolução se poderia apontar para a produção de estanho, companheiro íntimo do tungsténio em várias jazidas (4 400 ton. de concentrados em 1942 e 2 300 ton. em 1952; valor médio de 1 615 ton. entre 1939-70 e de 974 ton. entre 1959-70). Os jazigos

filonianos da **Ribeira, Argozelo, Montesinho** (Bragança), **Panasqueira** e as aluviões de **Gaia** (Belmonte) incluem-se entre os que mais estanho produziram.

Quanto aos recursos uraníferos, a primeira descoberta data de 1907 (Rosmaneira) e em 1913 arrancou a exploração de rádio na **Urgeiriça**. Até 1940, devem ter sido produzidos apenas 50g de rádio e desperdiçadas mais de 500 toneladas de urânio, o qual só a partir de 1944 começou a ser objecto de interesse. De 1951 a 1991 foram produzidas 4 174 toneladas de U_3O_8 , das quais cerca de 83% foram vendidas. A actividade privada neste domínio cessou em 1962.

Ciente da relevância dos recursos geológicos como suporte de importantes sectores da indústria transformadora o Estado passou a ter um papel mais activo no estudo e avaliação das potencialidades mineiras do País, assumindo o ónus da responsabilidade nas etapas de maior risco e, ao mesmo tempo, prestar o apoio técnico e lançar incentivos às empresas de modo a dinamizar o sector, desde a prospecção até à exploração e valorização. Dentro desta linha foram, então, criados o Serviço de Fomento Mineiro (SFM) na Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos em 1939 e, para a prospecção e exploração de recursos de urânio, em regime de exclusividade, a Junta de Energia Nuclear (JEN), em 1954. Surgem assim projectos de prospecção sistemática de áreas potenciais, de pesquisa, reconhecimento e preparação para lavra de jazigos de antigas minas, algumas das quais deram novas explorações. Nesta fase verifica-se também o desenvolvimento nas universidades de equipas dedicadas ao estudo de depósitos minerais, das tecnologias de exploração e do tratamento de minérios, e assiste-se à grande evolução das teorias metalogenéticas, um pouco por todo o mundo, permitindo o refinamento dos modelos conceptuais orientadores da prospecção. Tais factos, juntamente com o enorme progresso concomitantemente ocorrido na geologia estrutural, geoquímica e geofísica, conduziram a que da aplicação prática resultassem importantes descobertas de vários depósitos minerais, em especial no referente aos jazigos de sulfuretos polimetálicos da Faixa Piritosa, cujas descobertas, juntamente com as de Espanha, transformaram esta província metalogenética no maior “stock” de metais básicos da Europa Ocidental. Outros êxitos surgiram igualmente no domínio dos recursos uraníferos, com a descoberta de várias jazidas nas Beiras, Alto Alentejo e Trás-os-Montes, colocando Portugal em lugar de destaque, quer em recursos conhecidos quer como produtor de concentrados de urânio.

A prospecção de petróleo no “onshore” teve significativo desenvolvimento nas três décadas posteriores a 1938, seguindo-se, na década de 70, actividade relativamente intensa na prospecção do “offshore” (plataforma continental), por algumas das mais importantes empresas petrolíferas mundiais. Foram realizadas várias sondagens, tendo algumas delas encontrado, efectivamente, petróleo (Abadia-Torres Vedras no

“onshore”; Moreia e 14-A1 na plataforma continental) mas, até ao presente, sem dimensão económica.

Os anos de 1950 a 1980 correspondem, sem dúvida, a um período áureo da prospecção mineira em Portugal, graças ao relevante papel dos organismos estatais atrás referidos, protagonistas de quase todas as descobertas, e também de empresas mineiras nacionais e estrangeiras. Dos vários casos de sucesso há a destacar como mais importante a descoberta em 1977 de **Neves-Corvo**, jazigo de classe mundial, fabulosamente rico de Cu-Sn, a que se juntam enormes recursos de Zn, Pb, (Ag, Au) e de vários outros elementos menores, sendo hoje o principal produtor de cobre e estanho da Europa Ocidental (Figs. 11, 12 e 13). **Neves-Corvo** foi descoberto por uma associação luso-francesa (Sociedade Mineira de Santiago, Sociedade Mineira Metalúrgica Peñarroya Portuguesa e Société d'Études et Recherches Minières) num alvo gravimétrico (Fig. 14) previamente evidenciado e seleccionado pelo SFM (Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos).

Como sempre acontece quando surge uma descoberta sensacional, verificou-se uma corrida das empresas mineiras nacionais e estrangeiras, algumas das maiores do mundo mineiro, para prospectarem em Portugal, mas, tal como os mais atentos e informados previam, a prática veio demonstrar que os êxitos fáceis não surgiram. Porém, as potencialidades existem e as perspectivas para algumas áreas continuam a considerar-se favoráveis. Muitas das razões de tantos insucessos são conhecidas e da ponderada reflexão sobre as mesmas poderão, certamente, surgir novas linhas de rumo para acções futuras.

A generalizada depressão dos mercados da maioria dos metais verificada na última década veio criar sérios problemas de sobrevivência a várias minas e à diminuição conjuntural do interesse pela prospecção

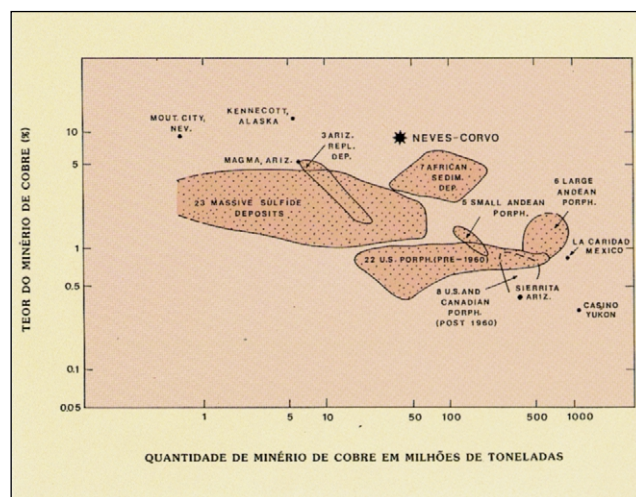


Fig. 11 – Tonelagem e teores de diferentes tipos de jazigos de cobre (adaptado de Jensen and Bateman, *Economic mineral deposits*, 3rd ed., John Wiley & Sons, 1981).



Fig. 12 – Contacto do minério maciço (18% Cu) com estéril (em baixo). Mina de Neves-Corvo (massa Corvo).

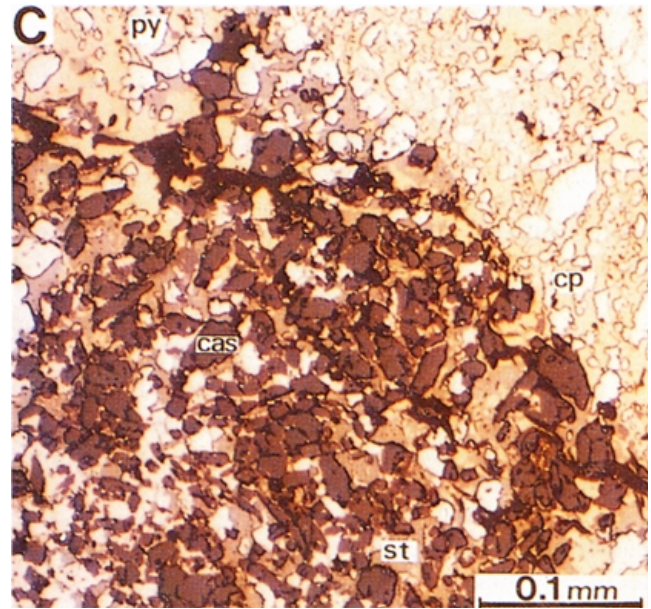


Fig. 13 - Minério de estanho e cobre de Neves-Corvo (massa Corvo) ao microscópio (cas-cassiterite, cp-calcopirite, st-estanita, py-pirite). Tirado de Mitsuno *et al.* 1988.

dos metais básicos, Sn, e W, surgindo, em contrapartida, uma corrida à procura de metais preciosos, ouro fundamentalmente, como consequência de novas ideias metalogenéticas, da evolução tecnológica nos domínios da exploração e do tratamento mineralúrgico de minérios de baixo teor e das condições favoráveis de mercado. Novos alvos que pudessem conter jazidas de ouro de baixo teor (1,5 a 4 p.p.m. de Au) mas de grande tonelagem passaram a despertar interesse. São os primeiros passos de longa caminhada, muito havendo ainda para investigar antes que se chegue a algum êxito de relevo neste domínio.

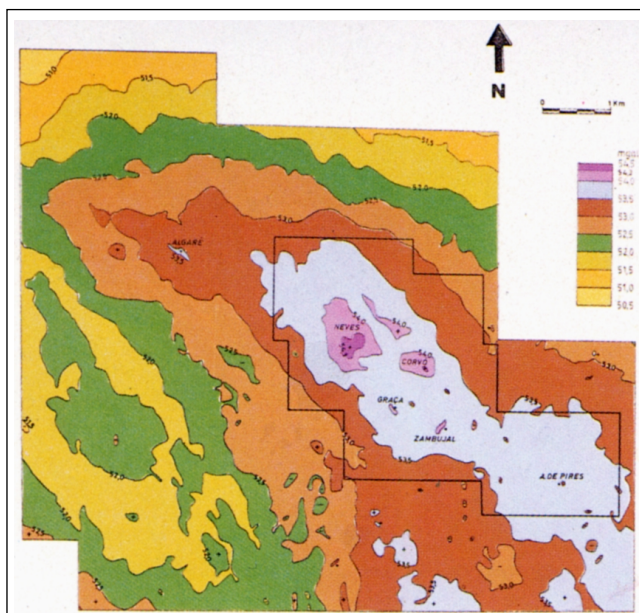


Fig. 14 – Anomalia gravimétrica Bouguer na área de Neves-Corvo (adaptado de dados da SOMINCOR e SFM).

Traços gerais da situação actual

Fruto da dedicação e do intenso trabalho de tantas gerações que, no campo, serviços, universidades e empresas, desenvolveram em prol do sector geológico-mineiro, as riquezas do subsolo foram sendo regularmente reveladas e exploradas em função das possibilidades tecnológicas, financeiras e de mercado.

Muito embora não seja directamente traduzido nos indicadores macroeconómicos (mesmo no Canadá, 3.º produtor mineiro mundial, não atinge os 5% do PIB), a importância dos recursos minerais produzidos pela indústria extractiva (exploração e tratamento primário de matérias-primas) para ser avaliada terá que se ter em conta o seu papel como suporte de importantes sectores da indústria transformadora com grande contribuição no PIB e no emprego (cimento, materiais de construção, cerâmica, vidro, pasta de papel, produtos químicos, produção de energia, etc.). Além disso, contribui para melhorar a balança comercial, chegando a atingir mais de 3% do valor das exportações, e é fonte de emprego em regiões do país economicamente deprimidas.

Como se pode ver das figuras 15 e 16, apesar do País ser fortemente dependente da importação, em alguns casos a 100%, a taxa de cobertura das importações pelas exportações, excluindo o petróleo, passou a ser francamente positiva, após a entrada em produção de Neves-Corvo em 1989, que, como se deduz da figura 17, nos tirou da cauda da Europa no referente ao valor da produção de metais.

O projecto da mina de Neves-Corvo levou, desde a descoberta do jazigo até ao arranque da produção no final de 1988, onze anos a concretizar. Período de

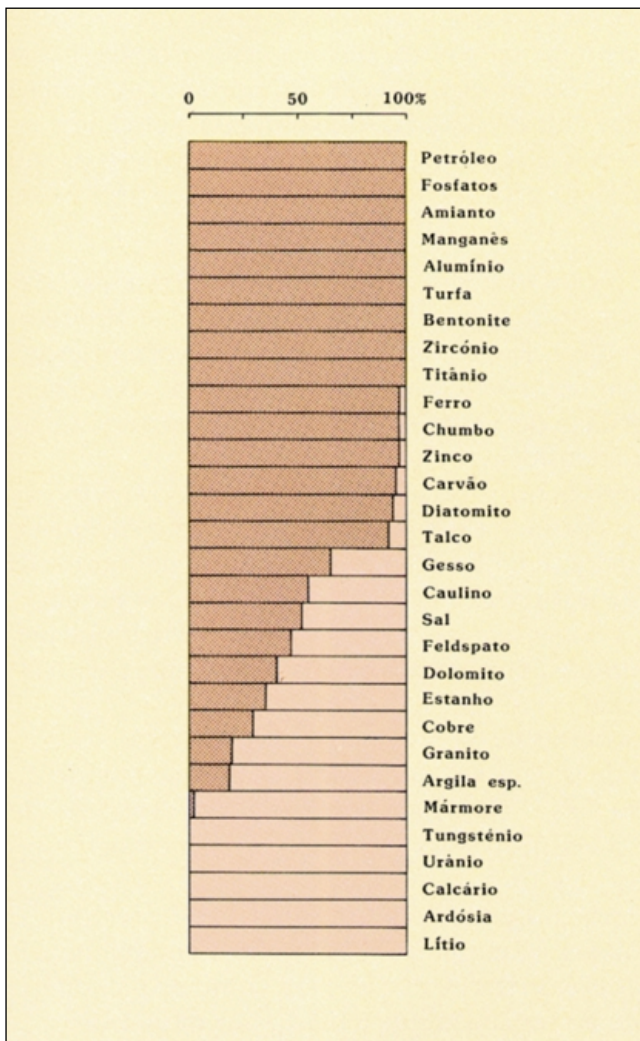


Fig. 15 – Grau de dependência externa de recursos minerais.

tempo relativamente curto, atendendo à envergadura da obra e à profundidade do jazigo (de 250 a mais de 1 000 m). O impacto da produção de Neves-Corvo (1.600.000 ton. de minério, que deram 600 000 de concentrados de Cu e 6 500 ton. de concentrados de Sn, em 1992), veio revolucionar as estatísticas mineiras conforme consta do Quadro I, onde se destaca o crescimento do valor da produção total anual e o salto do contributo dos recursos do sub-sector “Metálicos”, o qual se deve, exclusivamente, àquela mina.

Quadro I

Anos Recursos	1987	1988	1989	1990	1991 (*)
	%	%	%	%	%
Energéticos	9	6	3	2	2
Metálicos	4	9	36	38	30
Não Metálicos	70	79	49	50	56
Águas	17	16	12	10	12
Valor Total (milhares de contos)	33 518	45 381	84 769	109 880	107 736

Fontes: INE e DGGM

(*) inclui alguns valores provisórios

Deste quadro ressalta, também, a relevante importância do sub-sector dos recursos “**não metálicos**” no contexto da indústria mineira. Com efeito, na estrutura da exportação das dez principais substâncias (99% do total de 73 milhões de contos em 1991) aparecem logo a seguir ao minério de cobre, em primeiro lugar com cerca de 46%, os mármore e calcários ornamentais com 29% e os granitos com 16%. O esta-

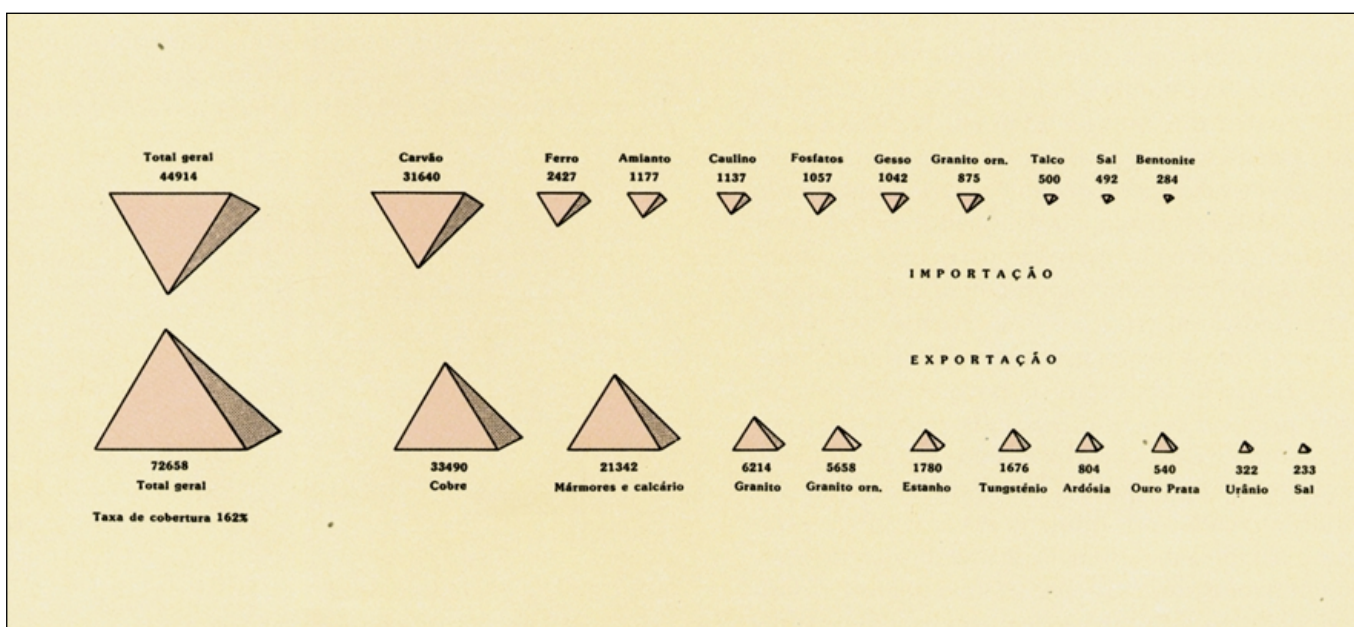


Fig. 16 – Valor das importações e exportações das 10 principais substâncias minerais e do total referente a 1991, excepto petróleo (milhares de contos).

inho e o tungstênio contribuem com cerca de 2%, a ardósia 1 % e o ouro, prata, urânio e sal com menos de 1 % cada.

A comprovação, de facto, do real valor de Neves-Corvo, preciosa riqueza da nossa **Base de Recursos** hoje reflectida na economia do País, veio despertar as atenções e o interesse pelo sector geológico-mineiro, factor da maior importância para prosseguir com perseverança no caminho do futuro. Todavia, não pode deixar de causar apreensão a distorcida imagem que, por vezes, transparece como se Portugal fosse um “El Dorado” e estivesse a viver uma época de grande dinamismo e expansão na indústria extractiva. Tal facto desfoca a verdadeira e dura realidade que se traduz, porventura, por uma das maiores crises que o sector já enfrentou. Com efeito, o número de minas em efectiva laboração tem vindo, em boa parte por razões de ordem externa, a diminuir drasticamente nos últimos anos, sendo grande a vulnerabilidade do sector, quando perspectivado a médio-longo prazo.

O ciclo de vida de uma mina diz-nos que ela nasce, cresce e morre, mas a morte absoluta só se pode aceitar com o esgotamento dos seus recursos e não das reservas. A crise do mercado de metais decorrente do excesso de oferta, tem várias causas, nomeadamente, das novas fontes de abastecimento a partir dos países da Europa Leste, do aumento da reciclagem e substituição de produtos, e de distorções anormais do mercado (“dumping”). Estes são alguns dos factores que, de uma maneira ou de outra, mais determinaram a inexistência de reservas mineiras que assegurassem a continuação da laboração de praticamente todas as nossas minas de estanho, tungstênio, ouro e urânio.

Pensar o Futuro

Não será arriscado afirmar haver consenso quanto à relativa riqueza e variedade de recursos geológicos no território nacional. A relevante contribuição dos mesmos para a economia desde tempos recuados, em especial a partir dos **metais básicos, W, Sn, Au, U, carvão, mármore e granitos**, e o bom conhecimento que já se possui da geologia do País, dão fundamento a tal ideia. Mais reforçada, ainda, quando se toma por referência o quadro europeu, em particular o conjunto da CE, a qual tem uma dependência global em metais importados superior a 70%. Somos, inclusivamente, ricos de vários recursos geológicos, que, apesar disso, temos de importar; ou porque de tais recursos não é possível constituir reservas, devido a baixos teores, à complexidade intrínseca dos minérios e inadequação tecnológica para o seu tratamento, ou por razões de mercado, ou, noutros casos (cobre e estanho, p.e.) devido à inexistência de metalurgias no País.

Do conhecimento existente sobre o nosso Geossistema não é difícil, por razões de ordem geológica, eliminar uma série de possibilidades quanto à existência de várias substâncias, das quais somos e seremos for-

tes importadores. Em relação a todas as indicadas com dependência a 100 % na figura 15, não há fundamento credível para que a situação se possa alterar no futuro, pelo menos a partir da área emersa do território nacional. Dados novos surgiram, porém, em especial nas duas últimas décadas, que obrigam a cuidados especiais nos diagnósticos e cenários evolutivos para o sector. Sem procurar ser exaustivo salientarei os seguintes:

- O progresso no melhor aproveitamento das matérias-primas e da energia por unidade de produto, conhecido pela expressão “**fazer mais com menos**” (*doing more with less*), a crescente taxa de reciclagem de metais, o desenvolvimento de novos materiais e de novas tecnologias.
- Alargamento das fontes de fornecimento de matérias-primas a partir de países do leste europeu e do oriente, com crescente descontrolo de mercados e maior imprevisibilidade na evolução dos mesmos.
- Mais exigentes padrões de qualidade e rigorosos mecanismos de controlo na preservação do meio ambiente natural.
- Descoberta de Neves-Corvo e demonstração da existência de jazigos anormalmente ricos e de grande dimensão, justificando-se, por isso, a prospecção de zonas mais profundas das áreas de maior favorabilidade.
- Enorme progresso no conhecimento da tectónica, da geologia económica e das técnicas geoquímicas e geofísicas e de teledetecção, bem como na tecnologia mineira, no tratamento de minérios, na modelação matemática e simulação.
- Descobertas revolucionárias sobre a génese de depósitos polimetálicos em formação activa junto das grandes fracturas dos fundos oceânicos, bem como na tecnologia de investigação e exploração dos recursos do solo e subsolo marinho.
- Considerável progresso no conhecimento da geologia do País em geral e do contexto geológico onde ocorrem importantes jazigos, bem como sobre as res-

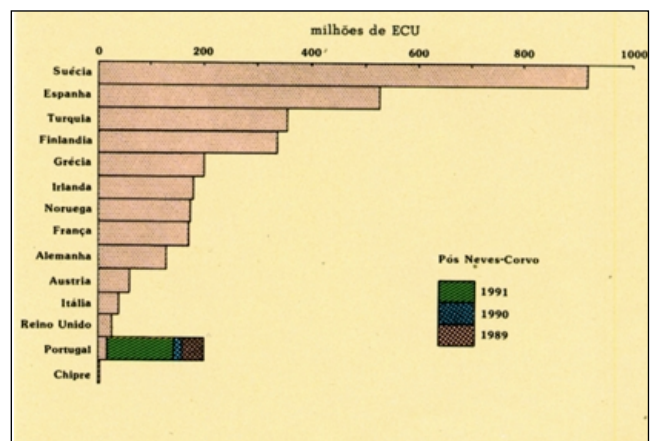


Fig. 17 – Valor da produção de minerais metálicos em países da Europa Ocidental em 1988 (adaptado de Lumsden, G.I., ed., *Geology and the Environment in Western Europe*, Oxford, 1992).

postas geoquímica e geofísica dos mesmos, facilitando a selecção de áreas potenciais e a sua prospecção e pesquisa.

– Começar a ganhar credibilidade a possibilidade de, dentro de algumas décadas, poder vir a ser controlado o complexo processo de produção de energia por fusão nuclear.

Estes grupos de dados, em particular os três primeiros e o último, traduzem-se em factores que, conjuntamente ou de per si, podem vir a introduzir profundas e imprevisíveis mutações capazes de inviabilizarem o aproveitamento de recursos hoje económicos ou, em contrapartida, despertar o interesse por novos outros que até aí não o eram. Torna-se, assim, difícil admitir que a generalidade das pequenas minas de Sn, W, Au-Ag, Pb-Zn, Cu, entre outras, que dantes trabalhavam com teores médios a fracos, e que só permitam a exploração pelos métodos de lavra subterrânea tradicionais, possam voltar, em condições normais da conjuntura internacional, a operar economicamente, salvo se, porventura, contiverem nos seus minérios metais menores susceptíveis de importante valorização por necessários à aplicação em novos materiais ou novas tecnologias. Há vários casos conhecidos da literatura, como p.e. minas de zinco que só são rentáveis graças ao germânio obtido das blendas, ou como a antiga pequena mina de cobre Apex (Utah, EUA) que voltou a ser reactivada graças à extracção de germânio e do gálio.

A tendência para “fazer mais com menos” tem tido repercussões extremamente positivas na economia de recursos, ajudando a minorar o impacte da tremenda procura que o crescimento populacional do globo irá impor. Por outro lado, a substituição de metais pode causar forte perturbação no mercado, como vem já acontecendo com o W, Cu, Al, que têm sido substituídos por novos produtos, tais como, respectivamente: cerâmicas, fibra óptica e materiais compósitos. Sintomático disso é o que se irá passar com a indústria aeronáutica em que os principais construtores prevêem, em valores médios globais, passar, no consumo de alumínio dos 80% de 1980 para 56% no ano 2000, enquanto que a aplicação de materiais compósitos passará de 2,7% para 25% no mesmo período.

Muito embora para estes novos materiais se tenha de recorrer a maior variedade de recursos geológicos e a mais avançada tecnologia, as quantidades requeridas são incomparavelmente menores (Fig. 18). Em contrapartida, tais recursos existem em zonas mais localizadas e em quantidades globais muito pequenas o que impõe novos desafios para a sua descoberta e aprovisionamento. Mas isso não contrariará, porém, tal tendência, que certamente irá prosseguir, sendo de admitir como provável que quando se avizinhar o esgotamento efectivo de determinado metal, a resposta será encontrar-se substituto, em vez de induzir aumentos substanciais e duradouros nas cotações que permi-

tam a retoma da exploração de depósitos pequenos e pobres. Por outro lado, mesmo que venha a ser possível dispor de energia inesgotável a custos competitivos, também não é de supor que, devido ao impacte ambiental, pelo menos nos países mais evoluídos se passe à produção de metais a partir das rochas comuns, ou seja, descer os teores de corte (teores pagantes dos custos operatórios) para valores da ordem do “clarke” (teor médio de cada elemento geoquímico na crosta terrestre), como adiante se verá.

Em Portugal, excluindo a pequena produção de minérios de ferro e manganês do Cercal, sem expressão económica, todos os restantes metais produzidos pertencem ao grupo dos elementos geoquímicos escassos, teor médio na crosta inferior a 1 000 p.p.m.. As curvas de **Skinner** (Fig. 19) revelam que a relação metal na crosta/teor se traduz por uma distribuição bimodal para estes elementos. Neste caso, os dois ramos da curva são separados pela zona de fronteira correspondente à barreira mineralógica, ou seja, a ocorrência do metal nos respectivos minerais próprios (exploração económica actual), da que corresponde ao mesmo elemento na rede cristalina de outros minerais das rochas comuns, p.e., o níquel na olivina, ou o cobre na biotite. Há correntes optimistas que crêem ser possível, em caso de esgotamento de reservas, passar essa barreira. Porém, para estes elementos mesmo dispondo de energia “inesgotável” e barata, primeira condição para encarar tal hipótese (dado o enorme salto no consumo de energia para produzir a mesma quantidade de metal a partir de materiais dum ou doutro lado da curva, contrariamente ao caso dos elementos escassos em que esse consumo cresce progressivamente), mesmo nessa hipotética situação, não é de prever que tal possa vir a acontecer. Na verdade, os danos causados ao meio ambiente seriam sempre de proporções gigantescas, certamente inaceitáveis. Veja-se o caso das actuais explorações dos famosos jazigos de cobre de

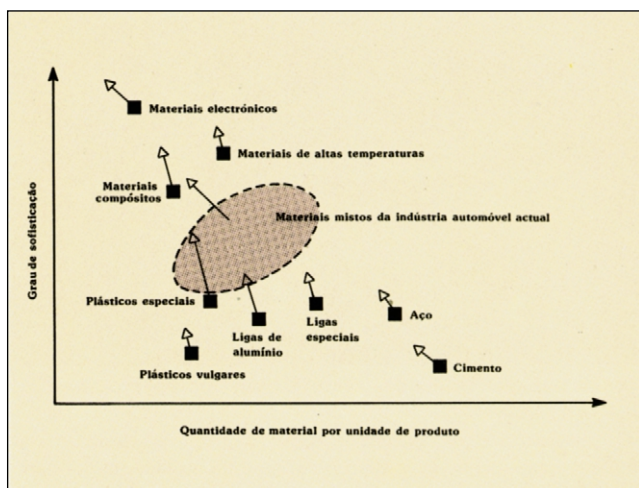


Fig. 18 – Relação entre quantidade de recursos e a informação científica no fabrico de produtos.

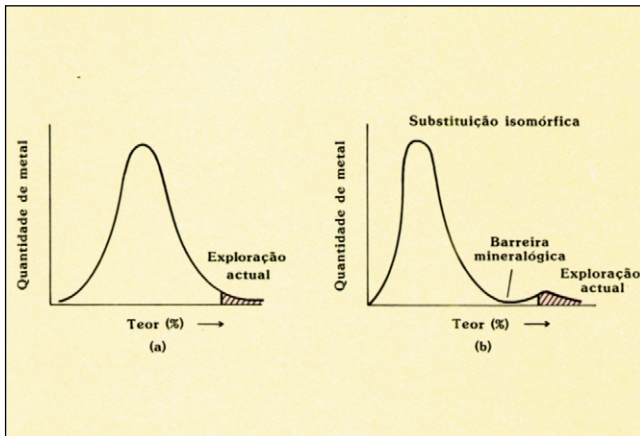


Fig. 19 – Relação metal na crosta *versus* teor dos elementos abundantes (a) e elementos escassos (b). Adaptado de Skinner, *Amer. Scientist*, 64, 1976.

baixo teor e grande tonelagem (porphyry copper*) alguns dos quais já chegaram, na década de 70, a baixar o teor de corte para valores da ordem dos 3 500 p.p.m. (mas a partir de minérios de minerais de cobre), figura 20. É tanto assim que, a cratera de subsidência da mina de exploração subterrânea (“block caving”) do “porphyry copper” de San Manuel (Arizona) e a imensa corta da exploração a céu aberto de Bingham Canyon (Utah) onde chegaram, num só dia, a movimentar mais de meio milhão de toneladas de minério e estéril, incluem-se já nos pontos conspícuos do nosso planeta quando visto da Lua! Por outro lado, certa corrente

optimista chegou mesmo a admitir estar o problema dos recursos resolvido, dado que, pela relação de **Lasky**, à diminuição aritmética do teor de corte corresponderia crescimento geométrico das reservas. Cedo se demonstrou ser isso apenas parcialmente válido quase só naquele tipo de jazigos e para determinada gama de valores.

Considerando o factor de concentração em relação ao “clarke”, para os elementos abundantes (Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ti) e para os elementos escassos, necessário para se atingirem os mais baixos teores de corte das explorações actuais no mundo, verifica-se que, p.e., enquanto que tal factor é da ordem dos 4,5 no Fe, 16 no Ti e 2,5 no Al, ele passa para 2 100 no Pb, 1 500 no Sn, 4 000 no Au, 15 000 no W e é de 100 000 para o Hg. Estes valores dão, em certa medida, ideia sobre a raridade e o refinamento dos processos exigido para se atingirem tais concentrações em quantidade e volume que formem jazigos. Os recursos minerais terão, pois, de ser sempre considerados como bens escassos.

Tendo presentes tais dados e as características da geologia e das mineralizações do nosso território, é possível delinear caminhos a seguir para encarar o futuro, mais precisamente, para ampliar, valorizar e aproveitar, a Base de Recursos, devendo ter-se bem presente que a prospecção mineira será cada vez mais uma actividade de investigação aplicada. Apontam-se seguidamente algumas considerações e linhas de acção que parecem pertinentes em tão delicado assunto:

– Sendo um jazigo mineral o resultado de processos geológicos, óbvio se torna concluir que quanto melhor



Fig. 20 – Exploração a céu aberto de um “porphyry copper”. Mina de Ajo, Arizona

* Os principais jazigos “porphyry copper” ocorrem no designado círculo de fogo do Pacífico. Estão associados aos ambientes geotectónicos (zonas de subducção) que, desde o Mesozóico, geraram magmatismo dos arcos insulares e das cadeias de montanhas à volta daquele oceano. Esta actividade ígnea, que à superfície se manifesta hoje por vários vulcões activos, produz, a profundidades de 1 a 3 km, rochas porfíricas (pórfiros monzoníticos, tonalíticos, quartzo-dioríticos, etc.) com as quais se associam o cobre, ouro, molibdénio e, nalguns casos, estanho e tungsténio. É nestes jazigos que existem as principais reservas e recursos de cobre do planeta, com destaque para o Chile, EUA, Canadá, Perú, México e Filipinas.

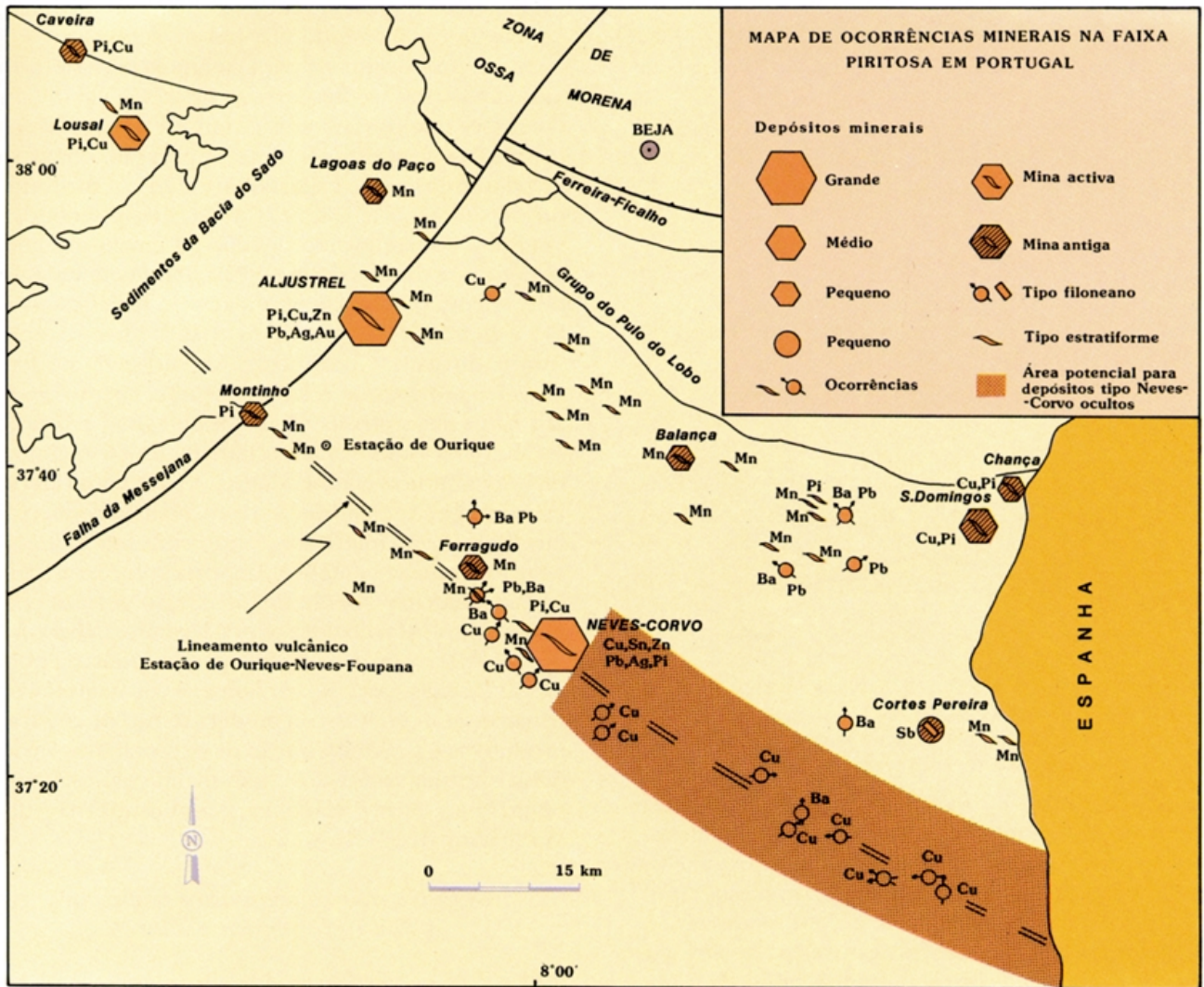


Fig. 21 – Mineralizações da Faixa Piritosa Portuguesa e área potencial para prospecção de jazigos tipo Neves-Corvo no lineamento Estação de Ourique-Neves-Foupana.

conhecimento houver da geologia do território tanto mais fácil será apurar o que possuímos ou não podemos possuir. O uso das novas tecnologias de informação permitiu revolucionar métodos de trabalhos e o apuramento de resultados, mas importa ter presente que continua, e, certamente, continuará sempre, a ser imprescindível, a colheita directa de dados na fonte, melhor dizendo, no terreno. A discriminação cartográfica, a caracterização geológico-estrutural detalhada das diferentes formações e dos ambientes geotectónicos onde se formaram são fundamentais para qualquer salto qualitativo na criação de novas perspectivas e definição de novos horizontes para a prospecção de recursos; petróleo, gás e geotermia (HDR) incluídos. O apoio da geofísica e geoquímica na fase do estudo geológico regional, bem como o recurso a sondagens relativamente profundas em áreas criteriosamente seleccionadas são cruciais para tal objectivo. Sem tais sondagens arrastar-se-ão, *ad aeternum*, importantes questões de natureza geotectónica e do conhecimento crustal por esclarecer;

– Em Portugal justifica-se, apesar do elevado risco, desenvolver esforços no sentido de descobrir jazigos de teores elevados, de média e grande dimensão, para além das profundidades já hoje praticadas na exploração. O simples facto da existência de Neves-Corvo a isso obriga. Parece pertinente questionar se será este jazigo excepção à regra ou haverá mais? Nada do que se conhece sugere que se deva optar pela negativa. Tudo indica, porém, que tendo em conta os dados da geologia, da prospecção geofísica e sondagens, a possibilidade de eventuais descobertas de jazigos do tipo Neves-Corvo a baixas profundidades (menos de 300 m) é muito pequena. De todas as áreas potenciais ressalta, para o autor destas linhas, como alvo preferencial a indicada na figura 21; mas a tarefa não vai ser fácil;

– Os progressos na investigação dos processos geológicos geradores de recursos, do controlo estrutural, da geoquímica das terras-raras, dos isótopos e das inclusões fluídas, bem como dos diferentes domínios da geofísica, conjugados com a crescente tendência para

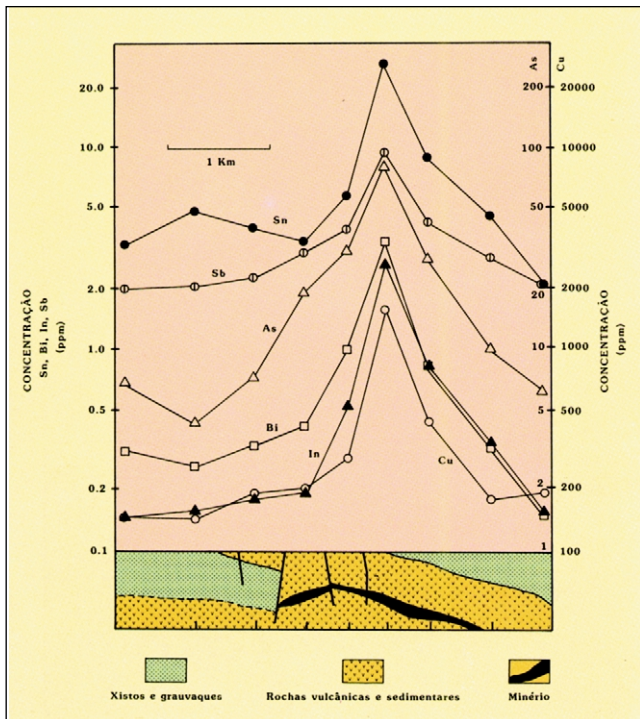


Fig. 22 – Teores de Cu, As, Sn, Bi, In, Sb nas cinzas das folhas de *Quercus ilex*, um perfil sobre jazigo de Neves-Corvo. Adaptado de Grimes, D. et al., USGS Bull., in press.

a quantificação das observações e uso das tecnologias da informação, da modelização matemática e simulação, irão proporcionar melhores e mais eficazes meios para a descoberta de jazigos minerais. Do mesmo modo, a biogeoquímica multielementar, utilizando não só plantas mas, inclusive, microorganismos, poderá vir a revelar-se, em alguns casos, de grande utilidade. Com efeito, ensaios recentes num projecto de investigação sobre o jazigo de Neves-Corvo (desenvolvido pelos Serviços Geológicos dos Estados Unidos da América e os Serviços Geológicos de Portugal, financiado pela FLAD), revelaram que as folhas da *Quercus ilex* (vulgo, azinheira) acusam com facilidade anomalias metálicas existentes no solo e subsolo que podem ser correlacionáveis com a presença de jazigos minerais, e servir para ajudar a detectar jazigos ocultos (Fig. 22);

- Como novos domínios para a prospecção deverá, para além do já referido, ter-se em conta que ao longo da coluna geológica das formações que ocorrem no País são conhecidos vários episódios vulcânicos, muitos deles ainda insuficientemente estudados, em particular as fácies de rochas vulcânicas distais (depositadas longe dos centros vulcânicos) ou as exalativas - sedimentares (exhalitos, ou seja, sedimentos químicos derivados de fluidos vulcânicos). Da investigação do vulcanismo actual e antigo tem-se concluído que a tais rochas, quando em condições estruturais favoráveis, podem estar associadas mineralizações, em particular, de ouro. Igualmente para o ouro há que intensificar a investigação de possíveis ocorrências de jazidas associadas a zonas de fraqueza crustal antigas que

possam ter rejogado ao longo dos tempos geológicos (zonas de cisalhamento e zonas de sutura);

- A procura de metais para os novos materiais e novas tecnologias vai despertar o interesse em minérios correntes que possam conter tais elementos em concentrações susceptíveis de recuperação como subprodutos de grande valia, como é o caso, entre outros, do Ge, In, Nb, Ta, Ga, Se, Cd. Do mesmo modo, haverá que fazer o estudo das rochas ígneas alcalinas e peralcalinas que ocorrem no País, tendo em vista o conhecimento da sua potencialidade em terras-raras, nióbio e outros elementos raros. Das formações aplito-pegmatíticas é igualmente de esperar poderem detectar-se zonas de relativo enriquecimento em metais raros susceptíveis de interesse actual e futuro;

- Muito há ainda a realizar para melhorar o conhecimento estrutural e mineralógico e para mais rigorosamente fazer a caracterização de recursos já conhecidos, metálicos e não metálicos, tendo em vista a sua valorização e aproveitamento. Importa reforçar a articulação e aumentar o grau de integração vertical com a indústria transformadora, ainda bastante débeis, à excepção dos casos do sal-gema para a indústria química, as argilas para a cerâmica e os materiais de construção. Além disso, a modernização de estruturas produtivas e a racionalização de explorações, em particular no sub-sector dos “não-metálicos”, são indispensáveis para assegurar a competitividade internacional.

Uma fronteira para vastos horizontes A Zona Económica Exclusiva

Pela sua extensão e grande importância, pelo pouco conhecimento que, apesar dos notáveis trabalhos realizados, dela se tem e pelo muito que importa fazer, julgou-se adequado destacar este tema. É facto conhecido que o território imerso sob jurisdição portuguesa corresponde a uma área cerca de dezoito vezes superior à superfície da zona emersa, ou seja, a maior da CE e a terceira da Europa (Fig. 23). A tremenda responsabilidade que advém da posse de tão importante património territorial terá de ser assumida em toda a sua plenitude, sob pena de virmos a ser “colonizados” neste domínio.

Tradicionalmente, quando se aborda o tema dos recursos não vivos do mar, associa-se logo a ideia do petróleo e gás. Sem dúvida que estes são os mais importantes recursos geológicos explorados nas áreas marinhas do globo, mas outros há que, no futuro, poderão desempenhar relevante papel na economia das nações.

As primeiras indicações concretas da formação de metais sob os oceanos foram obtidas pela expedição Challenger em 1870, quando recolheram os célebres nódulos de manganês e ferro, contendo também algum níquel, cobalto e cobre. Evidência indirecta de que importantes jazigos de sulfuretos polimetálicos maciços,

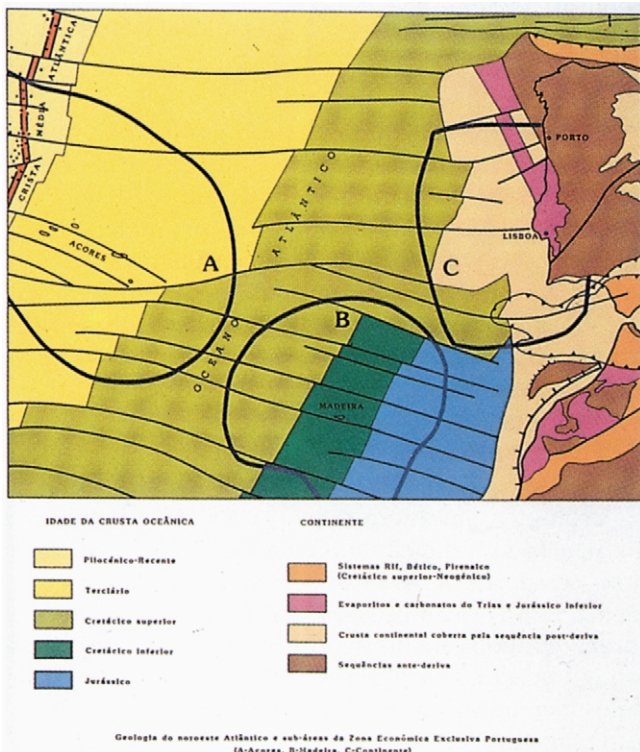


Fig. 23 - A Zona Económica Exclusiva (ZEE) portuguesa.

como os de Chipre, do Kuroko no Japão, ou os da Faixa Piritosa foi sendo obtida de diversos estudos em terrenos antigos, um pouco por todo o mundo, vindo a ser proposta e genericamente aceite, a partir do fim da década de 50, a teoria vulcano-sedimentar para explicar a formação de tais jazigos no fundo marinho. Por outro lado, no início da década de 60, no Salton Sea (Golfo da Califórnia) e no Mar Vermelho detectava-se a presença de focos mineralizadores activos, formando salmouras metalíferas quentes, das quais resultam lamas ou sedimentos polimetálicos muito finos junto das áreas de descarga. Em 1962, uma sondagem para a prospecção de petróleo e gás no Imperial Valley, a SE do Salton Sea, encontrou, inesperadamente, à profundidade de 1 500 m, uma salmoura com 320° de temperatura que, ao arrefecer à superfície precipitou, durante três meses, cerca de 8 toneladas de material silicioso contendo 20% de Cu e 8% de Ag, em peso. Tais sistemas activos têm sido fonte de enorme quantidade de dados científicos de extraordinária importância sobre os processos mineralizantes. Para as lamas do Mar Vermelho, que atingem centenas de milhões de toneladas, existem já ensaios tecnológicos para a sua exploração, tratamento mineralúrgico e extracção de metais Zn, Cu, e Ag. Mas, porventura, as mais sensacionais descobertas foram na **East Pacific Rise**, pela equipa do projecto RISE (Fractura 21N), quando em missão no submersível ALVIN (1978), a mais de 2 500 m de profundidade, puderam observar ao vivo a descarga dos **“black smokers”** (Fig. 24),

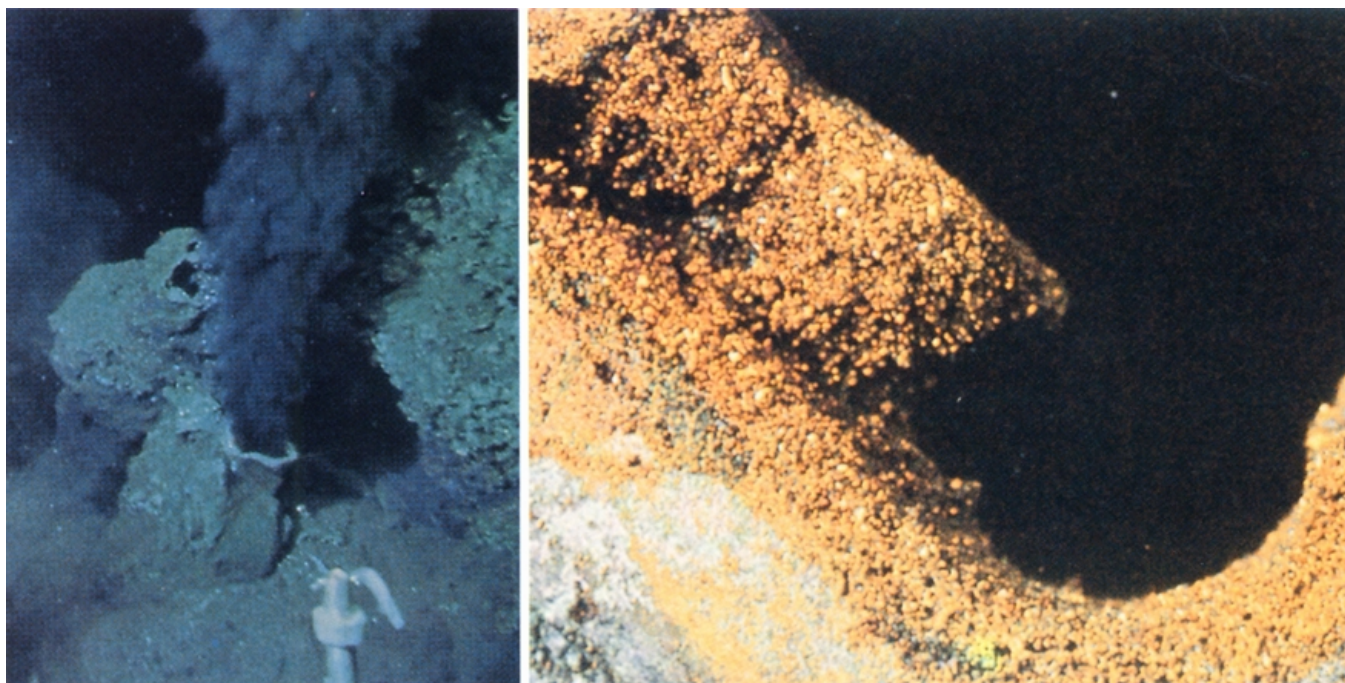


Fig. 24 - “Black smoker”. Solução hidrotermal a cerca de 320° C formando um depósito mineral no fundo marinho a 2 500 m de profundidade na Fractura 21 N da East Pacific Rise. A cor negra é devida às finas partículas de sulfuretos polimetálicos precipitados em contacto com a água do mar. Ao lado, uma camada de sulfuretos formados à volta dos canais de exalação na 21N. Tirado de *The Dynamic Earth, an Introduction to Physical Geology*, 2nd. ed., 1992, por Skinner, B.J. e Porter, S.C. Copyright© 1992, by John Wiley & Sons, Inc. Reprodução autorizada por John Wiley & Sons, Inc..

i.é. chaminés, com três ou mais metros de altura, brotando fumos negros compostos de líquido e vapor supersaturado em elementos metálicos, Fe, Cu, Zn, Mn e metais preciosos a temperaturas que podem atingir os 400° C. Ficou assim demonstrada a deposição directa de mineralizações no fundo do mar a partir de sistemas hidrotermais, fenómeno que muitos autores julgavam dantes ser inviável.

Para a formação e preservação de um depósito de sulfuretos vulcanogénicos marinhos é necessária a conjugação favorável de, fundamentalmente, cinco factores determinantes: a) – a existência de um fluido capaz de transportar vários p.p.m. de metais, e enxofre reduzido em solução; b) – uma fonte de energia térmica (intrusão magmática) capaz de gerar circulação convectiva através de vários quilómetros de rochas do fundo oceânico; c) – existência de um sistema de fracturas que proporcionem espaços abertos para a circulação do fluido; d) – mecanismos que levem à precipitação dos metais. Normalmente a pressão da coluna de água impede que o fluido entre em ebulição antes de atingir o fundo marinho e daí ele brotar sob a forma de “black smoker”; a precipitação resulta da simples mistura do fluido hidrotermal com a água do mar fria. Precipitam assim os sulfuretos metálicos e os sulfatos de cálcio e de bário. O ferro e manganês formam óxidos e hidróxidos que permanecem em solução ou formam colóides e arrastam consigo metais nobres, em especial o ouro, podendo vir a dispersar-se e irem precipitar distalmente em relação aos focos donde brotam os fluidos de profundidade. Caso não haja sulfuretos metálicos no fluido geram-se os designados “white smokers”; e) – acumulação de material sedimentar ou vulcânico para cobrir e preservar da erosão as mineralizações depositadas.

Se o fluido na sua ascensão para a superfície sofrer ebulição, os sulfuretos podem precipitar ainda no seio das rochas do subsolo marinho dando filonetes, vénu-las e veios ou formar uma lama que se extravasa e afunda na bacia de sedimentação.

Estas impressionantes descobertas geraram novos paradigmas e vieram reforçar o potencial de recursos do solo e subsolo marinhos, muito em particular nas vizinhanças das zonas de fraqueza estrutural associadas às cristas médias e falhas transformantes das placas oceânicas. Portugal com a sua vasta ZEE, na qual se incluem extensas zonas vizinhas da **Crista Média do Atlântico** e de falhas transformantes, em particular nas regiões dos Açores e Madeira, dispõe, desde logo, de condições particularmente favoráveis.

Para além dos sulfuretos polimetálicos, vários são os recursos que podem existir nos diferentes ambientes geológicos marinhos (Fig. 25). Na área portuguesa conhecem-se indícios de óleo e de gás e admitem-se boas perspectivas para estes recursos nas bacias sedimentares do “deep-offshore”. Por outro lado, nela já foram definidos alguns depósitos de areias e cascalhos junto à costa e descobertos nódulos fosfatados e nódulos metálicos (Fig. 26). Ocorrências de sulfuretos foram também já reveladas na crosta oceânica atlântica.

Parece, assim, razoável admitir ser desta imensa área sob jurisdição portuguesa que, no próximo século, poderão surgir importantes contributos para a ampliação da **Base de Recursos**. O desafio é enorme e a tarefa gigantesca. Alguns dirão que isso vai levar muito tempo e há que trabalhar para o presente. Outros contestarão que, por isso mesmo, há que começar cedo para não se correr o risco de perder a corrida. Apesar dos escassos meios, muito já foi feito e de boa qualidade, o que é, só por si, um bom ponto de parti-

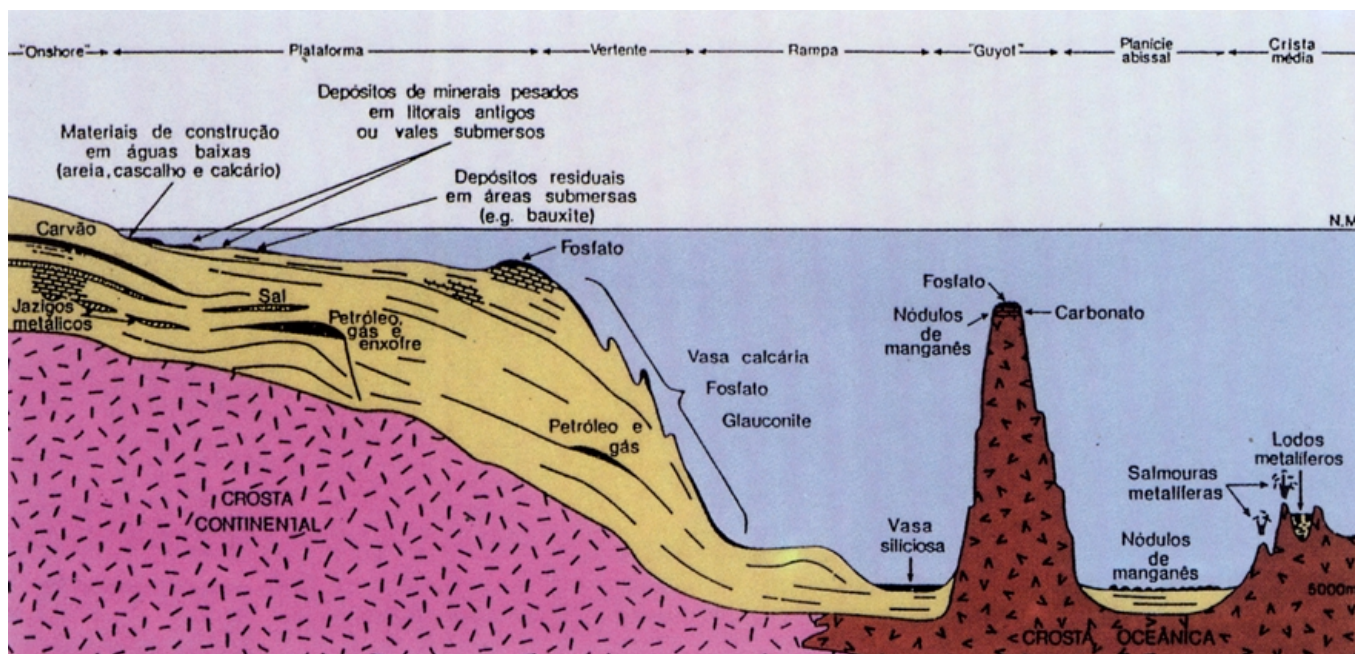


Fig 25 – Tipo de recursos minerais em ambientes geológicos marinhos. Adaptado de Monteiro, H., Bol. Minas, vol. 22, n.º 1, 1985.



Fig. 26 – Nódulos de manganês e fosforites da ZEE portuguesa.

da. A cooperação internacional, fundamental neste domínio, face aos custos envolvidos, tem sido exemplar e muito frutuosa. Importará prosseguir com determinação e alargar, desde já, o conhecimento geológico a toda a **ZEE**, incluindo as planícies abissais e os arquipélagos dos Açores e Madeira, e desenvolver estudos de detalhe de áreas potenciais em recursos, bem como acompanhar de perto a evolução científica nos diversos domínios da oceanografia e da tecnologia da exploração mineira submarina.

O progresso dos povos sempre foi e, apesar das previsíveis mutações, por certo continuará a ser fortemente dependente da utilização dos recursos geológicos. Portugal reúne condições naturais relativamente favoráveis para encarar o futuro com tranquilidade e esperança, desde que se verifique criteriosa e racional exploração e valorização dos recursos conhecidos, e se criem os meios e envidem os esforços necessários para traduzir a real potencialidade de ampliação da **Base de Recursos** em efectivas descobertas em terra e no mar.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Moitinho de Almeida e ao Dr. Hipólito Monteiro, pela ajuda na obtenção de algumas fotografias; à Dr^a Maria de Jesus Sousa pelo processamento e composição gráfica do texto e ao desenhador José de Almeida pela elaboração das peças desenhadas. Ao Professor Martim Portugal Ferreira pela cuidada revisão do texto.

SUGESTÕES DE LEITURA

ALLAN, C. J. - A mineração em Portugal na Antiguidade, *Bol. Minas*, Lisboa, **2** (3): 139/175, Jul./Set. 1965.

BORGES, S.F. - *A História da Crusta Terrestre (uma história entre outras)*. Colóquio/Ciências, Ano 4, **11**, p. 54-70, Agosto 1992.

BRIMHALL, G. - The Genesis of Ores. *Scientific American*, p. 48-55, May 1991.

BURCHFIEL, C.H. - The continental crust. *Scientific American*, p. 130-142, Sep. 1983.

CRAIG, J.R., VAUGHAN, J.D. & SKINNER, J.B. - *Resources of the Earth*, Prentice Hall, 395 pp., 1988.

FRANCHETEAU, J. - The Ocean Crust. *Scientific American*, p. 114-129, Sep. 1983.

GODINHO, M.M. - Relação entre Recursos e Abundância de elementos químicos na crosta continental. INIC, (CGUC, Coimbra) 58 p., 1982.

THADEU, D. - Portugal, in "Mineral Deposits of Europe", vol. 4/5, IMM, The Mineralogical Society, p. 197-220, 1989.