

Visita de Estudo à Mina (desactivada) do Lousal

6 de DEZ 2007

Instituto Superior Técnico, Departamento de Minas e Georrecursos

Descrição geral da visita

Conhecer o Plano de recuperação da antiga área mineira do Lousal e dos equipamentos mineiros ainda existentes, com vista a criar um núcleo de património mineiro e de desenvolvimento regional, capaz de captar turismo para o local. Este projecto envolve a criação de diversas infraestruturas turísticas de apoio, recuperação da área da Barragem, um Simulador Virtual, que permite recriar aspectos diversos da geologia e da descida à mina, e um pólo de investigação e de divulgação científica. No futuro prevê-se uma descida real a uma das galerias da mina.

Objectivos da visita

- Conhecer e reconhecer a natureza e a importância do Projecto de Desenvolvimento do LOUSAL (Fundação Frederic Vélge) a nível regional e nacional.
- Conhecer as operações unitárias e as infraestruturas de apoio envolvidas na exploração do jazigo mineral.
- Fazer um reconhecimento geológico de campo sumário abarcando as suas unidades mais representativas no local e com significado para a formação do jazigo mineral – jazigo polimetálico de sulfuretos maciços vulcanogénicos.
- Observar alguns trabalhos de requalificação do local (Barragem)
- Reconhecer aspectos de impacto ambiental resultantes da actividade extractiva, nomeadamente os que se relacionam com a lixiviação ácida.
- Conviver e desfrutar da beleza natural.

Nas aulas de Recursos geológicos serão estudados com pormenor os aspectos deste tipo de jazigos.

Recursos minerais e matriz geológica

É na área correspondente à parte portuguesa do designado **Maciço Hespérico** que se localizam a quase totalidade das ocorrências metálicas e os principais depósitos minerais do País (Fig. 1). Aquele maciço constitui a fracção mais contínua do soco hercínico do continente europeu e as formações geológicas que o constituem compreendem variada gama de rochas sedimentares metamorizadas 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 assim um novo ciclo geológico (ciclo alpino) com a deposição de sedimentos em bacias de plataforma estável, dando origem às Orlas Meso-Cenozóicas Ocidental e Algarvia (Fig. 1). As diversas mineralizações do **Maciço Hespérico** foram condicionadas pelos ambientes geotectónicos do ciclo hercínico (Fig2)

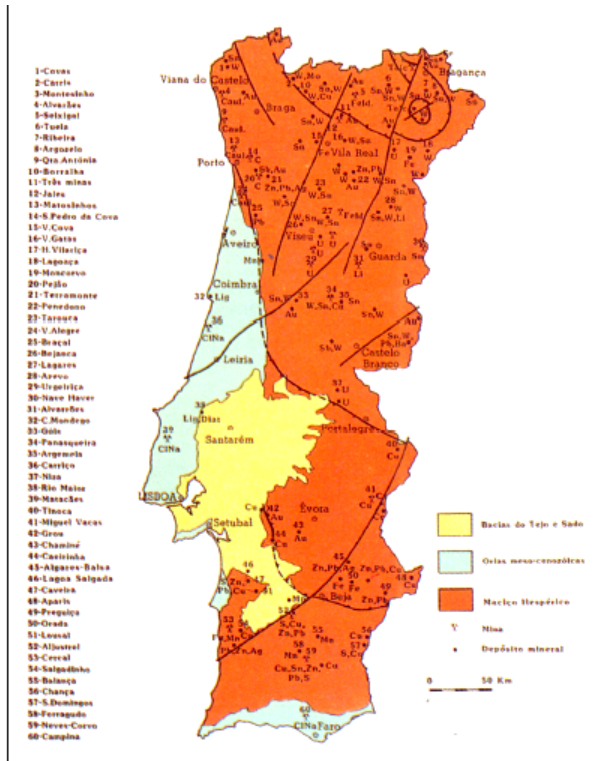


Fig. 1 – Grandes unidades geológicas e distribuição dos principais depósitos minerais

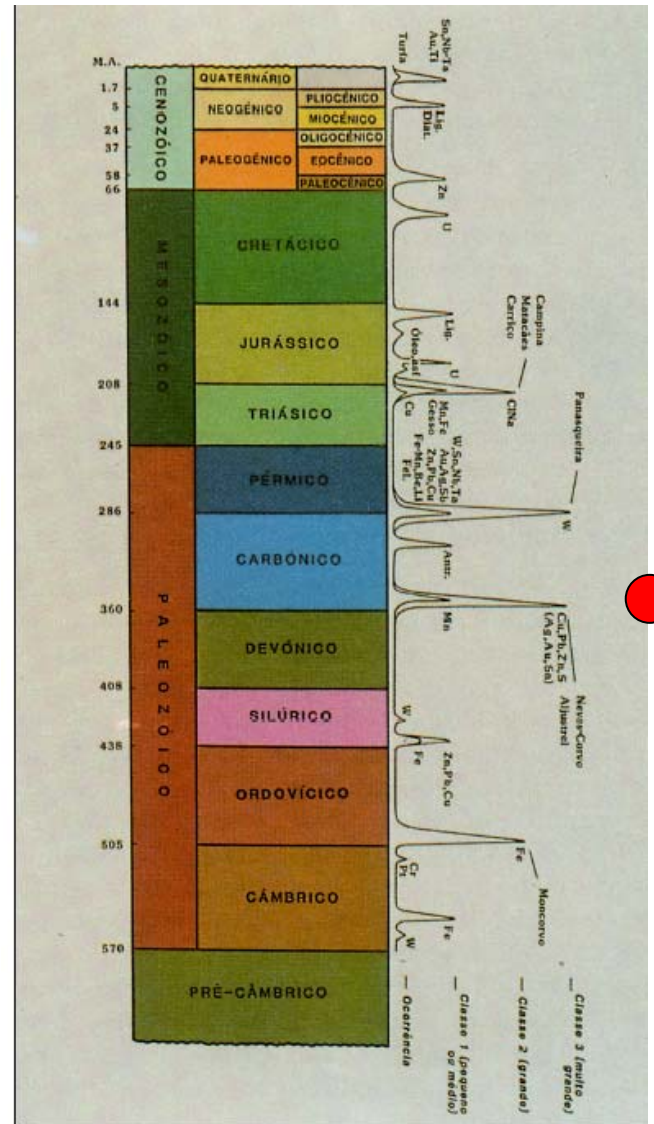
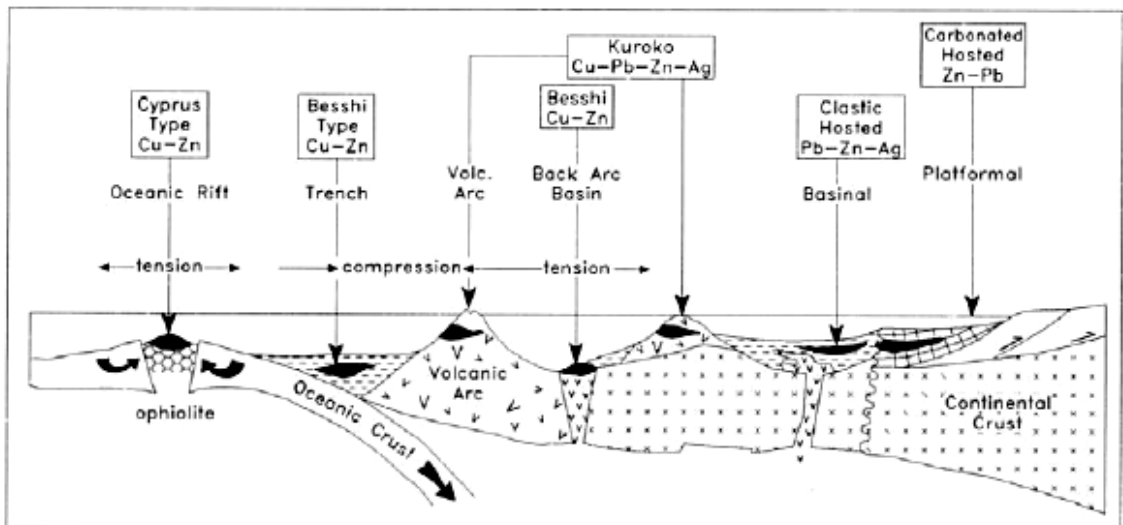
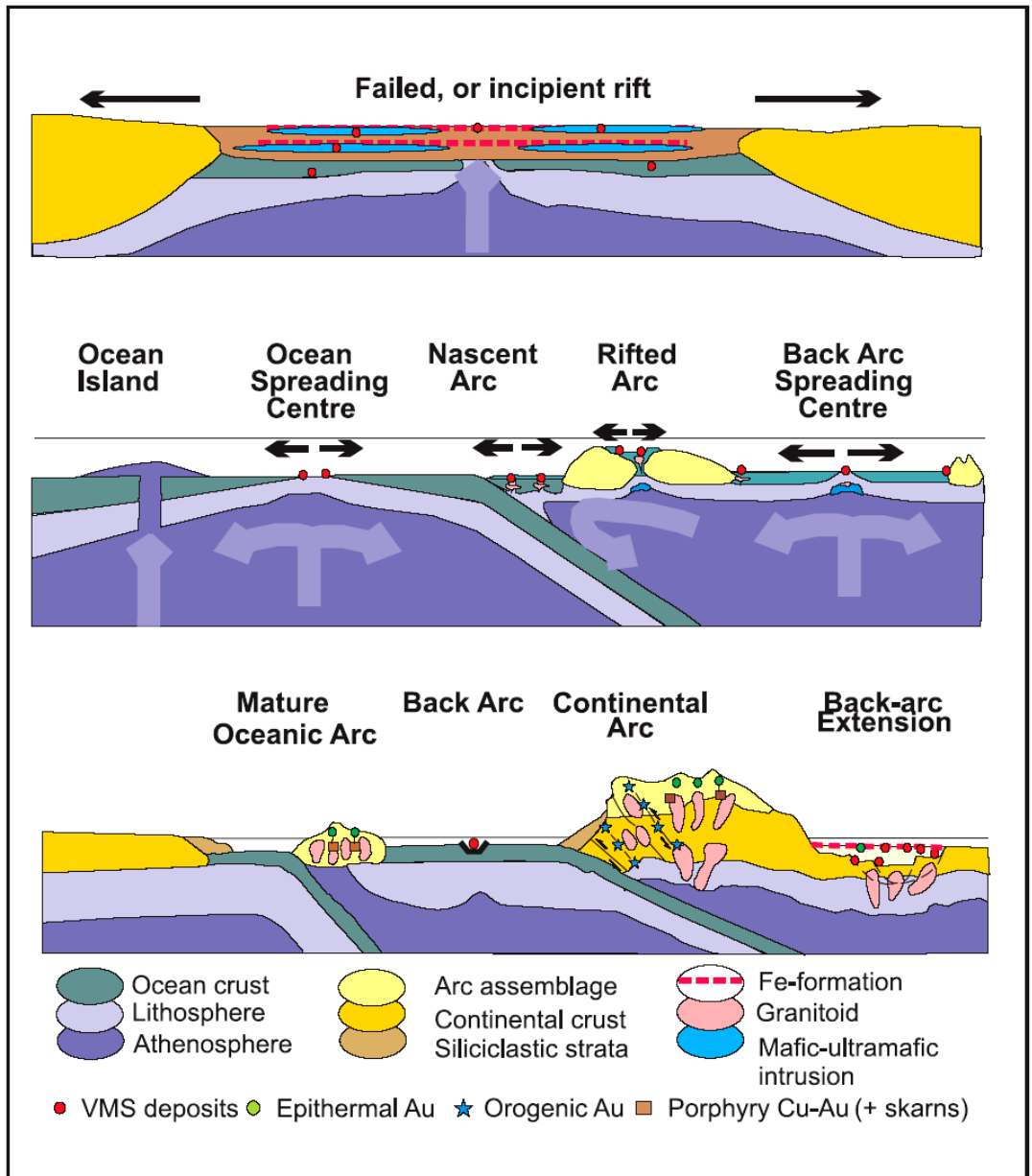


Fig.2 - Mineralizações na coluna estratigráfica em Portugal

Introdução aos Jazigos de Sulfuretos maciços

Os jazigos de sulfuretos maciços constituem uma classe de depósitos cujas características mais marcantes decorrem da (i) acumulação de grandes massas de sulfuretos (essencialmente constituídas por pirite (\pm pirrotite), calcopirite, esfalerite ou blenda e galena) e do (ii) seu carácter estratiforme a lenticular, concordante em relação a horizontes estratigráficos bem definidos, onde os minérios se encontram encaixados. A natureza exclusivamente sedimentar ou vulcânica das formações que encaixam as massas de sulfuretos maciços é determinante na caracterização do ambiente geológico em que as mesmas se desenvolveram. A tipologia habitual para estes jazigos é:

1. Depósitos de sulfuretos maciços vulcanogénicos - **Lousal**, **Aljustrel** e **Neves Corvo** (Portugal), **Rio Tinto**, **Tharsis** e **Aznalcollar** (Espanha)
2. Depósitos de sulfuretos maciços associados a rochas sedimentares clásticas (**SEDEX**)
3. Depósitos de sulfuretos maciços associados a rochas carbonatadas (**MVT**-Mississippi Valley Type)



Ambientes geotectónicos dos jazigos de sulfuretos maciços (Hutchinson, 1980)

O que são Jazigos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos ?

Os jazigos de sulfuretos maciços vulcanogénicos compreendem massas lenticulares de minério inclusas em sequências de rochas vulcânicas de carácter submarino e natureza predominantemente ácida. As massas são: *i) singenéticas*, uma vez que ocupam uma posição estratigráfica bem definida e partilham uma história metamórfica e tectónica comum às rochas encaixantes; e *ii) exalativas*, porquanto a precipitação de sulfuretos é devida à descarga focalizada de fluídos após circulação na coluna de rochas vulcânicas. A ocorrência deste tipo de jazigos não se confina a um tipo particular de ambiente geotectónico, não encontra afinidades exclusivas com um tipo de vulcanismo de filiação geoquímica especial, nem se restringe no tempo a uma época particular da história do nosso Planeta.

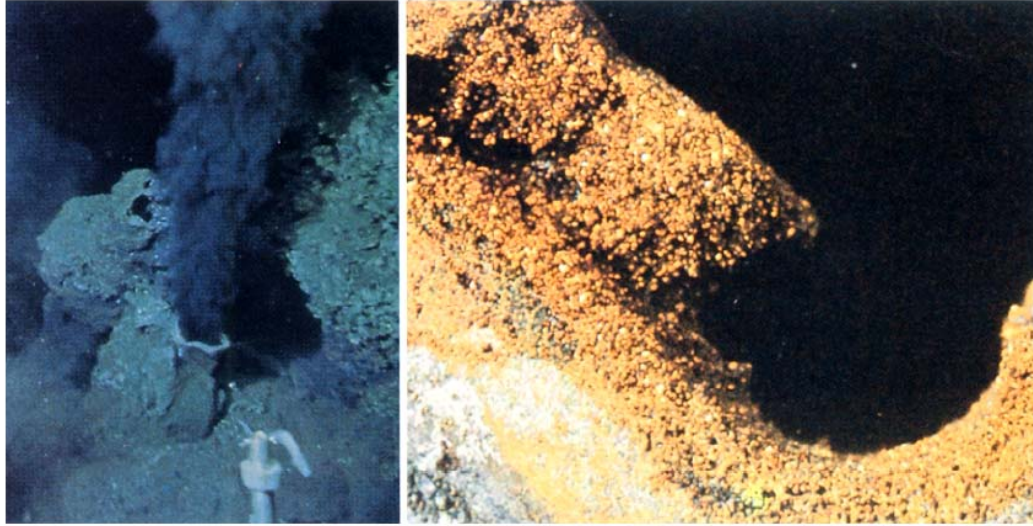


Fig. 24 – “Black smoker”. Solução hidrotermal a cerca de 320° C formando um depósito mineral no fundo marinho a 2 500 m de profundidade na Fractura 21 N da East Pacific Rise. A cor negra é devida às finas partículas de sulfuretos polimetálicos precipitados em contacto com a água do mar. Ao lado, uma 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..

Black smoker no Pacífico

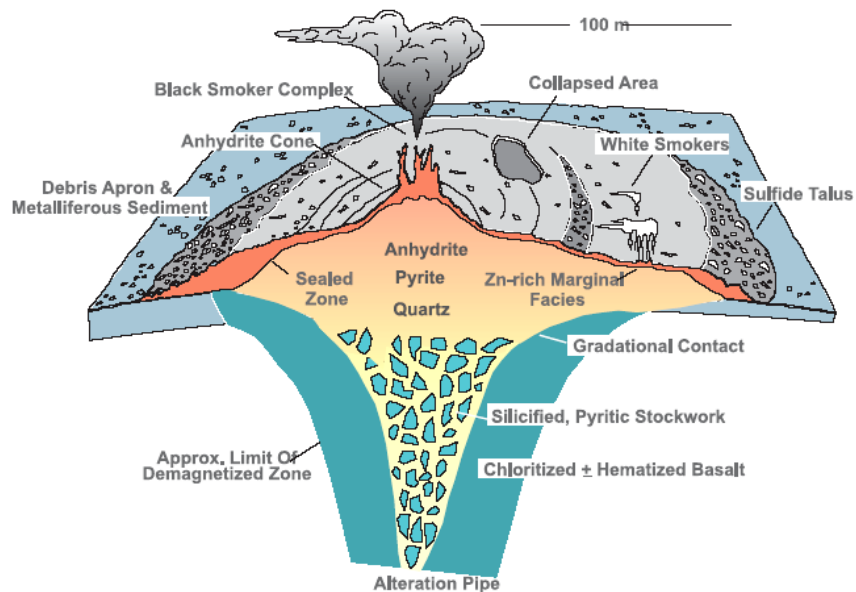
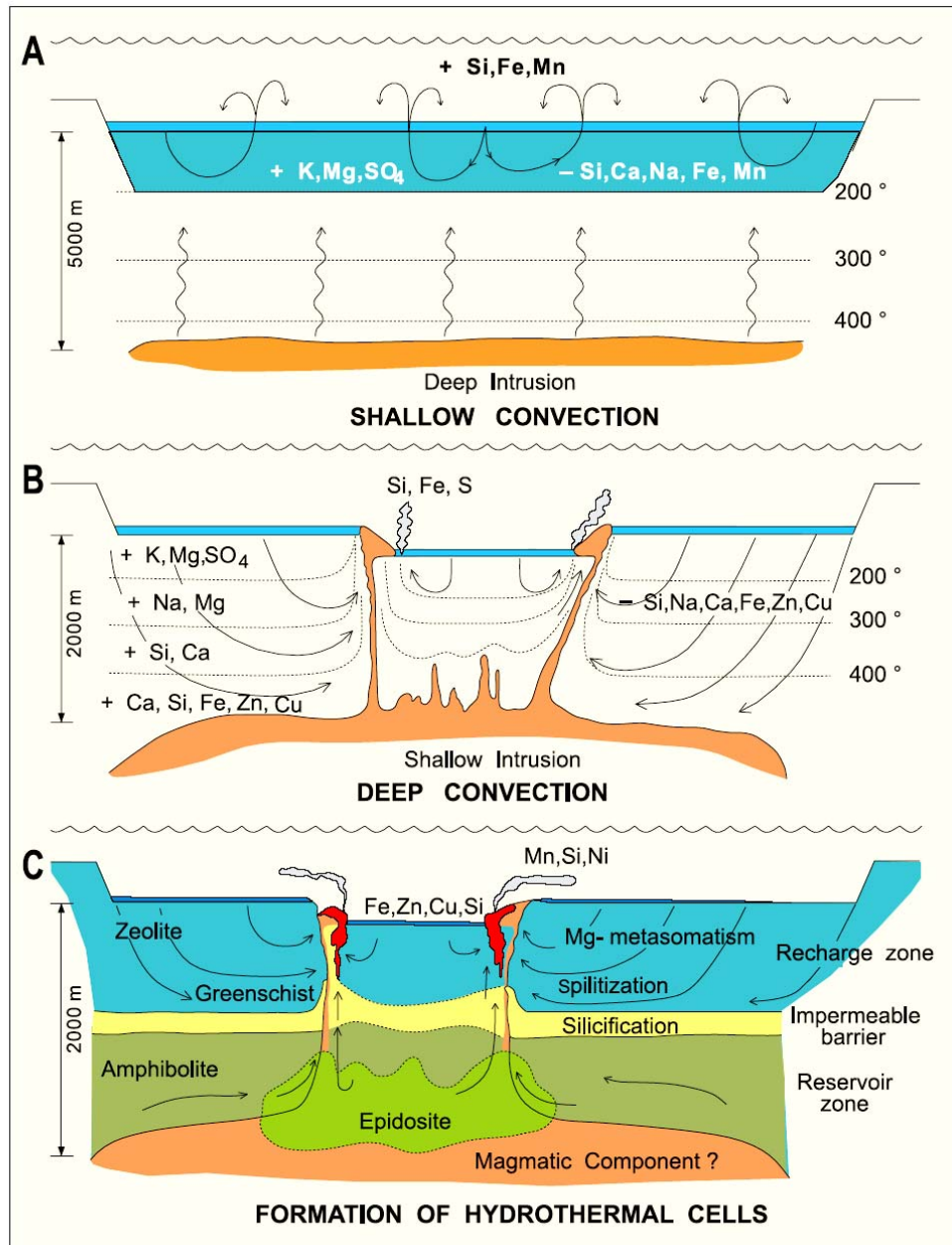


FIG. 1. Schematic of the modern TAG sulphide deposit on the Mid-Atlantic Ridge represents a classic cross-section of a VMS deposit, with a concordant semi-massive to massive sulphide lens underlain by a discordant stockwork vein system and associated alteration halo, or “pipe”. From Hannington et al (1996).



Importância económica

A tonelagem e os teores em metais básicos que se associam a este tipo de jazigos são também extremamente variáveis. Se parte destes depósitos não ultrapassam tonelagens da ordem dos 10-15 Mt com teores de $\text{Cu}+\text{Zn}+\text{Pb}$ variando entre os 2 e os 10%, existem também jazigos com tonelagens que atingem ou ultrapassam os 100 Mt de minério e outros cujos teores são bastante superiores àquele valor médio. A Faixa Piritosa Ibérica constitui a maior província metalogénica e o maior *stock* de metais básicos da Europa Ocidental (Carvalho *et al.*, 1976), albergando a mais importante concentração conhecida de sulfuretos vulcanogénicos do mundo. De entre as cerca de 60 minas que operaram na Faixa Piritosa nos últimos 100 anos, distribuídas pelos territórios português e espanhol (Strauss & Madel, 1974), figuram Aljustrel, onde se concentra uma das maiores concentrações mundiais de sulfuretos maciços vulcanogénicos (250 Mt; Barriga & Fyfe, 1988), e Neves-Corvo (200 Mt), de longe o mais importante produtor de cobre e estanho (≈ 30 Mt de reservas de minérios cupríferos e estaníferos de alto teor, com aproximadamente 6,85% Cu e 11,68% de Sn - Carvalho e Ferreira, 1993).

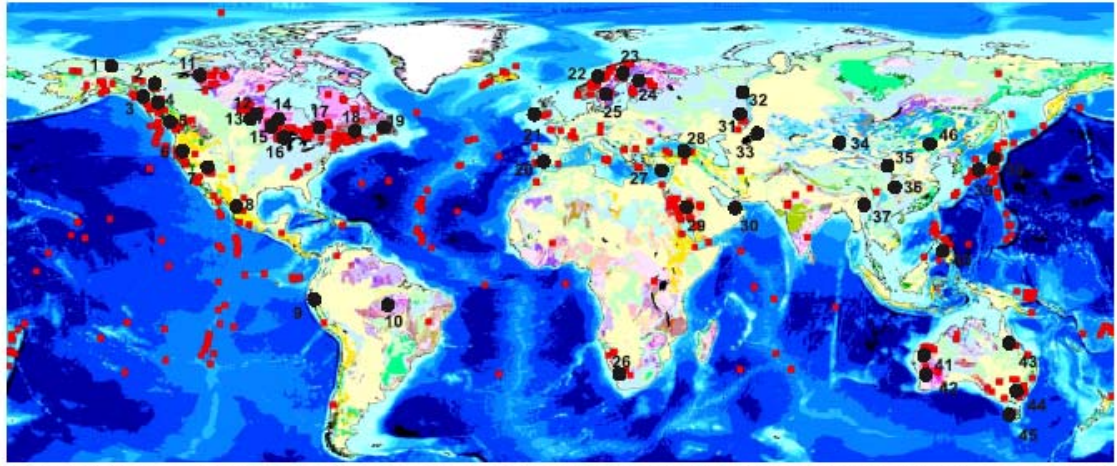


FIG. 5. Distribution of ancient and modern VMS deposits, with major districts highlighted with respect to known aggregate geological reserves. From GSC World Minerals Project.

Table 1. Major World VMS Deposits and Districts

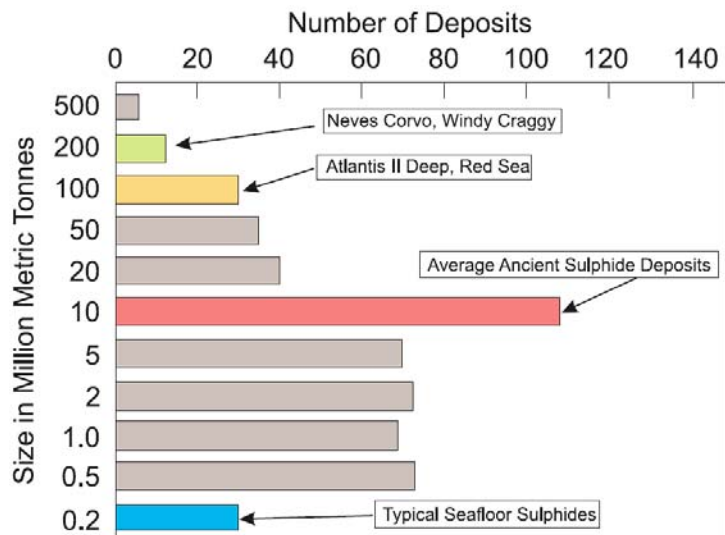
No.*	Deposit/District, Country	Tonnage (Mt)
1	Brooks Range, Alaska	35
2	Finlayson Lake, YK	20
3	Winday Craggy, BC & Green's Creek, Alaska	300
4	Northern Cordillera, BC	100
5	Myra Falls, BC	35
6	Shasta, California	35
7	Jerome, Arizona	40
8	Central Mexico	120
9	Tambo Grande	200
10	Amazonian craton, Brazil	35
11	Slave Province, NWT, NV	30
12	Ruttan, MB	85
13	Flin Flon-Snow Lake, MB	150
14	Geco-Manitouwadge, ON	60
15	Sturgeon Lake, ON	35
16	Ladysmith-Rhineland, Wisconsin	80
17	Abitibi, ON-QC	600
18	Bathurst, NB	495
19	Dunnage Zone, NF	75
20	Iberian Pyrite Belt, Spain & Portugal	1575
21	Avoca, Ireland	37
22	Trondhjem, Norway	100
23	Skellefte, Sweden	70
24	Outokumpu-Pyhasalmi, Finland	90
25	Bergslagen-Orijarvi, Sweden & Finland	110
26	Preiska, South Africa	45
27	Troodos, Cyprus	35
28	Black Sea, Turkey	200
29	Saudi Arabia	70
30	Semail, Oman	30
31	Southern Urals, Russia	400
32	Central Urals, Russia	100
33	Rudny Altai, Kazakhstan	400
34	Altai-Shan, Mongolia	40
35	North Qilian, China	100
36	Sanjiang, China	50
37	Bawdwin-Laocang, Burma	40
38	Hokuroko, Japan	80
39	Besshi, Japan	230
40	Phillipines	65
41-42	Western Australia	75
43	Central Queensland, Australia	80
44	Lachlan Fold Belt, Australia	100
45	Mt. Read, Tasmania	200
46	Sino-Korean Platform	40

* numbers refer to Figure 5; tonnage is approximate

Table 3. Examples of Large-Tonnage VMS Deposits of the World (Canadian deposits in red).

Deposit	Location	Mt	Cu wt.%	Zn wt.%	Pb wt.%	Ag g/t	Au g/t	Age
Giant Deposits (>100 Mt)								
Windy Craggy	British Columbia	297.4	1.38			4	0.2	Triassic
Neves Corvo	Portugal	270	1.6	1.4	0.3	30		Carboniferous
Aljustrel	Portugal	250	0.8	3	1	38	0.8	Carboniferous
Rio Tinto (massive)	Spain	250	1	2	1	30	0.22	Carboniferous
La Zarza	Spain	164	0.7	1.5	0.5	24	1	Carboniferous
Horne (No. 5 Zone)	Quebec	150	0.1	0.7			0.3	Archean
Kidd Creek	Ontario	149.3	2.89	6.36	0.26	92	0.05	Archean
Brunswick No. 12	New Brunswick	137.3	0.33	9.56	3.56	100	0.2	Ordovician
Tharsis	Spain	110	0.5	2.7	0.6	22	0.7	Carboniferous
Mt. Lyell	Tasmania	106.8	1.19	0.04	0.01	7	0.41	Cambrian
Very Large Deposits (50-100 Mt)								
Ruttan	Manitoba	82.8	1.37	1.63	0.08	13	0.5	Paleoproterozoic
Aznacollar	Spain	74	0.49	2.14	1.04	44	0.5	Carboniferous
Los Frailes	Spain	70	0.34	3.92	2.25	63		Carboniferous
Masa Valerde	Spain	70	0.5	1.3	0.6	38	0.8	Carboniferous
Caribou	New Brunswick	70	0.5	4.3	1.6			Ordovician
Flin Flon	Manitoba	62.5	2.17	4.13		42	2.64	Paleoproterozoic
Crandon	Wisconsin	61	1.1	5.6	0.5	37	1	Paleoproterozoic
Geco	Ontario	58.4	1.86	3.45	0.15	50		Archean
Sotiel	Spain	59	0.6	4.9	1.9			Carboniferous
LaRonde	Quebec	55	0.33	2.11		50	4.66	Archean
Matsumine-Shakanai	Japan	54.2	2.19	2.63	0.76	64	0.62	Miocene
Horne Mine	Quebec	54	2.2			13	6.1	Archean
Large Deposits (25-50 Mt)								
Mt. Morgan	Queensland	50	0.7	0.1	0.05	6	4.7	Devonian
Lousal	Portugal	50	0.7	1.4	0.8			Carboniferous
Britannia	British Columbia	48.8	1.9	0.65		7	0.69	Jurassic
Migollas	Spain	47.6	0.83	2.23	1.3			Carboniferous
Preiska	South Africa	47.2	0.98	1.98		20	0	Proterozoic
Selbaie (all orebodies)	Quebec	44	1.05	1.98		39	0.6	Archean
Norita	Quebec	37.6	2.17	4.13		41	2.6	Archean
Avoca	Ireland	37	0.7					Ordovician
Aguas Tenidas	Spain	35						Carboniferous
Bawdwin	Burma	34.1	0.48	13	9.09	232	0.06	Ordovician
Arctic (Brooks Range)	Alaska	32.9	4	5.5	0.8	51	0.02	Devonian
Pyhasalmi	Finland	31.1	0.75	2.43	0.06	17	0.2	Proterozoic
United Verde	USA	30	4.8	0.2		50	1.37	Proterozoic
Madenkoy	Turkey	30	3.9	4.3				Cretaceous
Besshi	Japan	29.9	2.6	0.3		21	0.7	Jurassic
Outokumpu	Finland	28	3.8	1	0.01	9	0.08	Proterozoic
Hitachi	Japan	27.2	1.4	0.6		5	0.5	Cretaceous
Buttle Lake	British Columbia	26.3	1.9	5.93	0.55	55	2.15	Devonian
Murgul	Turkey	26.2	2.03			0		Jurassic
Scuddles	W. Australia	26.1	1.2	6.9	0.5	59	0.9	Archean
Cayeli	Turkey	26	4.7	7.3				Cretaceous
Mattagami Lake	Quebec	25.6	0.42	5.1		22	0.3	Archean
Granduc	British Columbia	25.1	1.79	0.1	0.02	11	0.17	Jurassic
Lokken	Norway	25	2.1	1.9	0.1	19	0.29	Ordovician

¹Includes production and estimated reserves where applicable. From Hannington et al., 1999.



Modo de ocorrência

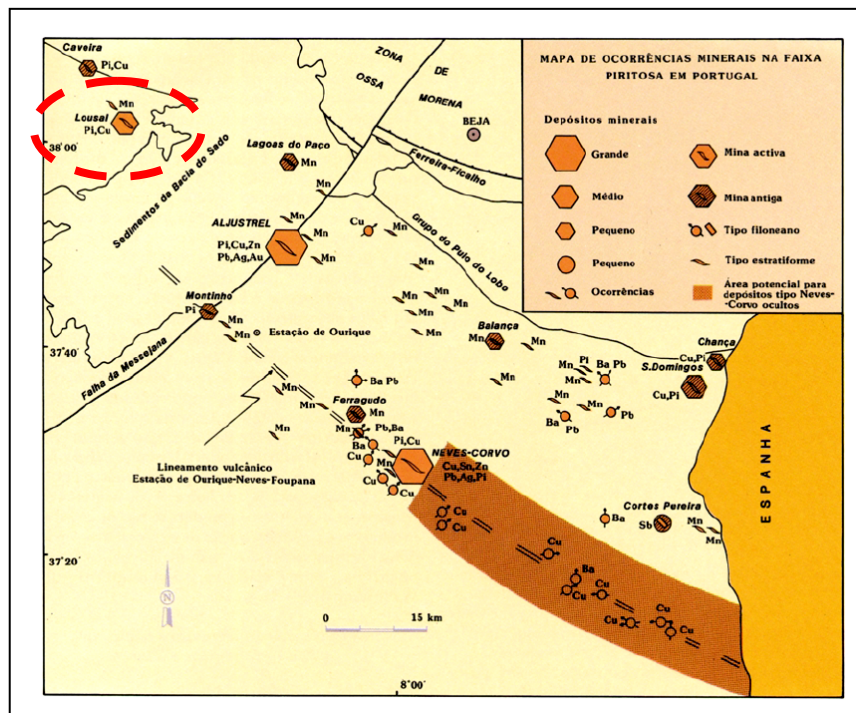
Tipicamente, um depósito de sulfuretos maciços compreende um ou vários corpos estratiformes de minério, a que se associa, a muro, uma zona discordante de mineralização (**zona de stockwork**), onde os sulfuretos ocorrem disseminados ou em veios mais ou menos divergentes e/ou ramificados, que se entrecruzam gerando uma estrutura típica no seio de rochas vulcânicas encaixantes fortemente metassomatizadas.

Mineralogia

O minério compreende maioritariamente sulfuretos de ferro (especialmente pirite), a que se associam em proporções variáveis quantidades subordinadas de calcopirite, esfalerite, galena e, como acessórios, muitos outros sulfuretos, sobretudo de Cu, Zn e Pb, bem como alguns sulfossais (em particular do grupo da tennantite-tetraedrite). Em muitos jazigos os corpos mineralizados apresentam uma zanação vertical e lateral típica com predomínio de calcopirite, pirite e/ou pirrotite nas zonas mais internas e aumento gradual de pirite e esfalerite para a periferia.

Exemplos de Jazigos de Sulfuretos Maciços Vulcanogénicos Polimetálicos. Faixa Piritosa Ibérica.

Os depósitos de sulfuretos maciços existentes no Sul de Portugal e Sudoeste de Espanha, constituem a província metalogénica denominada por **Faixa Piritosa Ibérica (F.P.I.)** que se estende desde Sevilha até Grândola, ocupando uma área com cerca de 230 km de comprimento por 30 a 60 km de largura. Esta Faixa insere-se numa unidade geotectónica mais vasta que, compreendendo formações metassedimentares e vulcânicas de idade paleozóica, evidencia características estruturais e paleogeográficas específicas - **Zona Sul Portuguesa**.



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

Tal domínio do Orógeno Hercínico, abarca, da base para o topo, as seguintes unidades litoestratigráficas:

- **sequência de filitos e quartzitos** (abreviadamente referenciada na literatura por **PQ**) de idade devónica;

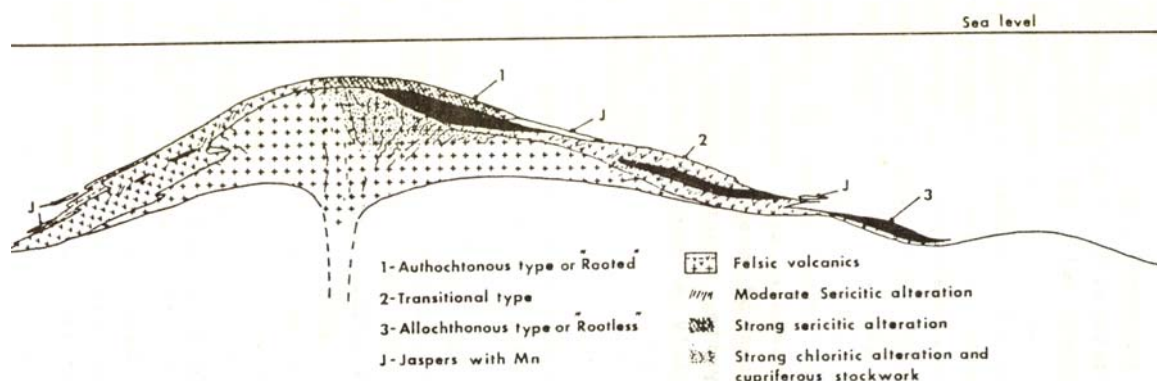
- **complexo vulcânico-sedimentar** (usualmente denominado por **VS**), datado do Carbónico Inferior (Tournaisiano a Viseano Inferior), que compreende séries de rochas vulcânicas de natureza ácida e básica (lavas e rochas piroclásticas) associadas a centros vulcânicos distintos de natureza bimodal; as variações laterais de fácies são frequentes e, por norma, registadas pela presença de tufitos. Tais sequências integram igualmente níveis sedimentares intercalados de natureza siltítica, argilosa e siliciosa;

- **sequência turbidítica** (genericamente designada por *flysch* ou **Culm**), a qual consiste em uma alternância monótona de xistos e grauvaques com níveis lenticulares de conglomerados intraformacionais polimíticos depositada durante o Carbónico (Viseano Superior a Vestefaliano).

Durante a deposição do *flysch* têm início as primeiras manifestações da Orogenia Hercínica, gerando estruturas sin-sedimentares diversas, em particular as que levam à repetição por empilhamento das sequências sedimentares (*planos de carreamento*). A subsequente intensificação dos esforços tectónicos conduz, por norma, à deformação destes planos de movimento sin-sedimentar, induzindo ainda o desenvolvimento de dobras deitadas com vergência para SW, bem como de outras estruturas tipicamente associadas a um estilo de deformação tangencial, na sua essência, desencadeado por tensões cisalhantes elevadas.

A deformação hercínica da Zona Sul Portuguesa foi acompanhada de metamorfismo regional de baixo grau (Munhá, 1983). Ainda segundo Munhá (1983), o regime metamórfico regional da Faixa Piritosa ter-se-á caracterizado pelo seu carácter praticamente isoquímico, baixas pressões e gradientes geotérmicos da ordem dos 40-50°Ckm⁻¹.

As massas de sulfuretos maciços ocorrem invariavelmente associadas ao topo das sequências vulcânicas ácidas, em particular aos níveis que marcam os períodos finais da actividade vulcânica. Algumas destas massas foram alvo de movimentações sin-sedimentares assinaláveis ao longo das vertentes dos aparelhos vulcânicos, pelo que se designam por: **autóctones**, se enraizadas no *stockwork* (como acontece, por exemplo, com o minério de Feitais, Aljustrel); **alóctones**, caso se afastem da zona de ascenso dos fluídos mineralizantes, sendo, por isso, enquadradas por rochas isentas de alteração hidrotermal ou objecto de metassomatismo incipiente (exemplificado pelo minério de Tharsis); e **transicionais**, se correspondem a situações intermédias das anteriores.



Modos de ocorrência típicos dos VMS na FPI

Para além dos jazigos mencionados conhecem-se ainda outras áreas, algumas das quais correspondem a antigas explorações, presentemente abandonadas, como por exemplo S. Domingos, Lousal e Cercal. De registar ainda a descoberta recente (1993-1994), por parte do Instituto Geológico e Mineiro, da ocorrência de Lagoa Salgada (Grândola); a importância de tal descoberta decorre do facto das massas de sulfuretos se encontrarem sob a cobertura sedimentar de idade Cenozóica da bacia do Sado, a qual chega a atingir 300 m de espessura (Oliveira *et al.*, 1993).

Ainda que sem qualquer interesse económico nos nossos dias, de referir igualmente a existência de centenas de ocorrências e pequenos jazigos estratiformes de manganês, associados quer a vulcanitos ácidos e básicos, quer a sedimentos siliciosos metalíferos, que justificaram no passado numerosas explorações de dimensão reduzida. O minério é constituído principalmente por rodonite e/ou rodocrosite e/ou óxidos de manganês, alterando-se superficialmente para óxidos e hidróxidos de manganês e ferro.