
RECURSOS GEOLÓGICOS DE TRÁS-OS-MONTES

**PASSADO, PRESENTE
E PERSPETIVAS FUTURAS**

EDITORES: CARLOS BALSA + JOÃO SOBRINHO TEIXEIRA



RECURSOS GEOLÓGICOS DE TRÁS-OS-MONTES



**PASSADO, PRESENTE
E PERSPETIVAS FUTURAS**

EDITORES: CARLOS Balsa + JOÃO SOBRINHO TEIXEIRA



Título: Recursos geológicos de Trás-os-Montes – Passado, presente e perspectivas futuras

Editores: Carlos Balsa
João Sobrinho Teixeira

Autores: Alexandra Vieira
Carlos Augusto Alves Leal Gomes
Carlos Augusto Pinto de Meireles
Catarina Diamantino
Daniela Lobarinhas
Edgar Carvalho
Emílio Evo Magro Corrêa Urbano
João Manuel Farinha Ramos
Manuel Antunes da Silva
Maria Elisa Preto Gomes
Nelson Campos
Nuno Figueiredo
Patrícia Falé e Costa

Edição: Instituto Politécnico de Bragança · 2018
5300-253 Bragança · Portugal
www.ipb.pt

Design: Atilano Suarez
Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

ISBN: 978-972-745-242-2

Depósito legal: 442162/18

Versão online: <http://hdl.handle.net/10198/15491>



Índice

PREFÁCIO

Recursos Geológicos de Trás-os-Montes: Passado, presente e perspectivas futuras	11
--	-----------

DIVERSIDADE E IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS GEOLÓGICOS

Recursos minerais de Trás-os-Montes e Alto Douro.....	17
Maria Elisa Preto Gomes & João Manuel Farinha Ramos	
Introdução	17
Alguns aspetos da geomorfologia da região de Trás-os-Montes e Alto Douro	19
Alguns aspetos da geologia de Trás-os-Montes e Alto Douro.....	21
Recursos minerais metálicos	24
Recursos minerais não metálicos	41
Conclusões.....	52
Bibliografia.....	53
Panorâmica sobre condições naturais de ocorrência de minérios de lítio no Norte de Portugal – Perspectivas de valorização de recursos de Lítio metálico.....	57
Carlos Augusto Alves Leal Gomes	
Situação dos recursos de Li em Portugal – propriedades da ocorrência natural	64
Variáveis mineralúrgicas e metalúrgicas (tecnologias de processamento)....	74
Variáveis relativas a ordenamento, ambiente, produção e mercado.....	76
Diligências e operações de valorização	79
Territorialidade das ocorrências de materiais e recursos em Portugal	86
Paradigmas de prospecção – síntese conclusiva das propriedades das jazidas	88
Bibliografia.....	94
O Jazigo de Ferro de Moncorvo: uma breve revisão e atualização do seu enquadramento geológico e petrográfico.	97
Emílio Evo Magro Corrêa Urbano	
Alguns aspectos gerais do minério de ferro	97
Definições e distribuição dos tipos de depósitos de ferro no tempo geológico.....	98
O jazigo de ferro de Moncorvo.....	101
Considerações finais	113
Bibliografia.....	116

Prospecção de minerais ferríferos no flanco sul do sinclínio de Moncorvo	121
Nuno Figueiredo	
Introdução	121
Enquadramento geológico.....	122
O projeto de ferro de Carviçais 2.....	127
Conclusões.....	135
Bibliografia.....	136
A exploração das Águas Minerais Naturais – Sua gestão e aplicação.	139
Manuel Antunes da Silva	
Introdução	139
Monitorização do recurso e da exploração	140
Manutenção das captações	147
Proteção do recurso	156
Aplicações da água mineral natural.....	163
Bibliografia.....	164

PERSPETIVA HISTÓRICA E POTENCIAL TURÍSTICO DO PATRIMÓNIO GEOLÓGICO E MINEIRO

Algumas evidências da prática da metalurgia – entre o VI e o I milénio a.C. – em Trás-os-Montes e Alto Douro.	169
Alexandra Vieira	
Introdução	169
Moldes	171
Calcolítico/Bronze Inicial.....	174
Bronze Médio	179
Bronze Final.....	180
Notas finais	180
Bibliografia.....	180
Museu do Ferro & da Região de Moncorvo – Breve historial e perspectivas.....	183
Nelson Campos	
Da ideia de um Museu de Moncorvo ao museu mineiro da Ferrominas (1895-1983).....	183
Museu do Ferro & da Região de Moncorvo.....	188
Bibliografia.....	220

O “Roteiro das minas e pontos de interesse mineiro e geológico de Portugal” – um contributo para o conhecimento e valorização do património mineiro e geológico.....	227
Patrícia Falé e Costa	
Introdução	227
O conceito	228
Os Parceiros	229
A plataforma	230
Considerações finais	232
Os granulitos do Tojal dos Pereiros (Bragança): como conciliar os geossítios com a expansão urbana?	239
Carlos Augusto Pinto de Meireles	
Introdução	239
Granulitos, o que são?	241
Por que se estudam estas rochas?.....	242
Breves apontamentos sobre a tectónica de placas	243
Contexto geotectónico do Noroeste Peninsular	245
O Maciço de Bragança	249
Os granulitos do Tojal do Pereiros (Alto das Cantarias)	252
A “saga” dos Granulitos do Tojal dos Pereiros	254
Lições para o futuro: onde falhamos?.....	258
Bibliografia.....	258
Anexo 1.....	264
Anexo 2.....	267
Reabilitação ambiental da antiga área mineira de Jales.....	269
Daniela Lobarinhas, Catarina Diamantino, Edgar Carvalho	
Enquadramento histórico/mineiro	269
Enquadramento geológico.....	271
Reabilitação ambiental	272
Fotos	280
Bibliografia.....	283



REFÁCIO

Recursos Geológicos de Trás-os-Montes: Passado, presente e perspectivas futuras

Em consequência da sua evolução ao longo da história da Terra, a região de Trás-os-Montes e Alto Douro possui uma grande diversidade de recursos geológicos. Alguns deles foram explorados pelo Homem em diferentes momentos da sua História. Este livro pretende contribuir para o conhecimento, valorização e promoção dos recursos geológicos e do património associado à sua exploração no passado; pois estamos convencidos de que uma eficiente exploração de alguns destes recursos, juntamente com a valorização turística do património geológico-mineiro, muito pode contribuir para dinamizar a economia da região.

A Península Ibérica é constituída por formações rochosas que resultam da ação dos processos geotectónicos e dos fenómenos atmosféricos ao longo de mais de 500 milhões de anos (Ma). Neste contexto, Trás-os-Montes é uma região particularmente privilegiada pois é possível encontrar aqui a marca de grande parte dos fenómenos geológicos decorridos desde, ou mesmo antes, do princípio da formação da cadeia montanhosa Hercínica, ou Varisca, ocorrida na Era paleozoica. Uma dessas marcas é o maciço de Bragança e Morais, resultante da instalação de mantos de carreamento por obdução, testemunho da colisão continental então ocorrida. Neste maciço encontram-se rochas únicas com origem na crosta continental inferior e no manto, como é o caso dos Granulitos do Tojal dos Pereiros (Bragança) que, tal como se verá neste livro, poderão ser das rochas mais antigas da Terra com cerca de 1000 Ma.

Neste livro procura-se fazer uma síntese dos vários depósitos minerais metálicos e não metálicos assim como das massas rochosas, com interesse económico, resultantes da sequência dos vários processos geológicos ocorridos desde o início do ciclo orogénico Hercínico até aos dias de hoje como, por exemplo, a erosão, o transporte, a sedimentação, o metamorfismo, o magmatismo e a deformação tectónica.

Outra consequência da evolução geodinâmica são as inúmeras nascentes de água mineral natural com propriedades sulfúreas, gasocarbónica ou bicarbonadas sódicas, ligadas a mineralizações em grande profundidade ao longo das falhas, de orientação NNE-SSW, de Manteigas – Vilariça – Bra-

gança e Penacova – Régua – Vila Real – Verin. O sistema de fraturas resultante do relaxamento de tensões orogénicas ocorrido na Era Mesozoica, condicionou também a instalação da rede hidrográfica atual e, juntamente com o processo erosivo iniciado no Pérmico, são os grandes responsáveis pelas magníficas paisagens de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Devido às suas propriedades terapêuticas conferidas pela suas características naturais de mineralização, algumas águas de origem profunda (Águas Minerais Naturais) são aproveitadas em termalismo de bem-estar ou terapêutico, podendo ainda ser, concomitantemente ou não, disponibilizadas engarrafadas. Neste livro apresenta-se o importante testemunho das práticas de exploração e gestão das concessões hidrominerais das empresas VMPS – Águas e Turismo, S.A. e UNICER Aguas, S.A, detentoras das marcas Pedras Salgadas, Salus Vidago, Melgaço e Vitalis.

Os recursos minerais da região transmontana foram explorados pelo Homem desde tempos remotos. Como se verá neste livro, existem evidências da prática da metalurgia desde o VI milénio a.C. São também conhecidos os vestígios de uma intensa mineração deixados pelos romanos como, por exemplo, em Três Minas (ouro), Montesinho (ouro) e Moncorvo (ferro). Contudo, foi sobretudo na época moderna, com destaque para o período compreendido entre meados do século dezanove e o fim do século vinte, que a atividade mineira em Trás-os-Montes teve o seu apogeu. São ainda bem evidentes na nossa paisagem as ruínas dessa indústria que as pessoas mais velhas recordam com alguma saudade. As minas mudaram a realidade de muitas comunidades do interior transmontano pois trouxeram desafogo económico e desenvolvimento social para além de as retirarem do isolamento ancestral a que estavam votadas.

A progressiva globalização das economias integrou a nossa indústria extractiva, muito desprotegida, em mercados muito competitivos para os quais não estava preparada. Em consequência, grande parte das minas portuguesas pararam a sua atividade entre as décadas de setenta e noventa do século passado. O encerramento das minas deixou por vezes um legado bastante negativo com instalações abandonadas, lugares poluídos, comunidades enfraquecidas pela emigração, infraestruturas degradadas e consequente contração económica. Felizmente, a maior parte dos passivos ambientais e de segurança têm sido progressivamente revertidos em consequência

das prioridades definidas pela União Europeia (EU). A empresa estatal EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A.) é responsável desde 2001 pelas intervenções ambientais e de segurança nas antigas explorações mineiras portuguesas. Neste livro dá-se conta da sua atuação em Trás-os-Montes, nomeadamente em Jales, onde o ouro foi explorado até à última década do século passado.

Com este livro pretende-se também fazer uma reflexão sobre a possível valorização em termos económicos do vastíssimo património mineiro existente na região. Para tal apresenta-se o testemunho do Museu do Ferro e da Região de Moncorvo que foi um dos projetos pioneiros no país a fazer a divulgação da atividade mineira e com isso contribuir diretamente para o desenvolvimento local através da procura turística. Apresenta-se também o exemplo do projeto Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal que promove turisticamente algum do património mineiro e geológico do nosso país.

O futuro da indústria extrativa em Trás-os-Montes é imprevisível. A sua evolução depende muito da conjugação de fatores que dependem da evolução dos mercados mundiais das matérias-primas e das grandes opções económica e estratégicas para o nosso país. Nos últimos anos tem-se verificado algum dinamismo no setor através dos contratos de prospeção e pesquisa pedidos junto da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Esta atividade tem refletido o aumento da procura de minérios como o ferro, o ouro, o volfrâmio ou o lítio. Nalguns casos esta procura poderá resultar de alguma instabilidade política nos países produtores que condiciona as necessidades de matéria-prima por parte das grandes economias como a China. Noutros casos, dever-se-á à importância estratégica que lhes é atribuída em função dos desenvolvimentos tecnológicos, como é o caso do lítio na produção de baterias elétricas. Devido ao destaque e ao potencial atualmente associado a este minério, apresenta-se também neste livro uma exposição sobre os recursos de lítio existentes na região transmontana.

Para além de terem um impacto direto na economia regional, estas últimas campanhas de prospeção permitiram também conhecer melhor a diversidade, a extensão e a gênese dos recursos minerais de Trás-os-Montes. Referimos como exemplo o jazigo de ferro de Moncorvo que, embora tenha já sido bastante estudado no passado e como tal considerado um dos maiores da

Europa, foi novamente objeto de estudo através da aplicação de novas técnicas de prospeção e de investigação científica de que damos conta neste livro.

A concretização dos objetivos a que este livro se propõe, nomeadamente, a divulgação, promoção e valorização dos recursos geológicos de vasta região transmontana, só é possível através do contributo individual dos vários autores que aceitaram o nosso convite e aos quais estamos muito gratos. Aproveitamos também para agradecer às suas instituições e empresas de origem, nomeadamente, à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), à Universidade do Minho (UM), à Companhia Portuguesa do Ferro S.A. (CPF), ao Super Bock Group, ao Projeto Arqueológico da Região de Moncorvo (PARM), ao Centro de Investigação Transdisciplinar: Cultura Espaço e Memória (CITCEM), à Direção Regional de Cultura do Norte (DRCN), à Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) e ao Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG).

Agradecemos igualmente o apoio à publicação dado pelas empresas Super Bock Group, EDM, Omya, CPF e pela Câmara Municipal de Torre de Moncorvo e pelo Museu do Ferro & da Região de Moncorvo.

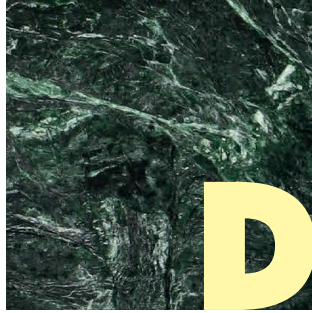
O nosso muito obrigado também aos Geólogos Carlos Rosa, Pedro Santos e Antunes da Silva e ao Engenheiro José Nunes de Almeida pelos seus empenhos pessoais na concretização deste projeto.

Por fim, agradecemos ao Atilano Suarez o excelente trabalho de *design* e paginação deste livro.

O livro está dividido em duas partes. A primeira, intitulada *Diversidade e Importância dos Recursos Geológicos*, apresenta uma síntese dos principais recursos minerais existentes na região, com destaque para os recursos de lítio, ferro e águas minerais naturais. A segunda parte intitulada *Perspetiva Histórica e Potencial Turístico do Património Geológico e Mineiro*, aborda a mineração ao longo da História e apresenta alguns contributos para a valorização do património mineiro e geológico da região.

Os editores:

João Sobrinho Teixeira e Carlos Balsa
Instituto Politécnico de Bragança



DIVERSIDADE
E IMPORTÂNCIA
DOS RECURSOS
GEOLÓGICOS

Recursos minerais de Trás-os-Montes e Alto Douro

Maria Elisa Preto Gomes¹ & João Manuel Farinha Ramos²

¹ Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Email: mgomes@utad.pt

² Geólogo aposentado do Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Email: farinharamos2@hotmail.com

Introdução

Trás-os-Montes e Alto Douro é uma das onze províncias tradicionais portuguesas que corresponde aos distritos de Vila Real e Bragança, bem como a quatro concelhos do distrito de Viseu (Armamar, Lamego, São João da Pesqueira, Tabuaço) e a um concelho do distrito da Guarda (Vila Nova de Foz Côa). Para simplificar neste trabalho referem-se apenas os recursos minerais dos distritos de Bragança e Vila Real como região de TMAD. Esta região é possuidora de paisagens e património natural e cultural de elevado valor estético e científico, pelo que são várias as áreas classificadas a diversos níveis, destacando-se a Reserva da Biosfera Transfronteiriça da Meseta Ibérica, o Terras de Cavaleiros Geoparque Mundial, os Sítios Pré-históricos de Arte Rupestre do Vale do Côa e o Alto Douro Vinhateiro (Património Mundial), todos com chancela da UNESCO.

A Região de Trás-os-Montes e Alto Douro (TMAD), com grande geodiversidade é, sem dúvida, dotada de enorme potencialidade, no que respeita a recursos geológicos. O aproveitamento dos mesmos poderá ajudar a reduzir o despovoamento do interior, criando emprego, pois a exploração dos recursos dum território é uma das atividades mais importantes na promoção do desenvolvimento das populações que o habita. Nesta região afloram diversos tipos de granitóides e rochas filonianas que intruíram formações metassedimentares autóctones e parautóctones de idade silúrica, ordovícica e câmbrica e alguns depósitos de rochas sedimentares eluvio-aluviais de idade plistocénica e holocénica. Estes tipos de rochas e a tectónica que as afetou explicam as numerosas ocorrências mineiras que, desde tempos imemoriais, vêm sendo exploradas pelos povos que por aqui passaram e se fixaram. Trata-se, de facto, de uma área onde abundam recursos minerais (metálicos e não metálicos), geotérmicos e hidrominerais, nomeadamente

minerais portadores de W, Sn, Mo, Li, Nb, Ta, Pb, Sb, Zn, Cu, Au e Ag, quartzo, feldspato, argilas, areias, granitos industriais e ornamentais, águas minerais naturais, etc., que não passaram despercebidos aos povos, mesmo aos mais primitivos, que aprenderam a utilizá-los. Destaca-se ainda a presença de rochas básicas e ultrabásicas, alóctones, nos maciços de Bragança-Vinhais e de Morais e a ocorrência de platinóides associados a minérios de crómio, níquel e cobalto, relacionados com essas rochas.

A pesquisa de alguns destes recursos deve ter começado ao longo dos rios e linhas de água mais importantes onde procuravam água, peixe, seixos, e onde descobriram pepitas de ouro, grãos de estanho, etc. (Nunes, 1983). A tradição da exploração foi passando de geração em geração até aos tempos atuais, constituindo uma fonte de meios não desprezível para aquelas gentes rijas que habitavam territórios serranos de solos pobres e clima agreste. “*9 meses de Inverno e 3 de inferno*” é o ditado popular ainda hoje usado para caracterizar a grande variação térmica do clima da Terra Fria transmontana.

A exploração dos recursos minerais, deve, de acordo com o Relatório de Brundtland (1987) ter em conta: 1. o ambiente e a conservação da natureza; 2. a economia e a competitividade e 3. o desenvolvimento social e a melhoria da qualidade de vida das populações. Entende-se por recursos minerais todas as substâncias concessíveis ou do domínio público do Estado e as massas de substâncias minerais não concessíveis, com aplicação industrial ou ornamental.

Com base numa classificação utilitária consideram-se quatro grandes grupos de recursos minerais:

- Minérios metálicos (minerais e rochas de onde se podem extrair economicamente metais);
- Minérios não metálicos (minerais e rochas com aplicação económica na indústria);
- Minérios energéticos (minerais e rochas que podem fornecer economicamente energia);
- Recursos hidrominerais e geotérmicos.

Em Trás-os-Montes e Alto Douro nos recursos minerais não metálicos consideram-se:

- Depósitos minerais (substâncias concessíveis): talco, amianto, barite, quartzo/feldspato e caulino;
- Massas minerais (substâncias não concessíveis): argilas comuns, rochas industriais (granitos, peridotitos, anfíbolitos, calcários, areias comuns);
- Rochas ornamentais (granitos, ardósias, xistos, quartzitos, serpentinitos, mármore).

Os recursos energéticos são escassos nesta região, porém, merece referência a jazida mineral de urânio da Horta da Vilariça, no concelho de Torre de Moncorvo e o potencial geotérmico de baixa entalpia associado às águas termais de Chaves. Os recursos hidrominerais são diversificados e distribuem-se sobretudo ao longo das grandes falhas como as da Vilariça (Manteigas-Vilariça-Bragança) e de Vila Real (Penacova-Régua-Verin).

Um importante recurso geológico a considerar atualmente é o património geológico, um recurso de não uso ou de uso indireto. Na região de Trás-os-Montes e Alto Douro estão referenciados diversos locais de interesse geológico que são representativos no inventário nacional de geossítios (Pereira & Pereira, 2014; Pereira *et al.* 2015).

Neste capítulo, após uma breve síntese geomorfológica e geológica, apresenta-se uma síntese das ocorrências de recursos minerais metálicos e não metálicos da região de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Alguns aspetos da geomorfologia da região de Trás-os-Montes e Alto Douro

A geomorfologia transmontana é bastante variada. As Serras de Gerês, Barroso, Alvão e Marão estabelecem a oeste a transição para o Minho, que apresenta aspetos morfológicos bem distintos desta região. Em Trás-os-Montes a parte mais significativa da drenagem faz-se na direcção NNE-SSW influenciada por grandes fraturas com aquela direcção (Pereira & Pereira, 2014; Pereira *et al.* 2015).

A predominância de rochas de natureza granítica e de rochas metamórficas xistentas, respetivamente, na parte ocidental e oriental, determinam também aspetos morfológicos diferentes. De facto, enquanto a parte ocidental é mais ondulada com regiões planálticas separadas por vales e depressões

de origem tectónica, com escarpas por vezes bastante abruptas, devido à atuação recente de falhas, a parte oriental é dominada por restos de superfícies de aplanamento, que se estendem para Meseta Ibérica, por vezes deslocadas por importantes acidentes tectónicos, de onde sobressaem imponentes relevos de dureza correspondentes a cristas quartzíticas ou imponentes filões quartzosos. Os sistemas de fraturas NNE-SSW condicionam fortemente o aspeto da morfologia como é o caso da Falha da Vilarça, que condicionou o levantamento das Serras de Nogueira e de Bornes, e da Falha de Vila Real, responsável pelos relevos das serras do Alvão-Marão, Padrela, Falperra e Montemuro. Os relevos residuais de dureza que caracterizam também morfologicamente a parte oriental de Trás-os-Montes são constituídos predominantemente por quartzitos de idade ordovícica (485 a 443 Ma) e silúrica (443 a 419 Ma) com orientação predominante NW-SE, por vezes rodando para E-W e desenhando dobramentos notáveis originados pela Orogenia Hercínica. A morfologia do vale do Douro é também distinta, de acordo com a natureza das rochas onde o rio se instalou e de acordo com a tectónica que o afeta. Enquanto na parte oriental, no Douro Internacional e na sub-região do Douro Superior, o rio atravessa rochas predominantemente existentes do Grupo do Douro (conhecido como Complexo Xisto-Grauváquico) de idade câmbrica (541 a 485 Ma), com dobramentos com plano axial WNW-ESE que determinam relevos ondulados, muito condicionadas pela fraturação NNE-SSW e pelo entalhe vigoroso do rio Douro determinando vales profundos e abruptos, a ocidente, quando atravessa o maciço granítico de Vila Real-Carviçais o relevo, ainda imponente, revela topos mais adoçados. Uma parte importante do curso do Douro foi determinado pelo seu trajecto anterior ao entalhe vigoroso que levou ao forte encaixe na zona de fronteira, mas está nitidamente afetado pela movimentação ao longo das fraturas NNE-SSW, NE-SW e NW-SE (Fig. 1) que o desviam bruscamente, como acontece no Pocinho, Régua ou Mesão Frio, etc.

Alguns dos aspetos mais peculiares da geomorfologia transmontana foram escolhidos como geossítios nacionais. Os geossítios com relevância nacional correspondem maioritariamente a geoformas graníticas, fluviais e tectónicas (Fig. 1).



Figura I – Geossítios com relevância nacional e áreas protegidas em TMAD (Pereira et al, 2015): 9- área da Cheira da Noiva, 10- miradouro de Bornes, 11- miradouro do Minhéu- Alvão, 12- Bacia da Vila Rica, 13- Bacia de Chaves, 21- Sedimentos corte em Atenor; 23- Miradouro de S. João das Arribas, 24- Miradouro da Fraga do Puio, 25- Sinclinal de Poiães e Ribeira do Mosteiro, 28- Fiskas do Ermelo, 30- Cascata da Faia da Água Alta, 36- sedimentos- corte em Barca de Alva

Alguns aspetos da geologia de Trás-os-Montes e Alto Douro

A área correspondente à região transmontana situa-se na fronteira entre a Zona Centro-Ibérica (ZCI) e a Zona da Galiza-Trás-os-Montes (ZGTM), onde se verifica a transição entre as unidades autóctones e unidades parautoctones/alóctones. TMAD ocupa a zona axial do chamado Terreno Ibérico, o qual durante o Pré-câmbrico sofreu uma evolução complexa com amalgamação de blocos continentais e formação de uma bacia de sedimentação que começou a ser preenchida por sedimentação arenosa, argilosa e carbonatada. Há cerca de 500 milhões de anos a fraturação de um enorme continente situado no hemisfério sul (Gondwana), resultou, assim, na abertura de um novo oceano (Reich). Em zonas mais profundas depositaram-se espessas camadas de sedimentos argilosos que dariam origem, milhões de anos mais tarde, aos diferentes estratos que se observam nas atuais áreas existentes. Devido a alguma instabilidade gravítica e a pequenos abalos sísmicos formaram-se turbiditos. Durante o Câmbrio teve início a fase de sedimentação hercínica. Na transição do Câmbrio para o Ordovícico as margens da bacia são afetadas pela deformação originando-se a emersão dos sedimentos da bacia e iniciou-se um ciclo sedimentar transgressivo com deposição de materiais mais grosseiros. Entre o Ordovícico Superior e

o Devónico assiste-se a uma série de episódios regressivos e transgressivos acompanhados de atividade vulcânica. No Devónico Médio teve lugar a colisão orogénica hercínica que prossegue até ao Carbónico Superior com deformação dos sedimentos, metamorfismo e o magmatismo orogénico, que se distribui espacialmente segundo arcos que sublinham zonas de cisalhamento dúctil, anteriores.

A zona da Galiza -Trás-os-Montes destaca-se da zona Centro Ibérica pela presença de complexos de rochas básicas e ultrabásicas, afetadas por metamorfismo de alta temperatura e pressão. Estas rochas, que se formaram em níveis profundos da crosta e no manto superior, afloram pelo dobramento intenso e erosão posterior, dos materiais que as cobriram. Encontram-se cavalgando sobre o autóctone da zona Centro Ibérica e separadas deste pelo carreamento principal de Trás-os-Montes (MTMT) (Fig. 2). Os terrenos que afloram na região norte de Portugal e NW Ibérico foram divididos em três grandes domínios estruturais:

- I -Terrenos autóctones – são terrenos que não sofreram movimentação durante a orogenia hercínica e que afloram nos locais onde estão enraizados.
- II -Terrenos paraúctones – são terrenos que sofreram pequena movimentação (da ordem de dezenas de km) da zona de raiz até ao local onde afloram, durante a atuação da orogenia hercínica.
- III -Terrenos alóctones – terrenos formados pelo empilhamento de unidades litológicas cuja zona de raiz está muito distante do local onde ocorrem (mais de 100 km) e que sofreram movimentação durante os processos da orogenia hercínica. Em geral trata-se de terrenos exóticos que apresentam características geológicas, estruturais e mineralógicas, muito distintas dos terrenos circundantes, como por exemplo os maciços ultrabásicos de Bragança – Vinhais e Morais, cuja raiz se admite a cerca de 200 kms a oeste.

Esses terrenos autóctones, paraúctones, e alóctones encontram-se intruídos por rochas granitóides e filonianas e cobertas por unidades cenozoicas de sedimentos recentes. (Fig. 3).

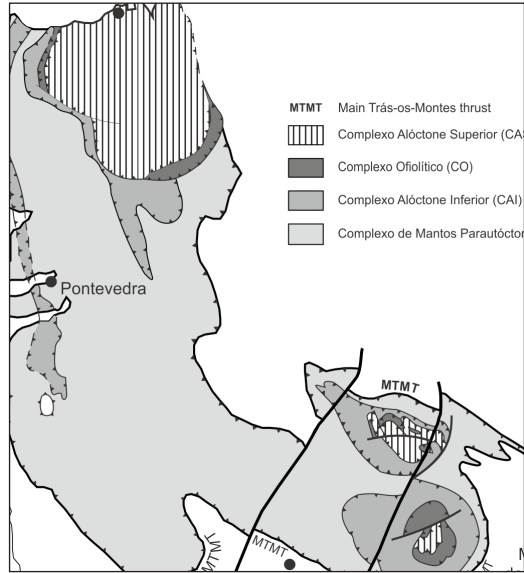


Figura 2. – Complexo de mantos alóctones (Alóctone Inferior; Ofiolito e Alóctone Superior) e Mantos Parautóctones separados pelo carreamento MTMT do Autóctone da Zona Centro Ibérica, do NW Ibérico (Rodrigues *et al.* 2013).

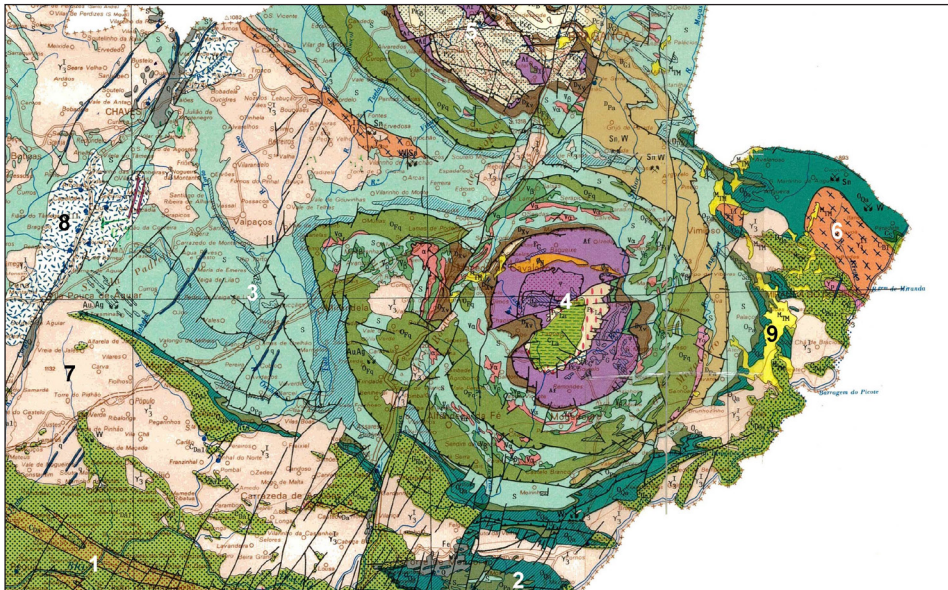


Figura 3 – Geologia correspondente à maior parte dos distritos de Bragança e Vila Real, extraída da carta geológica 1:500 000 (SGP, 1992). Legenda: 1. Câmbrio - Grupo do Douro, 2. Ordovícico, 3. Silúrico, 4. maciço de Morais, 5. maciço de Bragança, 6. granitos ante- a sin-D3, 7- granitos sin-D3, 8. granitos pós-tectónicos, 9. Sedimentos cenozoicos.

Recursos minerais metálicos

Atualmente na região de TMAD estão ativas poucas concessões de minérios metálicos (Fig. 4). Trata-se duma região, que desde tempos remotos, foi sujeita a explorações mineiras, nalguns casos de grandes dimensões por povos pré-Romanos durante a ocupação Romana da península, e sobretudo no século XX, terminando em Jales a exploração mineira em 1992.

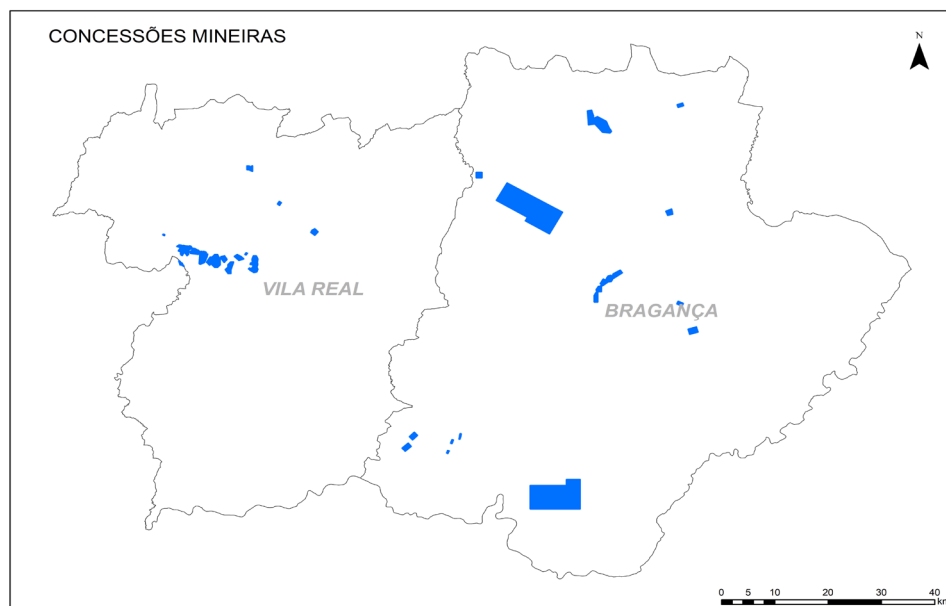


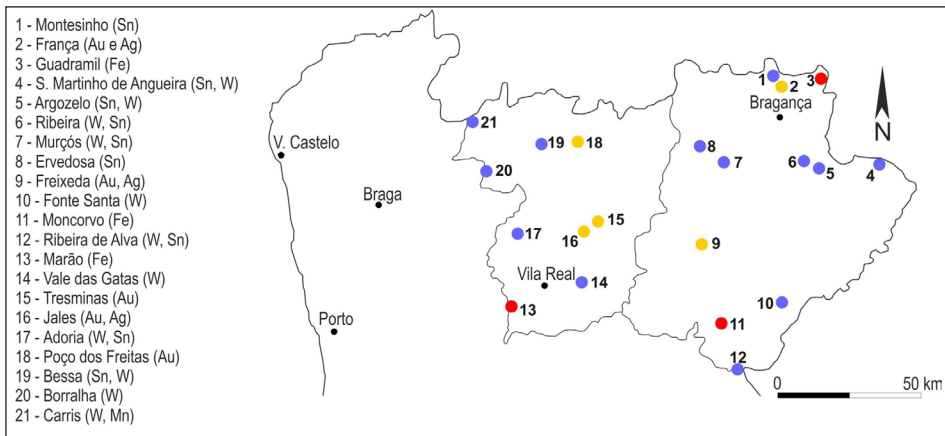
Figura 4 – Localização das concessões mineiras (Fe, Sn e W, Ba, Qz, Feld, Li, Talco) nos distritos de Bragança e Vila Real (fonte: DGEG).

O legado das antigas minas constitui muitas vezes um problema ambiental no que se refere à segurança, poluição de aquíferos, solos ou ar com metais pesados disseminados dos materiais das escombrelas e impactos negativos na paisagem. A EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro), detentora de capitais públicos, é o organismo responsável pela reabilitação das minas abandonadas em Portugal, tendo entre 2002 e 2008 dispendido mais de 10 milhões de euros em 7 áreas mineiras degradadas na região de TMAD, melhorando a sua situação ambiental (Tab. 1).

As explorações de maior envergadura mineradas pelos romanos em TMAD foram sem dúvida as explorações de ouro de Tresminas e Jales (Vila Pouca de Aguiar) e o Poço das Freitas (Boticas) (Fig. 5). Também nas antigas minas de ferro de Moncorvo e Marão há vestígios de trabalhos feitos em data remo-

Tabela I – Antigas minas de TMAD intervencionadas pela EDM entre 2002 e 2008

Mina	Concelho (Distrito)	Metal	Valor (M€)
Jales	Vila Pouca de Aguiar (Vila Real)	Au (Ag)	5.7
Argozelo	Vimioso (Bragança)	W, Sn	2.2
Montesinho	Bragança	Sn	1.5
Fonte Santa	Freixo de Espada à Cinta (Bragança)	W	0.5
Ribeira	Bragança	Sn	0.3
Murçós	Macedo de Cavaleiros (Bragança)	W	0.4
Freixeda	Mirandela (Bragança)	Au (Ag)	0.2

**Figura 5** – Localização nos distritos de Bragança e Vila Real de antigas explorações mineiras (adp de Moura, 2010)).

ta. Outras jazidas tiveram no passado larga exploração, como são o caso de antigas minas de estanho dispersas por todo o Trás-os-Montes, em especial, concentradas na região de Ribeira de Pena-Boticas-Vila Pouca de Aguiar-Ervedosa e ainda as antigas minas de tungsténio e estanho da Borralha, Vale das Gatas, Cerva, Ribeira, Argozelo, Lagoaça, Murçós, etc. Das numerosas ocorrências mineiras conhecidas na região transmontana apresenta-se a seguir uma breve referência às principais explorações mineiras (Fig. 5). A distribuição espacial das minas de Sn-W, Au e U não é aleatória, mas estão associadas em alinhamentos, muitos correspondentes a cisalhamentos hercínicos (Pereira *et al.*, 1993) (Fig. 6).

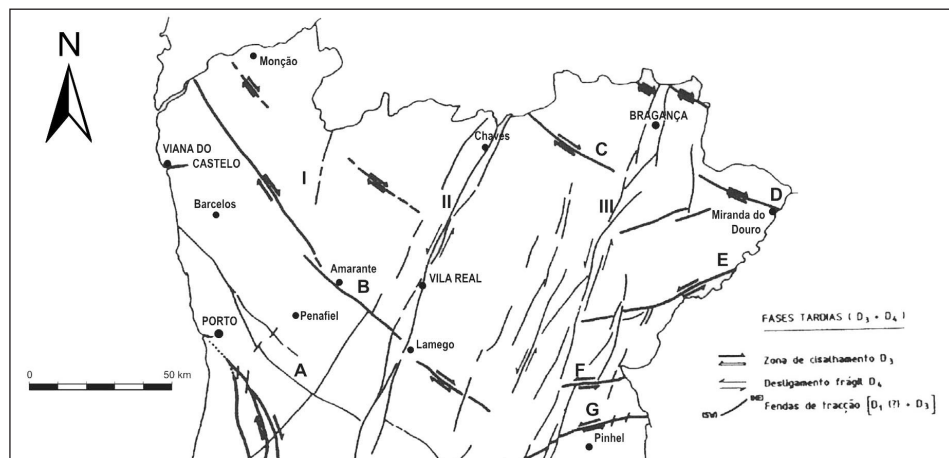


Figura 6 – Localização na região Norte das principais zonas de cisalhamento dúctil e fraturas frágeis tardias, relacionadas com as fases D3 e D4 (Pereira *et al.* 1993).

Ocorrências de ouro (Au) e Au e prata (Ag)

Diversas ocorrências de ouro em filões quartzosos, por vezes associados com apilito-pegmatitos foram objeto de trabalhos desde tempos pré romanos. Os jazigos primários e secundários de ouro do norte de Portugal têm sido alvo de explorações de maior ou menor envergadura. A antiga mina de Jales (Vila Pouca de Aguiar) foi a mais importante do país tendo sido explorada desde tempos romanos até 1992. As minas de ouro primárias portuguesas são tipo filoniano com ganga quartzosa.

Os filões mineralizados ocorrem quer no seio dos granitos de duas micas (Jales e Poço das Freitas), quer no seio de rochas metamórficas de idade paleozoica (Gralheira, Vale de Campo, Vale d'Égua, Velhaquinhas, Penabeice, Freixeda, França). Estas ocorrências aparecem em contextos geológicos diversos (Figs. 7 e 3).

Jales – Vila Pouca de Aguiar: Os filões quartzosos de Jales foram explorados nos séculos I e II da era Cristã e de novo desde 1933 a 1992. O Couto Mineiro de Jales conta com 72 antigas concessões e a mina de Jales teve a maior produção entre 1950 e 1955 atingindo no último ano a produção máxima de 896 kg de ouro. O filão Campo tem direção NNE-SSW, pendor vertical, localiza-se na sua maior parte no seio do granito de duas micas e tem mais de 1 km de extensão. Quando passa do granito aos metassedimentos muda de direção, ramifica-se e perde interesse. Foi explorado em 16 pisos até 620 m

de profundidade (Fig. 8). Quartzo, mica branca, feldspato, turmalina, fluorite, calcite, siderite, apatite, volframite, scheelite, arsenopirite, pirite, galena, esfalerite, calcopirite, estanita, electrum (liga de ouro e prata com >20 wt.% de prata) e diversos minerais de prata, são minerais presentes (Neiva, 1992). O electrum associa-se à galena, calcopirite, arsenopirite ou pirite.

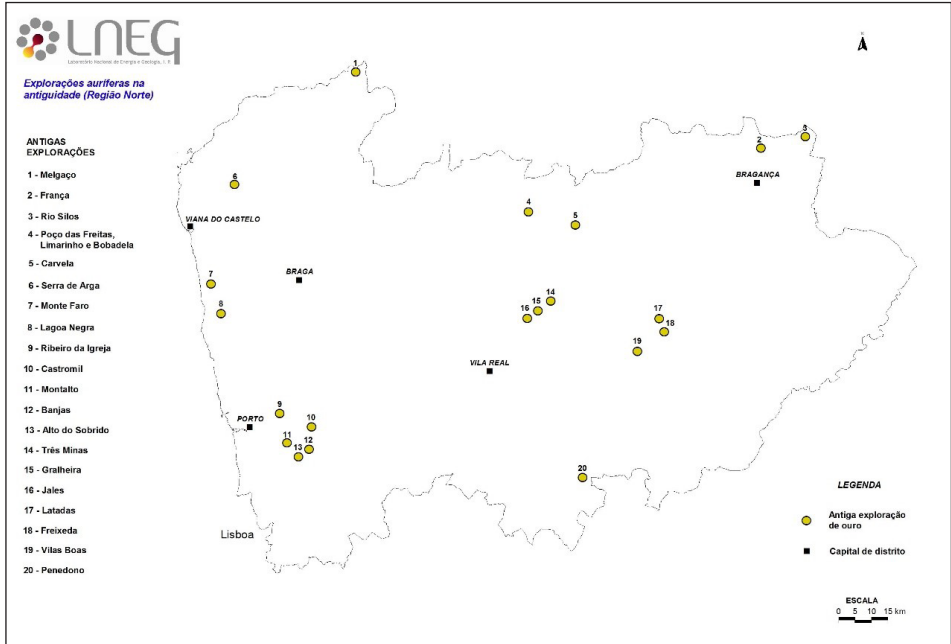


Figura 7 – Localização na região Norte de explorações auríferas na antiguidade (fonte: SIORMINP, LNEG).

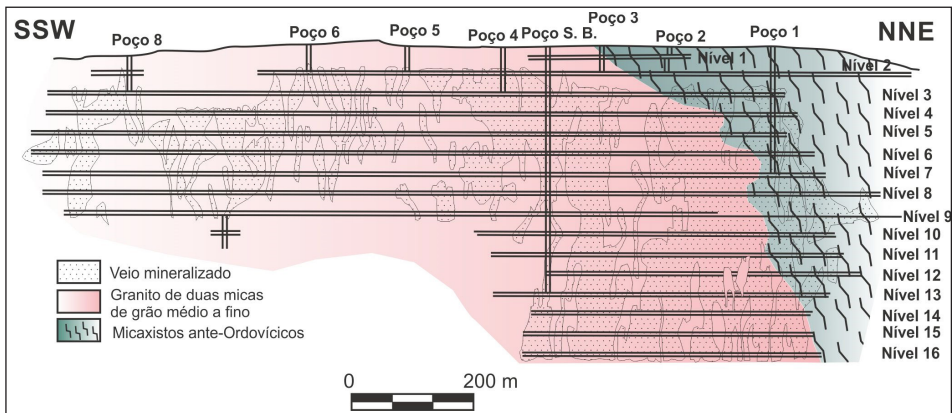


Figura 8 – Pormenor dos poços, galerias e cartografia do filão de Campo nas minas de Jales (Neiva, 1992).

O filão Gralheira com direção WNW-ESSE está encaixado nos xistos e quartzitos, tem 30 a 60 cm de espessura e foi reconhecido por sanjas e sondagens por cerca de 1300 m. O teor de ouro varia entre 0.02 g/t e 14 g/t.

Tresminas – Vila Pouca de Aguiar: Constitui um dos mais importantes conjuntos de arqueologia mineira da época romana. Foi explorado até ao século II dC e calcula-se que terão sido extraídos cerca de 20 Mt de rocha mineralizada nas cortas de Covas (430x140x90m), Ribeirinha (375x160x100m) e Lagoinha ou Lagoinhos (170m de comprimento). O desmonte foi feito a céu aberto. Admitindo um teor médio de 10 g/t, terá rendido durante 150 anos uma produção média de 100 a 130 kg de ouro por ano. Segundo Ribeiro (1998) as cortas estão num alinhamento concordante com a estruturação geológica, resultante da Orogenia Varisca, com direção N120° e localizam-se no limite entre duas unidades metassedimentares. Trata-se de estruturas silicificadas auríferas, relacionadas com zonas de cisalhamento (N120° a N130°E) (Fig. 6). Durante cerca de dezoito séculos, este património mineiro permaneceu bem preservado, o que motivou a sua classificação como Imóvel de Interesse Público em 1997. Mais recentemente, alguns componentes do sistema de abastecimento de água a esta zona mineira foram classificados como Monumento de Interesse Público (2012). Atualmente decorre uma candidatura, para, juntamente com as Médulas, em Leão, Espanha, que completa em 2017 duas décadas como Património Cultural da Humanidade, serem classificadas pela UNESCO como Paisagem Cultural, categoria que dará a melhor resposta às tipologias do património a proteger nestes territórios. Tem grande interesse arqueológico e museológico. Localizado no centro da aldeia de Tresminas, nas imediações da Igreja de São Miguel, o núcleo museológico do Centro Interpretativo de Tresminas, composto por áreas expositivas interiores e exterior permite o enquadramento histórico-arqueológico e natural da área mineira e coloca o visitante em contacto com a tecnologia aplicada em época romana, para permitir o máximo aproveitamento do ouro.

A ocorrência de ouro tem sido associada a fluidos tardios, predominantemente aquosos, de baixa salinidade sugerindo profundidades inferiores e 2 kms (Noronha e Ramos, 1993; Noronha, 1988; Noronha *et al.*, 2013). O ouro em Jales e na Gralheira aparece associado com prata, na forma de eletrum e com sulfuretos abundantes, enquanto em Tresminas é praticamente ouro nativo e são raras as presenças de prata e metais base (Rosa, 2003). Con-

tudo, não está associado a filões de quartzo, mas sim a metassedimentos silicificados que ocorrem no limite entre litologias ricas em matéria orgânica (xistos negros e alguns calcários negros) da Unidade de Fragas Negras e quartzofilitos da Unidade de Curros (Ribeiro, 1998). A geoquímica de inclusões fluidas mostraram que no Campo e na Gralheira a mineralização aurífera está associada a fluidos que homogeneizaram a 280 - 340°C e com salinidades de 2 - 8 wt % NaCl equiv. compatíveis com as temperaturas e pressões de formação deduzidas para as moscovites hidrotermais do granito encaixante de Campo de 400 - 200°C (Neiva, 1992), pelo que Rosa (2003) propôs que Campo, Gralheira e Três Minas seriam do tipo de jazigos de Au associados a intrusão. Para Campo e Gralheira, tal classificação parece ser apropriada, porém, para Tresminas ficam algumas reservas quanto à classificação, já que se trata duma mineralização muito invulgar e exótica, para a qual já se propuseram géneses tão díspares como fluidos metamórficos, exalativa sin-sedimentar e de paleoplacer aurífero.

Freixeda - Mirandela: O ouro ocorre em filões e redes de filões (stockwork) com direções NE-SW com quartzo, arsenopirite, pirite, calcopirite, galena, esfalerite, ouro e prata. O ouro está em especial associado à arsenopirite. Foram explorados em especial 2 filões, S. Jerónimo e S.^{to} André, com cerca de 30 cm de espessura. No período de laboração entre (1952 a 1955) terão sido produzidos 140 kg de ouro e 2361 kg de prata. A antiga mina tinha 2 pisos e durante a laboração trabalhou com 14 g/t a 6 g/t. A cerca de 3 km para NW da antiga mina da Freixeda aflora o filão aurífero das Latadas, com cerca de 5 km de comprimento e 2 m de espessura com direção E-W e pendor 80°S, mas os teores revelados são genericamente baixos.

França - Bragança: Nesta antiga mina ocorrem filões quartzosos, com direção ENE-WSW com pendor entre 60° a 80° N, e possança média de 80 cm onde ocorrem quartzo, arsenopirite, pirite, galena, esfalerite, ouro, carbonatos, sericite, clorite, etc. Os teores variavam entre 0.4 g/t e 8 g/t em 3 pisos. Foi reconhecida por trabalhos mineiros em vários períodos desde épocas romanas à atual (1943 a 1947 e 1949 a 1988).

Outras ocorrências de filões de quartzo com mineralizações auríferas associados ao granito de Chaves, como o Poço das Freitas (Boticas), teve importante lavra romana e mais recentemente foi alvo de trabalhos de pesquisa mineira. Atualmente está integrado no Parque Arqueológico do Vale

do Terva (PAVT). O vale superior do rio Terva conserva um notável conjunto de valores patrimoniais arqueológicos e naturais, associados a antigas minas romanas que testemunham uma longa e complexa evolução da sua ocupação, desde os mais recuados tempos da Pré-História recente até à atualidade. Carvela (Chaves) terá tido também trabalhos romanos, trata-se de filões centimétricos encaixados no contacto granito-xisto. Na região de Vila Pouca de Aguiar - Valpaços são conhecidas várias ocorrências, de filões centimétricos encaixados em rochas xistentas. Em Lomba Grande (Vinhais) ocorre um filão NNE-SSW com 1 a 3 m de espessura, que foi sujeito a trabalhos de pesquisa e reconhecimento mineiro na década de 1990. Em Vilas Boas (Vila Flor), Vila Meã (Miranda do Douro) e em Meirinhos (Mogadouro) ocorrem filonetes que podem atingir 30 cm de espessura encaixados em rochas xistentas e em Babe (Bragança), ocorrem filões e disseminações com Mn, Fe e Au encaixados nos xistos.

Aluviões mineralizados em Au ocorrem especialmente nas áreas adjacentes a regiões com mineralizações primárias em Trás-os-Montes como acontece nas regiões de Freixeda (Mirandela). Também na região de Jales (Vila Pouca de Aguiar) foram explorados aluviões auríferos e argentíferos por vezes com Sn associado.

Minérios de ferro (Fe)

Moncorvo: Na região de Moncorvo importantes bancadas de minério de ferro ocorrem associados aos quartzitos superiores do Membro Malhada da Formação Marão (Sá *et al.*, 2005) (Fig. 9). O Membro Malhada é constituído por sedimentos de plataforma pouco profunda depositados em zonas de alta a baixa energia, caracterizado por quartzitos puros com bancadas métricas a decimétricas de psamitos ricos em ferro e intercalações de metagrauvaques e xistos. Níveis conglomeráticos também estão presentes de forma restrita. A transição lateral das zonas ricas em ferro para zonas não mineralizadas e a presença de estruturas sedimentares reforçam o caráter sedimentar deste jazigo (d'Orey, 1999). A ocorrência de *Cruziana*, e *Skolithos* indicam para esta formação a idade Arenigiano médio a superior (Sá *et al.*, 2005).

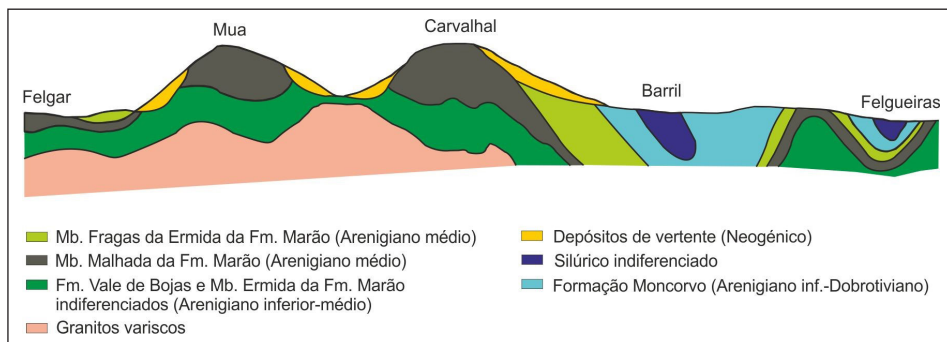


Figura 9 – Corte geológico esquemático no jazigo de ferro de Moncorvo (modif. d’Orey, 1999).

A espessura do minério de ferro é muito variável. Nos locais onde há camadas secundárias associadas à camada principal a espessura pode atingir mais de 70 m. Aflora no topo da serra de Reboredo e na sua vertente sul em Felgueiras, desde a região de Apriscos, a ocidente, até para lá dos vértices geodésicos Carvalhosa e Cabeço da Mua, a este (Fig. 10). As bancadas de minério alternam com intercalações de xistos e quartzitos e desenham no seu conjunto um sinclinal complexo (sinclinório) com plano axial de direcção E-W. O complexo que inclui as camadas mineralizadas tem cerca de 150 ± 20 m de espessura. A atitude das camadas e o seu posicionamento no cimo da serra de Reboredo e do Cabeço da Mua possibilitaram a sua exploração a céu aberto. Na serra de Reboredo as camadas de minério são contínuas, mas, por vezes, contêm intercalações de estéril. Têm em média cerca de 12 m de espessura, embora em zonas localizadas possam atingir mais de 40 m. No Cabeço da Mua o minério forma uma camada contínua com cerca de 90 m de espessura máxima. O minério é predominantemente hematítico (também denominado especularítico), mas existe também minério magnetítico (minério martítico) que predomina em Felgueiras. Além da hematite e magnetite ocorrem limonite, quartzo, sericite, clorite, pirite, fosfatos, etc. Os fosfatos presentes (apatite, lazulite, rockbridgeite, etc.) determinam uma percentagem de fósforo compreendida entre 0.3 e 0.7 %, o que coloca o minério numa categoria de valor inferior. A exploração deste minério é conhecida desde o tempo de D. Afonso III, tendo sido o século XVI o período áureo. Durante a segunda guerra mundial teve alguma atividade. As reservas calculadas nas diversas parcelas do jazigo sondadas atingem mais de meio milhão de toneladas. É vasta a literatura, bem como numerosos os traba-

lhos de investigação e prospeção feitos no jazigo ao longo do tempo. Mais recentemente foram feitos trabalhos de prospeção no alvo de Felgueiras-Canada. O Museu do Ferro & da Região de Moncorvo é uma espécie de Centro Interpretativo da região, que permite ao visitante ter uma ideia clara sobre a exploração do minério naquela região.

Guadramil – Bragança: No extremo NE de Portugal (Fig. 10) são conhecidas ocorrências de minério de ferro no antigo jazigo de Guadramil, formado por várias bancadas de minério predominantemente siderítico abaixo do nível freático. Estas bancadas estão intercaladas num complexo quartzítico e xistoso. A principal bancada com minério siderítico tem cerca de 46 m de espessura e estende-se por cerca de 4 km na direção NW-SE com pendores que variam de 40 °S a vertical. O minério é essencialmente limonítico até ao nível freático e abaixo dele é de natureza siderítica com estrutura oolítica. As reservas totais atingem 5.5 Mt, sendo 1 milhão respeitante a minério limonítico.

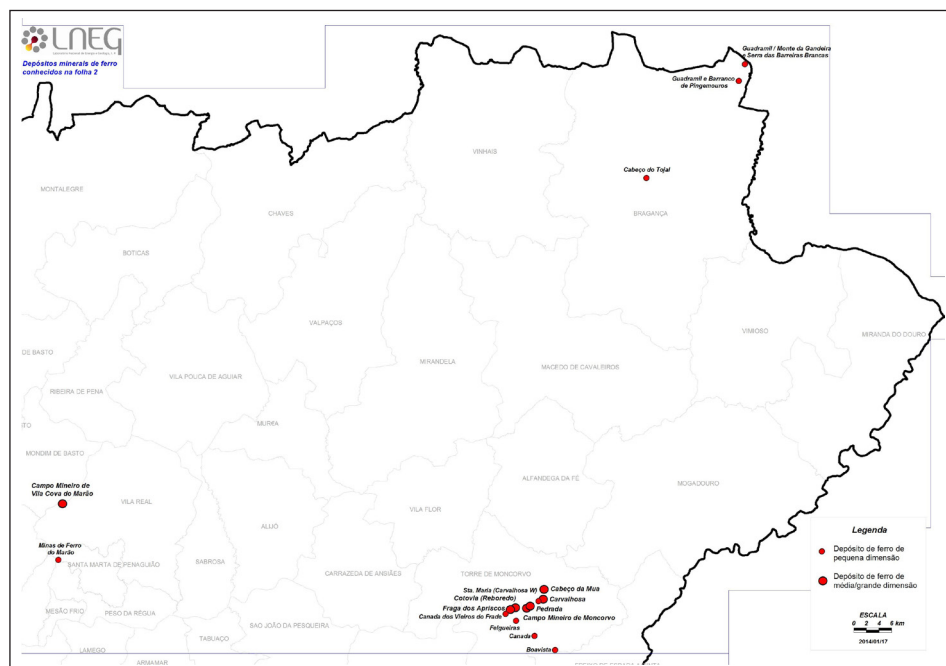


Figura 10 – Localização dos principais depósitos de ferro (classificados por dimensão pequena e dimensão média/grande) no mapa da folha 2 (1:200.000) (fonte: SIORMINP, LNEG).

Serra do Marão: O ferro está distribuído por 2 conjuntos de antigas concessões: um, na região de Vila Cova e outro, nas Fragas da Ermida e Freitas (Fig. 10). Em Vila Cova alguns autores admitem a ocorrência de uma única camada de minério dobrada enquanto outros admitem 5 camadas diferentes, 2 das quais têm 2.5 m e 3 m de espessura. Alternam com quartzitos e xistos cinzentos do Paleozoico (Ordovícico~470 Ma). As camadas apresentam dobras com eixos de direção NW-SE. O minério é predominantemente magnetítico ocorrendo ainda quartzo, clorite, albite, apatite, biotite, limonite, granada, pirite e bismuto. A exploração foi feita a céu aberto e com lavra subterrânea, durante o período da II guerra mundial e durante 1979. O minério é de boa qualidade. Foram admitidas 3 Mt de minério na área de Vila Cova. O conjunto de Fragas da Ermida compreende 3 bancadas de minério com reservas estimadas em 10 Mt.

Ocorrências de estanho (Sn) ou com Sn dominante

A cassiterite é o principal mineral portador de estanho (Fig. 11). Filões de quartzo mineralizados em cassiterite ou com cassiterite predominante sobre outros minérios não são particularmente frequentes. Ocorrem em geral em filões com possança inferior a 1 m e extensão limitado a algumas centenas de metros. A mineralização ocorre dispersa no quartzo ou está enriquecida nos encostos onde ocorre associada a mica branca. Das antigas ocorrências conhecidas merecem destaque as antigas minas de Montesi-nho, Ervedosa ou Tuela e Ribeira (Fig. 5).



Figura 11 – Amostras de cassiterite e de volframite das minas de Vale das Gatas, distrito de Vila Real, existentes no Museu de Geologia Fernando Real (dimensão maior 25 cm).

Montesinho – Bragança: A maior parte dos filões estão encaixados em xistos e quartzitos ordovícicos e em parte no granito de Montesinho. Os filões são numerosos e têm, em geral, espessura média de 60 cm, orientação NE-SW e andamentos de 300 m e atingem 100 m de profundidade. A cassiterite é o mineral útil. Foi bastante explorada desde 1958, tendo sido calculadas em 1981 reservas de 189 000 t e prováveis de 1 800 000t. A mineralogia é relativamente simples (quartzo, moscovite, arsenopirite, cassiterite e outros óxidos), sendo o calibre da cassiterite grosseiro e permitindo boas recuperações. Esta mina está situada no interior do Parque Natural de Montesinho.

Ervedosa ou Tuela – Vinhais: A exploração começou em 1909 com trabalhos subterrâneos. A mina localiza-se na zona de bordadura do maciço de granito de duas micas no contacto com os xistos do complexo xisto-grauváquico de idade Câmbrica. A exploração fez-se ao longo de um filão principal de direção NW-SE pendendo 80°NE. O filão é espesso, mas pouco mineralizado, sendo cortado por uma rede de filões e filonetes bem mineralizados constituindo o jazigo de tipo stockwork, onde a mineralização é abundante. Os filões contêm quartzo, moscovite, cassiterite, arsenopirite, esfalerite, pirrotite, estanita, apatite, fluorite, columbo-tantalite e bismuto.

Ribeira – Parada: os filões mineralizados da mina da Ribeira estão essencialmente encaixados nas rochas xistentas do silúrico. São filões e filonetes quartzosos com cassiterite e volframite com direção predominante NW-SE e pendor 70°SW. A mineralogia compreende moscovite nos encostos, apatite, quartzo, cassiterite, arsenopirite, volframite, scheelite, etc. O teor médio da mineralização rondava os 3.2 kg/t, sendo 2.6 kg/t de cassiterite e 0.6 kg/t de volframite.

Outras ocorrências de estanho, por vezes com algum tungsténio associado, em filões quartzosos e raros filões aplitopegmatíticos, foram referidas em S. Martinho de Angueira (Miranda do Douro), Vale da Urze (Brunhosinho - Mogadouro), Trigueiriça (Rebordelo - Vinhais), Paredes - Teixugueiras (Bragança), Amedo (Carrazeda de Ansiães) e Fonte Figueira (serra do Marão).

Há aluviões estano-volframíticos diretamente relacionados com antigas áreas mineiras principais que exploraram estes metais, como por exemplo, Ribeira-Parada, Murçós, Ervedosa, Carrazeda de Ansiães, Alijó, Vale das

Gatas, Covas de Barroso, Beça, Cerdedo, Borrrelha, Adoria, Vieiros, Seixoso, Carrazeda de Montenegro, etc.

Ocorrências de estanho com nióbio (Nb) e tântalo (Ta)

Os aplitopegmatitos com estanho, nióbio e tântalo foram alvo de maior atividade mineira e constituíram uma das principais fontes de minérios de estanho com nióbio e tântalo associados. Mineralizações deste tipo ocorrem principalmente no exocontacto de alguns maciços de granitos de duas micas, sintectónicos e tardi-tectónicos. As espessuras mais frequentes são 1 a 2 m. Formam filões e massas com extensão, em geral, de algumas centenas de metros e espessuras decimétricas a métricas (em geral inferiores a 3 m). A principal zona de ocorrência deste tipo de jazigos na região de Trás-os-Montes situa-se na região do Alto Tâmega, entre Ribeira de Pena e Boticas, sendo conhecidas muitas ocorrências mineiras de Sn (Nb, Ta), algumas das quais tiveram exploração intensa no passado. As direcções mais frequentes são NW-SE e NNE-SSW, ocorrem nos xistos que afloram entre os maciços graníticos das serras da Cabreira e do Barroso, em Dornelas, Beça, Seixoso e Vinheiros. A mineralização de cassiterite e columbo-tantalite forma pequenos cristais em geral < 5 mm que ocorrem dispersos na matriz aplito-pegmatítica. No que respeita à cassiterite os teores variam em geral entre 1 e 2 kg/t. Os minerais presentes são em geral quartzo, albita, feldspato potássico, moscovite, turmalina, apatite, cassiterite, columbo-tantalite, etc.

Em muitos outros locais foram explorados, por vezes intensamente, jazigos minerais de natureza semelhante às descritas. Salientam-se, entre outros, os de S. Julião de Montenegro (Chaves), S. João da Corveira e Carrazedo de Montenegro (Valpaços), Beça (Boticas), Ribeira de Pena, Vila Pouca de Aguiar, Montalegre, etc.

Mineralizações de estanho, nióbio e tântalo, por vezes com ouro ou tungsténio, ocorrem frequentemente em depósitos aluvionares recentes que resultam do desmantelamento de filões e massas de aplitopegmatíticos, mineralizados em Sn, Nb, Ta, e de filões de quartzo mineralizados em sulfuretos auríferos ou sulfuretos com tungstato, com estanho dominante. Localizam-se em geral nas linhas e cursos de água que drenam as áreas onde ocorrem filões e rochas mineralizadas. Muitos constituíram minas que laboravam a céu aberto e que tiveram grande atividade sendo respon-

sáveis por parte significativa da produção de volfrâmio e estanho, em especial, durante os períodos de guerra. Trata-se, em geral, de depósitos pouco espessos que foram na sua maior parte explorados.

Ocorrências de tungsténio (W) ou tungsténio dominante

Tungsténio (do sueco *Tung* = pesado e *Sten* = pedra) ou volfrâmio (do alemão *Wolfram* = espuma de lobo) designam o mesmo elemento químico (W- tungsténio), sendo comumente a designação usada para o principal mineral portador que é a volframite (Fig. 11). Em Trás-os-Montes é muito mais conhecido como volfrâmio e trata-se de mineralizações em filões de quartzo com volframite dominante e/ou scheelite, que ocorrem associados a diversos tipos de granitóides, quer biotíticos com foliação (Ifanes e Fonte Latassa -Miranda do Douro), Murçós – Agrochão (Bragança), quer granitos de duas micas foliados (S. Mamede de Riba Tua-Alijó, Vale das Gatas-Sabrosa, Chaves, Murça, Cerva – Ribeira de Pena, Argozelo – Vimioso, Fonte Santa – Mogadouro), quer associados a granitóides biotíticos tardios posteriores à deformação hercínica (Borralha – Montalegre, Lamas de Olo – Vila Real).

De todas as ocorrências conhecidas salientam-se pela sua maior importância as antigas minas de Vale das Gatas, Borralha, Murçós e Argozelo. Genericamente pode dizer-se que a mineralogia deste tipo de filões compreende além do quartzo, a volframite, e/ou scheelite, por vezes a cassiterite a que se associam sulfuretos como arsenopirite, pirite, calcopirite, esfalerite, e por vezes minerais de prata e de bismuto.

Vale das Gatas – Sabrosa: A maioria das antigas concessões deste conjunto mineiro está encaixada no granito, próximo do contato com os xistos do Complexo Xisto-Grauváquico. O filão principal ocorre de Laceiras a Vinheiros e tem direção próxima de E-W e pendor cerca de 25° S, com espessura que varia de 20 a 50 cm. O jazigo está compartimentado por falhas em 4 zonas de exploração: Mina A, Mina B, Rebolais e Vinheiros. Quartzo, cassiterite, volframite, esfalerite, pirrotite, estanite, arsenopirite, galena, minerais de prata, bismuto, etc. são os principais minerais presentes. O teor médio do jazigo é de 4 kg/t. Teve produção regular até à década de 1980.

Borralha – Montalegre: A antiga mina da Borralha foi das minas produtoras de volfrâmio mais importantes da Europa, ocupando o 1º lugar até à

entrada em produção da mina da Panasqueira. Distinguem-se dois tipos de estruturas mineralizadas: um conjunto de filões quartzosos orientados preferencialmente E-W com pendor 45 a 60° N e uma brecha de colapso com blocos de quartzo, xisto e granito cimentados por quartzo. A espessura dos filões varia de 0.5 m a 1 m. Produziu concentrados de volframite, scheelite, calcopirite a que se associam prata, bismuto e molibdénio. A produção foi ininterrupta entre 1903 e 1983. Atualmente existe o Centro Interpretativo Minas da Borralha, integrado no Ecomuseu do Barroso, que guarda um importante espólio documental das minas e desenvolve diversas atividades, pois a história da exploração destas minas, bem como a riqueza natural e paisagística do meio envolvente, constituem potencialidades de atração turística.

Murçós – Agrochão: Os filões estão encaixados no granito biotítico de Rebordelo e no contato deste com metassedimentos e têm direção NW-SE com teor médio de 2 kg/t: quartzo, scheelite, arsenopirite, turmalina, pirrotite, volframite, etc., são os minerais mais frequentes. Teve produção importante a partir de 1971 e paralisou em 1976. Em 1979 foram calculadas reservas de 648 000 t de minério explorável. O Geoparque Terras de Cavaleiros quis preservar as memórias de antigos mineiros num documentário intitulado Minas de Murçós - “As estórias das suas gentes”.

Argozelo – Vimioso: Está inserida no eixo mineralizado que compreende além desta mina as minas da Ribeira, Murçós e Ervedosa. Na mina de Argozelo dois sistemas de filões mineralizados ocorrem, um com direção N-S e outro NE-SW. Quartzo, cassiterite, scheelite, moscovite, arsenopirite, pirrite, pirrotite, esfalerite, estanita, etc., são os principais minerais presentes. Alguns autores atribuem ao sistema filoniano de Argozelo continuidade em profundidade. O teor médio era de 2.5 kg/t de estanho e 1.5 kg/t de volfrâmio. Em 1992 foram estimadas reservas certas de 720 000 t e cerca de 1 000 000 t de reservas prováveis. Após a cessação da exploração registou-se um abatimento do terreno pelo que uma eventual retoma da exploração deve estar definitivamente comprometida. Atualmente existe o Centro Interpretativo das Minas de Argozelo, que ajuda a perpetuar a memória viva da extração de volfrâmio e estanho naquele local.

Outras ocorrências de tungsténio, em filões de quartzo com volframite ou scheelite, por vezes associado a molibdénio, que tiveram produção foram:

Ifanes e Fonte Latassa (Miranda do Douro), Lagoaça, (Mogadouro), Carviçais (Moncorvo), Castelo e Valbom (Vila Flor), S. Mamede de Riba Tua (Alijó) Justes, (Vila Real), Argeriz (Valpaços) Vilarelho da Raia (Chaves), Lamas de Olo (Vila Real), Adoria (Ribeira de Pena), Telões (Vila Real), Anelhe (Chaves), Carris (Montalegre).

Mineralização de tungsténio sobre a forma de scheelite em escarnitos derivados de metamorfismo de contacto ocorrem em Cravezes – Mogadouro e em Barca D'Alva. As rochas mineralizadas são corneanas calcossilicatas parcialmente escarnizadas. A mineralização de scheelite ocorre disseminada nos níveis calcossilicatos em especial em lenticulas de escarnitos. Quartzo, anfíbola, feldspato, pirrotite, ilmenite, arsenopirite, esfena, zoizite, apatite, calcite, granada, scheelite são os minerais mais frequentes.

Jazigos de crómio (Cr) níquel (Ni) e platina (Pt)

As ocorrências de cromite estão restritas às regiões de Bragança-Vinhais e às proximidades de Morais. A cromite ocorre associada a rochas serpentínicas e peridotíticas e ocorre, quer disseminada na rocha, quer formando concentrações em bandas, lenticulas e massas (cromititos) de formas e dimensões variáveis. Trata-se de jazigos primários ligados a processos magmáticos relacionados com rochas básicas e ultrabásicas. A principal ocorrência que teve exploração regular até 1958 foi a antiga mina de Abessedo, onde o teor de Cr_2O_3 variava entre 40 e 48 % e algumas massas produziram 1500 t. Outras pequenas ocorrências tiveram produção no passado (Fig. 12).

Ocorrências pontuais de níquel e platinóides têm sido detetadas em bandas, lenticulas e bolsadas de rochas cromitíticas e magnetíticas em fissuras e cavidades da cromite e magnetite. Estas lenticulas estão intercaladas em rochas serpentínicas e peridotíticas. A platina encontra-se em pequenos grãos micrométricos em cavidades e fraturas no seio da cromite e da magnetite sendo a sua presença detetada esporadicamente em Cabeço de Medeiros (Bragança), Vale da Cega (Vinhais), Abessedo (Vinhais), Morais (Macedo de Cavaleiros). Segundo estudos recentes a Unidade de Pombais, pertencente ao ofiolito inferior do Maciço de Morais, parece ser a que revela maiores potencialidades. Em qualquer dos casos não parece existirem ocorrências com teores muito interessantes. Os metais, conhecidos como platinóides, são o ruténio (Ru), o ródio (Rh), o paládio (Pd), o ósmio (Os),

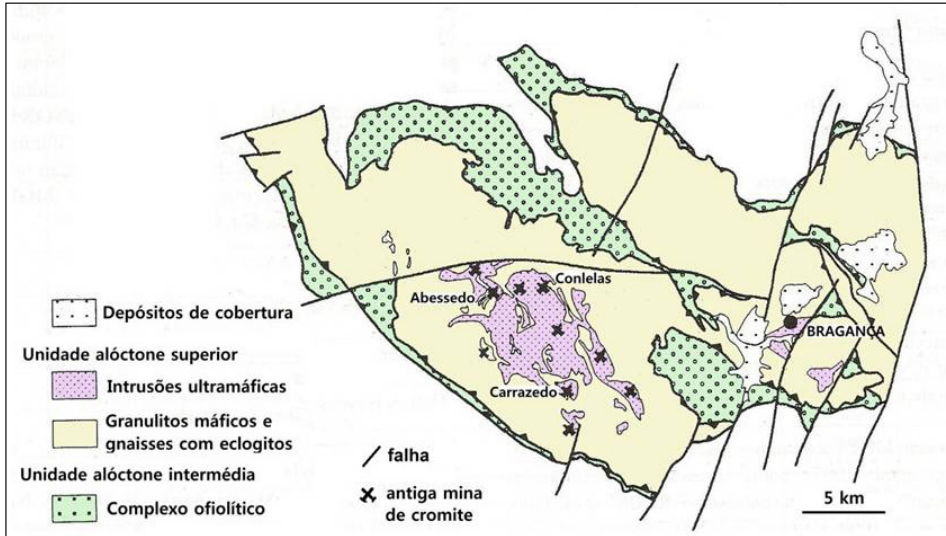


Figura 12 – Mapa geológico simplificado do maciço de Bragança, com a localização das antigas minas de cromite (Moura, 2010).

o irídio (Ir) e a platina (Pt). Trata-se de elementos que pelas suas propriedades específicas têm sido utilizados para as mais variadas aplicações industriais, como por exemplo na produção de catalisadores e de fármacos (Alves *et al.*, 2010). Trata-se de minérios muito interessantes, mas relativamente pobres e de potencial limitado.

Ocorrências de chumbo (Pb) e antimónio (Sb):

Trata-se de filões quartzosos encaixados em rochas xistentas. Alguns deles foram largamente explorados no passado. Os filões têm espessuras decimétricas a métricas e têm andamentos de 100 a 300 m. A mineralização é relativamente simples com quartzo, antimonite, bertierite, óxidos de ferro, galena, etc. O conjunto maior de ocorrências situa-se entre Quintanilha (Bragança) e Campo de Víboras (Vimioso) ao longo do rio Maças. Outro alinhamento compreende Barca d'Alva – Lagoaça - Mogadouro. Outras ocorrências que tiveram produção no passado são Devesa de Cima (Bragança), Carreirão do Ferral (Bragança), Moinho da Gralheira e Moinho do Picão (Vimioso), Serrinha, Olgas e Terra da Mina (Mogadouro), Sítio da Coitadinha (Macedo de Cavaleiros), Cabecinha do Prado (Alfândega da Fé), Vale do Ninho (Mirandela), Ferronha e Cabeço da Roda (Freixo de Espada à Cinta).

Ocorrências de urânio (U)

Na região de Trás-os-Montes conhecem-se diversas ocorrências de urânio de pequena dimensão, repartidas pela faixa da Vilariça, faixa de Ervedosa, nos maciços de Vila Real – Vila Nova de Foz Côa, Miranda do Douro - Torre de Moncorvo. De todas merece destaque especial a de Horta da Vilariça pois trata-se dum jazigo de disseminação, onde estão reconhecidas várias ocorrências quer intragraníticas, quer em metassedimentos ou junto ao contacto. A maioria das ocorrências são filonianas (filões e brechas) e algumas do tipo disseminação. A mineralização é constituída por minerais secundários de urânio: torbernite, autunite, saleiíte, etc. sendo a pechblenda muito rara.

Ocorrências de lítio (Li)

Os aplitopegmatitos litiníferos com espodumena e petalite têm despertado ultimamente interesse como material cerâmico e como fonte de lítio. A empresa australiana Dakota Minerals, que está a desenvolver a prospeção de lítio para baterias em Trás-os-Montes, confirma a existência, depois de mais de 50 perfurações feitas em Cepeda (Montalegre), de uma das maiores reservas da Europa, estimadas em 10.3 megatoneladas (milhões de toneladas) de pegmatito com lítio-césio-tântalo, onde se encontram concentrações de 1 % de óxido de lítio e de 0.05 % de estanho (*). Portugal é considerado um dos dez maiores produtores de lítio, a nível mundial, pelo que o lítio será o metal estratégico mais importante para o séc. XXI, já que é largamente referido no estudo “Critical raw materials for the EU”.

Trabalhos de cartografia realizados na região de Ribeira de Pena – Boticas – Vila Pouca de Aguiar levaram à descoberta de espodumena, petalite e por vezes lepidolite em alguns dos filões aplitopegmatíticos aflorantes nesta região. Os filões são em geral lenticulares e têm possanças de alguns metros até cerca de 30 m e andamentos de centenas de metros e estão encaixados em xistos silúricos. Alguns destes filões foram reconhecidos com sondagens, como aconteceu nos filões de Veral (Boticas), Adagói (Vila Pouca de Aguiar) e Alijó (Ribeira de Pena). Foram definidas áreas onde o mineral de lítio predominante é a espodumena e outras onde prevalece a petalite.

A presença de minerais de lítio permite baixar o ponto de fusão das pastas cerâmicas pelo que tem vindo a despertar o interesse das empresas que exploram estas matérias-primas. Trata-se duma região com grandes po-

tencialidades para produção de matérias-primas cerâmicas e de minerais de lítio.

Recursos minerais não metálicos

V.1 - Substâncias Concessíveis

Compreendem minas e ou ocorrências de talco, barite, quartzo e/ou feldspato, amianto em geral de pequena dimensão, algumas parcialmente exploradas no passado. Incluem-se ainda neste grupo as águas minerais naturais. Destes recursos têm importância a produção de talco, nomeadamente a concessão de Sete Fontes e a concessão Alto da Caroeira (Bragança), onde tem havido pequena produção de barite, e a concessão Seixigal (Vidago), que constituiu um importante produtor de quartzo e feldspato para a indústria cerâmica.

Talco

As principais ocorrências distribuem-se nas áreas de Bragança-Vinhais (Fig. 13) e Macedo de Cavaleiros em associação com afloramentos de rochas ultramáficas serpentínicas e outras dos complexos alóctones intermédio e superior que sofreram metassomatismo.

A esteatização é promovida pela circulação de fluidos aquo-silicatados tardios ao longo de falhas e carreamentos, sendo bem conhecidas as potencialidades desta matéria-prima mineral.

Na região de Bragança-Vinhais estão localizadas as principais reservas de talco do país, sendo as ocorrências mais importantes Sete Fontes, Soeira nº 1, Pena Maquieira, Castrelos, Serra de Soeira nº 3. As reservas existentes estão preservadas por força da concessão de Sete Fontes (Fig. 13). Apesar de parcialmente inserida na área do Parque Natural de Montesinho, a concessão é anterior à criação do Parque, pelo que tem direitos adquiridos. De qualquer modo a exploração deste recurso mineral terá que ter em conta a minimização dos impactes ambientais originados. A concessão de Sete Fontes tem tido larga exploração e tem sido estudada em detalhe.

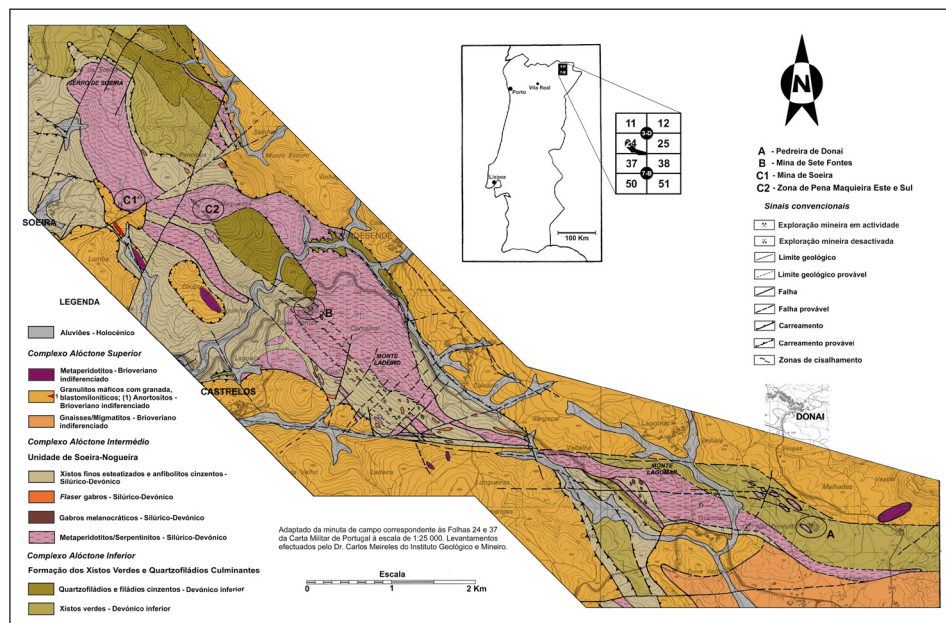


Figura 13 – Carta geológica da área de Soeira-Castrelos-Donai com as explorações de talco no maciço de Bragança (in Teixeira, 2000, adap. Carta geológica 3D- Espinhosela)

As ocorrências de talco de Macedo de Cavaleiros estão localizadas nas regiões de Vale da Porca, Talhinhas e Talhas. Trata-se de ocorrências lenticulares de pequena e média dimensão (não ultrapassam em geral duas centenas de metros e 10 m de espessura). As dimensões das lenticulas aflorantes levam a admitir, que, constituem cada um *per se* reservas limitadas. Na região de Vale da Porca são conhecidas várias ocorrências relacionadas com o afloramento de uma lenticula alongada NE-SW, de rochas peridotíticas, da unidade alóctone superior.

Durante vários anos a exploração principal centrou-se na antiga mina Cabeço da Mina. Várias ocorrências lenticulares estão cobertas pelas concessões de Vale da Porca, Prado e Salselas. Na região de Talhinhas e de Talhas as ocorrências principais compreendem várias lenticulas por vezes com disposição em “rosário” com espessura e extensão inferiores a 8 m e 200 m, respetivamente.

Amianto

Nome comercial dos minerais asbestiformes, fibrosos, dos grupos da serpentina (flossilicato) ou da actinolite (anfíbola-inossilicato) ocorre em peque-

nas jazidas com reservas conhecidas muito limitadas e em relação direta com os afloramentos de rochas serpentínicas dos complexos ofiolíticos de Bragança-Vinhais e de Morais. Preenche fraturas sob a forma de fibras “cross”, de dimensão pequena e média. As reservas são diminutas nas ocorrências conhecidas no Norte de Portugal, salientam-se as de Penouços, Serra de Soeira (Bragança), Morais, Lameirão, Penedros (Macedo de Cavaleiros). Áreas das antigas concessões mineiras, já foram libertadas e poderão ser utilizadas para outros usos. Atualmente o amianto está a ser banido das diversas aplicações industriais, onde tem sido utilizado (fibrocimento, isolamento, etc.) pelo facto de ser considerado potencialmente cancerígeno.

Barite

São conhecidas 3 ocorrências de barite na região de Bragança: Alto da Caroeira, próximo de Aveleda, (Fig. 14) Edrosa e Rigueiral. As principais reservas estão localizadas na concessão Alto da Caroeira, onde se admitem cerca de 4000 t de reservas. A barite é de origem sedimentar e forma lenticulas, com orientação NE-SW, interestratificada com níveis vulcano-sedimentares silúricos ricos em sulfuretos. Em Edrosa trata-se de pequenas lenticulas de barite reconhecidas por trabalhos mineiros. Na ocorrência Rigueiral nunca houve trabalhos mineiros. As reservas de barite de Trás-os-Montes são escasas, mas das mais importantes do país.



Figura 14 – Exploração rudimentar de barite no Alto da Caroeira, em 2008

Quartzo e Feldspato

São explorados como fontes de quartzo e feldspatos diversos tipos de rochas nomeadamente: pegmatitos graníticos, filões e massas aplitopegmatíticas, filões quartzosos, e depósitos de areias feldspáticas.

Os **pegmatitos graníticos** explorados são, em geral, do tipo cerâmico e formam jazigos algo irregulares embora predominem os pegmatitos em forma de pequeno stock, filão ou lenticula. São frequentemente zonados contendo um núcleo predominantemente quartzoso, uma zona intermédia com quartzo e feldspato grosseiros, por vezes com berilo e mica, e uma zona periférica com quartzo, feldspato, mica de granulado fino. É nítida a associação dos principais corpos pegmatíticos cerâmicos com afloramentos de granito porfiróide, de grão grosseiro, predominantemente biotítico. Este tipo de jazigos tem sido produtor importante de materiais cerâmicos, quartzo, feldspato sódico e potássico. Tiveram exploração intensa nas décadas de 1970 a 1990, para produção de quartzo, enquanto se mantiveram em atividade as metalurgias de silício metal e ferro silício do nosso país. Alguns continuam a ter uma pequena produção de quartzo e de feldspato. Como ocorrência principal da região transmontana, destaca-se a antiga mina Seixigal (Vilas Boas - Vidago). Este último foi largamente explorado até há cerca de 5 ou 6 anos, quando se considerou aparentemente esgotado. Constituiu um importante fornecedor de feldspato e quartzo. São ainda de referir as ocorrências de Alto das Forçadas (Serra das Alturas), Alto da Corneta, Monte da Alvorada (Montalegre) e Avinhó (Murça).

Aplitopegmatitos são particularmente abundantes na região de Boticas - Ribeira de Pena - Vila Pouca de Aguiar onde foram largamente explorados no passado como minas de estanho (nióbio e tântalo). Alguns destes filões são hoje vistos como produtores de materiais cerâmicos, em especial aqueles que contêm teores de lítio significativos (Fig. 15).

Filões Quartzosos

Afloram em geral na bordadura dos maciços graníticos, quer no interior, quer na envolvente xistenta dos maciços graníticos. Podem ser filões quartzosos compactos, quer brechificados. Estes apresentam por vezes dimensões notáveis constituindo alinhamentos de lenticulas que preenchem fraturas com direção preferencial NNE-SSW, NE-SW, entre outras. O quartzo tem sido explorado para a indústria cerâmica, cargas, inertes etc. Em



Figura 15 – Exploração pela Felmica, de pegmatito com petalite ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_{10}$) para a cerâmica, em Lousas, Boticas (2017)

Trás-os-Montes salientam-se, entre outros, na região de Bragança, Santa Comba de Rossas e Quintela de Lampaças e na região de Chaves - Boticas, um conjunto de antigas concessões e ocorrências denominadas Monforte, Costa N°1, Condado N°1, Alto Queimado, Serra da Olga, Serra da Ribeira, Serra do Ferro, Alto da Navalheira, Seixo Branco N° 3. Este conjunto forma um extenso filão de quartzo brechificado, com cerca de 28 km e que constitui ainda uma importante reserva de quartzo. Referem-se ainda as ocorrências da Serra das Alturas nas regiões de Bobadela e Sapelos, na serra da Padrela e na região de Mondim de Basto.

Caulinos

Na região transmontana conhece-se apenas a exploração de saibro caulínico, derivado de rocha aplito-pegmatítica alterada, que está ativa na região de Ribeira de Pena (Lamelas) sendo, como foi referido, o material explorado (quartzo, feldspato, caulino) aplicado na indústria cerâmica de barro branco.

V.2- Substâncias Não Concessíveis

Os recursos minerais existentes na região Norte que não pertencem ao grupo das substâncias concessíveis são argilas comuns, rochas industriais e ornamentais, areias, saibros e águas de nascente. Apesar de limitado, o número de explorações de pedreiras, barreiros e areeiros numa área onde ocorre uma tão grande variedade de rochas, produzem-se aqui alguns recursos minerais importantes para a economia da região e do país, como documentados em Lourenço *et al.* (2013) e Sousa (2012).

Argilas Comuns

Na região transmontana no que respeita à produção de argila são importantes os barreiros da bacia de Chaves e das regiões de Sendas e Vale da Porca (Macedo de Cavaleiros), Sendim (Miranda do Douro) e Variz (Mogadouro), que têm contribuído para o abastecimento da indústria cerâmica regional. As principais reservas de argilas situam-se na bacia de Chaves, na região de Vilar de Nantes sendo importante preservar os depósitos de sedimentos cenozoicos nomeadamente no planalto mirandês, com barreiros e areeiros cuja exploração recorre normalmente à utilização de retroescavadoras.

Granitos

Rochas graníticas e granitóides, de diferentes tipos, afloram largamente em Trás-os-Montes ocidental (Fig. 3). São por isso frequentemente utilizadas na construção como pedra industrial e ornamental. A exploração da pedra granítica constitui em algumas áreas uma tradição de há muitos anos e representa o único recurso de que dispõem algumas áreas deprimidas e desertificadas do interior. No que diz respeito à produção de inertes (graníticos) as pedreiras existentes são suficientes para o abastecimento regional. Regista-se também uma produção significativa de inertes (areias) que abastecem a construção civil e obras públicas. Entre outras citam-se as regiões de Mondim de Basto (Sr^a da Graça), os granitos amarelos de Vila Real e Serra da Falperra, o granito cinzento das Pedras Salgadas, o granito cinzento de Telões, o granito amarelo de Luzelos e o granito azul Tragal (Mogadouro), o granito cristal azul Transmontano.

Granitos utilizados como pedra industrial:

Grande número de explorações cujo fim principal é a produção de inertes - britas, gravilhas, areias, pó de pedra e rachão. São em especial preferidos os

granitóides de granulado médio a fino, sem foliação, mas os granitos porfiróides grosseiros e granitos de duas micas com foliação têm tido também utilização em certas regiões.

Como núcleos principais de produção da região transmontana salientamos: os granitos de duas micas que são explorados na região da Serra da Falperra e Parada de Cunhos (Vila Real), Sr.^a da Graça (Mondim de Basto), S^{ta} Comba de Rossas (Bragança), Tó (Bemposta), Pisões (Montalegre), Samões (Chaves), Torre de D. Chama, Romeu. Granitos biotíticos são explorados em Ifanes, (Miranda do Douro), Rebordelo (Vinhais), Vilares (Boticas), Soutelo (Pedras Salgadas) e St^o Estevão (Chaves).

Granitos utilizados como pedra ornamental:

As condições geológicas e estruturais dos maciços, bem como as suas características físico-mecânicas, petrográficas e outras têm permitido o aproveitamento de muitos afloramentos de granitos para pedra ornamental, quer seja a produção de blocos para obtenção de chapa polida, quer artefactos diversos como cubos, guias, alvenarias, perpianho, estatuetas, etc. Duma maneira geral trata-se de pequenas e médias pedreiras que são importantes na economia da região. No que diz respeito às cores são produzidos granitos cinzentos-claros (comercialmente designados brancos), granitos cinzentos azulados, granitos cinzentos escuros, granitos rosados e amarelos.

A produção de granitos ornamentais transmontanos está concentrada em núcleos importantes, nomeadamente nas regiões de Pedras Salgadas (granito cinzento), Serra da Falperra - Pinhão Cel (Vila Real - Sabrosa - Vila Pouca de Aguiar) (Fig. 16), Sr.^a da Graça (Mondim de Basto), onde se produzem granitos amarelos, e Telões (Vila Pouca de Aguiar) onde se produzem granitos cinzentos porfiróides. Enquanto nas pedreiras de granito amarelo se exploram as zonas mais superficiais alteradas do maciço e raramente atingem 10 m de profundidade, nas pedreiras das Pedras Salgadas essa profundidade pode atingir mais de 60 m (Fig. 16).



Figura 16 – Pedreira de Granito Cinza em Pedras Salgadas (foto cedida pelo Professor Martinho Lourenço).

Os vários tipos de granitos ornamentais transmontanos estão estudados e constam do Catálogo de Rochas Ornamentais de Portugal “Cinzento Pedras Salgadas”, “Cinza Telões”, “Azul cristal” (Águas Frias- Chaves), “Azul Tragal” (Bruçó-Mogadouro), “Amarelo Luzelos” “Amarelo Vila Real” e “Branco Cansoso” (Carrazeda de Ansiães)(Moura & Martins, 1983). Contudo, em numerosas pedreiras que estão dispersas pela região transmontana, como em Caçarelhos (Vimioso), Picote (Miranda do Douro), Carvalho d’Egas e Luzelos (Carrazeda de Ansiães), Meixide e Morgade (Montalegre), Cerdedo (Boticas) e Boticas também têm sido produzidos granitos amarelos. Granitos cinzentos também têm sido extraídos em Moimenta (Vinhais), Bruçó (Mogadouro), Águas Frias (Chaves). Granitos cinzentos claros têm sido produzidos em Cansoso (Carrazeda de Ansiães). Há potencialidades para extrair granitos brancos em Romeu (Mirandela). Em termos de ordenamento do território e atendendo à sua importância para a indústria extrativa são de realçar as áreas de Pedras Salgadas para a qual está delimitada uma área cativa, a área da Serra da Falperra – Pinhão Cel –

S. Bento (Vila Real – Sabrosa - Vila Pouca de Aguiar) onde se obtém uma parte muito significativa da produção de granito amarelo português e que foi objecto de delimitação numa área reservada para a indústria extrativa (Sousa, 2012). Também na região de Sr^a da Graça (Mondim de Basto) foi definida uma área para extração de granitos em equilíbrio com a preservação paisagística e o interesse turístico.

Calcários e Mármore

Foram no passado explorados em S^{to} Adrião (Vimioso) calcários, onde ocorrem também mármore e em algumas grutas da rocha calcária, alabastros. Os calcários e mármore afloram numa extensão aproximada de 5 km por 250 m de espessura máxima. Aqui ocorre o único afloramento de rochas carbonatadas transmontanas com interesse económico. Outras ocorrências de rochas (meta)carbonatadas são conhecidas em Fonte Colaça, Montoito e Fonte Ladrão (Vimioso), S. Pedro de Sarracenos (Bragança), Dine (Vinhais), Vale da Porca (Macedo de Cavaleiros), Gebelim (Alfândega da Fé). Calcários negros são conhecidos em Aباças, Campanhó e Sobrido (Vila Real) e Adorigo (Tabuaço). Mármore ocorrem na região de S^{to} Adrião, (Vimioso) e mármore branco fino de estrutura sacaróide de grande qualidade e mármore cinzentos em S. Pedro da Silva (Miranda do Douro) e Castro Vicente (Mogadouro). Não têm produção atualmente para aplicação industrial ou ornamental.

Areias Comuns

As necessidades de areias para a construção civil têm vindo a ser superadas recorrendo a finos de britagem de granitos, crivagem e lavagem de depósitos sedimentares areno - argilosos de idade cenozoica, crivagem e lavagem de saibros e exploração de antigas escombrelas de minas de estanho. A exploração de areias no leito dos cursos e linhas de água está actualmente bastante condicionada por razões ecológicas e de impacto ambiental pelo que não ocorre atualmente qualquer exploração. No entanto, a pressão da construção civil exige a exploração de areias lavadas e calibradas de boa qualidade. Tem sido feita face à escassez de produção com as areias obtidas por dragagem do canal de navegabilidade do rio Douro e na região de Trás-os Montes. Por crivagem e lavagem de depósitos areno argilosos e cascalentos têm sido produzidos inertes em Caçarelhos (Vimioso), S^{ta} Comba de Rossas e Sendas (Bragança), Vale da Porca (Macedo de Cavaleiros), Vila Nova das Patas e Carvalhais (Mirandela). Por crivagem e lava-

gem de saibros há explorações em Picote (Miranda do Douro), Bemposta (Mogadouro), Vilares da Vilariça (Alfândega da Fé), Moimenta (Vinhais), Vale da Telha (Valpaços), Samões (Vila Flor), Vila Verde da Raia, Mochos, Sto Estêvão e Ervededo (Chaves), Boticas, Rebordochão e Guilhado (Vila Pouca de Aguiar), Presandães (Alijó), Vilar de Viando (Mondim de Basto). Por exploração de antigas escombreyras de minas abandonadas em Vale das Gatas (Sabrosa) e Leirós (Vila Real). Têm sido localmente explorados inertes nos leitos de cursos de água como em Estevais (Moncorvo), Nogueira (Boticas) e Fontanelas (Régua).

Ardósias

Na região de Mascozelo - Pardelhas (Vila Real) têm estado a ser produzidas ardósias de qualidade razoável e havendo reservas importantes. Também na região de Montesinho (Bragança) afloram lousas, mas o facto de se situarem dentro do Parque Natural e tendo em atenção a sua inferior qualidade, devido à fraturação do maciço e ao facto deste ser cortado por filonetes quartzosos e aplitopégmatíticos, levam a considerar esta área com menos potencial. Há ainda potencialidades a não desprezar para produção de rochas xistentas cliváveis, com possibilidade de produção de diversos tipos de cores.

Quartzitos

Têm sido produzidos na região da Serra da Garraia (Murça) quartzitos xistentos de cor bege clara para obtenção de placas para pavimento. Insere-se na formação dos quartzitos superiores de idade silúrica. Trata-se duma pequena exploração artesanal, mas é a única que produz este material pelo que deve ser apoiada, contudo há potencialidades para outras explorações (Fig. 17).

Peridotitos, Serpentinitos e Anfíbolitos

No maciço de Morais metaperidotitos são explorados próximo de Gralhós (Macedo de Cavaleiros), numa grande pedreira. São rochas muito fraturadas e serpentinizadas com veios de jaspe e opala. Peridotitos têm também sido explorados em Rica Fé (Bragança) (Fig. 4) para obtenção de placas e laje para pavimentos, são rochas negras e compactas. A sua alteração hidrotermal leva à formação de serpentinitos.



Figura 17 – Excerto da carta geológica nº2, escala 1:200 000, a este de Murça localizando a exploração de quartzitos da Serra da Garraia

O serpentinito foi explorado na região de Donai e comercializado como “Verde Donai” (Bragança), porém, a pedra encontra-se abandonada. O afloramento de pequenas dimensões permitia, no entanto, obter blocos de pedra de grande beleza e de qualidade para produção de chapa polida (Fig. 18). Esta área deve ser protegida para a indústria extrativa.



Figura 18 – Altar principal e pormenor deste e ambão em serpentinito de Donai, existentes na igreja matriz de Murçós.

Uma pedreira de anfibolitos situa-se na Unidade Izeda-Remondes, pertencente ao Complexo Ofiolítico de Morais e tem sido explorada em Porrais (Mogadouro), tendo mais recentemente, a exploração sido substituída pela pedreira dos Olmos (Macedo de Cavaleiros).

Xistos

Rochas xistentas (xistos, grauvaques, quartzitos, etc), são normalmente utilizadas como pedra de construção nas áreas rurais onde afloram rochas xistentas. São utilizados nas construções de muros, revestimentos de edifícios, pavimentos, etc. As explorações de xistos têm em geral pequena expressão na região. Têm sido produzidos nas regiões de Avelada e Gimonde (Bragança), em Eucísia (Alfândega da Fé) e na região de Salgueiro para produção de placas clivadas para pavimento e revestimento. Trata-se de pequenas explorações para satisfazer a procura local, mas que devem ser apoiadas. As explorações de xisto do Poio, em Vila Nova de Foz Côa estão em atividade desde 1850, período em que se fez sentir um forte incremento da atividade vitivinícola no Douro Superior. Durante décadas estas pedreiras foram o sustento de muitas famílias sendo, sem dúvida, um pilar económico, no desenvolvimento do concelho e região. Daqui, partiram milhões de esteios de xisto que contribuem, de forma decisiva, para o carácter paisagístico da Região Demarcada do Douro.

Recentemente um projeto financiado pela FCT mostrou os Xistos de Trás-os-Montes e Alto Douro, como um interessante recurso endógeno, com a possibilidade de gerar valor acrescentado numa região economicamente desfavorecida (Noronha *et al.* 2011).

Conclusões

A presença na região de Trás-os-Montes e Alto Douro de rochas magmáticas de natureza ácida, básica e ultrabásica e de metassedimentos, afetados pela orogenia hercínica, no final do Paleozoico, criou condições para a génese de uma grande diversidade de recursos geológicos. Posteriormente, a orogenia alpina e os processos erosivos desmantelaram a cadeia orogénica e expuseram à superfície ou próximo dela, esses materiais, permitindo a sua exploração e modelando a paisagem atual. A região de TMAD tem potencialidades para fornecer recursos minerais metálicos e não metálicos, sendo importante proceder-se à reavaliação desses recursos, usando novas metodologias de SIG, dado que alguns deles foram já intensamente

explorados. É importante preservar esses recursos minerais e sensibilizar os autarcas e decisores políticos para a sua existência e situação real. Dada a dimensão do país, a região de TMAD ocupa um lugar destacado quer no que se refere a minérios metálicos, matérias-primas para aprovisionamento industrial, quer em recursos não metálicos, nomeadamente na exploração e transformação de granitos ornamentais.

A situação derivada da atividade mineira que explorou recursos minerais metálicos nos distritos de Bragança e Vila Real, leva a que só localmente possa vir a ser reativada. Assim, a maioria dos locais poderá ser aproveitada para fins ambientais e culturais, bem como ser utilizada para a dinamização do turismo científico e em espaço rural, através da elaboração de roteiros turísticos que integrem a arqueologia industrial mineira, como património geológico, ambiental e cultural, pois felizmente na maioria das situações a mãe natureza encarregou-se de remediar os antigos problemas ambientais, causados pela indústria extrativa. O lítio é, no presente, o metal mais procurado na prospeção de novas áreas, podendo no futuro haver explorações sobretudo na região do Barroso-Alvão.

No que respeita aos recursos geológicos não metálicos de TMAD, que se incluem no grupo dos Depósitos Minerais, em termos de Ordenamento do Território, poderá dizer-se que as principais reservas estão protegidas, por estarem abrangidas por concessões mineiras ativas. Os filões de pegmatitos e aplitopegmatitos são as principais fontes de materiais cerâmicos. A exploração de granitos, quer para fins industriais, quer ornamentais, tem ainda grande potencial e deverá ser feita por forma a garantir as melhores técnicas de exploração e transformação, em áreas licenciadas para o efeito.

Bibliografia

- ALVES, F. E., PRISCILA PEREIRA SILVA, P.P. E GUERRA, W. (2010) Química 119, Out/dez10, 27-33 In: <http://www.spq.pt/magazines/BSPQ/649/article/30001594/pdf> consultado em 26 de fevereiro de 2017
- BRUNDTLAND, G.H. (1987). “Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: o nosso futuro comum”. Universidade de Oxford. Nova Iorque. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/12906958> consultado em 26 fevereiro 2017.

- D'OREY, F. L. C. (1998). The Detrital Origin of the Moncorvo Ordovician Ironstones. *Ciências da Terra (UNL)*, 13, 131-140.
- FARINHA, J. A. L. B. & LIMA, A. M. C. (2000) – Estudo dos filões aplito-pegmatíticos litiníferos da região Barroso Alvão (Norte de Portugal). *Estudos Notas e Trabalhos Instituto Geológico e Mineiro*. Tomo 42. 3-49.
- LOURENÇO, J.M.M., SOUSA, L:M.O., OLIVEIRA, A.S. (2013) Rota da Pedra, ISBN: 978-972-704-374-3. Vila Real, UTAD. 107pgs.
- MOURA, A.C. & MARTINS, O. R. (1983). *Catálogo de rochas ornamentais portuguesas*. Porto: Direcção Geral de Geologia e Minas.
- MOURA, A. (2010) - Metais e Semi-metais de Portugal. Palimage, 156 pgs
- NEIVA, A. (1992). Geochemistry and evolution of Jales granitic system, northern Portugal. *Chemie der Erde* 52: 225-241.
- NORONHA, F. (1988) – Mineralizações. *Geonovas*. vol. 10. p. 37-54.
- NORONHA, F., RAMOS, J. M. F. (1993) – Mineralizações auríferas primárias no norte de Portugal. Algumas reflexões. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*. vol. 18. 133-146.
- NORONHA, F., RIBEIRO, M. A., ALMEIDA; A., DÓRIA, A., GUEDES, A., LIMA, A., MARTINS; H.C., SANT'OVAIA, H., NOGUEIRA, P., MARTINS T., RAMOS, R., VIEIRA, R. (2013) – Jazigos filonianos hidrotermais e aplitopegmatitos especialmente associados a granitos (norte de Portugal). *Geologia de Portugal vol. I Geologia Pré-mesozóica de Portugal*. 403-438.
- NORONHA, F., AIRES, S., CARVALHO, C., RAMOS, J.F., MOURA, C., MOURA, R., SANT'OVAIA, H., RAMOS, V. (2011) Os Xistos como Recurso. O caso de Trás-os-Montes e Alto Douro. Livro de Actas em CD, do VI Seminário Recursos geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, UTAD; Vila Real, 167-174.
- NUNES, A. F. (1983) – A geologia económica e a Indústria Mineira através dos tempos. *Geonovas*. N.º 5. 67--114.
- PEREIRA, D.I., PEREIRA, P., BRILHA, J., CUNHA, P.P. (2015). The Iberian Massif Landscape and Fluvial Network in Portugal: a geoheritage inventory based on the scientific value. *Proceedings of the Geologists' Association*, 126 (2), pp. 252-265.
- PEREIRA D. I. & PEREIRA P. (2014). Relevo no âmbito da inventariação do património geológico português. *Geonovas*, 27, 77- 82
- PEREIRA, E., RIBEIRO, A., MEIRELES, C. (1993) – Cisalhamentos hercínicos e controlo das mineralizações de Sn-W, Au e U na Zona

- Centro-Ibérica em Portugal. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*. vol. 18. 89-119.
- RIBEIRO, M.A. (1998). Estudo litogeoquímico das formações metassedimentares encaixantes de mineralizações em Trás-os-Montes Ocidental. Implicações metalogénicas. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, Portugal., 231pp.
- RODRIGUES, J. PEREIRA, E., RIBEIRO, A., (2013) – Complexo de Mantos Parautóctones do NE de Portugal; estrutura interna e tectonoestratigrafia. *Geologia de Portugal vol. I Geologia Pré-mesozóica de Portugal*. 275-332.
- ROSA, D. (2003). Evolução do fluido mineralizante no distrito aurífero de Jales. *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, B97-B100
- SOUSA, L. (coord.) (2012). Os granitos de Vila Pouca de Aguiar como factor de desenvolvimento regional- Uma abordagem multidisciplinar. ISBN: 978-972-704-375-0.
- SÁ, A. A., MEIRELES, C., COKE, C., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. (2005). Unidades litoestratigráficas do Ordovícico da região de Trás-os-Montes (Zona Centro-Ibérica, Portugal). *Comunicações Geológicas*, I.N.E.T.I., t. 92, 31-74.
- TEIXEIRA, R. J. S. (2000). Serpentina, asbesto e talco: Impacte ambiental das suas explorações no Nordeste de Portugal. Tese de mestrado, Univ. Coimbra, Portugal.
- <http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/industria/detalhe/tras-os-montes-australianos-confirmam-uma-das-maiores-reservas-de-litio-da-europa> consultado em 20 de fevereiro de 2017
- <http://geoportal.lneg.pt/geoportal/egeo/bds/siorminp/default.aspx> consultado em fevereiro de 2017
- <http://edm.pt/> consultado em maio de 2017
- <http://www.dgeg.pt/> consultado em maio de 2017
- <http://tresminas.com/> consultado em maio de 2017
- <http://www.ecomuseu.org/index/pt-pt/visite/polos/ecomuseu-barroso-centro-interpretativo-das-minas-da-borralha> consultado em maio de 2017
- <http://geoparkterrasdecavaleiros.net/pt-pt/content/g05-minas-de-mur%C3%A7%C3%B3> consultado em maio de 2017
- <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/26833> consultado em maio de 2017

<https://www.youtube.com/watch?v=HySkRAeKaNs> consultado em maio de 2017

<https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/3043/1/Cap%203.pdf> consultado em maio de 2017

Panorâmica sobre condições naturais de ocorrência de minérios de lítio no Norte de Portugal – Perspectivas de valorização de recursos de Lítio metálico.

Carlos Augusto Alves Leal Gomes

Laboratório de Paisagens, Património e Território da Universidade do Minho

Email: lgomes@dct.uminho.pt

Tomando como referência o ano de 2017 pode dizer-se que existe uma grande movimentação ao nível dos trajetos de aprovisionamento e da produção e mercado do metal alcalino, lítio (Li). A nível global, mudou claramente o paradigma dos objetos e objetivos de prospecção e exploração mineira dedicada a este metal em reposta a uma outra mudança de paradigma, desta feita, energético – a transição da locomoção automóvel de “dependente da combustão de derivados do petróleo” para “dependente da eletricidade acumulada em baterias”.

Relatórios da Comissão Europeia sobre a criticalidade dos metais no Espaço Europeu (em função da disponibilidade de recursos e fontes externas de aprovisionamento) situam o Li muito próximo do domínio dos metais críticos (Fig. 1). A situação pode contudo ser revista pois no caso deste metal os fatores de classificação crítica são bastante volúveis. É exemplo disso o fato de a crise económica global de 2008 ter tido um forte impacto na procura do Li, influenciando menos o mercado de muitos outros metais.

A procura de Li metálico (considerado como carbonato de Li equivalente - CLE – substância real ou virtual sob cuja forma é cotado e comercializado internacionalmente o Li metálico) desceu 20 e 30% em 2008 e 2009 e o montante das transações de compostos de Li diversificados desceu cerca de 43% neste período.

Em consequência os preços do Li metálico caíram para cerca de 5000 dólares por tonelada (5000\$/T) no início de 2010.

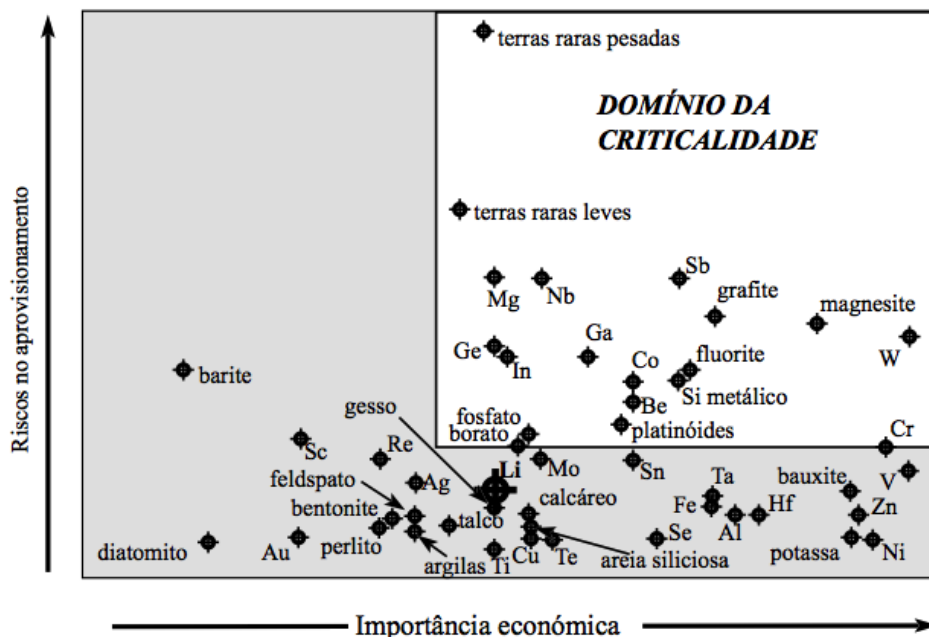


Figura I – Materiais inorgânicos críticos para a União Europeia com base na classificação publicada pela Comissão Europeia em 2014.

O valor unitário actual do CLE é muito mais interessante mas não é estável. A última revisão da Comissão Europeia dedicada ao preço dos metais (em 2014), admitiu que se assistiria a um crescimento mais ou menos consistente das cotações até 2020. É preciso ter em conta, contudo, que a sobre-capacitação de alguns fornecedores principais pode levar a quedas conjunturais do valor de mercado e também a grandes dificuldades de previsão da evolução dos preços a partir de 2020.

O “boom das baterias” e a mudança de paradigma na locomoção automóvel constituem sem dúvida a força motriz que está por de trás da valorização do metal e portanto da proliferação de novos projetos de prospecção e da expansão em área e posse de mais territórios potenciais por parte dos produtores já estabelecidos. Até 2010 a produção de baterias carregáveis e não recarregáveis significava cerca de 18% do consumo total de lítio. Nesta altura, uma previsão para 2020 da Conferência de Toronto sobre matérias primas minerais, aponta para a aplicação em baterias de cerca de 45% da produção global Li. O CLE requerido por um veículo híbrido perfaz cerca de 2 Kg. A construção atual de um veículo totalmente elétrico exige cerca

de 22 Kg de CLE. Em consequência, na década de 20 serão precisas entre 60 000 e 120 000 toneladas / ano de CLE, dependendo da maior ou menor penetração no mercado da locomoção automóvel elétrica ou híbrida.

A capacidade mais significativa de produção atual de baterias de Li restringe-se a três países: China, Japão e Coreia do Sul. Ciente deste enviesamento do mercado, o governo dos Estados Unidos e o seu Departamento de Energia, recentemente, passaram a investir tanto na produção doméstica como na reciclagem, privilegiando empresas envolvidas no aprovisionamento de materiais litiníferos, manufatura de baterias e reciclagem.

Um fato relevante, vem contudo refrear a aparente importância estratégica do Li para a locomoção. A nível empresarial estão já a ser investigadas alternativas à hegemonia energética prevista para o Li. A pesquisa mais séria conhecida diz respeito ao desenvolvimento de baterias recarregáveis de magnésio e enxofre que poderiam proporcionar o dobro da capacidade das atuais baterias de Li. Esta tecnologia e outras similares, ainda estão muito longe (no tempo) das condições de efetiva comercialização mas há que contar com a sua influência no futuro mercado do Li.

Ao nível da gestão de recursos naturais, o rápido crescimento da procura de Li para baterias de veículos está a causar alguma ansiedade dos mercados equacionando-se mesmo alguns cenários de penúria e exaustão, pela enorme concentração de componentes diferenciadas das fileiras e cadeias de valor em apenas alguns países: 80% da massa de recursos concentrada na América do Sul; 70% do Li fornecido por apenas três produtores que por isso monopolizam o fornecimento; 54% da procura centrada na Coreia do Sul, China e Japão.

Nestas circunstâncias será de considerar uma problemática de aprovisionamento com numerosos estrangulamentos e contenciosos previsíveis, similar àquela que se tem verificado no caso do petróleo?

A questão do Li deve ser examinada, tal como se faz com o petróleo à luz da sua divisão, entre a massa de recursos e a sua explorabilidade efetiva. Uma avaliação atual da massa global de recursos acessíveis está patente no quadro 1.

Ordem	País	Massa potencial milhões de toneladas (T)
1	BOLÍVIA	9.0
2	CHILE	7.5
3	ARGENTINA	2.5
4	CHINA	2.5
5	USA	2.5

Quadro I – Países que atualmente quase monopolizam a disponibilidade de massa global de recursos de Li.

Estes valores estão em mutação constante pois numerosos projetos de prospecção e reavaliação de reservas estão em curso e têm efetivamente proporcionado resultados capazes de influenciarem os valores globais. No caso da Argentina, por exemplo, os quantitativos de reservas duplicaram em 2 anos (2009-2010).

Além dos países acima referidos, Austrália, Brasil, Canadá, Portugal e Zimbábue têm recursos significativos.

Assim sendo, de acordo com estimativas do United States Geological Survey (USGS), o total global de Li situar-se-ia entre 25 e 28 milhões de toneladas que convertidos em CLE seriam mais de 137 milhões de toneladas.

As maiores dificuldades com que se depara a produção de minérios de Li dizem respeito à diversidade de tipos genéticos de depósitos minerais e suportes geológicos em que o Li se expressa na natureza. Não existem rotinas únicas nem diagramas de processo protocolares de aplicação generalizada. Os ambientes evaporíticos e as salmouras em bacias endorreicas proporcionam as soluções altamente salinas que têm estado na base da maior parte da produção (Fig. 2). Mais recentemente, em resposta à valorização das matérias primas minerais litiníferas e dos concentrados que se podem obter a partir de rochas, têm-se considerado cada vez mais os materiais litológicos muito embora o seu processamento metalúrgico seja muito mais energeticamente intensivo e pressuponham mais etapas de tratamento e equipamentos mais complexos, cuja otimização da eficiência, em muitas situações, ainda se encontra em fase experimental.

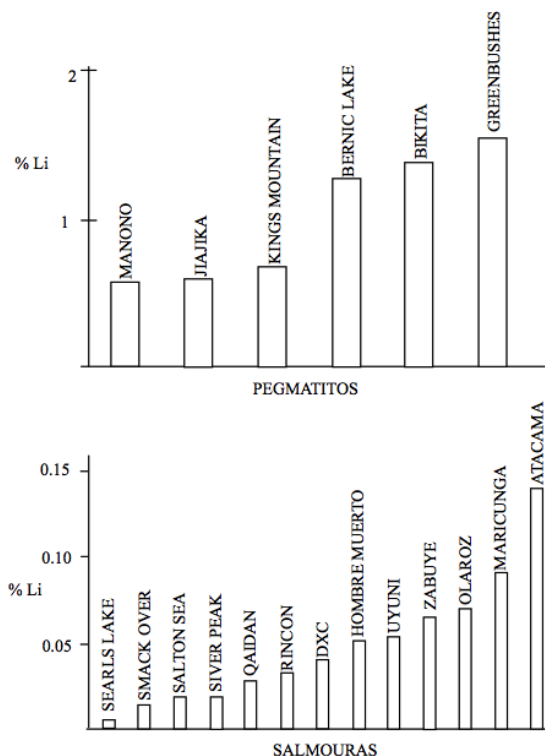


Figura 2 – Concentrações médias de Li em pegmatitos e salmouras e em alguns jazigos de “classe mundial” sujeitos a pesquisa ou exploração atual.

Na valorização em bolsa muitas empresas que se propõem abordar depósitos de tipo mineralógico tendem a fazer a sua promoção própria invocando o conhecimento e a disponibilidade de rotinas de processamento mais ou menos inéditas que permitiriam minorar os custos de beneficição dos minérios e de metalurgia.

Assiste-se pois a uma componente especulativa importante na discussão da viabilidade e competitividade de produção de Li a partir de minerais, atendendo não só aos fatos antes apontados como também atendendo à grande diversidade de minerais a partir dos quais a extração de Li pode ser equacionada (quadro 2).

A diversidade mineralógica é ainda um problema importante e os métodos de concentração mineralógica mais tradicionais e rotinados são eficazes

apenas para a espodumena que sendo rica em Li é contudo um mineral relativamente escasso no conjunto dos depósitos minerais portugueses.

Minério ou mistura	Acrónimo	Composição estequiométrica ou composição química de referência	% peso de Li ₂ O	Termos extremos de séries isomórficas ou componentes mineralógicos principais em misturas naturais (rochas e “tout-venants”)
petalite	PET	LiAlSi ₄ O ₁₀	±4.0	_____
lepidolite (sensu lato)	LEP	K(Li,Al,Rb) ₂ (Al,Si) ₄ O ₁₀ (F,OH) ₂	<4.0	polilitionite - trilitionite
zinwaldite	ZIN	KLiFeAl(AlSi ₃)O ₁₀ (OH,F) ₂	<4.0	siderofilite - polilitionite
espodumena II	ESP II	LiAl(SiO ₃) ₂ ± SiO ₂	±7.7	_____
espodumena I	ESP I	LiAlSi ₂ O ₆	±8.1	_____
mesclas porfíricas ou pegmatíticas c/ ambligonite (A)	MA	_____	< 0.5	ambligonite-montebrazite ± quartzo ± feldspatos ± micas
mesclas aplito-pegmatíticas alteradas c/ montmorilonite (M)	MM	_____	< 0.5	(montmorilonite, hectorite) + bikitaite +(petalite, espodumena±quartzo) +quartzo +feldspatos +micas +gibbsite

Quadro 2 – “Check-list” dos portadores mineralógicos de Li já convertidos para o cortejo dos minérios possíveis em território de Portugal. Nota: Embora isso aconteça muito raramente em Portugal, em outros territórios, os fosfatos da série ambligonite – montebrazite figuram entre as fontes de Li mineralógico viáveis.

As principais substâncias atualmente consideradas fonte de Li e os tipos de depósitos em que se encontram em condições exploráveis podem ser representadas pelos padrões que constam do quadro 3.

Prevalece a importância das salmouras obtidas em lagos salgados (ou “salares”, como se designam na América do Sul), algumas concentrações em materiais argilosos, pórfiros hipabissais e produtos de alteração de rochas. Também começam a ser significativos os pegmatitos, considerados a principal fonte de Li em Portugal. Nos “salares” encontram-se as maiores tonelagens embora os teores sejam bastante baixos. Por outro lado a metalurgia do Li é mais simples. Nos pegmatitos ocorrem teores mais altos mas as

tonelagens baixas e o processamento mineralúrgico a metalúrgico é tecnologicamente mais complexo muito mais influenciado negativamente pelos consumos energéticos altos e pelo impacto ambiental mais significativo.

O termo pegmatito aqui usado abrange variações de fácies de aplito a leucogranito e pegmatito em sentido estrito – no caso Português não são de considerar as concentrações de minerais de Li em zonas individualizadas no interior de grandes pegmatitos como sucede por exemplo na Austrália e na maioria dos países africanos (Quadro 3 e Fig. 3).

Depósito	País	Tipo de depósito	Concentração média (% Li)	Recurso "in situ" (milhões de toneladas de Li)
Uyuni	Bolívia	salmoura	0.05	10.20
Atacama	Chile	salmoura	0.14	6.30
Kings Mountain Belt	USA	pegmatitos	0.68	5.90
Qaidan	China	salmoura	0.03	2.02
Kings Valley	USA	rocha sedimentar	0.27	2.00
Zabuye	China	salmoura	0.07	1.53
Manono, Kitotolo	Congo	pegmatitos	0.58	1.15
Rincon	Argentina	salmoura	0.03	1.12
Vale de Jadar	Sérvia	rocha sedimentar	0.01	0.99
Hombre Muerto	Argentina	salmoura	0.05	0.80
Greenbushes	Austrália	pegmatitos	1.59	0.60
Bikita	Zimbabwe	pegmatito	1.40	0.10
Mar Morto	Israel	salmoura	0.001	---
outros	vários depósitos no Brasil, Canada, China e Portugal	pegmatitos	---	0.15

Quadro 3 – Principais fulcros de disponibilidade de recursos calculados e de reservas provadas. Recursos de Li à escala global considerados no início da inflexão de procura (crescimento) de 2010.

Fórmulas de cálculo de recursos: **Li P = T x C**, em que Li P = recursos de Li em **pegmatitos e outros depósitos litológicos**; T = toneladas de material produtivo ("tout-venant" sem incluir estéril encaixante); C = concentração de Li no material produtivo.

Li S = A x E x P x D x C, em que Li S = recursos de Li em **salmouras**; A = área do aquífero; E = espessura do aquífero; P = porosidade do aquífero; D = densidade da salmoura; C = concentração de Li na salmoura.



Figura 3 - Concentração de espodumena (cristais prismáticos alongados brancos) na zona intermédia interna, a muro, no corpo principal do grupo pegmatítico de Naipa, Província Pegmatítica da Zambézia, N de Moçambique.

É nesta encruzilhada que se encontram os recursos de Li de Portugal.

Situação dos recursos de Li em Portugal – propriedades da ocorrência natural

Na situação nacional é ainda maior a incerteza relativa ao futuro dos recursos de Li.

A tipologia dos minérios adstritos aos recursos base, recursos potenciais e reservas, inscritos na pirâmide de McDivitts para o território de Portugal, consta da figura 4.

Ainda não existe um modelo orientador da valorização dos projetos mineiros dedicados ao Li em Portugal, que considere a diversidade de depósitos minerais pegmatíticos que aqui ocorrem, a diversidade dos potenciais minérios que eles comportam e as diferentes combinações paragenéticas desses minerais.

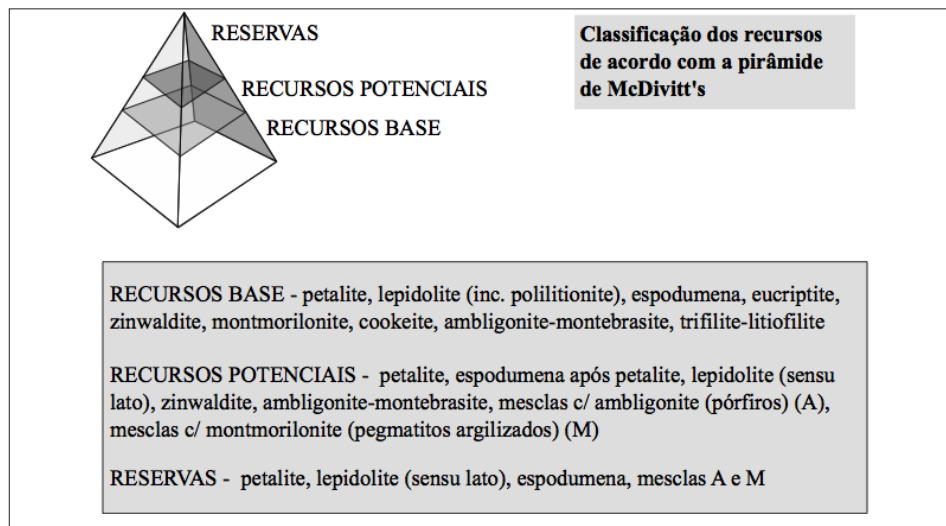


Figura 4 – Pirâmide de McDivitts para a tipologia dos recursos de minerais de Li em Portugal.

As variáveis a considerar são as seguintes:

- variáveis naturais;
- variáveis mineralúrgicas;
- variáveis metalúrgicas;
- variáveis relativas à constituição de fileiras de produção e mercado (comercialização);
- variáveis relativas a diretivas que vigoram em Portugal e regem o ordenamento territorial e da atividade mineira ou supervisionam o impacto ambiental associado à atividade extrativa.

Variáveis naturais

as variáveis naturais a considerar na beneficiação de minérios de Li e na subsequente metalurgia, são fundamentais pois, embora todos os depósitos portugueses sejam litológicos, exibem uma grande diversidade.

Diversidade e penalização de minérios

A equivalência petrogenética dos minérios pegmatíticos principais, petalite e espodumena e, frequentemente, a transformação isoquímica, *petalite* => *espodumena* + 2 *quartzo*, não são acompanhadas de uma equivalência tecnológica dadas as diferenças de conteúdos máximos de Li_2O dos dois minerais, respectivamente, 4% e 8% e também dada a diferença signifi-

cativa das suas propriedades físicas. Também por este motivo, é grande a diversidade de relações teor/tonelagem que caracterizam muitos depósitos pegmatíticos, por vezes situados num mesmo enxame filoniano, e sobretudo, os conteúdos de Li dos concentrados que se espera obter podem ser muito diferentes de corpo para corpo.

Também a lepidolite, um outro importante portador de Li, surge em regra finamente intercrescida com quartzo ou albite, em proporções variáveis, o que reduz os conteúdos de Li_2O característicos destas micas para valores de 2.5% de Li_2O em concentrados difíceis de purificar.

Frequentemente a petalite apresenta-se cookeitizada e as suas maiores concentrações em estruturas de “comb-layering” estão muitas vezes montmorilonitizadas, na melhor das hipóteses, hectoritizadas (transformadas em hectorite, uma montmorilonite com algum Li), sempre sujeitas a importante lixiviação de álcalis. Persiste “in situ” uma gibsite residual que é destituída de Li. Parte desta alteração será de génese hidrotermal mas, provavelmente, em menor magnitude deverá ter existido meteorização responsável pela formação de paragénese argílicas mais complexas e também responsável pela última concentração residual de gibsite.

A alteração deutérica mais pervasiva da espodumena pode dar lugar à formação de eucryptite (na dependência de albitização) ou bikitaíte por hidratação reacional. Qualquer destes processos faz baixar os conteúdos de Li_2O dos concentrados espoduménicos para valores inferiores a 6.5% e os conteúdos de Li_2O dos concentrados de petalite ou lepidolite/zinwaldite para valores inferiores a 2.5%. É pois de considerar, na potencialidade das jazidas e no cálculo de reservas, um fator adicional de depreciação natural de recursos, ou seja, a deformação e alteração hidrotermal a supergénica das gangas e minérios e o seu alcance e pervasividade.

Após a análise das combinações dos fatores acima expostos é possível sintetizar no gráfico da figura 5, as tipologias de minérios em função do jazigo mineral que os comporta e em função dos terrenos hospedeiros dos jazigos e também as correspondentes relações deduzidas de teor/tonelagem.

Em resultado, percebe-se que em geral os jazigos pegmatíticos portugueses, prospectivamente com algum interesse (teor > 1 % de Li_2O), são pequenos

(tonelagem = 25 a 75 KT), apresentando petalite > espodumena. Ou seja os recursos encontram-se dispersos por numerosos pequenos depósitos pegmatíticos sobretudo situados em terrenos encaixantes de protogénese metavulcanossedimentar correspondente ao Silúrico, especialmente expressos no Alto Minho e em Trás-os-Montes Ocidental.

Tipologia e zonografia regional das jazidas

As jazidas de Li principais ocorrem no Norte e Centro de Portugal, predominando as de tipo aplito – pegmatítico, aqui referidas, de forma abrangente, como pegmatitos graníticos, ou simplesmente pegmatitos, com morfologia filoniana, tabular a lenticular.

recursos potenciais e reservas	valores médios de quantitativos de reservas em quilotoneladas (KT)	símbolo
petalite	corpo pegmatítico em enxames filonianos implantados em terrenos Silúricos ou Câmbrios, metassedimentares a metavulcânicos	○
lepidolite (sensu lato)	grupo de pegmatitos interconectados em enxames filonianos implantados em maciços graníticos ou em terrenos metassedimentares a metavulcânicos	◇
zinwaldite	massa metassomática, contígua a depósitos filonianos de lepidolite encaixados em granitos essencialmente biotíticos	◆
espodumena II	espodumena pós-petalítica ou equivalente em corpo pegmatítico paradigmático implantado em terreno Silúrico	□
espodumena I	espodumena primária em corpo pegmatítico paradigmático implantado em gnaisses e terrenos metassedimentares	■
mesclas c/ amblygonite (A)	mistura com amblygonite predominante em pegmatito, pórfiro granítico a microaplito (também inclui micas de Li)	◆
mesclas c/ montmorilonite (M)	mistura com argila (montmorilonite a hectorite) predominante em aplito-pegmatito decomposto	◆

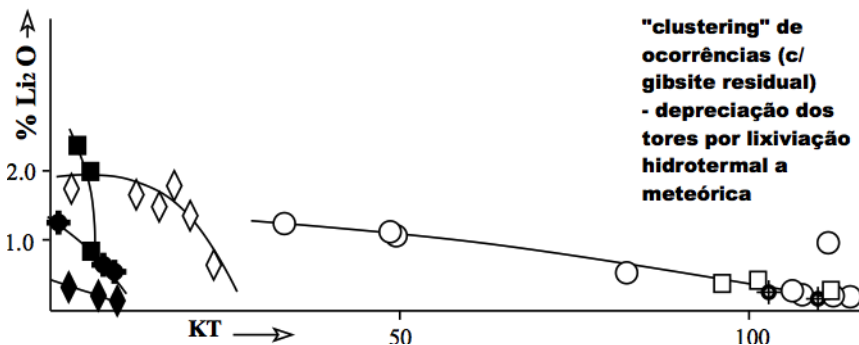


Figura 5 – Propriedades dos depósitos minerais identificados em Portugal – tipologia de minérios e relações teor/tonelagem com dados analíticos provenientes de campanhas de prospecção e monitorização mineira dedicadas a matérias primas cerâmicas pegmatíticas.

Também tem sido equacionada a valorização económica de algumas rochas hipabissais de afinidade granítica residual (inscritas no sistema apogranítico) que podem ser referidas como pórfiros microleucograníticos as

quais ocorrem sob a forma de “stocks” intrusivos e filões (diques), estes caracterizados por uma grande continuidade aflorante. Estas jazidas são no entanto mais raras - as mais conhecidas situam-se na região Centro.

Os pegmatitos produtivos que constituem os atuais alvos de pesquisa para concentrações de Li, incluem-se na classe com elementos raros, família LCT, e os seus tipos paragenéticos são muito diversificados (Fig. 6 e 7).

Quanto à sua distribuição regional organizam-se em campos que se alinham paralelamente à disposição plutónica dos maciços graníticos da Zona Centro Ibérica. Sendo assim, o conjunto de campos pegmatíticos configuram uma cintura, referida como Cintura Pegmatítica Centro Ibérica tanto por razões geográficas como estruturais e metalogénicas. Esta Cintura faz parte da Província Pegmatítica Varisca. Os seus lineamentos de referência são corredores de cisalhamento de diferentes ordens que manifestam indícios de transporte tectónico, tangencial a transcorrente, atribuídos às 2ª e 3ª fases de deformação Varisca (Fig. 6).

Um perfil conceptual NW-SE, transversal às estruturas de 1ª e 2ª ordem, exibe uma organização estrutural dos granitóides e uma distribuição espacial dos pegmatitos dos diferentes tipos similar à que está patente na figura 7.

A diversidade de formas, tamanhos e conteúdos mineralógicos dos pegmatitos é muito grande e também é muito variado o posicionamento dos conjuntos pegmatíticos, tanto em termos de expansão lateral como vertical. No entanto, tendo em conta o que se observa nas figuras 6 e 7, na maior parte das regiões pegmatíticas, a superfície topográfica expressa na imagem da figura 6, intersecta um intervalo de cotas de cerca de 600 m onde se localizam, na sua maioria, os principais fulcros de pesquisa atuais.

A posição deste intervalo de cotas coincide grosseiramente com a interferência de estruturação Varisca entre a Zona Centro-Ibérica e a Zona de Galiza Trás-os-Montes. Nesta interface está alojada grande parte da intrusão de granitos Variscos produtivos (especializados em Li) e a estruturação epi-granítica dos campos filonianos de tipo LCT que por isso afloram abundantemente (Figs. 7 e 8).

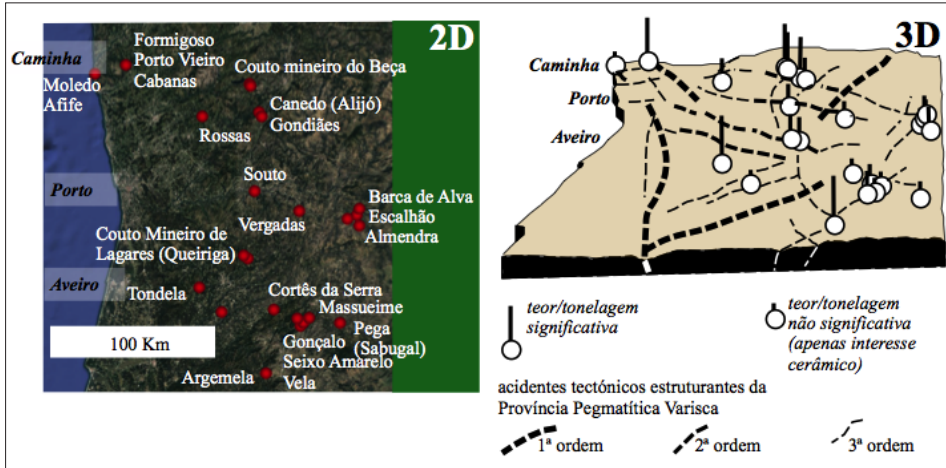
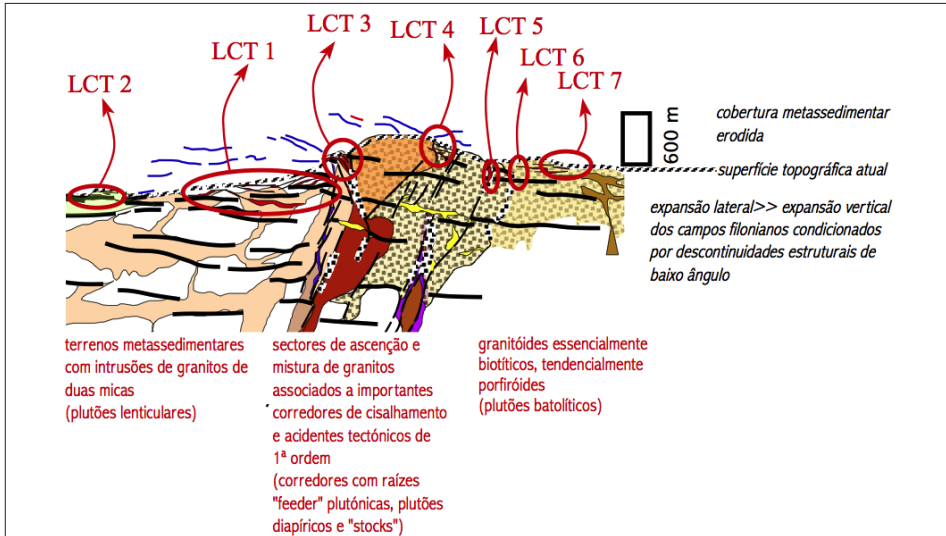


Figura 6 – Locais chave na prospecção de Li metálico centrados em antigos trabalhos mineiros dos ciclos do Sn e das matérias primas cerâmicas “alitinadas” e correspondente implantação na matriz estrutural da Província Pegmatítica Varisca. Nota: notam-se, qualitativamente, algumas relações teor/tonelagem representativas.



- LCT 1
 - TUR - BALOUÇA
 - PET+AMB+TUR - ESP+AMB - GONDLÃES, FORMIGOSO
 - AMB+TUR - VERDES, MASSUEIME
 - LEP+POL+TUR - LOUSADO, SOUTO

- LCT 2 - LEP+TUR - AFIFE - VIANA DO CASTELO
- LCT 3 - PET+LEP+AMB+TRI-LIT - QUEIRIGA
- LCT 4 - ZIN+LEP+AMB - REAL
- LCT 5 - TRI-LIT+AMB-MON - S.ª ASSUNÇÃO
- LCT 6 - AMB-MON - MASSUEIME
- LCT 7 - LEP+TUR+PET+POL - VELA (ZIN NO ENCAIXANTE)

Figura 7 – Distribuição vertical e horizontal e tipologia paragenética dos pegmatitos da família LCT numa transversal padrão da Cintura Pegmatítica Centro-Ibérica.

Se alguns pegmatitos cerâmicos podem estar implantados na dependência de corredores verticalizados de cisalhamento tardio e de “mingling” magmático, situados no interior de plutões graníticos de feição porfiróide essencialmente biotítica, os pegmatitos LCT mais interessantes, por seu lado, relacionam-se com granitos de duas micas cuja conformação é laminar com expansão horizontal prevalecte, determinada pelas descontinuidades estruturais resultantes do transporte tectónico tangencial. Estas estruturas facilitam a diferenciação morfoscópica e morfométrica dos enxames filonianos e constituem volumes precursores da delaminação em que se alojam granitos e pegmatitos filiados (Fig. 8).

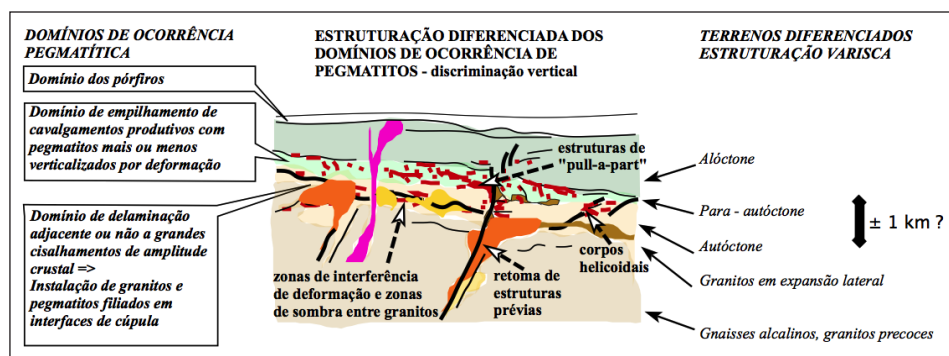


Figura 8 – Domínios principais na distribuição vertical dos aplito-pegmatitos litiníferos – hipotética concentração de pegmatitos LCT na interface entre terrenos alóctones e para-autóctones no sector de mantos transportados.

Sendo assim, no contexto da estruturação da Cintura o intervalo vertical produtivo para o Li aflora em grande parte e deverá ter uma pequena expansão em profundidade. Outrossim a diversidade observada de formas, tamanhos e paragéneses deverá estar completa na sua amplitude lateral e expressa no conjunto das ocorrências aflorantes.

Só no caso dos pórfiros microleucograníticos as mineralizações de Li não estão dependentes do alastramento lateral da instalação dos campos pegmatíticos LCT. Corresponde-lhes uma implantação quase epizonal secante àquela disposição (ver domínio dos pórfiros na figura 8 atrás).

Morfometria, morfoscopia e continuidade das jazidas

A diversidade morfológica e a dimensão das jazidas é ilustrada pela diversidade já conhecida dos depósitos em lavra ou em prospecção pontual

para feldspatos “alitinados” (materias primas vitro-cerâmicas). Aliás é sobre estes pegmatitos, em muitos casos já lavrados no ciclo do Sn (primeira metade do século XX) e no ciclo cerâmico (desde os anos 80 até agora), que está centrada e irá desenvolver-se a pesquisa de base para o próximo ciclo de aproveitamento do Li metálico que se perspectiva. Muitos desses locais paradigmáticos estão indicados na figura 6, anterior, onde também já se indiciam as importâncias relativas do interesse cerâmico e as previsões de conteúdo litínifero que foram estimadas de forma muito rudimentar.

Nas figuras 9 e 10 apresentam-se blocos diagramas ilustrativos dos alvos estaníferos ou cerâmicos potencialmente conversíveis em alvos litíniferos. A sua tipologia paragenética já havia sido referida na figura 7.

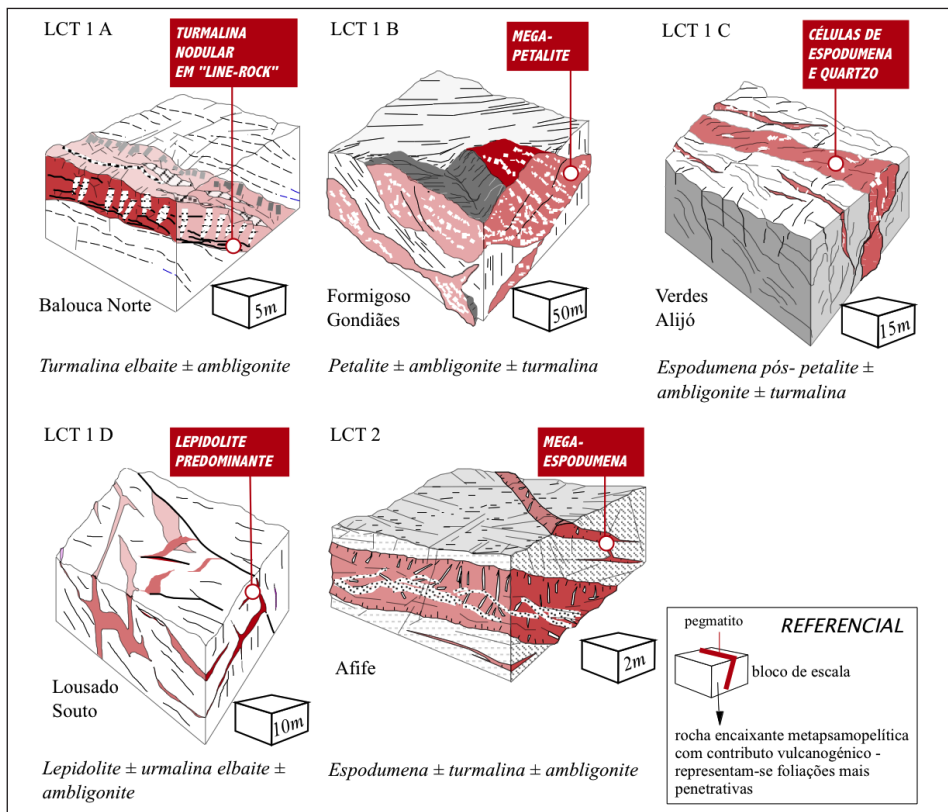


Figura 9 – Blocos padrão representativos dos pegmatitos LCT alojados em rochas meta-vulcano-sedimentares – apenas no caso LCT 2 o encaixante é um gnaiss de duas micas, turmalina e granada com numerosos encraves restícticos, schliereníticos e domínios para-migmatíticos. Localizações na figura 6.

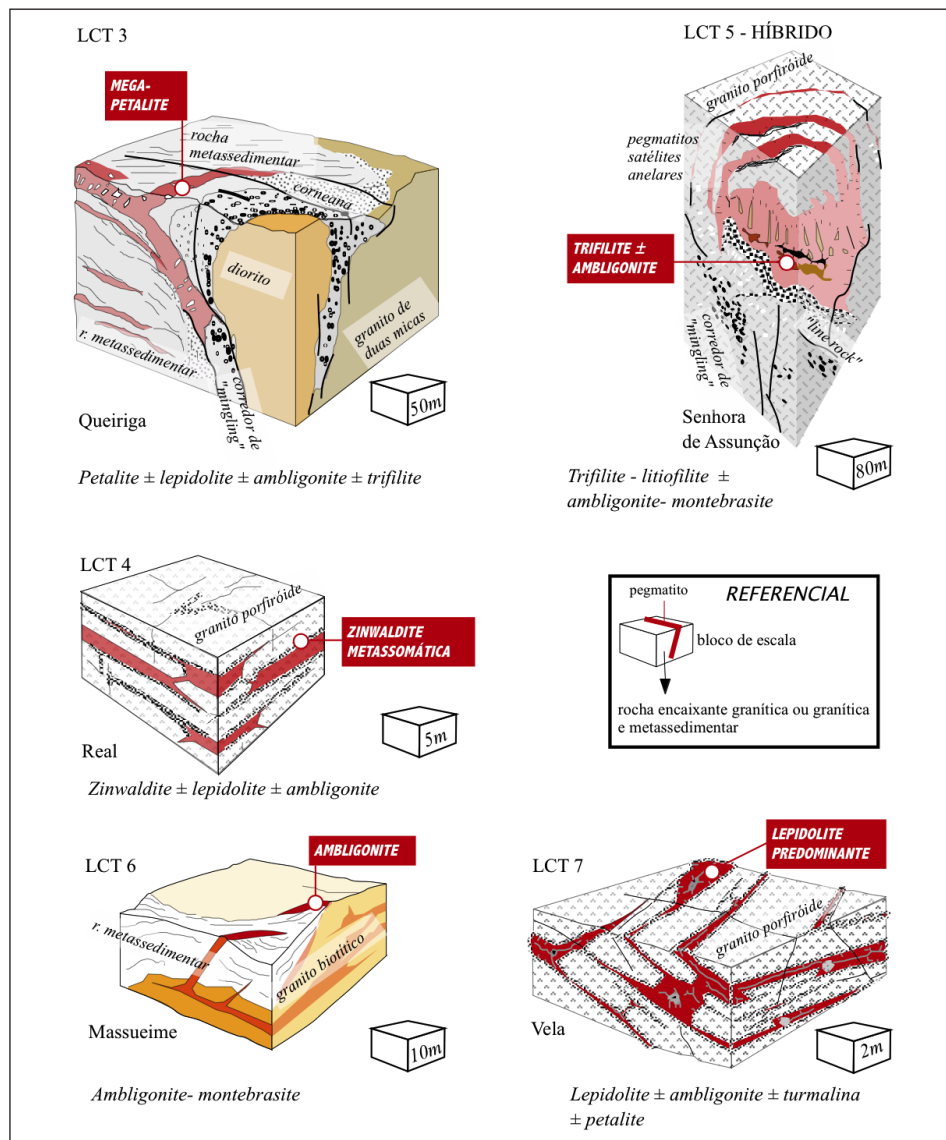


Figura 10 – Blocos padrão representativos dos pegmatitos LCT ou híbridos alojados em rochas graníticas ou junto do contacto destas com rochas metassedimentares. Localizações na figura 6.

Heterogeneidade estrutural interna das jazidas – factores de concentração e dispersão dos minérios

A dimensão das jazidas pegmatíticas pode considerar-se pequena (quadro 4) quando comparada com grandes pegmatitos litíferos como Rubicon

(Namíbia), Bikita (Zimbabué), Muiane (Moçambique), Greenbushes (Australia) ou Tanco (Canadá) que podem ser considerados como depósitos de classe mundial onde a ocorrência dos minerais de Li tem quase sempre uma distribuição heterogénea. Por isso nesses casos se equaciona o desmonte seletivo ou exclusivo de unidades internas enriquecidas sobretudo em espodumena, petalite ou lepidolite.

No caso das jazidas pegmatíticas portuguesas esta hipótese não se coloca dado que a distribuição dos minerais de Li é bastante mais errática ou, na melhor das hipóteses, verifica-se uma disseminação mais ou menos homogénea dos portadores de Li. Nestas condições o apuramento de concentrados depende exclusivamente da mineralurgia de todo o “tout-venant” pegmatítico extraído de forma não selectiva.

Por maioria de razões no caso dos poucos pórfiros que são já conhecidos (e também afetados por exploração para materiais cerâmicos) a mineralurgia e a metalurgia são fundamentais para a valorização. Os minérios ocorrem numa disseminação muito fina. Os teores característicos são os mais baixos que é possível enfrentar em suporte litológico e portanto há que encontrar compromissos muito estritos entre os diâmetros de libertação dos minérios e a preservação do teor. A alternativa para o apuramento do CLE será o uso de processos de lixiviação que ainda não estão em rotina, muito menos em Portugal. Mas mesmo a recuperação de um pré-concentrado exportável, destinado a este tipo de processamento, irá debater-se com a dificuldade imposta pela disseminação fina e diversidade dos minérios (essencialmente fosfatos mas também micas) e baixo teor no total desmontado.

LCT	Minerais de lítio indiferenciados	Pegmatito indiferenciado
1	A - 0.05 ; B - 100; C - 80; D - 3.	A - 500 ; B - 1500 ; C - 1000 ; D - 10.
2	1	3
3	20	1200
4	0.5	20
5	0.3	500
6	0.4	50
7	12	50

Quadro 4 – Quantitativos máximos de reservas prováveis por modelo e por corpo mineralizado (em quilotoneladas, KT). A localização e descrição dos tipos LCT encontram-se nas figuras 6, 9 e 10.

Ainda dentro das variáveis naturais que influenciam a heterogeneidade interna das jazidas há que ter em conta a alteração hidrotermal e a meteori-

zação que podem produzir uma forte lixiviação de metais alcalinos e do Li, especialmente, deixando massas pegmatíticas antes enriquecidas em petalite e/ou espodumena agora transformadas em associações de cookeite, montmorilonite e no limite gibsite, das quais grande parte do Li original foi lixiviado. Na figura 5, atrás, nota-se uma concentração de projecções da relação teor/tonelagem, que diz respeito a pegmatitos de maiores dimensões, onde os baixos teores estão em grande parte relacionados com a lixiviação do Li por alteração.

Variáveis mineralúrgicas e metalúrgicas (tecnologias de processamento)

As variáveis mineralúrgicas a considerar para o apuramento eficiente do Li mais uma vez refletem a diversidade de depósitos possíveis – variabilidade ao nível de uma mesma divisão regional, campo, enxame ou grupo filoniano - e a dimensão pequena de cada depósito individual, onde, adicionalmente, se verifica uma grande diversidade paragenética nas associações mineralógicas portadoras de minerais com Li (a título de exemplo, ver as ilustrações da figura 11).

A diversidade de minérios num mesmo depósito será a maior dificuldade a suplantar na produção de concentrados.

Se a obtenção de concentrados de espodumena tem protocolos e diagramas de processo já estabelecidos e eficientes, os concentrados de petalite são mais difíceis de apurar e mais ainda quando os dois minerais surgem em conjunto, como sucede em muitas dos jazigos, com mais altos teores e tonelagens, situados no Minho e em Trás-os-Montes. Acresce que minérios onde predominem fosfatos ou micas podem também ser parte da complexidade paragenética a que há que fazer face na beneficiação. Todos estes minerais portadores de Li têm propriedades físicas e químicas muito distintas e frequentemente os seus contrastes e o contraste relativamente às gangas não podem ser abordados de forma imediata com os métodos de separação mineralógica mais correntes.

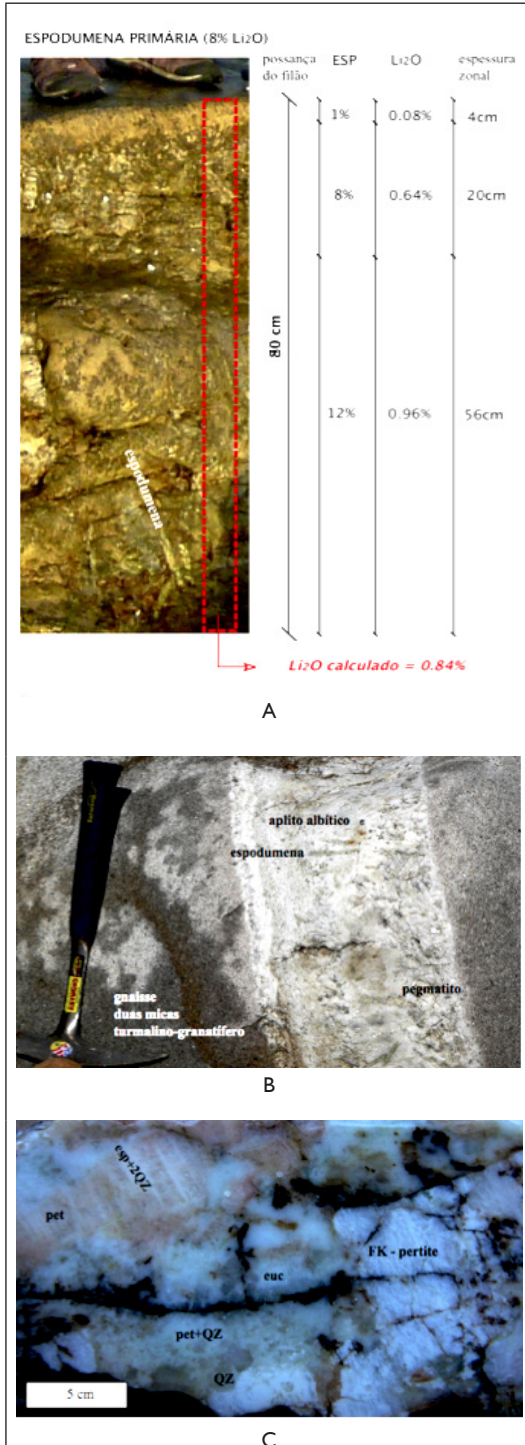


Figura 11 – Ilustração da diversidade paragenética de associações com espodumena e petalite:

A – pegmatito zonado com espodumena primária (\pm turmalina rossmanite) na região de Afife entre Viana do Castelo e Caminha;

B – apito pegmatito com espodumena primária (\pm amblygonite-montebrazite) na região de Moledo, Caminha;

C – espodumena + quartzo (esp+2QZ) ou (esp+QZ) pós-petalite (pet) \pm eucryptite (euc) \pm feldspato potássico (FK) em amostra do Formigoso, Ponte de Lima – esta associação tem expressão muito generalizada ocorrendo nos maiores apito-pegmatitos instalados em terrenos Silúricos tanto na região de Caminha a Ponte de Lima, como em Trás-os-Montes (Montalegre ou Botijas por exemplo).

A possibilidade de fazer convergir toda essa diversidade, proveniente de depósitos distintos ou de depósitos individuais heterogêneos, para oficinas mineralúrgicas comuns como se faz hoje com as mesclas alitinadas destinadas à cerâmica, ainda está muito longe de ser uma prática corrente e mais ainda, a necessária versatilidade dos protótipos de oficinas de tratamento ainda não foi assumida como prioridade na pesquisa desenvolvida tanto nos diferentes serviços do “Sector Público” como a nível empresarial.

Também aqui, como tinha sido sugerido para os pórfiros, seria de equacionar a produção de pré-concentrados e a sua exportação com vista ao apuramento final em CLE onde esta tecnologia estivesse disponível. Acontece que todos estes protocolos de procedimento ainda não estão clarificados e em qualquer caso a sua adoção significa uma depreciação da cadeia de valor e da fileira situada em Portugal.

Mesmo no caso de uma produção doméstica centralizada dos pré-concentrados, ainda há muitas incertezas no que respeita à sua exequibilidade, atendendo à versatilidade que seria necessária para fazer face às diferentes paragêneses e tipos de depósitos pegmatíticos que caracteristicamente ocorrem em Portugal.

Depois coloca-se ainda uma questão de competitividade desta cadeia mineralúrgica e metalúrgica face às que se aplicam a vulcanitos alterados com jadarite, aplitos alterados, depósitos de hectorite, brines em associações e sequências evaporíticas e brines subterrâneos (por exemplo, em captações petrolíferas) e ainda outras possíveis fontes.

Pode pois dizer-se que em termos tecnológicos ainda não se atingiu em Portugal o momento ideal de valorização dos recursos de Li disponíveis, e grande parte do trabalho terá de ser feito ao nível do planeamento, ordenamento da atividade extractiva e conservação dos recursos.

Variáveis relativas a ordenamento, ambiente, produção e mercado

Em contexto europeu, embora assumida a criticalidade do Li, existem conflitos de interesse nítidos entre o usufruto dos recursos e das eventuais reservas de Li como CLE, face ao aproveitamento dos recursos de matérias primas cerâmicas alitinadas (oriundas das mesmas jazidas) e o uso das mesmas unidades territoriais, em que ocorrem as jazidas pegmatíticas, no

desenvolvimento de outras apetências que possam ser consideradas mais úteis em sede de ordenamento.

Em território produtivo do Norte de Portugal e para o ano de 2017 os estrangulamentos mais significativos até agora identificados foram:

- locais classificados como de interesse arqueológico;
- zonas a utilizar como volumes de armazenamento de água em albufeiras;
- parques naturais e nacionais e reservas de interesse ecológico paisagístico e turístico – um exemplo muito típico é o da ocorrência de um campo filoniano produtivo no litoral e zona intertidal do Alto Minho – Fig. 12); também importantes marcas turísticas e ecológicas territoriais podem por em causa as intenções de exploração, por exemplo, a marca Serra de Arga no caso do Alto Minho.

Em sede de planeamento regional e ordenamento territorial, conhecidas as potencialidades, os maiores estrangulamentos a que há que fazer face constam do quadro 5.

Na previsão de futuras tendências de mercado há fatores intrínsecos naturais e domésticos e influências internacionais que terão que ser considerados nas suas conjugações possíveis e cujo alcance não é ainda completamente conhecido:

- geografia dos pólos consumidores e das unidades de tratamento metalúrgico e mineralúrgico;
- localização de plantas e fábricas (com influência na determinação das distâncias e custos de transportes);
- custos específicos de produção por unidade de medida de produto, em especial na comparação com a utilidade cerâmica, mais próxima, conhecida e rotinada, com fileiras de orgânica fluida já implementadas no contexto nacional;
- geografia do aprovisionamento em sede de concorrência internacional, considerando a maior favorabilidade para a atividade extrativa por parte da massa crítica territorial em áreas produtivas da África, Ásia (China) e América do Sul (antevendo mudanças e consequências dessas mudanças);
- concorrência de outras matérias primas e fontes emergentes - jadarite (Europa), hectorite (USA), várias fontes pegmatíticas no Canadá, várias fontes pegmatíticas na Austrália e incremento dos quantitativos de

recursos por desenvolvimento da pesquisa em ambientes evaporíticos não só salmouras da América do Sul mas também depósitos de afinidade salina com outras localizações.



Figura 12 – Vista aérea sobre o afloramento de parte de um enxame filoniano mineralizado com Li (espodumena primária, amblygonite, turmalina, lepidolite) que dada a sua localização na Praia de Moledo e dada a tipologia de ordenamento atribuída ao local, dificilmente virá a ser objeto de qualquer intervenção extrativa.

ESTRANGULAMENTOS	MINERALURGIA	Natureza e processos
	METALURGIA	Centralização e competitividade
	ORDENAMENTO	Plano de barragens Áreas protegidas
	INDEFINIÇÃO/AMBIGUIDADE DA PROCURA	Cotação (valor unitário) – sua previsão

Quadro 5 – Estrangulamentos do usufruto de recursos potenciais de CLE em contexto de planeamento e ordenamento.

Atualmente assiste-se a um esforço de prospecção significativo mas não equilibrado nem estabilizado no seu balanço entre valorização dos pro-

jectos de prospecção e valorização dos projectos mineiros, propriamente ditos, e sem que haja um conhecimento do valor estabilizado dos potenciais produtos - ausência de um conhecimento objetivo do que deve ser o produto ou produtos mineiros nacionais conversíveis em CLE.

A sustentabilidade desta situação é precária e assenta na divulgação excessivamente otimista de resultados de prospecção e de experimentação mineralúrgica e metalúrgica. Procura-se estribar os projetos em transações em bolsa de valores e/ou no acesso a financiamentos pouco escrutinados, capazes de aceitarem argumentos justificativos eivados de alguma ausência de rigor e de juízo sobre o que são de fato projetos promissores, sem transições decepcionantes para a fase de mineração efetiva.

Também seria mais necessário, porque a isso se prestam os jazigos pegmatíticos, promover aproveitamentos integrais e integrados das massas mineralizadas em todos os pegmatitos sujeitos a intervenção.

Diligências e operações de valorização

Do que atrás ficou dito se extrai que não há ainda uma idéia clara do que constitui minério de Li, massa mineral produtiva conversível em CLE em condições tecnológica e economicamente viáveis (a situação atual é relativa a 2017). Também não existe uma noção clara do que pode ser encarado como jazigo mineral pegmatítico para produção de Li metálico.

Pensa-se que o que tem mobilizado as empresas com projetos em curso é a possibilidade de por projeto se conseguirem contabilizar massas de um milhão de toneladas de pegmatito a cerca de 1% de Li_2O . Estes objetivos representam marcos de pesquisa demasiado simplificados e simplistas para justificar o progresso dos programas de prospecção, mesmo nas transições entre as fases mais iniciais das operações estratégicas.

Pouco tem sido considerado sobre as profundidades de acesso viáveis. Atendendo ao fator de conversão do valor unitário por tonelada entre mescla cerâmica e CLE, $T Li_2 CO_3 = 125 T MESCLA ALITINADA$ (referível a 2014), invocando tendências que foram estabelecidas pelo BRGM, ainda no século passado, a respeito da viabilidade das operações dedicadas a matérias primas pegmatíticas, pode-se estabelecer a seguinte hierarquia de profundidades máximas de intervenção ex-

trativa, hierarquia que é considerada razoável para os valores unitários correntes naquele ano:

- $< 30 M - QZ + FELD$. (MESCLAS ALITINADAS);
- $30 - 100 M - 1000 KT @ Li_2 O > 1\%$;
- $100 - 200 M - 3000 KT @ Li_2 O > 3\%$.

Este paradigma hierárquico uma vez ajustado ao caso português sugere as profundidades viáveis máximas que constam do quadro 6.

Profundidades viáveis de intervenção	Matéria prima ou produto final pretendido	Proveniência da indicação relativa à barreira de profundidade
<30 m	Materiais cerâmicos quartzo-feldspáticos (não alitinados)	BRGM – anos 80 do século 20
<40 m	Produtos feldspáticos alitinados (com minerais de Lítio)	Prática de rotina das empresas portuguesas com maiores produções – anos 1989 a 2012
<80 m	Li metálico	Compromisso para uma viabilidade prospectiva face às profundidades identificadas com mais frequência em relatos de trabalhos de prospecção pontual posteriores a 2005
<120 m	Li metálico ± produtos cerâmicos quartzo-feldspáticos ± minérios de Ta, Sn, Nb ± berilo ± agregados e produtos de cantaria	Viabilização complexa com ordenamento da actividade extractiva muito exigente tendo em perspectiva o aproveitamento integral e integrado das jazidas – protocolos ainda não estabelecidos nem em contexto prospectivo

Quadro 6 – Profundidades de referência para o desmonte de massas minerais aplito-pegmatíticas com ou sem minerais de Lítio.

Valor conhecido das jazidas

O valor atual das jazidas e propriedades mineiras é emanado do aproveitamento cerâmico. Aliás todos os alvos de pesquisa atuais se centram em fulcros de alvos pegmatíticos testados ou explorados para produção de matérias primas vitro-cerâmicas e estes em muitos casos tinham já sido abordados no ciclo extractivo dedicado ao Sn na primeira metade do século XX. As empresas que lideram o mercado das pastas cerâmicas em Portugal e que têm concessões no Alto Minho, Trás-os-Montes e Beiras, têm sido abordadas por agentes e atores internacionais no sentido de considerarem a conversão dos seus licenciamentos mineiros para a produção de concentrados de Li, contratualizando programas de prospecção e pesquisa para perímetros mineiros antes exclusivamente dedicados à produção cerâmica.

A motivação para esses projetos de conversão baseiam-se em análises químicas de rocha total de amostras em canal que proporcionaram composições químicas considerados interessantes no ciclo cerâmico (quadro 7 e 8) que são também julgadas promissoras em termos de valorização de CLE.

	p cel	p cel	p cel	p cel	ap	ap esp	ap esp	ap pet
SiO ₂	73	75	73	73	71	76	72	72
Al ₂ O ₃	16	16	17.6	18.1	18.2	16.6	18.5	17.6
Fe ₂ O ₃	0.53	0.25	0.42	0.26	0.26	0.55	0.23	0.39
Na ₂ O	4.1	4.5	2.4	2.4	9.4	1.3	2.7	3.0
K ₂ O	2.9	2.3	1.9	3.3	<0.5	2.0	4.4	2.4
Li ₂ O	0.59	0.69	2.1	1.6	0.17	2.2	1.4	1.2
P.F.	1.4	0.84	0.9	1.8	0.44	1.1	0.8	2.1

Quadro 7 – Composição química de fácies aplito-pegmatíticas (% peso). TiO₂, CaO, MgO, P₂O₅, MnO abaixo dos níveis de detecção; pcel – pegmatito com células oclares espoduménicas; ap – aplito; apesp – aplito com fenocristais de espodumena; appet – aplito com fenocristais de petalite. P.F. – “perda ao fogo” indicia argilização.

	Li ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Li ₂ O	Na ₂ O/ K ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O
a	0.78	4.1	17.0	2.5	0.78	1.64	6.6
a	0.70	4.2	16.0	2.6	0.7	1.62	6.8
a	0.59	4.1	16.0	2.9	0.59	1.41	7
a	0.67	4.3	17.0	2.5	0.67	1.72	6.8
a	0.69	4.5	16.0	2.3	0.69	1.96	6.8
u	1.40	3.5	17.6	2.0	1.40	1.75	5.5
u	1.60	2.4	18.1	3.3	1.60	0.73	5.7
p	2.10	2.4	17.6	1.9	2.10	1.26	4.3
p	2.50	2.4	18.7	1.9	2.50	1.26	4.3
p	1.20	3.0	17.6	2.4	1.20	1.25	5.4
e	1.40	2.7	18.5	4.4	1.40	0.61	7.1
e	2.20	1.3	16.6	2.0	2.20	0.65	3.3
e	0.17	9.4	18.2	0.5	0.17	18.80	9.9

Quadro 8 – Seleção representativa de conteúdos de alcalis obtidos por análise química de amostras em canal (fluorescência de Rx e espectrometria de absorção atômica) (valores em % peso); a – pegmatitos com espodumena + quartzo após petalite em variados estados de argilização; u – unidades petalíticas em pegmatitos com diferentes estados de argilização; b – variabilidade representativa em pegmatitos petalíticos; e – variabilidade representativa em aplito-pegmatitos com espodumena primária do litoral a N de Viana do Castelo.

Algumas amostras de rocha total de granitos de duas micas analisadas nas mesmas condições e colhidas em maciços circunscritos rodeados de terrenos meta-vulcano-sedimentares Silúricos proporcionaram concentrações situadas no intervalo, 61-802 ppm de Li metálico, coerente com a especia-

lização litinífera de muitos destes granitos. Frequentemente o núcleo dos plutonitos graníticos é mais pobre em Li que o seu bordo em coerência com a expansão lateral que é postulada na expansão lateral de granitos, apogranitos e sistemas filonianos associados, defendida nos modelos conceptuais das figuras 7 e 8 atrás.

Alguns exemplos de locais já explorados em ciclos extrativos anteriores, encarados agora como alvos para CLE, constam das figuras 13, 14, 15 e 16.



Figura 13 – Mina de Alvarrões – Cabanas, Região da Guarda – exploração de mistura felspática alitinada, em aplito –pegmatito LCT lepidolítico. Representa o ciclo extrativo cerâmico atual.

Compatibilidade de produção entre produtos cerâmicos e minérios de Li

A sobreposição geográfica bastante estrita entre jazigos cerâmicos e potenciais jazidas de Li, exige algum cuidado ao nível do ordenamento da atividade extrativa, tentando equacionar em cada caso a compatibilidade de aproveitamento das mesclas cerâmicas após recuperação de concentrados ou pré-concentrados adequados para obtenção de CLE.

Antes disso terá que haver um juízo rigoroso sobre limiares de composição modal a ter em conta no momento crítico da atribuição de protocolos de mineração diferenciados no termo dos programas de prospecção pontual, já que os minerais minérios são também minerais industriais vitro-cerâmicos (ver quadro 9).

Campos pegmatíticos do Minho - Serra de Arga, Braga, Litoral Norte, Veira do Minho		Campos pegmatíticos deTrás-os-Montes		Grupos pegmatíticos, filões individualizados e “stocks” de pórfiros do Douro e das Beiras	
Cabanas	PET, ESP II, MM	Alijó 1	ESP II	Tondela	MA
Formigoso	PET, MM	Alijó 2	ESP II, PET	Queiriga	PET, LEP
Porto Vieiro	PET, MM	Veral	ESP I e II	Souto	LEP
Lousado	LEP, PET	Gondiães	PET, ESP II, MM	Covelinhas	LEP
Balouca	LEP	Beça Norte	PET, MM, LEP	Vela	LEP, ZIN
Afife	ESP I			Seixo Amarelo	ZIN, LEP
Pedras Ruivas	ESP I			Gonçalo	LEP, PET
Rossas I	LEP				
Rossas 2	MA				

Quadro 9 – Depósitos pegmatíticos ou profríricos com apetência cerâmica estabelecida, hipoteticamente conversíveis em jazigos minerais de Li - em fase de prospecção pontual.

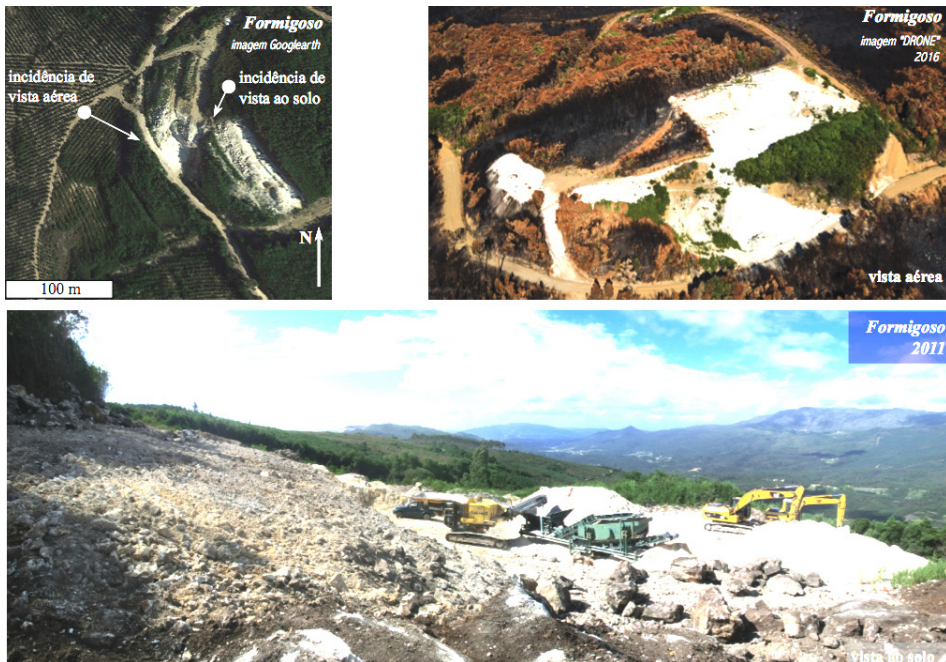


Figura 14 – Mina do Formigoso – Serra de Arga, Ponte de Lima – exploração de mistura felpática alitinada, em aplito – pegmatito LCT petalítico. Representa o ciclo extrativo cerâmico atual.

Pode-se já adiantar que para os diversos locais chave até agora debatidos é possível constituir um quadro tipológico com os minerais portadores de Li específicos de cada caso e propor alguns índices qualitativos de prevalência desses minerais e da qualidade industrial que os caracteriza os quais podem

ser usados aqui como em outras situações hipotéticas auxiliando, em atos de ordenamento, o juízo sobre a atribuição dicotômica de uma finalidade industrial ou metalúrgica às diversas massas mineralizadas (quadro 10).



Figura 15 – Minas de Trás-os-Montes em Alijó e Gondiaes – exploração de mistura feldspática alitínada, em aplito – pegmatitos LCT petalítico-espoduménicos. Representa o ciclo extrativo cerâmico atual.

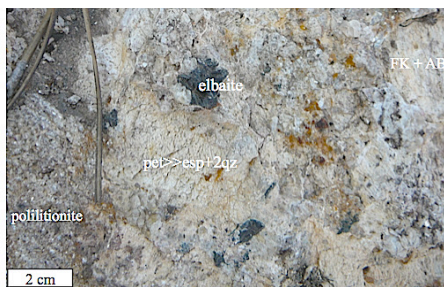


Figura 16 – Mina do Beça (corte principal) – Trás-os-Montes – exploração de cassiterite em pegmatito LCT petalítico-espoduménico. Representa o ciclo extrativo do Sn na primeira metade do século XX.

	LER, PO	TRIF	AMB	ZIN	COOK	ARG	PET	ESP	EUC	TUR	IQUI	
IQPI	LCT I A	1	0	1	0	2	2	0	1	0	5	0 A
	LCT I B	1	0	1	0	1	3	9	1	0	1	1 AB
	LCT I C	1	0	1	0	1	1	5	5	1	0	1 AB
	LCT I D	6	0	3	0	3	1	1	1	1	3	0 AB
	LCT 2	0	0	1	0	1	1	0	8	1	1	0 BA
	LCT 3	2	2	2	0	1	0	8	1	2	0	1 AB
	LCT 4	1	1	1	8	2	0	0	0	0	0	0 AB
	LCT 5	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0 AB
	LCT 6	2	3	8	2	2	1	0	0	2	0	0 BA
LCT 7	9	0	4	8	4	1	2	1	1	4	1 AB	

Quadro 10 – Prevalência e qualidade industrial dos minerais de Li presentes nos diferentes tipos paradigmáticos de pegmatitos. **IQPI** – Índice qualitativo de prevalência = 0 – 10; **IQUI** - Índice de qualidade industrial = 0-1 (conteúdo de Li insignificante; conteúdo de Li significativo); **A** – interesse cerâmico; **B** – interesse metálico.

Compatibilidade entre minérios de Li e outros minérios

Também se verifica uma sobreposição geográfica entre antigas minas de Sn em aplito-pegmatitos e potenciais jazidas de Li.

Esta constatação alerta para a necessidade, também em sede de ordenamento da atividade extrativa, de compatibilizar o aproveitamento dos minérios de Li e outros minérios de metais raros que podem ocorrer nas mesmas massas mineralizadas.

No quadro 11 estão presentes algumas destas ocorrências combinadas cujo estudo deve influenciar o desenho dos diagramas de processo pois alguns dos outros minérios presentes nos pegmatitos podem suplantar em valor unitário o valor dos minerais de Li e podem existir em concentrações não negligenciáveis. Nesta acepção é de realçar o caso dos minérios de Nb e Ta, sobretudo os mais ricos em Ta, cuja presença nos depósitos pegmatíticos se correlaciona estritamente com as maiores concentrações e mineralizações de Li.

	LCT 1				LCT 2	LCT 3	LCT 4	LCT 5	LCT 6	LCT 7
	A	B	C	D						
Nb, Ta	M, CT	CT		M, CT	CT	CT	CT	CT, M, IX, PI	CT	CT, M, SP, AP
Be	BE			BE	BE	BE, BT	BE	BE, FN, BT	HE	BE
Bi								Bi, BN		
Cs				PO						PO
Sn	CS	CS	CS	CS		KS, ET, CS	CS		CS	CS
Mo								MO		
W						VF		VF	VF	
U				UR, UMC				UF, AU, TH, UR		UMC

Quadro II – Combinações paragenéticas de minérios que podem ocorrer associados aos minérios de Li nos tipos de pegmatitos que se têm considerado.

M – MICROLITE; CT – COLUMBITE, TANTALITE; IX – IXIOLITE; PI – PIROCLORO; BE – BERILO; FN – FENACITE; BT – BERTRANDITE; HE – OH-HERDERITE; BN – BISMUTINITE; PO – POLUCITE; CS – CASSITERITE; KS – KESTERITE; ET – ESTANITE; MO – MOLIBDENITE; VF – VOLFRAMITE; UR – URANINITE; AU – AUTUNITE; TH – THORBERNITE; UF – URANOFANA; UMC – URANOMICROLITE.

Territorialidade das ocorrências de materiais e recursos em Portugal

A territorialidade das jazidas depende estritamente da disposição da Cintura pegmatítica Centro-Ibérica e as áreas potenciais dependem dessa configuração, podendo definir-se os seguintes corredores com interesse prospectivo indiciado por alguns jazigos já em exploração: Terrenos Silúricos do NW (Serra de Arga a Seixoso) **SAS**; Terrenos Silúricos de Trás-os-Montes ocidental (Beça e Alijó) **TMO**; granitóides do triângulo Viseu - Guarda – Castelo Branco (Gonçalo, Vela e Seixo Amarelo) **VGCB**; alinhamentos do Douro a Sabugal e Almendra – **DSA**.

Também se pode considerar a existência de alguns fulcros individualizados que embora sendo parte da organização lineamentar acima referida têm características peculiares e anómalas que os isolam das tendências de mineralização mais generalizadas. Os casos mais conhecidos são os seguintes:

- Queiriga – Grande “sill” proximal das minas do Rebentão – **QR**;
- Tondela – Grande filão – **TD**;
- Argemela – “Stock” e rochas filonianas associadas – **AG**.

Para esses corredores e fulcros, na figura 17 faz-se uma classificação relativa do interesse prospectivo para Li₂O e indicam-se as tipologias das massas de recursos no referencial de McKelvey, considerando a informação disponível em 2017.

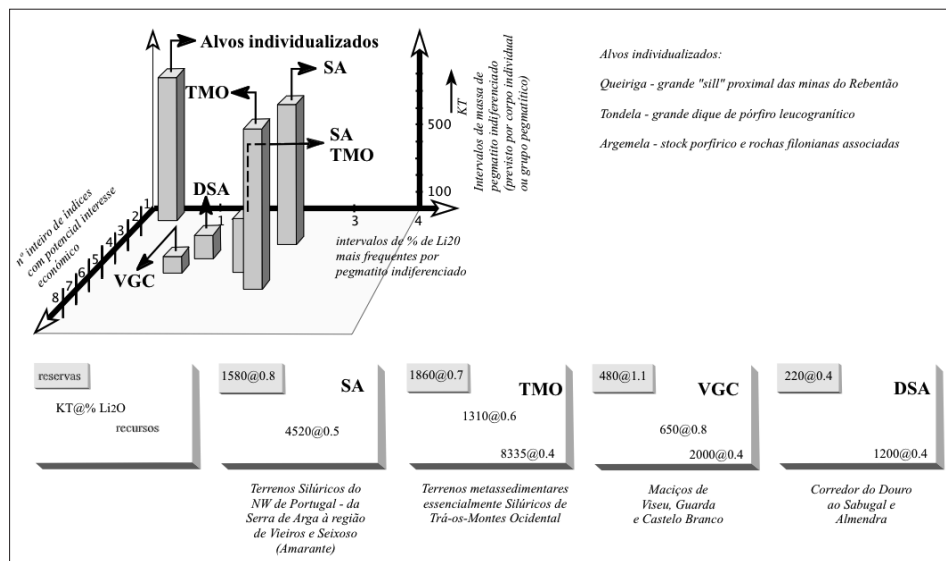


Figura 17 – Classificação dos recursos hipotéticos e especulativos (tonelagem@teor) e reservas estimados para as principais áreas e fulcros potenciais definidos na Cintura Pegmatítica Centro-Ibérica – implantação em referencial de McKelvey relativo a 2017. Os acrónimos dos diagramas de McKelvey são explicados no texto.

Na figura 18, usando ainda a matriz de McKelvey, projeta-se a classificação das regiões geográficas mais promissoras, que são parte dos corredores antes referidos (Fig. 17), as quais podem ter potenciais ambivalentes entre apetência litinífera e vitro-cerâmica. Sugere-se aí uma hierarquia zonográfica regional e também o valor relativo atual das matérias primas em função da viabilidade económica e tecnológica do seu aproveitamento e em função da certeza geológica da sua ocorrência.

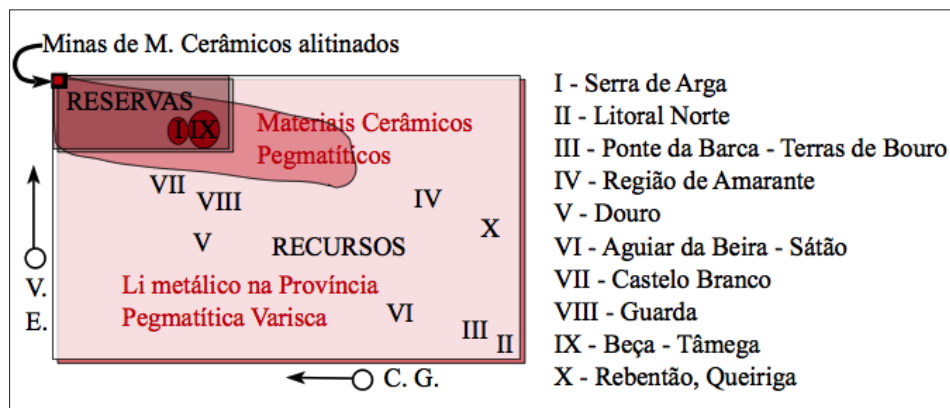


Figura 18 – Classificação dos recursos minerais de Li numa hierarquia zonográfica regional situada no referencial de McKelvey.

C.G. – certeza geológica da ocorrência; V.E. – viabilidade económica do aproveitamento.

Paradigmas de prospeção – síntese conclusiva das propriedades das jazidas

Do que ficou exposto percebe-se que existe interesse prospectivo para os índices litiníferos portugueses coincidentes ou não com jazidas de Sn e jazidas de materiais cerâmicos, expressas nos mesmos corpos pegmatíticos ou porfíricos. No entanto, ainda não foram provadas reservas viáveis, compatíveis com rotinas de processamento em vigor, ou rotinas que já se conheçam e estejam em condições de virem a ser implementadas. Mesmo assim, o quadro 12 adianta já uma primeira classificação para eventuais alvos de prospeção em pegmatitos da Cintura Centro – Ibérica, com base em intervalos de conteúdos de Li_2O . Dessa classificação sobressaem os números de alvos para cada classe de conteúdos, percebendo-se que os terrenos mais promissores são os terrenos Silúricos onde se alojam os aplito-pegmatitos com petalite, petalite e espodumena e espodumena após petalite que simultaneamente têm maiores dimensões (indicados pelas possanças) e conteúdos também mais elevados de Li potencial.

Para auxílio à prospeção podem assumir-se as geometrias expostas nas secções conceptuais que constam da figura 19, construídas tendo em conta os elementos estruturais que constam das figuras 7, 8, 9 e 10.

Tipo de depósito mineral	Nº de índices	Possança	Conteúdo de Li ₂ O (%)
aplito-pegmatito com ambligonite-montebrasite	8	<150 cm	0.03 – 0.80
pegmatito com trifilite-litiofilite	3	<80 cm	0.05 – 0.10
aplito-pegmatito com espodumena	9	<150 cm	0.30 – 1.40
aplito-pegmatito com petalite, petalite e espodumena e espodumena após petalite	80	<1800 cm	0.40 – 2.30
pegmatito com lepidolite e petalite	22	<300 cm	0.50 – 2.10
aplito com turmalina	3	<200 cm	0.01 – 0.10
aplito estéril por vezes com alguma ambligonite	28	<800 cm	0.00 – 0.06

Quadro 12 – Classes de conteúdos de Li₂O para alvos pegmatíticos de cada tipo paragenético com base em análises de amostras colhidas em canais transversais à direção de depósitos com morfologia filoniana.

No quadro 13 encontra-se uma primeira avaliação da massa provavelmente disponível em jazidas para as quais já existe uma aceitável cálculo das relações teor/tonelagem. Dessa avaliação percebe-se que não se verificam aqui, concretamente, as condições de explorabilidade que têm vindo a ser discutidas:

- relações teor/tonelagem com viabilidade económica acima do limite mínimo estratégico – 1000KT @ 0.8 - 1.0% Li₂O;
- barreiras de profundidade de acesso adequadas às relações teor/tonelagem com viabilidade económica;
- volume de encaixante previsível reduzido nas traçagens que se prevêm económicas;
- baixa penalização por argilização e lixiviação de Li;
- homogeneidade de distribuição de minérios com granularidade grosseira.

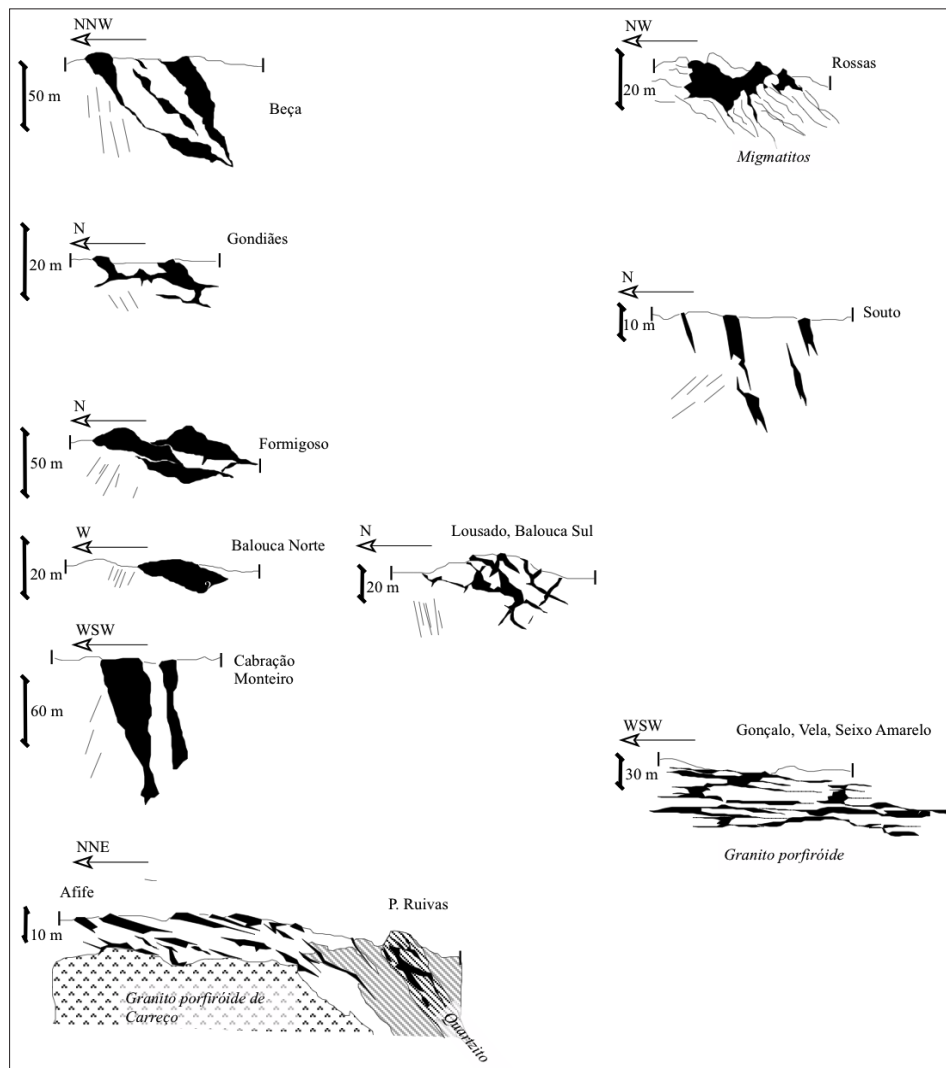


Figura 19 – Perfis conceptuais em conjuntos de corpos aplito-pegmatíticos mais correntes, portadores de minerais de Li paradigmáticos.

Beça e Gondiaes em Trás-os-Montes Ocidental; Rossas em Viera do Minho; Souto na Margem Sul do Rio Douro; Formigoso, Balouca e Cabração em Ponte de Lima; Afife e Pedras Ruivas em Viana do Castelo; Gonçalo, Vela e Seixo Amarelo na Guarda.

Quando não é referido no perfil, o encaixante é meta-vulcano-sedimentar Silúrico, sendo indicada em cada perfil a inclinação predominante da foliação mais penetrativa.

	até à profundidade (em m) de:	disponibilidade provável de Li ₂ O classes de massas de aplito-pegmatito e de conteúdos de Li ₂ O correspondentes				massa de concentrado previsível (KT)	conteúdo mineralógico (% Li ₂ O no concentrado)
Beça – Grupo Norte	85	2.5 MT @ 0.1%	1.0 MT @ 0.4%	450 KT @ 0.9%	130 KT @ 1.8%	58	PET (3.5) PET± ESP (4.1)
Alijó – Extensão Sul	45	850 KT @ 0.1%	500 KT @ 0.9%	160 KT @ 2.5%		50	ESP (6.0)
Formigoso – Massa Sul	45	750 KT @ 0.3%	200 KT @ 0.9%	50 KT @ 2.1%		20 (PET) 5 (ESP)	PET (3.1) ESP (6.1)
Cabanas – Socavões	35	500 KT @ 1.4%	200 KT @ 0.9%	100 KT @ 2.2%		20	PET (3.6)
Tondela	80	4 MT @ 0.3%					micas ± amb ± rocha porfírica (0.3-3.1%)
Vela	40	250 KT @ 1.2%					micas ± amb (2.8-3.1)
Queiriga – Domínio Sul	150	4 MT @ 0.5%	500 KT @ 2.0%	250 KT @ 2.8%		180	PET (3.5)

Quadro 13 – Alguns exemplos de recursos (reservas indicadas) adotando uma perspectiva conservadora e naturalista. A jazida de Cabanas, ainda não mencionada, situa-se no Campo aplito-pegmatítico da Serra de Arga no Alto Minho.

Com base nos modelos conceptuais que foram apresentados e com base nos jazigos pegmatíticos previsíveis, nas suas dimensões e nas características e penalizações prováveis das massas úteis e minérios, pode propor-se a sinopse de propriedades do quadro 14. Estas reflectem as características naturais mais prováveis dos depósitos litiníferos que podem vir a ser considerados económicos. Há que identificar em cada novo projeto qual ou quais os tipos de perfis que estão em pesquisa (Fig. 19) e relacioná-los com as sinopses de características apresentadas no quadro 14. Os perfis da figura 19 e os valores do quadro 13 representam patamares de parâmetros, qualidade, massa e teor, aceitáveis em contexto de aproveitamento cerâmico, mas são encarados apenas como indicadores e guias na valorização de CLE.

Resta verificar num futuro mais ou menos próximo se existe capacidade de acolhimento e tolerância tecnológica para a grande diversidade de massas

mineralizadas que irão chegar à mineralurgia e metalurgia. Do ponto de vistas das composições e das propriedades físicas e químicas dos minérios, não são previsíveis grandes tonelagens homogêneas e os jazigos conhecidos têm em geral pequenas dimensões. Há pois que decidir se uma fileira em território nacional deve parar na produção de pré-concentrados ou se é de planejar um ordenamento da atividade extrativa que pondere acrescentar mais valor levando a cadeia até operações metalúrgicas. Tudo isto dependerá fortemente da evolução do mercado e da produção efetiva até que se atinja alguma forma de estabilidade entre viabilidade, credibilidade dos diversos projetos e inclusão no ordenamento territorial. No contexto português ainda não se atingiu o momento de partida mais adequado em que todos as indeterminações estejam levantadas, tanto da parte das características das ocorrências naturais como da parte das tecnologias e rotinas de beneficiação e produção de Li comercializável (CLE).

Na atribuição de concessões e licenciamentos vários, como na fiscalização das operações mineiras e de prospecção é de privilegiar sempre o conceito de aproveitamento integral e integrado em jazidas e grupos de jazidas, sobretudo, procurando não comprometer a coexistência da potencialidade cerâmica.

O aproveitamento cerâmico tem longa tradição e “know how” na industrial nacional e já neste século importantes investimentos foram feitos pelos agentes nacionais mais significativos no sentido da modernização das fábricas de pasta cerâmica, que hoje absorvem com grande tolerância uma massa importante de produtos por vezes de baixo “rank”.

Eventuais projetos mineiros dedicados ao Li devem sempre equacionar o complemento ou suplemento cerâmico desde a prospecção à mineralurgia e os organismos e laboratórios do estado devem estar atentos e pugnar pela verificação de diretivas de aproveitamento integral.

Jazigos	Granulometria dos minerais	% Li ₂ O possíveis	Tonelagem potencial	Minérios	Distribuição dos minérios nos depósitos	Alteração/diluição	Penalizações
pórfiros	finos a muito finos, homogênea	0.3 – 0.5	> 5MT	amblygonite – montebrasite e micas de Li (pode ser aproveitada a massa mineral no seu conjunto)	disseminação dispersa, localmente homogênea	incipiente, não significativa	óxidos de Fe e presença de micas de Fe sem Li
aplito-pegmatitos lepidolíticos	muito heterogênea, bandada	1.0 – 1.2	< 200 KT	amblygonite-montebrasite "lepidolite", ± petalite - zinwaldite (no encaixante)	muito heterogênea mesmo em corpos de pequenas dimensões	incipiente a mediana	zinwaldite no encaixante, amblygonite – montebrasite alterada
aplito-pegmatitos petalíticos	heterogênea, (por vezes a petalite é muito grosseira)	0.4 – 1.5	< 1.1 MT	petalite, montmorillonite e espodumena equivalente a petalite ou pseudomórfica com quartzo após petalite	heterogênea bandada, "comb layered"	média a profunda, hidrotermal a supergênica após transformações em "subsolvus"	cataclase, argilização, deposição de óxidos de manganês, presença de sarcópsido e siderito e gibsitização (pode atingir 50% da massa pegmatítica)
aplito-pegmatitos c/ espodumena	heterogênea a homogênea grosseira	0.8 – 1.8	< 50 KT	espodumena	heterogênea bandada a zonada	incipiente a mediana	argilização, coqueitização
aplito-pegmatitos c/ amblygonite	homogênea, tendencialmente grosseira	0.1 – 2.2	< 50 KT	amblygonite ± taenolite	heterogênea zonada com unidades de substituição enriquecidas em micas de Li	incipiente a mediana	alteração da amblygonite

Quadro 14 – Dimensão possível das jazidas no contexto da Província Pegmatítica Varisca, considerando os resultados referíveis a um corpo isolado, ou um grupo de 2 ou 3 corpos contíguos ou ainda um grupo de vários corpos de pequenas dimensões, suficientemente próximos para justificarem a exploração numa corta mineira comum.

Da mesma forma, também é fundamental no caso português a consideração dos recursos associados de minérios, especialmente, dos concentrados de Ta (com teores de Ta_2O_5 acima de 30%) que acompanham em paragéneses, nas mesmas massas mineralizadas, os teores mais altos de Li_2O . Na verdade seria mais racional, em lugar do “Objectivo Lítio”, no caso dos pegmatitos portugueses, em especial dos que são maiores e mais ricos e se situam no Alto Minho e Trás-os-Montes Ocidental, postular como motor da pesquisa e prospecção o “Objectivo LCT”, mais consentâneo com a tipologia destes pegmatitos, da sua especialização metalogénica (Li, Cs e Ta) e das suas mineralizações. Nos pegmatitos com lepidolite, bastante mais pequenos, pode mesmo dizer-se que se afigura como mais interessante a perseguição do “Objectivo Tântalo”.

Neste quadro prevê-se que reúnam as condições para Jazigos LCT os seguintes “spots” orogénicos Variscos expressos em território do Norte e Centro de Portugal:

- **Sistemas apograníticos transicionais:** “stocks” e diques de pórfiro, grandes “sills” enraizados e cúpulas ocultas – discretos com sinais pouco evidentes e guias indefinidos à superfície, difíceis de detectar mas altamente compensadores.
- **Junções filonianas de pares de pegmatitos com “comb layering” interno e determinante petalítico.**
- **Grupos de pequenos filões com conexão interna e determinante lepidolítico.**
- **Grupos de pequenos filões com conexão interna e determinante espoduménico.**

Todos eles com potencialidade cerâmica associada. Pela via da co-produção cerâmica é possível que algumas jazidas com recursos marginais de Li venham a ser viabilizadas pelo aproveitamento integrado.

Bibliografia

- Ad hoc Working Group, 2014. REPORT ON CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU. *European Commission*, 41p.
- Centre for sustainable mineral development (2016). Lithium. *British Geological Survey*, 39p.

- Leal Gomes, C., 1994. Estudo Estrutural e Paragenético de um Sistema Pegmatóide granítico - O campo Aplito - Pegmatítico de Arga - Minho. *Tese de Doutoramento, Univ. Minho, Braga*, 695.
- Leal Gomes, C., 2005. Contributo para a sistemática dos pegmatitos graníticos referentes à Cintura Varisca Centro - Ibérica - Características a considerar e quadro tipológico. *Geonovas*, 19: 35-45.
- Leal Gomes, C., 2015. O determinante petalítico dos teores máximos de lítio em pegmatitos Variscos do NW de Portugal – aproximação paragenética e geoquímica. *Comunicações Geológicas* 102, Especial I, 53-56.
- Leal Gomes, C., Leterrier, J., 1995. Evolução geoquímica em sistemas pegmatóides graníticos – tendências primárias do sistema de Arga – Minho - N de Portugal. *Memórias no4, publ. mus. lab. min. geol., Univ. Porto*, 735-740.
- Leal Gomes, C., Lopes Nunes J., 1990. As paragénese correspondentes à mineralização litinífera do campo aplito-pegmatítico de Arga - Minho (Norte de Portugal). *Memórias e Notícias, publ. mus. lab. mineral. geol., Univ. Coimbra*, 109: 131-166.
- London, D., 1984. Experimental phase equilibria in the system $\text{LiAlSiO}_4 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$: a petrogenetic grid for the lithium - rich pegmatites. *Amer. Mineral.*, 69: 995-1004.
- Martins, L.; Oliveira, D.; Silva, D.; Viegas, H.; Villas Bôas, R. / Eds.. 2011. Valorização de pegmatitos litiníferos: *DGEG/LNEG/ADI/CYTED, Lisboa, Portugal*. 82 p.
- Moura, S., Fernandes, J., Leal Gomes, C., Dias, P., Lopes Nunes, J., 2009. A fase petalite nos recursos base de materiais cerâmicos pegmatíticos do Norte de Portugal – materialografia e potencialidades da Província Varisca. *KÉRAMICA, Rev. Ind. Cer. Portuguesa*, 299(XXV): 6-20.
- Pereira, M., Leal Gomes, C., 2014. Paragénese contrastantes no campo pegmatítico de Arga (NW de Portugal), diversidade e equilíbrio. *Comunicações Geológicas*, 101: 181-185.
- PROSPEG (2013) – Relatório do Projecto de prospecção, análise distanciada e deteção remota de pegmatitos. Agência de Inovação, Universidade do Minho, Sinergeo LDA -Vila Verde, GGC LDA – Porto: 144 p.
- SEE (2017) - Relatório do Grupo de Trabalho “Lítio”, elaborado por despacho nº 15040/2016 da Secretaria de Estado da Energia (SEE).

O Jazigo de Ferro de Moncorvo: uma breve revisão e atualização do seu enquadramento geológico e petrográfico.

Emílio Evo Magro Corrêa Urbano

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Email: emilioevourbano@gmail.com

Alguns aspectos gerais do minério de ferro

Os principais minerais portadores do ferro

O ferro (Fe) é o elemento químico mais abundante na Terra, correspondendo a cerca de 32,07% da sua composição total. Contudo, a sua concentração na crosta é de cerca de 10% e no núcleo 89% (Morgan & Anders, 1980). Assim, não é de se surpreender que este mineral esteja presente na composição química de mais de 800 minerais. Neste texto os termos minerais de minério e minerais de ganga são, respetivamente, utilizados para se referir aos minerais passíveis e não passíveis de serem explorados economicamente. Alguns dos principais minerais de minério de Fe e de ganga são apresentados na tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Principais minerais de minério de Fe e de ganga. Adaptado de Clout & Manuel (2015).

	Mineral	Composição Química	Descrição
Minerais de Minério	Hematite	Fe_2O_3	Formado por dois átomos de Fe^{3+}
	Magnetite	Fe_3O_4	Formado por dois átomos de Fe^{3+} e um Fe^{2+}
	Goethite	$FeOOH$	Formado por um átomo de Fe^{3+}
Minerais de Ganga	Quartzo	SiO_2	Silicato
	Caulinite	$Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$	Argilo mineral
	Gibbsite	$Al(OH)_3$	Argilo mineral
	Moscovite	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$	Filossilicato
	Biotite	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH,F)_2$	Filossilicato
	Clorite	$(Fe,Al,Mg)_3(Si,Al)_2O_5(OH)_4$	Silicato
	Pirite	FeS_2	Sulfureto de Fe
	Pirolusite	MnO_2	Óxido de Mn
	Siderite	$FeCO_3$	Carbonato de Fe
	Ankerite	$Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)_2$	Carbonato

Definições e distribuição dos tipos de depósitos de ferro no tempo geológico

A génese das rochas sedimentares ricas em ferro tem sido assunto de intensa discussão entre os cientistas no último século devido à sua importância econômica e científica (James, 1954; Young, 1989; Petranek & Van Houten, 1997; Klein, 2005; Clout & Simonson, 2005; Bekker et al 2010; Pufahl et al, 2010). Existe uma grande complexidade deste tipo de rochas em termos de estruturas, mineralogia, ambiente de sedimentação, associação litoestratigráfica e idade. Com base nestes critérios, a literatura científica separa estas rochas em dois grupos principais: *banded iron formations* (BIFs) e *ironstones*.

James (1954) definiu inicialmente os BIFs como rochas sedimentares de origem química, com mais de 15% de Fe em massa e caracterizadas pela alternância repetitiva de lâminas constituídas, geralmente, por chert e minerais de ferro (óxidos, silicatos, carbonatos ou sulfuretos). A espessura dessas lâminas varia na ordem de milímetros a poucos centímetros, sendo responsável pelo aspecto bandado desta rocha. Além disto, os BIFs se caracterizam por ocorrerem desde o Arcaico até o Neoproterozoico (Klein, 2005; Bekker *et al.*, 2010; Pufahl, 2010).

Por outro lado, os *ironstones* são definidos como rochas sedimentares detríticas com enriquecimento em ferro sin-deposicional, podendo variar entre siliciclásticas, siliciclásticas-argilosas e siliciclásticas carbonatadas (Young, 1989; Petranek & Van Houten & Van Houten 1997). A textura mais marcante dos *ironstones* são os oólitos formados por minerais portadores de ferro, porém, mais raramente, estes podem estar ausentes (Spears, 1989). Já o principal ambiente de sedimentação dos *ironstones* é o marinho, mas também podem se formar em ambiente lacustre, deltaico e fluvial (Siehl & Thein, 1989).

A formação das rochas sedimentares ricas em ferro é marcada por picos ao longo do tempo geológico, estando muitas vezes associada à combinação de uma série de fenómenos específicos, como a formação de grande províncias ígneas, ciclos de transgressão e regressão marinha, períodos de glaciação e mudanças físico-químicas da atmosfera e oceanos (Fig. 1.1; Van Houten & Arthur, 1989; Petranek & Van Houten, 1997; Bekker, 2010; Pufahl, 2010).

Apesar do Arcaico não ser o principal período de formação das BIFs, este é marcado pela formação de um número expressivo, sendo caracterizados por sedimentos ricos em pirite e magnetite depositados em ambiente marinho profundo, tectonicamente ativo e próximo de arcos vulcânicos (Klein, 2005; Bekker *et al.*, 2010). Já no Proterozoico ocorre o principal período de formação dos BIFs, entre 2,8 e 1,85 Ga, sendo o seu ápice em 2,45 Ga durante o Grande Evento de Oxidação (GEO) (Holland, 2002; 2006). Neste intervalo inicia-se o processo de oxidação da atmosfera e oceanos (Kasting 2001; 2004; Kasting & Catling, 2003) que, com a participação direta ou não de bactérias, foi capaz de oxidar o Fe^{2+} dissolvido e propiciar a deposição dos principais BIFs em ambientes de plataforma marinha (Clout, 1973; Konhouser *et al.*, 2002; Bekker *et al.*, 2010). Neste processo, o Fe^{2+} dissolvido nas águas profundas dos oceanos seria transportado até as zonas rasas e oxidantes através das correntes de ressurgência (Klein, 2005, Bekker *et al.*, 2010; Pufahl, 2010).

Após 1,85 Ga, acontece uma longa interrupção na formação de BIFs, voltando a ocorrer somente entre 750 e 600 Ma. As BIFs formadas no Neoproterozoico estão relacionadas, pelo menos em parte, com glaciações ocorridas neste período, fenômeno global de glaciação conhecido por *Snow Ball Earth* (Yeo, 1981; Hoffman, 1998; Klein & Ladeira, 2004; Le Heron *et al.*, 2013). Outra característica contrastante em relação às BIFs Arcaicos e Paleoproterozoicos é a presença de altas concentrações de Mn, chegando as vezes a formar depósitos economicamente importantes (Yeo, 1981).

Em relação aos *ironstones*, estes depositaram-se principalmente em três tipos de bacias sedimentares: bacias anarogênicas com estabilidade prolongada; margens cratônicas em períodos de divergência ou convergência de placas tectônicas; ou em bacias formadas internamente às cadeias orogênicas durante períodos de deformação reduzida (Petranek & Van Houten, 1997). Normalmente, a formação dos *ironstones* está relacionada com períodos de aporte de sedimentos mínimo ou ausente, geralmente ao fim ou início de ciclos de regressão ou transgressão marinha. Estes depósitos ainda podem ocorrer associados com fosfatos (disseminados, em nódulos ou lentes), camadas de carvão, *hard grounds*, evaporitos e até lateritas (Petranek & Van Houten, 1997), o que indica um vasto leque de ambientes e condições de sedimentação.

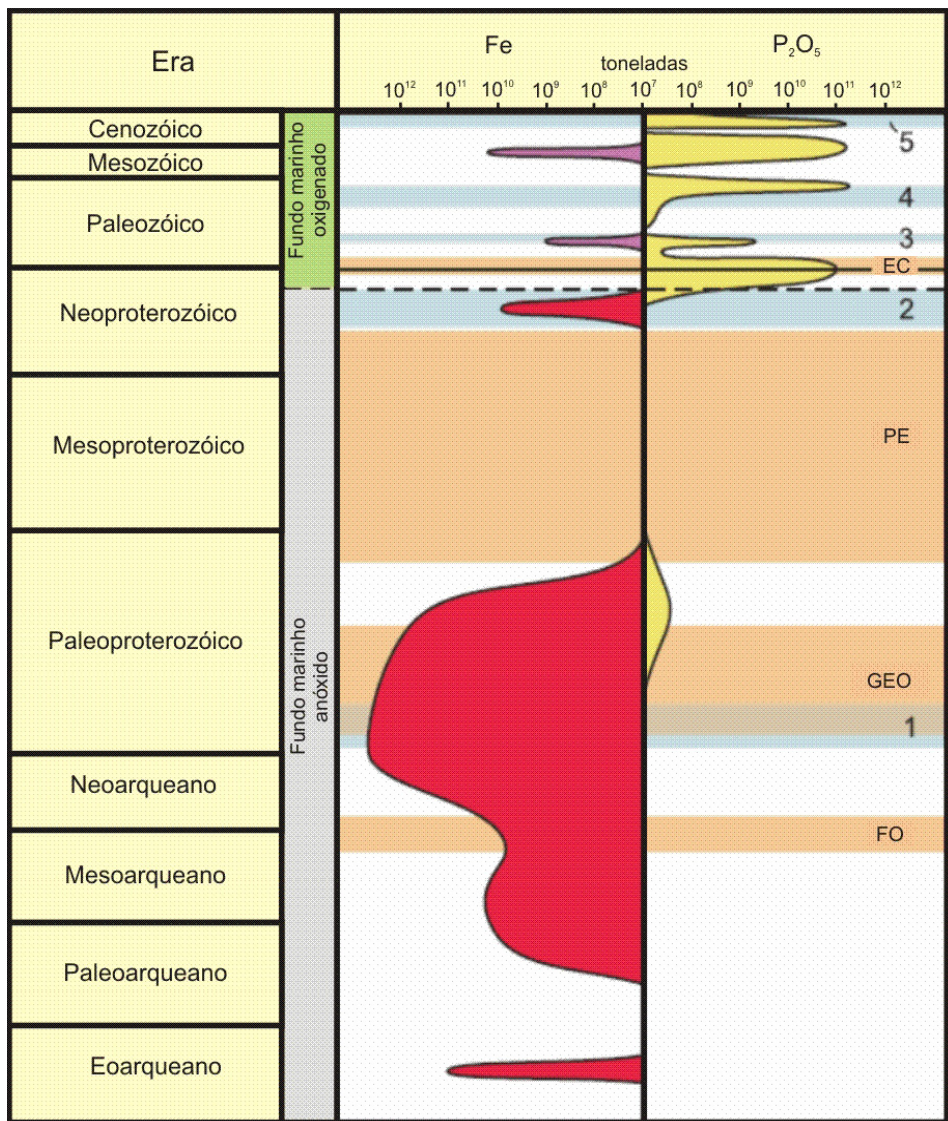


Figura 1 – Distribuição dos depósitos de ferro ao longo do tempo geológico (Adaptado de Pufahl, 2010).

Curiosamente, ao se analisar a distribuição dos períodos de grande sedimentação de Fe e P na Fig. 1, observa-se praticamente uma relação inversa entre formação dos BIFs e dos depósitos de fósforo sedimentar, mas não em relação aos *ironstones*. Isto indica que, a partir do Fanerozoico, houve mudanças significativas nos oceanos, atmosfera e nos processos geo-

lógicos responsáveis pela formação dos depósitos de ferro (Pufahl, 2010). A partir do Fanerozoico observa-se um considerável incremento no teor de P presente nos depósitos de ferro, os chamados *ironstones* (Petranék *et al.*, 1997; Mucke & Farshad, 2005) em comparação com os teores observados nos BIFs (Spier *et al.*, 2003; Klein & Ladeira, 2004; Bekker *et al.*, 2010). Isto deve-se ao facto da disponibilidade do P ser regulada pela abundância de matéria orgânica (Heggie *et al.*, 1990) e, por sua vez, a sua fixação associada aos óxidos e hidróxidos de ferro é favorecida nas águas marinhas Fanerozoicas por estas serem consideravelmente menos saturadas em Si livre (Konhauser *et al.*, 2007).

Assim, levando em consideração ao exposto anteriormente, pode-se afirmar que os BIFs e *ironstones* registam ao longo do tempo geológico as mudanças nos processos responsáveis pela sua formação, bem como a evolução dos oceanos, atmosfera e até mesmo da vida na Terra.

O jazigo de ferro de Moncorvo

Enquadramento geológico

Enquadrando o jazigo de ferro de Moncorvo nas unidades geoestruturais da Península Ibérica definidas por Julivert *et al.* (1972), esta região situa-se na Zona Centro Ibérica (ZCI). Esta zona geoestrutural é formada por materiais autóctones, de idade neoproterozoica e paleozoica, depositados na plataforma do continente gondwânico (Fig. 2).

Uma das características da ZCI, é a discordância basal do Ordovícico sobre as sequências Câmbricas e Neoproterozoicas, designadas tradicionalmente por “Complexo Xisto-Grauváquico” (Carrington da Costa, 1950). Esta discordância de 1ª grandeza é atualmente referida de discordância toledânica (Lotze, 1956; Gutiérrez-Marco *et al.*, 2002). Curiosamente, na região de Moncorvo está descrita a única exceção, em toda a ZCI: na terminação periclinal do setor ocidental, na Quinta da Ventosa, o contacto entre o Ordovícico e as unidades do Grupo do Douro (CXG) é aparentemente concordante (Ribeiro & Rebelo, 1971; Rebelo & Romano, 1986). Já no setor oriental de Freixo de Espada-à-Cinta, o contacto é claramente discordante.

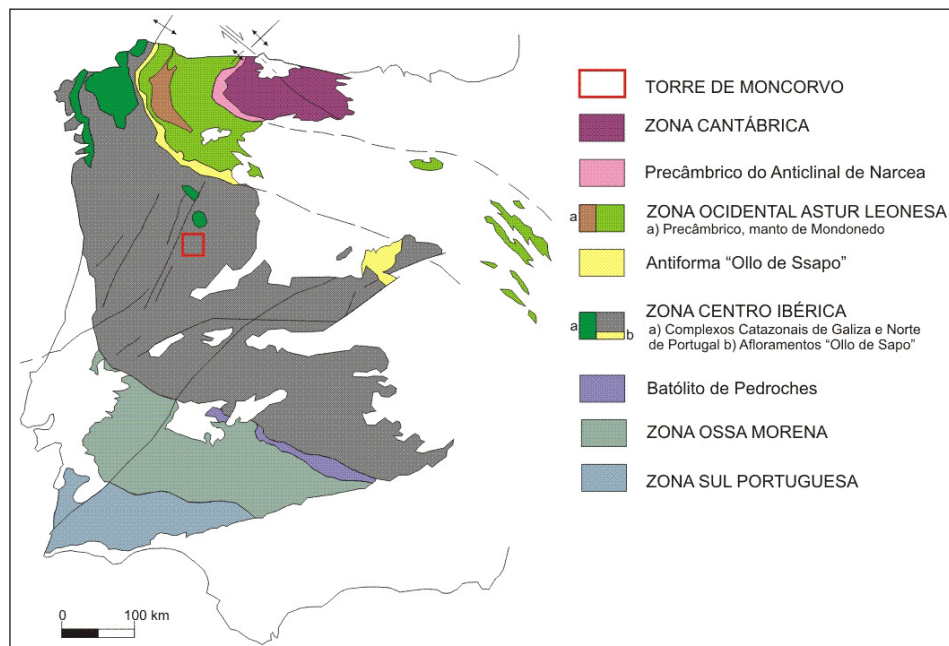


Figura 2 – O Maciço Ibérico e suas sub-divisões (Julivert *et al.*, 1972).

Tectónica e Deformação

No Ordovícico Inferior (485 a 470 Ma atrás), a região onde hoje se localiza Torre de Moncorvo fazia parte do fundo do paleo-oceano Rheic, na plataforma marinha do paleocontinente Gondwana. Pelos dados paleogeográficos, paleontológicos e paleomagnéticos, estima-se que este continente estivesse situado, no Ordovícico Inferior, a latitudes médias (40°S-45°S), deslocando-se para latitudes mais altas (60°S) no Ordovícico Superior (445-443Ma), Fig. 3. Ao longo de toda esta plataforma marinha, deposita-se uma formação quartzítica muito extensa e contínua, apresentando sempre as mesmas características em todo o atual sudoeste europeu (Península Ibérica e França), ocorrendo também na Boémia e norte de África. Esta formação geológica é conhecida por “fácies do quartzito Armoricano” (Hamman *et al.*, 1982; Paris & Robardet, 1990; Cocks, 2000). Caracteriza-se pela presença de quartzitos, por vezes maciços, que para o topo da sequência vão diminuindo de espessura e alternando com xistos, siltitos e níveis de ferro.

Atualmente, em território português, podem-se observar estas litologias, nomeadamente na serra de Buçaco, no sinclinal Valongo - Sátão, na serra

do Marão e em toda a província transmontana, desde Moncorvo até Guadramil. Em Moncorvo a acumulação de ferro chegou a quantidades muito superiores à dos outros locais, possivelmente por uma combinação de fatores muito específicos que permitiram a formação das grandes reservas de ferro.

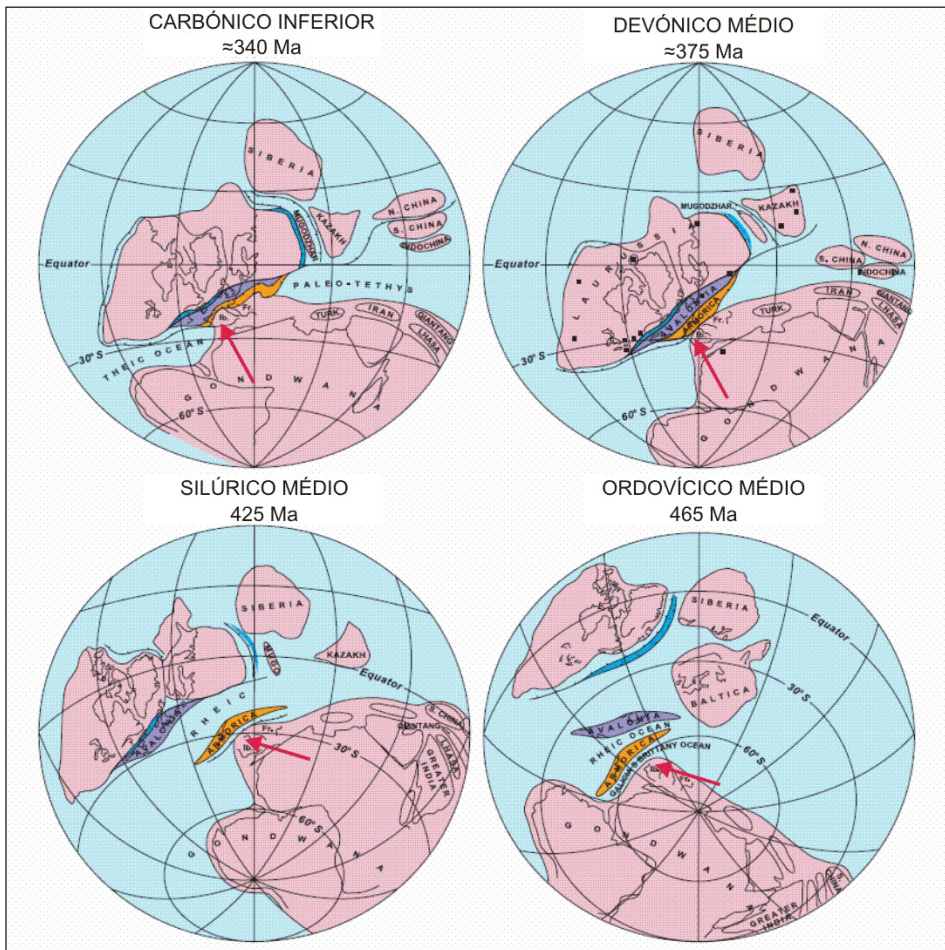


Figura 3 – Reconstrução e evolução tectónica dos continentes Gondwana e Laurussia e das microplacas Avalónia e Armóricia (adaptado de Matte, 2001). A seta vermelha indica a localização de Portugal.

No Silúrico inferior estima-se que a atual Península Ibérica continuasse a latitudes frias, o continente Gondwana vai “migrar” para latitudes mais quentes como o comprovam a presença de calcários no Silúrico superior e

no Devónico Inferior. O Silúrico na Península Ibérica tem um carácter terrígeno e faunas pelágicas. As rochas mais características são os xistos negros, carbonosos, ricos em graptólitos Gutierrez-Marco *et al.* (1998).

No início do Devónico (419 a 359 Ma) as placas tectónicas dos continentes Laurásia e Gondwana iniciaram um processo de colisão, causando a formação da Orogenia Varisca ou Hercínica. No início deste processo, o movimento das placas tectónicas é essencialmente convergente, desencadeando a formação de grandes frentes de deformação e subducção e obducção de crosta oceânica. É nesta fase inicial (D_1) que são formadas as principais estruturas de deformação da ZCI, como o Anticlinório Moncorvo e Sinclinório Carviçais. O desenvolvimento da Orogenia Varisca dá início a formação de grandes frentes de carreamento (D_2) sendo representada na região de Torre de Moncorvo pelos carreamentos de Souto da Velha e Ribeira do Inferno, a nordeste do Jazigo de Ferro de Moncorvo. Apesar da sua importância regional, esta fase não chega a afetar significativamente as rochas do Sinclinório de Moncorvo.

Durante o Carbónico (359 a 299 Ma), ocorre uma transição no movimento das placas tectónicas de compressional para transpressional (D_3). Esta mudança é caracterizada pela formação de zonas de cisalhamento transcorrentes com direção NW-SE e suas conjugadas ENE-WSW, acompanhadas pela instalação de grandes volumes de granitóides sin a pós-colisionais, como o granito Carviçais. Já a deformação tardi-varisca é marcada pela reativação de estruturas pré-existentes em regime frágil, gerando um fraturação mais ou menos intensa e a formação de um conjunto de desligamentos esquerdos com direção N-S a NNE-SSW (e.g. falha da Vilarica). A reativação destas estruturas durante a Orogenia Alpina é responsável pelo soerguimento e rebaixamento de blocos, principalmente no flanco sul do Sinclinório de Moncorvo (Ribeiro & Rebelo 1971; Rebelo & Ribeiro 1977; Dias, 1986; Dias & Ribeiro, 1995; Pereira *et al.*, 2014).

Estratigrafia

É a partir do trabalho de (Ribeiro & Rebelo, 1971) que se começa a construir um conhecimento consistente e coerente sobre a geologia regional com a apresentação da estratigrafia e a estrutura do jazigo e das rochas envolventes. De modo informal, são definidas as seguintes unidades ordovícicas e silúricas, da base para o topo (Rebelo & Romano, 1986):

- “Formação Quinta da Ventosa” – conglomerados polimíticos de matriz quartzo- pelítica com magnetite disseminada; sua passagem é gradacional para a formação superior, onde ocorrem camadas com menos de um metro de espessura de metaquartzovauques; lateralmente ocorre uma forte variação lateral no tamanho dos clastos e sua espessura calculada é de cerca de 150 ± 20 m.
- “Formação Quartzítica” – corresponde à fácies “quartzito armoricano”; quartzitos puros e impuros, de várias espessuras, alternando com xistos cinzentos a negros; quartzitos impuros transitam lateralmente a níveis de ferro; sua passagem para a formação superior acontece de forma gradual com a diminuição dos níveis psamíticos e a predominância dos níveis pelíticos.
- “Formação Xistenta” – é formada por um pacote muito espesso, homogêneo e monótono de xistos ardosíferos que variam de cinza claro à escuro; em muito locais apresenta cubos de pirite; não se observam estruturas sedimentares e contato com a formação superior é abrupto e concordante.
- “Silúrico” – filitos cinza azulados e xistos negros carbonosos, ocupa o núcleo do Sinclínório de Moncorvo; ocasionalmente ocorrem lentes de calcário ou metassedimentos calcíticos; sua espessura é de aproximadamente 300 metros.

A sequência litoestratigráfica do Ordovícico de Trás-os-Montes foi alvo nos últimos anos de revisão e apresentação formal das suas unidades (Sá *et al.*, 2005; Sá, 2005; Meireles, 2013). Da base para o topo, é formada pelas seguintes unidades (Fig. 4):

- Formação Vale de Bojas/Formação Eucísia (equivalentes da formação Quinta da Ventosa):
 - Membro Bojas - bancadas de metaconglomerados maciços, com matriz arenosa-siltica e frequentes intercalações de níveis vulcano-sedimentar; os clastos são poligênicos, bem arredondados e com dimensão máxima de 10 a 12 cm.
 - Membro Freitas - bancadas de metaconglomerados maciços com diminuição dos clastos vulcano-sedimentares para o topo; ocorrem intercalações decimétricas a métricas de meta-arenitos e meta-siltitos; idade: Arenigiano inferior.
- Formação Eucísia: unidade vulcano-sedimentar caracterizada pela ocorrência de conglomerados, quartzitos impuros e vulcanitos básicos.

- Formação Angueira:
 - Membro Constantim (equivalente à designação informal “membro dos quartzitos inferiores”): alternâncias de níveis decimétricos a centimétricos de psamitos, arenitos, quartzitos cinzentos e xistos negros.
 - Membro Cicouro (equivalente ao “membro dos xistos intermédios”): essencialmente xistos carbonosos, finos e monótonos; idade: Arenigiano inferior.
- Formação Marão (equivalente da “formação quartzitos superiores”):
 - Membro Ermida - quartzitos impuros e compactos, por vezes com conglomerados na base, com estreitas intercalações pelíticas cada vez mais frequentes em direção ao topo; é comum a presença de icnofós-sies *Skolithos* e fósseis de conchas; possui cerca de 130 m de espessura.
 - Membro Malhada – alternâncias de bancadas de quartzitos puros e bancadas quartzíticas ricas em ferro, com níveis decimétricos de xistos, psamitos e filitos negros; também pode atingir até 130 m de espessura.
 - Membro Fragas da Ermida (equivalente dos “psamitos superiores”): intercalações de níveis milimétricos a centimétricos de psamitos de cor clara com níveis centimétricos a decimétricos de filitos carbonosos; observam-se raras intercalações de quartzitos na base; idade: Arenigiano médio/superior; apresenta cerca de 100 m de espessura.
- Formação Moncorvo (equivalente à “formação xistenta”), sequência espessa e monótona de xistos ardosíferos; é comum a presença de pirite oxidada; idade: Arenigiano superior – Dobrotiviano inferior.
- Formação Chão do Amieiral – nível de ferro oolítico, na base, margas e xistos negros, filitos e psamitos; idade: Berouniano médio – superior.
- Formação Santo Adrião – intercalações de calcários, de coloração branca-amarelada e cinza-azulada, e rochas básicas; idade: Kralodvoriano.
- Formação Maceiras – alternâncias de arenitos, quartzitos e xistos ardosíferos; na base ocorrem níveis ferruginosos centimétricos; idade: Hirnantiano.
- Formação Guadramil – na base, xistos gresosos com clastos de diversas naturezas (quartzitos e filitos) e dimensões compreendidas entre 0,2 e 8 cm, transitando no topo para xistos gresosos com pirite singenética; idade: Hirnantiano.

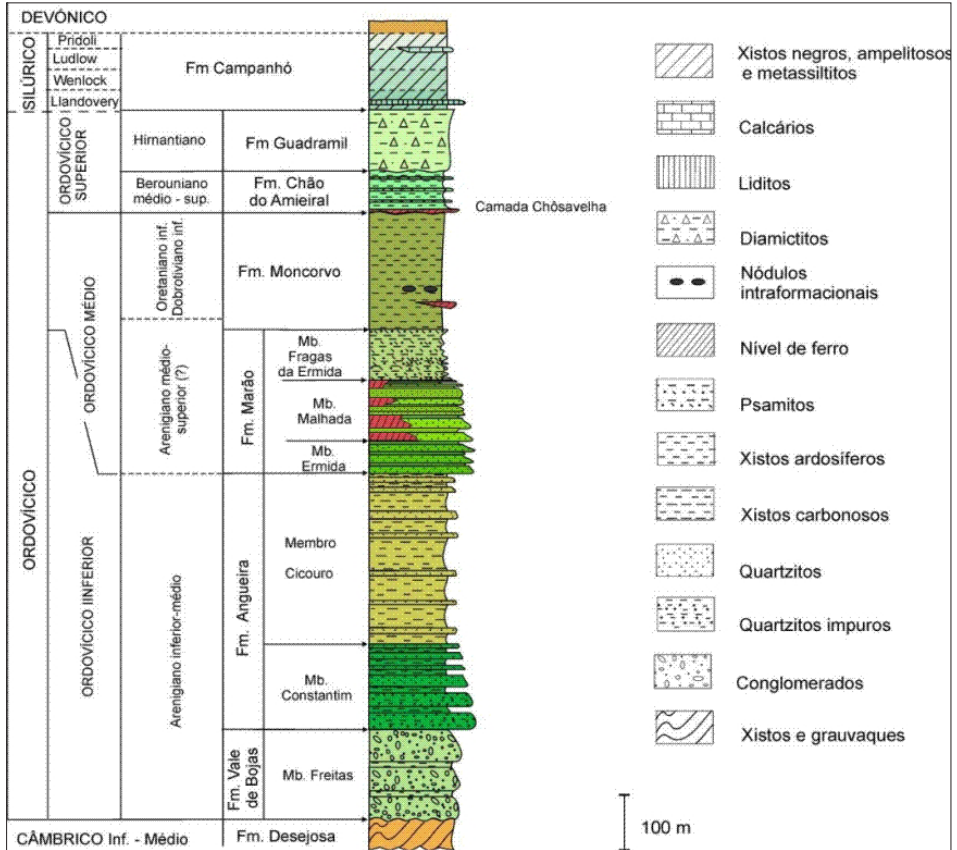


Figura 4 – Coluna litoestratigráfica de Moncorvo (adaptado de Meireles, 2013)

No que respeita à região de Moncorvo, a Formação Santo Adrião não está presente.

O Jazigo de Ferro de Moncorvo ocorre na sequência sedimentar do Ordovícico Inferior, mais precisamente no Membro Malhada da Formação Marão (Andar Floiano da escala global, 478 – 470 Ma).

Geologia do jazigo

No flanco norte do Sinclínório de Moncorvo, o jazigo de ferro forma uma faixa de cerca de 8 km de extensão ao longo da Serra do Reboredo e outra com 800 m de extensão no topo do Cabeço da Mua, sendo a primeira subdivida em Pedrada, Reboredo e Carvalhosa. O jazigo está situado geralmente em cristas quartzíticas correspondentes a relevos residuais de eleva-

da dureza, enquanto as vertentes encontram-se cobertas por depósitos de encosta.

No flanco sul do Sinclinório de Moncorvo, as camadas mineralizadas em ferro ocorrem quer nas cristas quartzíticas quer nas vertentes, não se observando o mesmo controle geomorfológico como no flanco norte. Nesta zona, os depósitos de vertente também recobrem grande parte das encostas no flanco sul, o que dificulta consideravelmente a cartografia das camadas mineralizadas em ferro. A principal área do jazigo no flanco sul localiza-se a ESE da povoação de Felgueiras (Fig. 5).

Na Serra do Reboredo e Mua as camadas ricas em ferro são de natureza litológica variável, podendo ser quartzitos, metaconglomerados, quartzitos conglomeráticos e metassiltitos (Fig. 6 A, B). Os óxidos de ferro, em geral, têm aspecto granular na região da Serra do Reboredo, enquanto que na Mua predomina o minério com aspecto lamelar ou micro-especularítico. O aspecto bandado do minério é comum, principalmente em regiões onde a deformação e metamorfismo não atingiram intensidades tão elevadas, como na Serra do Reboredo, sendo as zonas mais claras causadas pela predominância do quartzo sobre os óxidos de ferro, mais escuros (Fig. 6 C). Além disto, na Serra do Reboredo e na Mua também observam-se nódulos quartzo-moscovíticos fosfatados dispostos disseminadamente entre bancadas sedimentares ricas em ferro (Fig. 6 D).

O termo Complexo Mineralizado foi definido por Rebelo & Ribeiro (1983) por causa das numerosas intercalações de xistos, psamitos e quartzitos estéreis presentes dentro da sequência mineralizada do jazigo, bem como camadas de minério de baixo teor de Fe. Esta característica estratigráfica é observada em toda a Serra do Reboredo, onde a espessura máxima da sequência chega aos 150 metros. Além disto, observa-se uma notável variação lateral das camadas ricas em Fe para rochas estéreis. Já no Cabeço da Mua, a sequência mineralizada é praticamente contínua, chegando a cerca de 90 metros de espessura, com exceção de bancadas centimétricas à decimétricas de metassiltitos quartzo moscovíticos fosfatados que encontram-se intercaladas na sequência (Fig. 6 E; Orey e Rebelo, 1983; Orey, 1999).

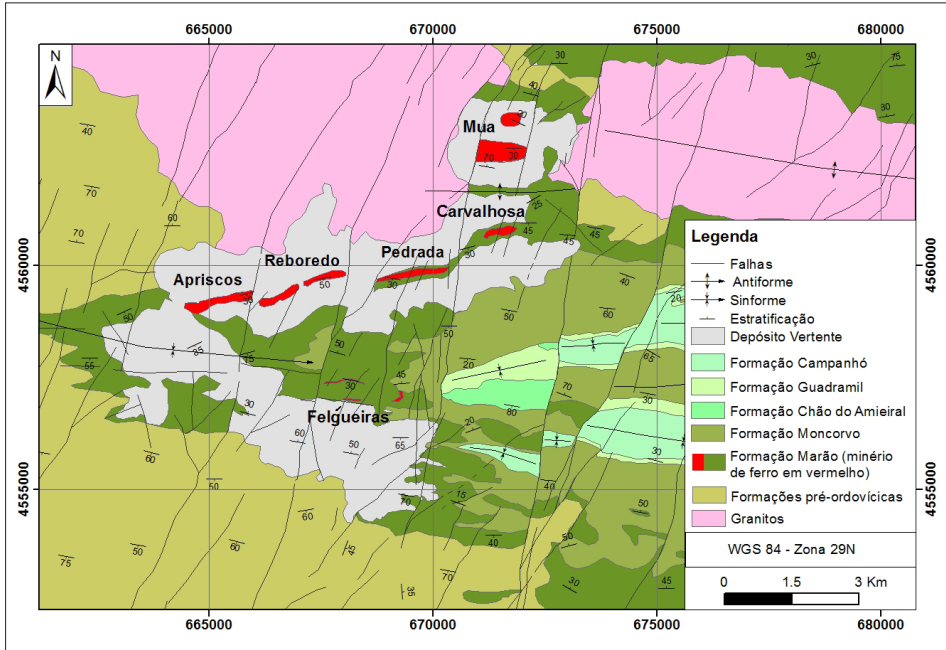


Figura 5 – Mapa geológico adaptado de d'Orey (1999) exibindo os principais corpos de minério no flanco norte e no flanco sul do Sinclínório de Moncorvo.

Em relação às mineralizações de Fe no flanco sul do Sinclinal de Moncorvo, na região à ESE de Felgueiras, estão localizadas estratigraficamente na transição entre uma sequência predominantemente quartzítica, na base, com uma sequência predominantemente metapelítica, no topo. Esta mineralização ocorre na forma de uma zona principal, de natureza estratiforme, com espessura que varia de 10 a 20 metros. Esta zona é constituída por bancadas centimétricas de quartzitos finos intercalados com xistos, ambos enriquecidos em óxidos de ferro granulares magnéticos (magnetite) e silicatos verde escuros (clorite com Fe). A concentração dos óxidos e silicatos de ferro varia largamente dentro da zona rica em Fe, além de ocorrerem intercalações centimétricas de quartzitos e xistos sem ferro. O aspecto do minério pode variar de estratificado a maciço de acordo com a estrutura sedimentar presente (Fig. 6 F e G).

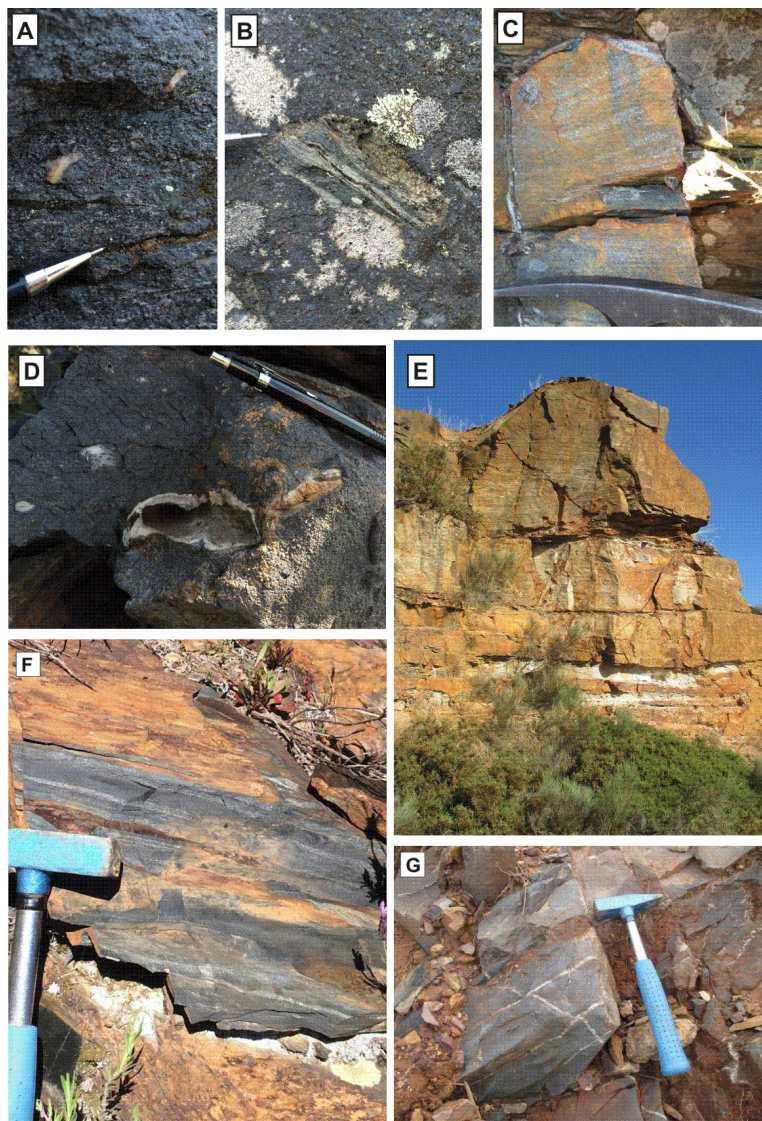


Figura 6 – **A e B** - Quartzitos conglomeráticos com matriz formada por quartzo, moscovite e hematite granular e clastos formado por quartzo de veio e fragmentos líticos. **C** - Aspecto estratificado de quartzito hematítico causado pela alternância de níveis mais ricos em quartzo e níveis mais ricos em hematite. **D** - Nódulo constituído por quartzo, moscovite e fosfatos parcialmente erodido. Em superfície estes nódulos tendem a ser erodidos restando somente os moldes, enquanto que em profundidade encontram-se preferencialmente preservados. **E** - Antiga frente de lavra exibindo duas bancadas decimétricas constituídas por metassiltitos quartzo moscovíticos fosfatadas intercaladas em meio as bancadas de minério de ferro. **F e G** - Quartzitos, estratificado e maciço, ricos em magnetite e clorite de Fe.

Principais tipos mineralógicos do jazigo

Diversos estudos petrográficos sobre o minério de ferro de Moncorvo foram desenvolvidos principalmente nas serras de Reboredo e Mua procurando propor uma classificação de acordo com os minerais de minério predominantes (Neiva, 1949; d'Orey, 1979; d'Orey & Rebelo, 1983; d'Orey, 1999). Na tabela 1 apresenta-se uma síntese das diferentes classificações de minério propostas por estes estudos e as suas principais zonas de ocorrência.

Tabela 1 – Síntese das propostas de classificação dos minérios de ferro das serras do Reboredo e da Mua e suas principais zonas de ocorrência (Urbano *et al.*, 2015).

Tipo de minério	Local
Magnetítico	Ocorre abaixo dos 100 m de profundidade na Serra de Reboredo e é acompanhado de chamosite, uma clorite com ferro.
Magnetito-especularítico	Ocorre em diferentes profundidades na Serra de Reboredo, tornando-se mais escasso à medida que a profundidade aumenta.
Martítico	Ocorre entre zero e 100 m de profundidade na Serra de Reboredo e no flanco norte do sinclinal da Mua.
Limonítico	Ocorre tanto na superfície quanto em níveis muito profundos na Serra de Reboredo.
Especularito-martítico	Predomina em todo o flanco sul do sinclinal da Mua (80% das reservas desta área de acordo com os cálculos da época).

O estudo petrográfico realizado por Urbano *et al.* (2015) com base em 43 lâminas de minério de ferro do flanco norte e sul do Sinclínório de Moncorvo revelou algumas semelhanças e diferenças com os sistemas de classificação proposto por outros pesquisadores para os minérios do flanco norte. Urbano *et al.* (2015) descreveram dois tipos de minérios de ferro: o reduzido e o oxidado. Os minérios reduzidos são constituídos magnetite, clorite (chamosite), biotite e apatite. Já os minérios oxidados são aqueles constituídos por hematite, moscovite e fosfatos (apatite ou lazulite-scorzallite). Esta terminologia foi definida com base no predomínio de minerais portadores de Fe^{2+} ou Fe^{3+} (óxidos e silicatos), o que confere ao minério uma cor cinza esverdeado ou cinza acastanhado, respectivamente. Utilizando-se a classificação apresentada na tabela 1, os minérios reduzidos enquadram-se nos minérios do tipo magnetítico, assim assemelham-se aos minérios que ocorrem abaixo de 100 metros de profundidade na serra do Reboredo, enquanto os minérios oxidados enquadram-se nos minérios do tipo martítico da zona alterada da Serra do Reboredo (zero a cem metros

de profundidade). Dependendo do grau de alteração, os minérios oxidados do flanco sul podem se enquadrar até no tipo de minério limonítico do flanco norte.

Apesar dos minérios da Serra do Reboredo e Mua poderem ser enquadrados na classificação proposta por Urbano *et al.* (2015), esta não é a mais adequada para classificar estes minérios em toda a sua complexidade mineralógica, visto que esta é essencialmente química. A forma mais adequada seria classificá-los em termos da sua composição mineralógica. Mantendo isto em mente, na Fig. 7 apresenta-se um esquema de classificação baseado nos principais minerais de minério e de ganga. Em relação a classificação proposta por Urbano *et al.* (2015), esta é melhor aplicada somente nos minérios do flanco sul, servindo para diferenciar os minérios alterados supergenicamente (minérios oxidados) dos não alterados (minério reduzido).

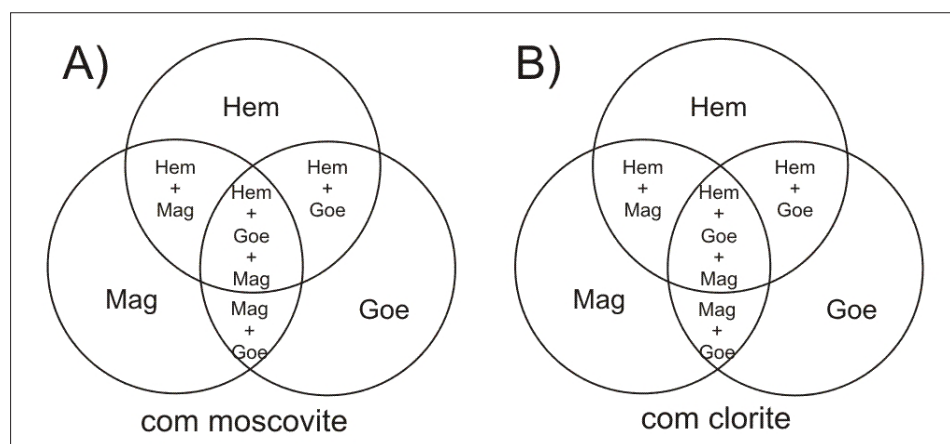


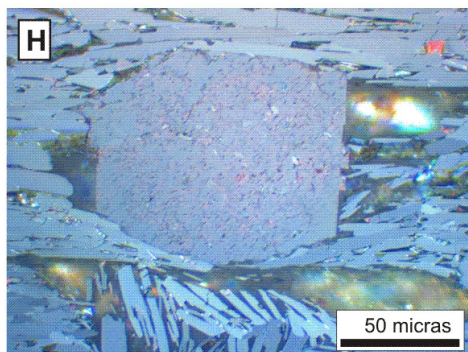
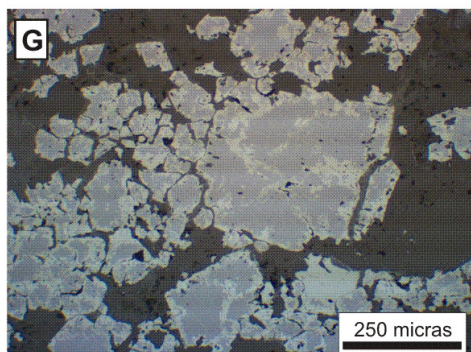
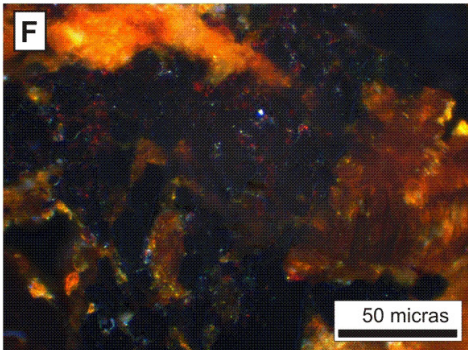
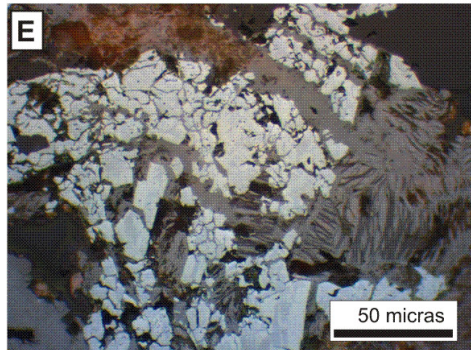
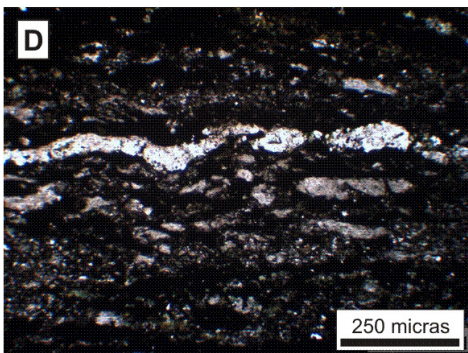
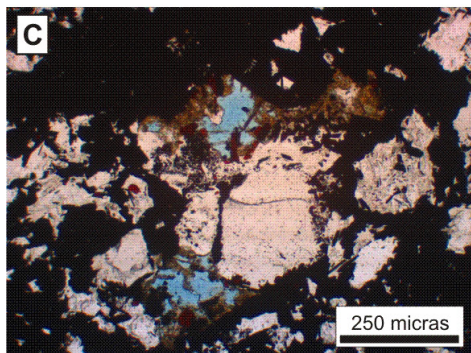
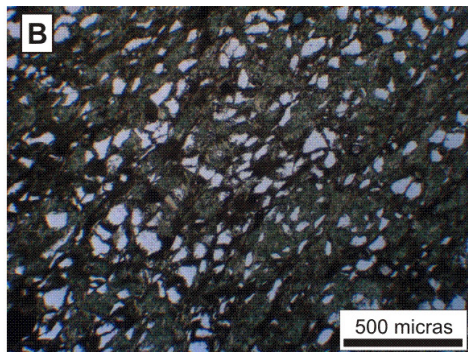
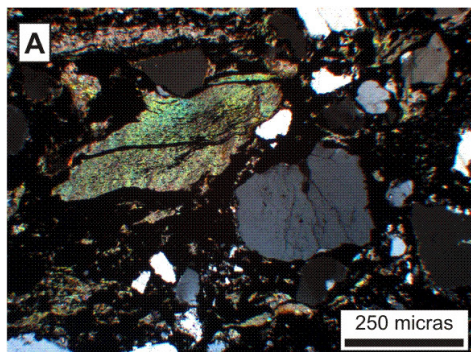
Figura 7 – Sistema de classificação para os dois principais conjuntos de minério, A e B, e seus sub-grupos intermediários. Hem=hematítico, Mag=magnetítico, Goe=goethítico.

Com base nas lâminas analisadas, nos dados de campo colhidos e na pesquisa bibliográfica, pode se afirmar que os minérios do tipo A estão presentes somente na Serra do Reboredo e na Mua, enquanto que os minérios do tipo B encontram-se no flanco sul do Sinclínio de Moncorvo, próximo de Felgueiras, e na Serra do Reboredo abaixo dos cem metros de profundidade (Orey & Rebelo, 1983; Urbano *et al.*, 2015). O quartzo é o principal mineral de ganga e está presente nos dois tipos de minérios. A moscovite

(Fig. 8 - A) é o segundo mineral de ganga mais abundante para os minérios do tipo A, enquanto para os minérios do tipo B é a chamosite (Fig. 8 - B). Os principais fosfatos dos minérios do tipo A são os minerais da série lazulite-scorzalite, apatite e rockbridgeite (Fig. 8 - C e D). Já para os minérios do tipo B o principal mineral portador do fósforo é a apatite quando pouco ou não alterado supergenicamente, enquanto que quando alterados o fósforo encontra-se contido na goethite (Fig. 8 - D, E, F). Em relação aos óxidos de ferro, estes podem ocorrer na forma de magnetite, hematite ou goethite, sendo que a hematite ocorre na forma de martite ou especularite. A martite é o resultado da transformação da magnetite em hematite pelo processo de oxidação, mas preservando o hábito cúbico inicial (Fig. 8 - G e H). Já a especularite é formada em zonas com um maior grau de deformação, sendo caracterizada por ter um formato placóide com o seu eixo principal bem mais alongado do que os outros (Fig. 8 - H). Já a goethite é formada a partir da alteração dos outros óxidos de ferro (Fig. 8 - E e F).

Considerações finais

Ao longo do último século uma série de trabalhos mineiros foram realizados pelas empresas que pelo Jazigo de Moncorvo passaram a fim de se avaliar a viabilidade técnica e econômica para a sua exploração. Entretanto, pouco foi deixado na forma de registros sistemáticos para a consulta pública ou privada para a reavaliação dos dados técnicos e resultados. Poucos estudos técnicos científicos foram publicados até hoje, sendo que o mais completo e abrangente destes é de Orey & Rebelo (1983), feito com base em relatórios internos da Ferrominas E.P. Neste estudo, os autores apontam para a existência de reservas certas e prováveis na ordem de 550 Mt com um teor médio de 36% de Fe e 0,5% de P, porém pode chegar a 1.000 Mt. Estas características, massa total, teor de Fe e espessura das camadas de minério, são importantes do ponto de vista econômico e científico, uma vez que são poucos os depósitos do tipo *ironstones* Fanerozoicos que chegam a atingir tais dimensões. Segundo Petranek & Van Houten (1997) somente o depósito de Minette, localizado entre Luxemburgo e França e com reservas na ordem de 8.000 Mt, e os depósitos de Gutmadingen e Blumberg, com reservas não lavráveis entre 500 e 1.500 Mt, apresentam dimensões superiores a Moncorvo.



O Jazigo de Moncorvo ainda constitui uma importante reserva de minério de ferro a ser explorada. A viabilidade da exploração de uma mina é uma questão extremamente complexa que depende de fatores económicos, políticos, sociais, ambientais e técnicos. Do ponto de vista técnico, o principal desafio que ainda persiste é a separação do fósforo do minério de ferro de Moncorvo, o qual ainda não foi possível realizar-se de uma forma economicamente viável. Porém o desenvolvimento de novos processos de concentração mais baratos e o aproveitamento de sub-produtos, como os elementos do grupo dos terras raras, poderão viabilizar, eventualmente num futuro próximo, a exploração do ferro de Moncorvo (Figueiras *et al*, 2015).

Figura 8 (à esquerda)– **A** - Microfotografia de cristais de moscovite e grãos de quartzo exibindo cores de polarização de verde até azul e branca até cinza escuro, respectivamente. Os minerais opacos são óxidos de ferro. Luz transmitida e nicóis cruzados. **B** - Cristais de chamosite exibindo pleocroísmo cor verde “garrafa” intercrecidos no meio de grãos de quartzo. Luz transmitida e nicóis paralelos. **C** - Cristais de lazulite-scorzalite com forte pleocroísmo azul parcialmente transformado em rockbrigeite (minerais de cor marrom). Luz transmitida e nicóis paralelos. **D** - Nível microscópico de apatite (minerais translúcido) em meio à níveis de quartzo e óxidos de ferro (minerais opacos). Luz transmitida e nicóis paralelos. **E** - Agregado policristalino de óxidos de ferro (cor cinza clara) sendo alterado para agregado fibroso de goethite (cor cinza escura/amarronzada). Luz refletida e nicóis paralelos. **F** - Mesma foto que em E, porém em luz refletida e com nicóis cruzados. Observa-se as cores de reflexão interna da goethite que varia de amarela, laranja a marrom. **G** - Agregado policristalino de magnetite (cinza encarnado) parcialmente alterado nas bordas para hematite (cinza claro), exemplificando o processo de martitização Luz refletida e nicóis paralelos. **H** - No centro da foto observa-se um grão de magnetite completamente martitizado envolto por cristais de hematite na forma de especularite (cristais fortemente alongados). Luz refletida e nicóis parcialmente cruzados.

Bibliografia

- Bekker A., Slack J. F., Planavsky N., Krapez B., Hofmann A., Konhauser K. O., Rouxel O. J. (2010) Iron Formation: The Sedimentary Product of a Complex Interplay among Mantle, Tectonic, Oceanic, and Biospheric Processes. *Economic Geology*, 105: 467-508.
- Carrington da Costa, J. S. (1950) Notícia sobre a carta geológica do Buçaco, de Nery Delgado. Publ. Especial, Serv Geológicos de Portugal, Lisboa, 1-27.
- Cloud, P.E. (1973) Paleocological significance of the banded iron-formation. *Economic Geology* 68, 1135-1143.
- Clout J. M. F. & Simonson B. M. (2005) Precambrian Iron Formations and Iron Formation-Hosted Iron Ore Deposits. *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume: 643-679.
- Cocks, L. R. M., (2000) The Early Palaeozoic geography of Europe. *The Journal Geol. Society*, London, 157, 1-10.
- Dias, R. (1986) Estudo de um sector do autóctone de Trás-os-Montes Oriental e ENE de Torre de Moncorvo. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 1-153.
- Dias, R. & Ribeiro, A. (1995) The Ibero-Armorican Arc: a collision effect against an irregular continent? *Tectonophysics*, 246, 113-128.
- Figueiras, J.; Mateus, A.; Rodrigues, P.; Oliveira, M.; Ribeiro, P.; Meira, J.; Sobreiro, S. (2015) Phosphate phases in the Moncorvo iron ores; consequences to the mineral resource characterization and its economic assessment. Livro de Resumos do X Congresso Ibérico de Geoquímica/XVIII Semana de Geoquímica, Editor: LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 76-79.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M. & Piçarra, J.M. (1998) Silurian Stratigraphy and Paleogeography of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Proceedings 6th Int. Graptolit Conference (GWG-IPA) & 1998 Field Meeting, IUGS Subcomission on Silurian Stratigraphy (J.C. Gutiérrez-Marco & I. Rábano, eds.)*. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, vol. 23, Madrid, 13-44.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M., Rábano, I., Sarmiento, G.N., Lancha, M.A.S.J., Araújo, P.H. & Pieren Pidal, A.P. (2002) Ordovician. In: Gibbons, W. & Moreno, M.T. (Eds.): *The Geology of Spain*. *Geological Society*, London, 31-49.

- Hammann, W., Robardet, M., Romano, M., Gil Cid, M.D., Gutiérrez-Marco, J.C., Herranz, P., Marcos, A., Martín, J., Peláez, J.R., Pérez Estaún, A., Prieto, M., Rábano, I., San José, M.A. de, Truyóls, J., Vegas, R., Vilas, L., Villas, E., Villena, J. (1982) The Ordovician System in southwestern Europe (France, Spain and Portugal). IUGS Publ. 11, 1-47.
- Heggie, D.T., Skyring, G.W., O'Brien, G.W., Reimers, C., Herczeg, A., Moriarty, J.W., Burnett, W.C. and Milnes, A.R., 1990, Organic carbon cycling and modern phosphorite formation on the East Australian continental margin: an overview, in Notholt, A.J.G. and Jarvis, I., eds., *Phosphorite Research and Development: Geological Society of London, Special Publication 52*, p. 87- 117. An important contribution to understanding phosphogenesis in nonupwelling environments.
- Hoffman P. F., Kaufman A. J., Halverson G. P., Schrag D. P. (1998) A Neoproterozoic snowball Earth: *Science*, v. 281, p. 1342–1346.
- Holland H. D. (2002) Volcanic gases, black smokers, and the Great Oxidation Event. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66, 21, 3811–3826.
- Holland H. D. (2006) The oxygenation of the atmosphere and oceans. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 361, 903–915.
- Julivert, M., Fontbote, J., Ribeiro, A. & Conde, N. (1974) Memoria explicativa del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares a escala 1:1000000. – Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, Spain, 133 p.
- Lotze, F. (1956) Über sardischen Bewegungen in Spanien und ihre Beziehungen zur assyntischen Faltung. *Geotekt Symp. zu Ehren Hans Stille*, 129-139.
- Kasting, J.F. (2001) The rise of atmospheric oxygen. *Science*, 293, 819-820.
- Kasting, J.F. (2004) When methane made climate. *Scientific American*, 291, 78.85.
- Kasting, J.F. & Catling, D. (2003) Evolution of a habitable planet. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 41, 429-463.
- Klein C., & Ladeira E. A., (2004) Geochemistry and mineralogy of Neoproterozoic banded iron-formations and some selected, siliceous manganese formations from the Urucum district, Mato Grosso do Sul, Brazil: *Economic Geology*, volume 99, p. 1233–1244.

- Konhauser, K.O., Hamade, T., Raiswell, R., Morris, R.C., Ferris, F.G., Southam, G., and Canfield, D.E. (2002) Could bacteria have formed the Precambrian banded iron-formations? *Geology*, 30, 1079-1082.
- Konhauser, K.O., Lalonde, S.V., Amskold, L., and Holland, H.D., 2007, Was there really an Archean phosphate crisis?: *Science*, v. 315, p. 1234.
- Le Heron D. P., Busfield M. E., Le Ber E, Kamona A. F. (2013) Neoproterozoic ironstones in northern Namibia: Biogenic precipitation and Cryogenian glaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, volume 369, p. 48-57.
- James H. L. (1954) Sedimentary Facies of Iron Formation. *Econ. Geol.*, 49 (3): 235-293.
- Klein C. (2005) Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geological setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry and origin. *American Mineralogist*, 90: 1473-1499.
- Mateus, A.; Figueiras, J.; Oliveira, M.; Ribeiro, P.; Meira, J.; Sobreiro, S.; Rodrigues, P. (2015) The Moncorvo iron ores revisited. Livro de Resumos do X Congresso Ibérico de Geoquímica/XVIII Semana de Geoquímica, Editor: LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 104-107.
- Meireles, C.A.P. (2013) “Litoestratigrafia do Paleozoico do sector a nordeste de Bragança (Trás-os-Montes)” - Serie Nova Terra, nº 42. Instituto Universitário de Geologia “Isidro Parga Pondal”, Univ. Coruña, 471pp, 5 Anexos, 1 mapa geol.
- Morgan, J. W.; Anders E. (1980) Chemical composition of Earth, Venus, and Mercury. *Geophysisc*, vol. 77, n. 12, p. 6973-6977.
- Mucke, A. & Farshad, F. (2005) Whole-rock and mineralogical composition of Phanerozoic ooidal ironstones: Comparison and differentiation of types and subtypes. *Ore Geology Reviews*, 26, 227–262.
- Neiva, J. M. C. (1949) Geologia dos minérios de ferro portugueses - Seu interesse para a siderurgia. *Memórias e Notícias do Museo e Lab. Min. e Geol. da Universidade de Coimbra*, nº 26.
- Oliveira, M. F. B. (2015) Controlos lito-estratigráficos, mineralógicos e geoquímicos da jazida de ferro da Carvalhosa (Serra de Reboredo, Torre de Moncorvo). Mestrado em Geol. Económica, Universidade de Lisboa, 1-203.
- Orey, F. L. C. (1979) Report on the Mineralogy of Samples of Split cores Obtained from Boreholes Drilled at Pedrada and Reboredo Sec-

- tions, Moncorvo Iron Ore Deposit, Northern Portugal. Ferrominas E.P., relatório interno, 1-89.
- Orey, F. L. C. & Rebelo, J. L. A. (1983) The nature of the refractory iron ores at Moncorvo, northeastern Portugal. Special Publication, Geological Society of South Africa, 7, 253-260.
- Orey, F. L. C. (1999) The Detrital Origin of the Moncorvo Ordovician Ironstones. *Ciências da Terra (UNL)*, 13, 131-140.
- Paris, F. & Robardet, M. (1990) Early Palaeozoic palaeobiogeography of the Variscan regions. *Tectonophysics*, 177, 193-213.
- Pereira, E., Rodriguez, J., Ribeiro, A., Dias, R., Rebelo, J. A., Silva, A. F. (2014) Notícia Explicativa da Folha 11-D Carviçais da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Lab. Nac. de Energia e Geol., Lisboa, 1-62.
- Petranek J. & Van Houten F.B., (1997) Phanerozoic ooidal ironstones. *Czech Geological Survey Special Papers* 7, p. 1-71.
- Pufahl, P.K., (2010) Bioelemental sediments. In: James, N.P., Dalrymple, R.W. (Eds.), *Facies Models 4*. Geological Association of Canada, St. John's, pp. 477-503.
- Rebelo, J. A. & Ribeiro, A. R., (1977) Relatório preliminar sobre a geologia do jazigo de ferro de Moncorvo. Serviços Geológicos de Portugal, relatório interno, 1-95.
- Rebelo J. A. & Romano M. (1986) A Contribution to the Lithostratigraphy and Palaeontology of the Lower Palaeozoic Rocks of the Moncorvo Region, Northeast Portugal. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 1986, t. 72, fasc. 1/2, pp. 45-57.
- Ribeiro, A. & Rebelo, J. (1971) Estudo geológico da região de Moncorvo e em especial, do seu jazigo de ferro. I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Econômica, 983-990.
- Sá, A.A. (2005) Bioestratigrafia do Ordovício do nordeste de Portugal. Tese de doutoramento (n. publ.). UTAD, 571 p.
- Sá, A. A., Meireles, C., Coke, C., Gutiérrez-Marco, J. C. (2005) Unidades litostratigráficas do Ordovício da região de Trás-os-Montes (Zona Centro-Ibérica, Portugal). *Comunicações Geológicas, I.N.E.T.I.*, t. 92, 31-74.
- Siehl, A., Thein, J. (1989) Minette-type ironstones. In: Young, T.P., Taylor, W.E.G. (Eds.), *Phanerozoic Ironstones*. Geological Society, Special Publication, vol. 46, pp. 175- 193.

- Urbano, E. E. M. C., Meireles, C. A. P., Gomes, M. E. P., Figueiredo, N., Botelho, S., Brandão, P. R. G. (2015) Estudo petrográfico comparativo entre os minérios de ferro do flanco norte e do flanco sul do Sinclinal Moncorvo. Livro de resumos VIII Seminário de Recursos Geológicos, Ordenamento do Território e Ambiente, UTAD, Vila Real, Portugal.
- Van Houten F. B. & Arthur M. A. (1989) Temporal patterns among Phanerozoic oolitic ironstones and oceanic anoxia. Geological Society, London, Special Publications, volume 46, p. 33-49.
- Yeo G.M. (1981) The Late Proterozoic Rapitan glaciation in the northern Cordillera: Geological Survey of Canada Paper 81-10, p. 25–46.
- Young T. P. (1989) Phanerozoic Ironstones: an Introduction and Review. Geological Society, London, Special Publications, volume 46, p. IX-XXV.

Prospecção de minerais ferríferos no flanco sul do sinclínório de Moncorvo

Nuno Figueiredo

Geólogo da Companhia Portuguesa do Ferro, S.A.

Email: mgeoconsult@gmail.com

Introdução

As mineralizações ferríferas de Moncorvo localizam-se nas proximidades de Torre de Moncorvo, na região nordeste de Portugal, e têm sido alvo de interesse geológico-mineiro, há mais de 2500 anos (Fig. 1). Estas mineralizações foram designadas como Complexo Mineralizado (CM) por Rebelo & Ribeiro (1977) dado a elevada variabilidade textural, mineralógica e de fácies presente no jazigo. Todos os estudos científicos realizados com vista à avaliação económica do Complexo Mineralizado de Moncorvo (CMM) focaram-se no flanco norte do sinclínório de Moncorvo, onde se encontra a maioria dos afloramentos de minério, nomeadamente no Cabeço da Mua, Carvalhosa e Serra do Reboredo.

Estas áreas constituíam as antigas concessões da Ferrominas E.P., onde sucessivos trabalhos de prospecção e pesquisa foram realizados nos tempos atuais (finais do séc. XIX - meados do séc. XX e mais recentemente desde 2008 até à data), bem como uma pequena exploração que não ultrapassou dois milhões de toneladas de minério de ferro. Com base na campanha de prospecção (estudos de cartografia, sondagens e levantamentos geofísicos) efectuados pelos Serviços Geológicos de Portugal e pelo Serviço de Fomento Mineiro, foram estimados recursos que variam entre 552 e 670 milhões de toneladas de minério de ferro com um teor médio geral de 37% em Fe (Rebelo & Ribeiro, 1977). Nesta campanha de prospecção foram reconhecidas, pela primeira vez, anomalias magnéticas e gravimétricas que sugeriam a continuidade do CMM para o flanco sul do sinclínório de Moncorvo, mas que nunca foram estudadas com o detalhe que se apresenta neste trabalho¹.

1) Perfis geofísicos e gravimétricos do Serviço Fomento Mineiro interpretado pelo Eng. Rocha Gomes.



Figura 1 – Localização do Complexo Mineralizado de Moncorvo. Fonte: Google Earth, 2017.

Enquadramento geológico

O CMM ocorre numa sequência metassedimentar do Ordovício Inferior, Andar Floiano da escala global, 478 – 470 Ma, aproximadamente correspondente ao Arenigiano da escala mediterrânica (Bergström *et al.*, 2009). Estas formações geológicas inserem-se na Zona Centro Ibérica, unidade geotectónica do orógeno varisco da Península Ibérica, que engloba os terrenos autóctones neoproterozoicos e paleozoicos da plataforma perigondwânica (Fig. 2). Nestas sequências ordovícicas do NW Peninsular são conhecidos importantes depósitos de ferro de origem sedimentar cuja deposição esteve dependente das variações eustáticas do nível do oceano na plataforma costeira ordovícica da atual Europa ocidental (Young, 1989).

É com Ribeiro & Rebelo (1971) e mais tarde com Rebelo & Romano (1986), que se inicia a construção do conhecimento consistente e coerente sobre a geologia regional, com a apresentação da estratigrafia e estrutura do jazigo de ferro e das rochas envolventes.

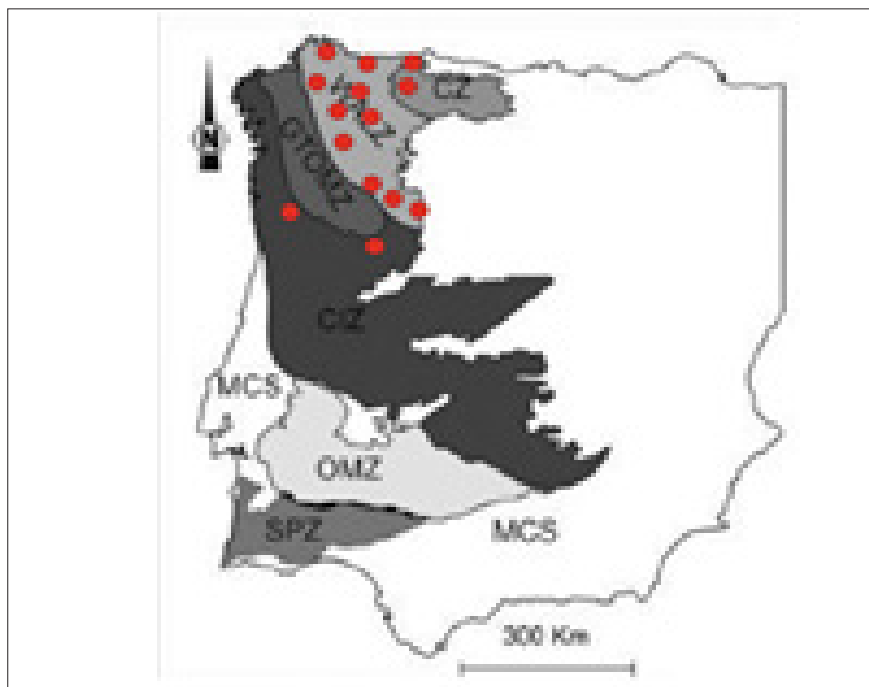


Figura 2 – Divisões do Maciço Ibérico e as principais ocorrências e depósitos de ferro ordovícicos (a vermelho) do NW da Península Ibérica. CZ - Zona Cantábrica, WALZ - Zona Oeste Austúrico-Leonesa, GTOMZ - Zona de Galiza Trás-os-Montes, CIZ - Zona Centro Ibérica Ibérica, OMZ - Zona Ossa Morena, SPZ - Zona Sul Portuguesa, MCS - Sequências Meso-Cenozóicas (adaptado de Gutierrez-Marco *et al.*, 1984 e de Ribeiro *et al.*, 1990).

Foram definidas as seguintes unidades ordovícicas e silúricas, da base para o topo:

- Formação Quinta da Ventosa - conglomerados polimíticos de matriz quartzo- pelítica;
- Formação Quartzítica - corresponde, parte à fácies “quartzito armoricano”; compreende quartzitos puros e impuros, de várias espessuras, alternando com xistos cinzentos a negros; quartzitos impuros, ferruginosos que transitam lateralmente a níveis de ferro; é subdividido informalmente, nos seguintes membros: quartzitos inferiores, O1a; xistos intermédios, O2a; quartzitos superiores, O1b e xistos e psamitos superiores, O2b;
- Formação Xistenta - xistos ardosíferos, monótonos;
- Silúrico - filitos e xistos negros carbonosos.

No que respeita ao Ordovícico de Trás-os-Montes a litoestratigrafia foi alvo, nos últimos anos, de revisão e apresentação formal das suas unidades (Sá *et al.*, 2005; Meireles, 2013), assim sendo, a sequência ordovícica e silúrica é formada pelas seguintes unidades, da base para o topo (Fig. 3):

- Formação Vale de Bojas, do Arenigiano inferior;
- Formação Angueira, do Arenigiano inferior, subdividida nas seguintes unidades: Membro Constantim e Membro Cicouro;
- Formação Marão do Arenigiano médio-superior; é subdividida em: Membro Ermida - quartzitos compactos, por vezes com conglomerados na base, com estreitas intercalações pelíticas; Membro Malhada – alternâncias de quartzitos puros, xistos, psamitos, filitos negros e bancadas de ferro; Membro Fragas da Ermida, formado por psamitos e filitos carbonosos com raras intercalações de quartzitos;
- Formação Moncorvo, do Arenigiano superior – Dobrotiviano inferior;
- Formação Chão do Amieiral, do Berouniano médio – superior;
- Formação Guadramil, do Hirnantiano;

Relativamente ao Silúrico, esta sequência inicialmente identificada em Duarte *et al.* (1966), foi recentemente alvo de estudos paleontológicos detalhados (Piçarra *et al.*, 1995; Sarmiento *et al.*, 1999; Sá *et al.*, 2003). É formada essencialmente por xistos negros, ampelitosos e metassiltitos, com lilitos na base (Llandovery) e calcários no topo (Ludlow - Pridoli), existindo ainda a possibilidade da sequência atingir o Devónico Inferior (Sarmiento *et al.*, 1999). Em Meireles (2013), é apresentada a caracterização formal, como Formação Campanhó, para toda a sequência silúrica autóctone de Trás-os-Montes, onde se enquadra o sinclínio de Moncorvo.

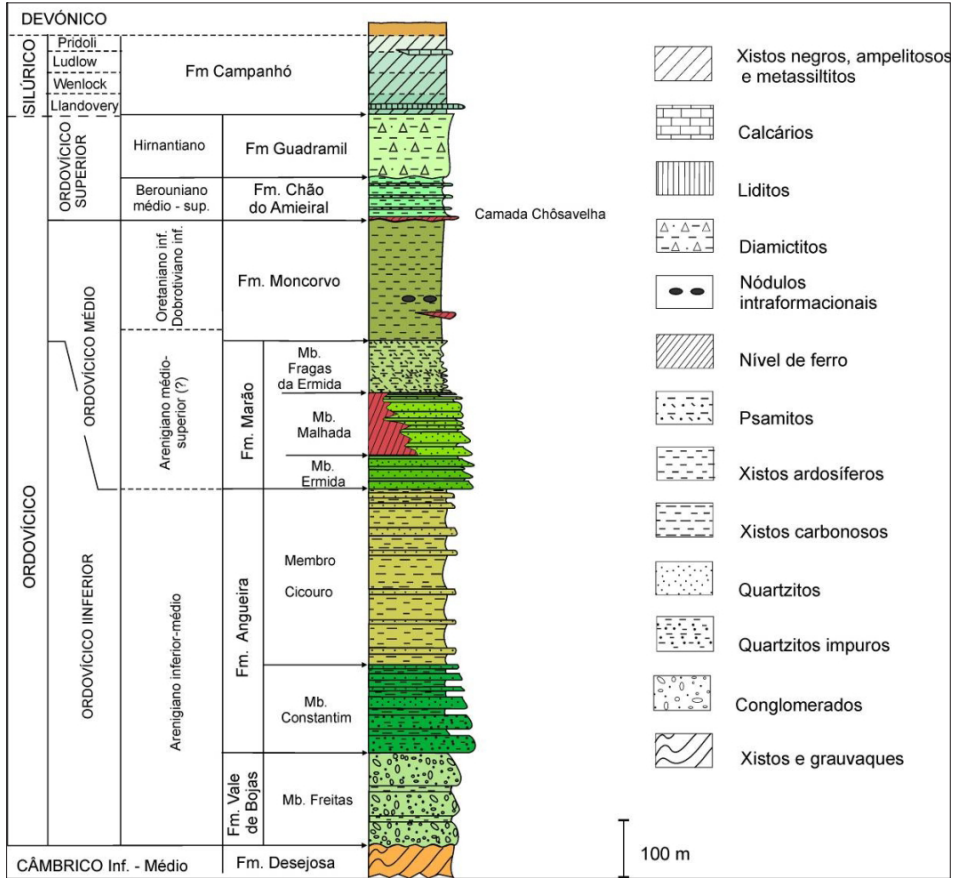


Figura 3 – Coluna litoestratigráfica de Moncorvo. Fonte: Meireles, 2013.

O CMM é formado por bancadas sedimentares detríticas enriquecidas em ferro hospedadas apenas no Membro Malhada da Formação Marão (Sá, 2005; Sá *et al.*, 2005). O Membro Malhada é formado por sedimentos de plataforma pouco profunda depositados em zonas de alta a baixa energia. A transição lateral das zonas ricas em ferro para zonas não mineralizadas e a presença de estruturas sedimentares reforçam o carácter sedimentar deste jazigo (Ribeiro e Rebelo, 1971; d'Orey & Rebelo, 1983; d'Orey, 1999). A ocorrência de *Cruziana*, *Skolithos* e *Daedalus* indicam para esta formação a idade Arenigiano médio a superior (Thadeu, 1952; Sá, 2005; Sá *et al.*, 2005).

Durante a Orogenia Varisca este setor foi sujeito a deformação polifásica e metamorfismo de baixo grau, seguindo-se a intrusão de granitos. O sinclínório de Moncorvo e o anticlinório de Carviçais são mega-estruturas resultantes deste processo orogénico que preservam a sequência Câmbrico-Silúrico (Thadeu, 1952; Ribeiro & Rebelo, 1971; Rebelo & Ribeiro, 1977) (Figs. 4 e 5).

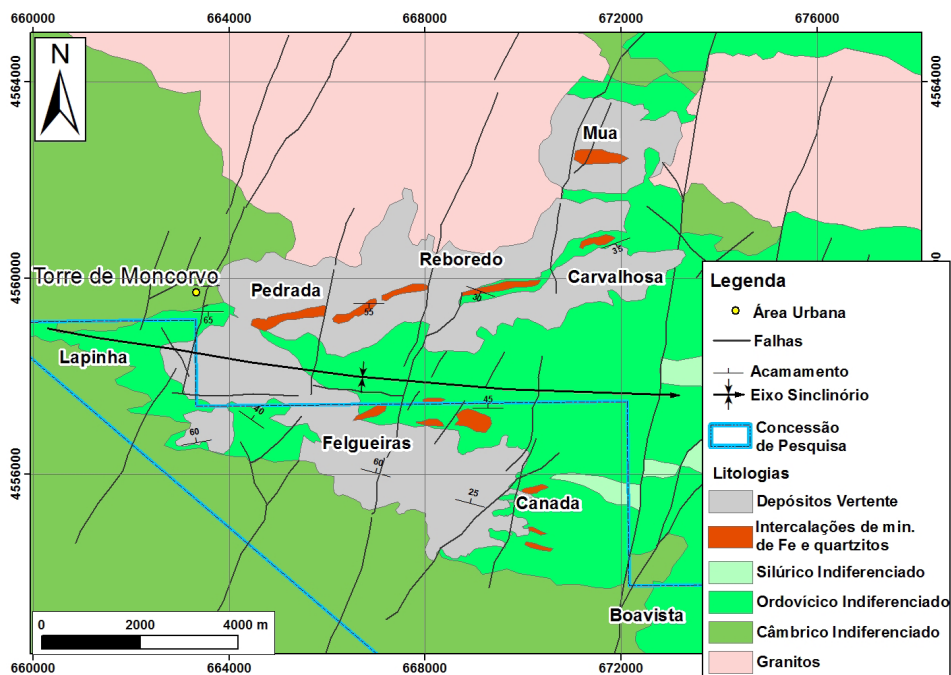


Figura 4 – Mapa geológico simplificado do Sinclínório de Moncorvo. Adaptado de d'Orey, 1999.

Em termos estruturais, o CMM é caracterizado pela presença de um conjunto de dobras, originadas durante a orogenia Varisca, cujos eixos possuem orientação geral E – W. A estrutura actual do Sinclínório de Moncorvo deve-se à sobreposição de duas fases de deformação compressiva (D1 e D2), no entanto, foi a primeira destas fases a responsável pelos seus aspectos estruturais mais marcantes (Ribeiro & Rebelo 1971; Dias, 1986; Pereira *et al.*, 2014). Esta primeira fase de deformação ainda foi responsável pelo metamorfismo regional de baixo grau que afetou toda a região (fácies dos xistos verdes, zona da clorite), o qual terá alterado o calibre e a mineralogia dos minerais pré-existentes (d'Orey, 1999).

Em seguida, uma terceira fase de deformação (D3) afetou a região, sendo marcada por um regime de cisalhamento transcorrente NW-SE, a instalação de corpos graníticos e a formação de uma clivagem pouco penetrativa. Por último, a Orogenia Alpina foi responsável pela reativação de estruturas frágeis preexistentes e a formação de falhas transcorrentes com direção aproximadamente paralela à Falha da Vilariça (NNE-SSW a E-W) (Dias, 1986; Pereira *et al.*, 2014).

O projeto de ferro de Carviçais 2

Situado no flanco sul do Sinclínório de Moncorvo com as coordenadas centrais 41°14'N e 6°96'W (a SE de Torre de Moncorvo), o projeto de Carviçais 2 ocupa maioritariamente a parte sul e leste do referido sinclínório, sendo caracterizado por um intenso seccionamento produzido por falhas dos sistemas E-W a ENE-WSW, NNE-SSW a N-S e NE-SW (Fig. 2). Estes sistemas de falhas originaram um conjunto de “horst” e “graben” e consequentemente as camadas mineralizadas foram expostas na superfície devido a erosão das rochas encaixantes ou preservadas em profundidade abaixo das camadas não mineralizadas (Fig. 5).

Os trabalhos de prospeção e pesquisa realizados com vista à avaliação do potencial económico e mineiro do flanco sul do sinclínório de Moncorvo centraram-se nas porções sul e leste desta estrutura e permitiram a identificação de quatro alvos com dimensões, características químicas e mineralógicas distintas: Felgueiras, Canada, Boavista e Lapinha (Fig. 6). Os alvos Felgueiras e Canada foram considerados como prioritários por apresentarem maior área de minério de ferro aflorante, anomalias magnéticas mais expressivas e, consequentemente, maior potencial geológico-mineiro. A área do alvo Felgueiras é 9,21 km² e do alvo Canada 10,61 km² (Fig. 7) (Figueiredo *et al.*, 2015a; Figueiredo *et al.*, 2015b).

A geologia dos alvos de Felgueiras e da Canada é complexa devido ao intenso dobramento e numerosas falhas que seccionam as camadas mineralizadas em ferro. Isto reflete-se numa distribuição espacial descontínua destas camadas quer em superfície quer em profundidade, devido à atuação de um conjunto de sistemas de falhas tardi e pós varisca que causou a formação de blocos tectónicos com algumas centenas de metros, seguido de soerguimento e abatimento (Figueiredo *et al.*, 2015b).

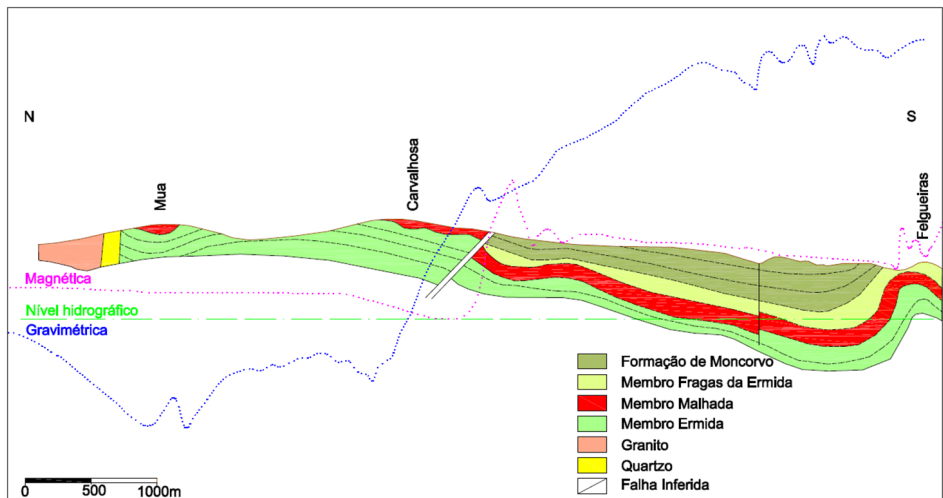


Figura 5 – Corte longitudinal (N-S) sobre o sinclínio de Moncorvo com a sobreposição da interpretação dos dados de geofísica efetuada pelo Eng. Rocha Gomes do Serviço Fomento Mineiro. Adaptado de SFM e Ribeiro & Rebelo, 1971.

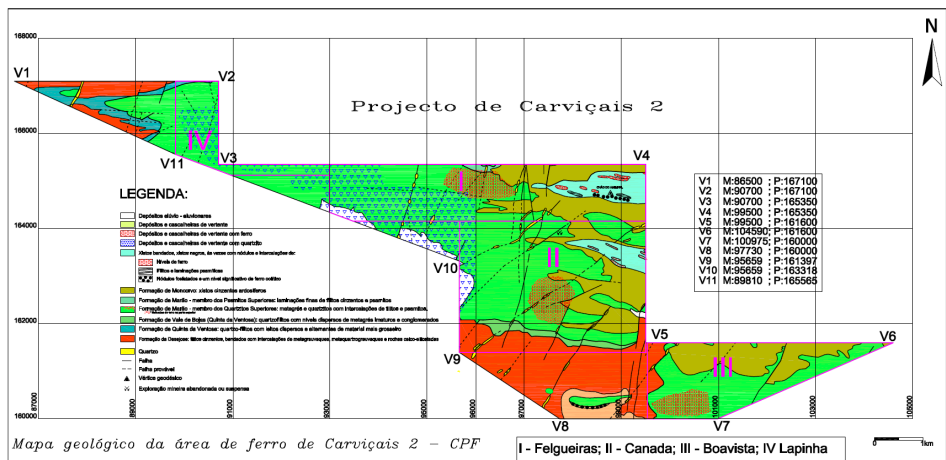


Figura 6 – Mapa geológico da área de Carviçais 2 com a identificação dos alvos de prospeção. Fonte: CPF.

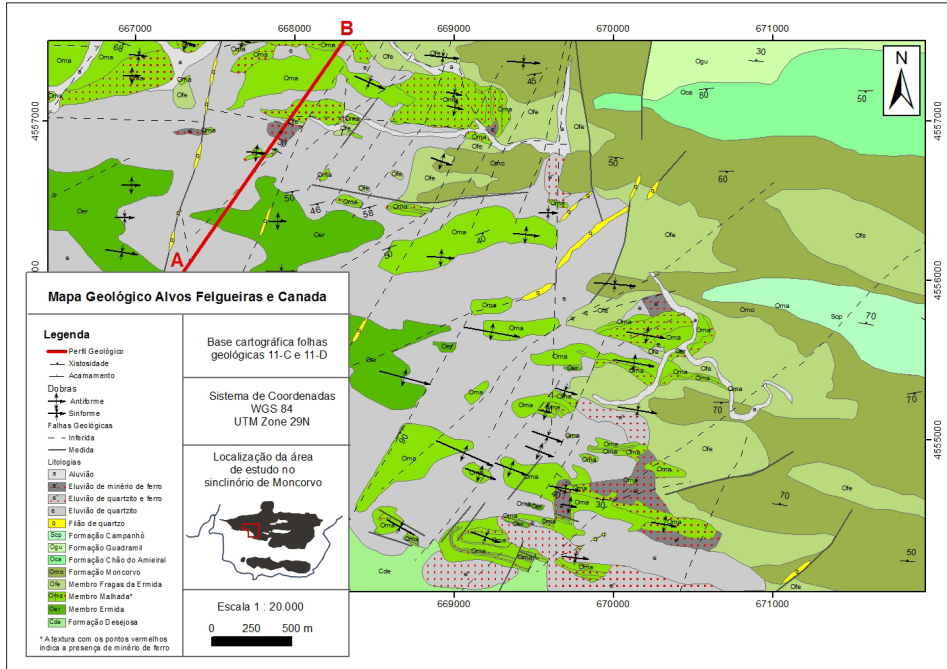


Figura 7 – Mapa geológico dos alvos Felgueiras e Canada. Fonte: CPF, 2016.

O alvo Felgueiras

O alvo de Felgueiras (I) é caracterizado, do ponto de vista estrutural, como sendo um anticlinório e ocupa uma área de cerca de 7.71 km². Nesta área, os metassedimentos do Ordovício foram dobrados durante a fase D1 da Orogenia Varisca, produzindo numerosas dobras com orientação dominante E-W. É comum no alvo de Felgueiras as mineralizações ferríferas da Formação do Marão estarem subjacentes a formações estéreis em ferro, nomeadamente laminações finas de filitos cinzentos e psamitos (Membro Fragas de Ermida, Fm Marão, ou OMR4). A este facto junta-se que o bloco tectónico do alvo de Felgueiras, aquando do soergimento causado pela Orogenia Alpina, poderá ter emergido posteriormente quando comparado com os alvos da Canada e da Boavista. Aparentemente isto fez com que os

minérios de ferro deste alvo estejam em estado de evolução diferente, que à partida será o seu estado mais primário e melhor preservado de fenómenos tardios. Isto reflete-se numa maior quantidade de magnetite (teor médio à superfície de 24,20%) e de minerais portadores de fósforo no minério.

O alvo Canada

Do ponto de vista geotectónico o alvo da Canada é também considerado um anticlinório, ocupando uma área de 10,6 km². As suas características geomorfológicas são semelhantes às do alvo de Felgueiras, contudo, na parte mais ocidental do alvo, as camadas ferríferas estão mais próximas da superfície, comparativamente com Felgueiras. Esta maior exposição das bancadas de ferro, combinada com um possível soerguimento do alvo da Canada anteriormente ao alvo de Felgueiras, fez com que a percentagem de magnetite presente na rocha seja a metade da quantidade presente no alvo de Felgueiras, cerca de 12,89% (Tabela 1).

Tabela 1 – Quadro comparativo da composição química e mineralógica dos minérios de Carviçais 2 e de Moncorvo (Ferrominas, E.P.)

Composição química e mineralógica	Felgueiras (Afloramentos)	Canada (Afloramentos)	Moncorvo
Fe	35,16%	31,47%	33,50-42,40%
FeO	7,51%	4,00%	0,9-1,4%
Hematite	25,23%	31,67%	46,00-56,00%
Magnetite	24,20%	12,89%	4,00%
P	0,61%	0,49%	0,50-0,57%
SiO ₂	38,29%	45,54%	36,70-36,90%
Al ₂ O ₃	4,83%	3,94%	6,00-7,30%
LOI	2,74%	3,63%	0,70-1,60%

As características principais dos minérios de ferro destes dois alvos são:

- As camadas de ferro aflorantes apresentam, regra geral, teores baixos em ferro (30-35% Fe), médio em fósforo (0,49-0,61% P) e altos em sílica (38-45% SiO₂);
- A hematite e a magnetite são os principais minerais portadores de ferro e em menor quantidade a goethite. Enquanto no alvo da Canada domina a hematite, no alvo de Felgueiras os valores de hematite e magnetite são bastante idênticos;
- A quantidade de magnetite aumenta em profundidade em ambos os alvos. No alvo de Felgueiras, em algumas sondagens atinge, a concentração deste mineral chega a 60%;
- O minério do tipo laminar é mais frequente que o minério compacto;
- Existe correlação positiva entre o teor de magnetite e o teor em fósforo;
- Os principais minerais portadores de fósforo são a apatite no alvo de Felgueiras e a goethite enriquecida em fósforo no alvo da Canada, tal como referido por d'Orey & Rebelo (1983) para o flanco norte do Sinclinório de Moncorvo;
- As rochas que compõem o estéril são maioritariamente quartzitos e xistos.

O potencial geológico mineiro de Carviçais 2

As atividades de prospeção e pesquisa efetuadas pela CPF no flanco sul do sinclinório de Moncorvo puseram a descoberto um potencial geológico-mineiro que até à data era desconhecido (Figs. 8 a 12) . Os trabalhos de geofísica efetuados pelo SFM no CMM durante a década de 60 indicaram que as mineralizações ferríferas identificadas no flanco Norte se estenderiam para Sul desses alvos, dado que foram identificadas fortes anomalias magnéticas e gravimétricas a sul da aldeia de Quinta dos Coriscos (Figueiredo *et al.* 2015d). Contudo essas anomalias nunca foram devidamente estudadas.

Numa fase de prospeção detalhada e com um programa de trabalhos, com o objetivo de obter um “*IRRC Compliant Mineral Resource Report*” de acordo com o código JORC, o Projeto de Ferro de Carviçais 2 apresenta um potencial para conter mais de 450 milhões de toneladas de minério de ferro exploráveis a céu aberto (Figueiredo *et al.* 2015c).



Figura 8 – Trabalhos de mapeamento geológico e reconhecimento do terreno em 2012.



Figura 9 – Abertura de trincheiras em 2012 para definição de limites litológicos.



Figura 10 – Levantamento magnético com recurso a *drones* de asa fixa (2015).



Figura 11 – Levantamento magnético com recurso a quadricóptero (2015).



Figura 12 – Execução de sondagens carotadas.

O potencial geológico-mineiro dos alvos Felgueiras e Canada foi estimado em cerca de 400 milhões de toneladas de minério de ferro. Os restantes alvos estão num estado mais atrasado de prospeção e pesquisa; contudo os trabalhos iniciais apontam para um potencial conjunto de cerca de 50 milhões de toneladas de minério de ferro (Figueiredo *et al.* 2015d). Contudo, levantamentos magnéticos efetuados recentemente demonstram que as mineralizações ferríferas se prolongam para leste dos limites atuais da área de Carviçais 2, pelo que o potencial até à data estimado para exploração a céu aberto, poderá ser largamente superado com a realização de futuros trabalhos de prospeção e pesquisa (Figueiredo *et al.* 2015c).

O cálculo do potencial geológico-mineiro da área de Carviçais 2 teve por base: (i) a área das anomalias magnéticas postas a descoberto no levantamento magnético quer terrestre quer por recurso a drones; (ii) a área dos afloramentos ferríferos onde o método magnético não obteve resposta; (iii) uma espessura média de 18 metros para a primeira camada mineralizada, que regra geral, se encontra aflorante ou sub-aflorante; e (iv) uma densidade de 3,5 g/cm³ para as mineralizações ferríferas (Figueiredo *et al.* 2015c).

De acordo com o código JORC, os valores de tonelagem apresentados tanto para a área de Carviçais 2 como para a área de Moncorvo, não podem ser

interpretados ou confundidos como sendo “Recurso Mineral” ou “Reserva Mineral”.

Conclusões

Os trabalhos de prospeção e pesquisa efetuados na primeira fase de prospeção puseram a descoberto um potencial geológico-mineiro, no flanco sul do sinclínrio de Moncorvo, que até à presente década era totalmente desconhecido. Levantamentos magnéticos efetuados recentemente demonstram que as mineralizações ferríferas ainda se prolongam para Oriente dos limites atuais da área de Carviçais 2, pelo que o potencial até à data estimado de cerca de 450 milhões de toneladas, para exploração a céu aberto, poderá ser largamente superado com a realização de futuros trabalhos de prospeção e pesquisa.

Um dos grandes entraves à exploração do minério de ferro na região de Moncorvo continua a ser a remoção do fósforo nos concentrados para níveis rentáveis nos mercados atuais ($P < 0,08\%$). Os trabalhos de mineralogia e metalurgia efetuados com os minérios de ferro do CMM demonstram uma forte associação entre os óxidos de ferro e os minerais portadores de fósforo. Adicionalmente, os minérios de ferro necessitam de ser moídos em partículas extremamente finas para que seja atingida uma libertação adequada, $106\mu\text{m}$ no caso dos minérios do alvo Felgueiras e $40\mu\text{m}$ no caso dos minérios do alvo Canada. À medida que as reservas de minério de ferro de elevada qualidade se vão esgotado, a necessidade de encontrar processos beneficiação e concentração de minérios de ferro com características semelhantes às dos minérios de ferro de Moncorvo, com viabilidade técnica e económica à escala industrial, tem vindo a ser debatida por diversos especialistas mundiais, sendo que até ao momento as soluções disponíveis, elevam em muito os custos operacionais. A necessidade de construção de uma infraestrutura onerosa para o escoamento dos concentrados de minério que venham a ser produzidos no CMM torna vital a definição de uma rota metalúrgica eficiente na eliminação do fósforo a valores competitivos. Contudo, a predominância de magnetite no minério do tipo reduzido pode constituir um diferencial para a comercialização deste produto.

Caso sejam combinados os recursos estimados até à data de todo o CMM (flancos norte e sul do Sinclínrio de Moncorvo e Anticlínrio de Carvi-

çais), combinado com uma abordagem mineralógica e metalúrgica, poder-se-á começar a lançar as bases para um projeto mineiro de dimensão média à escala mundial.

Bibliografia

- Dias, R. (1986). Estudo de um sector do autóctone de Trás-os-Montes Oriental e ENE de Torre de Moncorvo. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 1-153.
- Duarte, M.L., Coutinho, J., Barros, R. & Ribeiro, A. (1966). Estudos geológicos no sinclinal de Moncorvo. *Bol. Minas, D.G.G.M*, Lisboa, 3(1), 51-53.
- Figueiras, J., Mateus, A., Rodrigues, P., Oliveira, M., Ribeiro, P., Meira, J., Sobreiro, S. (2015). Fases fosfatadas nos minérios de ferro de Moncorvo; consequências na caracterização do recurso mineral e na sua avaliação económica. *Livro de Resumos do X Congresso Ibérico de Geoquímica/XVIII Semana de Geoquímica*, LNEG, 76-79.
- Figueiredo, N., Botelho, S., Parra, A. (2015a). Geologia dos alvos Canada e Felgueiras – Projeto de Ferro de Carviçais 2. Relatório inédito 21 p.
- Figueiredo, N., Botelho, S., Parra, A., Urbano, E. (2015b). O flanco sul do Sinclínio de Moncorvo como um importante alvo mineiro. Livro de resumos, p. 18 - 23, VIII Seminário de Recursos Geológicos e Ordenamento do Território (RecGeo), UTAD, Vila Real, 2015.
- Figueiredo, N., Pinheiro, H., Botelho, S. (2015c). 8º Relatório Semestral de Atividades da área de Carviçais 2 – CPF. Relatório inédito, 485p.
- Figueiredo, N., Botelho, S., Parra, A. (2015d). Carviçais 2 Iron Project. Relatório inédito, 20 p.
- LU, L. (2015). Iron Ore - Mineralogy, Processing and Environmental Sustainability, 648pp;
- Meireles, C.A.P. (2013). “Litoestratigrafia do Paleozóico do sector a nordeste de Bragança (Trás-os-Montes)” - Serie Nova Terra, nº 42. Instituto Universitário de Geologia “Isidro Parga Pondal”, Univ. Coruña, 471pp, 5 Anexos, 1 mapa geol.
- Mateus, A., Dias, R., Coke, C., (2001). Mecanismos e regimes de deformação em rochas metassedimentares detríticas do Ordovícico inferior e médio da Zona-Centro-Ibérica (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, t. 88, 79-98.

- Mateus, A., Figueiras, J., Oliveira, M., Ribeiro, P., Meira, J., Sobreiro, S. Rodrigues, P. (2015). Novas perspectivas para o minério de ferro de Moncorvo. *Livro de Resumos do X Congresso Ibérico de Geoquímica/XVIII Semana de Geoquímica*, LNEG, 104 - 107.
- Oliveira, M. F. B., (2015). Controlos lito-estratigráficos, mineralógicos e geoquímicos da jazida de ferro da Carvalhosa (Serra do Reboredo, Torre de Moncorvo). Relatório de estágio, Universidade de Lisboa, 203 p.
- d'Orey, F. L. C. & Rebelo, J. L. A. (1983). The nature of the refractory iron ores at Moncorvo, northeastern Portugal. *Special Publication, Geological Society of South Africa*, 7, 253-260.
- d'Orey, F. L. C. (1999). The Detrital Origin of the Moncorvo Ordovician Ironstones. *Ciências da Terra (UNL)*, 13, 131-140.
- Pereira, E., Rodriguez, J., Ribeiro, A., Dias, R., Rebelo, J. A., Silva, A. F. (2014). Notícia Explicativa da Folha 11-D Carviçais da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Serviço Geológico de Portugal, Lisboa, 1-62.
- Piçarra, J.M., Rebelo, J.A., Sarmiento, G.N., Robardet, M., Gutiérrez-Marco, J.C. & Rábano, T. (1995) – Descoberta de conodontes e Scyphocrinóides em calcários Silúricos do sinclinal de Moncorvo e a sua importância biostratigráfica. *IV Congresso Nacional de Geologia, Univ. Porto, Fac. Ciências, Mus. Lab. Min. Geol. Mem. n.º 4*, 117-120.
- Rebelo, J. L. A. & Ribeiro, A. R., (1977). Relatório preliminar sobre a geologia do jazigo de ferro de Moncorvo. Serviços Geológicos de Portugal, relatório interno, 1-95.
- Rebelo J. A. & Romano M. (1986). A Contribution to the Lithostratigraphy and Palaeontology of the Lower Palaeozoic Rocks of the Moncorvo Region, Northeast Portugal. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 1986, t. 72, fasc. 1/2, pp. 45-57.
- Ribeiro A. (1974). Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental. *Serv. Geol. Portugal, Mem. 24 (n.s.)*, 168p.
- Ribeiro, A. & Rebelo, J. (1971). Estudo geológico da região de Moncorvo e em especial, do seu jazigo de ferro. I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Econômica, 983-990.
- Ribeiro, A. R.; Antunes, M. T.; Ferreira, M. P.; Rocha, R. B.; Soares, A. F.; Zbyszewski, G.; Moitinho de Almeida, F.; Carvalho, D. & Monteiro, J.H. (1979). *Introduction à la Géologie du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 1-114.

- Sá, A., (2005). Bioestratigrafia do Ordovícico do nordeste de Portugal. Tese de doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 571 p.
- Sá, A.A., Coke, C., Piçarra, J.M. & Gutiérrez-marco, J.C. (2003) – Nova localidade com escifocrinóides no Silúrico do sinclínio de Moncorvo (Zona Centro-Ibérica, Portugal). VI Cong. Nac. Geol., *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, A146-A149.
- Sá, A. A., Meireles, C., Coke, C., Gutiérrez-Marco, J. C. (2005). Unidades litoestratigráficas do Ordovícico da região de Trás-os-Montes (Zona Centro-Ibérica, Portugal). *Comunicações Geológicas, I.N.E.T.I.*, t. 92, 31-74.
- Thadeu, D. (1952). Le gisement de fer de Moncorvo (concession de Fragas de Carvalhosa). *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, Porto, volume X, fasc. I-II-III, 59-76.
- Urbano, E. E. M. C., Meireles, C. A. P., Gomes, M. E. P., Figueiredo, N., Botelho, S., Brandão, P. R. G. (2015). Estudo petrográfico comparativo entre os minérios de ferro do flanco norte e flanco sul do Sinclinal de Moncorvo. Livro de resumos, p. 24 - 29, VIII Seminário de Recursos Geológicos e Ordenamento do Território (RecGeo), UTAD, Vila Real, 2015.

A exploração das Águas Minerais Naturais Sua gestão e aplicação

Manuel Antunes da Silva

Super Bock Group

Email: antunes.silva@superbockgroup.com

Introdução

A Água Mineral Natural é um Bem Dominial do Estado pelo que a sua exploração está sujeita à assinatura de um Contrato de Concessão no qual ficam estabelecidas as condições de exploração, os direitos e as obrigações do titular, Concessionário.

Este Contrato atribui uma área de exploração exclusiva, Área de Concessão, estabelecendo um Plano de Exploração onde são definidas, para cada captação, as condições de exploração (caudal máximo, nível hidrodinâmico máximo, características e profundidade de instalação da bomba...)

A Legislação aplicável, Lei 54/2015 de 22 de junho e Decreto-Lei 86/1990 de 16 de março, prevê ainda a obrigatoriedade de estabelecer um Perímetro de Proteção que visa a salvaguarda do recurso hidromineral desde a área de recarga do sistema aquífero até à captação/captações.

A gestão deste recurso está obrigatoriamente entregue à Direção Técnica da Exploração (Artº 30º, DL 86/90) que será desempenhada por elemento qualificado, com idoneidade técnica e disponibilidade, reconhecidas pela entidade de Tutela, para o desempenho do cargo.

A gestão e a aplicação/uso de uma Água Mineral Natural dependerá, do seu perfil hidroquímico, e das condições físicas na emergência, pelo que o detalhado conhecimento do recurso, das suas condições de recarga, circulação subterrânea e exsurgência, são a base de uma correta gestão.

A cuidadosa execução do trabalho de prospeção e pesquisa, a definição de um modelo conceptual integrador do máximo de informação existente, o planeamento pormenorizado da beneficiação de uma exsurgência natural

ou da construção de uma captação profunda, o correto acompanhamento da execução dos trabalhos de captação, são a base de garantia que as características do recurso se manterão ao longo do período de exploração.

A monitorização do recurso, o acompanhamento da extração e a manutenção das captações concorrem para assegurar que a destabilização imposta ao aquífero pela retirada de Água Mineral Natural tende para um reequilíbrio e nunca para uma sobre-exploração que levaria à não renovação do recurso à sua adulteração e eventual desaparecimento.

Monitorização do recurso e da exploração

Os recursos que servem de base à produção de **Água Mineral Natural** (AMN) terão, obrigatoriamente, que apresentar um perfil qualitativo irrepreensível de acordo com a legislação em vigor, no que respeita às suas características Microbiológicas e Físico-Químicas.

A Qualidade exigida na origem poderá ser progressivamente adulterada ao longo da exploração, caso não sejam respeitadas as condições hidrodinâmicas de extração definidas, captação a captação, garantindo a renovação do recurso e o equilíbrio do sistema aquífero.

Deste modo, a **monitorização** assegura que, em cada momento, a disponibilidade de recurso em quantidade e qualidade, está de acordo com o expectável resultando de um trabalho contínuo de **conhecimento/avaliação hidrogeológica** do sistema, associado a uma correta **gestão da exploração**. Esta gestão, terá que respeitar as condições técnicas expressas no **Plano de Exploração** (no caso de AMN) aprovado pela Tutela, balizada por detalhados dados qualitativos e quantitativos que permitirão aferir, com frequência, a adequabilidade da parametrização de exploração adotada e, eventualmente, atuar sobre as especificações de base adaptando-as às reações do sistema aquífero. A correta **monitorização** inicia-se aquando da execução da captação, sendo a base de uma boa gestão e salvaguarda da disponibilidade de Recurso.

A nível de gestão global do aquífero, considerando o alto nível qualitativo que deve ser posto ao serviço do desenvolvimento e exploração de Águas

Minerais Naturais, é absolutamente indispensável o cumprimento rigoroso das regras gerais de gestão de aquíferos e captações, tais como:

- (i) As extrações não devem ultrapassar 70 a 80% dos recursos renováveis;
- (ii) Para captações situadas em aquíferos confinados, o rebaixamento não deve ser levado abaixo da base da camada confinante;
- (iii) Para captações situadas em aquíferos livres, o rebaixamento não deve exceder 50 a 60% da espessura saturada;
- (iv) A velocidade de entrada de água na captação deve ser respeitada, não excedendo 3 cm/s e os tubos-ralos das captações nunca deverão ficar a descoberto;
- (v) Não deve ser feita sobre bombagem relativamente à capacidade do aquífero e ao dimensionamento da captação;
- (vi) A operação de captação deve prever a colocação da bomba vários metros abaixo do nível dinâmico;
- (vii) Deve ser evitada a bombagem intermitente, ainda que para isso seja necessário instalar capacidade de armazenamento suplementar à superfície;
- (viii) Devem ser monitorizados, sistematicamente: a qualidade da água, os caudais e os níveis estático e dinâmico;
- (ix) As captações, mesmo as abandonadas, devem ser inspecionadas regularmente para verificar o comportamento hidrodinâmico e prevenir riscos de contaminação;
- (x) Devem existir procedimentos de rotina para fazer face a uma qualquer situação de emergência (por exemplo, a existência de, pelo menos, uma captação de reserva).

O cumprimento sistemático destas normas, contribuem para a diminuição drástica de ocorrências negativas associadas à qualidade e quantidade de água captada e da sua constância no tempo, princípios básicos inerentes à condição de água mineral natural.

A efetivação da monitorização hidrodinâmica, como instrumento de Gestão de uma Exploração de Água Mineral Natural, pressupõe uma definição prévia de parâmetros como: o Caudal de Exploração (CE) e o Nível Hidrodinâmico de Exploração (NHD) máximo a atingir. Estas parametrizações, inicialmente estabelecidas, aquando do estudo da captação e no arranque

da atividade de extração, deverão ser validadas e/ou ajustadas, ao longo de toda a sua vida útil.

Uma captação só poderá ser dada como concluída, quando for conhecido o formato de exploração a adotar. Para tal, é imprescindível a realização de ensaios de bombagem, após as fases de: conclusão dos trabalhos de furação, entubamento e desenvolvimento. Com base na informação obtida durante da furação (tais como: tempos de furação, litologias atravessadas, produtividades obtidas, ...) e de ensaios complementares (diagrfias, ...) são definidas as condições de efetivação dos ensaios de bombagem, escalonado e final.

O **caudal de exploração**, de uma captação de água mineral natural ou água de nascente, constitui o caudal que é possível extrair tendo em conta constrangimentos técnicos, económicos e institucionais. Não corresponde, por isso, ao caudal máximo captável de uma obra ou aquífero hidromineral, mas ao que as condições hidrogeológicas, a captação, o enquadramento ambiental e as interações com outros aquíferos permitem. Finalmente, para ser efetivo, o caudal de exploração é consagrado, legalmente, no Plano de Exploração, aprovado pela Tutela.

A fixação do caudal de exploração de uma captação de água mineral natural não corresponde à simples determinação do caudal crítico com um ensaio escalonado. Este caudal crítico será o limite superior fictício, o valor máximo, eventualmente aceitável. Corresponderá ao caudal de exploração se não houver sobreposição de outras limitações como:

- Interferências com outras captações da mesma concessão ou de concessões vizinhas;
- Interferências com aquíferos não minerais ou águas superficiais e mesmo eventuais imposições da Tutela.

O **caudal seguro** de um aquífero hidromineral pode ser encarado de forma semelhante ao de um aquífero normal. Corresponde ao caudal que pode ser **extraído** de um dado aquífero hidromineral, **sem indução de efeitos ambientais negativos**.

Na determinação do caudal seguro terá de atender-se às limitações que são impostas pela manutenção absoluta da composição físico-química e mi-

crobiológica da água, à tipologia dos reservatórios geológicos, às variações temporais e espaciais do regime hidrológico e ao conhecimento do circuito hidromineral. O caudal seguro pode ser função da metodologia e estratégias de exploração.

Quanto às Águas Minerais Naturais de origem profunda ou circuito hidráulico longo, as dificuldades para determinação dos recursos são maiores pois em muitos casos é grande a indefinição sobre o modelo conceptual. As áreas de recarga são generalizadamente desconhecidas bem como o tempo de residência das águas, pelo que se deve recorrer à utilização de metodologias que permitam caracterizar estes dois itens de grande importância para a modelização da circulação em profundidade (recorre-se, por exemplo à determinação de alguns isótopos presentes na composição das águas).

Pode concluir-se que a avaliação dos recursos em aquíferos hidrominerais não é tarefa fácil sendo definida (por alguns autores) como o volume de água naturalmente ocorrente que pode ser extraído dum aquífero ou sistema aquífero atendendo a condicionamentos económicos e legais, sem alteração das qualidades intrínsecas da água ou indução de danos ambientais.

O Plano de Exploração, tal como previsto no Art.º 26.º do Dec-Lei 86/90, deve conter “a memória descritiva sobre as características do recurso e a descrição pormenorizada dos processos de exploração e a indicação dos caudais”. Trata-se, portanto, do documento que exige um conhecimento adequado sobre o recurso de forma a justificar as metodologias de exploração propostas. Não pode, por isso, ser elaborado sem que o Director Técnico de Exploração tenha ideias claras sobre a disponibilidade do recurso hidromineral e suas metodologias de desenvolvimento e protecção.

O **Nível Hidrodinâmico de Exploração** (NHD) é o nível estabilizado da água de um furo, medido a partir do seu topo, após várias horas de bombeamento em caudal constante.

O acompanhamento destes parâmetros depende de vários fatores associados ao formato de exploração em uso.

Nas captações mais recentes a Tutela obriga à instalação de **sistemas de monitorização hidrodinâmica**, que permitem a leitura de dados referentes a este parâmetro. Geralmente constam de um caudalímetro, instalado

na adução da água à armazenagem e de uma sonda de pressão que, submersa na própria captação, permite determinar a distância entre o seu topo e o nível da água. Estes sensores podem ser integrados em sistemas de armazenamento/processamento de informação permitindo maior frequência na aquisição de dados, assegurando o estabelecimento de uma periodicidade pré-definida de acordo com a especificidade da exploração e do sistema aquífero, evitando a intervenção humana nas captações e, eventualmente, podendo emitir alarmes em circunstâncias potencialmente anómalas (tais como: avaria de bomba, deteção de valores não permitidos nos parâmetros monitorizados, entre outros...).

Estes equipamentos de aquisição de informação, terão que ser objeto de calibração periódica e a sua sensibilidade de leitura estar de acordo com as características da exploração.

Nos casos em que tais equipamentos não estejam implementados, a supervisão destes parâmetros não poderá ser descurada. A frequência e metodologias de medição a estabelecer, dependerão sempre do modelo hidrogeológico conceptual subjacente, do tipo de captação (vertical, horizontal, bombada, artesianas...), da exploração (continua ou descontínua) e do caudal (constante ou variável), devendo ser determinado um padrão que permita o correto acompanhamento das variações.

Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de uma instalação, com equipamentos para aquisição de valores de CE e NHD. Neste caso, encontram-se também instalados sensores de pH, Condutividade e Temperatura da Água.

A ausência de microrganismos patogénicos e/ou poluentes é um dos conceitos de base à classificação de um recurso como Água Mineral Natural. Esta característica tem que ser mantida ao longo da exploração, **não sendo permitida qualquer forma de desinfeção ao recurso.**

A informação adquirida na **monitorização microbiológica**, sempre que sejam respeitadas as regras da boa prática na colheita de amostras e que a entidade que executa as determinações seja qualificada para o fazer, permite aferir das condições higiosanitárias da estrutura de captação e detetar indícios de situações anómalas que, a manterem-se no tempo, poderão levar à impossibilidade de utilização do recurso captado em determinado ponto.

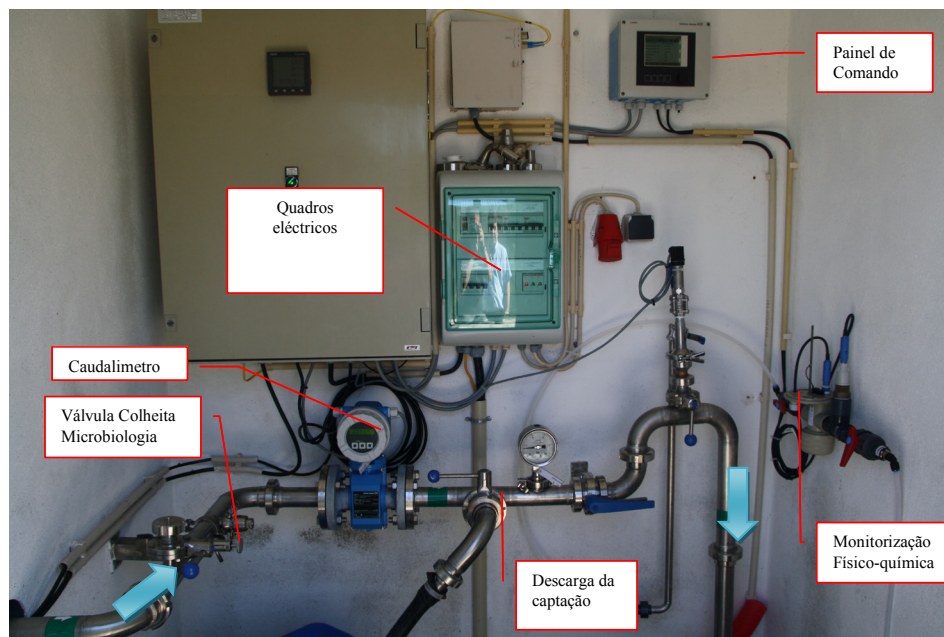


Figura I – Exemplo de uma sala de captação equipada com sistema de monitorização.

Menos comuns, mas com maior dificuldade de resolução, são os casos em que a classificação de uma amostra de água como imprópria reflete a afeção de todo o sistema aquífero, configurando a possibilidade de uma contaminação do recurso na origem.

Os resultados dos exames laboratoriais de qualquer amostra de água, são apenas representativos da água naquele momento e naquele ponto específico. A contaminação quando surge é, usualmente, intermitente e pode não ser revelada pelo exame de uma única amostra. O relatório, baseado numa única amostragem, pode apenas indicar que na altura do exame, os organismos em estudo (quer bactérias indicadoras de contaminação fecal ou indicadores da qualidade geral da água) desenvolveram-se ou não, em determinadas condições laboratoriais a partir da amostra de água. As técnicas de amostragem e transporte das amostras podem influenciar também os resultados, sendo nestes processos o uso das boas práticas essencial.

Esta vertente da monitorização microbiológica encontra-se regulada por legislação específica e é objeto de programas anuais, estabelecidos pela Tutela.

A **monitorização** destes recursos é definida através de uma caracterização **Físico-Química, obrigatoriamente estável**, dentro de limites considerados aceitáveis, atendendo às flutuações naturais existentes.

Os parâmetros de determinação mais comuns, neste tipo de monitorização da operação de extração, são: o pH, a condutividade e a temperatura da água na emergência.

A aquisição destes valores pode ser feita:

- a partir da colheita, no local da amostragem ou no laboratório;
- com o recurso a instrumentação instalada na captação (ver Fig. 1).

A seleção dos parâmetros a analisar deverá variar consoante a composição química do recurso e os riscos a que se encontra sujeito.

A **gestão da exploração** de uma **Água Mineral Natural** tem que **assegurar a estabilidade e renovação do recurso**. A sua composição é fruto das condições de circulação subterrânea a que a água é sujeita (duração, pressão e temperatura e rocha encaixante), desde o local de recarga do sistema aquífero até ao ponto de extração. Qualquer alteração que se verifique no quimismo, refletirá sempre alguma modificação das condições de equilíbrio, na formação do recurso. A sobre exploração deste, é uma das causas mais comuns para este tipo de alterações.

Desde 1986, a Tutela estabeleceu programas analíticos anuais de acompanhamento da evolução destes parâmetros captação a captação, constituídos por um conjunto de amostragens para determinação laboratorial dos constituintes de cada recurso. Esta é uma base de conhecimento importante para a avaliação dos sistemas aquíferos e da sua reação aos formatos de exploração em curso.

Tratando-se de recursos cuja variação físico-química será quase nula ao longo do tempo, a monitorização periódica estabelecida pela Tutela revela-se uma ferramenta muito útil na avaliação do impacto da exploração no sistema aquífero e na evolução global do recurso. No entanto, o acompa-

nhamento frequente, com a determinação expedita, de algumas das suas características, permite a deteção atempada de situações indesejáveis que poderão levar à degenerescência do recurso e, no limite, à sua desqualificação como Água Mineral Natural.

Manutenção das captações

Como todo o equipamento, as captações funcionarão tão melhor quanto mais:

- Detalhado for o seu projeto de conceção (devidamente fundamentado em estudo hidrogeológico);
- Competente for a sua construção (respeitando o projeto, com acompanhamento tecnicamente habilitado e definição devidamente fundamentada das condições de exploração);
- Correta e adequada for a sua exploração (acatando as condições definidas);
- Eficientes forem as ações de manutenção.

As captações são obras de engenharia, construídas de acordo com normas estabelecidas, com o objetivo de intersetar origens de água, em harmonia com o ambiente geológico onde se inserem e com o recurso que captam, necessitando, como todo o equipamento, de manutenção, sendo esta de extrema importância para que a qualidade do recurso se mantenha, assim como para prevenir a diminuição da capacidade produtiva.

Os problemas de produtividade das captações podem advir de:

- Envelhecimento prematuro associado a deficiente exploração/manutenção;
- Incorreta conceção da captação;

O tipo de utilização a que uma captação de Águas Minerais Naturais está sujeita impõe, em muitos dos casos, uma exploração de 24 horas por dia, 365 dias por ano, de modo a assegurar a disponibilidade de recurso e a garantir a sua estabilidade duradoura. Este facto leva a que seja exigido da captação e do sistema de bombagem um esforço contínuo. O impacto no aquífero é obviado pela correta exploração do recurso tendo em consideração as características da água e do aquífero em que a captação está inserida. O desgaste dos equipamentos (captação e sistema de bombagem) tem que

ter uma abordagem apropriada que permita a sua contínua laboração e previna situações que potencialmente conduzam a paragens e/ou a influências negativas no aquífero.

O correto funcionamento de uma captação deve ser continuamente avaliado de modo a garantir que o aparecimento de problemas que reduzam a disponibilidade de recurso, venham a aumentar os custos de exploração ou mesmo a impossibilitar a sua utilização sejam atempadamente identificados e, na medida possível, debelados.

Algumas destas alterações poderão ocorrer devido a variações do próprio aquífero relacionadas, na maior parte dos casos, com condições impostas pela sazonalidade.

A monitorização da exploração é fundamental na deteção de variações:

- ✓ Anómalas de caudal (aumentos ou diminuições);
- ✓ Inesperadas de nível hidrodinâmico na captação (captações profundas);
- ✓ Na qualidade do recurso extraído (físico-química e bacteriologia);
- ✓ Nas condições de operação dos equipamentos de extração ou de adução;

A boa interpretação da variação destes parâmetros permitirá aferir do correto funcionamento da extração em cada momento.

Consideram-se dois tipos de parâmetros que, variando, podem alertar para a potencial existência de problemas no funcionamento da extração. Os hidrodinâmicos (do aquífero e da captação) e os qualitativos (do recurso).

A **alteração anómala do caudal de exploração**, do valor do **nível da água** na captação (no caso das captações profundas), das **características do recurso** (físico-químicas ou microbiológicas) ou de alguns dos **parâmetros do equipamento de bombagem** (pressão, consumo de energia, etc.) devem ser consideradas como o primeiro **sinal de alerta** para a ocorrência de algum processo irregular.

A deteção de desvios em qualquer dos parâmetros considerados deve despoletar ações de verificação dos mecanismos de monitorização, despiste de leituras incorretas e resolução de situações indesejadas.

A variação inesperada do caudal de exploração em emergências naturais, estando o sistema de aproveitamento devidamente instalado, refletirá, em princípio, a sazonalidade do sistema, no entanto em captações que dependam de sistemas de extração este parâmetro pode apresentar alterações inesperadas devidas:

- À ação humana, por alteração do set-point do equipamento de controlo ou do mecanismo que determina o caudal de extração;
- A avaria do equipamento de bombagem, por defeito elétrico;
- A perda de eficiência do equipamento de bombagem por colmatação ou desgaste natural;
- A deficiência na captação.

O aproveitamento a partir de uma emergência natural encontra-se dependente das condições próprias do sistema pelo que qualquer variação encontrada no quimismo ou microbismo da água refletirá as condições naturais do sistema aquífero ou as que lhe sejam impostas por influência antrópica.

As captações construídas em profundidade representam uma interseção pontual do aquífero. O seu caudal de extração poderá ser superior ao fluxo natural do sistema donde, a variação qualitativa do recurso, eventualmente, refletirá uma situação de sobre-exploração na qual as condições de formação que levaram à constituição do recurso foram alteradas. Esta razão leva, geralmente, à alteração progressiva, ao longo do tempo, das características do recurso.

No entanto, o próprio equipamento (captação e sistema de bombagem) pode, devido às suas características, provocar alterações no perfil qualitativo da água captada.

A **modificação do aspeto visual do recurso** captado, com o aparecimento de turvação, partículas em suspensão e/ou sedimentos está, comumente relacionado com alterações na captação.

A turvação (Fig. 2) e as partículas em suspensão podem dever-se à alteração do quimismo da água por precipitação ou pela formação de coloides. Estes fenómenos resultam da alteração do equilíbrio físico-químico do recurso levando ao desenvolvimento de formas não dissolvidas de alguns elementos.

O surgimento de partículas está invariavelmente associado ao revestimento da captação. Pode dever-se:

- Ao deficiente dimensionamento das zonas de ralos (Fig. 3), que permite a entrada na captação de materiais provenientes da litologia envolvente, subsequentemente arrastados pela água bombeada;
- Ao desenvolvimento de aberturas no revestimento por fratura/corrosão;
- À deficiente ligação entre os troços do revestimento.



Figura 2 – Exemplo de turvação de uma amostra de água

A manutenção deve atuar preventiva e corretivamente.

Dependerá da conjugação deste dois formatos a garantia contínua de laboração e de disponibilidade de recurso.

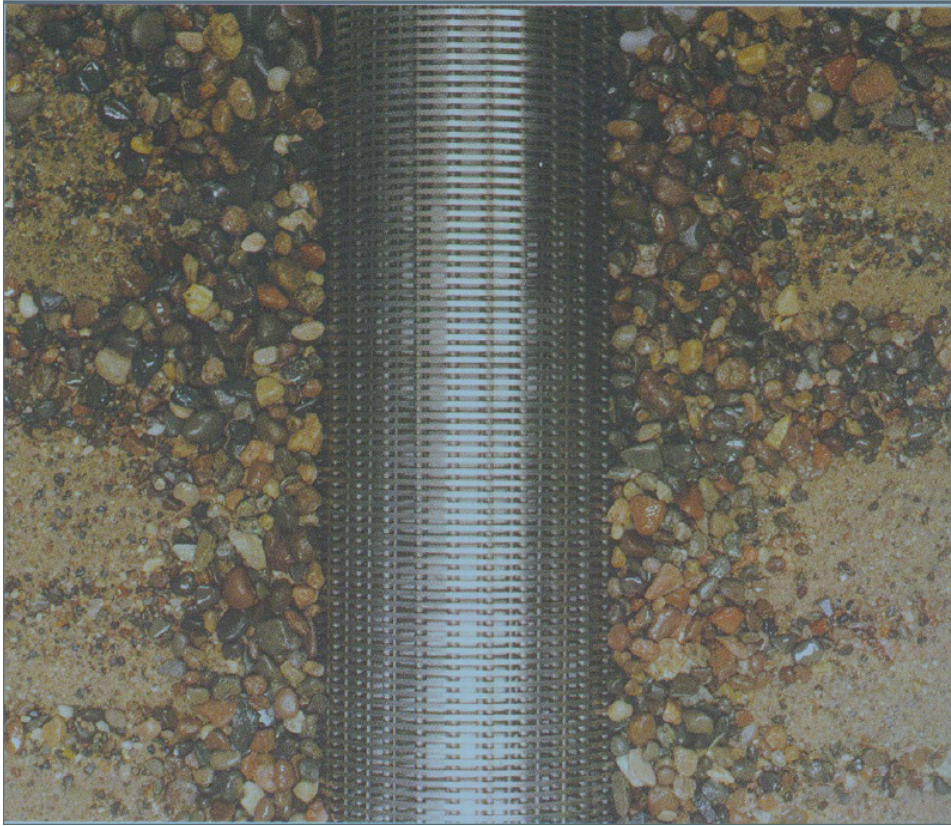


Figura 3 – Exemplo de uma zona de ralo do revestimento de uma captação bem desenvolvida.

Não havendo duas captações com comportamentos iguais, o plano de ações a empreender terá que ser devidamente ajustado às características da captação, do aquífero e ao perfil químico da água.

Pretende-se evitar situações de paragem parcial ou total da operação, com todos os custos que tal poderá acarretar.

O estabelecimento de um conjunto de tarefas de avaliação de fácil execução, direcionadas para a deteção atempada das situações de alarme e dimensionadas para o sistema de captação em causa, permitirá assegurar a diminuição do aparecimento de perturbações graves (Fig. 4) à normal exploração, programando atempadamente intervenções sobre os equipamentos.

Cada uma das ações que em seguida se descrevem (Tabela 1) devem ser desenvolvidas por captação sendo a periodicidade referida indicativa já que a mesma deve ser estabelecida com base num histórico de avaliações e intervenções, a construir.

Tabela 1 – Ações de avaliação do estado de uma captação

			Periodicidade
Avaliação	Visual	Instalação de superfície	Semanal
		Camara submersa	Quinquenal
	Hidráulica	Perda de Carga	Mensal
		Caudal de exploração	Contínuo
		Nível Hidrodinâmico	Contínuo
	Estrutural	Fundo da Captação	Quinquenal
		Maciço filtrante	Quinquenal
	Elétrica	Consumo	Semestral
		Tensão	Semestral



Figura 4 – Exemplo de uma zona de ralos completamente colmatada por incrustação com minerais

Função dos resultados da avaliação dever-se-á decidir qual a melhor forma de intervenção acionando a que mais se adequa (Tabela 2).

Tratando-se de uma sondagem transformada em captação a decisão de intervenção que advenha de avaliações hidráulicas ou estruturais deverá ter como suporte o visionamento (endoscopia) da total extensão da coluna de

revestimento da captação usando equipamento adequado (Figs. 5 e 6). Este processo consiste na filmagem a cores, do interior de uma captação de água subterrânea, em tempo real, podendo-se proceder ao registo simultâneo em suporte digital, sendo de fundamental importância na deteção de eventuais problemas ou patologias que afetem a eficiência de uma captação.

		Periodicidade	
Intervenção	Limpeza	Mecânica	Decenal
		Química	Decenal
	Substituição	Cabeça da captação	Na sequência de avaliação não conforme
		Bomba	
		Coluna de elevação	
	Regeneração	Captção	
		Tratamento Mecânico	
	Reabilitação	Tratamento Químico	
	Reencamisamento		

Tabela 2 – Intervenções de reabilitação de captções



Figura 5 – Equipamento para visualização do interior de uma captação

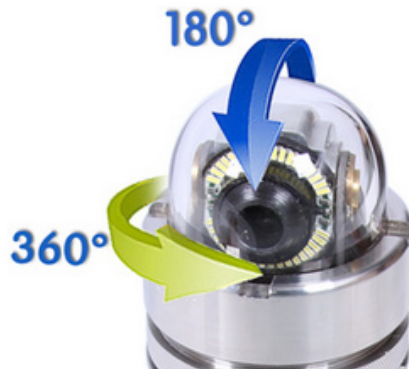


Figura 6 – Modelo de câmara para inspeção visual de captções

A metodologia de execução de uma endoscopia consiste em introduzir a câmara de filmagem no interior do furo procedendo-se numa fase inicial à aferição do controlo da profundidade que é registado no monitor e na gravação.

Quando se detetam aspetos de particular interesse na tubagem de revestimento, procede-se à sua filmagem lateral o que permite obter imagens da parede da tubagem de revestimento com a orientação adequada para a sua análise.

A endoscopia deverá ser complementada com um relatório, o qual deverá incluir a gravação completa, em formato digital, das imagens recolhidas nas filmagens.

Neste relatório deverão constar, além das características dos equipamentos e da metodologia aplicada, um levantamento exaustivo sobre a estrutura da captação, uma análise comparativa deste levantamento com o diagrama construtivo final da captação fornecido pelo empreiteiro, a descrição do estado de limpeza da captação e respetivas profundidades, e a indicação e descrição detalhada de eventuais patologias detetadas.

As formas de intervenção/manutenção atuam em parte sobre o equipamento de bombagem e cabeça da captação enquanto as restantes (limpeza, regeneração e reabilitação) constituem ações diretas sobre a estrutura da captação propriamente dita, sendo estas últimas traduzidas na aplicação de técnicas específicas (hidromecânicas, químicas e/ou de ondas de choque) de limpeza/desenvolvimento, com o objetivo de assegurar a retoma do caudal específico e reduzir as perdas de carga criadas na zona de influência e de entrada de água na captação.

Os métodos hidromecânicos consistem em operações de injeção de ar comprimido, de água sob pressão, de extração de água por aspiração ou por bombagem, ou operações de escovagem. O desenvolvimento e limpeza da captação visa basicamente desentupir os sectores parcial, ou totalmente colmatados, no sentido de se obter com a desobstrução, um maior afluxo de água ao furo e, conseqüentemente, incrementar a sua eficiência e o seu caudal específico. Com este objetivo cria-se, de forma cíclica, uma alternância do sentido do fluxo da água, do interior do furo para o exterior do furo e do exterior do furo para o seu interior. Estas variações acentuadas de gradientes hidráulicos promovem a mobilização das obstruções para o interior do furo e sua posterior remoção para o exterior.

Dependendo da avaliação feita da causa de perda de eficiência da captação, os métodos hidromecânicos podem ser complementados com a aplicação de métodos químicos, cujo objetivo é o de atuar sobre as incrustações e/ou depósitos que existam tendendo a desagregá-las, dispersá-las ou desfloculá-las de modo a facilitar a sua remoção. Após a atuação dos métodos químicos torna-se necessário aplicar de novo os métodos hidromecânicos para promover, uma vez mais, a mobilização e extração dos resíduos acumulados.

Posteriormente à limpeza deve ser realizada uma endoscopia para se avaliar o grau de eficiência da intervenção. Com base no seu resultado poderá verificar-se a necessidade de repetição das operações de desobstrução e limpeza nalguns sectores ou na aplicação de bombagem com obturadores simples ou duplos, nalguns tubos ralos, a profundidades específicas.

Devido à grande quantidade de materiais e produtos introduzidos no interior do furo durante os processos de limpeza/desenvolvimento deve-se proceder a uma operação de desinfeção que consiste na injeção, no interior da captação, a diversas profundidades, de uma solução bactericida com uma concentração conhecida, a qual deverá permanecer no interior do furo durante um determinado período, sendo o furo posteriormente bombado, ou aspirado da base para o topo, até que deixe de ser detetado qualquer valor residual do bactericida aplicado.

Convém referir que, não existem produtos milagrosos no mercado que erradiquem a contaminação por artes mágicas como muitos técnicos de vendas procuram convencer alguns donos de obra. Haverá que distinguir as situações entre uma contaminação microbiológica normalmente associada aos trabalhos de execução da captação, que na maioria dos casos é erradicada com uma ligeira desinfeção da captação, e uma contaminação do próprio aquífero, cuja gravidade varia caso a caso, mas que no cenário mais desfavorável poderá não ter solução.

A desinfeção da captação deve ter um carácter pontual decorrente da contaminação cruzada associada aos trabalhos construtivos empreendidos, não devendo ser realizada de forma periódica ou sistemática, o que só poderá denunciar problemas de contaminação do aquífero ou deficiente iso-

lamento do furo, apenas contribuindo para a degradação dos materiais da captação.

Proteção do recurso

A determinação, delimitação e fixação de perímetros de proteção a aquíferos e respetivas captações, constituem atos de natureza complexa que requerem estudos aturados e experiência comprovada e que produzem consequências importantes para as explorações a que se destinam. Estes mecanismos de defesa e a metodologia que preside à sua determinação fixação devem aplicar-se em sentido lato a todos os corpos de água destinada ao consumo e atividades humanas. As Águas Minerais Naturais representam um caso particular de todos os outros recursos hidrogeológicos e, mesmo, hídricos. Na realidade, o conjunto legislativo publicado em Portugal, a 16 de Março de 1990, sobre recursos geológicos, para os quais regulamentava a pesquisa, definição, defesa e exploração, consignava já a figura de perímetros de proteção para aqueles tipos de água que incluía nas suas definições (minerais naturais e de nascente). Foi este conjunto legislativo que transpôs pela primeira vez, de forma moderna, aquela figura de defesa da água em Portugal e lhes conferiu mecanismos de aplicação eficazes, ainda que, mercê das competências dos diplomas publicados, apenas limitasse a sua aplicação àquele tipo de águas que definia.

À parte os aspetos sanitários e imediatamente economicistas que podem resultar da sua fixação e aplicação, pois modernamente, a conservação da qualidade da água, constitui um ato de grande e crescente relevância económica, é necessário ter em conta as servidões administrativas decorrentes da fixação de perímetros que, com as suas diversas zonas de atividade condicionada, vêm acarretar, impondo consequências de ordenamento do território, cujas implicações económicas atuam em conjunto com as anteriores, embora nem sempre no mesmo sentido.

É pacífico que se deva tentar definir estes perímetros, necessários e suficientes para a proteção de um determinado aquífero e dos seus meios de exploração, isto é, as suas zonas de proteção não devem ter dimensões demasiado pequenas, de modo a perderem a eficácia, nem ser exageradamente grandes, acarretando um cortejo de servidões administrativas com consequências desastrosas no desenvolvimento e, portanto, na economia.

É também consensual que a justeza e adequação destas dimensões serão tanto maior quanto mais perfeito for o conhecimento científico e técnico de um aquífero e das suas captações a defender, nomeadamente tendo por base o modelo conceptual do sistema aquífero.

Os perímetros de proteção, tal como se encontram regulamentados nos países desenvolvidos, compreendem, de modo geral, três ou quatro zonas ou áreas. Nas zonas próximas ou imediatas (tal como refere a Lei portuguesa) são praticamente proibidas todas as atividades antrópicas; nas zonas sucessivamente mais alargadas as condicionantes e restrições tornam-se mais brandas e permissivas.

Regra geral, pode dizer-se que as zonas imediatas e intermédias dos perímetros de proteção devem defender a captação e o sistema aquífero aflorente das agressões bacteriológicas, virais e químicas e proporcionar um período de tempo suficiente para se organizarem todos os meios de defesa do recurso, antes de este ou das suas captações serem atingidos por um agente poluidor. Do ponto de vista científico, técnico e, mesmo, legal, nada impedirá a delimitação de várias zonas satélites, imediatas, intermédias ou alargadas, para o perímetro de um mesmo sistema aquífero e para a sua exploração. Em teoria também as zonas de proteção afastadas (ou alargadas, como são definidas na Lei portuguesa) devem incluir toda a área (ou áreas) de alimentação do sistema aquífero explorado.

Finalmente não será demais lembrar a necessária colaboração entre os geólogos, os engenheiros de minas e os responsáveis ambientais e do ordenamento do território, para levar a cabo a delimitação e fixação de perímetros, de modo a que estes atinjam os fins em vista, ou seja, a proteção necessária e suficiente que maximize a defesa e valorização do recurso hidrogeológico e da sua exploração, permitindo o desenvolvimento da região onde este ocorre, com o fim de trazer benefícios a um património comum.

Os perímetros de proteção são formados ou integrados por áreas (ou zonas) cujas definições e condicionantes devem ter em vista a defesa quantitativa e qualitativa dos recursos hidrogeológicos (ou mesmo hídricos) e da sua exploração.

Para além dos conceitos teóricos e técnicos que devem presidir à sua delimitação e fixação, as diferentes áreas dos perímetros de proteção devem permitir a aplicação atempada de medidas de carácter logístico, paliativas ou corretivas, caso se verifique um acidente dentro de uma delas, ou restringir de tal modo as atividades (em áreas próximas do recurso) de forma a que a ocorrência de tais acidentes tenha uma fraquíssima probabilidade de surgir, já que a intervenção corretiva não será passível de se desenvolver a tempo.

Pode recorrer-se a vários tipos de raciocínios no âmbito geral da hidrogeologia para estabelecer os critérios de base para a delimitação das zonas que constituirão os perímetros de proteção. Pode assim considerar-se:

- O poder depurador ou protetor do recobrimento e das rochas constituintes do aquífero
- Rebaixamento provocado
- Tempo de transporte
- Distância
- Direção dos fluxos no aquífero

Com a fixação de Perímetros de Proteção podem conseguir-se meios de defesa e efeitos de diversa ordem; isto significa que as finalidades a atingir podem ser várias e que dependem de fatores tão variados como o grau de conhecimentos sobre a zona, considerações de tipo de ordenamento territorial, vulnerabilidade reconhecida e causas poluentes atuantes ou potenciais. Assim podemos ter:

- a) A delimitação de zonas que permitam um **tempo de intervenção** suficiente para que a captação não seja afetada por poluição. O critério de definição principal será o tempo de transporte.
- b) A delimitação de zonas através das quais a **concentração de poluentes** ficará **atenuada** antes de atingir a captação. O critério de definição principal deverá basear-se no poder depurador e protetor (adsorção, filtração, biodegradação, diluição, período de vida dos microrganismos, etc.).
- c) A definição de um campo protetor **em redor da zona de captação** em grande parte da zona de chamada de águas. O critério de definição principal é o **rebaixamento e zona de chamada**.

d) Proteção de toda a **zona de alimentação do sistema de captações**. O critério de definição principal baseia-se nos limites de fluxo ou da bacia de receção. Pode dar origem a fenómenos de sobreproteção.

Considerando tudo o que foi acima referido será fácil de entender que a definição do Perímetro de Proteção em cada Concessão de Água Mineral Natural terá a sua geometria própria dependente de todos os fatores descritos.

Nas imagens que se seguem (Figs. 7 a 10) encontram-se alguns dos perímetros implementados nas Concessões Hidrominerais da VMPS – Águas e Turismo, S.A. e da Super Bock Group, S.A.

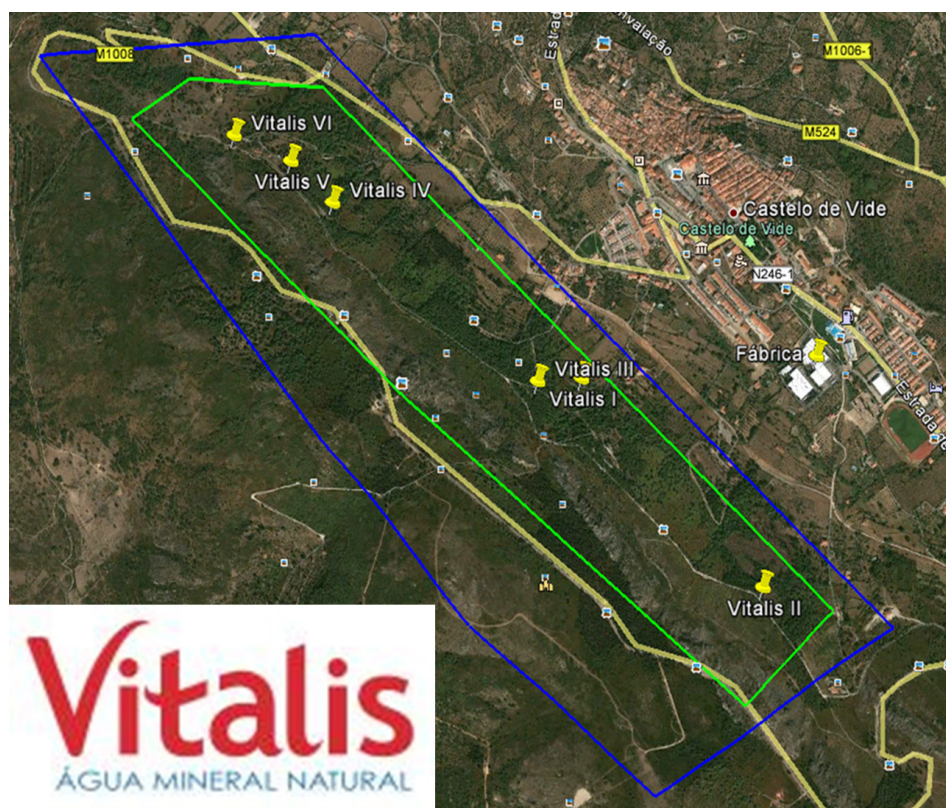


Figura 7 – Perímetro de Proteção da Concessão Hidromineral de Ribeirinho e Fazenda do Arco (Castelo de Vide)

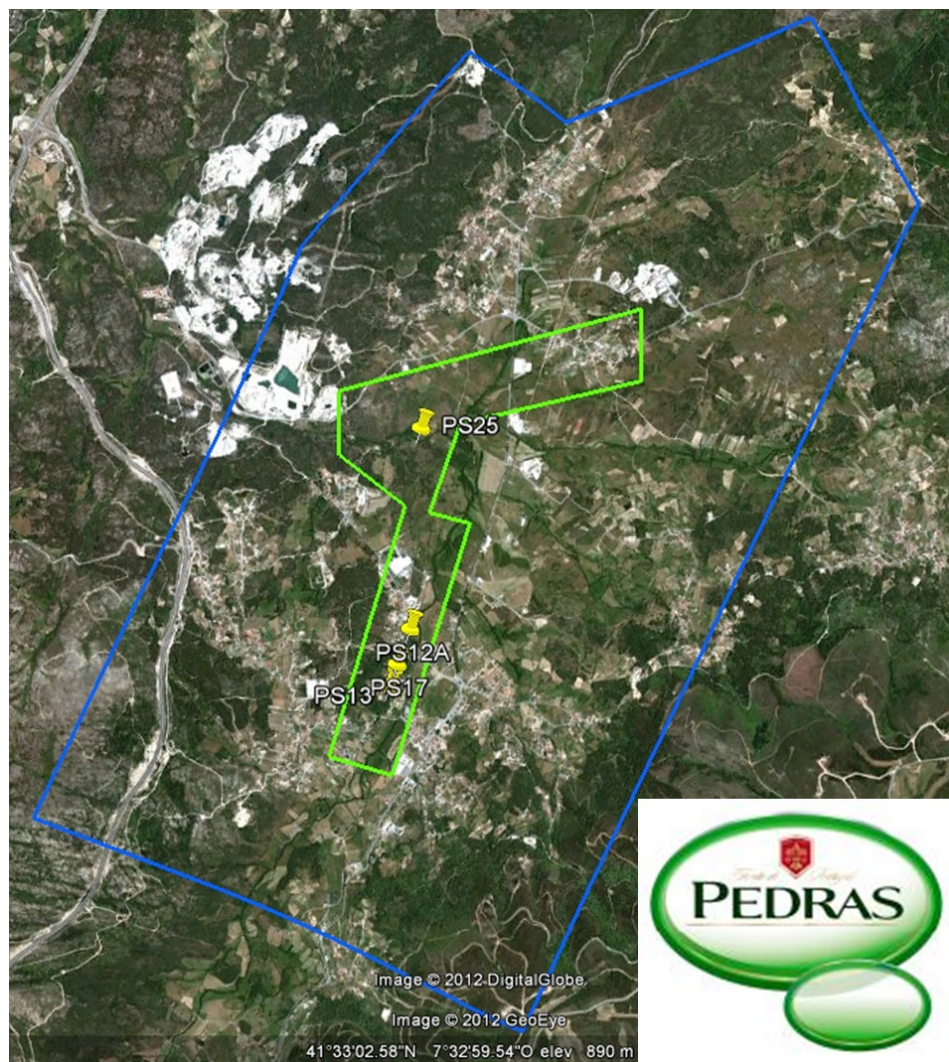


Figura 8 – Perímetro de Proteção da Concessão Hidromineral de Pedras Salgadas

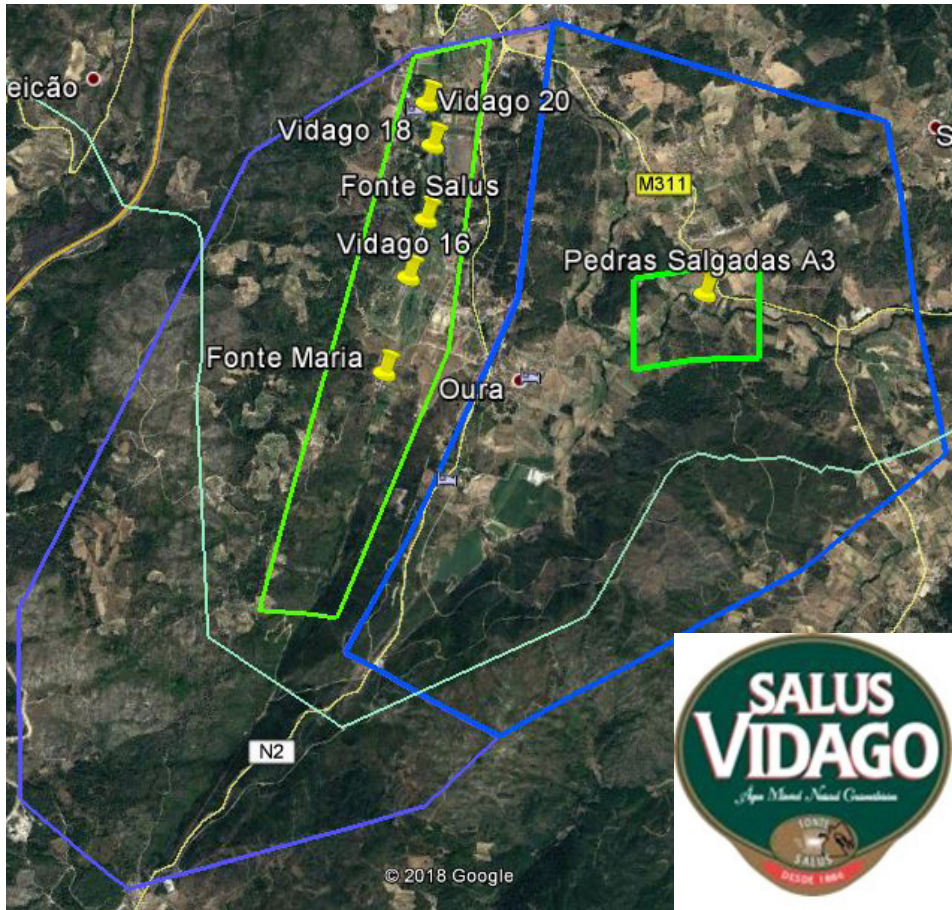


Figura 9 – Perímetro de Proteção das Concessões Hidrominerais de Vidago e Areal



Figura 10 – Perímetro de Proteção da Concessão Hidromineral de Melgaço

Aplicações da água mineral natural

A utilização de cada Água Mineral Natural estará sempre dependente das suas características físico-químicas e do volume disponível para exploração, podendo ser usada para Engarrafamento, Termalismo e Geotermia

No **ENGARRAFAMENTO**, a Água Mineral Natural captada é aduzida para uma unidade industrial onde se mantém armazenada até ao momento de ser acondicionada em vasilhas de diferentes volumes.

Em todo este processo não é permitido qualquer tipo de tratamento à Água Mineral Natural, sendo apenas autorizada a utilização de processos físicos, que não alterem as suas características físico químicas e microbismo natural. A Água Mineral Natural é disponibilizada para consumo tal como é captada.

O **TERMALISMO** faz uso do potencial terapêutico da Água Mineral Natural no ponto de captação por ingestão ou em instalações apropriadas (Balneário Termal, SPA Termal) com banhos, injeções, inalações, pulverizações, associadas a práticas complementares como as massagens.

Neste âmbito a Água Mineral Natural tem que ter reconhecidas valências terapêuticas que irão definir o tipo de procedimentos médicos a serem prescritos pelo médico termal aos aquistas. Existem casos em que esta aplicação (termalismo) é concomitante com o engarrafamento.

A **GEOTERMIA** é aplicável a recursos em que devido à sua elevada temperatura de captação, o calor pode ser aproveitado para a produção de energia elétrica, ou utilizado diretamente para aquecimento de estufas, secagem de madeira, frutos e vegetais, aquacultura, na produção de frio, no aquecimento ambiental e em balneoterapia, entre outros usos. As diferentes aplicações dependem da temperatura do fluido geotérmico, sendo habitualmente aceite que os recursos de alta entalpia são preferencialmente usados para a produção de eletricidade e os de baixa entalpia surgem em aplicações diretas do calor.

Existem situações em que o aproveitamento geotérmico acontece simultaneamente com o termalismo.

Bibliografia

Lei 54/2015 de 22 de junho

(http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/lei_54_2015_regimejuridico.pdf)

Decreto-Lei 86/1990 de 16 de março

(http://dfm.drcamposcosta.pt/dfm/sites/default/files/lista_leg/Decretos-Lei/DL%2086-90.pdf)

Cadernos APIAM (<http://www.apiam.pt/publicacoes/Cadernos-T%C3%A9cnicos/-/47/23/46>)

Coelho, Virginia M. T. et Uriel Duarte - PERÍMETROS DE PROTEÇÃO PARA FONTES NATURAIS DE ÁGUAS MINERAIS Inst. de Geociências da Universidade de São Paulo;

Custodio, E., et al. (1977). "Combined use of surface and groundwater in Barcelona, Metropolitan Area (Spain)." Int. Ass. Hydrogeologists. Birmingham. V. XIII, 1, p. C14-27.

Cruz, José F.A. (1999) – "Objectivos e Critérios para a Elaboração das Propostas de Fixação dos Perímetros de Protecção." Sessões Técnicas;

Environment Agency (2002) The Microbiology of Drinking Water - Part 1 - Water Quality and Public Health

Health Protection Agency - THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF WATER SAMPLES- QSOP 57 –

Henri Leclerc; Annick Moreau (2002) - Microbiological safety of natural mineral water - FEMS Microbiology Reviews 26207^222

Henrique Graça (2002). Controlo de Qualidade e Monitorização de Captações de Água Mineral ou de Nascente. Prospecção, Pesquisa e Captação de Águas Minerais Naturais, Recursos Geotérmicos e Águas de Nascente. IGM. Versão Online no site do INETI: http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/prosp_pesq/indice.htm

José Martins Carvalho (2002). Desenvolvimento e Gestão de Recursos Hidrominerais. Prospecção, Pesquisa e Captação de Águas Minerais Naturais, Recursos Geotérmicos e Águas de Nascente. IGM. Versão Online no site do INETI: http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/prosp_pesq/indice.htm

Gonçalves, Eduardo Jorge dos Santos (2009)- Caracterização hidrogeológica e definição de perímetros de protecção às captações de Ermida (Vilar da Veiga - Gerês);

- Henriques, M.J., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P. (2009) - “Delimitação de Perímetros de Protecção de Captações de Abastecimento Público de Água do Concelho de Pombal: Furos 12D(SL2), 12B(JK1) e 12C(MF7)”. Relatório 49/2009-NAS, 42 pp
- Henriques, M.J., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P. (2009) - “Delimitação de Perímetros de Protecção de Captações de Abastecimento Público de Água do Concelho de Pombal: Furos SO5 e 31D(MF16)”. Relatório 393/2009-NAS, 42 pp.
- Lima, A. S.; Oliveira, A. C.; Costa, J. A. (2007) - Delimitação de Perímetros de Protecção de Recursos Hidrominerais: Proposta Metodológica Aplicada à Ocorrência de Caldas da Saúde (Noroeste de Portugal). Actas do 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, São Paulo, Brasil, 25 a 29 de Novembro de 2007, 20 p., publicação em CD-ROM;
- Magno, Carlos E. F.(1999) – “Perímetros de Protecção de Águas Minerais Naturais” – Sessões Técnicas;
- Waegeningh, H. G. van (1985) Overview of the protection of groundwater quality. In:MATTHESS, G.; FOSTER, S. S. D.; SKINNER, A. C. Theoretical Background,Hidrogeology and Praticice of Groundwater Protection Zones. Hannover: Heise. UNESCO, International Association of Hydrogeologists, v. 6, p. 159-166.

<http://www.eau-forte.com/eaux-souterraines/maintenance-des-forages,12.html>

<http://www.astien.com/exploitation-nappe/entretien-forage-nappe.php>

http://www.bwb.de/content/language2/html/1566.php_

www.hwe.org.ps

www.amerwestwater.com

<http://www.pigadi.com/index.php?id=22>

http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ISWD%204000%20Well%20Rehabilitation.pdf

http://sonar-jet.com/Pages/about%20us_Page.html

<http://www.waterwelltechnology.com/vibe.htm>

<http://www.welenco.com/index.html>

http://www.sonic-umwelttechnik.de/pdf/Ultrasonic-well-rehabilitation_-_general_info..pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/Groundwater_remediation

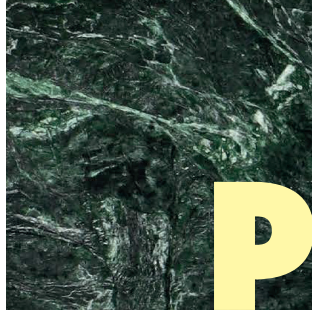
http://www.aquastream.com/tech_papers/kroeker_nuzman04.html

<http://nohydrofracturin.qwestoffice.net/rehabilitation.htm>

http://www.texas-geology.com/water_well_rehabilitation.html

<http://www.briodydrilling.ie/services-well-rehabilitation.asp>

<http://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-sources/hardware/groundwater-sources/well-development-rehabilita>



PERSPETIVA
HISTÓRICA
E POTENCIAL
TURÍSTICO
DO PATRIMÓNIO
GEOLÓGICO
E MINEIRO

Algumas evidências da prática da metalurgia – entre o VI e o I milénio a.C. – em Trás-os-Montes e Alto Douro.

Alexandra Vieira

Instituto Politécnico de Bragança e CITCEM

Email: alexandra.vieira@ipb.pt

Introdução

O presente trabalho tem como base um projeto de investigação sobre os vestígios arqueológicos da Pré-história Recente, da Bacia Hidrográfica do Douro, em território português¹. Foram reunidos e sistematizados um conjunto de dados disponíveis sobre tais vestígios, procurando-se caracterizar a variabilidade dos sítios conhecidos, sistematizando a sua diferença numa base de dados. Posteriormente, a tipificação destes dados empíricos permitiu-nos a sua associação aos temas que compõem o mosaico de problemáticas desenvolvidas no âmbito da prática arqueológica na região. Na exploração desse mosaico foram abordados os seguintes temas: o povoamento, os recintos do III milénio a.C., as práticas sepulcrais, a prática da metalurgia, os menires e, por fim, as estelas e estátuas-menires. Em relação à metalurgia, procedemos basicamente à organização da informação, destacando os locais onde se detetaram evidências da prática da metalurgia.

No decorrer da análise dos sítios pré-históricos da Bacia Hidrográfica do Douro foram detetados, em alguns casos, a presença de indicadores da prática da metalurgia de ligas de cobre e de bronze. Não são conhecidos indícios da mineração, mas é possível, que em alguns destes locais, o minério utilizado provenha de locais próximos da área onde foi praticada a metalurgia. No total, estamos na presença de 123 sítios arqueológicos onde foram encontrados achados metálicos, ou elementos relacionados com a prática da metalurgia (moldes), assim como 28 depósitos. Em relação aos contextos em que foram descobertos esses objetos, 13 casos apareceram em contextos sepulcrais, 19 apareceram em locais que possuem ocupações

1) Contributo para o estudo dos Vestígios Arqueológicos – do VI ao I milénio a.C. Paisagens e Memórias na Bacia Hidrográfica do Douro. Tese de Doutoramento em Arqueologia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. 2015.

pré-históricas, 38 resumem-se a achados descontextualizados e 11 casos em sítios que possuem ocupações em momentos posteriores, muitos deles da Idade do Ferro.

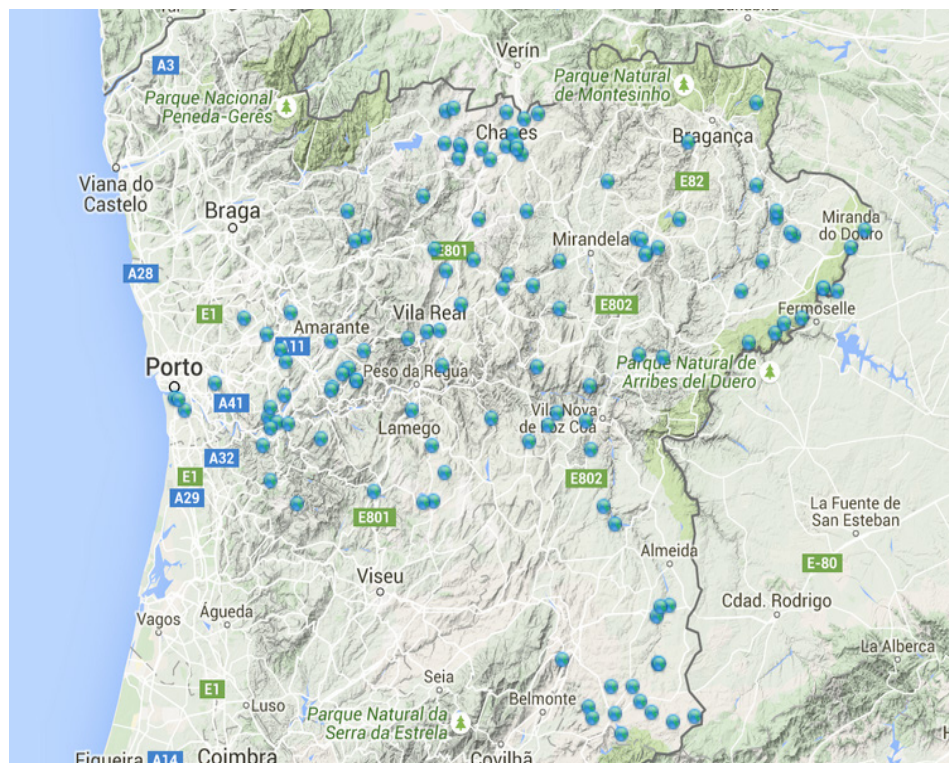


Figura I – Distribuição do número total de sítios onde foram encontrados objetos metálicos ou objetos relacionados com a prática da metalurgia (moldes em pedra ou em cerâmica).

Em relação aos depósitos e achados metálicos gostaríamos de esclarecer que, fazendo parte do mesmo universo, nomeadamente a metalurgia, os depósitos aparecem em menor número do que os achados metálicos. Dentro desta designação abrangente de “achado(s) metálico(s)”, que nos permitiu rapidamente proceder a um conjunto de filtros e pesquisas na base de dados, internamente optámos por estruturá-los da seguinte forma: indícios da prática da metalurgia, nos quais se incluem os moldes de pedra ou argila, que não sendo objetivamente achados de objetos metálicos, se conectam com a atividade metalúrgica; os objetos metálicos associados a contextos sepulcrais; os achados em sítios com vestígios temporalmente relacionáveis

com os objetos metálicos encontrados; os achados em contextos posteriores; e, por último, os achados completamente descontextualizados.

Este artigo visa a apresentação dos sítios onde se registaram indícios da prática da metalurgia e dos achados metálicos que ocorrem nesses mesmos locais. Na maior parte dos casos estamos perante indícios muito ténues, destacando-se a Fraga dos Corvos, o único sítio onde foram detetadas estruturas associadas à prática da metalurgia do bronze.

Moldes

A produção de artefactos metálicos pode ser atestada pela descoberta de determinado tipo de objetos: cadinhos, fornos, pingos de fundição, moldes, entre outros. Neste caso em particular vamos destacar os moldes em pedra ou em argila de objetos metálicos. Na Bacia Hidrográfica do Douro foi possível registar a existência de oito locais onde foram detetados moldes. Convém frisar que serão necessários estudos mais aprofundados para validar os dados que apresentamos de seguida. Na tabela 1 apresentamos seis destes casos.

Foi possível confirmar a existência de moldes encontrados em Penas Róias, Castelo de Algosó, Cimalha e Castelo de Matos, sítios arqueológicos que possuem ocupações pré-históricas. Cimalha e Castelo de Matos foram objeto de intervenções arqueológicas direcionadas para o estudo das ocupações pré-históricas. Castelo de Algosó, Penas Róias e São Salvador do Mundo foram sítios prospectados. Com exceção dos moldes, não foi detetada mais nenhuma evidência da prática da metalurgia, nem se encontrou outro tipo de objetos metálicos.



Figura 2 – Molde de machado em granito encontrado em Penas Róias².

Não se sabe exatamente de que sítio arqueológico é proveniência o molde de Penas Róias, nem em que circunstâncias foi encontrado. Desconhecemos igualmente as circunstâncias da descoberta do molde encontrado no Castelo de Algosó.

Na **Cimalha (Felgueiras)** foi encontrado um molde de fundição em xisto, de machado do “tipo Bujões-Barcelos”, que poderá ser integrado no Bronze Médio (Arezes, 2006: 25).

O sítio arqueológico de **São Salvador do Mundo (São João da Pesqueira)** possui vestígios arqueológicos que se integram nos vários momentos da Pré-história Recente, ou seja no Neolítico, Calcolítico e Idade do Bronze (Heitor, 2002: 42). Segundo António José Fernandes Heitor: “Praticar-se-ia já, provavelmente, neste local a metalurgia de que é testemunho o achado de um molde de fundição em cerâmica” (*idem*: 60).

2) Esta peça encontra-se exposta na Sala Museu de Arqueologia da Câmara Municipal de Mogadouro, cujo município nos autorizou a reprodução da imagem.

Em relação ao **Castelo de Matos (Ovil, Baião)**, Isabel Figueiral e Francisco Queiroga dizem ter encontrado “moldes de fundição”:

“Os fragmentos de moldes, um dos quais parece ser de espada revelam um acabamento cuidado, se bem que também algumas imperfeições técnicas. Todos os fragmentos encontrados mostram ter sido feito um molde sólido numa pasta arenosa fina, bem depurada, com fractura pouco rugosa e de cor cinzenta-escuro, quase negra. No exterior do molde existe ainda uma outra camada, espessa, de pasta cerâmica de um laranja vivo, arenosa, muito friável e porosa. Apesar de os exemplos encontrados não serem de tamanho nem variedade suficiente para apoiarem qualquer conclusão definitiva, fica-nos a impressão de que se tratam de moldes bivalves, portanto reutilizáveis. A parte reutilizada do molde seria a interior; isto é, as duas valvas de pasta escura, servindo a camada exterior de pasta vermelha - cozida antes do processo de fusão da peça - para segurar as duas partes do molde na posição adequada, sendo posteriormente fácil de destacar. cremos que a consistência friável e extremamente porosa da camada exterior do molde teriam um papel importante, permitindo o fácil escape de gases e vapor de água, os quais certamente saíam do núcleo através das zonas de união das valvas do molde” (Figueiral e Queiroga, 1988: 143).

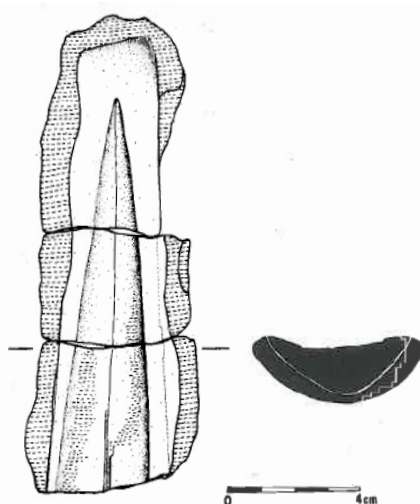


Figura 3 – Molde de fundição em argila (Figueiral e Queiroga, 1988: 146).

O **Castelo dos Mouros do Cadaval ou Castro das Curvas de Murça (Murça)** é um caso particular. Segundo António Luís Pereira e Isabel Lopes “Trata-se de um povoado fortificado de grandes dimensões onde ainda se preservam imponentes estruturas do seu sistema de amuralhamento, algumas estruturas de produção, como lagares, e um santuário rupestre” (MJS,

IGESPAR, 2012). Terá duas ocupações, uma do III milénio a.C. e outra da Idade do Ferro. Maria de Jesus Sanches realizou trabalhos de prospeção em 1998 e identificou “materiais arqueológicos pré-históricos numa plataforma irregular e pejada de penedos, designada como área arqueológica do Castelo dos Mouros - Cadaval, visto nesta se terem encontrado uma amálgama de vestígios arqueológicos”.

Encontra-se exposto no Museu de Numismática e Arqueologia de Vila Real um molde duplo atribuído ao Bronze Final/Idade do Ferro. Não foi possível confirmar se o molde se enquadra neste período cronológico, mas optou-se por apresentá-lo a título de hipótese.



Figura 4 – Molde duplo do Castelo dos Mouros do Cadaval (fotografia de A.Vieira autorizada pelo Museu de Arqueologia e Numismática de Vila Real).

Calcolítico/Bronze Inicial

Durante o III milénio a.C. surgem alguns indícios que permitem colocar a hipótese de estarmos perante as primeiras evidências da prática da metalurgia do ouro e do cobre no território da Bacia Hidrográfica do Douro. Os

dados que iremos apresentar, com exceção do Buraco da Pala, necessitam de ser analisados, tendo em consideração os contextos em que foram encontrados os materiais arqueológicos.

No abrigo do **Buraco da Pala (Mirandela)** foram encontrados vestígios da prática da metalurgia, nomeadamente fragmentos de uma extremidade de um fole ou alcaraviz descobertos no nível mais recente. Foi ainda exumado um machado de cobre e seis contas biconicas de ouro fundidas (Sanches, 1997: 229). Os fragmentos de um fole ou alcaraviz foram analisados por Beatriz Comendador Rey, que refere o seguinte sobre estas peças:

“En el yacimiento de Buraco da Pala (Passos, Mirandela, Tras-os-Montes oriental) se localizó un pico de tobera (Lám. 38, fig. 4) y un fragmento de labio que podría ser considerado parte de otra. El diámetro de la base corresponde a un cilindro de unos 2 cm. de diámetro, y la boca, aunque presenta una abertura irregular, oscila entre 32-35 mm. El grosor de las paredes se incrementa hacia la boca (de 9 a 12 mm) de labio aplanado. La pasta, con algunos desgrasantes de gran tamaño, presenta grietas y efectos de calcinación. Parece tratarse del remate en arcilla de una tobera de caña utilizada para producir un suministro de aire controlado dirigido hacia el interior de una masa en combustión, fundamental en la operación de reducción” (Comendador Rey, 1997: 369).

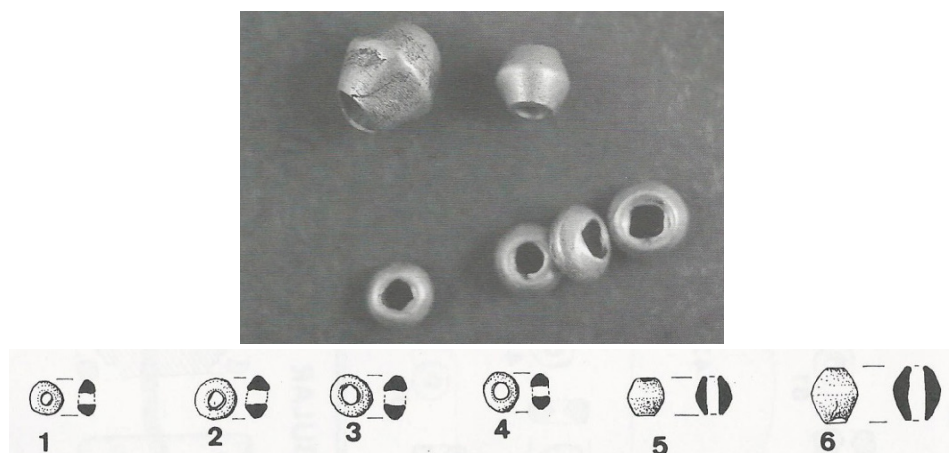


Figura 5 – Contas de ouro do Buraco da Pala (nível I) (Sanches, 1997: 143, em cima e estampa LXII.2, desenho).

No que concerne as contas em ouro, o estudo de José Cavalheiro e Maria de Jesus Sanches conduziu aos seguintes resultados: aparentemente “as contas foram fabricadas em condições particularmente rudimentares”(…)

tudo aponta[ndo] para uma tecnologia primitiva, a qual poderia ter sido levada a cabo no interior do abrigo do Buraco da Pala, durante o período de ocupação I” (Cavalheiro e Sanches, 1995: 182).

Em relação ao contexto onde foram exumadas as contas de ouro,

“Os objectos de adorno em ouro provêm todos da camada I, isto é, do nível de ocupação mais recente - nível I - e foram encontrados adentro de áreas espacialmente conotadas com a silagem de cereais, fava e bolota. Este nível foi datado por 4 datas de C14, as quais, calibradas, colocam esta ocupação entre cerca de 2800-2500 AC.. As contas apareceram também espacialmente relacionadas com duas concentrações de contas de rocha ou mineral (a maioria em variscite) - «Concentrações A e B» -, e, no caso da «Concentração A», ainda com uma pequena plaquinha de ouro” (Cavalheiro e Sanches, 1995: 168).

Foi neste nível I, onde apareceram as contas em ouro, que se detetou igualmente dois artefactos cerâmicos, fragmentados, que foram interpretados como alcaravizes, referidos anteriormente e um machado de cobre, muito deteriorado, no qual foi detetado a presença de arsénio e a ausência de estanho, dados que apontam “para uma metalurgia dos inícios da Idade do Bronze” (*Idem*: 182).

Para além dos objetos anteriormente mencionados: as contas em ouro e um “machado” em cobre, foi ainda detetado “um fragmento de uma pequena folha ou placa, também em ouro (...)” (Sanches, 1997: 203).

Segundo Susana Oliveira Jorge, foram detedados, nos povoados da **Vinha da Soutilha e Pastoria (Chaves)** “alguns vestígios do que se pode eventualmente interpretar como fragmentos de “algaravizes”, o que, a confirmar-se, sugere a prática local de uma metalurgia incipiente” (Jorge, 1986: 921). A análise realizada aos objetos não confirmou a hipótese levantada por Susana Oliveira Jorge, embora não tenha sido descartada taxativamente essa possibilidade (Araújo e Cabral, 1986a e 1986b). Do nível mais recente da estação da Pastoria foram encontrados três artefactos de cobre arsenical: um punção, um cinzel e uma provável faca curva (*Idem*: 508).

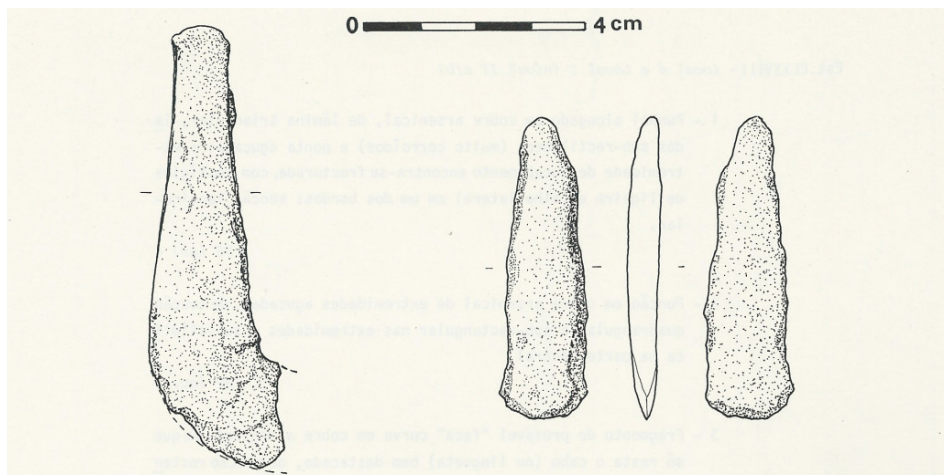


Figura 6 – Objetos metálicos encontrados no sítio da Pastoria: 1. punhal alongado em cobre arsenical, de lâmina triangular; 2. punção em cobre arsenical de extremidades aguçadas; 3. fragmento de provável “faca” curva, também em cobre, da qual só subsiste o cabo ou lingueta; 4. pequeno cinzel em cobre arsenical, de forma trapezoidal (Jorge, 1986b: estampa CLXXVIII).



Figura 7 – Fotografia do punhal referido assinalado com o número 1 na imagem anterior (fotografia cedida pelo Museu da Região Flaviense).

Susana Oliveira Jorge refere a existência de um fragmento de um objeto metálico atribuído ao sítio da Pastoria: “Trata-se duma pequena lâmina de contorno curvilíneo (secção sub-triangular), de gume muito desgastado, na qual se verificam pequenas reentrâncias que podem ter resultado do desgaste provocado pelo uso. Podemos interpretá-la como a lâmina duma “faca” curva fragmentada no cabo, o qual não é possível caracterizar” (Jorge, 1986a: 256).

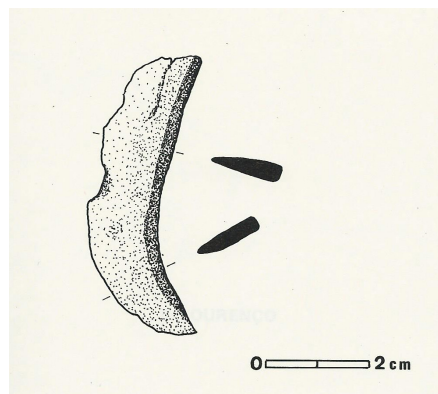


Figura 8 – Possível lâmina em cobre arsenical de uma “faca” curva fragmentada no cabo (Jorge, 1986b: estampa LXXXIII).

No recinto murado do **Castelo Velho de Freixo de Numão (Vila Nova de Foz Côa)** foram exumados diversos objetos metálicos que se enquadram genericamente na ocupação do sítio entre os inícios do III e meados do II milénio a.C. Este conjunto artefactual em cobre é constituído por um machadinho plano (fragmentado (as duas partes colam entre si)); três machados; três cinzeis, dois punções inteiros e um pequeno fragmento de um possível punção, um escopro (?), um anel (?), uma plaquinha, aos quais se acrescenta dois artefactos que surgem referenciados nos relatórios das escavações de 2002 e 2003. Algumas peças encontravam-se em conexão com estruturas, mas a maior parte dos materiais encontrava-se disperso tanto no interior como no exterior do recinto. A peça identificada como um anel inteiro de cobre consiste numa fita larga de metal enrolada. Foi encontrado nesta estação um molde de objeto metálico em pedra que pode ser um indicador da prática da metalurgia. Foi ainda encontrado um objeto em ouro, que se encontrava no interior de uma estrutura, que consiste numa pequena fita enrolada em ouro com vestígios de martelamentos.

No recinto de **Castanheiro do Vento (Vila Nova de Foz Côa)** foram exumados alguns punções em cobre e dois machados planos, também em cobre, um deles em bom estado de conservação (informações cedidas pela equipa de escavação de Castanheiro do Vento). A existência de um possível fragmento de lingote em cobre (Jorge *et al.*, 2007: 257) no recinto murado de Castanheiro do Vento permite avançar com a hipótese de ter ocorrido a prática da metalurgia neste sítio durante o período de ocupação entre 2900-1500 AC.. Será fundamental confirmar os contextos destes achados.

Existe a indicação que no povoado de fossas das **Areias Altas (Porto)** Russel Cortez encontrou “rojões de fundição” (Jorge, 1986: 874).

Bronze Médio

É durante o Bronze Médio que se adota a metalurgia do Bronze, uma liga binária. Em Trás-os-Montes apenas se conhecem evidências da prática da metalurgia no sítio da Fraga dos Corvos (Vilar do Monte, Macedo de Cavaleiros). Este sítio possui uma cronologia do Bronze Médio e Bronze Final.

A **Fraga dos Corvos (Macedo de Cavaleiros)** situa-se num esporão rochoso que se localiza na vertente noroeste da Serra de Bornes na elevação do Monte do Vilar. O cabeço possui domínio visual sobre a quase totalidade da bacia de Macedo de Cavaleiros (Senna-Martinez *et al.*, 2005: 61). Os contextos relacionados com a prática da metalurgia escavados, únicos em toda a região de Trás-os-Montes e Alto Douro, permitem integrar este sítio “num horizonte cronológico compatível com os machados tipo “Bujões/Bacelos”, numa produção regional dos primeiros bronzes binários” (Senna-Martinez e Luís: 2009: 76). Foram detetadas estruturas associadas à prática da metalurgia nas cabanas 4, 5 e 9.

Em suma, parece existir uma área de fundição de bronze («melting») na Cabana 4. As evidências detetadas nas 5, 8 e 9 permitem avançar com a possibilidade de existir uma área de redução de minérios de cobre e estanho («smelting») (Senna-Martinez e Luís: 2009: 76). Nesta estação foram recuperados restos de fundição, cadinho e moldes. Na zona M9 foi exumado um fragmento de molde, machados de tipo «Bujões/Barcelos» assim como alguns cinzeis (*idem*: 73). Em 2011 deram-se novas descobertas que permitem acrescentar o seguinte:

“A produção metálica da Fraga dos Corvos pode ser associada ao período de disseminação dos machados Bujões/Barcelos (c.1750-1500 a.C.), da qual temos evidência directa através do fragmento de molde (...) A adicionar aos dados já publicados, na campanha de 2011 foram recolhidos: um fragmento de bojo com aderências metálicas; um fragmento de metal indeterminado; e, o “achado” mais importante, um fragmento em xisto mole de molde para machados de tipo Bujões” (Luís *et al.*, 2012: 21-22).

Bronze Final

Durante o Bronze Final encontra-se em circulação um grande número de objetos metálicos, mas o número de estações conhecidas com vestígios da prática da metalurgia é reduzido e não existem vestígios de estruturas associadas a esta prática, como as que foram detetadas na Fraga dos Corvos.

Em Trás-os-Montes e Alto Douro não foram, ainda descobertas evidências da prática da metalurgia durante o Bronze Final. Integrados na área da Bacia Hidrográfica do Douro conhecem-se os sítios do Castelejo (Sortelha, Sabugal) e Canedotes (Touro, Vila Nova de Paiva).

Notas finais

A análise dos elementos associados à prática da metalurgia permite a sua divisão em dois grandes momentos: Calcolítico e Bronze Inicial, com uma metalurgia do cobre e o Bronze Médio e Final, com a produção de instrumentos em liga de bronze. Os dados associados à prática da metalurgia, em cada um destes momentos, são ainda esparsos e reduzidos, nomeadamente quando comparados com o número de objetos metálicos em circulação.

Apesar de ainda serem dados muito esparsos e vagos, com a escavação exaustiva de alguns sítios arqueológicos começam a surgir evidências da prática da metalurgia tanto no III milénio a.C., como durante o II e I milénio a.C. Para além deste facto, seria necessária a realização de um catálogo dos depósitos e achados metálicos. Muitos dos achados metálicos encontram-se dispersos por diversas instituições museológicas, alguns deles nunca foram desenhados nem fotografados ou desconhece-se onde se encontram depositados. Assim sendo, um catálogo seria um trabalho proveitoso e útil.

Bibliografia

Araújo, M.F.D., Cabral, J.M.P. (1986a) - Análise química não destrutiva de alguns artefactos do espólio encontrado na estação de Vinha Soutilha (Mairós). In *Povoados da Pré-História Recente da região de Chaves - V.P. de Aguiar*, Susana Oliveira Jorge (ed.) Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras do Porto, Porto.

- Araújo, M.F.D., Cabral, J.M.P. (1986b) - Análise química de alguns artefactos da estação da Pastoria. In *Povoados da Pré-História Recente da região de Chaves - V.P. de Aguiar*, Susana Oliveira Jorge (ed.), Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras do Porto, Porto.
- Arezes, A. (2006) - *Relatório Final de Trabalhos Arqueológicos: Monte da Cimalha, Sernande – Felgueiras*. Perennia Monumenta. Vila Nova de Famalicão.
- Cavalheiro, J.; Sanches, M.J. (1995) - Um caso de metalurgia primitiva do ouro na 1ª metade do IIIº milénio AC: Abrigo Buraco da Pala - Mirandela. In *Trabalhos de Antropologia e Etnologia*, Vol. 35 nº 4, pp.168-187
- Comendador Rey, B. (1997) - *Los inicios de la Metalurgia en el noroeste de la Península Ibérica*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Espanha.
- Figueiral, I. M.; Queiroga, F. M. (1988) – Castelo de Matos. In *Arqueologia*. Porto: GEAP, Nº 17. pp. 137-150.
- Figueiredo, S. (2013) - *A arte esquemática do Nordeste Transmontano: contextos e linguagens*. Universidade do Minho. Instituto de Ciências Sociais.
- Heitor, A. J. F. (2002) - *A Pré-História Recente no Douro Sul (Concelhos de S. João da Pesqueira e Tabuaço) - Um Ensaio de Arqueologia Espacial*. Universidade do Porto, Faculdade de Letras.
- IGESPAR (2012) Portal do Arqueólogo.
- Jorge, S.O. (1986) - *Povoados da Pré- História Recente da Região de Chaves - V.ª P.ª de Aguiar (Trás-os-Montes Ocidental)*. Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras, Vol.I. Porto.
- Jorge, V.O., Cardoso, J.M., Vale, A.M., Velho, G.L. (2007). “Castanheiro do Vento (Horta do Douro, Vila Nova de Foz Côa): Breve relatório da campanha de escavação de 2006”. *Côavisão*, nº9, Câmara Municipal de Foz Côa, pp. 251-266
- Senna-Martinez, J. C.; Luís, E. (2009) – A Fraga dos Corvos (Macedo de Cavaleiros): Um sítio de habitat da Primeira Idade do Bronze em Trás-os-Montes Oriental. A campanha 6 de 2008. In *Cadernos Terras Quentes*, 6, pp. 69-79.
- Senna-Martinez, J. C.; Ventura, J. M. Q.; Carvalho, H. A. (2005) - A Fraga dos Corvos (Macedo de Cavaleiros): Um sítio de Habitat do “Mundo Carrapatas” da Primeira Idade do Bronze em Trás-os-Montes

Oriental. In *Cadernos Terras Quentes* 2. Macedo de Cavaleiros. pp. 61-82.

Senna-Martinez, J.C.; Luís, E.; Reprezas, J. (2012) - A Fraga dos Corvos (Vilar do Monte, Macedo de Cavaleiros). A campanha 9 (2011: primeira análise comparativa dos sectores A e M – 1.^a Idade do Bronze/Bronze Final? In *Cadernos Terras Quentes*, Macedo de Cavaleiros: ADPACMC.9

Sanches, M. J. (1997) - *Pré-história Recente de Trás-os-Montes e Alto Douro (O abrigo do Buraco da Pala no Contexto Regional)*, Porto. SPAE.

Museu do Ferro & da Região de Moncorvo

Breve historial e perspectivas

Nelson Campos

Responsável pelo Museu do Ferro & da Região de Moncorvo,
membro do PARM e do CITCEM

Email: ncampos68@yahoo.com

Da ideia de um Museu de Moncorvo ao museu mineiro da Ferrominas (1895-1983)

Desde o primeiro momento (conhecido) em que alguém defendeu a criação de um museu em Torre de Moncorvo até à concretização do primeiro núcleo museológico digno desse nome, no bairro mineiro da Ferrominas, transcorreram oitenta e oito anos.



Figura I – Abade Tavares e algumas peças arqueológicas de Torre de Moncorvo que enviou para o Museu Etnológico (Museu Nacional de Arqueologia), Lisboa.

Fotos e gravuras antigas e do MNA.



Figura 2 – Museu do Ferro da Ferrominas (inaugurado em 3.12.1983), respectivo catálogo e livro de J. Custódio e Monteiro de Barros (1984).
Foto de N. Campos e digitalizações do arquivo MF&RM.

Com efeito, foi em 1895 que o ilustrado padre José Augusto Tavares (1868-1935), num artigo publicado no jornal *O Moncorvensê*, propôs a criação de um museu regional nesta vila, que, a ter-se concretizado, teria sido o primeiro museu trasmontano. Perante a indiferença dos poderes locais, Tavares foi enviando diversas peças para o então incipiente Museu Etnológico Português (hoje Museu Nacional de Arqueologia), a pedido do patrono, o seu amigo Dr. José Leite de Vasconcelos (1858-1941). É possível que o artigo do Pe. José Augusto Tavares tivesse motivado o coronel Albino Lopo (1860-1933), outro devotado *archeologo* regionalista, a defender a criação de um museu em Bragança, proposta melhor sucedida, pois que foi logo aprovada a sua criação pelo município brigantino em finais de 1896 (Silva & Campos 2017).

Já durante a 1ª. República, anos 1920's, voltou-se a ventilar a hipótese da criação do museu de Moncorvo, com base na colecção do Pe. Tavares, abade de Carviçais, mas, mais uma vez, sem efeito, tendo este pioneiro acaba-

do por fazer legado do que ainda possuía ao Seminário Maior de S. José de Bragança, em 1930. Em 1936, cerca de um ano após a morte do abade Tavares, aquando da fundação do colégio Campos Monteiro, em Torre de Moncorvo, regressa a ideia da criação de um museu, agora com contornos mais pedagógicos, aparentemente acoplado ao colégio (Rebanda 2007). Este mesmo conceito, talvez herdando alguns objectos didácticos do referido colégio (extinto em 1972) vai perdurar, culminando numa pequena mostra patente na biblioteca-museu da antiga Escola Industrial e Comercial, depois Escola Secundária de Torre de Moncorvo (idem, ib.: 74). Paralelamente, em 1975, um grupo de moncorvenses, sob a égide municipal, organiza-se em comissão angariadora de fundos para Museu e Biblioteca, tendo recolhido alguns objectos e livros antigos, mas sem conseguir o seu objectivo (Rebanda *et al.* 1996 : 8-9, Campos 2002 : 13, Rebanda 2007 : 73).

Assim, foi preciso esperar pelo ano de 1983 para, finalmente, se inaugurar um museu no concelho de Torre de Moncorvo, ainda que temático – o Museu do Ferro da Região de Moncorvo – por iniciativa da empresa Ferrominas E.P.. Este pequeno museu, considerado o primeiro museu mineiro em Portugal e dos primeiros “museus de empresa” (Brandão 1998 : 254), surgiu num momento de grandes expectativas sobre o então chamado “*Projecto Mineiro de Moncorvo*”. O núcleo museológico procurava funcionar como argumento a puxar pelos pergaminhos de uma actividade minero-metalúrgica que se sabia ter sido aqui praticada desde a Antiguidade até ao séc. XVIII, além da mineração desenvolvida pela empresa promotora, na sua fase mais antiga desde 1951. No plano museológico visava-se a preservação dos objectos obsoletos de um ciclo que se iria encerrar definitivamente com o arranque de uma exploração moderna, em grande escala – que não se verificou. (Ferrominas s/d [1983], Custódio 1991, Custódio & Campos 2002 : 20). Em complemento, além da brochura-catálogo do museu, a empresa Ferrominas publica também o livro *O ferro de Moncorvo e o seu aproveitamento através dos tempos*, de autoria de Jorge Custódio e Gabriel Monteiro de Barros (Custódio & Barros 1984). O primeiro, professor na Universidade Nova de Lisboa e investigador de arqueologia industrial, área de estudo ainda incipiente em Portugal, fora o mentor do Museu do Ferro da Ferrominas, o qual surgia no âmbito de um projecto de trabalho na região centrado na ferraria-forja da Chapa-Cunha (Mós), enquadrado no plano mais vasto do Roteiro do Património Industrial Português (Custódio & Campos 2002 : 23). Quanto a Gabriel Monteiro de Barros (1923-



Figura 3 – Museu do Ferro da Ferrominas. Vista do interior, sala da forja dedicada aos ferreiros. Foto do arquivo do MF&RM (fundo GMB /JPMBC, nº 537).

1995), engenheiro de minas, fora o director-técnico da Ferrominas desde a sua criação, em 1951, sendo a pessoa que melhor conhecia a problemática do ferro de Moncorvo, no terreno e no geral.

O Museu do Ferro da Ferrominas acabaria por ter uma vida efémera, uma vez que o projecto mineiro de Moncorvo, carecendo de avultado financiamento que se esperava obter após a entrada de Portugal na CEE, acabaria por ser reprovado, determinando o fim da Ferrominas em 1986. Do processo de fusão com a EDMA surgiu a EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro), que no caso de Moncorvo actuou mais como comissão liquidatária, num processo que culminou em 1992, quando por despacho ministerial se encerrou definitivamente a mina. O Museu da Ferrominas, cuja abertura ao público era garantida pelo pessoal da empresa ou seus descendentes, passou a abrir a pedido, sendo necessário solicitar a chave junto da empresa local Nordareias, formada por antigos engenheiros da empresa mineira. Esta situação levou a que a EDM chegasse a propor ao município de Torre de Moncorvo a assunção do núcleo museológico mineiro, sem



Figura 4 – Museu do Ferro da Ferrominas. Vista do interior, sala Ferrominas-Laboratório. Foto do arquivo do MF&RM (fundo GMB /JPMBC, nº 560).

que a autarquia se decidisse, em face dos encargos e relativa distância da sede do concelho. Todavia, sensível à preocupação de uma associação local de estudo e defesa do património – o PARM (Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo) – sobre a conservação do espólio do museu mineiro e a necessidade da criação de um museu arqueológico e etnográfico na sede do concelho, o município acabou por encetar negociações com a EDM, o que pressupunha a transferência do acervo para a vila de Torre de Moncorvo. Paralelamente, em 1993 é celebrado um protocolo de colaboração entre a Câmara Municipal de Torre de Moncorvo e o PARM, para “*instalação e apetrechamento do Museu de Moncorvo*” (Rebanda *et al.*, 1996 : 37-38). Para o efeito, previa-se a cedência do edifício solarengo conhecido como Casa do Barão de Palme (antigo quartel da GNR), em Torre de Moncorvo, onde se deveria incorporar o acervo museológico da ex-Ferrominas (idem, *ib.*; Campos 2001a; idem 2002 : 14; idem 2007 : 53; idem 2014 : 298). Foi necessário fazer-se um inventário circunstanciado da coleção, tarefa que coube ao PARM. Após algum arrastamento da situação, durante o qual ainda elaborámos uma primeira candidatura ao programa PRO-

NORTE (PARM 1994), só em Fevereiro de 1995 foi possível inaugurar o novo espaço, agora denominado *Museu do Ferro & da Região de Moncorvo*, com objectivo de o poder vir a tornar mais abrangente, nele incluindo as outras valências que, havia anos, vinham sendo defendidas pela associação do PARM, a saber, as componentes arqueológico-histórica e etnográfica (idem, ib.; Rebanda *et al.* 1996; Matos 2001; Soeiro 2005).

Museu do Ferro & da Região de Moncorvo

Um projecto em construção – de 1995 a 2002

Neste ponto impõe-se dizer algo sobre o PARM (Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo) que será, juntamente com o município de Torre de Moncorvo, o principal protagonista desta(s) fase(s). Paralelamente aos trabalhos de J. Custódio na área mineira, um pequeno grupo de estudantes da variante de Arqueologia do curso de História da Faculdade de Letras do Porto, desenvolvia trabalhos de inventariação arqueológica no concelho de Torre de Moncorvo, perseguindo objectivos mais amplos ao nível do registo e estudo arqueológico concelhio e regional (PARM 1985; Campos 2013 : 248 e ss.). Com uma existência informal desde 1983, o grupo – de que o autor fazia parte – viria a organizar-se em associação em novembro de 1986, assumindo-se como centro de investigação nas áreas de arqueologia, história, etnografia e antropologia, além da defesa e valorização do património cultural, tendo como corolário lógico da sua actividade a criação de um museu que contasse a evolução histórica da região (idem, ib.). O desenvolvimento de um projecto mais centrado na arqueologia medieval regional, com algumas intervenções arqueológicas de que resultou um considerável espólio ceramológico, lítico, metálico e osteológico, tornavam premente este desiderato.

Assim, a necessidade de se salvaguardar o espólio do museu mineiro da Ferrominas poderia surgir como oportunidade para se avançar para a musealização de outros objectos, no sentido de se articular uma narrativa coerente sobre o passado da região, numa perspectiva da evolução da paisagem/povoamento humano. A designação “*Museu do Ferro & da Região de Moncorvo*” servia esse propósito, ao mesmo tempo que se colocava a tónica na questão do Ferro, visto como elemento-âncora, distintivo e identificador da terra, num tempo em que os apoios comunitários privilegiavam os



Figura 5 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo na Casa do barão de Palme, Torre de Moncorvo, ca. 1998 (foto N.Campos).

“produtos endógenos” e as especificidades, buscando os municípios serem a “capital” de qualquer coisa, desde o móvel à alheira (Campos 2014 : 299).

Aproveitando uma visita do então Presidente da República Dr. Mário Soares, em 20.02.1995 foi inaugurado o novo Museu, na sede do concelho, no antigo solar do barão de Palme, como atrás se disse. Basicamente tratava-se da reinstalação da colecção da Ferrominas, adaptando-o o melhor possível às condições físicas do edifício, o qual se apresentava em deficientes condições de conservação, pelo que houve necessidade de se recorrer a diversos programas comunitários para elaboração de um projecto de adaptação e obras correspondentes, de acordo com um programa museológico entretanto definido (Rebanda *et al.* 1996). Subjacente a este programa, elaborado entre 1994-96, estava o conceito de “museu vivo”, *interface* entre investigação e divulgação, instrumento de complementaridade pedagógica em conexão com as escolas e de reforço da oferta turística, contribuindo neste aspecto também como um factor de desenvolvimento económico local. Numa perspectiva mais globalizante, indo além do tema do ferro, pretendia-se que o museu fosse uma janela aberta sobre a região, a partir do qual deveriam irradiar vários percursos, tanto para o centro histórico da

vila, em que pontua a imponente igreja matriz (ao lado do edifício do Museu) como para o resto do concelho. - Davam-se dois exemplos, inclusive cartografados: a) um eixo para o lado oeste e norte, envolvendo o vale da Vilarça e planalto de Adeganha, estruturando alguns sítios arqueológicos, sobretudo medievais; b) para o lado este, abarcando a zona mineira, com os seus escoriais e os vestígios de laboração da Ferrominas no alto da Carvalhosa (à época ainda bastante evidentes), culminando no lugar da cera de Felgueiras, ou seja, um percurso mais relacionado com a arqueologia “industrial” e mineira (idem, ib. : 14)

A formação na área da Museologia, tanto no curso de mestrado de Arqueologia (1991) como depois, com a frequência do curso pós-graduação na Faculdade de Letras do Porto, aproximou-nos dos conceitos da “Nova Museologia”, que, de certo modo, informou a definição de Museu do ICOM (International Council of Museums), princípios já citados e perspetivados no nosso documento de base então publicado (idem, ib. : 22, 25). Pairavam aqui as ideias do “museu integral”, abarcando o território e envolvendo as populações, no espírito da Mesa-Redonda de Santiago do Chile realizada em 1972, da “ecomuseologia” de Georges Henri Rivière e Hugues de Varine (Rivière 1993), das ideias do MINON (Movimento para a Nova Museologia) nascido em Lisboa em 1985, dos artigos de António Nabais (p. ex. Nabais 1993 e 1993a), ou ainda o modelo polinucleado de Mértola, tipo “vila museu” (Nabais 1993a : 69, Torres 2007, Gómez Martínez 2009), a qual incluía também nas suas imediações a importante mina de S. Domingos, entretanto recuperada e musealizada (DGEG & EDM 2011 : 144-147).

É de referir que a montagem de 1995-1999 aproveitava o mobiliário e painéis herdados da Ferrominas, sem grande aparato museográfico. Do mesmo modo, no programa e projecto de 1996 (apoiado pelo programa PRONORTE) incidindo mais sobre a recuperação do edifício, tal não foi especialmente tratado, deixando-se a montagem da exposição permanente e respectiva museografia para um projecto específico posterior, o qual viria a ser elaborado e candidatado à AIBT-Côa em 2000 (Campos 2002 : 15). Todavia, o percurso expositivo fora já delineado nos documentos técnicos de 1994-96 (cit. por Matos 2001 : 115-116) e estudos posteriores (Campos 2001a; idem 2001b), baseando-se num sistema de vitrinas contínuas, destinada a conter os objectos de menores dimensões associados a imagens e



Figura 6 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo durante as grandes obras de 1999-2000 (fotos de N.Campos).

textos de contextualização (a elaborar) apresentados nos planos de fundo das vitrinas.

Após a aprovação do projecto candidatado, o Museu foi encerrado para obras, as quais decorreram entre 1999 e 2000. Durante esse período foram efectuados contactos com Jorge Custódio, o mentor do Museu do Ferro da Ferrominas, no sentido de colaborar na reformulação e actualização dos conteúdos para a nova Sala do Ferro. Desta colaboração resultou uma reformulação do nosso projecto museológico no tocante ao percurso no interior do museu (Custódio & Campos 2002 : 27-28), tendo-se igualmente ampliado as nossas ideias iniciais quanto à implementação de outras valências no território, as quais se viriam a revelar algo utópicas, como a realocação do polo do Ferro no bairro mineiro da Ferrominas e a integração das infraestruturas ferroviárias do Carvalhal nesta ideia de parque mineiro (idem, ib. : 34-35).

No compasso de tempo entre 1995 e 2002, mercê da nossa frequência do curso de Museologia, fomos conhecendo melhor as sedutoras experiências pioneiras de Le Creusot-Monteceau-les Mines (França) – o Museu do Homem e da Indústria – sob a égide de um grupo em que pontuavam G. Henri Rivière e Hugues de Varine (Evrart 1980; Rivière 1993 : 199-200, 218-220; Ballart 1997 : 237), assim como os projectos do “*open air museum*” de Beamish (Hudson 1987 : 126-131; Ballart 1997 : 235) e do paradigmático Iron Bridge Gorge Museum (Alfrey & Clark 1993; Ballart 1997 : 235 ss.), além do ecomuseu de Bergslagen, na Suécia (Bergdahl 1998). Em Espanha surgia, no contexto de antiquíssimas minas de cobre, ainda em laboração, o caso modelar do parque mineiro de Rio Tinto, em Huelva (Mantecón Jara 1998; idem 2002). Também da Bélgica nos chegou notícia de um Musée du Fer, associado ao Musée de la Vie Rurale en Wallonie (museu de ar livre).

Todos estes casos foram tema de uma palestra realizada no Museu do Ferro & da Região de Moncorvo em Janeiro de 2007 (Campos 2007b), em que salientámos igualmente algumas tentativas portuguesas no sentido da criação de museus e/ou parques mineiros, como por exemplo: S. Pedro da Cova, Pejão (Pessoa 2001 : 51-57), Argoselo (Brandão 2002a), Aljustrel (Custódio 1991a; Alves 2002), Lousal (Santos & Tinoco 1998; Tinoco 1999, Tinoco *et al.* 2002), Minas de S. Domingos (Alves 2002), parque mineiro das Covas dos Mouros (Martins *et al.* 2001). – Alguns destes exemplos, tanto em Portugal, entre os quais o do Museu do Ferro e da Região de Moncorvo, como outros em Espanha, eram já referidos num trabalho académico apresentado à Universidade de Vigo sobre metodologia para transformação de antigos trabalhos mineiros em parques temáticos (Armesto Peña, 2002).

O projecto de 2002

Foi neste fervilhar de ideias, também trocadas com J. Custódio, que além de investigador de arqueologia industrial era/é museólogo, que se elaboraram as linhas gerais que deveriam presidir ao futuro do Museu do Ferro & da Região de Moncorvo, conforme explanado num dos estudos publicados no respectivo catálogo (Custódio & Campos 2002).

No entanto, dados os condicionalismos de espaço no edifício do Museu, assim como também em termos financeiros (começavam a escassear as



Figura 7 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Fachada principal após as obras de 2000 (foto N.Campos).

verbas comunitárias) para uma exposição mais elaborada e com recursos museográficos mais espectaculares, foi montada apenas uma exposição permanente em duas salas, no piso superior do edifício, além do balcão de atendimento, a saber:

1– *Oficina do Conhecimento*. Área de recepção onde se evidenciam, em fotografias e imagens-satélite, os dois acidentes geomorfológicos mais significativos deste troço da bacia duriense: o vale da Vilariza e a serra do Roboredo. No primeiro caso, a fertilidade do vale, incluindo curso terminal do rio Sabor, remete para a ancestralidade da agricultura, documentada por uma estela calcolítica aí recolhida (Qt^a. de Vila Maior); no segundo, é aí que se localiza a principal jazida de minérios de ferro, que, no seu conjunto, será a segunda maior da Europa. Esses dois aspectos, uma agricultura pujante em terrenos muito férteis, onde entre os séculos XV e XVIII pontuou uma cultura industrial relevante, o cânhamo, e, por outro lado, uma actividade minero-metalúrgica enraizada no tempo, determinaram a riqueza do concelho de Torre de Moncorvo, fundado em

1285 por D. Dinis, e que chegou a encabeçar a maior comarca do reino, até ao século XVIII.



Figura 8 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Sala do Conhecimento com grupo de crianças analisando imagem-satélite (foto do arquivo do MF&RM).

Ainda neste espaço, o visitante pode aceder a uma apresentação, instalada num écran táctil, mostrando diverso património do concelho, bem como visualizar um breve filme de 1951, onde se mostra o trabalho, sobretudo braçal, nas minas de Moncorvo.

2– *A Sala do Ferro*. Neste espaço o percurso foi estruturado em cinco temas, distribuídos por vitrinas e painéis, além da reconstituição conceptual de uma forja:

- a) *Forjas, ferreiros e ferrarias*, onde se procura ilustrar o ciclo do ferro na pré-indústria, nos seus principais momentos: mineração, metalurgia e trabalho na forja, com particular destaque para um fole de ferreiro e várias ferramentas destas extintas oficinas;
- b) *Geologia e minas*, com reprodução de fotos e documentos do séc. XIX e XX e uma pequena colecção de rochas e minerais da região ou correlacionáveis;



Figura 9 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Sala do Ferro, forja (foto do arquivo do MF&RM).

- c) *Nas origens da indústria do ferro*, com diagrama da evolução dos fornos de fundição, destacando-se vários materiais da época romana, incluindo peças líticas, cerâmicas, escórias e objectos em ferro, entre os quais um lingote, sobretudo provenientes do sítio de Vale de Ferreiros, mas também achados dos anos 1950 aquando da exploração mineira da Carvalhosa;
- d) *Impacto da Revolução Industrial em Portugal*, com referência à experiência proto-industrial de Chapa-Cunha (Mós), onde foi instalada uma forja de tipo catalão, assim como ao ferro fundido, com lingotes, moldes e peças produzidas nas chamadas “fundições secundárias” dos séculos XIX e XX em Portugal;
- e) *História mineira da Ferrominas*, a empresa mineira que desde 1951 até aos anos 1980 explorou os minérios de ferro de Moncorvo, sobretudo exportados para o norte da Europa. Aqui se destacam alguns objectos de trabalho, de iluminação na mina e uma vitrina com vários instrumentos de laboratório. A exposição termina com uma maquete de 1984 representando os terrenos contíguos ao Cabeço da Mua, onde se pre-



Figura 10 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Sala do Ferro, da geologia e minas da região à ferraria de Chapa-Cunha (foto do arquivo do MF&RM).

viam as infraestruturas de apoio ao “Projecto Mineiro de Moncorvo”, nomeadamente a lavaria e unidade de concentração do minério, com as respectivas albufeiras e bacia de lamas, o que nunca se efectivou. Uma imagem ampliada da portentosa escavadora Ruston Bucyrus completa o “*requiem*” pelo fim das minas, uma vez que também ela foi desmantelada e vendida para a sucata em 2002, tendo-se salvo apenas a placa em ferro fundido que ostenta a marca, a qual se encontra exposta.

Em termos de recursos audiovisuais, carecendo melhoramentos a nível físico mas também de conteúdos, limitam-se a dois computadores, num dos quais se disponibiliza uma recriação do trabalho na forja, com entrevista a um antigo ferreiro, enquanto no outro passa um diaporama com imagens da “revolução industrial” na Europa e em Portugal, além de várias fotografias do trabalho nas minas de Moncorvo, na fase da Ferrominas.

Infelizmente não se conseguiram até hoje, as verbas necessárias (e a disponibilidade de tempo para uma criteriosa selecção de objectos e elaboração de um bom plano museológico) para a montagem da Sala de Arqueologia



Figura 11 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Sala do Ferro, secção Ferrominas. Visitantes apreciando a maquete do projecto mineiro de 1982.

& História, como inicialmente previsto, apesar de se ter realizado uma exposição programática com esse objectivo, inaugurada em 2009, sob o título de “*Vestígios. Arqueologia & História da região de Moncorvo*”. Assim, a sala destinada a este fim tem vindo a ser utilizada para diversos eventos temporários, complementando o espaço do Auditório.

Ainda no primeiro andar, além do secretariado e de outras áreas de serviço, fica a pequena sala do Centro de Documentação, onde se guardam alguns documentos referentes às minas, o arquivo fotográfico e uma pequena biblioteca especializada, incluindo fotocópias de muitos artigos científicos em pastas de arquivo. No posto informático desta sala estão guardadas as bases de dados sobre vários temas.

No rés-do-chão situam-se as reservas, contendo algumas estelas funerárias, mós manúarias, pedras esculpidas da época medieval, vários contentores com espólio arqueológico resultante de trabalhos de prospecção e escavação na área urbana e resto do concelho de Torre de Moncorvo, diversos



Figura 12 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Aspecto do auditório e jardins do Museu durante um evento cultural.

objectos, sobretudo em ferro, resultantes de doações de moncorvenses e outros visitantes.

Na parte posterior do edifício fica um espaço ajardinado, organizado em vários socalcos, com árvores e outras plantas, privilegiando-se as características da região. Ao fundo da encosta, com acesso por um escadario rústico, temos o auditório, de planta semicircular, construído em 1999-2000 ao abrigo das candidaturas do PARM a programas comunitários de apoio. Com uma vasta frente envidraçada virada para a serra, aqui se têm realizado inúmeros eventos, de acordo com a programação cultural do museu: exposições de pintura, fotografia, palestras, teatro, dança, apresentações de livros, e as sempre concorridas “partidelas” tradicionais da amêndoa.

Em direcção ao território: no plano das ideias...

Mas, dentro do espírito inicial do projecto, em que o edifício central deveria funcionar apenas como “centro interpretativo” do território (onde se dessem as coordenadas geomorfológicas, de ocupação humana e de elementos de valor), na linha do “museu fora de muros” (cf. A. J. Maia Nabais *in* Ro-



Figura 13 – Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Palestra de N.Campos, com intervenção do Prof.Armando Coelho F. da Silva (FLUP), sobre o “Projecto MM – Rede Museal Local” (foto do arquivo do MF&RM).

cha-Trindade 1993 : 67), outros polos estavam previstos, além de pontos de interesse visitacional, no centro histórico de Torre de Moncorvo e no resto do concelho. Timidamente esboçada no projecto de 1995 (Rebanda *et al.* 1996 : 17-18), esta “rede museal local” aparece claramente definida no catálogo do MF&RM (Custódio & Campos 2002 : 33-36) ilustrada num organograma (idem, *ib.* : 40), em resultado de estudo académico anteriormente realizado (Campos 2001). Esta ideia foi publicamente apresentada numa palestra realizada no Museu em 28.01.2006, sob o título “*Projecto MM – bases para uma rede museal local*” (Campos 2006), juntamente com uma série de reflexões sobre as possibilidades dos recursos patrimoniais como factor de desenvolvimento, não só cultural mas económico, na expectativa da promoção de Torre de Moncorvo como destino turístico de referência. A indiferença do poder local de então levou a que a originalidade da ideia se perdesse quando, *a posteriori*, vimos ser aplicadas ideias semelhantes em outras regiões do país...

Apesar do desinteresse dos responsáveis locais, realizámos nova palestra no Museu, em 20.01.2007, sobre o tema “*Património mineiro e sua musealiza-*

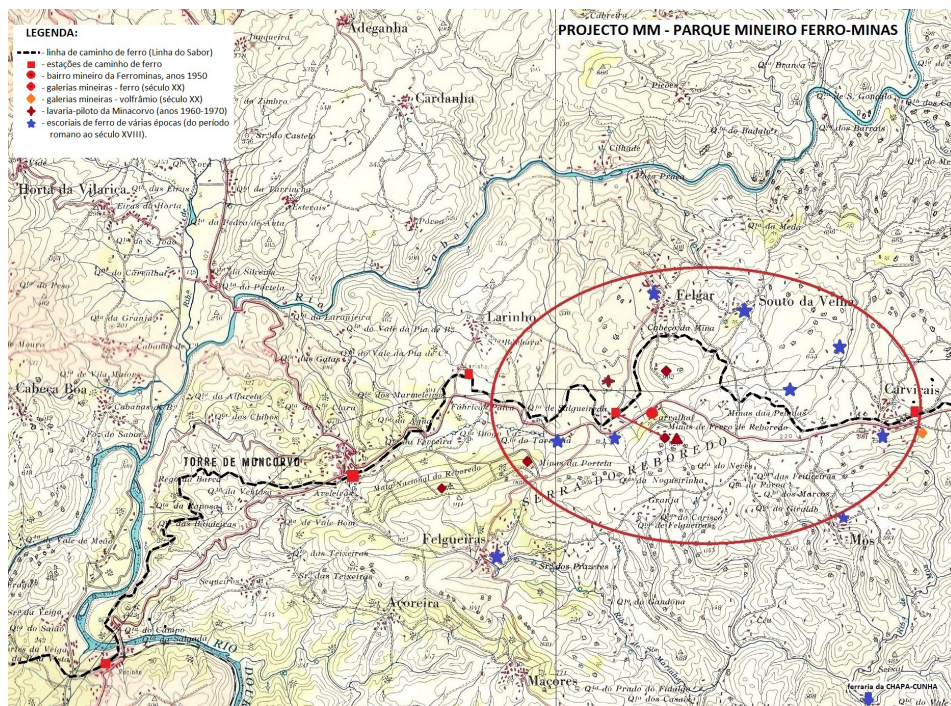


Figura 14 – Projecto MM. Levantamento de infraestruturas e vestígios para um hipotético parque mineiro (base cartográfica: Carta de Portugal, esc. 1:100.000, IGC, 1966).

ção, inspirados pelo incremento que se estava verificando em torno do estudo, recuperação e valorização do património geológico e mineiro em Portugal e não só (vd. p. ex. Rábano-ed. 2000; Brandão-coord. 2002; Villas-Bôas *et al.* 2003; Guillard 2005; VV AA 2006, etc.)¹. Nesta abordagem identificávamos vários pontos a valorizar dentro de um roteiro pela zona mineira do concelho, possíveis elementos a integrar num hipotético parque temático (Campos 2007). De certo modo fomos implementando informalmente este “roteiro” no terreno, mesmo sem as infraestruturas desejadas, numa base de voluntariado, através de visitas guiadas, sobretudo realizadas no âmbito do programa Ciência Viva (cursos de Geologia no Verão).

1) Já depois desta apresentação saíram as *Actas do VI Simpósio sobre mineração e metalurgia históricas do Sudoeste Europeu*, realizado em Vila Velha de Ródão entre 18 e 20 de Junho de 2010 (Batata-ed. 2011), em cuja comissão científica participámos. Entre outras achegas bibliográficas posteriores, salientamos um trabalho académico de Leonor Medeiros (Univ. de Birmingham) contendo uma análise comparada entre Inglaterra e Portugal, no domínio da gestão de paisagens mineiras (Medeiros 2008).



Figura 15 – Estação de caminho-de-ferro de Moncorvo. Exposição de fotografia e objectos mineiros inaugurada em 24.05.2013 (foto de N.Campos, arquivo MF&RM).

Reconhecendo a impraticabilidade de se realocar o núcleo do Ferro no bairro da Ferrominas (Carvalho de Cima), como defendêramos em artigo publicado no catálogo do Museu (Custódio & Campos 2002 : 34), como centro desse hipotético parque mineiro, acabámos por propor ao responsável autárquico, em 2009, a ideia de se aproveitar o antigo edifício da estação de caminho de ferro de Torre de Moncorvo, agora deixado vago após a saída do estaleiro municipal para a zona industrial, para aí se instalar o polo do Ferro + núcleo ferroviário dedicado à interpretação da linha do Sabor, em conexão com a ecopista/ciclovia. Fazia todo o sentido, uma vez que o principal argumento para a construção da linha do Sabor, iniciada nos começos do séc. XX, fora o escoamento do minério de ferro das minas de Moncorvo. Infelizmente a área disponível no edifício da estação e armazém de mercadorias não era a suficiente para albergar um Museu do Ferro e Ferroviário, como se pretendia, mas, pelo menos, poderia servir para um núcleo ferroviário e ainda para algumas peças da antiga exposição do COAI (exposição da Central Tejo, 1985) que por essa altura foram enviadas para Torre de Moncorvo, por sugestão de Jorge Custódio e proposta nossa ao município, em virtude da desactivação dos depósitos do IPPAR localizados no sítio do novo Museu dos Coches. O então



Figura 16 – Estação de caminho-de-ferro de Moncorvo. Exposição de geologia do Centro de Ciência Viva de Estremoz, inaugurada em 24.05.2013 (foto de N.Campos, arquivo MF&RM).

presidente do município acolheu a ideia da mudança do núcleo museológico do Ferro para a estação ferroviária de Torre de Moncorvo, veiculando-a para a comunicação social (Garcias 1999). Chegou mesmo a fazer algumas obras de conservação do edifício, mas a única acção cultural que aí teve lugar foi uma exposição temporária com algumas fotografias e objectos das reservas do Museu do Ferro & da Região de Moncorvo, além de amostras das sondagens (carotes) realizadas pela MTI-Ferro de Moncorvo S.A., evento que foi inaugurado por ocasião de um “open day” promovido por esta empresa e pelo município, no dia 24.05.2013. Na mesma ocasião, além da apresentação dos trabalhos que estavam a ser realizados pela empresa, teve lugar uma conferência pelo Prof. Rui Dias (Univ. de Évora) seguida da inauguração de uma outra exposição, sobre geologia, organizada pelo Centro de Ciência Viva de Estremoz, no antigo armazém de mercadorias da estação.

Retomando essa proposta de 2009, apresentámos em 28.05.2015 uma comunicação ao VI Encontro Anual dos Parceiros do Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico realizado em S. Pedro da Cova, intitulada “*Alguas ideias para um plano de aproveitamento turístico do património industrial e mineiro do concelho de Torre de Moncorvo*”, onde se defendia a criação do núcleo do património industrial e ferroviário na estação de caminho de ferro de Moncorvo, considerada como extensão do Museu do Ferro & da Região de Moncorvo, ponto de partida para o incremento da ecopista/ciclovía implantada sobre o antigo espaço-canal ferroviário da Linha do Sabor. Dava-se como bom exemplo dessa utilização turística o aproveitamento da estação do Larinho como café-restaurant, outro tanto podendo acontecer na estação do Carvalhal, de onde se partiria à “descoberta” das antigas minas. Dada a distância, o percurso poderia ser realizado em bicicletas, a alugar na estação de Torre de Moncorvo, onde ficaria o centro interpretativo da Linha do Sabor (Campos 2015)².

O que se tem feito, apesar das dificuldades...

Dentro dos espaços do Museu, as actividades têm-se centrado na recepção dos visitantes e visita guiada à exposição permanente. Desde 1995 e até

2) Em 22.04.2017, já depois da realização deste ciclo de palestras sobre Recursos Geológicos de Trás-os-Montes, efectuámos uma visita guiada a um numeroso grupo de aficionados de linhas férreas abandonadas, jornada promovida pela associação *Percursos da Memória*, de Vila Real. Foi então visitada a ponte rodo-ferroviária do Pocinho (iniciada em 1903 e inaugurada em 1909) e a alguns troços da linha do Sabor, nomeadamente a estação do Carvalhal, onde se carregava o minério de ferro.

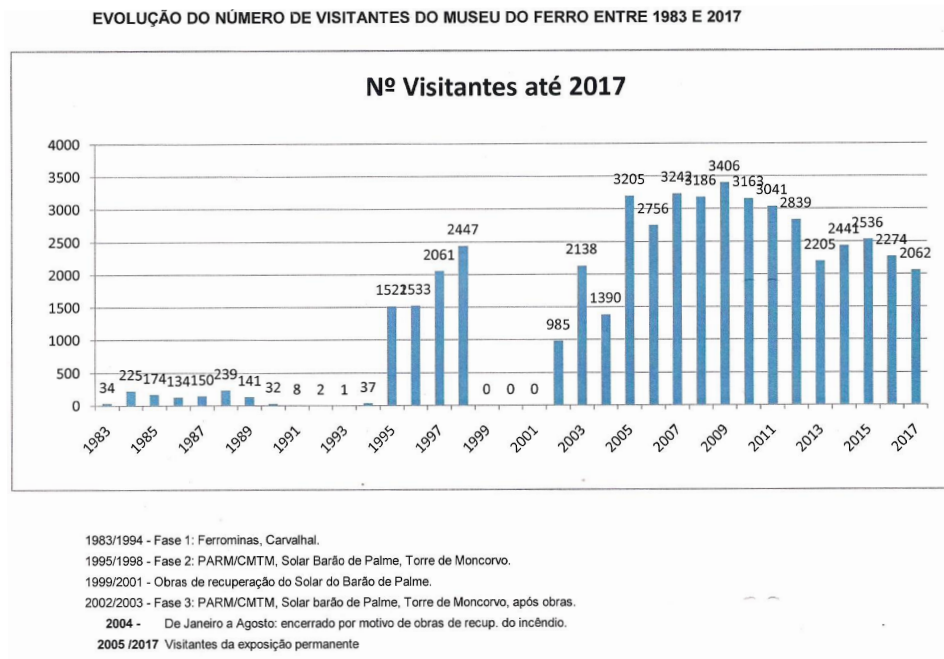



Figura 17 – Gráfico referente ao número de visitantes da exposição permanente desde a fase do Museu da Ferrominas às fases do MF&RM (arquivo do MF&RM).

1999 (1ª. fase do Museu depois da transferência para a sede do concelho), o número de visitantes foi sempre aumentando, chegando a cerca de 2.500 pessoas/ano. Depois da reabertura em 2002, a tendência foi igualmente crescente até 2009, ano em que se atingiu os 3.163 visitantes, apenas com um percalço verificado em 2004, quando um princípio de incêndio obrigou ao encerramento da sala do Ferro, por uns meses, para recuperação dos estragos. A partir de 2010 foi-se verificando um decréscimo das visitas, o que se explica, por um lado, pela coincidência com os anos da grande crise económica (menos afluxo turístico para o interior), mas também pelo fim do período de requisição do responsável do Museu, que teve de regressar ao seu serviço de origem. Mesmo assim, com a entrada do novo executivo autárquico, em 2013, e apesar de significativos cortes orçamentais, verificou-se uma ligeira melhoria no número de visitantes até 2015 (2.536), para novamente se verificar um decréscimo até 2017.

A estes números (reais e não “inflacionados”, como acontece em algumas estruturas culturais), haveria que somar ainda muitos visitantes e partici-



Escombros
As Minas de Trás-os-Montes

Exposição Fotográfica
de José Luís Gonçalves

Museu do Ferro
e da **Região de Moncorvo**
Torre de Moncorvo

de **09 de Agosto**
a **21 de Setembro'08**

10 de Agosto'08
Encontro de Antigos
Trabalhadores da Ferrominas

Figura 18 – Painel de abertura da exposição fotográfica “Escombros. As minas de Trás-os-Montes”, de José Luís Gonçalves, inaugurada em 9.08.2008.

Organização:



Patrocínio:





Figura 19 – Exposição “Vestígios. Arqueologia e património arquitectónico da região de Moncorvo”, inaugurada em 18.07.2009 no auditório do Museu (foto do arquivo MF&RM).

pantes em eventos temporários, uma vez que nem sempre o público das exposições temporárias visita a exposição permanente. Apesar de, no cômputo global, terem passado já pelo Museu e suas actividades uns largos milhares de visitantes/participantes, são números que não nos satisfazem. Urge proceder a uma requalificação do museu, voltar a dispor de um “site” mais apelativo e tomar medidas no sentido da captação de mais visitantes, sendo certo que o público residente é cada vez menor, com o envelhecimento populacional e a desertificação humana. No entanto, quando se trata de números, e sem que isto sirva de desculpa, ocorrem-nos sempre aquelas palavras do grande museólogo Georges Henri Rivière ditas a uma discípula: *“Olha, pequena, o êxito de um museu não se mede pelo número de visitantes que recebe, mas sim pelo número de visitantes a quem ensinou alguma coisa”* (Rivière 1993 : 9).

No tocante às exposições e outros eventos temporários, dentro dos espaços do Museu (edifício principal, auditório e jardins) realizaram-se mais de centena e meia, desde 2003 a 2017. Foram imensas as exposições de pintura, artes decorativas, fotografia, geologia (rochas e minerais), arqueolo-



Figura 20 – Sessão de abertura do ciclo de palestras “Recursos Geológicos de Trás-os-Montes”, em 22.04.2016. O Presidente do IPB no uso da palavra (foto do Município de Torre de Moncorvo).

gia, de diversos autores ou organizadas pelo PARM/MF&RM. Destacamos, pela sua dimensão e aparato (e polémica) a exposição “*Sabor trasmontano*” (fotografia), de José Teixeira, em 2004, em torno do património que se iria perder com a barragem do Sabor; também de assinalar as exposições de arqueologia “*Castros e verracos na fronteira hispano-lusa*”, coordenada pela Professora Teresa Soeiro (com apoio do Interreg), em 2005, e “*Vestígios. Património arqueológico e arquitectónico da região de Moncorvo*”, pelo PARM/MF&RM, em 2009. E sobre a temática das minas, de salientar as exposições “*Escambros. Minas trasmontanas*” (fotografia e documentário) de José Luís Gonçalves, em 2008³, “*Ferrominas.1957*” e “*Minas de Ferro de Moncorvo*” (fotos de arquivo do MF&RM), organizada pelo PARM/MF&RM em 2010 e “*Onde o céu é a terra que pisamos*” (fotografia e documentário), de Joaquim Pavão e Isabel F. Pinto, em 2014. Por ocasião das festividades da Amendoeira em Flor, desde 2004 que se têm feito várias versões da expo-

3) O Museu do Ferro & da Região de Moncorvo editou o catálogo desta exposição (Gonçalves 2008). Algumas das fotos expostas e contidas no catálogo mostram infraestruturas mineiras entretanto desaparecidas.



Figura 21 – Uma das muitas sessões anuais da “Partidela tradicional da Amêndoa” realizadas pelo Museu (foto do arquivo do MF&RM).

sição “*O ciclo da Amêndoa*”, culminando numa grande mostra em 2014, com a colaboração do município (Biblioteca Municipal e vereadora Eng^a. Piedade Menezes).

Foram também inúmeras as palestras realizadas por vários oradores, nas temáticas da arqueologia, museologia, história de arte, ambiente, astronomia, com especial destaque para a geologia, em que participaram conhecidos geólogos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, como os Professores Fernando Noronha, Ary Pinto de Jesus, Alexandre Lima, Romeu Vieira, Helena Couto, etc.. A organização deste ciclo de palestras, entre 2008-2009, tal como a participação do PARM/MF&RM no programa Ciência Viva /Geologia no verão, ficaram-se a dever ao empenho de Rui Rodrigues, jovem colaborador do Museu, à época estudante de mestrado na FCUP. Mais recentemente, com início em 22.04.2016 e término em Junho do mesmo ano, decorreu neste Museu o 1º. Ciclo de Palestras subordinado ao tema “*Recursos Geológicos de Trás-os-Montes*”, no âmbi-



Figura 22 – Cartaz do 1º Encontro dos Antigos Trabalhadores da Ferrominas, realizado em 10.08.2008 (arquivo MF&RM),

to dos Laboratórios de Participação Pública promovidos pelo MCTS, pelo IPB, programa Ciência Viva, Município de Torre de Moncorvo e MF&RM, tendo como seu principal mentor o Professor Carlos Balsa. Os distintos oradores/autores e temas tratados estão contidos nesta obra, pelo que nos dispensamos de os referir.

O epicentro da maioria das realizações mencionadas situou-se no auditório do Museu, onde ainda se concretizaram eventos mais de carácter lúdico e literário, tais como recitais de poesia, teatro, dança, apresentações de livros, e as sempre muito concorridas *Partidelas Tradicionais da Amêndoa*, realizadas anualmente, pelo fim do outono, desde 2004. Particularmente tocante e um dos momentos altos da vida do Museu foi o 1º *Encontro dos antigos trabalhadores da ex-Ferrominas*, em 10.08.2008, com visita guiada ao Museu e um convívio no auditório e jardins do mesmo.



Figura 23 – Exposição fotográfica “Aves do Feital”, de A. Joaquim Fernandes, inaugurada em 5.06.2016 (foto do Município de Torre de Moncorvo).

Outro evento que muito tem animado os espaços do auditório de jardins do Museu, desde 2016, é o “Festival do Solstício” (de Verão), programa coordenado pela Eng^a. Viviana Teixeira, com apoio do município e colaboração do Museu.

Mas, como dissemos, desde o início tivemos o desejo de concretizar o museu “fora de muros”, pelo que foram também várias as iniciativas concretizadas fora de portas, não raro partindo dos espaços do Museu. Assim, desde 2006 fizeram-se vários “Passeios culturais” com alunos do Agrupamento de Escolas de Torre de Moncorvo, explorando os dois itinerários concelhios propostos na primeira publicação do museu, em 1996 (Rebanda *et al.* 2006 : 14), o mesmo acontecendo no centro histórico da vila, visitando *Fontes e Fontenários* ou outros elementos patrimoniais (igreja matriz, capelas, solares...). Desde 2008, em que se efectuou uma primeira sessão de “birdwatching” nos jardins do museu, orientada pelo Eng^o. Afonso Calheiros, têm-se feito vários passeios ornitológicos pelas imediações da vila. O mesmo colaborador tem orientado também passeios micológicos ou para observação e recolha de ervas aromáticas,



Figura 24 – Exposição fotográfica “Cogumelos silvestres”, de A. Joaquim Fernandes, inaugurada em 22.10.2016 (foto do Município de Torre de Moncorvo).

iniciando-se normalmente (ou terminando) em “workshops” no auditório do museu. No tocante à geologia, mas também à biologia, verificou-se, como já foi referido, entre 2008 e 2010, a participação do PARM/MF&RM no programa Ciência Viva (cursos de Geologia e Biologia no verão), com visita à zona mineira e outros elementos geológicos e paisagísticos interessantes, na nossa região.

Apesar de não dispormos de pessoal nem de meios de transporte para o efeito, temos realizado, ou colaborado em inúmeras visitas guiadas à zona mineira de Moncorvo, apesar do progressivo desaparecimento dos vestígios. Por isso elaborámos uma maleta pedagógica com ampliação de algumas fotografias antigas para elucidar os visitantes.

Em 2010, em colaboração com a Junta de Freguesia de Torre de Moncorvo, criámos o evento “Rota do Ferro em BTT”, a partir da zona mineira, assim como o passeio pedestre “Pela calçada de Ferro e caminhos do Roboredo” (2014), por vezes integrados na Semana dos Parceiros do Roteiro de Minas e Pontos Geológicos e Mineiros, de que o Museu do Ferro faz parte.



Figura 25 –Visita guiada às minas de ferro de Moncorvo pela geóloga Professora Elisa Preto Gomes (UTAD) e pelo encarregado do Museu (foto N.Campos, arquivo MF&RM).

Também em articulação com a Junta de freguesia local foi retomada uma antiga tradição de se “desfazer o foliar” junto da capela de N. Senhora da Esperança, por ocasião da Pascoela. Já em 2014 demos seguimento à “*Rota do património medieval, de Torre de Moncorvo à Adeganha*”, entretanto interrompida, mas que tencionamos retomar.

Quanto a projectos de investigação, reconhecemos que a prioridade dada ao envolvimento da comunidade em actividades mais de carácter (in) formativo e lúdico, fizeram (e fazem) retardar esta área de trabalho, para mais considerando a ausência de pessoal mais especializado para o efeito. Mesmo assim, foi organizado no Museu um incipiente Centro de Documentação (MF&RM-CDOC)⁴, com pequena biblioteca e arquivo, onde se inclui, entre outros, o importante “*Fundo Monteiro de Barros (pai e filho)*”, composto por livros técnicos e arquivo fotográfico da Ferrominas, generosa doação de Eng. João Pedro Monteiro de Barros Cabral e Esposa, em 2010. Estes fundos foram objecto de um trabalho de inventariação e digi-

4) O CDOC do MF&RM dispõe de um blogue onde se disponibiliza alguma informação “on line” na área temática deste museu: <http://mfrm-cdoc.blogspot.pt/>



Figura 26 – Visita guiada à igreja românica de Adeganha por Eugénio Cavalheiro (PARM), no âmbito da Rota Medieval (foto N.Campos).

talização, realizado entre 2009 e 2010, comportando as bases de dados de fundos particulares cerca de 3.000 registos. Em desenvolvimento encontra-se o arquivo das imagens obtidas pelo próprio Museu, tanto dos seus eventos como de outros elementos patrimoniais. A partir deste Centro de Documentação temos procurado desenvolver alguns trabalhos essenciais, além da inventariação e catalogação de objectos e documentos. Um desses projectos, que intitulámos “*Minas de Trás-os-Montes e Alto Douro*”, partiu da informação do ex-IGM e de bibliografia diversa e consistiu na elaboração de base de dados informática, através de uma ficha muito simples, com os dados administrativos gerais, número da concessão, minério(s) explorado(s), descrição, bibliografia e outra informação. Foram carregados mais de 800 registos, muitos deles sumariamente preenchidos. Temos como objectivo referenciar os vestígios de mineração mais interessantes para um roteiro geomineiro do concelho, em conexão com outros vestígios arqueológicos, nomeadamente paleometalúrgicos. Tencionamos ainda conseguir parcerias para alargar este projecto a todo o distrito de Bragança e, eventualmente, ao resto do território trasmontano.



Figura 27 – Sessão de observação astronómica durante o Festival do Solstício, nos jardins do Museu, em Junho de 2016 (foto N.Campos, arquivo MF&RM).

Outro projecto que consideramos relevante é o das “*Memórias Mineiras*”, com objectivo de identificação dos antigos trabalhadores das minas (da fase Ferrominas ou anteriores) através de recolha oral e registo audiovisual. Foi elaborada uma base de dados com uma ficha-tipo, a qual continua em permanente actualização, e já conta com mais de 1300 registos. Além dos elementos de identificação do trabalhador, a ficha inclui informação sobre os seus trabalhos anteriores, período em que trabalhou nas minas, morada, função na mina, aspectos do quotidiano, situação clínica, etc. O objectivo deste trabalho é reconstituir as vivências das pessoas que trabalharam no universo das minas através das suas memórias. Para além do dos mineiros há ainda outro projecto similar referente aos ferreiros da região.

Tencionamos ainda abrir uma via de pesquisa na área da “*Arqueologia Mineira e Paleometalurgia*”, dando continuidade aos estudos antigos do Prof. Adriano Vasco Rodrigues e Dr^a. Maria da Assunção Carqueja (Rodrigues & Rodrigues 1962) e aos trabalhos recentes do Prof. Horácio Maia e Costa (Costa 2009). Este trabalho deverá iniciar-se pelo povoado fortificado da Cigadonha, através da prospecção sistemática com observação de superfi-



Figura 28 – O antigo mineiro Sr. Aníbal Vieira (1943-2015), vendo a exposição “Ferrominas-1957”, em Agosto de 2011 (foto N.Campos, arquivo MF&RM).

cie e prospecção geofísica, tendo em vista a localização dos fornos de fundição que produziram as escórias que se encontram no cimo do monte, nas suas vertentes e no vale periférico.

As colecções do Museu têm sido enriquecidas, ao longo dos anos, por doações e algumas (muito raras) aquisições por compra. Aqui se inclui, por exemplo, um carimbo da “Companhia Mineira de Moncorvo”, adquirido em Fevereiro de 2017 a um antiquário de Azeitão, considerando a importância desta peça para o nosso acervo. A conservação e restauro das colecções, sobretudo tendo em conta objectos metálicos problemáticos, como é o caso do ferro, é outra das preocupações do Museu desde sempre, mantendo-se regulado o sistema de conservação preventiva através de desumidificadores sempre em funcionamento e uso de granulado “sílica-gel”.

No plano externo o trabalho desenvolvido pelo Museu tem merecido algum reconhecimento, o que se traduz no convite que nos foi formulado em 2007 para integrar o grupo dos fundadores do GeoMin, secção do património mineiro da APPI (Associação Portuguesa de Património In-



Figura 29 – O Professor José Brilha, da ProGEO-Portugal, entrega ao MF&RM a Menção Honrosa do prémio de Geoconservação, em sessão realizada no Museu, 22.04.2008 (arquivo MF&RM).

dustrial). Em 2008 foi-nos atribuída uma Menção Honrosa do Prémio de Geoconservação, atribuído pelo comité nacional do ProGeo (Associação Europeia para a Conservação do Património Geológico). Em 2009 estivemos também no grupo dos fundadores do Roteiro de Minas e Sítios de Interesse Geológico e Mineiro promovido pela DGEG (Direcção-geral de Energia e Geologia) e EDM (Empresa de Desenvolvimento Mineiro), participando com actividades na Semana dos Parceiros e nos Encontros anuais, em alguns com comunicação, como já se referiu. Em 2010 o responsável do Museu foi convidado para a Comissão Científica do VI Simpósio sobre Mineração e Metalurgia Históricas no Sudoeste Europeu, que se realizou em Vila Velha de Ródão (Batata-edit. 2011). Em 2017 efectivou-se a nossa adesão à rede MuD (Museus do Douro), bem como fomos dos primeiros aderentes em Portugal da Rede Ibérica de Espaços Geomineiros (em constituição).

Resta perguntar, face ao esforço realizado: e com que meios? – Desde 1995 a 2002 o projecto do Museu contou apenas com a direcção da associação do PARM e alguns funcionários temporários destacados pelo município



Figura 30 – O Dr. Bernardo Lemos, do Roteiro de Minas (DGEG /EDM) faz a apresentação da exposição “Rochas e Minerais do Norte de Portugal”, 4.11.2017 (foto de N.Campos, arquivo MF&RM).

de Torre de Moncorvo, ou estagiários coordenados pelo signatário. Desde 2002 a 2013, o Museu dispôs de dois funcionários, eventualmente alguns estagiários e a ajuda esporádica de alguns sócios do PARM mais voluntários, além do encarregado do Museu. Este desenvolveu sempre o seu trabalho de forma graciosa e voluntária, com excepção do período entre 2005 e 2010, em que foi requisitado pelo município de Torre de Moncorvo para, entre outras tarefas, dar apoio ao projecto do Museu. Desde 2013 o Museu possui apenas uma funcionária efectiva, além do apoio do pessoal de limpeza e de jardinagem do município. A partir de 2014 também a dotação anual do município à associação do PARM para o funcionamento do Museu foi consideravelmente reduzida. Neste cenário não é possível fazer muito mais e melhor, pelo que continuam adiados *sine die* os grandes sonhos dos anos 1990's, ou, ainda, de 2002...

Perspectivas mais ou menos realistas, se houver meios e vontade...

Tentaremos, apesar deste conjunto de dificuldades, melhorar alguns aspectos no sentido de revitalizar o Museu, tornando-o mais atraente e, nes-

te cenário, procurar o reforço possível das receitas próprias, a reinvestir no projecto.

- Assim, impõe-se a organização da sala de Arqueologia & História e da sala de Epigrafia, além da requalificação da Sala do Ferro, melhorando os meios audiovisuais, tanto a nível do “hardware” como de conteúdos. É desejável também trabalhar graficamente o fundo das vitrinas, com mais alguma informação e imagens, bem como eventualmente incluir mais algumas peças. Apesar de poder ser ainda algo prematuro para uma análise histórica, julgamos que será de se considerar a hipótese de disponibilizar alguma informação sobre o último capítulo de expectativas geradas em torno das minas de Moncorvo, ou seja, a fase 2008-2018, solicitando-se à MTI e CPF a informação que possam ceder sobre os trabalhos realizados. Esta apresentação poderia situar-se na sala do rés-do-chão, na passagem para os jardins, tentando responder à pergunta recorrente do público local: “como e para quando a reabertura das minas?”
- É necessário melhorar a sala do Centro de Documentação, possibilitando a utilização da biblioteca e consulta de documentos, por parte de investigadores interessados. Para isto, e de forma a libertar espaço nas áreas de serviço do piso superior, é essencial proceder-se ao arranjo do enclave do rés-do-chão do lado esquerdo da fachada principal, presentemente subaproveitado.
- Esperamos potenciar uma maior utilização e fruição dos jardins e do Auditório, promovendo actividades mais atractivas, sobretudo destinadas aos mais novos.
- De forma a aumentar as receitas próprias impõe-se criar “merchandising” e outros produtos para o balcão-loja do Museu, incluindo publicações próprias.
- Na expectativa de se poder captar mais visitantes do exterior, é necessário criar-se novo “site”, aproveitando e adaptando alguma informação do antigo “site” do Museu, que foi desactivado devido aos custos de manutenção.
- Ainda no plano da organização interna, é essencial ver com o parceiro Município a possibilidade de se resolver a questão do pessoal.
- Logo que se consigam algumas das melhorias pretendidas, tencionamos iniciar o processo de inclusão do Museu na RPM (Rede Portuguesa de Museus), apesar de ser um processo complexo e altamente exigente, a

começar pelas imposições em relação às condições físicas dos espaços e recursos humanos suficientes.

- Também não deverá o Museu perder de vista a implementação da almejada “rede museal local”, procurando-se a implementação de outros polos e articulação com os já existentes (municipais, juntas de freguesia, ou privados), p. ex.: Oficina Vinária (privado), Núcleo de Fotografia do Douro Superior (privado, em protocolo com a CMTM); Arte Sacra (protocolo CMTM/ Misericórdia/ DRCN /Paróquia), Casa da Roda (CMTM, Posto de Turismo), Lagar da Cera (Junta de Freguesia de Felgueiras). Do mesmo modo, procurar retomar outras velhas ideias, defendidas desde há anos, como sejam o aproveitamento da Forja da Rua Direita e o Núcleo de Olaria, ambos na aldeia do Felgar. Ou ainda, esgotar as possibilidades relativamente à criação do Centro interpretativo da linha do Sabor e de Arqueologia Industrial, na estação de caminho-de-ferro de Torre de Moncorvo. A caminho, pela rua Visconde de Vila Maior (antiga rua do Cano), seria de se ponderar a classificação da Tipografia Globo como valor concelhio, musealizando o espaço e ajudando à sobrevivência, em melhores condições de rentabilidade, de uma das últimas tipografias de composição manual ainda existentes.
- Em relação a outra velha ideia, a do “*Parque mineiro das Ferro-minas*”, e tendo sempre presente este turismo de nicho que é o dos interessados no património geomineiro, será de se tentar uma articulação com as actuais concessionárias, com os moradores do bairro mineiro e direcção do Clube Mineiro do Carvalhal, estudando-se a melhor forma para se concretizar tal desiderato. No limite, poderá ser um “parque” informal, para simples visita aos vestígios no terreno, como temos feito desde há anos, assistindo (infelizmente) ao progressivo apagamento desses mesmos vestígios, assim como dos seus protagonistas, os velhos mineiros...
- Noutro plano, poderão ainda conectar-se a esta “rede museal local” os monumentos classificados: Igreja Matriz de Torre de Moncorvo (DRCN), igreja românica de Adeganha (paróquia), algumas capelas da vila de Torre de Moncorvo, capela de N. S. da Teixeira (privado), ruínas de Santa Cruz da Vilariça (privado), bem como alguns sítios arqueológicos, como por exemplo o arqueossítio do Baldoeiro, o “castro da Cigadonha”, necrópoles de sepulturas escavadas na rocha.
- Deverá caber ao Museu um papel essencial na coordenação da mencionada rede, funcionando como “central distribuidora de percursos”, tal como vimos defendendo há mais de 20 anos (Rebanda *et al.* 1996),

naturalmente em articulação com o Centro Interactivo de Turismo e as entidades da tutela, poder local (município e juntas de freguesia), privados detentores de elementos patrimoniais e operadores turísticos. Só assim, numa perspectiva integrada e dialogada, se pode conseguir um produto turístico final de excelência, capaz de atrair mais e melhores públicos, numa óptica de turismo cultural, aqui incluindo, necessariamente as outras valências bem conhecidas: gastronomia, enoturismo, unidades hoteleiras e de turismo em espaço rural, lojas de produtos regionais, empresas de animação e eventos, etc.. Não esquecendo que a concorrência, neste domínio, hoje em dia é cada vez maior, sendo necessária cada vez mais imaginação e profissionalismo para se conseguir o efeito desejado.

Bibliografia

- Alfrey, J., Clark, C., 1993. *The Landscape of Industry: Patterns of Change in the Ironbridge Gorge*. London - New York: Routledge.
- Alves, Helena, 2002. “Notas históricas e arqueológicas sobre o património industrial das minas de Aljustrel e S. Domingos”. *Mineração no Baixo Alentejo*, vol. 2. Castro Verde : CMCV, p. 122-155.
- Argudo, J. J. (2000). “Un parque geominero integral como fomento del desarrollo turístico de Linares (Jaén)”, in Rábano, Isabel (ed.), 2000. *Patrimonio Geológico y Minero en el marco del desarrollo sostenible*. Ponencias y comunicaciones presentadas en el Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero en el marco del Desarrollo Sostenible y V Sesión Científica de la Sociedad Española para la defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Linares, Jaen. 20-22 octubre, 2000
- Armesto Peña, José Luis 2002. *Metodología para la transformación de labores mineras en parques temáticos*. E.T.S. Ingenieros de Minas, Universidad de Vigo (“proyecto fin de carrera” sob direcção de Enrique Orche Garcia), Fevereiro de 2002.
- Batata, Carlos (edit.), *Actas do VI Simpósio sobre mineração e metalurgia históricas do Sudoeste Europeu*, realizado em Vila Velha de Ródão entre 18-20 de Junho de 2010. Abrantes : SEDPGYM; APPI-GEO-MIN ; Ozecarus ; AEAT Naturtejo-GeoParque ; Município de V. Velha de Ródão ; Município de Nisa.

- Bellaigue-Scalbert, Mathilde 1993. “Georges Henri Rivière y la génesis del eco-museo de comunidade Le Creusot-Montceau-Les Mines”, in Rivière, George-Henri 1993, *La Museología. Curso de museologia. Textos y testimonios*. Torrejón de Ardoz : Akal [ed. original: Bordas, 1989]
- Bergdahl, Ewa, 1998. “Ecomuseo’ de Bergslagen”. *Revista de Museología*, nº. 14, jun.1998. Asociación Española de Museólogos, p. 148-154.
- Brandão, José M., 1998. “Defesa do património mineiro em Portugal. Algumas reflexões a propósito da realização do Seminário ‘Arqueologia e Museologia Mineiras’”, in Mata-Perelló, Roc Campo Martínez (edit.), *Actas del primer simpósio latino sobre geología, medio ambiente y sociedad*. Camarasa, 13-15 de Marzo de 1998. Camarasa : Sociedade Española para la Defensa del Património Geológico y Minero, p. 253-258.
- Brandão, José M. (coord.), 2002. *Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e Mineiro*. Lisboa : Museu do Instituto Geológico e Mineiro.
- Brandão, José M., 2002a. “O projecto de musealização das minas de Argose-lo”, in Brandão, José M. (Coord.), *Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e Mineiro*. Lisboa : Museu do Instituto Geológico e Mineiro, p. 697-705.
- Campos, Nelson, 2001. *Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. O museu como “central distribuidora de percursos” – projecto de um serviço de extensão, seguido de dois exemplos de actividades educativas*. Relatório policop. Apresentado à disciplina de Introdução à Museologia, 1º ano do curso de pós-grad. em Museologia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto : FLUP.
- Campos, Nelson, 2001a. “Adaptação e reabilitação da casa do barão de Palme (antigo quartel da GNR) para Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. O programa museológico e o projecto de arquitectura” – Relatório policop. Apresentado à disciplina de Introdução à Museologia, 1º ano do curso de pós-grad. em Museologia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto : FLUP.
- Campos, Nelson, 2001b. “Museu do Ferro e da Região de Moncorvo. Um museu em construção”. *Centros Históricos*, revista da Associação Portuguesa dos Municípios com Centro Histórico. Ano II, 2ª. série, nº. 7, Abr./Jun., pp. 18-19
- Campos, Nelson, 2002. “Um museu para Torre de Moncorvo”. *Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Centro de interpretação. Estudos*. Catálogo. Vol I. Torre de Moncorvo : MF&RM, p. 12-17.

- Campos, 2006. “Projecto MM – bases para uma rede museal local”. Texto de base da apresentação efectuada em 28.01.2006 no MF&RM, com introdução pelo Prof. Doutor Armando Coelho F. Silva (FLUP) [inédito]
- Campos, Nelson, 2007. “Museu do Ferro e da Região de Moncorvo”. *2 Pontos*, nº. 6, Verão 2007. Porto : Porto Editora, p. 52-54
- Campos, Nelson, 2007a. “A ideia de um museu regional de Moncorvo presente no momento da fundação do Colégio Campos Monteiro”, *Revista do Colégio Campos Monteiro*, nº. 2, Outº. 2007, ed. Palimage, p. 63-83.
- Campos, Nelson, 2007b. “Notas para o estudo da exploração mineira em Trás-os-Montes e Alto Douro. Património mineiro e sua musealização. – O caso de Torre de Moncorvo”. Texto de base da apresentação efectuada em 20.02.2017 no MF&RM, 10 p. [inédito]
- Campos, Nelson, s/d [2008]. “Breve história da Ferrominas” [txt. de 2 pp., fotocopiado para distribuição aos visitantes do MF&RM e visitas de campo].
- Campos, Nelson, 2010. “A odisseia do ferro de Moncorvo até à Ferrominas”. *Revista do Colégio Campos Monteiro*. Outº 2010, ed. Âncora, p. 109-131.
- Campos, Nelson, 2011. “O museu como espaço de investigação e instrumento de comunicação – Reflexões a partir do caso do Museu do Ferro & da Região de Moncorvo”, in Palavras, Armando (coord.), *Trás-os-Montes e Alto Douro. Mosaico de Ciência e Cultura*. Lagoaça: Comissão de Festas de N. Senhora das Graças, p. 219-224.
- Campos, Nelson, 2013. “Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo, 1983-2013 – Breve balanço de 30 anos de actividade”. *Actas das 1^{as}. Conferências do Museu de Lamego /CITCEM. História e Património no/do Douro. Investigação e desenvolvimento*. Lamego, 8-9 de Novº. 2013, p. 247-258 [edição digital]
- Campos, Nelson, 2014. “O projecto do Museu do Ferro & da Região de Moncorvo: entre a utopia e a realidade (possível)”, in Actas das Jornadas “40 anos depois de Abril /Património e Ciência no Norte de Portugal”. *Revista da Faculdade de Letras – Ciências e Técnicas do Património*, vol. XIII, Porto : Faculdade de Letras da Universidade do Porto, p. 297-309.
- Campos, Nelson, 2015. “Algumas ideias para um plano de aproveitamento turístico do património industrial e mineiro do concelho de Torre de Moncorvo”. Texto de base da apresentação efectuada no Museu Mineiro de S. Pedro da Cova, em 15.05.2015, no âmbito do VI Encontro anual dos parceiros do Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal [inédito]

- Canteiro, Sandra, 2006. “Museus devem ser janelas viradas para o exterior - Moncorvo propõe rede museal” in *Nordeste* (semanário), 31.01.2006, Bragança [notícia sobre nossa palestra no MF&RM].
- Horácio Maia e, 2009. “Os Escoriais de Moncorvo”. *Ciência e Tecnologia dos Materiais*, vol. 31, n.ºs 3-4.
- Custódio, Jorge; Barros, G. Monteiro de, 1984. *O ferro de Moncorvo e o seu aproveitamento através dos tempos*. Ferrominas EP.
- Custódio, Jorge, 1991. “Projecto do Museu do Ferro de Moncorvo, da Ferrominas E.P.” [1983], in Custódio, Jorge ; Santos, Luísa ; Ribeiro, Isabel ; Barblan, Marc, *Museologia e Arqueologia industrial. Estudos e projectos*. Lisboa : Associação Portuguesa de Arqueologia Industrial, p. 75-82.
- Custódio, Jorge, 1991a. “O museu das minas de Aljustrel. Bases para a sua formação”, in Custódio, Jorge ; Santos, Luísa ; Ribeiro, Isabel ; Barblan, Marc, *Museologia e Arqueologia industrial. Estudos e projectos*. Lisboa : Associação Portuguesa de Arqueologia Industrial, p. 119-127.
- Custódio, Jorge; Campos, Nelson, 2002. “O Museu do Ferro & da Região de Moncorvo: um museu de território?”. *Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Centro de interpretação. Estudos*. Catálogo. Vol I. Torre de Moncorvo: MF&RM, p. 20-41.
- Custódio, Jorge, 2009. “O Ferro como património industrial de Moncorvo: história, mineração e indústria”, in Sousa (coord.), Moncorvo. *Da tradição à modernidade*. Porto: Afrontamento, CEPESE, p. 187-219.
- DGEG, EDM, 2011, *A herança das minas abandonadas. O enquadramento e actuação em Portugal*. Direcção-Geral de Energia e Geologia; Empresa de Desenvolvimento Mineiro [edição bilingue: Port.-Inglês].
- Evrart, Marcel, 1980. “Le Creusot-Montceau-Les Mines: la vie d’une écomusée, bilan d’une décennie”. *Museum*, n.º. 4, vol. XXXII. Paris : UNESCO, p. 226-234.
- Ferrominas E.P. s/d.. Museu do Ferro & da Região de Moncorvo. Catálogo. Ed. Ferrominas [1983]
- Fortuna, Carlos 1999. *Identidades, percursos, paisagens culturais. Estudos sociológicos de cultura urbana*. Oeiras: Celta Editora, 1999.
- Garcias, Pedro [texto]; Pimenta, Paulo [fotos] (2009). “Saudades do comboio na Linha do Sabor”, in *Público*, 5.12.2009 [artigo de imprensa]
- Gómez Martínez, Susana, 2009. “Mértola vila museu: patrimonio, rentabilidad y ciudadanía”, in Dominguez Arranz (edit.), *El patrimonio arqueológico a debate: su valor cultural y económico*. Actas de las jornadas celebradas

- en Huesca, 7-8 de mayo de 2007. Huesca : Gobierno de Aragón ; Diputación de Huesca ; Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- Gonçalves, José Luís, 2008. *Escombros. Minas trasmontanas*. s/l : Museu do Ferro & da Região de Moncorvo ; Câmara Municipal de Torre de Moncorvo ; Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo ; Fósforo, Colectivo Criativo [catálogo de exposição homónima, realizado em 2005 como trabalho académico do autor apresentado à Universidade da Beira Interior]
- Guiollard, Pierre-Christian, 2005. *Conservation et valorization du patrimoine minier contemporain. Mines de charbon, d'or et d'uranium en France métropolitaine*. Jouac : Pierre-Christian Guiollard.
- Hudson, Kenneth, 1987. *Museums of Influence*. Cambridge University Press.
- Mantecón Jara, José Maria, 1998. "Proyecto y desarrollo de 'El Parque Minero de la Comarca de Riotinto'", in Castro Morales, F., Bellido Gand, M. Luisa (eds.), *Patrimonio, Museos y Turismo Cultural: claves para la gestión de un nuevo concepto de ocio*. Córdoba : Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, p. 67-75.
- Mantecón Jara, José, 1998. "El parque minero de Rio Tinto, Minas de Rio Tinto (Huelva) – España". In Brandão, José M. (Coord.), *Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e Mineiro*. Lisboa : Museu do Instituto Geológico e Mineiro, p. 623-624.
- Martins, L.; Rosa, C; Matos, C.; Issler, J.; Calado, D., 2001. *Parque mineiro da Cova dos Mouros. Catálogo*. Ed. ADAREM-Associação de Defesa do Ambiente e Recursos Mineiros.
- Matos, A. Perestrelo de Matos, 2001. "Museu do Ferro e da Região de Moncorvo", in Dias, Nélia (Coord.), *Roteiro de Museus (Coleções Etnográficas). Região Norte*. Vol. 4. Lisboa : Caminus/Olhapim, p. 114-117.
- Medeiros, Leonor, 2008. *Managing Mining Landscapes: Sharing approaches between the United Kingdom and Portugal*. MA Dissertation in Heritage Management. University of Birmingham / The Ironbridge Institute, academic year 2007/2008.
- Nabais, António José C. Maia, 1993, "Museus na Actualidade". In Maria Beatriz Rocha Trindade (Coord.), *Iniciação à Museologia* (pp. 63-76). Lisboa: Universidade Aberta.
- Nabais, António José C. Maia, 1993a. "Nova museologia – novas práticas museológicas". *Vértice*, nº. 54, Maio-Junho, p. 46-50.
- PARM (Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo), 1985. "Introdução a um programa de investigação regional. *Arqueologia*. Nº. 11.

- Junho-1985. Porto : Grupo de Estudos Arqueológicos do Porto, p. 144-148.
- PARM (Projecto Arqueológico da Região de Moncorvo), 1994. *Museu do Ferro e da Região de Moncorvo* (candidatura ao PRONORTE – Programa Operacional do Norte 1994, sub-programa C, Medida 1). Setembro de 1994. 19 pp. + anexos [doc. fotocopiado]
- Pessoa, Fernando Santos, 2001. *Reflexões sobre ecomuseologia*. Porto : Afrontamento.
- Rábano, Isabel (ed.), 2000. *Patrimonio Geológico y Minero en el marco del desarrollo sostenible*. Ponencias y comunicaciones presentadas en el Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero en el marco del Desarrollo Sostenible y V Sesión Científica de la Sociedad Española para la defensa del Patrimonio Geológico y Minero. Linares, Jaen. 20-22 octubre, 2000. Madrid : IGME.
- Rebanda, Nelson ; Rodrigues, Miguel ; Mascarenhas, Ana, 1996. “Museu do Ferro e da Região de Moncorvo. Introdução a um programa museológico”. *Trabalhos do Museu*, 1. Museu do Ferro e da Região de Moncorvo.
- Rebanda, Nelson 2007. “A ideia de um museu regional de Moncorvo, presente no momento da fundação do Colégio Campos Monteiro”. *Revista Campos Monteiro*, nº. 2. Braga : Palimage, p. 63-83.
- Rivière, George-Henri 1993. *La Museología. Curso de museologia. Textos y testimonios*. Torrejón de Ardoz : Akal [ed. original: Bordas, 1989]
- Rocha-Trindade, Maria Beatriz (coord.), 1993, *Iniciação à museologia*. Lisboa : Universidade Aberta.
- Rodrigues, Maria da Assunção Carqueja; Rodrigues, Adriano Vasco, 1962. “Subsídios para o estudo das ferrarias do Reboredo - Moncorvo”. *Lucerna, Cadernos de Arqueologia do Centro de Estudos Humanísticos*, vol. II, nº. 1-2, pp. 3-22 + X. Porto : CEH.
- Santos, Maria Luísa F. N.; Tinoco, Alfredo A. D., 1998. “Um projecto de musealização para as minas do Lousal”. *Arqueologia & Indústria*, nº. 1, 1998, p. 117-125.
- Silva, Armando Coelho Ferreira da; Campos, Nelson 2017, “Arqueologia bragançana antes, durante e depois do Abade de Baçal até ao final do século XX. O estado dos conhecimentos no dealbar do século XXI” in *Actas do Congresso Vida, Obra e Pensamento de Francisco Manuel Alves, Abade de Baçal*, 13-14 de Nov. de 2015. *Brigantia*, 2016-2017 [no prelo]

- Soeiro, Teresa, 2005. Os museus na região demarcada do Douro”. *Douro – Estudos e documentos*. nº. 20. Porto : GEHVID, p. 295-306
- Tinoco, Alfredo, 1999. “Mina de Lousal: degradação social e ambiental. Museu como instrumento de desenvolvimento”, in Mata-Perelló, J. ; Martinez, Roc Campo, *Actas del Primer Simpósio Latino sobre Geología, Medio Ambiente y Sociedad*. Camarasa (Leida) : SEDPGYM ; Ayuntamiento de Camarasa, p. 241-251
- Tinoco, Alfredo; Matos, A. M. Cardoso de; Ribeiro, I. M.; Santos, Maria Luísa; Plácido, Miguel; Póvoas, Liliana; Relvas, Jorge; Lopes, César; Barriga, Fernando, 2002. A valorização do património geológico e mineiro do Lousal”, in Brandão, José M. (Coord.), *Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e Mineiro*. Lisboa : Museu do Instituto Geológico e Mineiro, p. 681-688.
- Torres, Cláudio, 2007. “Mértola Vila Museu. Um projecto cultural de desenvolvimento integrado”. *Museologia.pt*, nº. 1 /2007. Lisboa : Instituto dos Museus e da Conservação.
- Vilas-Bôas, Roberto C.; Martinez, Arsenio González; Albuquerque, Gilde de A. S. de (eds.), 2003. *Patrimônio geológico y minero en el contexto del cierre de minas*. Rio de Janeiro : CETEM; IMAAC : CYTED.
- VV AA. 2006. *Actas do III Simpósio de Mineração e Metalurgia Históricas do Sudoeste Europeu - 2005*. Porto : SEDPGYM (Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero); IPPAR (Instituto Português do Património Arquitectónico) [Simposio realizado no Porto, dias 21-23 de Junho de 2005].

○ “Roteiro das minas e pontos de interesse mineiro e geológico de Portugal” – um contributo para o conhecimento e valorização do património mineiro e geológico

Patrícia Falé e Costa

Direção Geral de Energia e Geologia

Email: patricia.fale@dgeg.pt

Introdução

Da necessidade do Homem nasce a sua busca por matérias-primas mineiras. Por outro lado, a dinâmica da economia, incluindo o desenvolvimento de novas tecnologias, dita a abertura e o fecho de minas e de instalações industriais destinadas à produção e tratamento de minérios.

A atual legislação, na maioria dos países ocidentais, garante um encerramento consentâneo de minas e de instalações industriais destinadas à produção e tratamento de minérios com o desenvolvimento sustentável, possibilitando desse modo, em muitas situações, a salvaguarda e o aproveitamento desse interessante património para as mais diversas atividades. A lista de antigas infraestruturas mineiras em Portugal é extensa, encontrando-se hoje num estado de conservação e de potencial apropriação muito diferenciado.

A criação de uma plataforma na *net* que possa dar a devida visibilidade a esses espaços, caracterizando-os nomeadamente do ponto de vista geológico e mineiro; relacionando-os com outras atrações; fornecendo informações de tipo logístico; é um primeiro passo para lhes dar dimensão pública, para evoluírem, e afirmarem o interessante potencial que representam e desse modo melhor serem salvaguardados.

O conceito

As minas abandonadas têm constituído uma preocupação em todo o mundo, comportando, em muitos casos, uma pesada herança nos domínios ambiental e de segurança não devidamente salvaguardados aquando da exploração mineira; mas constituem também um património (material e imaterial) único, de elevado potencial e de grande relevância para o conhecimento da história do homem e da sua relação com a natureza. À preocupação ambiental juntam-se outros domínios de interesse e de intervenção, como são a salvaguarda do património e das “marcas” que ficaram aos mais diversos níveis, a reanimação dos territórios onde se inserem e a rentabilização dos investimentos realizados na adequação destes espaços e equipamentos, com vista a poderem ser visitados pelo público. É este o ponto de partida do projeto agora apresentado.

Os locais estão direta ou indiretamente associadas à atividade mineira e à geologia em geral, podendo ser de carácter lúdico, cultural, pedagógico ou científico. A título de exemplo podemos referir: Museus mineiros e/ou geológicos; Centros de interpretação dos locais; Centros de I&D; Paisagens naturais (com pormenores geológicos particulares).

O “Roteiro das minas e pontos de interesse mineiro e geológico de Portugal” tem como objetivos gerais:

- Constituir um contributo positivo para o desenvolvimento local, complementando a oferta turística com um conjunto de iniciativas inovadoras;
- Contribuir para a salvaguarda e rentabilização do património mineiro (material e imaterial);
- Promover a manutenção e a segurança dos locais;
- Promover o conhecimento científico dos locais e pontos com especial incidência na população escolar;
- Vir a constituir uma rede de conhecimento.

Os objetivos apresentados são materializados com os seguintes objetivos específicos, associados à plataforma *web* hoje disponível:

- Dar visibilidade a um conjunto de iniciativas de âmbito local que se encontram já em desenvolvimento (ou de concretização a curto prazo), de dimensões e características diferenciadas, relacionadas com o património geológico e mineiro;

- Dar visibilidade às iniciativas existentes (museus, minas, curiosidades geológicas,...) com estrutura de visitas no terreno;
- Apoiar o visitante/turista posicionar os locais, construir itinerários e rotas, fornecer informação “logística”;
- Apoiar a qualificação da oferta turística local;
- Alargar o mercado a outros países emissores.

Os diferentes domínios do Roteiro existem, um pouco por todo o País, com intervenções variadas. A título de exemplo, referenciamos núcleos museológicos (Lousal/Grândola); parques geológicos e atrações geológicas (Arouca); antigas minas romanas (Vila Pouca de Aguiar); territórios mineiros (S. Domingos/Mértola), percursos geológicos urbanos (Porto), etc.

Muitas vezes a generalidade, das iniciativas existentes apresentam-se de modo embrionário e isoladas, não estando presente uma lógica de oferta conjunta, sem dúvida mais rica e potenciadora de uma maior procura. As características e dimensão da nossa realidade mineira e geológica, a capacidade de investimento e, por outro lado, a inexistência de um mercado (procura) quantitativamente e qualitativamente desenvolvido, são porém condicionantes que importa considerar. Estes são fatores relevantes e condicionantes do Roteiro mas constituem, simultaneamente, a sua justificação.

Os Parceiros

O “Roteiro das minas e pontos de interesse mineiro e geológico de Portugal” é um sistema de baixo custo de manutenção, assente na utilização dos recursos disponíveis nos Parceiros aderentes, e com uma gestão central mínima.

A adesão é voluntária e gratuita, salvaguardando a especificidade de cada Parceiro. Para que um local/ponto possa integrar o Roteiro tem que compreender alguns níveis de integração, pretendendo-se que o sistema seja progressivamente qualificado numa lógica de complementaridade e de cooperação entre os Parceiros, a um ritmo que venha a ser por eles definido.

Cada Parceiro é normalmente responsável por um local (imagens dos locais e respetivos Parceiros no fim da comunicação), sendo de interesse evidenciar a diversidade do ponto de vista de enquadramento institucional dos associados no projeto. O estatuto dos Parceiros responsáveis pelos vários locais é o seguinte (novembro 2016):

Juntas de Freguesia _____	1
Câmaras municipais _____	12
Empresas municipais _____	1
Empresas privadas _____	3
Associações s/fins lucrativos _____	4
Fundações _____	1
Administração central _____	1
Ensino superior _____	5
Centros Ciência Viva _____	3

O desafio imediato de um projeto com estas características reside na:

- (1) existência de um modelo de gestão eficiente e de baixo custo reconhecido pelos Parceiros;
- (2) capacidade de se manterem os níveis motivacionais do conjunto de Parceiros em que a iniciativa assenta;
- (3) possibilidade de implementação de mecanismos de controlo de qualidade aceites e reconhecidas pelos intervenientes;
- (4) inovação constante que deve caracterizar uma iniciativa como esta. A criação da procura (interna e externa) e a sua fidelização são objetivos últimos a perseguir, embora se reconheça que nem sempre fáceis.

A plataforma

A plataforma está disponível ao público desde 2010, existindo atualmente em três línguas Português, Castelhana e Inglês.

A informação sobre cada um dos **locais** e respetivos **pontos** de interesse está classificada como:

- Informação **pública** / Informação **privada**;
- Informação **generalista** (disponibilizados pelos parceiros sobre os locais e pontos da sua responsabilidade, podendo incluir síntese de carácter científico / Informação **científica** (disponibilizados pelos parceiros, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, universidades, ou outra

entidade reconhecida pelo editor, validada cientificamente e com uma autoria identificada).

Como informação geral (para além da relevante para a introdução ao funcionamento do *website* e das suas funcionalidades) encontramos, nomeadamente: a localização dos locais (isoladamente ou em conjunto numa área do território); informação sumária sobre os locais; informação sobre a construção de itinerários (Minha Viagem); funcionalidades várias de seleção e de pesquisa da informação; informação sobre funcionalidades de *download*; notícias sobre os diferentes locais, eventos e exposições temporárias.

A informação é classificada de acordo com a seguinte tipologia, comum a toda a plataforma:

- Mina
- Museu
- Interesse geológico
- Outro

A cada **local** (apresentado como um território vasto mas limitado onde podem decorrer uma ou mais iniciativas associadas ao património mineiro ou geológico) corresponde a sua descrição geral; e a apresentação de pontos de interesse (passíveis de visitação) que integra. Esta informação é complementada com o apoio de mapas, fotografias e vídeos.

Já relativamente a cada **ponto** de interesse (apresentado como uma iniciativa permanente, territorialmente confinada e geograficamente referenciada, contida num determinado local mais vasto), a cada **exposição temporária** e a cada **notícia/evento**, para além da sua apresentação e descrição, fotografias e vídeos, disponibiliza-se informação: de carácter logístico a fim de possibilitar a sua visitação (acesso, horários, marcações de visitas guiadas, facilidades existentes, etc.); sobre as coleções, com diferentes abordagens (de uma apresentação genérica a informação científica - “Para saber mais” – se for relevante); de apoios locais externos de restauração, alojamento, culturais, etc.; de outros pontos de interesse mineiro e geológico na proximidade; assim como um conjunto de dados sobre a oferta turística genérica que se localiza em redor.

Entre as funcionalidades associadas à generalidade dos conteúdos destacam-se: a possibilidade de selecionar informação e guarda-la numa área reservada (situação, a par da inscrição para recebimento da *newsletter*, que obriga a um registo); a construção de itinerários segundo as preferências pessoais, possível dada a georreferenciação de todos os locais e pontos do Roteiro; o *download* da informação para vários suportes de apoio à navegação (PDA, GPS, ...); e, novamente, o acesso simultâneo a informação científica, de diversas áreas do conhecimento, sobre cada um dos locais e pontos.

O “Roteiro das minas e pontos de interesse mineiro e geológico de Portugal” tem *per se* uma importância que devemos realçar. Tendo presente os grandes objetivos apresentados, foi desenvolvido e está a ser gerido de modo a justificar e a garantir o seu interesse de modo autónomo. A sua diferenciação e relevância são garantidas essencialmente através da:

- Especificidade da informação apresentada;
- Abrangência nacional da informação;
- Informação rigorosa e equilibrada de características mais genéricas sobre o património identificado e os diferentes locais (num 1º nível) e a informação científica detalhada e com outros níveis de aprofundamento/complexidade (2º nível);
- Lógica de roteiro para potenciar a procura dos diferentes locais em conjunto;
- Atualização permanente da informação (ex: contemplando iniciativas temporárias);
- Georreferenciação da informação e das facilidades associadas e interação com outros suportes tecnológicos;
- Informação complementar disponibilizada nas mais diversas áreas de utilidade para o visitante.

Considerações finais

Como referido, o Roteiro encontra-se disponível mas os trabalhos prosseguem e os desenvolvimentos a curto médio prazo são os seguintes:

- Abrir o projeto a novos Parceiros nomeadamente de carácter institucional (exemplo: promoção turística nacional e regional);

- Reforçar as parcerias existentes e o intercâmbio (bilaterais e multilaterais) entre os Parceiros, potenciando a utilização de recursos e difusão de boas práticas;
- Garantir a qualidade da informação como selo de credibilidade e associar informação científica para um público mais especializado
- Especificamente sobre a plataforma *web* importa ainda: analisar a informação sobre a procura; apoiar o utilizador; aumentar o leque de opções para descarregar a informação pessoal (suportes como PDA's ou GPS's, ...); reforçar a presença de imagens e vídeos associados aos diferentes locais e atualizar o *layout* e a partilha de conteúdos com novos suportes *web* e redes sociais.

Os trabalhos em curso apontam para a posterior criação de uma “Rede das minas e pontos de interesse mineiro e geológico”, focalizada na troca de “boas práticas” e na qualificação da oferta, com atividades a desenvolver em parceria em diversos domínios (formativas, informativas, promoção turística, sinalética, científicas, lúdicas etc.), e deverão ter sequência num produto turístico sustentado.

Com a Rede pretende-se desenvolver a partilha de informação em relação ao património mineiro mundial promovendo o turismo temático e dando visibilidade ao património mineiro e pontos de interesse geológico Português.

Apresenta-se em seguida os parceiros do Roteiro das Minas e Pontos de Interesse Mineiro e Geológico de Portugal.



OS PARCEIROS (Norte)

AROUCA – Arouca Geopark (AGA)



**VILA POUCA
AGUIAR – C.
Mineiro Romano de
Tresminas (CM V P
Aguiar)**



**GONDOMAR – Museu Mineiro-Casa da Malta
(UF Fânzeres e S Pedro Cova)**



**MARCO CANAVESES
Museu da Pedra
(CM M Canaveses)**



**VILA REAL – Museu Geologia
Fernando Real (UTAD)**



OS PARCEIROS (Norte)

(cont.)

**PORTO – Passeio Geológico da
Foz do Douro (CM Porto)**



**MATOSINHOS – Museu de Jazigos
Minerais Portugueses (LNEG)**



**PAREDES – Minas de Castromil
(CM Paredes)**



**TORRE DE MONCORVO – Museu do
Ferro (CM T Moncorvo / PARM)**



**VALONGO - Parque Paleozóico de
Valongo e Museu da Lousa (CM
Valongo)**



**PORTO – Museu do Instituto
Superior de Engenharia do Porto
(IPP-ISEP)**





OS PARCEIROS (Norte)

(cont.)



Porto – Museu virtual da Faculdade de Engenharia da UP (FEUP)

Boticas – Parque Arqueológico do Vale do Terva (CM Boticas)



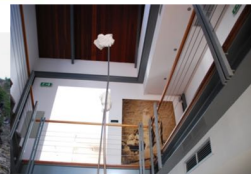
Macedo Cavaleiros – Geopark Terras de Cavaleiros (AG Terras Cavaleiros)



OS PARCEIROS (Centro)

Geoparque Naturtejo da UNESCO (Naturtejo)

Castelo Branco - Museu do Canteiro (ALBIGEC)



CANTANHEDE – Museu da Pedra (CM Cantanhede)



LEIRIA – Museu Cimento da Fábrica Maceira Liz (Secil)

COVILHÃ – Loja de Minerais da Mina da Panasqueira (BTW, S.A.)





OS PARCEIROS (Centro)

(cont.)



Viseu- Museu do Quartzo – Centro de Interpretação Galopim de Carvalho (CM Viseu)



Batalha – Centro de Interpretação Ambiental das Grutas da Moeda (Grutas da Moeda e Fátima Ld.ª)



Alcanena C C Viva Alviela (CM Alcanena)



OS PARCEIROS (Lisboa)

LISBOA – Museu Nacional de História Natural (Fac. Ciências / UL)



LISBOA – Museus do Instituto Superior Técnico (IST)

LISBOA – Museu Geológico (LNEG)





OS PARCEIROS (Ribatejo e Alentejo)

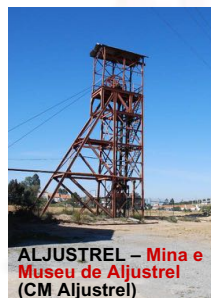


GRÂNDOLA – Centro Mineiro do Lousal
(Centro Ciência Viva do Lousal)

ESTREMOZ – Centro Ciência Viva
(Ciência Viva Estremoz)



MÉRTOLA – Minas de S Domingos
(Fundação Serrão Martins)



ALJUSTREL – Mina e Museu de Aljustrel
(CM Aljustrel)



OS PARCEIROS (Ribatejo e Alentejo)

(cont.)

VILA VIÇOSA – Museu do Mármore
(CM V Viçosa)



Rio Maior – Ecomuseu das Salinas de Rio Maior
(CM Rio Maior)



Beja – Trilho Geológico (LNEG)





OS PARCEIROS (R A Açores)

REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES – Geoparque Açores
(GeoAçores)



Os granulitos do Tojal dos Pereiros (Bragança): como conciliar os geossítios com a expansão urbana ?

Carlos Augusto Pinto de Meireles

Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Email: carlos.meireles@lneg.pt

Membro do Comité Nacional para o Programa Internacional das Geociências,
UNESCO, Portugal

Introdução

Na Geologia só há dois processos para inferir e estudar a estrutura interna do nosso planeta:

- 1) Processos diretos, através de evidências químicas e petrológicas (Fig. 1A), pelo estudo de rochas da crosta inferior e manto que ascendem à superfície pelas erupções vulcânicas, particularmente os diatremas kimberlíticos que são muito ricos, não só em diamantes, mas em *xenólitos* (etimologicamente, rochas estranhas) que são arrancados da crosta inferior e do manto pela ascensão dos magmas;
- 2) Processos indiretos, recorrendo ao estudo do comportamento das ondas sísmicas (Fig. 1B e Fig. 2). Com base nestes dados deduz-se a constituição da Terra em litosfera, astenosfera, manto e núcleos externo e interno.

Quanto aos processos diretos, permitem, petrologicamente (Fig. 1A), individualizar a estrutura do nosso planeta em:

Crusta, de espessura e composição variável, conforme se trata de crosta oceânica, com cerca de 5-8 km e de composição basáltica; crosta continental, em média de 40 km de espessura, mas pode alcançar os 75 km nas grandes cadeias montanhosas.

Manto, com quase 3000 km de espessura será formado fundamentalmente por rochas ultramáficas, peridotitos, constituídos por olivina + ortopiroxenas + clinopiroxenas. Dados da petrologia experimental, sugerem que, com o aumento de profundidade e da pressão, a composição mineralógica dos peridotitos também se modifica: olivina+clinopiroxena + ortopiroxena+espinela (cromite); acima dos 30 Kbars de pressão, a associação mineralógica passará a ser, olivina+clinopiroxena+ortopirox-

-ena+granada, pois o Al (alumínio) muda a sua valência química com o aumento de pressão e, por isso, formam-se novos minerais.

Núcleo, com quase 3500 km de raio, com base no comportamento das ondas sísmicas e nos meteoritos feríferos, a sua composição deverá ser ferro e níquel.

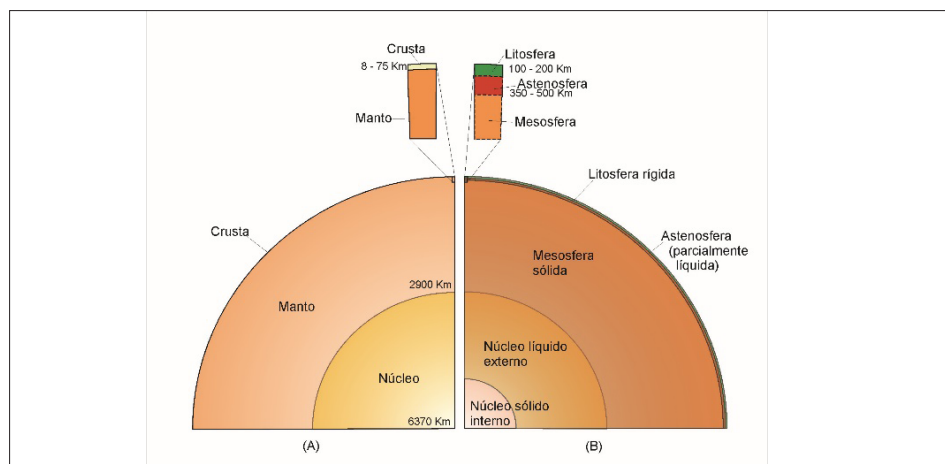


Figura 1 – Estrutura interna da Terra baseada nas suas propriedades químicas e petrológicas (A) e físicas (B) (adaptado de *Earth's Dynamic Systems*, 2004)

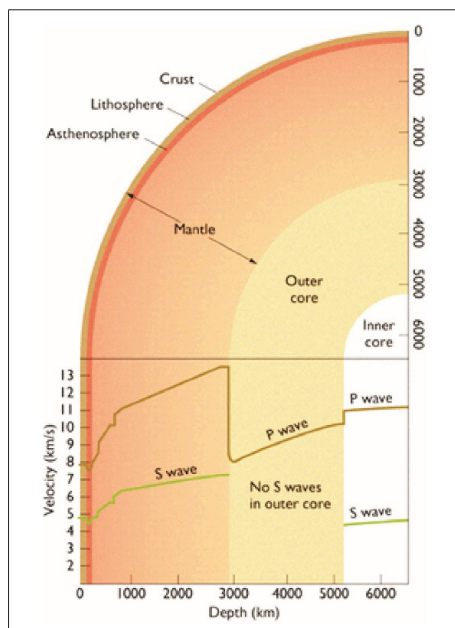


Figura 2 – Estrutura interna do planeta Terra baseada na informação geofísica. As mudanças de velocidade das ondas sísmicas, P e S revelam a estrutura do interior da Terra (extraído de *Understanding Earth*, 1999).

Granulitos, o que são?

Etimologicamente, a palavra granulito tem origem no termo latino *granulum* (um grão pequeno), isto é, é uma rocha em que os seus minerais constituintes apresentam uma granulometria fina e homogénea (equigranular).

Inicialmente o termo continha alguma ambiguidade, pois foi utilizado com diferentes significados, conforme os países e as escolas científicas. Por exemplo, em França, o termo foi aplicado para referir rochas graníticas de grão fino. Em contrapartida, nos países anglo-saxónicos, este termo foi aplicado para rochas metamórficas de alto grau, derivadas de rochas metassedimentares, psamíticas.

Presentemente, é consensual o uso deste termo para designar as rochas metamórficas equigranulares, quartzo-feldspáticas, com piroxenas (hiperstena, diópsido), com total ausência de moscovite primária, podendo ter outros minerais críticos, como sejam, granada, distena, silimanite, espinela e cordierite.

Estas rochas ocorrem em condições de metamorfismo em fácies granulítica, isto é, alto grau de metamorfismo, formadas a temperaturas elevadas (>700°C-800°C) e pressões intermédias e altas (Fig. 3). Nesta figura apresentam-se as fácies metamórficas que ocorrem na crosta em função da variação de pressão, temperatura e profundidade da mesma. De notar que os limites, entre os diversos campos representados, não são rígidos e estanques. Atendendo ao gradiente geotérmico do nosso planeta (aumento médio de temperatura da crosta de 30°C por cada Km de profundidade), rapidamente se conclui que a 30 Km de profundidade da crosta, ter-se-ão temperaturas próximas dos 900°C.

Os granulitos de alta pressão (>6 Kbares), ocorrem na crosta continental inferior. No entanto, nem todos os granulitos representam a crosta inferior. Há granulitos de baixa pressão (<6 Kbares), em condições da crosta média em que as maiores temperaturas poderão ser causadas pela ascensão da astenosfera, quando há um adelgaçamento litosférico. Neste caso as rochas protolíticas poderão ser metassedimentos pelitos.

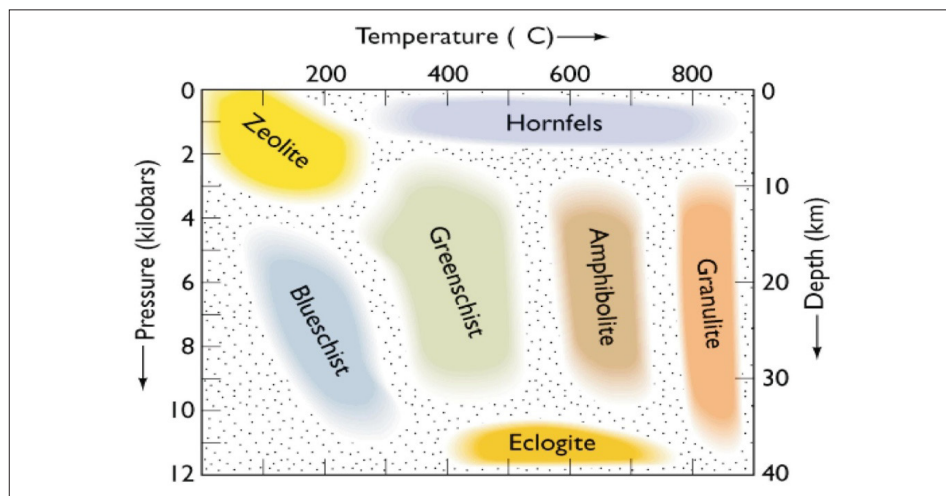


Figura 3 – Condições de Pressão e Temperatura das principais associações metamórficas (extraído de *Understanding Earth*, 1999).

Designam-se por granulitos máficos, as rochas que contêm mais de 30% de minerais máficos (predominantemente piroxenas), e por granulitos félsicos, quando contêm menos de 30% de minerais máficos. Há quem ainda considere os granulitos ultramáficos, rochas afins dos peridotitos, com olivina predominante, e com enstatite-bronzite e espinelas (Ferreira, 1972). Contudo, actualmente o termo granulito, não deve ser aplicado a qualquer tipo de rocha ultramáfica, ou rochas metamórficas calco-silicatadas.

Por que se estudam estas rochas?

No caso dos granulitos de alta pressão, como é o caso das rochas que ocorrem em Bragança, para qualquer geólogo, e fundamentalmente para o geólogo especializado em petrologia metamórfica, estas rochas são o melhor laboratório para estudar a evolução geotectónica do planeta e a composição da crosta continental/manto superior ao longo da sua história. A sua ocorrência actual à superfície do planeta é rara e, como tal, as escassas referências mundiais são preservadas e estudadas, exaustiva e ininterruptamente. A prova disso está no recente congresso científico mundial, realizado exclusivamente sobre os granulitos, que ocorreu na Namíbia em 2015 (<https://eiseverywhere.com/ehome/118110/265458/>).

Breves apontamentos sobre a tectónica de placas

A tectónica de placas é uma teoria geológica que explica os grandes processos geológicos ao nível da litosfera. Robert Palmer e Donald Mackenzie foram os “pais” desta teoria. Foi desenvolvida nos anos 60 do séc. XX, a partir da constatação da deriva continental, proposta por Alfred Wegener nos princípios do séc. XX, e pela expansão dos fundos oceânicos, confirmada pelo trabalho pioneiro de Marie Tharp e Bruce Heezen de cartografia dos fundos oceânicos iniciado durante a 2ª Guerra Mundial e tornado publico nos finais do anos 50, principios de 60 do século passado¹.

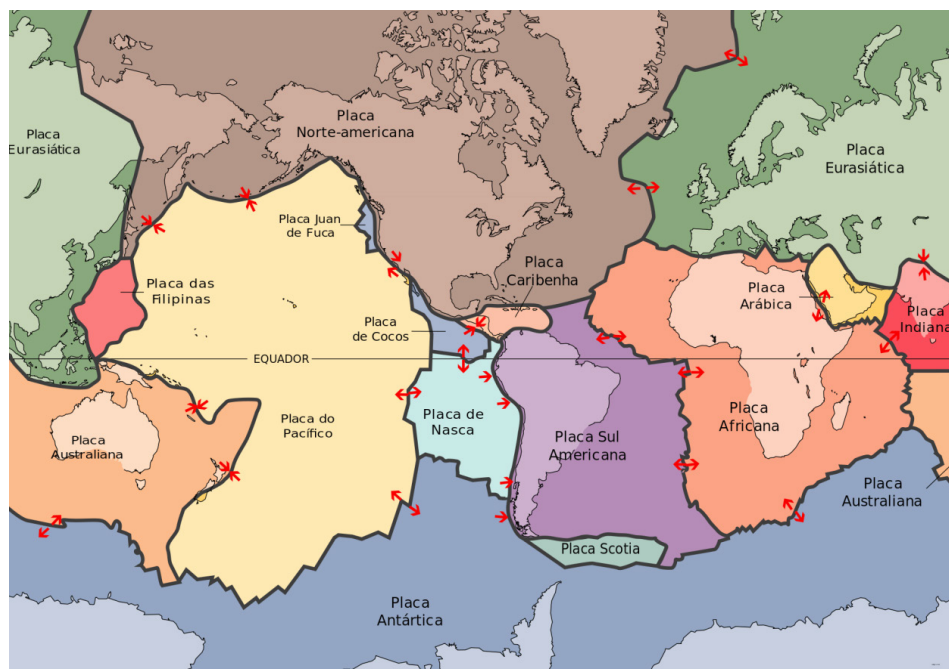


Figura 4 – Representação das actuais placas tectónicas da Terra (extraído de: http://www.wikiwand.com/es/Placa_tect%C3%B3nica).

Basicamente, esta teoria da Tectónica de Placas tem em conta o modelo de constituição física da Terra e na diferença de comportamento mecânico entre a litosfera e a astenosfera. A litosfera será mais fria e terá um comportamento mais rígido, enquanto a astenosfera, mais quente, terá um com-

1) Marie Tharp (1920-2006) foi uma geóloga e cartógrafa oceanográfica norte-americana que conjuntamente com compatriota Bruce Heezen (1924-1977), criou o primeiro mapa científico dos fundos oceânicos.

portamento mais plástico. A novidade é que a litosfera é formada por um conjunto de placas mais rígidas. Na figura 4 estão representadas as actuais e principais placas tectónicas. Mas nem sempre as massas continentais da crosta terrestre tiveram esta forma. Sabe-se que, em intervalos variáveis, de várias centenas de milhões de anos (de 250 Ma a 500 Ma), os movimentos da astenosfera aproximam e afastam os continentes, aglutinando e fragmentando, gerando-se nova crosta reciclada a partir das mais antigas. São os chamados ciclos de super-continentes (Nance *et al.*, 1988).

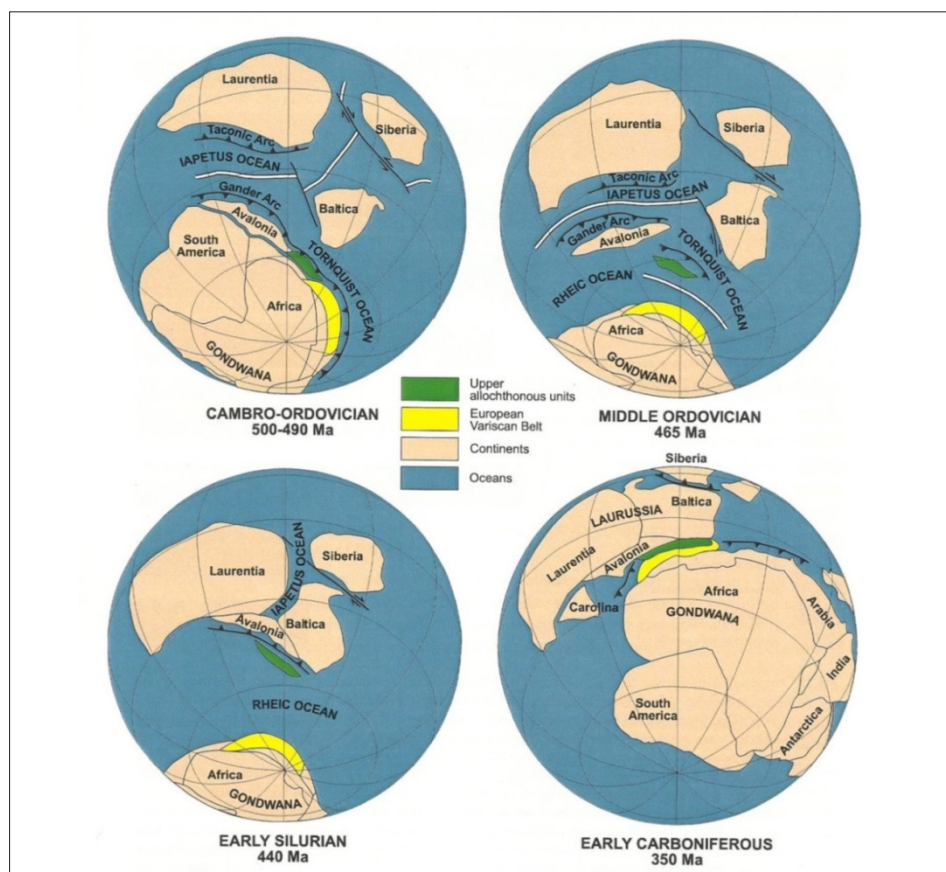


Figura 5 – Reconstituição esquemática da distribuição das massas continentais durante o Paleozóico, entre o Câmbrio e o Carbónico (extraído Arenas *et al.*, 2007).

Os 5 continentes actuais resultaram de um super-continente, o Pangea, que há cerca de 150 Ma começou a fragmentar-se com a abertura do oceano Atlântico. Por sua vez, este super-continente resultou da colisão complexa

de outras massas continentais, principalmente dois grandes continentes, Gondwana e Laurussia, iniciada acerca de 360 Ma e que terminaram o seu intrincado processo colisional pelos 300 Ma, tão complexo cuja reconstituição é difícil de fazer. Na figura 5 ilustra-se uma dessas reconstituições da distribuição das massas continentais durante o Paleozóico. Neste esquema, a cor verde está representada a provável localização das unidades alóctones superiores de que as rochas de Bragança fazem parte.

Dessa colisão resultou uma extensa cadeia de montanhas (orogenia varisca) que se estendia desde a actual América do Norte (Apalaches), passando pela África (Mauritânia) e Europa.

Contexto geotectónico do Noroeste Peninsular

A Península Ibérica integra o Maciço Hespérico que constitui o fragmento do orógeno varisco mais representativo e melhor exposto da Europa. A sua característica principal é a sua divisão em zonas, definidas por diferentes características paleogeográficas, sedimentológicas, tectónicas e metamórficas: Zonas Cantábrica, Ocidental Asturo – Leonesa, Centro Ibérica, Galiza – Trás-os-Montes, Ossa Morena e Sul Portuguesa (Julivert *et al.*, 1972; Farias *et al.*, 1987). O atual noroeste peninsular faz parte do Maciço Hespérico e portanto é parte integrante desta antiga cadeia montanhosa (Fig. 6).

A Zona Galiza Trás-os-Montes (ZGTM) caracteriza-se pela complexa imbricação de mantos de carreamento, instalados sobre as sequências autóctones da Zona Centro Ibérica (ZCI), durante essa orogenia varisca do Devónico médio. Estas unidades são pois testemunhos dessa colisão continental e, concomitantemente, do fecho de um oceano (Rheic), resultando a instalação dos mantos de carreamento por obducção com transporte para leste por mais de 200 km e subducção da placa oceânica. O processo de subducção não é consensual, pois há autores que indicam a subducção para leste (Ribeiro *et al.*, 1990), enquanto outros consideram a subducção para oeste (Martínez Catalán *et al.*, 2007).

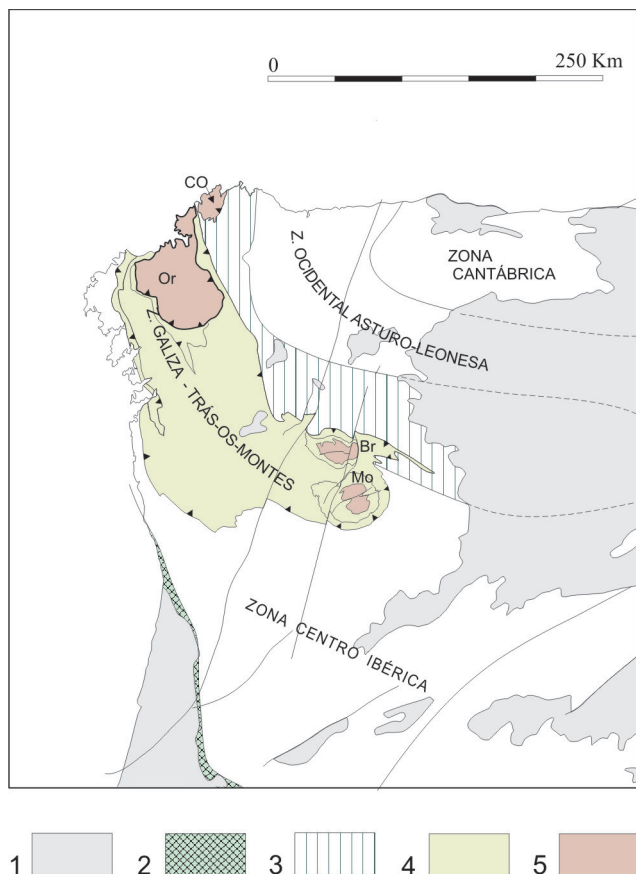


Figura 6 – Unidades geo-estruturais do Noroeste Peninsular (adaptado de Meireles, 2013, baseado em: Julivert *et al.*, 1972; Farias *et al.*, 1987; Quesada, 1991; Díez Balda *et al.*, 1990; González Clavijo, 1997). Legenda: 1 - Cobertura Meso-Cenozóica; 2 - Z. Ossa-Morena; 3 - Z. Centro Ibérica (Domínio do Olho de Sapo); 4 – Zona Galiza Trás-os-Montes:(alóctone inferior/parautóctone); 5- Maciços máficos / ultramáficos do NW Peninsular: CO – Maciço de Cabo Ortegal; Or- Maciço de Ordoñes; Br – Maciço de Bragança – Vinhais; Mo – Maciço de Morais.

A ZGTM, de acordo com a definição inicial, é constituída por dois domínios sobrepostos, carreados sobre a ZCI: 1) domínio inferior, designado por Domínio Xistoso ou Parautóctone; 2) conjunto superior formando os Complexos Alóctones de Galiza – Trás-os-Montes (Farias *et al.*, 1987; Arenas *et al.*, 1988). Nestes complexos alóctones destacam-se os maciços máficos/ultramáficos, polimetamórficos do Noroeste Peninsular de que fazem parte os maciços de Bragança e Morais (Figs. 6 e 7).

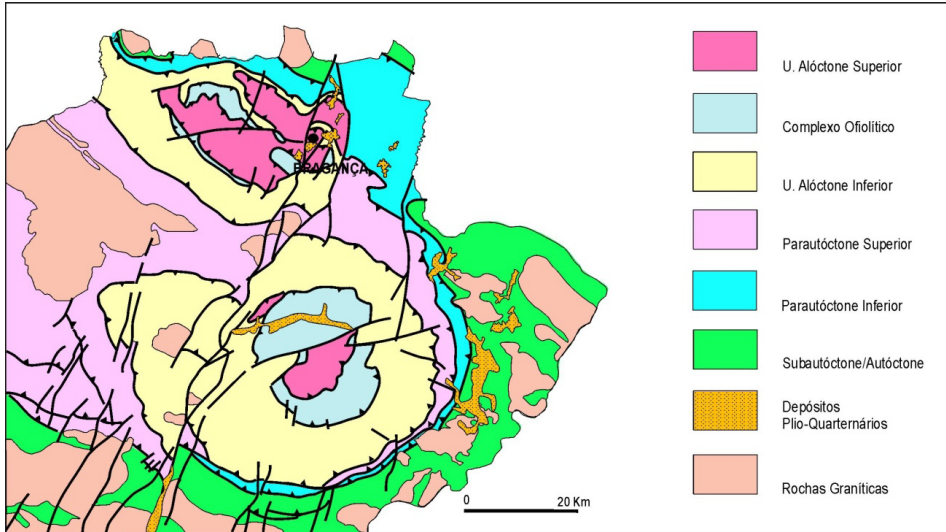


Figura 7 – Unidades geotectônicas do Nordeste Transmontano (segundo Pereira, E., 2000, extraído de Meireles, 2011, 2013).

A sequência tectono - metamórfica destas unidades alóctones do NW Peninsular é constituída por quatro mantos de carreamento principais, dispostos do seguinte modo, do topo para a base da sequência (Ribeiro, 1974; Iglésias *et al.*, 1983; Ribeiro *et al.*, 1990 *a, b*):

- a) Complexo alóctone superior (maciços de Bragança e Morais), constituído por diversas litologias com origem na crosta inferior e no manto superior submetidas a uma complexa evolução tectónica e metamórfica anterior à exumação varisca. Estão presentes granulitos de alta pressão, rochas ígneas ultramáficas e máficas associadas, e paragneisses com *boudins* de eclogitos. As recentes datações de Sm - Nd efectuadas nos granulitos de alta pressão, indicando uma idade de evento metamórfico de 1.0 a 1.1 Ga, confirmam as evidências estruturais e metamórficas para os granulitos que apontam para uma orogenia prevarisca. Os dados estruturais, metamórficos e geocronológicos obtidos para as intrusões ultramáficas e máficas associadas, indicam uma idade Ordovícico Inferior (Marques *et al.*, 1995, 1996; Santos *et al.*, 1997).
- b) Complexo alóctone ofiolítico ou manto alóctone intermédio (maciços de Bragança e Morais) - representado em Bragança por litologias características da crosta oceânica (anfíbolitos, gabros, serpentinitos); particularmente no maciço de Bragança, esta crosta oceânica está tectonicamente desmembrada pela orogenia varisca, sujeita a um intenso

episódio de retrogradação metamórfica em fácies de xisto verde. O grau de metamorfismo correspondente à fácies anfibolítica está presente, neste maciço, em algumas escamas tectónicas deste complexo (Meireles, 2000). Dados de campo indicam uma idade devónica para o ofiolito (Ribeiro *et al.*, 1990a) confirmada por dados geocronológicos mais recentes (Dallmeyer & Gil Ibaruchi, 1990; Dallmeyer *et al.*, 1991, 1997; Diaz Garcia *et al.*, 1999);

- c) Complexo alóctone inferior - é considerado como tendo afinidades com a Zona Ossa-Morena. Designado inicialmente por Domínio Centro Transmontano (Ribeiro, 1974), é constituído por xistos verdes e quartzofilitos e pela presença de magmatismo pré-orogénico, incluindo riolitos peralcalinos e granitos e pela presença de relíquias de paragénese mineral, próprias de metamorfismo de alta pressão (Ribeiro, 1976; Munhá *et al.*, 1984). A idade das unidades da base deste complexo tem sido atribuída ao Ordovícico/Silúrico inferior, enquanto para as unidades do topo, se situaria no Silúrico/Devónico Inferior (Ribeiro *et al.*, 1990a);
- d) Complexo parautóctone, constituído por metassedimentos e vulcânicas extrusivas de idade Silúrico /Devónico, em fácies de metamorfismo de xisto verde, de afinidades paleogeográficas com as unidades sobre as quais está carreado (Farias *et al.*, 1987). Relativamente ao estilo tectónico é presentemente dividido em: i) *parautóctone superior*, caracterizado pela presença de mantos – dobra, isto é, em situação interna do orógeno (Rodrigues *et al.*, 2003, 2006; Rodrigues, 2008); ii) *parautóctone inferior*, caracterizado por uma complexa imbricação de escamas de carreamento, situação típica das unidades tectónicas exteriores (Meireles *et al.*, 1995; Rodrigues *et al.*, 2003; Pereira, coord, 2006; Meireles, 2011, 2013).

Contudo, no sector envolvente do maciço de Bragança, nos últimos anos deram-se novos avanços no conhecimento, particularmente ao nível da litoestratigrafia e litogeoquímica das unidades parautóctones e alóctones inferiores (Fig. 8). Comprovou-se que entre o parautóctone e as unidades do topo do alóctone inferior, não há diferença litológica, pois são as mesmas unidades litoestratigráficas, embora haja um incremento na deformação nas manchas referidas como “alóctone inferior”. O Alóctone inferior propriamente dito, fica apenas restringido à formação M. Cavaleiros (Figs. 8 e 9). Assim, da base para o topo, a sequência litoestratigráfica é a seguinte: 1) Formação Rio de Onor, essencialmente greso-pelítica de idade

compreendida entre o Ordovícico Superior provável e o Silúrico; 2) Formação Valvão, essencialmente gresosa (quartzitos); 3) Formação Soutelo, vulcano-sedimentar. Estas duas unidades terão idade provável Silúrico superior – Devónico Inferior e 4) Formação Gimonde, correspondente ao flysh sinorogénico do Devónico Médio - Superior (Meireles, 2011, 2013).

No entanto, dados geocronológicos mais recentes, obtidos em tufos riolíticos da Formação Soutelo, entram em contradição com as observações de campo, ao serem datados zircões com idade do Ordovícico Inferior (Farias *et al.*, 2014).

O Maciço de Bragança

O maciço de Bragança é formado por duas sinformas da D_3 varisca, originando a tão característica forma elipsoidal das duas sinformas deste maciço (Fig. 9). Como anteriormente referido, nele estão representados: o Complexo Alóctone Superior; Complexo Alóctone Ofiolítico, ou intermédio, e o Complexo Alóctone Inferior. As litologias ígneas e metamórficas destes três complexos, têm uma afectação tectonometamórfica distinta. O Complexo Alóctone Superior (CAS) é formado por rochas de alto grau metamórfico da crosta inferior e manto superior, sujeitas a uma complexa evolução tectonometamórfica anterior à exumação varisca. Compreende granulitos de alta pressão e rochas miloníticas deles derivados (blastomiloníticas máficos), rochas ígneas ultramáficas e máficas (gabros), migmatitos e gnaisses com eclogitos. Relativamente à instalação tectónica destas litologias “exóticas”, juntamente com as escamas ofiolíticas e centrotransmontanas, sobre os materiais continentais perigondwânicos, durante a orogénia varisca, há consenso generalizado, quer entre os geólogos portugueses, quer espanhóis. Já no que respeita à origem, idade e evolução metamórfica das rochas de HP/HT, há ainda controvérsia. Como anotado em Meireles (2011; 2013), com base nas evidências estruturais, metamórficas, petrográficas e geocronológicas há duas abordagens distintas: 1) evolução em vários ciclos poli-orogénicos; 2) um único episódio orogénico.

A abordagem poli-orogénica foi sempre a seguida pelos geólogos portugueses, desde os primeiros trabalhos clássicos de cartografia, de geologia estrutural, de petrografia e metamorfismo que revelavam a existência de episódios de deformação pré-varisca (Neiva, 1948; Ferreira, 1964; Antho-

nioz, 1970, Ribeiro, 1974). É com Marques (1989, 1994) que se reconhecem 5 fases de deformação no maciço de Bragança, em que os três mais antigos episódios deformacionais são pré-câmbricos e os dois mais recentes já são variscos.

Os últimos trabalhos de investigação geocronológicos (Sm/Nd e Rb/Sr), complementados com os dados estruturais, petrológicos e tectonometamórficos que decorreram nas décadas de 80 e 90 do séc. XX, no maciço de Bragança, efectuadas nos granulitos de alta pressão, revelam uma idade de metamorfismo de 1,0 – 1,1 mil Ma; para os eclogitos, a idade mínima de 545Ma claramente aponta para uma complexa orogenia pré-varisca. Nos gabros, associados às intrusões ultramáficas, foi obtida uma idade de 470Ma para a sua cristalização; para os episódios de retrogradação metamórfica varisca, a idade de 389 Ma (Marques *et al.*, 1995; Santos *et al.*, 1997; Santos, 1998).

Concomitantemente decorreram nessa época estudos geoquímicos e de cartografia geológica detalhada nas rochas ultramáficas do maciço de Bragança e das suas mineralizações de cromite e platinóides. Estes estudos revelaram que estas mineralizações são típicas de crosta oceânica e que as rochas ultramáficas são testemunhos de ofiolitos de SSZ (²), em ambiente de *spreading centre* (³) a topo de manto empobrecido. Aventa-se a hipótese destas rochas fazerem parte de um ofiolito pré-câmbrico (Prichard *et al.*, 1989; Bridges, 1992; Bridges *et al.*, 1993, 1995).

-
- 2) SSZ – supra subduction zone; os ofiolitos de zona de supra subducção apresentam as características geoquímicas de arcos insulares mas a estrutura de crosta oceânica, gerados em ambientes de divergência de placas acima de subducção de litosfera oceânica.
 - 3) Centro de divergência de placas oceânicas.

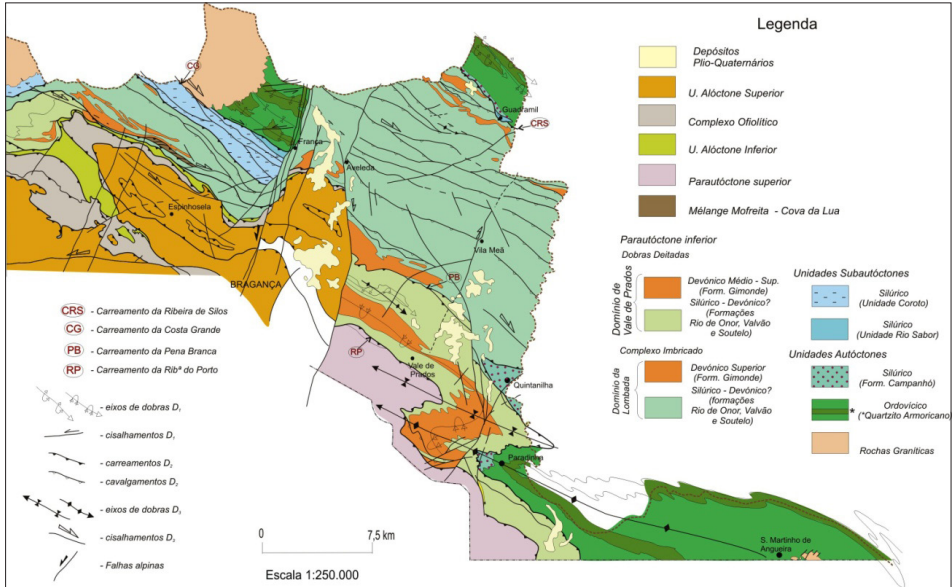


Figura 8 – Principais Unidades Geoestruturais da área de Espinhosa – Quintanilha e respectivas unidades litoestratigráficas (adaptado de Meireles, 2011, 2013).

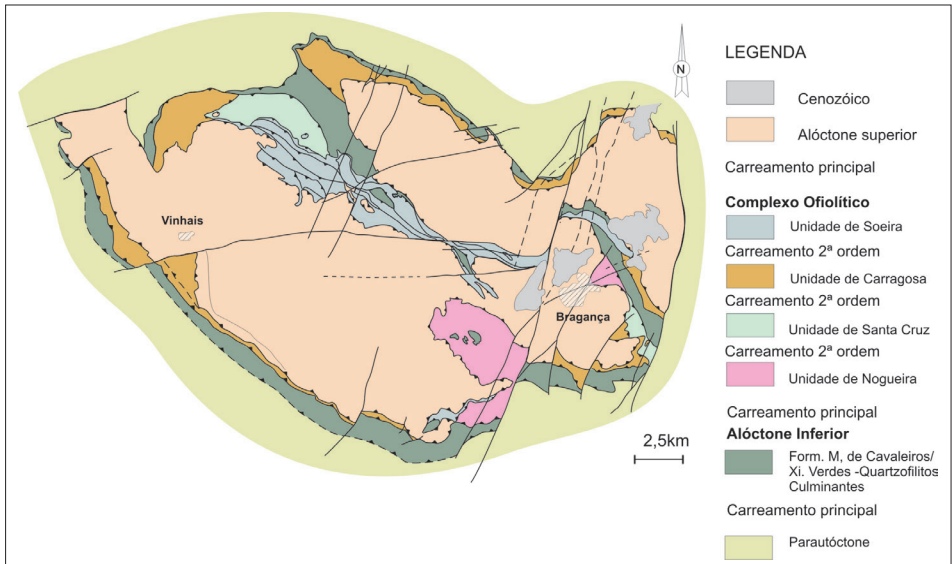


Figura 9 – Esboço geológico do Maciço de Bragança (adaptado de Meireles, 2011, 2013).

Entretanto, em Espanha, nas duas últimas décadas do século passado, foi defendida acérrimamente a hipótese de um único ciclo orogénico para a

evolução do alóctone superior, baseado apenas em dados geocronológicos que indicavam um único ciclo ordovícico de subducção intra-oceânica, seguida duma exumação devónica sobre uma margem continental perigondwânica (Peucat *et al.*, 1990; Schäfer *et al.*, 1993; Santos Zalduegui *et al.*, 1996). Esta hipótese foi progredindo para uma “... evolução poliorogénica com o episódio de HP/HT a ocorrer aos 490-480 Ma a que se seguiria um novo episódio aos 390-385 Ma (Fernández-Suárez *et al.*, 2000) para o evento da instalação. A idade do retrometamorfismo em fácies xistos verdes e episódios de deformação mais tardios ocorrerá pelos 365 Ma (Dallmeyer *et al.*, 1997)” (*in* Meireles, 2011, 2013).

Mais recentemente, os colegas espanhóis acabaram por confirmar o modelo poli-orogénico para explicar a complexidade tectonometamórfica destes maciços do noroeste peninsular, quando dataram, por U-Pb, zircões com 1159 ± 39 Ma, nos protólitos dos anfíbolitos da Unidade de Purrido, no maciço de cabo Ortegal, semelhante ao maciço de Bragança e consideraram tal, como um testemunho de um ofiolito pré – Rodinia (Sánchez Martínez *et al.*, 2006).

Os granulitos do Tojal do Pereiros (Alto das Cantarias)

A primeira referência a estas rochas é feita por Anthonioz (1972) que descreve nesta colina, dois tipos de granulitos, máficos e félsicos, aparentemente associados a metaperidotitos (Fig. 10).

Os granulitos máficos, são rochas metamórficas, maciças, escuras, de textura granoblástica, onde sobressaem as granadas de cor vermelho vivo e onde predominam as piroxenas e as anfíbolas (Anexo 1, Fotos 1 e 2). São constituídas pela seguinte associação mineralógica: diópsido, granada, plagioclase, quartzo, hornblenda, rutilo, ilmenite e calcite. Como já referido, tratam-se das rochas mais antigas do nosso País, em que o evento metamórfico que as originou foi datado pelo método de Sm-Nd com idade de 1079 Milhões de anos (Santos *et. al.*, 1997).

Quanto aos granulitos félsicos (Anexo 1, foto 4), são rochas maciças, de textura granoblástica, de cor branco esverdeado, onde sobressaem as granadas de cor vermelha vivo. A sua composição mineralógica, onde o quartzo e os

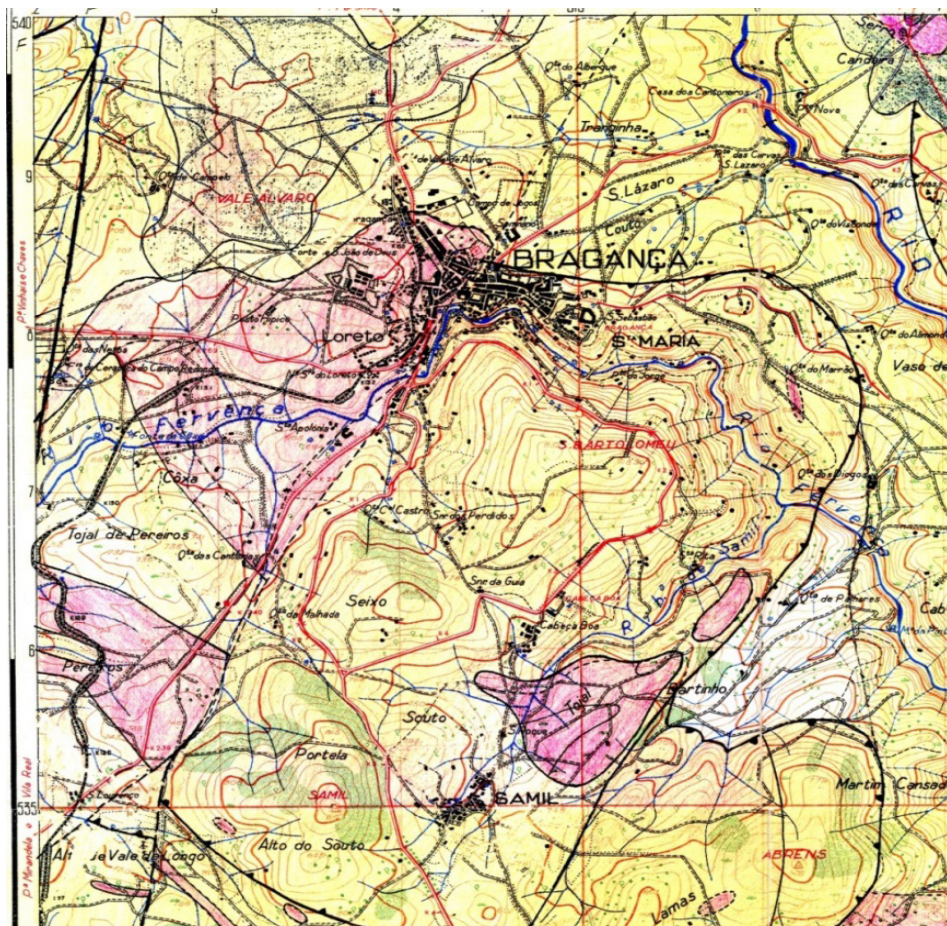


Figura 10 – Esboço geológico da região de Bragança. Área cartografada como granulitos do Tojal dos Pereiros assinalada com círculo vermelho; áreas cartografadas pintadas a roxo, metaperidotitos. (Dados de arquivo dos Serviços Geol. Portugal / Lab. Nac. Energia e Geologia (LNEG). Folha 38, esc. 1:25.000).

feldspatos predominam, é constituída por: quartzo, plagioclase, granada, dióxido, hornblenda, zoizite, rutilo e ilmenite (Anthonioz, 1972).

Estas belas rochas, juntamente com as restantes da região de Bragança, são um dos mais importantes testemunhos dos complexos processos geológicos da evolução do nosso planeta, em que a colisão de dois continentes, levou ao desaparecimento de um oceano e ao transporte por mais de 200 km, de materiais rochosos de diversas procedências e orogenias, desde sedimentos dos fundos oceânicos, da crosta oceânica e do manto superior -

crosta continental inferior (40 - 50 km de profundidade do globo terrestre) como são neste caso, os granulitos de Tojal dos Pereiros.

Recentemente foi realizada cartografia de detalhe que revelou uma maior complexidade geológica (Miranda, 2015). Foram definidas várias manchas de granulitos máficos e félsicos, sendo notório que as rochas miloníticas associadas (blastomilonitos máficos e félsicos), derivam dos granulitos por intenso processo de deformação pré-varisco. Constatou-se que não há relação genética com as rochas ultramáficas (metaperidotitos), pois os contactos destas rochas com os granulitos são tectónicos (Fig. 11).



Figura 11 – Cartografia do Tojal dos Pereiros projectada sobre fotografia aérea do Alto das Cantarias (adaptado de Miranda, 2015).

A “saga” dos Granulitos do Tojal dos Pereiros

A primeira chamada de atenção para a importância patrimonial dos granulitos do Tojal dos Pereiros, foi feita no jornal “Público”, pelos professores da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Fernando Marques, José Munhá e António Ribeiro em 1996 (Anexo 2). Neste artigo de opinião,

os seus autores fazem um apelo público para a necessidade de definir uma área de proteção destas rochas face à urbanização crescente.

Aquando da preparação da revisão do PDM (1999-2000), a Câmara Municipal de Bragança solicitou ao antigo Instituto Geológico e Mineiro um relatório sobre os recursos geológicos deste concelho (Meireles *et al.*, 2002). Neste relatório era abordada, pela primeira vez, a vertente do património geológico natural no âmbito dos recursos geológicos. Na área urbana da cidade de Bragança foram assinalados vários geossítios (LIG - local de interesse geológico) de importância científica única. Os afloramentos do Cabeço do Tojal dos Pereiros estavam no topo dessa lista. Era proposta, nesse relatório, a sua proteção e apontada a criação de uma zona verde como medida fundamental para as preservar (Fig. 12), aliando a geodiversidade à biodiversidade do local (flora e fauna). A cidade de Bragança não tem um parque municipal, uma zona verde na sua área urbana e o Tojal dos Pereiros reunia todas as condições para o ser.

Durante o projeto “Geologia dos Parques Naturais de Montesinho e do Douro Internacional (NE de Portugal). Caracterização do Património Geológico, realizado pelo Instituto Geológico e Mineiro e pela Universidade do Minho”, realizado entre 2001-2003, foi de novo reforçada a importância da proteção condigna destas rochas, cuja área, completamente abandonada, estava transformada em lixeira.

O Plano Diretor Municipal (PDM) de Bragança ignora esta recomendação e apenas assinala o local dos granulitos máficos, aprovando o alargamento da zona industrial para o Alto das Cantarias (Tojal dos Pereiros).

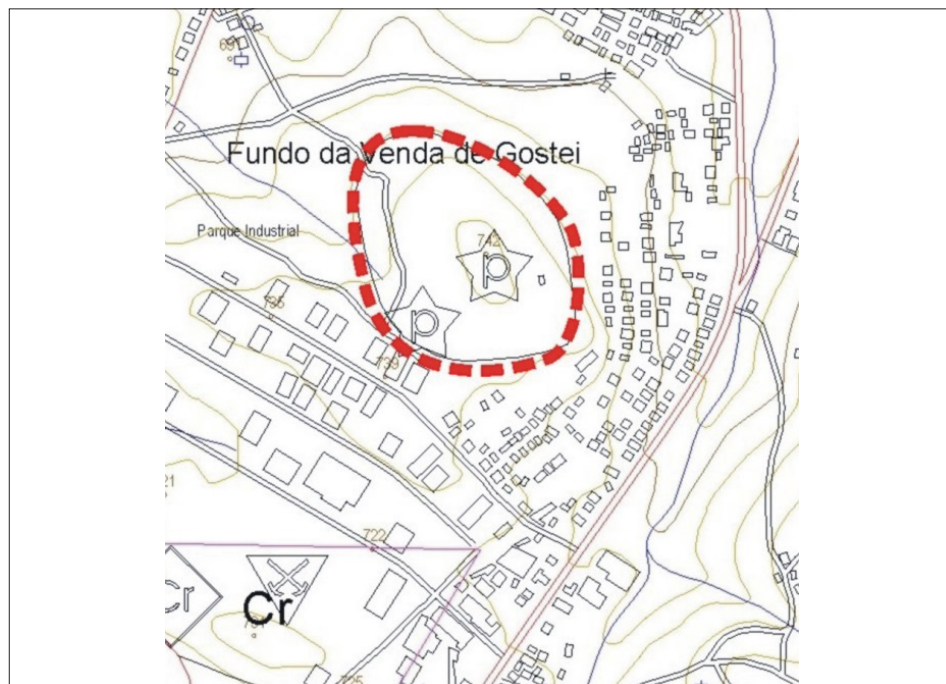


Figura 12 – Extrato da Carta de Condicionantes do PDM de Bragança (carta militar nº 38, escala 1:25.000). A tracejado vermelho, assinalada a área de proteção inicialmente recomendada (adaptado de Meireles et al., 2002).

Curiosamente, no regulamento do PDM de Bragança (*Diário da República*, 2.^a série — N.º 117 — 18 de Junho de 2010), no ponto 2, do artigo 74.º, “Locais com interesse geológico — Regime específico”, ficou consignado o seguinte: “2 — Nos Locais com interesse geológico identificados na Planta de Ordenamento, em Solo Urbano, são proibidas todas as acções que de algum modo danifiquem a integridade dos bens identificados”. O sublinhado é nosso.

Entretanto, incompreensivelmente, os granulitos de Tojal dos Pereiros são ignorados no 1.º inventário sobre o património geológico de Portugal, realizado no âmbito do projeto “Identificação, caracterização e conservação do património geológico: uma estratégia de geoconservação para Portugal” (Brilha & Pereira, coord., 2011; 2012).

Dando seguimento ao previsto no PDM, no Plano de Urbanização (PU), o geossítio do Tojal dos Pereiros está vagamente referenciado como “*Bens com interesse natural não classificado*”.

Entretanto, por nossa iniciativa, o essencial da informação sobre estas rochas do Alto das Cantarias, é vertida para a base de dados do Geoportal do atual Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), “GEO-SÍTIOS - Inventário dos Sítios com Interesse geológico (http://geoportal.lneg.pt/index.php?option=com_content&id=57&lg=pt).

Concomitante a esta iniciativa, o Comité Nacional para o Programa Internacional de Geociências da UNESCO, em Portugal, manifesta à Câmara Municipal de Bragança a sua preocupação pela preservação destes afloramentos e a sua disponibilidade em colaborar nas medidas de protecção (correspondência de Janeiro-Fevereiro de 2014). Acaba por ser esta a única tomada de posição de uma instituição portuguesa ligada às Ciências da Terra.

Em 2015, no âmbito da colaboração do LNEG com o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), entidade pública responsável administrativamente pelo Cadastro Nacional dos Valores Naturais Classificados (NVNC), foi realizada a delimitação dos afloramentos principais dos dois tipos de granulitos, máficos e félsicos.

No entanto, neste ano de 2016, como é do conhecimento geral, iniciaram-se as obras de ampliação da zona industrial. Depois de ultrapassados os procedimentos relativos aos Estudos de Impacte Ambiental apresentados, é aprovado o alargamento da zona industrial pelas entidades competentes, inclusive do LNEG.

Será que é mesmo possível conciliar uma zona industrial com uma área de elevado interesse patrimonial, tanto pela sua geodiversidade, como pela biodiversidade?

Do outro lado da fronteira, em Espanha, passa-se uma situação distinta. O maciço de Cabo Ortegal (Fig. 6) é, geologicamente, muito semelhante ao maciço de Bragança – Vinhais. São os municípios que geograficamente o abrangem, que tomaram a iniciativa de prepararem a candidatura do Ma-

ção de Cabo Ortegal a Geoparque UNESCO. Criou-se recentemente, em 2015, e especificamente para o efeito, uma associação, “Amigos do Parque Xeolóxico do Cabo Ortegal”, com o apoio da Sociedad Geológica de España (SGE) e do Instituto Geológico y Minero de España (IGME) (<http://parqueortegal.blogspot.com>).

Lições para o futuro: onde falhamos?

Outro poderia ter sido o desfecho do Tojal dos Pereiros/Alto das Cantarias, se a comunidade científica geológica nacional (Sociedades Científicas e Profissionais, Universidades e demais Instituições Públicas ligadas às Ciências da Terra), tivessem tido na ocasião apropriada, um papel institucional mais interveniente e pedagógico junto da autarquia e da população, reforçando as iniciativas individuais, que entretanto foram surgindo, de preservação destas rochas. O mesmo se poderia dizer da falta de “sensibilidade” das demais Instituições da Administração Central ligadas à conservação natural, ao ordenamento e planeamento do território. Não pode ser imputada, como referido no artigo publicado no “Público” (Anexo 2), à responsabilidade dos geólogos que trabalhavam na área, por manter a autarquia e a população na ignorância. A autarquia não pode dizer que ignorava o valor destas rochas. Os responsáveis autárquicos e a população têm de ter consciência de que o paradigma do desenvolvimento económico da sua região não passa necessariamente pelo betão.

Perante a atual situação, aos geólogos e às instituições geológicas deste País, não resta senão dar todo o apoio para o estudo e valorização destes afloramentos, minimizando os danos causados e colocando de novo os granulitos do Tojal dos Pereiros no lugar de destaque merecido.

Bibliografia

- Anthonzioz, P. M. (1972) - Les complexes polymétamorphiques précambriens de Morais et Bragança (NE du Portugal): étude pétrographique et structurale. *Mem. Serv. Geol. Port.*, Nova série, n ° 20, Lisboa, 192 pp.
- Arenas, R., Martínez Catalán, J.R., Abatí, J. & Sanchez Martínez, S. (2007) - Galicia Meeting. The rootless variscan suture of NW Iberia (Gali-

- cia, Spain, A Coruña). *Conference abstracts and filed trip guide*. R. Arenas, J.R. Martínez Catalán, J. Abatí & S. Sanchez Martínez (eds.). Madrid, *Inst. Geol. y Minero de España*, 188pp.
- Bridges, J.C. (1992) – Platinum-Group Elements in the ultrabasic rocks of the Bragança and Morais massifs, northern Portugal (PhD thesis). *Depart. Earth Sc., The Open University*, 256 p.
- Bridges, J.C., Prichard, H.M. & Meireles, C., (1995) – Podiform chromitite-bearing ultrabasic rocks from the Bragança Massif, N Portugal: fragments of island arc mantle? *Geological Magazine*, 132, 39-49.
- Bridges, J.C., Prichard, H.M., Neary, C.R. & Meireles, C. (1993) - Platinum-group element mineralization in the chromite-rich rocks of Bragança massif, northern Portugal, in “Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy”, (*Sect.B: Appl. earth sci.*), Vol. 102, May-August 1993, B55-134.
- Brilha, J & Pereira, P. (editores)(2011) – Património geológico: geossítios a visitar em Portugal. Univ. do Minho, 137 pp.
- Brilha, J & Pereira, P. (editores)(2012) - Património Geológico. Geossítios a visitar em Portugal. Porto Editora, 137 pp.
- Dallmeyer, R. D. & Gil Ibarra, J. I. (1990) – Age of the amphibolitic metamorphism in the ophiolitic unit of the Morais allochthon (Portugal): implications for early hercynian orogenesis in the Iberian Massif. *Journal of the Geological Society of London*, 147, 873-878.
- Dallmeyer, R. D., Ribeiro, A. & Marques, F. (1991) - Polyphase variscan emplacement of exotic terranes (Morais and Bragança Massifs) onto Iberian successions: Evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineral ages. *Lithos*, 27, 133-144.
- Dallmeyer, R.D., Martínez Catalán, J.R., Arenas, R., Gil Ibarra, J.I., Gutiérrez Alonso, G., Farias, P., Aller, J. & Bastida, F. (1997) – Diachronous Variscan tectonothermal activity in the NW Iberian Massif: evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of regional fabrics. *Tectonophysics*, v. 277, 307-337.
- Díaz García, F., Arenas, R., Martínez Catalan, J. R., González del Tánago, J. & Dunning, G. R. (1999) - Tectonic evolution of the Careón ophiolite (northwest Spain): a remnant of the oceanic lithosphere in the Variscan Belt. *Journal of Geology*, 107, 587-605.
- Díez Balda, M.A., Vegas, R. & González Lodeiro (1990) – Central Iberian Zone (Autochthonous Sequences) 2.2 Structure, In: DALLMEYER

- R.D. & MARTÍNEZ-GARCIA, E. (Eds.), *Pré-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer-Verlag, 172-188.
- Farias Arquer, P. (1990) – La Geología de la Región del Sinforme de Verín (Cordillera Herciniana, NW de España). *Serie Nova Terra*, nº 2, O Castro, 201 pp.
- Farias, P.; Gallastegui, G.; González Lodeiro, F.; Marquínez, J.; Martín Parra, L.M.; Martínez Catalán, J.R.; Pablo Maciá, J.G. & Rodríguez Fernández, L.R. (1987) – Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galicia Central, *Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências Univ. Porto*, Mem. Nº 1, 411-431.
- Farias, P., Ordoñez-Casado, B., Marcos, A., Rubio-Ordoñez, A. & Fanning, C.M. (2014) -U–Pb zircon SHRIMP evidence for Cambrian volcanism in the Schistose Domain within the Galicia-Trás-os-Montes Zone (Variscan Orogen, NW Iberian Peninsula). *Geologica Acta*, Vol. 12, N º 3, 209 – 218.
- Ferreira, M. P. (1964) - Geologia e Petrologia da região de Rebordelo-Vinhais. *Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, nº 58, 284 p.
- Ferreira, M.R.P.V. (1972) – *Rochas metamórficas*. Coimbra, 203 pp.
- González Clavijo, E.J. (2006) - *La geología del sinforme de Alcañices, Oeste de Zamora*. Série Nova Terra, nº31, Instituto Universitário de Geologia “Isidro Parga Pondal”, Univ. Coruña, 238 pp.
- Iglésias, M.P.L., Ribeiro, M.L. & Ribeiro, A. (1983) – La interpretation aloc-tonista de la estrutura del Noroeste Peninsular. Libro Jubilar J.M. Rios, Geología de España, *Inst. Geol. Min., España*, 1: 459-467.
- Julivert, M., Fontbote, J.M., Ribeiro, A. & Conde, L. (1972) – Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, 1:1.000.000, *Inst. Geol. Min. España*.
- Lunar, R., Capote, R., Izquierdo, B.G., Monterrubio, S., Moreno, T. Gibbons, W., Prichard, H., Ibarguchi, J.I.G., Ábalos, B., Puelles, P., Zalduegui, J.F.S., Meireles, C., Pereira, E., Castro, P.G., Ribeiro, A., Santos, J.F. & Munhá J.M.U. (2004) – Cr-PGE mineralization, petrology and tectonics of the allocthonous complexes of NW Spain and Portugal. *Field Trip Guide Book – B04*. Leader: R. Lunar. Associate leaders: J.I.G Ibarguchi, T.Moreno, C. Meireles. *32nd Int. Geol. Congress*, 48 pp
- Marques, F. (1989) – Estudo estrutural das rochas catazonais da sinforma de V. Boa de Ousilhão (Bragança, Trás-os-Montes). Dissertação PAPCC, Depart. Geol. Univ. Lisboa, 195 pp.

- Marques, F. (1994) – Estudo tectónico das rochas infracrustais do manto de soco do SW do maciço de Bragança (Trás-os-Montes). Tese de Doutoramento (n. publ.). Depart. Geol. Univ. Lisboa, 196 pp.
- Marques, F., Munhá, J., Ribeiro, A., Rogers, G. & Santos, J. (1995) – Lower Palaeozoic metamorphism during extension of Precambrian continental crust in the Bragança CAT: new Nd isotopic data. *Terra Nova*, 7, abstr. suppl. 1, 106.
- Marques, F.G., Ribeiro, A. & Munhá, J.M. (1996) – Geodynamic evolution of the Continental Allochthonous Terrane (CAT) of the Bragança Nappe Complex, NE Portugal. *Tectonics*, 15, 747-762.
- Meireles, C. (2000) – *Carta Geológica de Portugal na Escala 1/50 000 e notícia explicativa da Folha 3-D (Espinhosela)*, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 64 pp.
- Meireles, C.A.P. (2011) – *Litoestratigrafia do Paleozóico do sector a nordeste de Bragança (Trás-os-Montes)*. Tese Doutoramento, Fac. Ciências Univ. Porto, 468 p (1 Mapa Geol. + 4 Anexos).
- Meireles, Carlos A.P (2013) - *Litoestratigrafia do Paleozóico do sector a nordeste de Bragança (Trás-os-Montes)*. Serie Nova Terra, nº 42. Instituto Universitário de Geologia “Isidro Parga Pondal”, Univ. Co-ruña, 471pp, 5 Anexos, 1 mapa geol. Versão ebook (<http://www.udc.es/iux/almacen/Nova%20Terra%2042%20ebook/flash.html>)
- Meireles, C., Moreira, A., Pereira, A.P., Parra, A. & Martins, L. P. (2002) – Nota Explicativa do Mapa de Condicionantes dos Recursos Geológicos, Plano Director Municipal de Bragança. *Relat. Interno, Instituto Geológico e Mineiro*, Porto, 39 pp., VI anexos.
- Meireles, C., Ribeiro, A. & Pereira, E. (1995) – Contribuição para o conhecimento da Litoestratigrafia e Tectónica do Paleozóico a Norte de Bragança. In: Sodr e Borges, F., & Marques, M. (Coords.), *IV Congresso Nacional de Geologia, Fac. Ciências, Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Porto*, Mem. nº 4, 349-353.
- Miranda, D. (2015) - *Complexo alóctone superior de Bragança, região de Tojal dos Pereiros*. Relatório de Estágio da Licenciatura em Geologia, Ano Letivo 2014/2015. Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Fac. Ciências Univ. Porto, 16 pp.
- Munhá, J. Ribeiro, A. & Ribeiro, M.L. (1984) – Blueschists in the Iberian Variscan Chain, Trás-os-Montes (NE de Portugal). *Comum. Serv. Geol. Portugal*, 70, 31-53.

- Nance , R.D., Worsley, T.R. & Moody, J.B. (1988) - The supercontinent cycle. *Scientific American*, 256, 72-79.
- Neiva, J.M. Cotelo (1948) - Rochas e minérios da região de Bragança - Vinhais. *Rel. Serv. Fom. Min.*, 14, 251 p.
- Pereira, E.S., Coord., (2006) – Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200.000, Folha 2, *Inst. Nac. Eng. Tec. Inov.*, Lisboa, 119 pp.
- Prichard, H.M., Bridges, J.C., Neary, C. R., Ribeiro, A.; Marques, F. BARRIGA, F. Munhá, J.M., Pereira, E., Meireles, C. & Ribeiro, L. (1991) - “*Platinum-group element mineralisation in two basic - ultrabasic complexes in Northern Portugal: a) the platinum-group elements: mineralogy and analysis; b) structural and lithological controls on mineralization*”. Relatório Final, n. publ., E. C. (MAIM – 0075 – C), 122 pp.
- Quesada, C. (1991) – Geological constrains on the Palaeozoic tectonic evolution of tectonostratigraphic terranes in the Iberian massif: *Tectonophysics*, V. 185, 225-245.
- Ribeiro, A. (1974) – *Contribution à l'étude Tectonique de Trás-os-Montes Oriental*. *Serv. Geol. Portugal*, Mem. n° 24 (Nova Série), Lisboa, 168 pp.
- Ribeiro, A., Pereira, E. & Dias, R. (1990a) - Structure of the northwest of the Iberian Peninsula. In: Dallmeyer, R.D. & Martinez-Garcia, E. (Eds). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer Verlag, Heidelberg, 220-236.
- Ribeiro, A., Quesada, C. & Dallmeyer, R.D. (1990b) - Geodynamic evolution of the Iberian Massif. In: Dallmeyer, R.D. & Martinez-Garcia, E. (Eds.). *Pré-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer Verlag, Heidelberg, 399-409.
- Ribeiro, M.L. (1976) – Considerações sobre uma ocorrência de crossite em Trás-os-Montes oriental. *Mem. Not. Mus. Lab. Mineral. Geol. Univ. Coimbra*, 82, 1-16.
- Rodrigues, J. F. S. (2008) – Estrutura do Arco da Serra de Santa Comba – Serra da Garraia. Parautoctone de Trás-os-Montes. Tese de Doutoramento (n. publ.) Univ. Lisboa, 308 pp.
- Rodrigues, J., Ribeiro, A., Pereira, E. & Meireles, C. (2003) – Organização tectonoestratigráfica do complexo parautoctone do NE de Portugal: uma proposta. VI Cong. Nac. Geol., *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, n° esp. V, CD-ROM, D77-D79.

- Rodrigues, J., Ribeiro, A. & Pereira, E. (2006) – Estrutura interna do Complexo de Mantos Parautoctones, sector de Murça – Mirandela (NE de Portugal). *In*. R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.). *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Univ. Évora, 63-84.
- Sánchez Martínez, S., Jeffries, T., Arenas, R., Fernández-Suárez, J. & García-Sánchez, R. (2006) - A pre-Rodinian ophiolite involved in the Variscan suture of Galicia (Cabo Ortegal Complex, NW Spain). *Journal of the Geol. Society*, 163(5), 737-740.
- Santos, J.F. (1998) – Geoquímica de litologias básicas e ultrabásicas da unidade alóctone superior do maciço de Bragança. Tese Doutoramemto (n. publ), Universidade de Aveiro, 402 p, XI Anexos.
- Santos, J. F., Marques, F.O., Munhá, J. M., Ribeiro, A. & Tassinari, C. (1997) – First dating of a Precambrian (1.0 to 1.1 Ga) HP/HT metamorphic event in the uppermost allochthonous unit of the Bragança massif (Iberian variscan chain, Northern Portugal). EUG 9, *Abstract Suppl.* N° 1, *Terra Nova*, v. 9, pp. 497.

www.alexstrekeisen.it/english/meta/maficgranulite.php

<https://wwwf.imperial.ac.uk/earthscienceandengineering/rocklibrary/viewglossrecord.php?Term=granulite>

https://www.earth.ox.ac.uk/~davewa/.../granulite_origins.html

<https://eiseverywhere.com/ehome/118110/265458/>

http://geoportal.lneg.pt/index.php?option=com_content&id=57&lg=pt

<http://parqueortegal.blogspot.com>

Anexo I



Foto 1 – Afloramento de granulitos máficos datados com 1,1 mil Ma (foto de C. Meireles). É possível observar, no lado direito do afloramento, os furos de testemunhos de sondagem para recolha para datação de amostras de rocha.



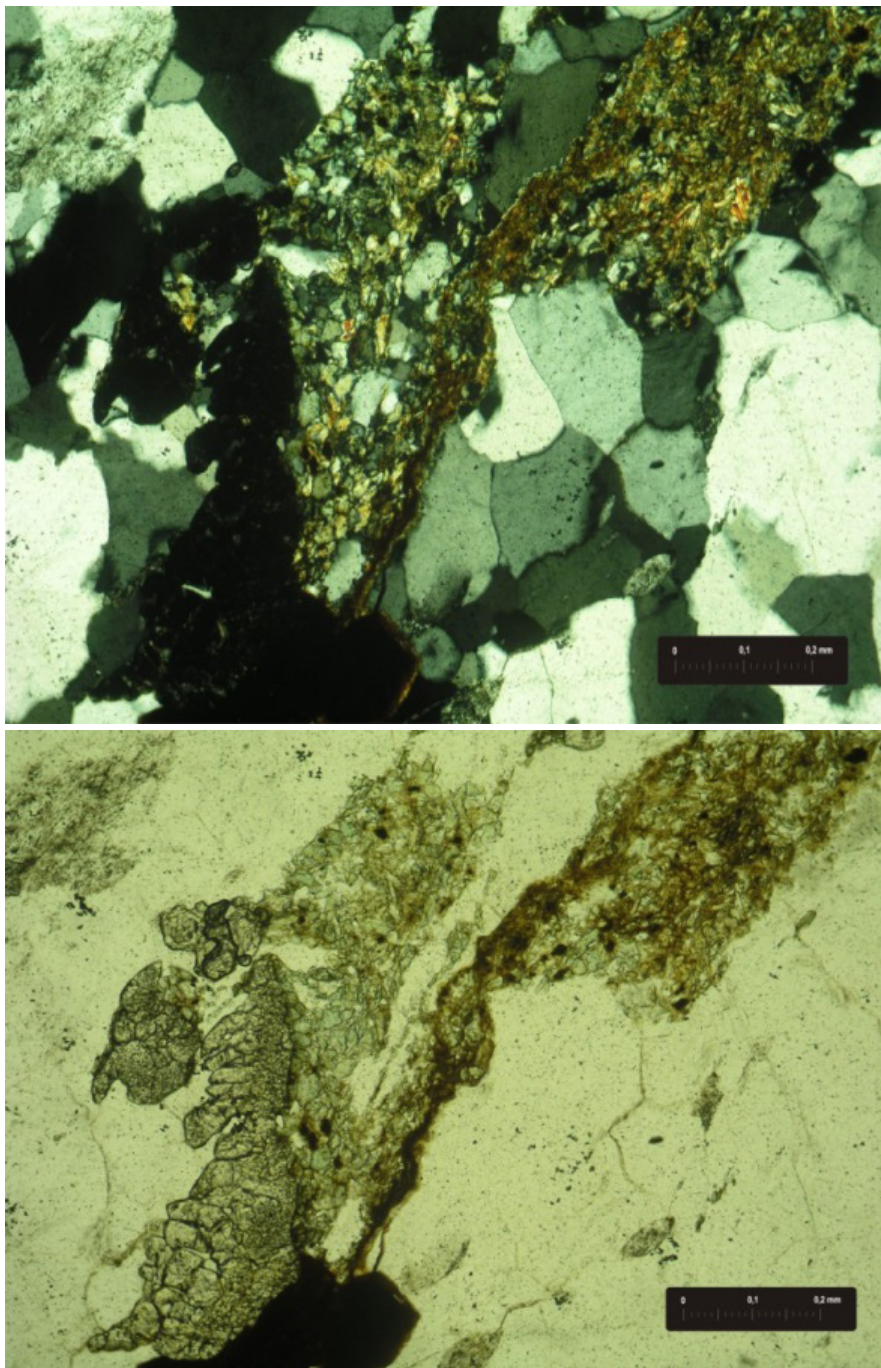
Foto 2 – Aspecto macroscópico dos granulitos máficos (foto de Diana Miranda). Rocha maciça, escura, onde se destacam as granadas (minerais de cor vermelha).



Foto 3 – Lâmina delgada de granulito máfico para estudo ao microscópico petrográfico. Destacam-se as granadas (mineral de cor vermelha) no fundo verde das piroxenas (foto de Diana Miranda).



Foto 4 – Aspecto macroscópico dos granulitos félsicos



Fotos 5 – Aspecto microscópico dos granulitos félsicos com nicóis cruzados, luz polarizada, (foto superior) e nicóis paralelos (foto inferior).

Anexo 2

SABADO, 4 ABRIL 1988 13 espaço público

As rochas mais velhas do país

F. Ornelas Marques,
J.M. Munhá
e A.R. Ribeiro*

No Alto das Cantarias, em Bragança, estão a construir fábricas em cima dos afloramentos das rochas que foram isotopicamente datadas de há 1100 milhões de anos. Longe de nós a ideia de que o progresso tem de parar, mas a Câmara de Bragança deveria determinar a reserva do terreno (que por sinal até é pequeno) onde afloram as rochas mais velhas do País.

Quando me perguntam qual a minha profissão e respondo que sou geólogo, o comentário que se segue é invariavelmente idêntico: "Ah, as pedras!" Isto reflecte ideias antiquadas que, actualmente, tendem a desaparecer porque os nossos jovens já aprendem nas escolas que a Geologia sofreu uma evolução positiva muito rápida nas últimas décadas. Há muito que o Geólogo deixou de ser apenas aquele indivíduo com ar empoirado e desleixado que andava pelos campos de caderno, bússola e martelo a identificar, catalogar e cartografar as "pedras". Apesar de esse ser, ainda hoje, o trabalho básico de qualquer geólogo (a carta geológica está para o geólogo assim como a pauta está para o músico — é fundamental saber escrevê-la e lê-la), a Geologia passou de uma disciplina meramente descritiva a uma ciência activa e empolgante; sabe-se hoje (e tem-se cada vez mais consciência disso — sismos e vulcões quase diariamente nas televisões) que a Terra é um planeta vivo, que a Geologia se socorre cada vez mais de ciências básicas como a Física, a Matemática e a Química, e que utiliza os instrumentos de mediação mais sofisticados. A cronologia relativa (suportada em critérios que permitem ordenar cronologicamente diversos acontecimentos uns em relação aos outros — não se atribui um número, apenas se diz que um é mais antigo ou mais recente que outro) acrescenta-se a cronologia absoluta (suportada no decaimento radioactivo de certos elementos e que permite atribuir um valor absoluto à idade, em unidades de horas, dias ou anos), cujo desenvolvimento está directamente relacionado com a evolução da capacidade de medição dos instrumentos como os espectrómetros de massa e as microscópias iónicas. Com o avanço da ciência e a conspiciosa crescente de que o

nosso planeta é único e os seus recursos não são eternos, a nossa mente está cada dia mais alerta para tudo o que nos rodeia, e para aquilo que é necessário preservar; por isso aqui estamos a escrever este artigo: para tentar evitar a destruição de um monumento geológico nacional e, mesmo, internacional.

Utilizando as mais recentes tecnologias de ponta, procedeu-se à datação absoluta de algumas rochas que se encontram à superfície (afloram na gria dos geólogos) para oeste de Bragança, em especial umas que afloram no Alto de Tojal de Pereiros, mais conhecido como Urbanização Industrial das Cantarias. Trata-se de rochas muito especiais porque se formam nas zonas profundas das raízes de cadeias de montanhas e hoje encontram-se à superfície graças à acção da tectónica das placas. Porque devem ser consideradas monumento nacional? Por algumas razões que o leitor certamente entenderá, e esperamos que os nossos governantes também: (1) porque são as rochas mais velhas do País, com a projectada idade de mais de mil milhões de anos (cerca de 1,1Ga, i.e., cerca de 1100 milhões de anos), e assistiram à evolução de quatro ciclos orogênicos; nasceram nas raízes profundas do orogêneo denominado Genvilliano, foram retrabalhadas no ciclo orogêneo seguinte que é o cadomiano, a exumação tectónica trouxe-as para a superfície durante o ciclo Varisco, a erosão está a destruí-las lentamente no ciclo actual que é o Alpino (a alteração e erosão pelos agentes meteoricos são lentas, mas a humana é muito rápida, e é esta que necessário impedir); (2) rochas aflorantes com esta idade, com uma natureza e significado tão diversos, e com uma evolução tão complexa não são comuns à superfície da Terra; (3) por todas estas características, elas têm suscitado a nível da comunidade científica geológica internacional um debate muito acalorado e publicações mas melhores revistas internacionais

da especialidade, no que se refere à sua origem, evolução tectonometa-mórfica, e idades; e (4) quando nos passeamos pela paisagem magnífica do Nordeste Transmontano, em especial sobre o denominado Maciço de Bragança que é cortado pelos vales profundos do rio Tuela, estamos a percorrer domínios geodinâmicos extraordinários onde nunca nenhuma sonda chegou (apenas a imaginação humana suportada por resultados científicos), como sejam as zonas de subducção (em Bragança representadas por paragneisses com eclogitos — rochas formadas a alta pressão), a crosta continental inferior e interface crosta/manto (representadas por granulitos intrudidos por rochas ígneas como peridotitos, piroxenitos e gabros), e fragmentos de uma crosta oceânica preservados em meio continental.

O que se está a passar, então, no Alto das Cantarias, e que suscita este artigo que simultaneamente é um apelo dirigido à Câmara de Bragança? Está a construir fábricas em cima dos afloramentos das rochas que foram isotopicamente datadas de há 1100 milhões de anos. Longe de nós a ideia de que o progresso tem de parar! Até porque a culpa da ignorância, por parte da autarquia, do valor daquelas rochas cabe inteiramente aos geólogos que trabalham nesta zona do País, e que tardaram em dar conhecimento ao público em geral, e ao Poder Local em particular, dos resultados da investigação científica que ali têm sido obtidos. Mas mais vale tarde do que nunca, e aqui estamos para solicitar, por este meio, à Câmara de Bragança a reserva do terreno (que por sinal até é pequeno) onde afloram as rochas mais velhas do País.

O nosso país sairá certamente mais enriquecido se forem tomadas as devidas precauções para que não se destrua um monumento geológico internacional.

* Departamento de Geologia,
Faculdade de Ciências
da Universidade de Lisboa

Reabilitação ambiental da antiga área mineira de Jales

Daniela Lobarinhas¹, Catarina Diamantino², Edgar Carvalho³

1) Unidade Mineira da EDM.

Email: daniela.lobarinhas@edm.pt;

2) Unidade Ambiental da EDM.

Email: catarina.diamantino@edm.pt;

3) Unidade Ambiental da EDM.

Email: edgar.carvalho@edm.pt

O Couto Mineiro de Jales abarca diversos pontos de exploração aurífera, sendo o mais relevante a antiga Mina dos Mouros, vulgarmente conhecida como Mina de Jales, localizada junto à povoação de Campo de Jales, no concelho de Vila Pouca de Aguiar (Vila Real) (Fig. 1). Do ponto de vista morfológico a zona localiza-se numa plataforma de cotas intermédias que se integra num contexto mais vasto localizado entre as serras de Falperra e Padrela, onde o pico mais elevado atinge os 1200 metros. A Mina de Jales insere-se na bacia hidrográfica do Rio Tinhela.

Enquadramento histórico/mineiro

Nesta região foram explorados dois jazigos auríferos: o da Gralheira e o de Jales. A exploração de ouro nesta região remonta à época romana durante os séculos I e II onde foram realizados trabalhos a céu aberto e subterrâneos que atingiram uma profundidade de 140 metros. Posteriormente foram retomados os trabalhos no sistema filoniano da Gralheira no início da década de 1930 pela Sociedade das Minas de Jales, onde se efetuaram apenas trabalhos de prospeção. Em 1933 os trabalhos foram transferidos para o sistema filoniano de Jales, para os filões de Campo e Desvio. Até 1992, data em que a exploração cessou atividade, os trabalhos tinham atingido uma extensão de cerca de 2 km e uma profundidade de 620 metros (Fig. 2). O teor médio de ouro seria de cerca de 13 g/t.

Mais recentemente os sistemas filoneanos de Jales e da Gralheira foram alvo de vários projetos de prospeção e pesquisa onde se efetuaram mais de duas centenas de sondagens nestes sistemas e nos seu prolongamentos.

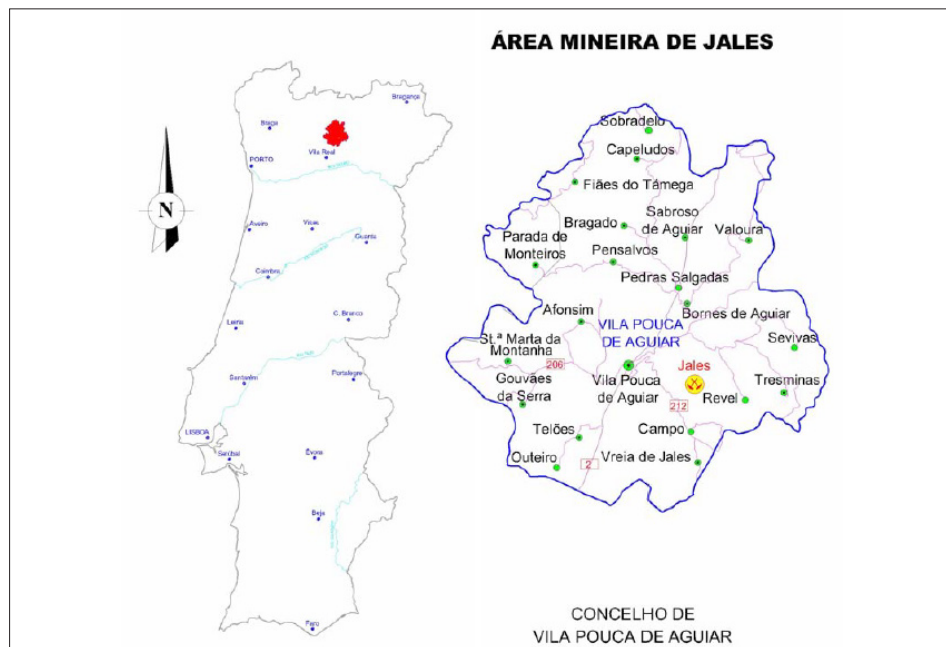


Figura 1 – Localização da Mina de Jales

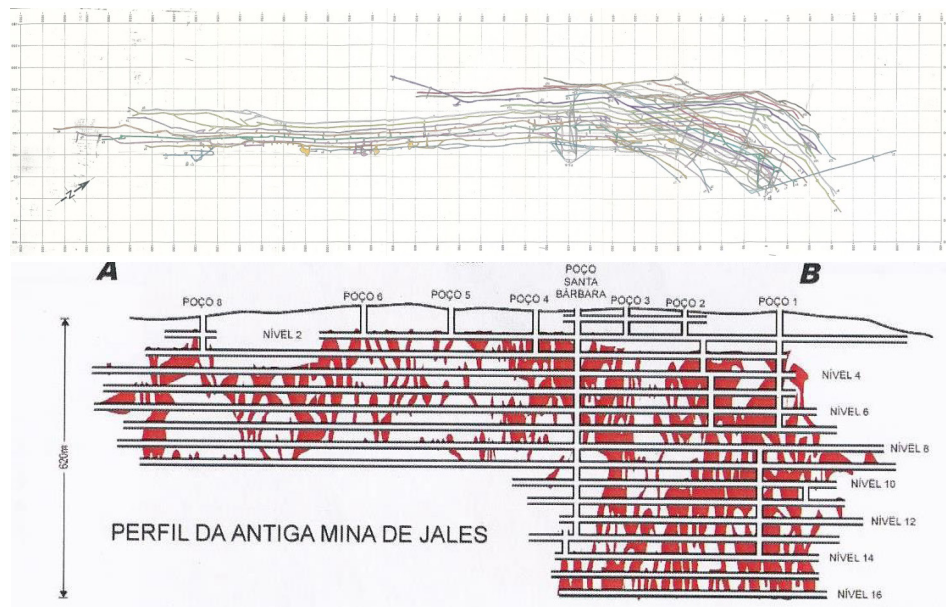


Figura 2 – Mina de Jales: na imagem de cima observa-se a planta dos trabalhos mineiros; a imagem abaixo corresponde a uma seção vertical, longitudinal da estrutura explorada, estando a vermelhos representados os *ore-shoots* (adaptado de Neiva e Neiva, 1990)

Enquadramento geológico

O setor de Jales é atravessado por uma importante província auro-argentífera que abrange parte do NW da Península Ibérica. Aqui ocorrem mineralizações auríferas primárias do tipo filoniano, estudadas por vários autores, que associam as ocorrências em Jales à zona de cisalhamento dúctil de Peneda-Borralha-Gralheira (sin-D3) (Noronha e Ramos, 1993) e a um alinhamento N20°E, subparalelo à grande falha D4 de Penacova-Régua-Verin (Cabral, 1993; Noronha e Ramos, 1993).

Neste setor afloram rochas sedimentares do tipo *flysch* do Grupo do Douro (ante-Ordovícico), sobre a qual se sobrepõem em discordância quartzitos do Ordovícico e micaxistos siliciosos. Também granitos hercínicos sintectónicos de duas micas, grão grosseiro a médio por vezes porfiróide (Granito de Jales) afloram em grande parte da área, contactando com as formações metassedimentares (Fig. 3).

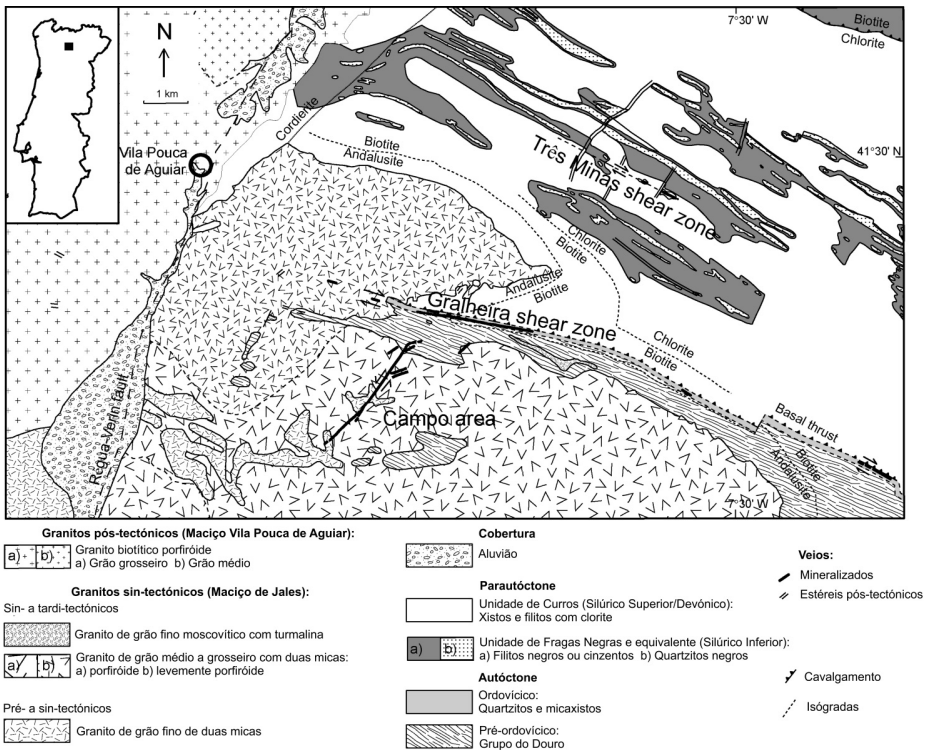


Figura 3 – Enquadramento geológico da área de Jales e Gralheira (adaptado de Rosa e Romberger, 2003)

Na Mina de Jales a exploração incidiu sobre o Filão do Campo que corresponde a filões quartzosos com sulfuretos e mineralização auro-argentífera, de direção N25°-30°E e inclinação sub-vertical (70°-85°WNW). Este sistema filoniano encontra-se hospedado em granito, à exceção da parte norte da mina, onde o sistema toma uma direção diferente ao instalar-se numa fratura de tração em terrenos metassedimentares, “curvando” para uma direção N55°-65°E e assumindo uma inclinação 60°-82°NW, sendo assim conhecido como o Filão Desvio. A morfologia e possança dos filões são variáveis, podendo atingir 1 metro.

O sistema filoneano da Gralheira, inserido em formações metassedimentares, é formado por um sistema de filões num corredor de cisalhamento de 20-30 metros de largura, constituídos por quartzo com sulfuretos abundantes, ouro e prata, com direção WNW-ESSE, sub-verticais, inclinando ligeiramente para N.

A sequência paragenética dos sistemas filonianos de Campo/Desvio e Gralheira são semelhantes e incluem até 5 fases de mineralização e/ou deformação (Rosa e Romberger, 2003). Genericamente, estes sistemas apresentam quartzo dominante, sulfuretos abundantes como a pirite, arsenopirite, galena, esfalerite e calcopirite.

O ouro e o electrum ocorrem em inclusões nativas em sulfuretos e sulfossais, em intercrescimento com a blenda, calcopirite, galena e freibergite e também em finos veios ao longo de fracturas na arsenopirite, pirite e outros sulfuretos. A prata ocorre na galena e noutros sulfossais.

Reabilitação ambiental

Em 2001 o governo português atribuiu à EXMIN – Companhia de Indústria e Serviços Mineiros e Ambientais, SA, empresa do grupo EDM, a concessão em regime de exclusividade, para o exercício da atividade de recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas, conforme estabelecido no Decreto-Lei nº 198-A/2001 de 6 de julho de 2001. Trata-se de uma atividade reconhecida como serviço público que compreende as fases de caracterização, obras de reabilitação e monitorização das áreas mineiras degradadas em Portugal. Após incorporação, por fusão da EXMIN na Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A. (EDM), em 30 de setembro de

2005, os direitos e deveres foram transferidos para esta empresa. O contrato de concessão foi alterado pelo Decreto-Lei n.º 60/2005, de 9 de Março, e renovado por um novo período de sete anos através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 81/2015, de 10 de Setembro, cuja minuta da renovação do Contrato de Concessão foi aprovada através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 26/2017, reafirmando assim o governo Português o interesse no prosseguimento da Recuperação Ambiental das Áreas Mineiras Degradadas.

A área mineira de Jales, que já tinha sido alvo de vários estudos de caracterização, foi a primeira obra de recuperação ambiental em Portugal, realizada pela então EXMIN ao abrigo desta concessão. Na sequência da articulação estabelecida com o concedente, a empresa apresentou em 22 de Fevereiro de 2002 uma candidatura ao Programa Operacional do Ambiente (POA) no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio e da determinação do concedente expressa no Despacho Conjunto nº 949/2001, para proceder ao financiamento daquela que viria a ser a primeira grande obra de Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras em Portugal, a Reabilitação da Escombreira da Mina de Jales. Esta candidatura foi em 2003, reprogramada financeira, física e temporalmente, passando o seu valor global para 4.630.000 €.

A realização desta obra, no período inicial da Concessão, tornou-se de enorme significado, pois não apenas permitiu aferir métodos e procedimentos, como potenciou, perante Entidades Externas, a capacidade de realização da EXMIN/EDM na recuperação ambiental.

Em termos de passivos ambientais esta mina possuía uma única escombreira com 1.100.000 m³ de rejeitados de lavaria, muito instável, apresentando sinais de erosão superficial e ravinas profundas, que representava um forte passivo ambiental associado às águas ácidas em consequência das águas superficiais que drenavam estes materiais de escombreira, mas também tendo origem nas águas subterrâneas que efluem de uma galeria de drenagem da mina e por mais duas condutas subterrâneas. Tal passivo, tinha reflexos a nível regional, em especial, na sub-bacia hidrográfica diretamente afetada, constituída pela ribeira da Peliteira, e no rio Tinheira onde esta ribeira conflui alguns quilómetros a jusante. As águas nesta ribeira encontravam-se contaminadas pelos lixiviados com características ácidas, sendo também portadoras de quantidades elevadas de metais pe-

sados em solução. A escombreira, situada na zona Norte da exploração, correspondente aos materiais resultantes do tratamento de minérios da Mina de Jales, sobrepondo em parte os trabalhos no Filão Desvio, era formada essencialmente por materiais finos provenientes da flutuação. Estes materiais eram descarregados graviticamente na escombreira, possuidora dum sistema de drenagem interno, constituído por uma rede de drenos e chaminés (cachimbos), ligados entre si e ao exterior por intermédio dum coletor. Na área encontravam-se diversas casas habitadas e alguns edifícios industriais, estes últimos arruinados. A Norte da escombreira e numa ilha da ribeira da Peliteira, existiam quatro edifícios de habitação multifamiliares, abandonados e a apresentar sinais de ruína. Os solos no local encontravam-se contaminados pelas águas ácidas e por material sólido proveniente da escombreira. O ar encontrava-se contaminado pelos materiais de menor dimensão que eram facilmente transportados pelo vento, dando origem a depósitos com elevada mobilidade, sobretudo nos períodos secos e ventosos característicos do pene-planalto transmontano, dando origem a nuvens de poeira conhecidas como “branquinho”. Os poços e galerias existentes encontravam-se desprotegidos, apresentando elevado risco de segurança para pessoas e animais. Por fim, a paisagem apresentava enorme impacto visual e de enquadramento, destacando-se da envolvente.

As intervenções de reabilitação ambiental incidiram, numa primeira fase, sobre a escombreira, considerada como principal impacto, e numa fase posterior, no tratamento do efluente de fundo de mina.

O projeto de “Reabilitação da Escombreira da Mina de Jales” realizado pela empresa COBA - Consultores para Obras, Barragens e Planeamento, SA, para o então IGM, foi, após ajustamento e revisão, concretizado e concluído pela EXMIN, em 30 de Junho de 2003, e pretendeu solucionar os principais problemas existentes nesta área mineira:

- Instabilidade geotécnica e erosiva de alguns taludes e plataformas da escombreira, particularmente na zona da ravina principal.
- Contaminação de solos, águas e aluviões pelos lixiviados e material sólido provenientes da escombreira em associação com episódios de chuvas, implicando, portanto, inclusivamente riscos para a saúde pública e de animais (gado, peixes, etc.).
- Poluição atmosférica associada à **dispersão eólica** de material particulado proveniente das camadas superficiais da escombreira para solos,

linhas de água e zonas habitadas situadas nas proximidades, nomeadamente durante períodos de tempo seco e ventoso, determinando inclusivamente riscos para a saúde pública e de animais.

- Impacte visual provocado pela superfície da escombreira, praticamente desprovida de vegetação em toda a sua extensão, o que a torna contrastante com a paisagem da zona envolvente, fenómeno que é visível mesmo a grandes distâncias.
- Desordem urbanística e paisagística associada à presença de edifícios abandonados, muitos deles em ruínas, e de outras unidades também abandonadas (ex.: tanques de água, rampa de alimentação do material à oficina de preparação do minério, base onde se situava uma das torres da mina, etc.), os quais implicavam também riscos de acidentes para a população local e visitantes.

O projeto viria a ser revisto pela EXMIN, não apenas em consequência das alterações de configuração da escombreira, entretanto verificadas por erosão e arraste de material, mas também pela redefinição dos limites de implantação que, contrariamente ao previsto, interferiam com a propriedade privada.

Com este enquadramento as principais atividades desenvolvidas numa área de aproximadamente 11 hectares e durante 12 meses, foram as seguintes:

- Selagem do Poço Mestre;
- Demolições e limpezas de antigas instalações em ruínas;
- Reperfilamento ou modelação da configuração das escombreiras - o reperfilamento dos depósitos da escombreira teve como principais finalidades o preenchimento dos sulcos e fraturas existentes, a redução da área de escombreira a tratar e impermeabilizar e a obtenção de inclinações relativamente suaves, por forma a garantir-se a adequada estabilidade dos taludes e melhor integração paisagística, mas com pendor suficiente para que se garantisse o escoamento das águas das chuvas, diminuindo assim os riscos de infiltração.
- Selagem e impermeabilização dos depósitos reperfilados cujo principal objetivo consistiu em impedir a percolação das águas das chuvas através dos depósitos, contribuindo também para evitar a dispersão de material particulado para outras áreas pela ação do vento. Foram consideradas soluções de impermeabilização com utilização de materiais naturais, sintéticos e geocompósitos.

- Reorientação da drenagem natural das zonas envolventes pela implementação de um sistema de drenagem superficial periférico das águas pluviais ao redor da escombreira e para recolha e encaminhamento das águas provenientes das áreas adjacentes;
- Implantação de um sistema de drenagem superficial acima da cobertura e sub-superficial na camada de cobertura da escombreira, acima das membranas de impermeabilização, para recolher e encaminhar para as linhas de água existentes, as águas das chuvas que caíam sobre a área da escombreira e que não tenham contato com o material depositado.
- Implantação de um sistema de drenagem subterrânea, na base da escombreira, sob a membrana de impermeabilização, para recolha e encaminhamento, para poços de monitorização, de eventuais líquidos lixiviados formados no interior da escombreira.
- Realização de tratamento paisagístico do local que contribuiu não só para integrar e valorizar este espaço sob o ponto de vista paisagístico, como também impedir ou atenuar os processos erosivos da superfície da área modelada. Assim, sobre o sistema de impermeabilização foi colocada uma camada de terra vegetal, proporcionando um substrato adequado para a instalação de vegetação apropriada, constituída essencialmente por espécies que apresentem sistema radicular pouco profundo.
- Instalação de vedação e sinalização adequada ao redor da área tratada da escombreira, bem como de edifícios e de unidades que representavam um risco à segurança da população, com sinalização indicativa e restritiva apropriada.

Refira-se que, na ausência de legislação ou normas nacionais que pudessem auxiliar a definir critérios para o projeto da cobertura da escombreira, optou-se por colmatar esta lacuna considerando as orientações contidas na Directiva 1999/31/CE do Conselho da União Europeia de 26 de Abril de 1999, publicada no Jornal Oficial das Comunidades Europeias em 16 de Julho de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros, bem como em publicações especializadas preparadas em outros países com larga experiência sobre a matéria. Na Figura 4 pode observar-se um desenho do projeto com o levantamento topográfico da escombreira e na Figura 5 um esquema do sistema de revestimento adotado na selagem e drenagem da escombreira de Jales. A solução de selagem definida foi uma barreira de dupla de impermeabilização, com a instalação das seguintes camadas: uma primeira barreira de impermeabilização materializada pela colocação, so-

bre a escombreira reperfilada, de uma tela constituída por uma camada de geocompósito bentonítico (designado também como geossintético bentonítico); uma segunda barreira (a principal), colocada sobre a anterior constituída por uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), com uma espessura de 2 mm, material este que além de ser flexível, apresenta propriedades aceitáveis de resistência mecânica e elevada resistência a agentes químicos agressivos. A cobertura final adotada inclui uma camada de 0,8 m de espessura de solo inerte e outra de 0,2 m de terra vegetal, perfazendo uma espessura global de 1,0 m. Por último, a fim de dificultar a ação erosiva do escoamento superficial e favorecer a infiltração das águas de chuva, bem como proporcionar uma superfície de aspeto mais agradável que auxilie a dissimular a escombreira tratada, foi criada uma cobertura vegetal em material herbáceo e arbustivo cujas raízes não coloquem em risco a integridade das camadas de proteção e impermeabilização.

Após concluída a obra, no prazo de 12 meses, a integração da escombreira na envolvente veio a revelar-se completamente adequada e eliminou-se o principal impacte na área mineira associada à contaminação das águas superficiais por águas ácidas, impacte este tido com principal (ver Fotos descritivas das situações e intervenções antes, durante e após intervenção de remediação ambiental).

O investimento realizado, co-financiado pelo POA no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio, permitiu criar condições gerais de segurança, dada a proximidade desta área mineira de um núcleo habitacional, atenuar ou anular as agressões ambientais e ainda mitigar os impactes visuais e paisagísticos.

Em 2006 foi realizada uma segunda empreitada para a instalação da unidade de tratamento de efluentes de mina. O segundo passivo ambiental representava o impacte residual das águas emergentes da mina cuja situação requeria a recolha e tratamento das águas de mina, com descarga controlada no meio ambiente. O plano de atuação passou inicialmente por efetuar a caracterização hidroquímica dos efluentes de fundo de mina e das águas superficiais a jusante da escombreira, após a concretização da empreitada principal, e o desenvolvimento do respetivo projeto para o tratamento dos efluentes.

O sistema de tratamento adotado para as águas de fundo de mina, cujos caudais apresentam variações ao longo do ano, entre os 7m³/h e os 75m³/h, foi do tipo passivo, *wetland*, após prévia passagem por canal de arejamento com calcário para uma primeira e prévia precipitação de elementos metálicos nela contidos. As águas de mina emergiam à superfície por uma galeria e por uma conduta situadas a jusante da escombreira selada, drenando para a ribeira da Peliteira. O sistema de tratamento é formado por um tanque de receção à saída da galeria, uma cascata em escada para arejamento, um canal de neutralização parcialmente preenchido por enrocamento calcário, duas lagoas com fundo impermeabilizado e revestido com camada de solo arável com plantas macrófitas (*typhas*) e um descarregador para a ribeira em cascata. Para melhoria da eficiência do tratamento foi posteriormente instalado um sistema de monitorização, constituído por um conjunto de equipamentos, que garantem o registo e análise em contínuo do efluente e a decantação e separação de sobrenadantes à entrada da primeira bacia. A instalação deste sistema constituiu uma mais valia efetiva, facilitando, em tempo real, o acompanhamento das condições de funcionamento da instalação, permitindo uma atuação em tempo útil sempre que necessário. Os equipamentos instalados foram um caudalímetro e sondas de registo de pH, temperatura e condutividade. A fonte de alimentação do sistema é composta por um sistema fotovoltaico que produz a energia elétrica necessária ao seu funcionamento. Instalou-se um sistema informático de aquisição, tratamento local e transmissão de dados das medições para o sistema central, por GSM, localizado nas instalações da EDM em Lisboa.

Nos últimos anos foram realizadas várias intervenções de melhoria e limpeza na estação de tratamento das águas de mina. As águas no sistema de tratamento e na linha de água a jusante e montante da descarga têm sido monitorizadas de forma periódica ao longo dos anos, assim como o caudal descarregado. Os resultados de qualidade da água de mina, após tratamento, têm demonstrado a redução dos metais que apresentam concentrações mais elevadas - ferro, manganês e arsénio - para valores de acordo com os objetivos fixados pela legislação em vigor.

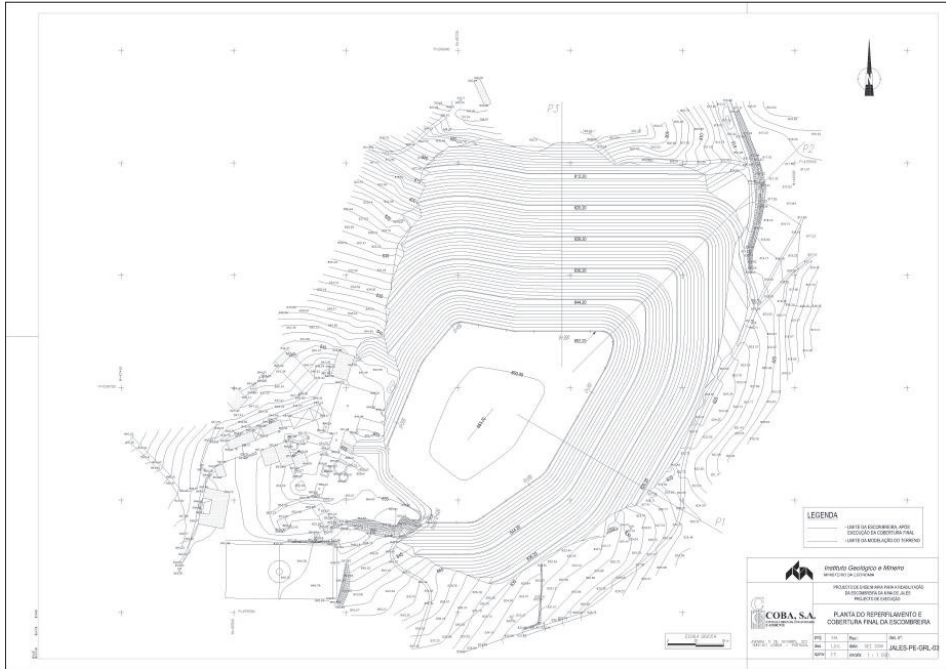


Figura 4 – Desenho do Projeto de Execução Reabilitação da Escombreira da Mina de Jales

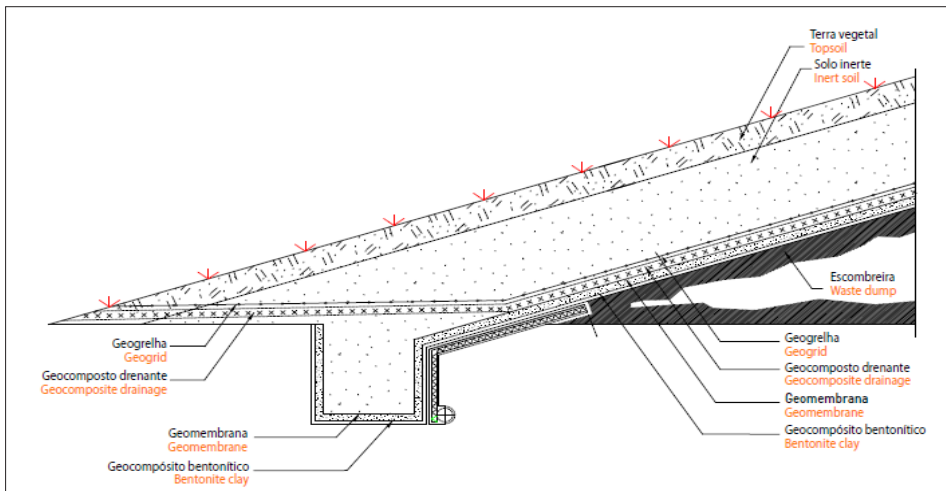


Figura 5 – Sistema de revestimento adotado na selagem e drenagem da escombreira de Jales. Solução de Projeto (COBA) (Fonte: Livro “A Heranças das Minas Abandonadas: O enquadramento e atuação em Portugal”, DGEG, EDM, 2011)

Fotos

Situação antes da intervenção de remediação ambiental



Aspetto do ravinamento acentuado da escombreira



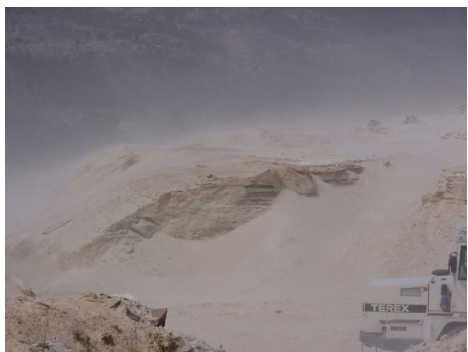
Ruínas da antiga lavaria



Solos contaminados por metais pesados



Aspetto geral da galeria de mina com sedimentos de ferro de cor castanha (pH 4,8 - 6,0)



Poeiras dispersas por ação dos ventos



Desenquadramento paisagístico provocado pela enorme escombreira

Situação durante a intervenção de remediação ambiental



Enchimento da ravina com material da escombreira



Perspetiva da ala norte da escombreira com a tela bentonítica e geomembrana



Colocação de inertes e terra vegetal



Obras da unidade de tratamento de efluentes de mina

Situação após da intervenção de remediação ambiental



Aspeto final da escombreira modelada e revegetada



Aspeto final da escombreira modelada e revegetada



Pormenor da vedação da escombreira



Saída da galeria, após restituição do Efluente



Unidade de Tratamento de Efluentes de Fundo de Mina



Bibliografia

- Cabral, J. (1993) - *Neotectónica de Portugal Continental*. Dissertação de Doutoramento. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa.
- Neiva, J. M. C.; Neiva, A.M.R. (1990) - *The gold area of Jales (Northern Portugal)*; Terra Nova, 2, p. 243-254
- Noronha, F.; Ramos, J. M. F. (1993) - *Mineralizações auríferas primárias no norte de Portugal. Algumas Reflexões*; Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe, 18, p. 133-146
- Rosa D. R. N. & Romberger S. B. (2003) - *Isotopic constrains on the classification of the Jales Au District (Northern Portugal)*; "A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos", 2; Imprensa da Universidade; Coimbra; p.31-43



DESDE 1886



TORRE DO
MONCORVO
câmara-municipal



Museu do Ferro
& da Região de Moncorvo



ISBN 978-972-745-242-2

