

A mineração do chumbo em época romana. O exemplo das Minas de Braçal e Malhada (Aveiro)

CARLA MARIA BRAZ MARTINS*

RESUMO

A mineração do chumbo em Portugal em época romana tornou-se vital para a economia romana pela sua importância na metalurgia do ouro, bem como na produção de objectos essenciais ao quotidiano, nomeadamente canalizações, sarcófagos, etc. A exploração de chumbo e ouro são duas actividades mineiras que se inter-relacionam, sendo das mais poluentes para a saúde humana e meio ambiente, perdurando os seus efeitos nocivos até aos nossos dias. Os próprios romanos já tinham a noção desses perigos. As minas de Braçal e Malhada terão sido provavelmente a principal exploração de chumbo em época romana, sendo que os materiais arqueológicos que aí foram encontrados apontam para uma cronologia de meados do séc. I d.C.

Palavras-chave: exploração romana – chumbo – contaminação ambiental metálica.

ABSTRACT

Lead mining in Portugal in Roman times became vital to the Roman economy because of its importance in gold metallurgy, as well as in the production of essential everyday goods, namely plumbing, sarcophagi, etc... The exploration of lead and gold are two mining activities that are interconnected, being most harmful in terms of human health and environment, as their damaging effects last to the present day. The Romans themselves were well aware of these dangers.

* CITCEM. Universidade do Minho. Bolseira FCT (BPD). Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. E-mail: carlamariabrazmartins@gmail.com.

The mines of Braçal and Malhada, Aveiro, may have probably been the main exploration of lead in Roman times, given that the archaeological materials found there suggest a chronology from the mid-first century AD.

Keywords: Roman mining – lead – metallic environmental contamination.

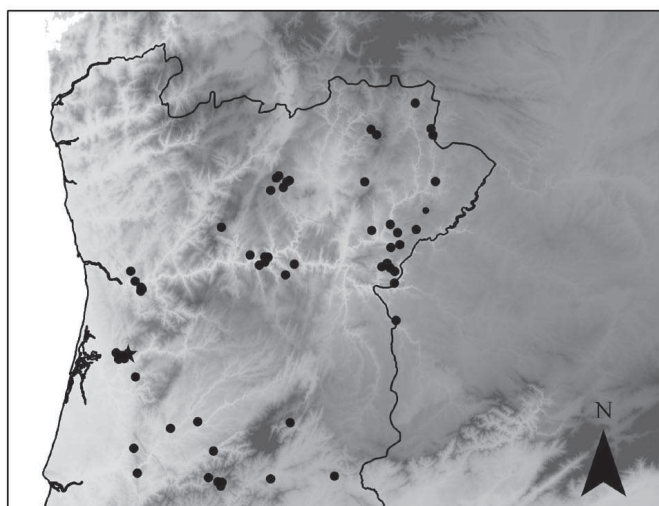
1. INTRODUÇÃO

As ocorrências de chumbo referenciadas no Norte e Centro do País são bastante numerosas (Fig.1), mas ainda se encontra por realizar o inventário das que foram exploradas em época romana. Apenas existem os registos de dois locais, Malhada e Jales (Alarcão, 1997, p. 96), tendo neste último sido encontrado um lingote fragmentado de chumbo (Alarcão, 1997, p. 115 n.º 31.4).

O chumbo, *plumbum nigrum*, encontra-se na natureza principalmente sob a forma de sulfureto (galena, PbS , com teores à volta dos 86,6%), sulfato (anglesite,

$PbSO_4$, com teores à volta dos 68,38%) e carbonato (cerusite, $PbCO_3$, com teores à volta dos 77,55%), e apresenta uma densidade 11,35, peso atómico 207,20, ponto de fusão $327,4^{\circ}C$ e um ponto de ebulição de $1725^{\circ}C$. É um metal extremamente maleável, com uma classificação na escala de Mohs de 1,5 (Hunt, 2003, dossier 4T 1A), e com a propriedade de se ligar à maioria dos metais.

Os diversos objectos fabricados neste metal persistiram no quotidiano romano, como sejam tinas, utensílios de cozinha, panelas, pesos, urnas, tubagens e vasilhas. No entanto, as suas aplicações foram mais longe, já que o chumbo foi utilizado em medicamen-



Legenda:

★ Complexo Mineiro Braçal e Malhada

• Ocorrências de chumbo

0 25 50 75 100 km

Fonte: SRTM, Atlas do Ambiente Digital (Instituto do Ambiente), LNEG.

Fig. 1 – Ocorrências de chumbo no Norte e Centro de Portugal.

tos (Plínio XXXIV.168-169, *apud* Bonniec e Santerre, 1983, p. 164), em cosmética através da *cerussa*, produto obtido do carbonato natural de chumbo de cor branca ou amarelada mas quando cozido muda para avermelhado (Vitrúvio VII, XII.1-2 *apud* Maciel, 2006, p. 282; Witkowski e Parish, 2001, p. 368), e como conservante usando a *sapa*, produto obtido a partir de um concentrado de xarope de uva não fermentado (mosto/vinho doce) que se recomendava cozer em recipientes de chumbo (Plínio XIV. 135-136 *apud* André, 1958, p. 67-68) e posteriormente adicionada ao vinho, o qual era depois selado com cera e uma lâmina de chumbo, estanho ou bronze (Plínio XIV.130 *apud* André, 1958, p. 66).

A inter-relação do chumbo com a exploração mineira do ouro é notória ao nível do processo metalúrgico de purificação do ouro (*obryzum aurum*) (Cardozo, 1957, p. 32), ou seja, a copelação (Castel e Soukiassian, 1984, p. 56; Nicolini, 1990, p. 43). Este método envolve temperaturas elevadas e substâncias redutoras, oxidantes e fundentes. No essencial, consiste na produção de dois líquidos: o chumbo líquido contendo os metais preciosos e a escória líquida contendo a ganga. O ouro moído é misturado com carbonato de sódio e/ou bórax a que se junta o óxido de chumbo e o carvão, e de seguida submetido a uma temperatura da ordem de 1050-1100°C resultando a escória e o régulo (este, já depurado por meio da fusão, mas que contém chumbo). O régulo sujeito de novo à acção do fogo e do ar liberta o chumbo sob a forma de óxido deixando livre o ouro (Fernández Jurado, 1988-89, p. 187). Este processo ances-

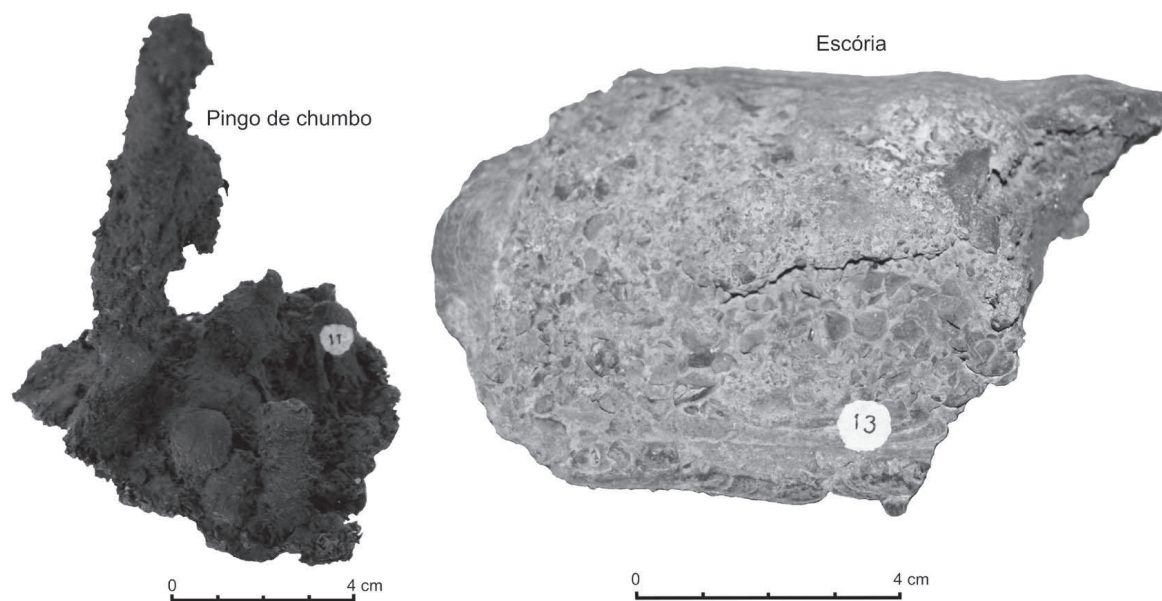


Fig. 2 – Pingo de chumbo e escória antiga.

tral de separação de minérios é hoje em dia um dos métodos mais precisos para analisar os artigos e minérios de ouro. Já ao tempo Theophrastus (371-288 a.C.) (Caley e Richards, 1956, p. 155) reclamou uma precisão para este método de 1 parte para 144 partes, sendo que o seu limite de sensibilidade é de 0,142 gron (Heady e Broadhead, 1977).

A presença do lingote de chumbo acima referido nas minas de Jales poderá associar-se à sua necessidade no processo metalúrgico do ouro, tendo em conta a existência de um forno e/ou à sua própria extracção. A extracção do minério de chumbo (**Fig. 2**) faz-se a partir da galena e segundo as seguintes etapas (Dupré e Pinçon, 1997, p. 92):

- 1.^a etapa, ustulação do minério à temperatura moderada, cerca de 700°C, por forma a manter ainda uma parte do sulfureto: $2\text{PbS} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{PbS} + \text{SO}_2$;
- 2.^a etapa, aquecimento ao vivo da mistura do óxido e do sulfureto de chumbo na presença de ar para formar o chumbo e libertar o anidrido sulfuroso: $\text{PbS} + 2\text{PbO} \rightarrow 3\text{Pb} + \text{SO}_2$.

Quando o minério é pobre e com ganga siliciosa processa-se a ustulação com cal para fixar a sílica sob a forma de silicato e de seguida formar o chumbo a 900°C na presença de carbono:

- $\text{PbS} + \text{SiO}_2 + \text{CaO} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{PbO} + \text{SO}_2$
- $2\text{PbO} + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{Pb}$.

Como ressalta da análise destes procedimentos metalúrgicos, as temperaturas de tratamento da galena são muito superiores à temperatura de fusão do chumbo. O processamento do chumbo era de tal modo eficiente que a prata existente na maioria dos casos era totalmente eliminada, e quando subsistindo apresentava percentagens mínimas compreendidas entre 0,01 e 0,002%, e por isso os lingotes de chumbo frequentemente tinham a inscrição EX ARG ou EX ARGENT (Healy, 1978, p. 180). A galena foi o minério mais amplamente explorado nas minas de Braçal e Malhada.

2. COMPLEXO MINEIRO DE BRAÇAL E MALHADA

O complexo mineiro de Braçal e Malhada situa-se no distrito de Aveiro, concelho de Albergaria-a-Velha, freguesias de Silva Escura e Sever do Vouga (**Fig. 3**), e insere-se na região metalífera da parte Ocidental do distrito de Aveiro que engloba os concelhos de Vila da Feira, Oliveira de Azeméis, Albergaria-a-Velha, Sever do Vouga e Cambra, com uma faixa mineralizada de cerca de 40 km de comprimento por 10 a 20 km de largura, orientada de Norte para Sul entre o Douro e o Vouga, mais propriamente entre Vila da Feira e Albergaria-a-Velha (Martins, 2010).

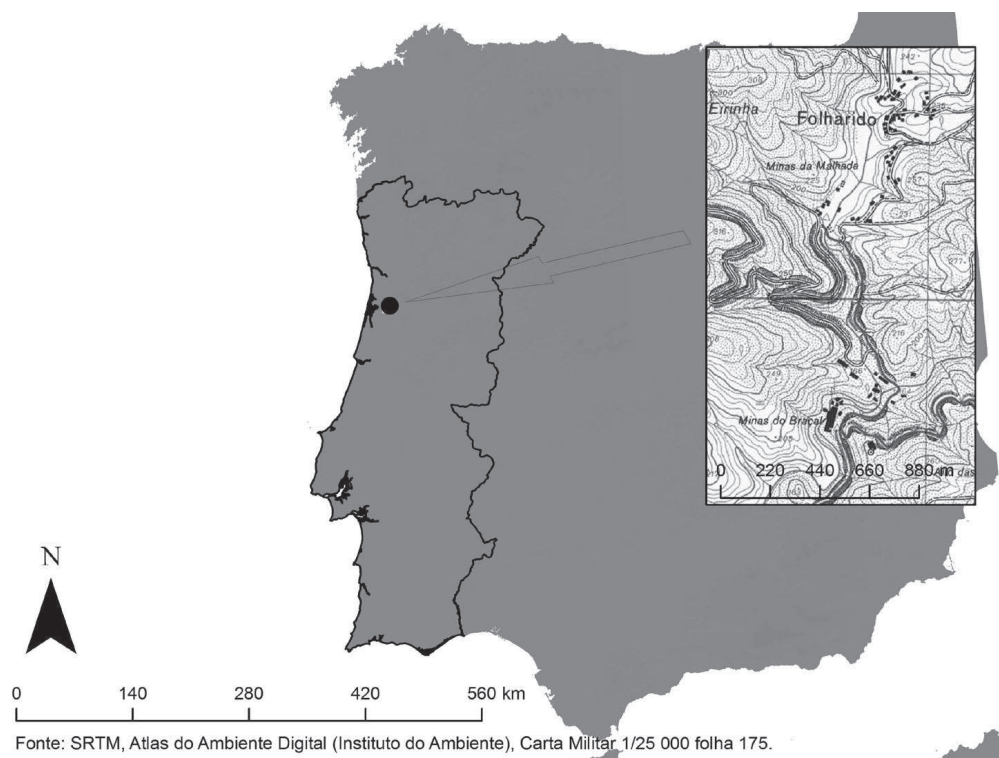


Fig. 3 – Localização das minas de Braçal e Malhada na Carta Militar 1/25 000 folha 175.

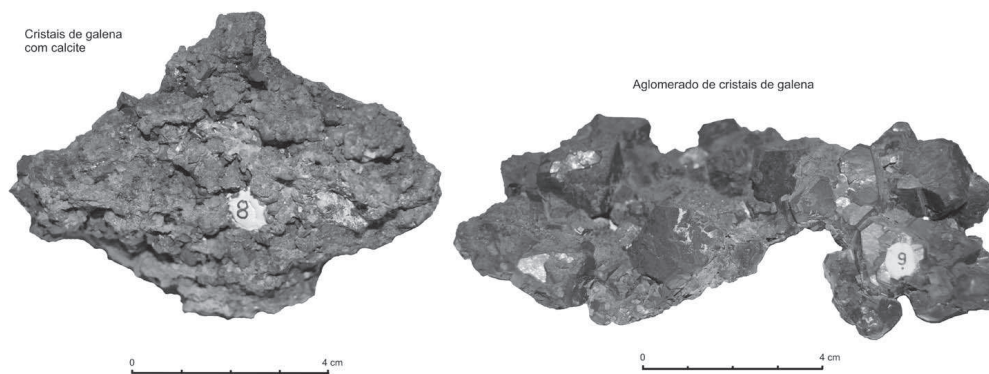


Fig. 4 – Amostras de galena das minas de Braçal e Malhada.

De entre os maiores jazigos metalíferos existentes nesta zona, encontra-se um significativo conjunto de afloramentos pertencente a um só jazigo, cujas explorações deram origem a minas assaz conhecidas como as do Pintor, Pindelo, Telhadela, Palhal, Malhada, Braçal, Moinho da Pena, Carvalhal e Talhadas (Cabral, 1859, p. 136-145 e 186-196; Ribeiro, 1853).

Geologicamente este «filão metalífero» insere-se na Zona Centro Ibérica do Maciço Hespérico, predominando como rocha encaixante os xistos cloríticos, listrosos e cinzentos, apesar de em certos locais pontualmente poder aparecer

o granito; as suas superfícies são atravessadas por numerosos veios de quartzo, que podem atingir muitos metros de possança (Ribeiro, 1853; Thadeu, 1965), consubstanciando-se em oito filões principais: Malhada, Coval da Mó, Lourenço, Braçal, Elevador, Fundição ou Vale da Estrada, Vale do Ladrão e Vale da Murta (Melo, 1900).

A primeira concessão na mina do Braçal data de 1836, sendo a mais antiga concessão em território Português, encontrando-se registada com o n.º 1. O jazigo foi descoberto através dos afloramentos que se desenhavam na margem esquerda do rio Mau, e por algumas amostras de galena encontradas no seu leito (Mandet, 1901) (Fig. 4).

O seu filão tinha uma direcção principal N50°W e inclinação média de 70°SW, apresentando uma possança que chegou a atingir os 4 metros e um teor de galena entre 5 e 25% (Cabral, 1859, p. 18), tendo-se processado uma exploração através do sistema de poços e galerias.

Em 1850 foi descoberta a mina da Malhada, cerca de 700 m a Norte da de Braçal, a partir de vestígios de trabalhos mineiros antigos: um poço denominado de Poço de Mouros que atingia 50 m e galerias entivadas numa extensão de 80 m onde se mantinha ainda alguma madeira de sustentação (Alarcão, 1988, p. 92 n.º 3/41), o que foi determinante para a reabertura de trabalhos modernos (Cabral, 1859, p. 10 e 19; Allan, 1965, p. 152); o minério encontrava-se nas fendas da rocha encaixante, sozinho ou misturado com pirite (Cabral, 1859, p. 22) (Fig. 5).

Apesar de terem sido detectadas tábuas de entivação de sobreiro e castanho, um cabo em couro constituído por quatro cordas entrançadas de forma achatada com 0,03 a 0,04 m de largura (Ribeiro, 1853) e um balde em madeira, só quando foram encontradas duas lucernas na galeria das «25 braças» em 1945 se atribuiu uma cronologia romana aos trabalhos antigos aí efectuados (Castro,

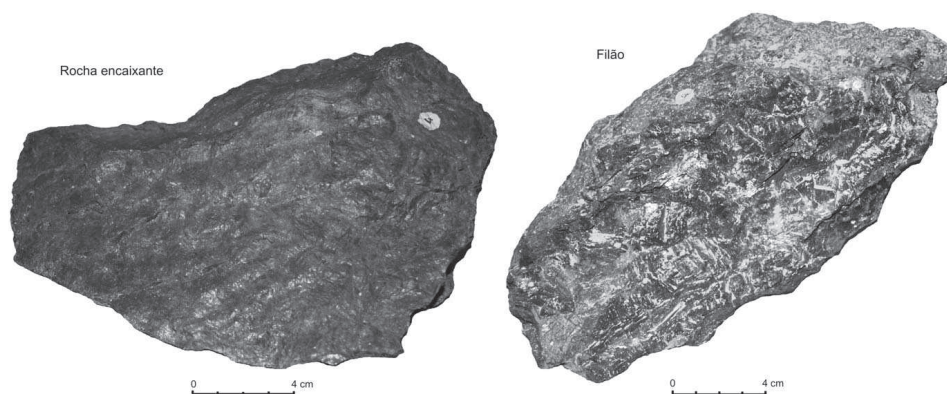


Fig. 5 – Amostra de rocha encaixante e de filão rico em minério.

1946, p. 109). Na composição mineralógica deste jazigo, a galena encontra-se acompanhada da blenda e pirite, com um teor do minério de chumbo variando entre os 20 e os 45% (Cabral, 1859, p. 27), e em que a prata existe numa proporção de 1/6000 (Cabral, 1859, p. 24). De salientar que também no filão de Coval da Mó, com galena, foram detectados trabalhos romanos (Cabral, 1859, p. 8; Domergue, 1987, p. 494).



Fig. 6 – Uma das galerias romanas na margem esquerda do rio Mau.

A exploração romana neste jazigo primário de Braçal / Malhada caracterizou-se em termos de produção por ser selectiva, ou seja, desmontou-se o estritamente necessário para a remoção do minério. A perseguição do filão processou-se até ao seu esgotamento ou até não haver compensação económica, trabalhando-se com instrumentos de ferro para lascar e partir a pedra (Martins, 2008, p. 50). Este trabalho, muito dificultado pela dureza da constituição das rochas, aparecendo o quartzo como um obstáculo quase invencível, e como tal, para além dos instrumentos mineiros usuais, como sejam o pico / pico martelo e as cunhas (Davies, 1935; Martins, 2008, p. 66), poderá ter sido facilitado por processos que envolveram a acção do fogo e da água, ou seja, a injeção de água sobre porções de rocha sobreaquecida debilitaria a sua coesão interna, fragmentando-a, e podendo justificar «o cheiro *sui genires* que se torna picante e mais intenso por efeito da combustão» que Ribeiro observou (1853) em relação às madeiras de entivação.

As galerias romanas descobertas na Malhada apresentam secções rectangulares, com tectos planos, existindo uma ligeiramente trapezoidal com o tecto abobadado, o que permitiria uma maior estabilidade e segurança (Martins, 2008, p. 59). De acentuar também a existência de dois poços gémeos a cerca de 3500 m para SO do filão do Vale da Estrada (Melo, 1900) cuja finalidade seria a ventilação da mina. A parede de separação dos mesmos era perfurada em alturas convenientes de modo a que, quando se fizesse fogo num dos poços, o ar quente subia e do poço vizinho viria o ar frio.

Na Malhada, os trabalhos mineiros de época romana que puderam ser observados foram os seguintes:

- duas galerias romanas na encosta da margem esquerda do rio Mau (Fig. 6), com secção rectangular e tecto plano; são semelhantes e têm 0,90 m de altura e 0,80 m de largura. A localização tirada na galeria mais baixa e junto ao rio é: 40° 44' 22" N, 8° 24' 07" W, e com a altitude de 5 m.

- uma galeria com provável trabalho romano, de secção rectangular, hasteais apumadas e tecto plano; apresenta uma altura de 0,70 m e largura de 1,28 m, com vestígios de pico e travejamentos ainda *in situ*. A sua localização é: 40° 44' 30" N, 8° 24' 16" W, com uma altitude de 7 m.
- uma galeria, no seguimento da anterior, e também com provável trabalho romano, de secção ligeiramente trapezoidal e tecto em abóbada; apresenta uma altura de 1,75 m, largura de 0,95 m e uma extensão de 4,30 m, com alguns vestígios de pico. A sua localização é: 40° 44' 18" N, 8° 24' 04" W, com uma altitude de 7 m. Esta galeria terá sido de prospecção e abandonada por se ter mostrado estéril.

Estas duas últimas galerias, admitidas como tendo sido construídas em época romana, encontram-se actualmente descaracterizadas pelos trabalhos contemporâneos, observando-se escombrelas nas suas imediações.

O minério extraído deste complexo metalífero foi maioritariamente o chumbo (Alarcão, 1987, p. 139), podendo também a prata ter sido aproveitada como subproduto tendo em conta o seu fraco teor de 166 g/t (Domergue, 1987, p. 494). De facto, a presença de escórias de chumbo e chumbo metálico, são indicadores do trabalho metalúrgico que outrora aí terá sido efectuado.

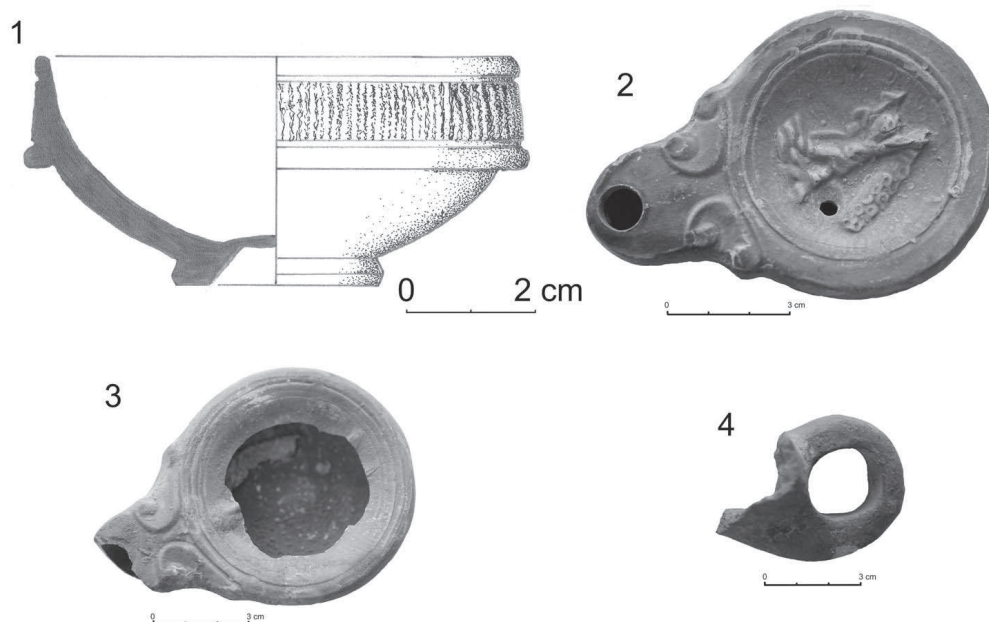


Fig. 7 – Materiais arqueológicos provenientes da área mineira: 1. Taça de *sigillata* hispânica, 2. Lucerna completa com decoração de um *retiarius*, 3. Lucerna incompleta, 4. Asa de lucerna.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A descoberta de quatro peças aquando da exploração mineira contemporânea (Fig. 7) permitiu a sua classificação e consequente datação (Quadro 1). Estes materiais encontram-se no Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), S. Mamede de Infesta.

N.º peça	Identificação	Tipologia	Descrição	Cronologia
1	<i>Sigillata</i> hispânica	Forma 24/25	Forma completa de uma taça com decoração em <i>guilhochet</i> . Na parte interior do fundo da peça existem umas pequenas depressões, que possivelmente corresponderão a letras (P R). Esta peça tem um diâmetro máximo de 7,71 cm, altura máxima de 3,44 cm e peso de 51,059 g.	14-60 d.C.
2	Lucerna	Loeschcke IV	Lucerna de bico arredondado ornado com volutas duplas. O disco apresenta-se decorado com um <i>retiarius</i> ; este gladiador tem o braço esquerdo levantado segurando com a mão uma rede, enquanto a mão direita agarra uma espécie de lança. Em torno do disco existem duas caneluras. As duplas volutas separam o disco do bico que apresenta sinais de uso (negrume). O <i>infundibulum</i> é excêntrico. Existem ainda impressões digitais, possivelmente do oleiro. Esta peça apresenta um comprimento máximo de 10,04 cm, largura máxima de 7,02 cm, altura máxima de 2,67 cm e um peso de 53,144 g.	5 a.C. a 75 d.C.
3	Lucerna	Loeschcke IV	Forma incompleta com bico arredondado ornado com volutas duplas, apresentando somente o depósito e o disco. O disco apresenta-se incompleto, rodeado por quatro caneluras, e é separado do bico arredondado e partido por duplas volutas. Existem ainda impressões digitais, possivelmente do oleiro. Esta peça apresenta um comprimento máximo de 9,9 cm, largura máxima de 7,48 cm, altura máxima de 2,78 cm e um peso de 52,696 g .	5 a.C. a 75 d.C.
4	Asa de Lucerna	Ponsich tipo 5	Asa em fita boleada no exterior e plana no interior, possibilitando a introdução de um dedo.	5 a.C. a 75 d.C.

Quadro1 – Classificação dos materiais provenientes das minas de Braçal e Malhada.

A qualidade dos materiais acima inventariados é surpreendente, mas não inédita, num local em que o requinte não é permitido, e em que o trabalho é duro. A fragmentação de peças existentes no interior das galerias é frequente, principalmente das lucernas, único meio de obter iluminação. Estas eram colocadas em pequenos nichos nas hasteais das galerias, e a sua diminuta luz seria a única que os mineiros viam durante horas, dias ou meses (Luzón Nogue, 1970, p. 232); o seu depósito teria uma duração de cerca de nove horas (Ennes, 1992, p. 428).

Das duas lucernas acima descritas pertencentes à tipologia Loeschcke IV (Alarcão, 1997, p. 115 n.º 5; Castro, 1946, p. 108-110, est. I e II), uma apresenta uma decoração alusiva aos jogos de gladiadores – um *retiarius* com a rede na mão esquerda e uma lança na mão direita. Este tema, com cenas isoladas ou compósitas, bem ao gosto romano, e também sujeito a «modas», encontra-se também

presente numa lucerna proveniente de Monte Mozinho, Penafiel, datada do séc. I (Almeida, 1974, est. II n.º 4 e 5; Sousa, 1966, p. 314-316), e numa outra proveniente do Castelo de Alcácer do Sal (Sepúlveda *et al.*, 2003, p. 387 e 396), assim como em Conímbriga (Morillo Cerdán, 1999, p. 210).

A lucerna proveniente de Monte Mozinho, de tipologia análoga às de Braçal e Malhada, ostenta uma marca de oleiro MVN.TREPT (Morillo Cerdán, 1999, p. 207 n.º 69; Naveiro Lopez, 1991, p. 52, fig. 10 n.º 3), que confirma a existência de uma produção local, durante a segunda metade do séc. I e primeiras décadas do séc. II, que copia lucernas do oleiro norte-africano *L. Mvnius Treptus*, e que deverá ter tido como centro produtor *Bracara Avgvsta*, a avaliar pelos moldes que aí apareceram assinados pelo referido oleiro (Morillo Cerdán, 1999, p. 207).

A pequena taça em *sigillata* hispânica poderá estar relacionada com libações aqui divindades no interior das minas (Martins, 2008, p. 115; Martins, 2010), atendendo ao grande fervor religioso existente nesses locais, face às precárias condições de vida, más condições de trabalho e elevada taxa de mortalidade.

4. MALEFÍCIOS PARA A SAÚDE E PALEOAMBIENTAIS

Todo o processo de extracção e metalurgia do chumbo é extremamente nocivo para a saúde humana e, a par do ouro, é um dos mais poluentes para o meio ambiente.

O mineiro poderá apresentar sintomas de envenenamento que se agravarão ao longo da sua maior exposição aos vapores de chumbo. Se numa primeira fase os sintomas se assemelharão a uma gastroenterite, como perda de peso, náuseas, vómitos, obstipação ou diarreia, dores abdominais, distúrbios de sono, dores de cabeça e nos membros do corpo (Castiglia, 1995, p. 134; Cilliers e Retief, 2000, p. 95), num estado mais avançado conduz à bradicardia, letargia, neuropatia, papiledema e ataxia, conduzindo mesmo a danos irreparáveis no cérebro, nomeadamente ao nível da atenção, problemas comportamentais e cognitivos (Castiglia, 1995, p. 134-135).

E de facto, os romanos tinham um conhecimento perfeito destes malefícios já referidos por Plínio e Vitruvius (Plínio XXXIV. 167, *apud* Bonniec e Santerre, 1983, p. 164 e 314-315; Vitruvius VIII, VI.11 *apud* Callebat, 1973, p. 30-31; Maciel, 2006, p. 315).

Mas o problema destes envenenamentos não se restringe apenas à exposição sofrida por aqueles que trabalharam no local. Estudos recentes, realizados noutros locais de mineração, na África do Sul (Oelofse, 2008), México (Carrillo González e González-Chávez, 2006), Suécia (Bindler *et al.*, 2009), Itália (Loppi e Pirintzos, 2003), Espanha (Rosman *et al.*, 1997) e mesmo em Portugal (Coelho *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2010; Loureiro *et al.*, 2005; Nunes *et al.*, 2003) revelam que

os ecossistemas são extraordinariamente alterados com as actividades mineiras permitindo transportar os malefícios do chumbo para locais bem mais afastados da mineração. Os desmontes efectuados e os resíduos da exploração alteram as condições de permeabilidade dos solos facilitando a percolação da água que exercerá uma acção lixiviante sobre os estratos sólidos atravessados. Assim, como exemplo, os sulfuretos são oxidados produzindo-se uma solução rica em iões metálicos e ácido sulfúrico – AMD («acidic mine drainage» – drenagem ácida da mina). O rebaixamento do lençol de água em minas superficiais e subterrâneas provoca o mesmo efeito (Borma e Soares, 2002, p. 244). Deste modo, a contaminação de leitos subterrâneos e águas fluviais por metais pesados afectará também os solos com a consequente implicação noutros recursos económicos necessários à subsistência humana, como sejam, a agricultura e pastorícia.

Recentemente, um estudo sobre o impacto ambiental de vestígios de metais na bacia do rio Mau mostrou, junto do Coval da Mó, uma presença significativa de Pb, Cd, Zn, Ni e Co, o que sugere uma origem antropogénica nesta contaminação metálica (Nunes *et al.*, 2003; Nunes, 2007) e que certamente será o resultado de um longo processo milenar, tal como sucede em Rio Tinto, Huelva (Rosman *et al.*, 1997).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O complexo mineiro de Braçal e Malhada, caracterizado por uma exploração subterrânea e de tipo selectivo, terá sido em época romana um dos principais locais de extracção de chumbo, tendo como subproduto a prata. O uso do minério de chumbo, para além de ser a matéria-prima no fabrico de numerosos objectos do quotidiano romano, também era fundamental ao processo metalúrgico do ouro.

Os materiais arqueológicos encontrados nestas minas são cronologicamente datados de meados do séc. I d.C., podendo as lucernas serem uma importação bracarense, à semelhança do que acontece em Monte Mozinho (Carvalho, 1998, p. 219-222).

A temática alusiva aos gladiadores poderá fazer parte de um instrumento de propaganda política nas províncias romanas, reflectindo o governo de coerção e violência sobre os povos dominados (Le Glay, 1990). Assim, poder-se-á justificar o aparecimento em locais em que o controle e repressão existiam, como sejam os locais de mineração. Poder-se-á fazer uma associação idêntica em locais mineiros directamente controlados pelo Estado romano, nomeadamente em relação à extracção do minério aurífero; em grandes áreas mineiras como seja *Aquae Flaviae* apareceu uma ara (Outeiro Seco) dedicada a Hermes Eivedoro, agradecendo o sucesso obtido num espectáculo de gladiadores (Colmenero, 1997, p. 107-109

n.º 78); em Três Minas poderá eventualmente existir um anfiteatro (Wahl, 1988, p. 145; Wahl, 1993; Martins, 2010); e no castro de Monte Mozinho, Penafiel, no seio de várias frentes de exploração de ouro, existe um recinto elíptico, com cerca de 530 m², tendo a Norte um acesso do exterior para o interior por escadaria e rampa (Carvalho, 1998, p. 179), em que uma das suas funções seria a realização de espectáculos e jogos ao ar livre (Centeno, 2004; Martins, 2010).

A exploração mineira neste local foi posteriormente retomada no séc. XIX, altura em que foram detectados os trabalhos romanos, tendo sido durante décadas as únicas minas de chumbo em Portugal. As minas de Braçal e Malhada registaram após a 1.ª Guerra Mundial uma significativa quebra de trabalhos, passando novamente por um período áureo entre 1950-1958, para depois lentamente agozarem e fecharem definitivamente em 1972.

As consequências paleoambientais da exploração mineira neste local desde a época romana, ainda hoje se fazem sentir, contaminando os recursos agrícolas, pastorícios, e aquíferos das comunidades rurais que vivem nas imediações desta vasta área mineira.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao Prof. Eurico Pereira a disponibilidade e amabilidade de se deslocar ao complexo mineiro de Braçal e Malhada, bem como as preciosas informações prestadas.

BIBLIOGRAFIA

- ALARCÃO, A. M., coord. (1997) – *Portugal romano. A exploração dos recursos naturais*. Lisboa: Museu Nacional de Arqueologia.
- ALARCÃO, J. (1987) – *Portugal romano*. Lisboa: Editorial Verbo.
- ALARCÃO, J. (1988) – *Roman Portugal*. England: Aris Phillips Ltd.
- ALLAN, J. (1965) – A mineração em Portugal na antiguidade. *Boletim de Minas*. Lisboa. 2: 3, p. 139-175.
- ALMEIDA, C.A.F. (1974) – *Escavações no Monte Mozinho (1974)*. Penafiel: Centro Cultural Penafidelis.
- ALMEIDA, C.A.F. (1977) – *Escavações no Monte Mozinho II 1975-1976*. Penafiel: Centro Cultural Penafidelis.
- ANDRÉ, J., trad. (1958) – *Pline l'Ancien. Histoire Naturelle. Livre XIV*. Paris: Les Belles Lettres.
- ANDRÉ, J., trad. (1971) – *Pline l'Ancien. Histoire Naturelle. Livre XXIII*. Paris: Les Belles Lettres.
- BINDLER, R.; RENBERG, I.; RYDBERG, J.; ANDREN, T. (2009) – Widespread waterborne pollution in Central Swedish lakes and the Baltic Sea from pre-industrial mining and metallurgy. *Environmental Pollution*. Amsterdam. 157, p. 2132-2141.

- BONNIEC, H. Le; SANTERRE, H.G., trad. (1983) – *Pline l'Ancien. Histoire Naturelle Livre XXXIV*. Paris: Les Belles Lettres.
- BORMA, L. de S.; SOARES, P.S.M. (2002) – Drenagem ácida e gestão de resíduos sólidos de mineração. In *Extração de ouro. Princípios, Tecnologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Roberto Trindade e Olavo Barbosa Filho Editores. p. 243-266.
- CABRAL, J.A.C. das N. (1859) – *Relatório acerca das minas do Braçal, Palhal, Carvalhal e Penna no districto administrativo de Aveiro*. Lisboa: Imprensa Nacional.
- CALEY, E.R.; RICHARDS, J.C. (1956) – *Theophrastus on Stones*. Coloumbus: The Ohio State University.
- CALLEBAT, L. (trad.) (1973) – *Vitruve de l'architecture. Livre VIII*. Paris : Les Belles Lettres.
- CARDOZO, M. (1957) – Das origens e técnica do trabalho do ouro e a sua relação com a joalheria arcaica peninsular. *Revista de Guimarães*. Guimarães. vol. LXVII, p. 5-46.
- CARRILLO GONZÁLEZ, R; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M.C.A. (2006) – Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. *Environmental Pollution*. Amsterdam. 144, p. 84-92.
- CARVALHO, T. P. (1998) – A terra *sigillata* de Monte Mozinho. *Cadernos do Museu Municipal de Penafiel*. 3.
- CASTEL, G.; GOUT, J.-F.; SOUKIASSIAN, G. (1984) – Découverte de mines pharaoniques. *Archéologie*. Dijón. 192/193, p. 45-57.
- CASTIGLIA, P. T. (1995) – Lead poisoning. *Journal of Pediatric Health Care*. Netherlands. 9, p. 134-135.
- CASTRO, L. de A. E. (1946) – Um achado romano – lucernas. *Estudos, Notas e Trabalhos*. Porto. 2: 2, p. 108-110.
- CENTENO, R. (2004) – Jogos de anfiteatro em Mozinho. In *Colóquio Castro, um lugar para habitar*. Penafiel: Museu Municipal de Penafiel.
- COLLINGWOOD, R.G.; RICHMOND, I. A. (1969) – *The archaeology of roman Britain*. England: Methuen.
- CILLIERS, L.; RETIEF, F. p. (2000) – Poisons, poisoning and the drug trade in ancient Rome. *Akroterion*. South Africa. 45, p. 88-100.
- COELHO, P. [et al.] (2007) – Health impact of living near an abandoned mine. Case study: Jales mines. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Amsterdam. 210, p. 399-402.
- COLMENERO, A. R. (1997) – *Aquae Flaviae 1. Fontes epigráficas da Gallaecia Meridional Interior*. Chaves: Câmara Municipal de Chaves.
- DAVIES, O. (1935) – *Roman mines in Europe*. Oxford: Clarendon Press.
- DENEUVE, J. (1969) – *Lamps de Carthage*. Paris: Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- DOMERGUE, C. (1987) – *Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique*. Madrid: Diffusion de Boccard. Tome II: 494 POR 1.
- DUPRÉ, M.-C.; PINÇON, B. (1997) – *Métallurgie et politique en Afrique centrale*. Paris: Éditions KARTHALA.
- ENNES, L. R. (1992) – Extracción social y condiciones de trabajo de los mineros hispano-romanos. *Gallaecia*. Santiago de Compostela. 13, p. 423-431.
- FERGUSON, J. E.; PURCHASE, N. G. (1987) – The analysis and level of lead in human health teeth; a review. *Environ. Pollut.* Amsterdam. 46, p. 11-44.
- FERNÁNDEZ JURADO, J. L. (1988-89) – Aspectos de la minería y la metalurgia en la protohistoria de Huelva. *Huelva Arqueologica*. Huelva. Vol. X-XI: 3, p. 178-214.
- GOMES, M. E. P. [et al.] (2010) – Geochemistry of waters associated with old mine workings at Fonte Santa (NE of Portugal). *Journal of Geochemical Exploration*. Amsterdam. 105, p. 153-165.
- GRANGER, F., trad. (1955) – *Vitruvius on architecture I*. London: Harvard University Press.
- HEADY, H. H.; BROADHEAD, K. G. (1977) – *Assaying ores, concentrates, and bullion. Revision of information circular 7695*. United States: Department of the Interior; Bureau of Mines.

- HEALY, J. F. (1978) – *Mining and metallurgy in the Greek and Roman world*. London: Thames and Hudson.
- HUNT, M. (2003) – Le plomb. In OREJAS, A., dir. – *Atlas historique des zones minières d'Europe II*. Luxembourg: Office des Publications officielles des Communautés Européennes. Dossier 4T.
- JAL, P., trad. (1988) – *Tite Live. Histoire romaine. Livre XXI*. Paris: Les Belles Lettres.
- LAFAYE, G. (1896) – Gladiator. In DAREMBERG, M. C. ; SAGLIO E., ed. – *Dictionnaires des antiquités grecques et latines*. Paris: Librairie Hachette. 2: 2, p. 1563-1599.
- LANDRIGAN, P.J. [et al.] (1975) – Epidemic lead absorption near an ore smelter: the role of particulate lead. *New Eng. J. Med.*.USA. 292, p. 123-129.
- LANDRIGAN, P.J. (1990) – Current issues in the epidemiology and toxicology of occupational exposure to lead. *Environmental Health Perspectives*. USA. 89, p. 61-66.
- Le GLAY, M. (1990) – Les amphithéâtres: loci religiosi. In DOMERGUE, C. ; LANDES, C.; PAILLES, J.-M. – *Spectacula-I, Gladiateurs et amphithéâtres*. Lattes: Éditions Imago. p. 217-229
- LE ROUX, p. (1990) – L'amphithéâtre et le soldat sous l'Empire romain. In DOMERGUE, C.; LANDES, C.; PAILLES, J.-M. – *Spectacula-I, Gladiateurs et amphithéâtres*. Lattes: Éditions Imago. p. 203-215.
- LOPPI, S.; PIRINTSOS, S. A. (2003) – Epiphytic lichens as sentinels for heavy metal pollution at forest ecosystems (central Italy). *Environmental Pollution*. Amsterdam. 121, p. 327-332.
- LOUREIRO, S. [et al.] (2005) – Evaluation of the toxicity of two soils from Jales Mine (Portugal) using aquatic bioassays. *Chemosphere*. Amsterdam. 61, p. 168-177.
- LUZÓN NOGUE, J.M. (1970) – Instrumentos mineros de la España antigua. In *La minería hispana e ibero Americana*. León: Cátedra de San Isidoro. 1, p. 27-34
- MACIEL, M. J. (2006) – *Vitrúvio: Tratado de Arquitectura*. Lisboa: IST Press.
- MANDET, L. C. (1901) – *Rapport sur le gisement de Braçal – Mines de Plomb (Portugal)* [Dactilografado]. Pasta 226. Acessível no Arquivo técnico do INETI, Porto.
- MARTINS, C. M. B. (2008) – *A exploração mineira romana e a metalurgia do ouro em Portugal*. Braga: Universidade do Minho. (Cadernos de Arqueologia. Monografias; 14).
- MARTINS, C. M. B. (2010) – The mining complex of Braçal and Malhada: lead mining in Roman times and linking historical social trends – amphitheatre games. *European Journal of Archaeology*. UK. 13:2, p. 195-216. Disponível em WWW: <http://online.sagepub.com>.
- MAO, J.S.; CAO, J.; GRAEDEL, T.E. (2009) – Losses to the environment from the multilevel cycle of anthropogenic lead. *Environmental Pollution*. Netherland. 157, p. 2670-2677.
- MATTINGLY, D.; SCHRÜFER-KOLB, I. (2003) – Les mines d'argent et de plomb en Grande-Bretagne romaine: les Mendips, Halkyn Mountain, Peak District/Pennines. In OREJAS, A., dir. – *Atlas historique des zones minières d'Europe II*. Luxembourg: Office des Publications officielles des Communautés Européennes. Dossier X p. 1-12.
- MAYET, F. (1984) – *Les céramiques sigillées hispaniques*. Paris: Diffusion De Boccard. 2 vols.
- MELO, M. C. (1900) – *Relatório de reconhecimento em Março de 1900 – Zona mineira do Braçal* [Dactilografado]. Pasta 226. Acessível em Arquivo técnico do INETI, Porto.
- MESQUIRIZ de CATALAN, M.A. (1961) – *Terra sigillata hispânica*. Valencia: The William L. Bryant Foundations.
- MONTEIRO, S.; BARATA, J.A. (1889) – *Catálogo descritivo da secção de minas. Grupos I e II*. Lisboa: Imprensa Nacional. p. 136-145, 186-196.
- MORILLO CERDÁN, A. (1999) – *Lucernas romanas en la región septentrional de la Península Ibérica*. Montagnac: Éditions Monique Mergoill.
- NAVEIRO LÓPEZ, J.L. (1991) – *El comercio antiguo en el N.W. Peninsular*. A Coruña: Edicións do Museo Arqueolóxico e Histórico.
- NICOLINI, G. (1990) – *Techniques des ors antiques, la bijouterie ibérique du VII au IV siècle*. France : Picard. 2 volumes.

- NUNES, M. L.; SILVA, E. F.; ALMEIDA, S. F. p. (2003) – Assessment of water quality in the Caima and Mau River basins (Portugal) using geochemical and biological indices. *Water, Air, and Soil Pollution*. Germany. 149, p. 227-250.
- NUNES, M. L. (2007) – *Diagnóstico da qualidade ambiental das bacias do rio Mau e Caima: estudo da dinâmica dos processos naturais e antrópicos e definição de zonas vulneráveis*. Aveiro: Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.
- OELOFSE, S. (2008) – *Mine water pollution – acid mine decant, effluent and treatment: a consideration of key emerging issues that may impact the state of the environment*. South Africa: Department Environmental Affairs and Tourism.
- PONSICH, M. (1961) – *Les lampes romaines en terre cuite de la Maurétanie Tingitane*. Rabat: Publications du Service des Antiquités du Maroc.
- RABENOWITZ, M. B. (1991) – Toxicokinetics of bone lead. *Environ. Health Perspect.* USA. 91, p. 33-37.
- RIBEIRO, C. (1853) – *Cópia do relatório sobre as minas de chumbo do Braçal (1853)* [Dactilografado]. Pasta 226. Acessível em Arquivo técnico do INETI, Porto.
- RIBEIRO, C. (1859) – *Memória sobre o grande filão metalífero que passa ao nascente d'Albergaria-a-Velha e Oliveira de Azeméis*. Lisboa: Academia Real das Ciências.
- ROCA ROUMENS, M. (1976) – *Sigillata hispânica produzida en Andujar (Jaen)*. Jaen: Instituto de Estudios Giennenses.
- ROCA ROUMENS, M. (1981) – Terra sigillata hispanica: una aproximacion al estado de la cuestion. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*. Granada. 6, p. 385-410.
- ROSMAN, K.R.; CHISHOLM, W.; HONG, S.; CANDELONE, J.-P.; BOUTRON, C.F. (1997) – Lead from Carthaginian and Roman Spanish Mines isotopically identified in Greenland Ice dated from 600 B.C. to 300 A.D.. *Environmental Science & Technology*. USA. 31, p. 3413-3416.
- SÁ, C.D.M. de (2008) – *Estudo comparativo dos jazigos de Pb-Zn do Braçal-Malhada e Coval da Mó (Portugal) e Fedj el Adoum (Tunísia)*. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- SEPÚLVEDA, E. de; SOUSA, E.M. de; FARIA, J.C.; FERREIRA, M. (2003) – Cerâmicas romanas do lado ocidental do Castelo de Alcácer do Sal 3: paredes finas, pasta depurada, engobe vermelho pompeiano e lucernas. *Revista Portuguesa de Arqueologia*. Lisboa. 6: 2, p. 383-399.
- SOEIRO, T. (1998) – Monte Mozinho: a escavação do sector D. *Cadernos do Museu de Penafiel*. Penafiel. 2, p. 79-114.
- SOUSA, J. J. R. (1966) – Lucernas de Penafiel. *Revista de Etnografia*. Porto. 6:2, p. 313-319.
- THADEU, D. (1965) – *Carta mineira de Portugal, na escala de 1/500000. Notícia explicativa*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- TRANOY, A. (1981) – *La Galice Romaine*. Paris: Diffusion Bocard.
- VEGA, G. S. (1988) – *Aspectos específicos de la toxicología de algunos contaminantes. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. México: Limusa. p. 223-412.
- WAHL, J. (1988) – Três Minas. *Madrider Mitteilungen*. Madrid. 29, p. 221-244.
- WAHL, J. (1993) – *Minas romanas de Três Minas, Vila Pouca de Aguiar*. Vila Pouca de Aguiar: Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar.
- WITKOWSKI, J.A.; PARISH, L.C. (2001) – You've come a long way baby: a history of cosmetic lead toxicity. *Clinics in Dermatology*. Amsterdam. 19, p. 367-370.
- ZEHNACKER, H., trad. (1983) – *Pline l'Ancien. Histoire Naturelle. Livre XXXIII*. Paris: Les Belles Lettres.