

OS SCAVRARII DE VIPASCA

Juan Aurélio Pérez Macias, João Xavier de Matos, Artur Martins

RESUMO

Através da análise metalográfica de diversas amostras de escória de fundição romana, recolhidas aleatoriamente em diversos pontos do antigo escorial romano de Algares e Feitais (Aljustrel), tentamos perceber que tipo de minério foi explorado nas minas de Aljustrel durante o período romano, bem como, relacionar os *scaurarii*, mencionados nas Tábuas de Bronze de Aljustrel (VIP I), com a actividade de reaproveitamento de escórias.

Por outro lado, fazer referência a outro tipo de tratamento metalúrgico, efectuado pelos romanos em Aljustrel, a partir da lixiviação/cementação natural das escórias de fundição, trabalho que também poderá ter sido efectuado pelos *scaurarii*, e que permitia a recuperação do cobre das escórias e dos desperdícios dos fornos, impossível de obter pela técnica de fundição.

Palavras-chave: Aljustrel; *Scaurarii*; mineração romana; Faixa Piritosa Ibérica.

ABSTRACT

Detail mineralogical study of Roman slag samples from the Aljustrel Roman mine was performed. Samples were randomly collected in the mining area, especially near the Algares pyrite deposit and at Feitais, the central areas of the Roman mine. The mined massive sulphide ores and their metallurgical treatment process were compared with the *scaurarii* miners activities mentioned in the Aljustrel Bronze Tables (VIP I), linked to slag reprocessing. Other Roman metallurgical process was identified at Aljustrel, in the Feitais stream valley area, characterized by slag leaching and copper recovering by cementation. These processes were performed by the specialized *scaurarii* mine workers and permitted an optimization of the copper recovery.

Key-words: Roman mining, *Scaurarii*, Aljustrel, Iberian Pyrite Belt

A partir do momento em que nos interessámos por conhecer o tipo de mineração desenvolvida em Aljustrel no período romano que as escórias de minério se transformaram em objecto de análise. Uma das primeiras referências aos escoriais desta mina é de Aboim Inglês¹, que comenta serem as escórias romanas ricas em cobre porque a empresa concessionária belga ainda conseguiu delas extrair algumas toneladas de cobre. De acordo com as análises das escórias, a base dos escoriais era mais rico em cobre que os estratos superiores, o que pode estar relacionado com as diversas fases da exploração romana, uma primeira em que se utilizou minério mais rico e uma segunda na qual o teor de cobre no minério explorado era inferior. Na realidade, esta riqueza em cobre nos estratos mais profundos dos escoriais também foi detectado noutras minas, como Riotinto, onde inclusive a camada de xisto em que assenta o escorial era rica em cobre, explicando-se este facto pela lixiviação do cobre presente na escória que se deposita nos níveis mais profundos dos escoriais bem como na rocha de base².

¹ A. INGLÉZ, 1932, "Minas do Distrito de Beja", *Album Alentejano*, Beja, 30-37.

² B. ROTHENBERG, F. GARCÍA, H.G. BACHMANN, y J. GOETHE, 1990, " The Río Tinto enigma", *Minería y Metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas*, I, Madrid, 57-70.

Nesta época, a concessão mineira de Aljustrel pertencia à Société Anonyme Belge des Mines d'Aljustrel (SABMA), que efectuou entre 1914 e 1941 as primeiras análises de escórias proveniente de diversas partes dos escoriais (Valdoça, Represa e Telheiro). Estas análises foram publicadas por C. Domergue, que as classifica em duas categorias, escórias de cobre e escórias de ferro³.

As escórias de cobre são a nº 1, com 0,30% Cu, 44,77% Fe, 31,50% Si O₂, 1,03% S, 1,05% Al, 0,10% Ca e vestígios de arsénico, zinco e chumbo; a nº 3 com 0,50% Cu, 42,50% Fe, 31,50% Si O₂, 2,60% S, 3,34% Al, 0,09% Zn e vestígios de arsénico, alumínio, zinco e chumbo; a nº 5 com 0,58% Cu, 42,58% Fe, 34,75% Si O₂, 2,60% S vestígios de arsénico, alumínio, zinco e chumbo; a nº 6 com 0,26% Cu, 41, 61% Fe, 22,00% Si O₂, 2,39% S, 0,2% As e vestígios de alumínio, zinco e chumbo.

As escórias de ferro são a nº 2 com 41,48% Fe e 18,50% Si O₂; a nº 4, com 42,74% Fe e 14,00% Si O₂; a nº 7, com 43,51% Fe e 14,50% Si O₂; e a nº 8, com 49,91% Fe e 7,60% Si O₂. A sua relação com o tratamento de um óxido ou hidróxido de ferro (hematite e limonite presentes na parte aflorante das jazidas, afectada por uma intensa alteração supergénica), seria apontada também pela ausência de enxofre nas amostras que, por sua vez, existe nas escórias de cobre pelo tratamento de um sulfureto de cobre.

Estas análises mostram a existência de redução de sulfuretos de cobre para a produção de cobre e a de óxidos de ferro para a produção de ferro. Esta produção de ferro foi reconhecida noutras minas do sudoeste, embora se tenha considerado que não era uma produção industrial, mas estava relacionada com a necessidade de produção de ferramentas para trabalhos mineiros⁴. Contudo, sem sabermos a localização destas amostras, podemos pôr a hipótese de serem de época medieval, quando em Aljustrel existiam ferrarias, conforme vem referido em documentos da época⁵. A verticalidade das massas de Algares e S. João (as massas aflorantes de pirite da área norte e leste da povoação de Aljustrel) limitou o desenvolvimento da oxidação dos sulfuretos, mais favorável quando as massas possuem limites sub-horizontais e sub-paralelos à superfície freática dos aquíferos.

Contudo, quem efectuou as primeiras classificações de escórias romanas de Aljustrel foi L. V. Salkield no seu trabalho sobre escórias antigas das minas do sudoeste peninsular⁶. A sua experiência acumulada como chefe químico da fundição da companhia mineira de Riotinto (Rio Tinto Company Ltd.), permitiu-lhe distinguir duas composições nas escórias romanas, uma em que o cobre se mantinha em valores superiores a 0,50%, que relacionou com a produção de cobre, e outras em que os cobre se encontrava abaixo dos 0,50% e o chumbo acima dos 0,50%, que o autor associou a fundições argentíferas, uma vez que o chumbo teria sido utilizado intencionalmente como colector da prata (copelação). Nestes dois tipos de escórias, de cobre e de chumbo, a prata era mais abundante nas de chumbo, onde podia alcançar os 100 ppm Ag, o que dava solidez às suas conclusões. A modo de comparação com os resultados obtidos em Riotinto, apresentou-nos uma tabela em que se incluíam as análises de escórias romanas de algumas minas portuguesas da Faixa Piritosa, entre as quais Aljustrel e São Domingos. De acordo com o critério adoptado, as de Aljustrel corresponderiam à metalurgia do cobre e as de São Domingos à metalurgia da prata. As escórias de Aljustrel caracterizavam-se pelos seus bons índices de cobre e baixa percentagem de chumbo e prata: 0,6% Cu, 32,4% Si O₂, 38,2% Fe, 0,68% S, 0,13% Pb, 2,6 ppm Ag e vestígios de As e Au. As de São Domingos apresentavam: 0,07% Cu, 30,1% Si O₂, 40,2% Fe, 1,08% S, 1,29% Pb, 23,2 ppm Ag e 0,4 ppm Au.

³ C. DOMERGUE, 1983, "La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les Tables de Bronze de Vipasca", *Conimbriga*, XXII, 29.

⁴ M. HUNT ORTIZ, 1988, "Consideraciones sobre la metalurgia del cobre y del hierro en la época romana en la provincia de Huelva, con especial referencia a las minas de Rio Tinto", *Habis*, 18-19, 601-612.

⁵ M^a GRAÇA DIAS, 1992, "Aljustrel no século XIII. Subsídios para o estudo da Ordem de Santiago da Espada", *Vipasca*, 1, 73-80.

⁶ L.V. SALKIELD, "Ancient slags in the South West of Iberian Peninsula", *Mineria Hispana e Iberoamericana. Contribución a su estudio*, León (1970), 85-98.

C. Domergue também efectuou, posteriormente, análises de escórias dos contextos romanos de Aljustrel pelo que, a sua cronologia está assegurada. Para isso avalia, em primeiro lugar, a importância metalúrgica de Aljustrel pela proporção dos seus escoriais, calculando o seu volume. A sua extensão seria de 445.000 m² com uma altura média de 3 m, o que corresponde a cerca de 1.333.500 m³, cerca de 3.000.000 toneladas de escórias, que reduz para 2.000.000 ao considerar o baixo índice de compactação e a presença nos escoriais de outros materiais (fornos e restos de construções). As escórias analisadas foram recolhidas no Castro da Mangancha, no habitat do Chapéu de Ferro de Algaes e nos escoriais da área de Feitais⁷.

As duas amostras da Mangancha, uma mina de ferro e manganês explorada na década de 70 do séc. XIX associada a níveis de chertes e jaspes, são muito pobres em cobre. A n.º 352 com 0,001% Sn, 0,001% Pb, 0,001% As, 0,08% Ni, entre 10-50% Fe, e 0,08% Mn, pode ser considerada como uma escória siderúrgica pela ausência de cobre, chumbo e prata. A n.º 353, com 0,25% Cu, 0,008% Sn, 0,05% Pb, 0,005% As, 0,015% Sb, 0,001% Ag, 0,005% Ni, 0,001% Bi, 0,05% Mn, e entre 10-50% Fe, corresponde na sua composição a uma escória de ferro, uma vez que nem cobre nem chumbo atingem as percentagens médias das escórias de cobre ou de chumbo-prata. De facto, este tipo de mineração típica dos morros de Aljustrel, não está relacionada com os depósitos de pirite mas sim com níveis de jaspe da formação do Complexo Vulcano Sedimentar do Paraíso⁸. Hematite e pirolusite minerais característicos deste tipo de ocorrência mineira de pequena escala.

As amostras de Algaes são claramente escórias cupríferas. A n.º 354, de estratos do séc. I d.C., é uma escória interessante devido ao seu teor em chumbo, 0,35% Cu, 0,10% Sn, 0,60% Pb, 0,10% As, 0,10% Sb, 0,008% Ag, 0,001% Ni, mais de 50% Fe, 0,10% Zn, e 0,008% Mn, ainda que não possa ser considerada uma escória de chumbo-prata, uma vez que o teor em cobre é também elevado. Pelos elementos constantes da análise tratar-se-ia de uma escória de tratamento de um sulfureto complexo, do tipo arseniacal e antimoniaco de cobre-chumbo, como é sugerido pela proporção destes elementos na amostra, sendo também semelhante a outras escórias romanas das minas do sudoeste peninsular⁹. A n.º 355, dos estratos de finais do séc. III d.C., possui uma composição mais aproximada às escórias de cobre típicas, 1% Cu, 0,007% Sn, 0,10% Pb, 0,005% As, 0,06% Sb, 0,002% Ag, 0,001% Bi, entre 10-50% Fe, 0,10% Mn, e 0,10% Zn.

As amostras provenientes do escorial de Feitais possuem características de conteúdo semelhante às escórias romanas presentes nas minas da Faixa Piritosa: a n.º 356 com 0,40% Cu, 0,01% Sn, 0,05% Pb, 0,01% As, 0,01% Sb, 0,05% Ag, 0,001% Ni, mais de 50% Fe, 0,01% Zn, e 0,01% Mn; e a n.º 357 com 0,40% Cu, 0,01% Sn, 0,05% Pb, 0,01% As, 0,01% Sb, 0,005% Ag, 0,005% Ni, 0,005% Bi, mais de 50% Fe, 0,50% Fe, 0,50% Zn, 0,01% Mn.

A estas amostras vamos juntar as realizadas por nós no decurso do Projecto Vipasca, um projecto de investigação sobre a mineração e a metalurgia em Aljustrel e que se vem desenvolvendo desde 2006 por iniciativa da Câmara Municipal de Aljustrel (Museu Municipal) e a Universidade de Huelva. Um dos objectivos programados no projecto de investigação, era realizar uma análise sistemática de escórias, que nos permitisse conhecer com alguma segurança o tipo de metais produzidos em Aljustrel na Antiguidade, bem como os minerais tratados. No

⁷ C. DOMERGUE, *La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les Tables de Bronze de Vipasca.....*, 29.

⁸ LEITÃO, J. (1998) – Geologia dos depósitos de sulfuretos maciços de Aljustrel. Livro-Guia das excursões do V Congresso Nacional de Geologia, IGM, pp. 91-100; SCHERMERHORN, L., ZBYZEWSKI, G.; FERREIRA, V. (1987), C. Geol. Portugal 1/50000, Fl. 42D Aljustrel, SGP, 55pp; MATOS, J. X., MARTINS, L. (2003), Itinerários geo-eco-educacionais como factor de desenvolvimento sustentado do turismo temático associado à Faixa Piritosa Ibérica. IV Cong. Int. Património Geológico Y Minero, SEDPGYM, Utrillas (Teruel, Aragón), Espanha, pp. 539-557; MATOS, J. X., MARTINS, L., (2006), Reabilitação ambiental de áreas mineiras do sector português da Faixa Piritosa Ibérica: estado da arte e perspectivas futuras. IGME, Bol. Geológico y Minero España, v. 117, nº2, pp. 289-304.

⁹ Estas escórias de cobre-chumbo encontram-se nos escoriais de Cueva de la Mora e Umbría de Palomino, cf. A. BLANCO y B. ROTHENBERG, 1980, *Exploración Arqueometalúrgica de Huelva*, Barcelona, 127 y 143, e no escorial de Silillos en Tharsis, cf. J.A. PÉREZ MACÍAS, 1998, *Las minas de Huelva en la Antigüedad*, Huelva, 91.

decurso das campanhas de 2006 e 2007 temos procedido à recolha selectiva de amostras de escórias, que depois são referenciadas na planta de escuriais de 1913. Este método permite-nos definir sectores de recolha de forma a conseguir abranger toda a área das escombreiras de escuriais (Fig. 1).

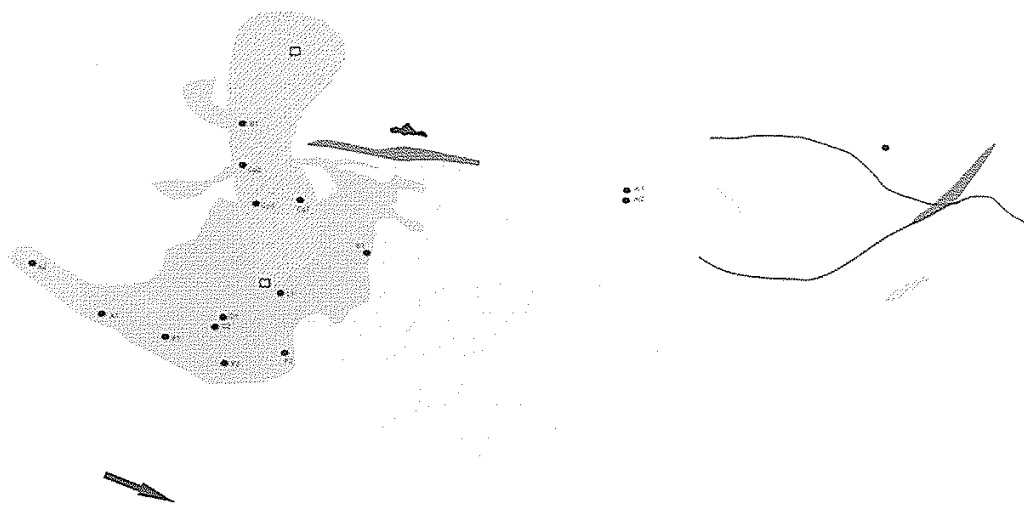


Fig. 1 - Mapa com implantação dos locais de recolha das amostras de escória analisadas

Ainda que não tenhamos os resultados de todas as amostras recolhidas, os que aqui referimos apresentam leituras de composição por Fluorescência de Raios X e varrimentos pontuais de Microscopia Electrónica para determinar as fases metalúrgicas e os metais reduzidos¹⁰.

- **B1.** Junto à represa de água doce.

Composição geral faialítica com bons valores de cobre, 0,55% Mg, 6,15% Al, 24,72% Si O₂, 3,22% S, 1,54% K, 2,37% Ca, 57,27% Fe, e 1,03% Cu. É uma escória de cobre. As fases faialíticas são de ferrosilicatos, com 1,74% Mg, 28,33% Si O₂, 0,70% Ca, 71,86% Fe e silicatos de alumínio, 3,05% Na, 17,20% Al, 42,72% Si O₂, 1,37% S, 7,42% K, 3,45% Ca, 0,41% Ti, e 21,54% Fe. Os espectros minerais são sulfuretos de ferro-cobre em distintas relações: 0,60% Mg, 0,26% Al, 1,50% Si O₂, 39,94% S, 25,49% Fe, e 32,85% Cu; 1,94% Si O₂, 44,20% S, 0,51% Ca, 52,12% Fe, e 2,00% Cu; e 5,18% Si O₂, 21,67% S, 61,60% Fe, 8,63% Cu, e 0,72% Zn.

- **Cp1.** Recolhida da delgada capa de escórias que cobre os muros de época romana junto à Casa do Procurador.

A composição geral é rica em sulfureto e pobre em cobre, 0,95% Na, 0,18% Mg, 5,49% Al, 35,6% Si O₂, 2,98% S, 0,18% Ca, 0,54% Ti, 0,05% Mn, 51,8% Fe, 0,07% Cu, 0,06% Zn, e 0,57% Ba. Os espectros microscópicos presentes são silicatos de ferro, com 1,32% Al, 29,30% Si O₂, 0,28% K, y 69,11% Fe, silicatos de ferro-alumínio com, 2,76% Na, 11,66% Al, 56,17% Si O₂, 2,15% S, 3,0% K, 0,63% Ca, 1,31% Ti, 19,18% Fe, e 1,93% Ba, e sulfuretos de ferro, uma formação com 47,66% S, 52,13% Fe y 0,38% Cu, e outra com 47,24% S, 51,74% Fe e 0,65% Cu. Do ponto de vista da repartição de elementos tratar-se-ia de uma escória siderúrgica, contudo, a presença de minerais de ferro primários em forma de sulfuretos (pirites), leva-nos a considerar que estas escórias são o resultado falhado da redução de sulfuretos para a produção

¹⁰ Sobre as escórias ver H.G. BACHMANN, *The identification of slag from archaeological sites*, Institute of Archaeology, Occasional Publication, 6, London (1982).

de cobre, uma vez que possuía teores demasiado baixos para que a fundição pudesse ter tido êxito.

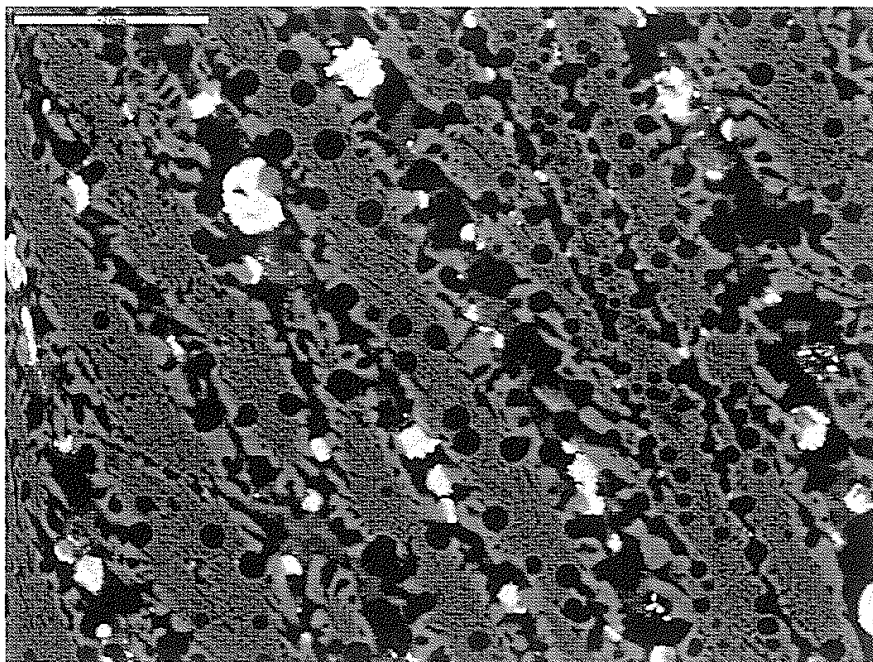


Fig. 2 - Análise metalográfica da amostra Cp1

- **Cp2.** Sector junto ao Poço Viana.

Faialite de cobre, com 0,96% Na, 0,56% Mg, 7,34% Al, 26,2% Si O₂, 2,10% S, 1,39% K, 1,13% Ca, 0,26% Ti, 0,10% Mn, 58,0% Fe, 0,61% Cu, 0,58% Zn, e 0,08% Pb. Repete-se a composição dos índices de cobre e zinco nas escórias romanas de Aljustrel. As fases metalúrgicas de silicatos de ferro estão limpas de ganga, 2,51% Mg, 26,91% Si O₂, 0,16% Ca, 0,29% Mn, e 69,19% Fe, ainda que estejam também presentes silicatos de alumínio-potássio, com 23,35% Al, 53,72% Si O₂, 20,71% K, e 1,47% Fe, junto com abundantes drusas de sulfuretos de cobre-ferro, 0,59% Mg, 0,25% Al, 39,13% S, 17,22% Fe, e 44,29% Cu. A riqueza de cobre no minério torna estas amostras iguais às recolhidas na zona da cementação e confirma os resultados anómalos da outra amostra recolhidas nas proximidades da Casa do Procurador.

- **Cp3.** Junto da Praça da Transtagana.

Trata-se de uma boa faialite metalúrgica, com percentagens equilibrados de sílica e ferro mas sem conteúdos de cobre e chumbo, 0,85% Na, 4,27% Al, 35,07% Si O₂, 2,88% S, 1,03% K, 0,22% Ca, 0,90% Ti, e 54,38% Fe. As fases de silicatos encontram-se bastante limpas dos elementos minerais da ganga, 26,91% Si, 0,35% S, e 71,65% Fe. Os minerais fundidos são bastante complexos, sulfuretos de chumbo-ferro com prata, 1,44% Al, 8,76% Si O₂, 22,82% S, 0,17% K, 0,16% Ca, 13,97% Fe, 0,68% Ag, 0,75% Sn, e 54,07% Pb. Sulfuretos de ferro-cobre com 1,01% Si O₂, 48,40% S, 47,17% Fe, e 3,25% Cu, e arseniacais de ferro, com 18,51% Mg, 0,51% Si O₂, 19,27% Fe, 54,95% As, e 9,74% Sb.

Ainda que os arseniacais de ferro (*speiss* ou metal esbranquiçado) se associem ao minério das jarosites, também se formam na redução de sulfatos de ferro ricos em arsénico, não existindo percentagens de chumbo e prata para que se possa considerar como uma escória de prata. Pode ser uma prova com um sulfureto complexo de baixo teor em cobre e prata. Contudo, a presença de arsénico indica que o minério provém da base do chapéu de ferro, uma vez que o arsénico resiste à lixiviação e mantém-se na zona de oxidação.

- **E1.** Sector do escorial junto à entrada da mina de Feitais.

Composição geral típica das escórias de cobre com 0,67% Na, 0,39% Mg, 6,31% Al, 29,2% Si O₂, 1,71% S, 1,23% K, 1,08% Ca, 0,24% Ti, 0,05% Mn, 59,0% Fe, 0,67% Cu, 0,63% Zn, e 0,13% Pb. A escória possui boas percentagens de cobre, zinco e chumbo. O microscópio detectou formações de faialites ricas em cobre, 0,51% Mg, 25,19% Si O₂, 0,66% S, 0,19% Ca, 0,28% Mn, 72,74% Fe, 1,16% Cu, e 0,73% Zn, silicatos de ferro-alumínio, 2,47% Na, 15,15% Al, 35,07% Si O₂, 0,77% S, 3,77% K, 2,67% Ca, 0,79% Ti, 36,60% Fe, e 1,17% Zn, sulfuretos primários de ferro, com 4,98% Al, 0,29% Si O₂, 39,01% S, 0,27% Ti, 59,69% Fe, 2,09% Cu, e 1,36% Zn, e sulfuretos secundários de cobre, com 7,10% Al, 13,84% Si O₂, 30,46% S, 2,13% K, 1,57% Ca, 27,96% Fe, e 15,91% Cu. Trata-se de uma escória de cobre e entre os minerais reduzidos encontram-se sulfuretos primários de ferro e sulfuretos secundários de cobre pelo que, devem ser provenientes da zona de contacto entre os sulfuretos primários e o nível de cementação dos secundários.

- **L1.** Mancha de escórias junto ao edifício do antigo Laboratório.

A sua composição geral também é uma faialite de cobre, 1,10% Na, 0,62% Mg, 10,0% Al, 37,3% Si O₂, 0,91% S, 1,74% K, 1,39% Ca, 0,32% Ti, 0,15% Mn, 47,75 Fe, 0,61% Cu, 0,23% Zn, e 0,04% Pb. Na sua imagem microscópica pudemos distinguir silicatos de ferro bastante puros, 1,15% Mg, 0,89% Al, 29,7% Si O₂, 0,29% K, 0,37% Ca, e 69,39% Fe, silicatos de ferro com cobre residual, 15,34% Al, 45,57% Si O₂, 5,08% S, 2,77% K, 3,16% Ca, 0,61% Ti, 23,27% Fe, e 2,79% Cu, e sulfuretos primários de ferro: um com 0,26% Al, 0,63% Si O₂, 46,59% S, 51,69% Fe, e 0,66% Cu; e outro com 0,35% Al, 0,94% Si O₂, 45,37% S, 0,16% Ca, 50,32% Fe, e 3,10% Cu.

Neste sector do escorial romano foi tratado minério de cobre de baixo teor e, ainda que não descartemos a possibilidade de se terem processado sulfuretos de ferro-cobre, a amostra seleccionada aleatoriamente aponta para uma redução de sulfuretos primários de ferro com baixo teor em cobre, minério difícil de reduzir para a obtenção de cobre, com as técnicas metalúrgicas então existentes. A potência acumulada de escórias é reduzida, de apenas alguns centímetros, o que contrasta com os 3 metros de potência do escorial na zona da Cementação, onde se fundiu o minério mais rico.

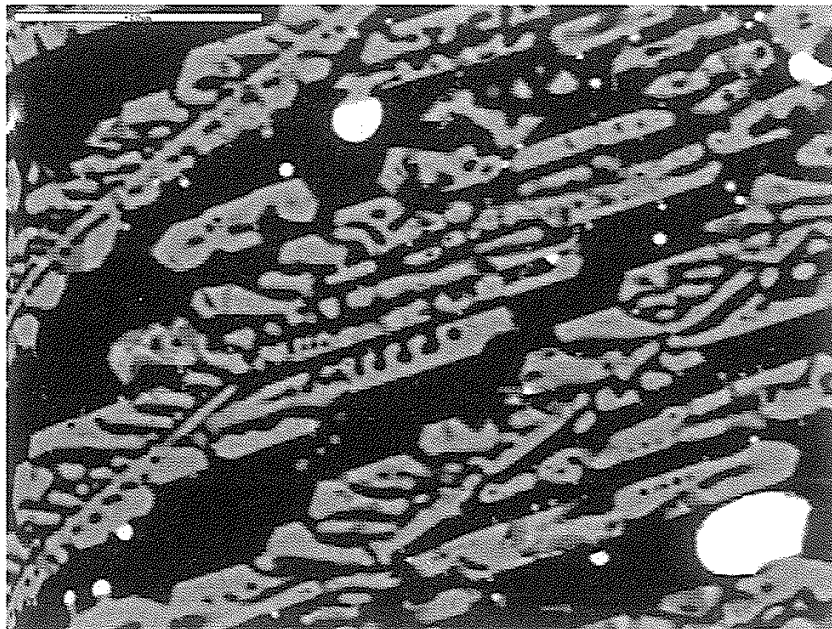


Fig. 3 - Análise metalográfica da amostra L1

- **C1.** Amostra do primeiro estrato de escórias nas imediações da Cementação.

A composição geral apresenta: 1,16% Na, 0,59% Mg, 7,71% Al, 23,7% Si O₂, 2,14% S, 1,16% K, 1,32% Ca, 0,22% Ti, 0,08% Mn, 46,6% Fe, 2,35% Cu, 1,42% Zn, e 0,26% Pb. Para

além da fórmula de silicato de ferro, com componentes maioritários de ferro e sílica, a amostra sobressai pelos altos teores de cobre e zinco, em consonância com as mineralizações encontradas em Aljustrel, nas quais a percentagem de zinco é o elemento diferenciador. Pela percentagem de elementos trata-se de uma escória de cobre. As fases metalúrgicas detectadas ao microscópio electrónico são faialíticas com 1,97% Na, 0,70% Mg, 7,11% Al, 29,11% Si O₂, 2,79% S, 1,38% K, 1,27% Ca, 0,31% Ti, 52,0% Fe, 1,43% Cu, e 1,64% Zn, que se encontram também em formações mais puras sem cobre e zinco com 6,28% Al, 24,4% Si O₂, 5,33% S, 1,18% K, y 60,57% Fe. Junto a elas aparecem minerais não reduzidos que foram apanhados nas fases de olivino, sulfuretos de cobre muito ricos com 0,58% Mg, 0,45% Al, 41,60% S, 7,01% Fe e 58,89% Cu. Esta amostra corresponde à produção de cobre a partir de sulfuretos secundários de cobre-zinco da zona de enriquecimento secundário.

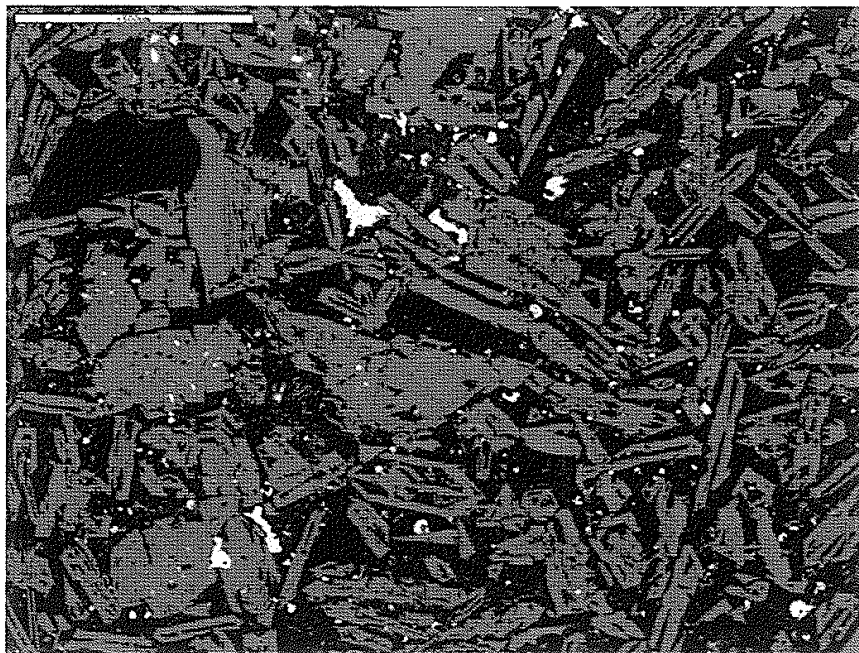


Fig. 4 - Análise metalográfica da amostra C1

- C2. Amostra proveniente do segundo estrato do escorial junto à Cementação.

De composição geral semelhante à anterior mas com menos cobre remanescente 0,98% Na, 0,60% Mg, 8,16% Al, 27,6% Si O₂, 1,41% S, 1,37% K, 0,96% Ca, 0,23% Ti, 0,09% Mn, 50,5% Fe, 0,58% Cu, 1,10% Zn, e 0,22% Pb. Como todas as escórias metalúrgicas é uma faialite e o índice de cobre relaciona-se com a produção de cobre. O exame microscópico mostra-nos espectros de silicatos de ferro com 1,86% Na, 0,73% Mg, 7,51% Al, 28,96% Si O₂, 2,57% S, 1,49% K, 1,08% Ca, 0,36% Ti, 0,16% Mn, 53,0% Fe, 0,59% Cu, e 0,94% Zn, silicatos de ferro-alumínio, com 2,84% Na, 13,32% Al, 2,27% S, 3,23% K, 2,32% Ca, 39,46% Fe, e 1,26% Zn, e sulfuretos secundários de cobre, com 0,81% Mg, 0,41% Al, 0,29% Si O₂, 41,72% S, 7,82% Fe, e 51,35% Cu. Tal como as precedentes, esta amostra relaciona este sector do escorial formado junto à Cementação, como restos da actividade metalúrgica de produção de cobre a partir de sulfuretos secundários.

- A1. Escorial junto à *officina* de Azinhal/Feitais

A composição geral relaciona-se com a produção de cobre 1,09% Na, 0,62% Mg, 9,48% Al, 31,3% Si O₂, 1,21% S, 1,67% K, 1,42% Ca, 0,34% Ti, 0,11% Mn, 51,6% Fe, 0,55% Cu, 0,63% Zn, e 0,29% Pb. As fases metalúrgicas são uniformes, silicatos de ferro, 0,62% Na, 1,65% Mg, 26,44% Si O₂, 0,31% Mn, e 70,10% Fe, que encaixam o mineral que resistiu à redução, um sulfureto de ferro-cobre, 49,05% S, 45,22% Fe, e 5,71% Cu.

- **A2.** Escória proveniente do corte efectuado no escorial junto ao cabeço do Azinhal.

O conteúdo numa análise geral é de uma escória de cobre com 1,26% Na, 0,59% Mg, 8,98% Al, 32,76% Si O₂, 2,99% S, 2,05% K, 1,82% Ca, 0,42% Ti, 43,43% Fe, 0,66% Cu, e 0,59% Zn. Parte do zinco passou à fase de silicatos de ferro com 0,61% Na, 1,92% Mg, 1,15% Al, 28,98% Si O₂, 0,45% K, 0,26% Ca, 0,25% Ti, 6,94% Fe, e 0,55% Zn. Os minerais detectados são sulfuretos de ferro-cobre, com 0,23% Si O₂, 50,45% S, 46,98% Fe, e 3,16% Cu, e sulfuretos de cobre-ferro, com 0,86% Mg, 0,28% Al, 43,0% S, 12,17% Fe, e 51,09% Cu.

- **F1.** Escórias recolhidas junto à Ribeira de Feitais, entre a Cementação e a *officina* de Azinhal.

É uma boa faialite de produção de cobre em que os elementos que mais se destacam são o cobre e o zinco com 0,43% Mg, 8,55% Al, 30,02% Si O₂, 2,85% S, 1,91% K, 0,94% Ca, 54,42% Fe, 0,80% Cu, e 0,74% Zn. As fases microscópicas de faialite são bastante puras, 0,59% Mg, 27,01% Si O₂, e 71,54% Fe, e combinam-se com cristais de silicatos de alumínio-ferro, 3,35% Na, 16,16% Al, 50,78% Si O₂, 6,53% K, 5,78% Ca, e 14,85% Fe. Os minerais encontrados nestas fases de vidro são sulfuretos de ferro-cobre, 0,16% Al, 0,59% Si O₂, 49,27% S, 48,05% Fe, e 3,45% Cu, nalguns casos com maior riqueza em cobre, 0,49% Mg, 2,19% Al, 4,64% Si O₂, 34,14% S, 34,51% Fe, e 14,54% Cu.

- **F2.** Escórias junto à Ribeira de Feitais, abaixo da Cementação.

É uma escória de cobre com 0,88% Na, 0,66% Mg, 9,63% Al, 37,13% Si O₂, 1,47% S, 1,80% K, 1,68% Ca, 0,36% Ti, 0,29% Mn, 46,32% Fe, e 1,02% Cu. Na sua imagem microscópica predominam os ferrosilicatos com 1,94% Mg, 26,86% Si O₂, e 69,57% Fe. Nos minerais remanescentes encontramos sulfuretos secundários de cobre, com 0,74% Mg, 37,02% S, 8,93% Fe, e 53,35% Cu; e 0,80% Mg, 9,22% Al, 33,43% S, 3,21% Fe, e 63,86% Cu.

- **F3.** Na parte final do escorial junto à Ribeira de Feitais.

Escória interessante na sua composição uma vez que não possui percentagens significativas de cobre nem de chumbo na análise geral, podendo ser catalogada como escória de ferro, contudo, a análise microscópica revela que os minerais associados às fases de silicatos não têm a ver com a siderurgia, na qual é frequente a wustite, que não aparece nesta amostra. A sua composição é de 3,60% Al, 32,87% Si O₂, 2,90% S, 0,64% K, 1,03% Ca, 0,47% Ti, y 56,02% Fe. A microscopia mostra-nos um predomínio das fases vítreas de cristais de silicatos de ferro com 0,80% Mg, 27,60% Si O₂, 71,74% Fe, e 0,38% Ba, em que se encontram drusas de antimónio com 3,01% Mg, 2,56% S, 3,60% Fe, 1,07% Cu, 9,67% As, 76,04% Sb, e 6,86% Pb, Sulfuretos de ferro, com 0,26% Al, 0,72% Si O₂, 48,55% S e 49,14% Fe, e sulfuretos de chumbo argentíferos com 1,11% Al, 2,10% Si O₂, 28,61% S, 0,21% Ca, 0,78% Ti, 9,94% Fe, 0,78% Ag, e 64,04% Pb.

A mineralogia da escória não tem relação com a produção de ferro, mas com o tratamento de um sulfureto complexo de tipo fahlerz, um sulfureto polimetálico secundário rico em sulfosais de antimónio e arsénio e sulfuretos de chumbo-ferro com boa percentagem de prata (780 g/ton mineral), contudo, não é uma escória de prata porque o chumbo não tem uma representação percentual na amostra que permita relacioná-la com processos de chumbo-prata (copelação), a única forma de poder extrair o enriquecimento argentífero deste minério. Pode considerar-se como uma prova de fundição falhada devido aos conteúdos insignificantes em cobre e chumbo.

- **AL1.** Amostra dos estratos enterrados do escorial existente na área urbana de Aljustrel.

Faialite muito pura, com 0,79% Na, 0,29% Mg, 4,46% Al, 35,66% Si O₂, 1,93% S, 1,10% K, 0,25% Ca, 0,62% Ti, y 52,12% Fe. Com estes componentes seria uma escória de ferro, mas os minerais da amostra não correspondem à produção de ferro. Os varrimentos da microscopia detectaram fases predominantes de ferrosilicatos, com 4,24% Al, 35,21% Si O₂, 2,17% S, 1,12% K, 0,30% Ca, 0,61% Ti, e 52,48% Fe. Entre os minerais retidos nestas fases encontram-se: Sulfuretos de chumbo-ferro, com 0,23% Mg, 0,33% Al, 1,49% Si O₂, 30,75% S, 14,97% Fe, 1,59% Cu, 0,68% Ag, 0,85% Sn, e 49,52% Pb; Sulfuretos de ferro, com 0,99% Al, 2,88% Si O₂, 44,35% S, 0,26% Ti, 41,25% Fe, 2,13% Cu, e 9,09% Pb; e Sulfuretos de chumbo-ferro, com 1,92% Al, 5,14% Si O₂, 25,29% S, 0,21% Ca, 1,14% Ti, 22,40% Fe, 1,20% Ni, 1,81% Cu, 0,44% Ag, e 41,40% Pb.

De acordo com estes minerais poderia tratar-se de uma escória metalúrgica do chumbo, já que não existem as drusas de chumbo argentífero das escórias de prata e os valores do cobre são baixos em comparação com os de chumbo. Ainda que os teores em prata sejam elevados, 44 g por quilograma de chumbo, ela não foi tratada por copelação.

- **AL2.** Amostra dos estratos superficiais do escorial existente na área urbana de Aljustrel.

Escória com composição semelhante à anterior, com 0,91% Na, 3,95% Al, 30,87% Si O₂, 3,41% S, 1,04% K, 0,37% Ca, 0,60% Ti, e 55,97% Fe. As suas fases metalúrgicas são de ferrosilicatos, com 0,72% Na, 9,57% Al, 34,37% Si O₂, 0,61% P, 2,07% S, 1,51% K, 0,68% Ca, 3,97% Ti, e 44,10% Fe. Os minerais envolvidos nestas fases faialíticas são: Sulfuretos de ferro, com 50,22% S, 48,96% Fe, e 0,75% Cu; Sulfuretos de ferro-chumbo, com 0,35% Al, 0,90% Si O₂, 0,15% Ti, 30,60% Fe, 0,41% Cu, 0,49% Sn, e 29,25% Pb; e Sulfuretos de chumbo, com 0,40% Al, 0,83% Si O₂, 32,20% S, 0,25% Ti, 4,42% Fe, 0,90% Ag, 0,95% Sn, e 66,80% Pb.

O tipo de minerais de chumbo coincide, alguns ricos em prata, com 95 g por quilograma de chumbo, contudo, pensamos que pode tratar-se de uma escória de chumbo.

Existem ainda alguns sectores do escorial por reconhecer, entre as quais podemos mencionar os de Mangancha e parte de Aljargues, no entanto, com os dados disponíveis, tanto dos resultados conhecidos através dos trabalhos de C. Domergue como dos nossos trabalhos, podemos apresentar algumas conclusões preliminares que poderão ser confirmadas nas amostragens futuras. A primeira conclusão é que da composição das amostras nenhuma se aproxima das escórias de referência de chumbo-prata pelo que, parece que em época romana não terá havido produção de prata em Aljustrel. Ainda que as escórias possuam quantidades de chumbo, a percentagem deste elemento situa-se abaixo de 0,5% Pb, o índice mínimo para que o chumbo tenha tido eficácia metalúrgica como colector do minério de prata. A presença de chumbo nas escórias deve-se ao facto das mineralizações de Aljustrel serem complexas, com zinco e chumbo presentes em blenda e galena, sobretudo na parte superior das jazidas¹¹, e estes elementos ficam retidos junto à ganga nas fases de silicatos de ferro, libertando desta forma o minério de cobre em forma metálica (cobre bruto). Para além disso, nas análises microscópicas não foram encontradas as características das escórias de prata, como minerais de prata (proustite, pirargirite, freibergite, etc.), e remanescentes de chumbo argentífero, que aparecem sempre nas escórias argentíferas romanas do sudoeste peninsular. Por outro lado, não foram encontrados conteúdos de prata nas análises gerais das escórias, situando-se abaixo dos limites de detecção da Fluorescência de raios X, que teria detectado os índices de prata, entre os 20 e 100 ppm, existentes nas escórias romanas.

¹¹ LEITÃO, J., (1998), Geologia dos depósitos de sulfuretos maciços de Aljustrel. Livro-Guia das excursões do V Congresso Nacional de Geologia, IGM, pp. 91-100.

Esta conclusão permite-nos uma explicação para os *putei argentarii* das leis de *Vipasca* e aqui, estamos de acordo com C. Domergue, as leis abrangem formas de exploração de minérios que podiam ser encontrados, mas isso não significa necessariamente que este tipo de mineração tenha tido lugar. A categoria de *putei adsignati* destes poços de exploração da prata é diferente dos *putei aerarii*, sujeitos às formas de arrendamento (*locatio-conductio*) de forma a obter a *occupatio* e iniciar o *usurcapio*. Havia, portanto, interesse na busca de mineralizações de prata, contudo, em Aljustrel nunca se atingiu a fase de produção. Estas disposições são válidas para a Faixa Piritosa no seu conjunto, onde havia minas que produziam prata e cobre, mas não para uma mina em concreto uma vez que muitas minas do sudoeste apenas possuíam níveis de cobre como, por exemplo, Aljustrel.

Também não nos parecem válidas as considerações sobre a possível extracção de ouro nestas mineralizações. Obviamente que nas minas de sulfuretos polimetálicos do sudoeste existe ouro na cobertura dos chapéus de ferro, em média 2 ppm Au, correspondente a uma concentração residual do ouro existente nos sulfuretos primários, contudo, estes teores eram impossíveis de beneficiar por fundição, salvo a possibilidade de serem detectadas partículas de ouro nativo, pelo que este minério estaria fora do alcance da metalurgia romana. Estes baixos teores de ouro apenas foram explorados na segunda metade do séc. XX, graças a modernos métodos metalúrgicos de cianuração e não foi possível em todas as minas, tendo-se circunscrito àquelas em que a massa do chapéu de ferro permitia o seu processamento, Tharsis, Riotinto e São Domingos entre outras. Por isso nos parece lógico que nas Tábuas de Aljustrel não seja feita referência à exploração do ouro.

Deveria existir uma pequena produção siderúrgica, por redução dos óxidos de ferro do chapéu de ferro, para abastecimento local das ferrarias que fabricavam os instrumentos necessários à mineração, ainda que não possamos assegurar, neste momento, que estas escórias sejam de época romana ou medieval. As escórias de ferro dos estratos baixo-medievais do Castelo de Aljustrel, confirmam a existência destas ferrarias mencionadas nas fontes documentais medievais.

A maioria das escórias romanas de Aljustrel são cupríferas e, pelo volume de escórias, Aljustrel seria o principal produtor de cobre da Faixa Piritosa em época romana. As análises mostram-nos os minerais reduzidos, em primeiro lugar os carbonatos de cobre, que aparecem na superfície de alguns sectores do escorial, em volta da Chaminé da Transtagana e na represa de água forte, justamente na zona próxima do conjunto de xistos cupríferos formados por lixiviação e cementação dos sulfuretos da massa de Algares. Juntamente com as formações avermelhadas do chapéu de ferro, estes carbonatos de cobre seriam os vestígios conhecidos dos primeiros trabalhos mineiros de época romana em Aljustrel, uma vez que a malaquite aparece em locais que marcam o início da mineração romana como, por exemplo, no Cerro da Mangancha. Em segundo lugar aparecem sulfuretos de cobre distintos, mas não exclusivamente os sulfuretos secundários da zona de enriquecimento supergénico como referido recorrentemente. Existe, contudo, uma relação directa entre a potência do escorial e as características dos minerais reduzidos. Assim, por exemplo, os minerais que aparecem nas escórias provenientes dos escoriais da zona da Cementação e no Poço Viana, que por vezes atingem 3 m de espessura, são sulfuretos de cobre ou sulfuretos de cobre-ferro com uma riqueza que ronda os 40% de cobre, enquanto nos pequenos mantos de escoriais da zona da Represa, antigo Laboratório e boca da mina, fundiu-se minério com teores mais baixos, entre eles sulfuretos primários em que o teor de cobre não atinge 0,5%. Também são interessantes as amostras F3 e CP3, com minerais complexos. A presença de antimoniacaís e arseniacaís aponta para uma mineração na zona de contacto entre a base do chapéu de ferro e os sulfuretos secundários, como parece ser confirmado pelo valor de barite, um mineral que predomina no chapéu de ferro.

Também não é de descartar a hipótese da produção de chumbo uma vez que, de acordo com as amostras AL1 e AL2, provenientes do escorial da área urbana da vila de Aljustrel, terão sido tratados sulfuretos de chumbo complexos, com pequenas quantidades de cobre, prata e estanho. Em relação a este aspecto devemos recordar que os únicos lingotes conhecidos de Aljustrel são de cobre e chumbo¹² e que algumas famílias existentes no território de Vipasca poderão estar relacionadas com o comércio do chumbo no mediterrâneo ocidental¹³.

Na verdade, de acordo com C. Bigagli, que refere a existência, durante o séc. I d.C., de uma rota marítima Oeste-Este utilizada para o comércio do chumbo hispânico, foi encontrado em Rena Maiore, costa norte da Sardenha (Itália), um carregamento naufragado que constava de 72 lingotes de chumbo provenientes de diversos locais da Hispânia sendo que, em 42 deles existe a contra-marca VAL.RVF. (Valérvs Rvfvvs) possuindo os outros lingotes as contra-marcas CHICHI e IMP. Para além deste conjunto, foram encontrados inúmeros lingotes que associam a *gens* Valeria ao comércio do chumbo, nomeadamente Valerivs Rectvs, Valerivs Severi e Valerivs Ablonis. É possível que haja uma relação daqueles 42 lingotes com a família mencionada na lápide tumular recolhida na necrópole do Farrobo (Aljustrel), que diz: “M(arco) VALERIO/ RVFO · VIRO/ M(arco) · VALERIO/ MARCELLO · F(ilio)/ M(arco) · VALERIO/ MARCELLO · NEP(oti)/ AGRIA RVFINA/ F(aciendum) C(uravit)/ H(ic) · S(iti) · S(unt) · V(obis) · T(erra) · L(evis)”¹⁴, e que os lingotes sejam provenientes de *Vipasca*. De acordo com os autores citados os nomes apresentam um carácter puramente romano, sendo que a onomástica é comum na região, estando ainda referenciado um importante núcleo da *gens* Valeria em Miróbriga (Santiago do Cacém), existindo ainda referências a esta *gens* nas vizinhanças da maior parte dos distritos mineiros da Serra Morena (Espanha).

A necrópole do Farrobo corresponde a uma *villa*, situada muito próximo de Aljustrel, cerca de 3 Km, cujo espólio aí recolhido indica claramente tratar-se de uma família abastada, tendo sido recolhida na sepultura nº 20 uma taça de cerâmica vidrada. Este vidrado, de cor verde, era obtido pela fusão do silicato de chumbo a que se juntou cobre, os dois materiais explorados na mina de *Vipasca*¹⁵.

De tudo isto podemos inferir que: i) foram explorados os sulfuretos secundários, que originaram os sectores mais potentes do escorial; ii) foram explorados os níveis de contacto entre sulfuretos secundários e primários sem continuidade; iii) que foram efectuados ensaios com o minério da zona de contacto entre o chapéu de ferro e os sulfuretos secundários, não tendo sido então obtidos os resultados esperados pelos exploradores. No entanto, sem que se proceda a sondagens estratigráficas ou escavações em área nos escoriais, não estamos em condições, neste momento, de atribuir uma cronologia a esses tipos de mineração.

O estudo das escórias romanas de Aljustrel leva-nos a reflectir sobre um dos capítulos mais sugestivos das Tábuas de Aljustrel do ponto de vista técnico¹⁶. Diversos artigos de VIP I referem-se ao imposto que abrange todos os produtos transaccionados no território da mina: sobre o ofício de pregoeiro público e a percentagem que podia cobrar pela intermediação das vendas de bens (*centesima* ou *duas centesimas*); sobre a exploração dos banhos e as suas obrigações; sobre os sapateiros; os barbeiros; os tintureiros; os encarregados das escórias e as

¹² A. VIANA, R. FREIRE D'ANDRADE, y O. DA VEIGA FERREIRA, (1954), “Minerações romanas de Aljustrel”, *Comunicações dos Serviços Geológicos do Portugal*, XXXV, 5-26.

¹³ CARLOTTA BIGAGLI, 2002, “Il commercio del piombo ispanico lungo le rotte attestate nel bacino occidentale del mediterraneo”, *Empuries*, 53, 155-194.

¹⁴ RUY FREIRE D'ANDRADE, 1959, “Uma lápide romana do Monte do Farrobo”, *Conimbriga*, I, 109-114; e JOSÉ D'ENCARNAÇÃO, 1984, *Inscrições romanas do Conventus Pacensis*, Coimbra, Inst^o de Arqueologia da Univ. de Coimbra, 199-201.

¹⁵ RUY FREIRE D'ANDRADE e O. DA VEIGA FERREIRA, 1967, Um vaso lusitano-romano com vidrado de chumbo, encontrado no Monte do Farrobo – Rio de Moinhos, *Revista de Guimarães*, 77 (1-2), 107-114.

¹⁶ C. DOMERGUE, *La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les Tables de Bronze de Vipasca*, Paris (1983).

pedreiras; o mestre-escola; e o pagamento do imposto sobre a ocupação dos poços de exploração mineira. Para o que nos diz respeito, um dos artigos mais importantes é o que se refere aos colonos mineiros que se dedicavam ao tratamento e aproveitamento das escórias (*scaurarii*) e ao aprovisionamento de materiais de construção (*testarii*). Alguns investigadores negaram a identificação dos *scauriae*, mencionados em VIP I, com as escórias de fundição, traduzindo o termo simplesmente como minério, ou propondo que se trataria do reaproveitamento de escórias de épocas anteriores. Os três produtos citados no artigo são, as escórias de prata (*scaurias argentarias*), pó de escória (*pulverem ex scaureis*) e minérios (*rutramina*) que se encontrariam nas escombrelas de escórias. Para o termo *rutramina*, C. Domergue prefere traduzir como concentrado de minério, o minério separado com ancinho (*rutrum*) mas, o termo “concentrado” possui em linguagem mineira conotações que implicam tratamento químico, o que não acontecia nesta época, sendo preferível classificá-lo como o minério limpo e separado da ganga.

Alguns investigadores negaram identificar o termo *scauriae*, do texto da VIP I, com as escórias de fundição, traduzindo-o simplesmente como minério, enquanto outros consideraram tratar-se do reaproveitamento de escórias de épocas anteriores. C. Domergue defende esta última hipótese, referindo o caso das escórias de Riotinto e Tharsis de época Tartéssica¹⁷, que ainda possuíam uma certa quantidade de prata (100 ppm Ag), referindo ainda a riqueza em cobre das escórias pré-romanas existentes em locais do mesmo período, como Cerro Muriano, com valores médios de 1 a 2% de cobre e que podiam ser recuperados pelos metalurgistas romanos. Como continuidade desta actividade nas minas hispânicas, cita o exemplo dos “*sacagéneros*” do distrito mineiro de Linares-La Carolina, que se dedicavam a refundir os materiais metalúrgicos romanos, ainda que se deva ter em conta que nestas minas não se processavam as escórias mas o litargirio (óxido de chumbo), muito abundante nos centros produtores de chumbo e prata¹⁸. Na sua opinião, terão sido estes escoriais pré-romanos de prata e cobre que foram explorados para a recuperação da prata e cobre remanescentes, no entanto, em Aljustrel não foram encontrados escoriais deste tipo.

No que respeita aos *testarii*, C. Domergue segue as teses de J. M^a Luzón, para quem os *testarii* seriam os pedreiros encarregues de abastecer as metalurgias de fundentes¹⁹.

Apesar dos argumentos aduzidos por C. Domergue, não cremos que a sua proposta se possa aplicar à mina de Aljustrel, onde não existem escoriais pré-romanos de prata e cobre. Parece-nos correcta a sua tradução de *scauriae* por escórias, contudo, não acreditamos que possam ter sido aproveitadas por redução-fundição, palavra que nem sequer aparece no texto de VIP I, apenas os sinónimos de trituração. Os ensaios efectuados por redução-fundição no século XX para reaproveitamento das escórias nunca deram resultado.

Entre os conhecidos, encontram-se os realizados na Mina de Cala (Huelva), em que se tentou aproveitar o cobre remanescente das escórias romanas com um ataque de ácido clorídrico, com o intuito de o recuperar em forma de sulfato de cobre, no entanto, perante os péssimos resultados obtidos o método foi abandonado. I. Pinedo Vara refere o processo seguido²⁰: “...En la antigua mina la O, muy próxima a la Sultana, había a principios de siglo unas 12.000 toneladas de estas escorias con una ley media de 0,80 por 100 Cu, que fueron beneficiadas en gran proporción, a partir de 1916 por el Sr. Ibarrola. Este ilustre profesional, que con escasos medios económicos previó y ensayó la recuperación parcial del azufre de las piritas por tostación reductora....Inicio el Sr. Ibarrola el tratamiento de estas ricas escorias

¹⁷ C. DOMERGUE, *La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les Tables de Bronze de Vipasca*....., 91.

¹⁸ C. DOMERGUE, (1971), “El Cerro del Plomo, mina El Centenillo (Jaén)”, *Noticiario Arqueológico Hispano*, XVI, 267-363.

¹⁹ J. M^a LUZÓN NOGUÉ, (1970), “Instrumentos mineros de la España Antigua”, *La Minería Hispana e Iberoamericana*, León, 233.

²⁰ I. PINEDO VARA, (1963), *Piritas de Huelva, su historia, su minería y su aprovechamiento*, Madrid, 491.

tostándolas en un horno de cuba semejante a los utilizados para la desulfuración de los hierros, inyectando a estos hornos gases calientes cargados de SO₂ y CLH, procedentes de otros hornitos más pequeños en los que tostaba azufrones con cierto grado de sal común; conseguía así que los compuestos insolubles de cobre pesaran a sulfatos y cloruros solubles. Regaba después las escorias tostadas y las lejías salientes por un canaleo de cementación para desalojar el cobre por el hierro de chatarras corroídas...”. Somente com processos de cianuração foi possível recuperar recentemente o ouro contido nas escórias, que apresentava concentrações maiores que no minério explorado no chapéu de ferro.

Portanto, não acreditamos que se esteja a descrever o reaproveitamento metalúrgico das escórias para recuperação do cobre que continham. Em nenhuma mina do sudoeste ibérico se aproveitaram as escórias, a não ser para a sua utilização como fundentes nos locais de tratamento durante os séculos XVIII e XIX, devido às suas percentagens de sílica e ferro (silicatos de ferro e faialitas). Desde 1750, técnicos alemães contratados por S.Tiquet, introduziram em Riotinto novos tipos de fornos, onde a escória romana se tornou no fundente preferido. Em 1840, na época de exploração do Marquês de Remisa, estes fornos recebiam uma carga de 1.140 Kg de minério calcinado, 1.600 Kg de escórias romanas como fundente e 1.370 Kg de carvão, com que se obtinha entre 70 e 80 Kg de cobre negro²¹. F. Bernáldez explica-nos assim o carregamento destes fornos em 1853: “...En los hornos de fundición se tratan, o bien las cáscaras, o bien los minerales de dos beneficios (es decir, dos veces calcinados y sometidos a la disolución) mezclados con papucha y la escoria de afino; en los dos casos se emplea como fundente las escorias antiguas de cobre, que son unos silicatos bastante ácidos para separar el hierro que aún contiene tanto la cáscara como el mineral...”²².

Convém referir também que não existe nenhuma prova que suporte a hipótese de que os *testarii* estariam encarregues das pedreiras (*lapicaedinae*) para obtenção de fundentes para os fornos. A palavra *testa* está relacionada com ladrilhos e outros materiais de construção e os *testarii* seriam os que forneciam pedra e ladrilhos aos pedreiros. A quantidade de sílica extraída para obtenção daquela quantidade de escórias (25% em média), teria que ser enorme pelo que, as pedreiras daí resultantes teriam deixado a sua marca na paisagem e não conhecemos, no sudoeste, nenhuma mina com uma pedreira importante. A obtenção da sílica terá sido realizada, como em épocas moderna e contemporânea, a partir do reaproveitamento das escórias (silicatos de ferro), podendo esta ser uma primeira explicação para o trabalho dos *scaurarii*.

Mas, a melhor prova que possuímos sobre o interesse que despertava o reaproveitamento dos restos de fundição em época romana, é a disposição das escórias nas escombrelas. Não se trata, como seria de supor, de um despejo incontrolado, sem qualquer intenção que não fosse a eliminação simples dos materiais de desperdício. Nas fotos de satélite dos escoriais de Aljustrel, podemos distinguir em alguma áreas, estruturas em xadrez (Fig. 5a e 5b).

São particularmente interessantes as que se encontram no Azinhal junto à ribeira de Feitais, próximo da *officina* escavada pela Universidade de Toulouse²³, bem como nas proximidades da massa de São João. À superfície não se encontra nenhum vestígio, contudo, graças a um corte efectuado no escorial do Azinhal, podemos apercebermo-nos a que correspondem essas imagens. Essas estruturas em grelha devem-se à construção de muros de escórias longitudinais e transversais (Fig. 6).

²¹ L.V. SALKIELD, (1987), *A technical history of the Rio Tinto mines: some notes on exploitation from pre-Phoenician times to the 1950s*, London, 28.

²² F. BERNÁLEZ, (1853), “Metalurgia del cobre en Riotinto en 1853”, *Revista Minera*, IV, 256.

²³ B. CAUJET, C. DOMERGUE, C. DUBOIS, R. PULOU, y F. TOLLON, (1999), “La production de cuivre dans la province romaine de Lusitanie. Un atelier de traitement du minerai à Vipasca”, *Économie et territoire en Lusitanie romaine*, Collection de la Casa de Velázquez, 65, Madrid 279-306.

A partir destes muros de escórias, de secção triangular, vão sendo formados tanques, cuja solidez se obtém colocando na sua base lajes de xisto em cunha. O interior desses tanques vai sendo preenchido com as sobras das cargas dos fornos, formadas basicamente por carvão e minério não completamente fundido, como se pode observar no referido corte do escorial. Nas proximidades destes tanques existe, ainda hoje, um pequeno canal, onde iria parar a água filtrada proveniente dos tanques.



Fig. 5a) e 5b) – Foto aérea (Google) dos escoriais do Azinhal ainda existentes, onde se pode ver a malha dos tanques de lixiviação.



Fig. 6 – Corte longitudinal dos escoriais do Azinhal, onde se pode ver a forma de deposição das escórias para a formação de tanques.

Esta deposição intencional das escórias lembra os tanques de cementação que se encontram em toda as minas do sudoeste. Este método consistia em regar o minério de baixo teor, previamente calcinado ao ar livre, com água ácida proveniente da mina; a água lixiviava o cobre, fazendo-o precipitar nos tanques onde se encontrava sucata de ferro, produzindo-se uma reacção química que libertava o cobre (cáscara) enquanto o ferro, com algum cobre, se depositava no fundo dos tanques. Este método, conhecido como Cementação Artificial, permitia um melhor aproveitamento do minério marginal de cobre, de baixo teor, para tratá-los directamente por redução. Anteriormente, o aproveitamento do cobre dissolvido nas águas provenientes da mina era feito por Cementação Natural, recolhendo-se o cobre que se precipitava e cementava nestes canais. O cobre obtido por cementação natural era mais puro e a sua riqueza é referida nas análises realizadas em Riotinto em cálculos comparativos: “*La cáscara de cementación natural obtenida en el caño de desagüe, pasa desde luego por ser más pura. Al afino de las copelas alemanas su composición es: Cobre, 94,680; Hierro, 3,979; Silicato férrico y pérdida, 1,341*”²⁴.

O aproveitamento do cobre que cementava nesses tanques, procedente da lixiviação do cobre remanescente nas escórias e dos restos dos fornos, pode ser outra linha de explicação do trabalho destes *scaurarii*. A lixiviação é, neste momento, a única forma conhecida de aproveitar o cobre remanescente nas escórias porque, devemos lembrarmo-nos, o cobre da escória se lixivia, como referimos atrás, a propósito dos escoriais de Aljustrel e Riotinto. Faz mais sentido considerar este reaproveitamento do cobre das escórias por cementação natural que por refundição, de que não conhecemos exemplos em explorações modernas e contemporâneas nestas minas.

O trabalho destes *scaurarii* deveria assemelhar-se muito ao referido no Real Asiento de Riotinto por companhias privadas em meados do séc. XIX: “...*las aguas de la mina, que contribuyen, combinada su acción con la del oxígeno del aire, a oxidar las piritas, disuelven los sulfatos de cobre y de hierro y corren cargadas de estas sustancias a la parte inferior de las labores de la mina, y salen por un socabón a reunirse con las aguas de los ríos.....Hace pocos*

²⁴ F. BERNÁLEZ, “Metalurgia del cobre en Riotinto en 1853, *Revista Minera*, IV, 255.

años que una empresa particular ha contratado a la de las minas los sulfatos que pueden extraerse por los pozos de la mina en estado sólido...”²⁵. O surpreendente é que este método, de lixiviação-cementação para recuperação do cobre das escórias, poderá ter sido utilizado já em época romana.

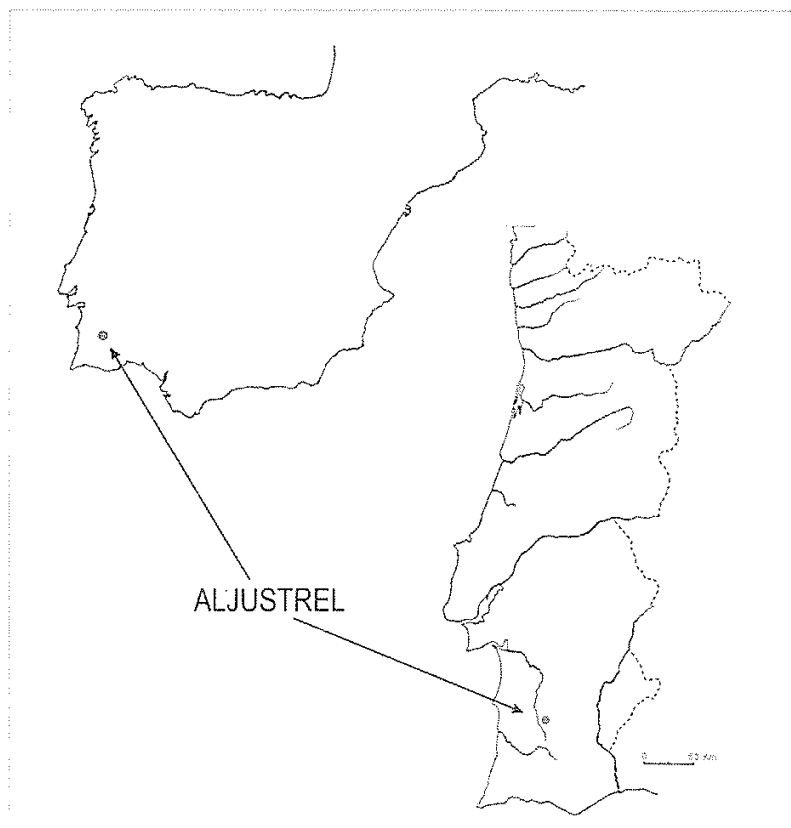


Fig. 7 – Localização de Aljustrel em Portugal e na Península Ibérica.

²⁵ L. DE ESCOSURA, (1845), "De la fundición de los minerales de las minas de Rio Tinto", *Anales de Minas*, III, 353.