
Um novo vestígio da prática da metalurgia no Castelo Velho de Safara (Moura)

ANTÓNIO M. MONGE SOARES¹
PEDRO VALÉRIO¹
MARIA DE FÁTIMA ARAÚJO¹

R E S U M O

A prática da metalurgia do cobre arsenical durante a ocupação do Calcolítico Pleno/Final, bem como a da copelação da prata durante a II Idade do Ferro ou em época Romana, tinham já sido identificadas no Castelo Velho de Safara (Moura). Uma mancha de um material cinzento-escuro, provavelmente escória, aderente à face interna do fundo de um vaso cerâmico de tipologia comum em contextos da II Idade do Ferro, constitui mais um vestígio metalúrgico deste sítio arqueológico. Este material escorificado foi caracterizado através das espectrometrias de Fluorescência de Raios X e de Micro Fluorescência de Raios X, Dispersivas de Energias, o que permitiu identificar a operação metalúrgica que lhe deu origem. A composição da escória indicia uma operação de redução de minérios de chumbo, a qual terá necessariamente ocorrido a temperaturas elevadas ($\approx 1000^{\circ}\text{C}$). Contudo, a ausência de quaisquer marcas de vitrificação ou escorificação na pasta cerâmica indica que o artefacto não terá participado directamente na referida operação metalúrgica.

A B S T R A C T

The presence of metallurgical operations associated with arsenical copper alloys during the Full/Late Copper Age, as well as, the cupellation of silver during the Late Iron Age or Roman occupation at Castelo Velho de Safara (Moura, Portugal) have already been identified. A slag like material on the inner surface of a ceramic pot bottom, probably belonging to the Late Iron Age, constitutes an additional metallurgical remain from this archaeological site. This material was analysed by Energy Dispersive X-Ray and Micro X-Ray Fluorescence spectrometries in order to determine its superficial compounds. The slag composition points out to the smelting of lead ores which inevitably takes place at high temperatures ($\approx 1000^{\circ}\text{C}$). However the ceramic body do not show any signs of vitrification or slagging which indicates that this ceramic artefact had no direct participation on the smelting operation.

1. Introdução

O Castelo Velho de Safara situa-se na freguesia de Safara (concelho de Moura), na margem esquerda do Ardila, afluente do Guadiana (Fig. 1). Este sítio arqueológico de habitat com duas ocupações — uma do Calcolítico Pleno/Final e outra da II Idade do Ferro, que se prolonga pela Época Romana, até ao século I d.C. — foi já objecto de alguns estudos e publicações (Soares, Araújo e Cabral, 1985; Soares, Araújo, Alves e Ferraz, 1996; Soares, 2001; Costa, 2001).

Os trabalhos arqueológicos efectuados no Castelo Velho de Safara tinham proporcionado, por um lado, um fragmento de cadinho com vestígios de arsénio e um nódulo de pirite cimentando cristais de arsenopirite (este encontrado em estratigrafia) e, por outro, um fragmento de cadinho de fundo plano, pouco profundo e que apresenta a superfície interna coberta por escória em cuja composição entram o chumbo e a prata e, como impureza, o cobre, além de alguns restos de litargírio (monóxido de chumbo). Estes vestígios indiciam, respectivamente, as práticas da metalurgia do cobre arsenical e da metalurgia da prata, designadamente da técnica da copelação. As metalurgias em causa seriam atribuíveis à ocupação calcolítica, a primeira, e à da Idade do Ferro ou romana, a segunda (Soares, Araújo e Cabral, 1985). Fragmentos de materiais

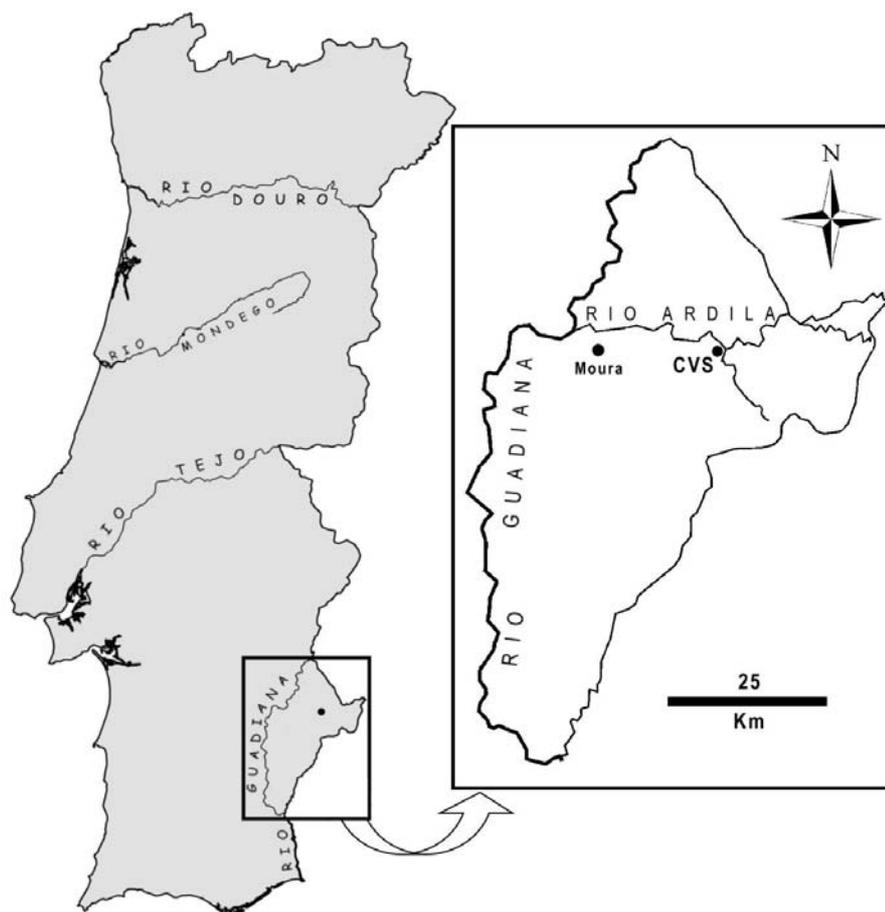


Fig. 1 Localização do sítio arqueológico do Castelo Velho de Safara no território nacional.

vitrificados, muito porosos e leves, também encontrados em prospecção superficial, foram atribuídos ao revestimento de uma fornalha metalúrgica, possivelmente daquela onde se procedia à copelação da prata (Soares, Araújo e Cabral, 1985, p. 93).

Posteriormente ao estudo e conseqüente identificação destes vestígios metalúrgicos, há alguns anos, quando se preparavam os materiais recolhidos (a maior parte em prospecção superficial) no Castelo Velho, a fim de ingressarem nas reservas da Extensão do IPA de Castro Verde, verificou-se a existência de um fundo de um vaso de cerâmica que apresentava, em parte da sua face interna, alguma escória aderente (Fig. 2). A análise do artefacto em causa, bem como da referida escória e a interpretação que se poderá fazer deste vestígio metalúrgico constitui o objecto desta nota.

2. O fundo de cerâmica

Ao contrário do que se poderia julgar, numa primeira abordagem ao artefacto, não se trata de um fragmento de cadinho, mas sim, muito provavelmente, de um fragmento de um fundo de um vaso de cerâmica, feito à mão, de corpo hemisférico ou a tender para o ovóide (Fig. 3), vulgar em contextos da II Idade do Ferro, onde aparece sem qualquer associação a contextos metalúrgicos específicos.



Fig. 3 Fundo do vaso cerâmico do Castelo Velho de Safara (Moura).

A pasta é de cor cinzento-esverdeada, com alguns e.n.p. quartzosos de grão médio; a superfície interna é de cor acastanhada, enquanto que a externa é castanha-avermelhada (Fig. 4). Não é perceptível qualquer vitrificação da superfície interna e, muito menos, da superfície externa. A superfície interna, no entanto, apresenta aderente uma mancha de um material cinzento-escuro, com algumas regiões mais espessas de cor negra e de superfície irregular, com orifícios e vesículas semidestruídas, indicativos de um material que teria estado liquefeito, com uma determinada viscosidade, e que ao solidificar (no fundo cerâmico) teria libertado gases, que provocaram o aspecto de escória atrás referido.



Fig. 2 Superfície interna do fundo de vaso cerâmico com escória aderente. Note-se a superfície irregular desta, com algumas vesículas semi-destruídas, e a ausência de escória na zona mais central do fundo.



Fig. 4 Perfil lateral do fundo cerâmico (1 - escória negra; 2 - pasta cinzento-esverdeada (fractura no arranque da parede do vaso); 3 - exterior do fundo de cor castanha-avermelhada).

3. Análise química elementar

Com o fim de caracterizar o material aderente ao fundo do vaso e deste modo identificar a prática metalúrgica que lhe deu origem, o artefacto foi analisado por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias, utilizando um espectrómetro convencional (EDXRF) e um portátil (Micro-EDXRF). Este último permite analisar uma área muito pequena do artefacto, aproximadamente circular com um diâmetro de 70 μm (Bronk et al., 2001), sendo particularmente útil quando se analisam superfícies muito heterogêneas, como é o caso da face interna do fragmento cerâmico do Castelo Velho de Safara. A técnica analítica utilizada permite a caracterização química multielementar e não invasiva, sendo, por isso, amplamente utilizada em estudos que envolvem o Património Cultural (Janssens et al., 2000; Mantler e Schreiner, 2000). As suas características incluem, ainda, uma elevada sensibilidade relativa aos elementos normalmente presentes em ligas metálicas, bem como em vestígios de operações metalúrgicas.

3.1. Fluorescência de raios X, dispersiva de energias

As análises foram efectuadas num espectrómetro comercial de fluorescência de raios X (KeveX 771). O sistema de excitação é constituído por uma ampola de ródio (200 W) e diversos alvos secundários e filtros apropriados. Os elementos químicos presentes na amostra são identificados através dos raios X característicos induzidos por um feixe de radiação electromagnética. Os raios X emitidos pela amostra são colimados a 90° e medidos num detector de Si(Li), com uma resolução de 175 eV para uma energia de 6,4 keV (Fe- K_α).

No caso em apreço, foram efectuados diversos ensaios, quer na superfície interior, quer na exterior do artefacto, utilizando-se para tal a radiação directa da ampola de ródio (4,0 kV e 0,5 mA) e as radiações características dos alvos secundários de ferro (20 kV e 2,0 mA), prata (35 kV e 1,5 mA) e gadolínio (57 kV e 2,0 mA). As análises foram efectuadas em vácuo e com um tempo de acumulação de 500 s.

A análise semi-quantitativa foi realizada com o programa EXACT (KeveX, 1990), utilizando o método dos parâmetros fundamentais e coeficientes de calibração experimentais obtidos através da medição de padrões de referência (*British Chemical Standard 387* e *BNF Metals Technology Centre C50-01*).

3.2. Microfluorescência de raios X, dispersiva de energias

As análises por micro-fluorescência de raios X foram realizadas num espectrómetro *ArtTAXPro*, constituído por uma ampola de raios X de Mo e um sistema para posicionamento do feixe na área seleccionada da amostra – câmara fotográfica CCD e três diodos de luz com resolução espacial de 70 μm . Os raios X característicos emitidos pela amostra são recolhidos num detector de Si com uma resolução de 160 eV para uma energia de 5,9 keV (Mn- K_α).

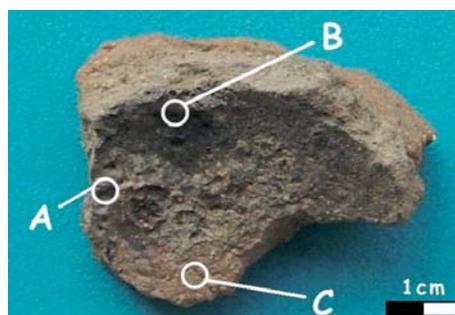


Fig. 5 Áreas analisadas por micro-EDXRF na superfície interna do fundo cerâmico (A - “nódulo metálico”; B - região de cor negra; C - superfície cerâmica).

Foram efectuados diversos ensaios na superfície interna do artefacto, utilizando uma diferença de potencial de 40 kV e uma intensidade de corrente de 0,6 mA durante 200 s (tempo de acumulação). Deste modo, foram analisadas três zonas diferentes da face interna (Fig. 5): área A – “nódulo metálico”; área B – região com escória de cor negra, com orifícios e vesículas semi-destruídas e área C – superfície cerâmica sem quaisquer vestígios de material aderente.

4. Resultados e discussão

As análises efectuadas nas faces externa e interna do fundo cerâmico permitem concluir que esta última se encontra enriquecida em chumbo, estanho e cobre (Fig. 6).

Este enriquecimento é resultado do material que lhe está aderente, com aspecto de escória, e cuja análise semi-quantitativa provou ser rico em ferro e chumbo. Foram igualmente detectados vestígios de cobre, zinco e estanho (Quadro I).

Quadro I. Resultados da análise semi-quantitativa por EDXRF do material aderente ao interior do fundo cerâmico do Castelo Velho de Safara (valores em %, vest. - vestígios)					
Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO
15	28	~3	16	~4	~1
FeO	PbO	Cu	Zn	Sn	
26	~7	vest.	vest.	vest.	

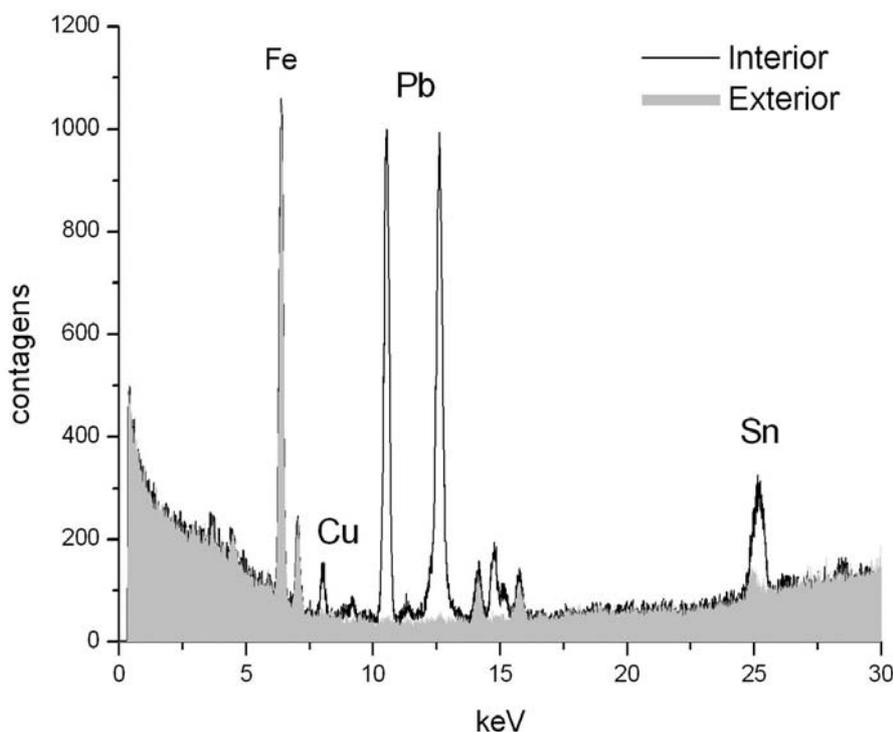


Fig. 6 Espectros de EDXRF das superfícies externa (a cheio) e interna do fundo cerâmico.

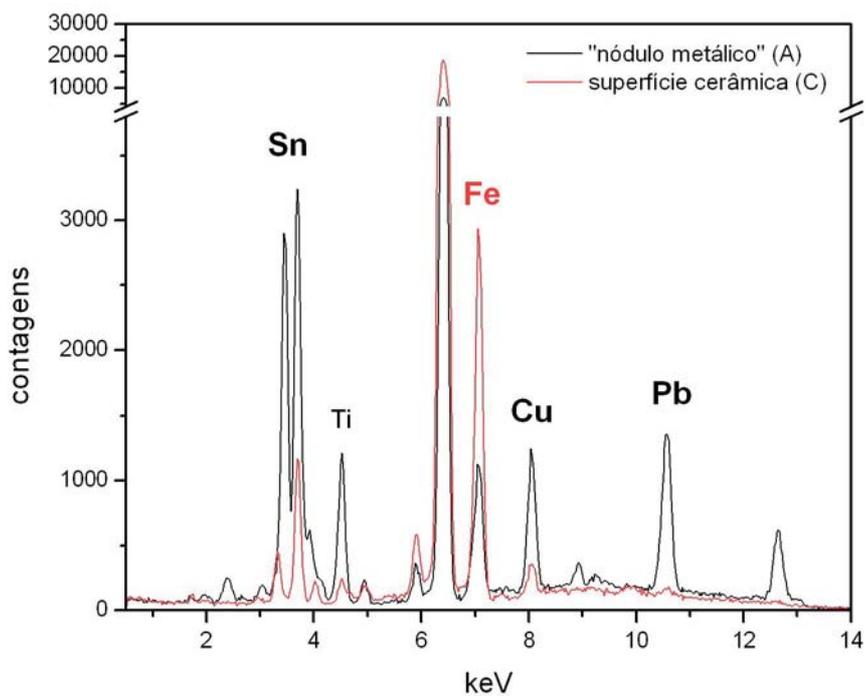


Fig. 7 Espectros de micro-EDXRF do “nódulo metálico e da superfície cerâmica.

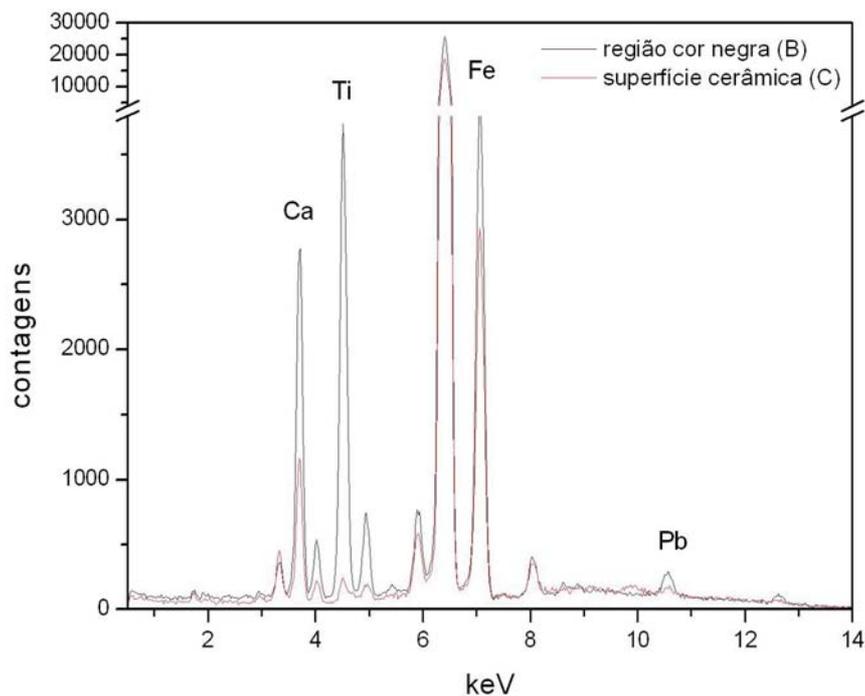


Fig. 8 Espectros de micro-EDXRF da região com escória de cor negra, com orifícios e vesículas semidestruídas e da superfície cerâmica.

No entanto, tendo em consideração o aspecto heterogéneo da escória, bem como a sua distribuição também não homogénea na face interna do fundo cerâmico, esta foi analisada em vários pontos por micro-EDXRF, por forma a identificar a origem do elevado teor em ferro anteriormente detectado, isto é, se provinha da escória ou do material cerâmico. As diversas micro-análises efectuadas permitiram confirmar a heterogeneidade composicional da escória, como aliás é comum neste tipo de materiais (Hunt Ortiz, 1996). O “nódulo metálico” (Fig. 5, área A) apresenta teores significativamente elevados de estanho, ferro, chumbo e cobre (Fig. 7). Na mesma figura podemos igualmente observar o enriquecimento em titânio deste “nódulo metálico” face à superfície cerâmica (Fig. 5, área C). Por outro lado, a região de cor negra, com orifícios e vesículas semi-destruídas (Fig. 5, área B) apresenta uma composição claramente distinta do “nódulo metálico” anterior, mantendo, no entanto o elevado teor em ferro e um ligeiro enriquecimento em chumbo face à superfície cerâmica (Fig. 8). Apresenta ainda um enriquecimento em titânio e cálcio relativamente à composição da cerâmica.

Deverá salientar-se que o elemento ferro existe sempre em concentrações elevadas, ou seja, trata-se efectivamente de uma escória rica em ferro (ver Quadro I). Este elemento foi identificado em concentrações *grosso modo* similares, quer na região de cor negra (área B), quer no fundo cerâmico (área C). No entanto, na primeira área esse elemento resulta da substância aderente ao fundo do vaso, enquanto que, na segunda, corresponde a um componente da argila com que foi feito o vaso cerâmico.

Perante os resultados aqui apresentados, poderá, desde logo, concluir-se que no fragmento de fundo cerâmico existe um vestígio de uma determinada operação metalúrgica, muito provavelmente uma associada à metalurgia do chumbo.

Como já se referiu, a metalurgia de prata tinha já sido atestada na ocupação sidérica ou romana do Castelo Velho de Safara. Embora a metalurgia da prata surja na Península Ibérica a partir do Bronze Pleno, apenas a partir do Período Orientalizante ou um pouco antes, por influências exógenas, esta metalurgia surge intimamente associada à do chumbo (Hunt Ortiz, 2003; Hunt Ortiz e Hurtado Pérez, 1999; Gómez Ramos, 1999), como provam igualmente outros estudos em território nacional, como por exemplo na Quinta do Almaraz (Valério et al., 2003; Araújo et al., 2004). Essa associação resulta da introdução na Península da técnica da copelação, a qual se baseia na afinidade da prata para com o chumbo durante os processos iniciais de ustulação e redução do minério. Um dos minerais de chumbo mais vulgares é a galena (sulfureto de chumbo), a qual normalmente contém teores significativos de prata. Quando a concentração de prata é relativamente elevada, como é o caso da galena argentífera, o minério torna-se economicamente importante tendo em vista a extracção da mesma. Após a ustulação das galenas argentíferas e da subsequente operação de “smelting” (redução), a prata pode separar-se facilmente do chumbo através da copelação, operação durante a qual se produz a oxidação do chumbo, formando-se litargírio (monóxido de chumbo), o qual vai sendo retirado à medida que se produz, para, no fim, restar apenas um glóbulo de prata. Note-se que a liquefacção do chumbo, com um ponto de fusão muito mais baixo que o da prata, favorece a purificação desta — o chumbo tem um ponto de fusão de 327°C, enquanto que para a prata o ponto de fusão é de 961°C (Tylecote, 1976, p. 168).

Por outro lado, certos minérios de prata podem não conter a quantidade necessária de chumbo para que num processo de “smelting” se forme um régulo de chumbo-prata, susceptível de uma posterior copelação. Neste caso, como sucederá com as jarosites argentíferas, exploradas durante a Época Romana, por exemplo, nas minas da Faixa Piritosa Ibérica, o metalurgista ver-se-ia obrigado a juntar chumbo à primeira carga do forno para permitir a formação do régulo de chumbo-prata (Pérez Macías, 1996; Domergue, 2002).

O chumbo, que se pode considerar, assim, como um subproduto da metalurgia da prata torna-se, no entanto, a partir da época romana, ou mesmo antes, de importância relevante, dada a sua larga utilização em diferentes tipos de artefactos, designadamente canalizações, estatuária, etc., além de ser um componente das ligas ternárias de bronze (Cu + Sn + Pb) e das baixelas de peltre (Sn + Pb), vulgarizadas também a partir dessa altura. Poderá, por isso, considerar-se que, desde essa época, existe uma metalurgia independente de chumbo.

Tendo por objectivo interpretar o vestígio metalúrgico proveniente do Castelo Velho de Safara deverá, também, ter-se em atenção que uma operação de “smelting” ocorre a temperaturas da ordem dos 1000°C ou superiores e que dela resultam escórias de composição muito diversificada, como resultado do tipo de minério, da ganga que o acompanha e do eventual fundente adicionado, mas que, no entanto e normalmente, têm como componente básico a faialite (silicato de ferro), acompanhada de outros elementos químicos que podem constituir indícios do metal extraído. As escórias de “smelting” apresentam, por conseguinte e em geral, composições altas em ferro e baixas em metais não ferrosos. Por exemplo, a presença de cobre, na ausência de outros elementos metálicos não ferrosos, é indicativa de uma operação para obter aquele metal, assim como, a presença de chumbo, como elemento menor, embora acompanhada de vestígios de outros metais como o cobre, o zinco e/ou a prata, poderá ser indicativa de uma operação de “smelting” de minerais de chumbo (da galena, por exemplo) (Bachmann, 1982).

Além destas escórias originárias da redução inicial do minério, existem, também, as escórias de cadinho, resultantes das operações posteriores de fusão de metais, as quais, ao contrário das anteriores, tendem a ter altos teores em metais não ferrosos (designadamente do metal ou da liga metálica objecto de fusão) e baixos teores em ferro. Existem dois tipos de escória de cadinho: i) a escória interna, formada como resultado da reacção dos óxidos metálicos da matéria fundida e os constituintes do cadinho, principalmente sílica — forma-se um silicato complexo, normalmente contendo ferro e o metal fundido ou metais da liga fundida; e ii) a escória exterior (do cadinho) causada pela reacção das cinzas do combustível (madeira, habitualmente) com a argila do cadinho a altas temperaturas e em que, por vezes, é adicionado algum metal ou metais fundidos como resultado de salpicos durante a fusão ou durante o vazamento (Tylecote, 1976; Bachmann, 1982).

Perante este panorama, necessariamente muito abreviado, das operações metalúrgicas básicas e dos produtos resultantes, como interpretar o vestígio metalúrgico do Castelo Velho objecto deste estudo? Já atrás se disse que, muito provavelmente, estará ligado à metalurgia do chumbo. No entanto, o facto de não se ter detectado prata não o exclui desde logo de uma conexão com a metalurgia deste metal, aliás já anteriormente identificada neste sítio. De facto, escórias resultantes da redução de jarosites para produção de prata provenientes de diversos sítios do Sudoeste peninsular, demonstraram possuir um baixo teor em prata (0,01% a 0,14%), bem como uma composição química notavelmente semelhante à escória do Castelo Velho (silício entre 9,53% e 33,3%, ferro entre 16,8% e 32,2%, cobre entre 0,03% e 0,1%, chumbo entre 1,3% e 5,55% e bário entre 0,8% e 27,6%) (Hunt Ortiz, 1996).

Em todo o caso, se se trata de uma escória, deverá resultar de uma operação de “smelting” e não de uma operação de fusão/vazamento. Isto, porque se se tratasse de uma operação de fusão/vazamento de chumbo a temperatura atingida seria apenas de algumas (pocas) centenas de graus (recorde-se que o ponto de fusão do chumbo é de 327°C), não susceptível de formação de uma escória, nem, muito menos, como acontece no nosso caso, de uma escória com um alto teor em ferro. Segundo Tylecote (1976, p. 61), uma escória arqueológica resultante de uma ope-

ração de “smelting” de galenas da célebre mina de Laurion (Grécia) apresentou uma composição não muito distinta da escória do Castelo Velho: PbO - 10,7%; SiO₂ - 33,8%; CaO - 13,8%; FeO - 15,2%; Ag - 0,06%; Zn - 5,4%; Al₂O₃ - 3,9%.

Como se referiu atrás, uma escória forma-se a temperaturas da ordem dos 1000°C ou superiores. O fragmento cerâmico que contem a escória atribuímo-lo a um fundo de um vaso que não aparece associado a contextos metalúrgicos mas que, porventura, poderia ter sido usado como cadinho numa operação de fusão do chumbo. No entanto, ele não possui resíduos de uma operação de fusão, mas sim de uma operação de “smelting”. Por outro lado, se tivesse participado directamente numa operação deste tipo, devido às temperaturas envolvidas, teriam ocorrido fenómenos de vitrificação na pasta cerâmica. No entanto, não se verifica qualquer vitrificação na superfície interna do fundo (existe uma pequena zona não coberta pela escória), nem na pasta cerâmica, mesmo naquela em contacto com a escória e, muito menos, na superfície exterior do fundo, que se apresenta de cor castanho-avermelhada (Fig. 4). Deste modo, o material cerâmico não pode ter estado directamente envolvido na operação de “smelting”, embora a face interna do artefacto apresente vestígios de escória, a qual pode meramente resultar de um salpico (em estado líquido) durante uma operação de redução de um minério de chumbo, por exemplo de uma galena, minério existente em áreas mineiras não muito distantes do Castelo Velho de Safara, como é o caso das jazidas da Serra da Preguiça (Gomes, Barros e Araújo, 1958).

5. Conclusões finais

Já anteriormente tinha sido atestada a metalurgia da prata durante a ocupação sidérica e/ou romana do Castelo Velho de Safara. O novo vestígio arqueometalúrgico agora dado a conhecer, analisado fazendo uso de técnicas analíticas não invasivas e multielementares, deverá estar relacionado com a metalurgia do chumbo praticada na época anteriormente referida. Quer uma, quer outra metalurgia, que geralmente se encontram associadas e que terão sido praticadas no Castelo Velho, indiciam a utilização de minérios de chumbo e argentíferos de áreas mineiras que lhe são próximas, como é o caso da Serra da Preguiça e, talvez também, da zona mineira de Barancos.

O exame macroscópico, bem como a análise elementar do resto metalúrgico e do fragmento cerâmico a que aquele se encontra aderente indiciam que o artefacto cerâmico não terá participado directamente na operação metalúrgica atrás referida, uma vez que a escória terá tido origem numa operação de “smelting” a temperaturas muito elevadas (da ordem dos 1000°C ou superiores) e o fragmento cerâmico não apresenta quaisquer marcas (vitrificação/escorificação) de ter sofrido temperaturas de tal ordem.

Agradecimentos

Os ensaios de espectrometria de microfluorescência de raios X, dispersiva de energias, foram efectuados na Unidade de Investigação “*Vidro e Cerâmica para a Arte*”, associado ao Departamento de Conservação e Restauro da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, a cujos responsáveis se agradece as facilidades concedidas.

NOTAS

- ¹ Departamento de Química
Instituto Tecnológico e Nuclear
Estrada Nacional 10
2686-953 Sacavém

BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, M.F.; BARROS, L.; TEIXEIRA, A.C.; MELO, A.A. (2004) - EDXRF study of prehistoric artefacts from Quinta do Almaraz (Cacilhas, Portugal). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. Amsterdam. 203, p. 741-746.
- BACHMANN, H.-G. (1982) - *The identification of slags from archaeological sites*. London: Institute of Archaeology.
- BRONK, H.; ROHRS, S.; BJEUMIKHOV, A.; LANGHOFF, N.; SCHMALZ, J.; WEDELL, R.; GORNY, H.E.; HEROLD, A.; WALDSCHLAGER, U. (2001) - ArtTAX - A new mobile spectrometer for energy-dispersive micro X-ray fluorescence spectrometry on art and archaeological objects. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. Berlin-Heidelberg. 371:3, p. 307-316.
- COSTA, T.R. (2001) - *A cerâmica cinzenta do Castelo Velho de Safara (Moura)*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (policopiado).
- DOMERGUE, C. (2002) - La mina romana de Aljustrel (Portugal) y el patrimonio minero a principios del tercer milenio. In BRANDÃO, J. M., ed. - *Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e Mineiro*. Lisboa: Museu do Instituto Geológico e Mineiro, p. 231-238.
- GOMES, A. A. R.; BARROS, J. J. O.; ARAÚJO, C. (1958) - Formações zincíferas da Serra da Preguiça. *Estudos, Notas e Trabalhos*. Lisboa. 13:1-2, p. 3-20.
- GÓMEZ RAMOS, P. (1999) - *Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica*. Oxford: Archaeopress.
- HUNT ORTIZ, M. A. (2003) - *Prehistoric mining and metallurgy in south west Iberian peninsula*. Oxford: Archaeopress.
- HUNT ORTIZ, M. A. (1996) - Nuevos datos sobre la metalurgia de la plata en el Suroeste de la Península Ibérica. In GAMITO, T. J., ed. - *Actas do II Encontro de Arqueologia do Sudoeste Peninsular*. Faro: Universidade do Algarve, p. 167-176.
- HUNT ORTIZ, M. A.; HURTADO PÉREZ, V. (1999) - Suroeste. In DELIBES DE CASTRO, G.; MONTERO RUIZ, I., eds. - *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica. II. Estudios regionales*. Madrid: Instituto Universitario Ortega y Gasset, p. 275-331.
- KEVEX (1990) - *KeveX XRF toolBox II reference manual*. USA: Kevex Instruments, 2, p. 50-61.
- JANSSENS, K.; VITTIGLIO, G.; DERAEDT, A.; AERTS, B.; VEKEMANS, B.; VINCZE, L.; WEI, F.; DERYCK, I.; SCHALM, O.; ADAMS, F.; RINDBY, A.; KNÖCHEL, A.; SIMIONOVICI, A.; SNIGIREV, A. (2000) - Use of microscopic XRF for non-destructive analysis in art and archaeometry. *X-Ray Spectrometry*. Chichester. 29, p. 73-91.
- MANTLER, M.; SCHREINER, M. (2000) - X-ray fluorescence spectrometry in art and archaeology. *X-Ray Spectrometry*. Chichester. 29, p. 3-17.
- PÉREZ MACÍAS, J.A. (1996) - *Metalurgia extractiva prerromana en Huelva*. Huelva: Universidad.
- SOARES, A.M.M. (2001) - O Castelo Velho de Safara. Notícia preliminar. *Vipasca*. Aljustrel. 10, p. 57-64.
- SOARES, A. M. M.; ARAÚJO, M. F.; ALVES, L.; FERRAZ, M. T. (1996) - Vestígios metalúrgicos em contextos calcolíticos e da Idade do Bronze no Sul de Portugal. In *Miscellanea em Homenagem ao Professor Bairrão Oleiro*. Lisboa: Colibri, p. 553-579.
- SOARES, A. M. M.; ARAÚJO, M. F.; CABRAL, J. M. P. (1985) - O Castelo Velho de Safara: vestígios da prática da metalurgia. *Arqueologia*. Porto. 11, p. 87-94.
- TYLECOTE, R.F. (1976) - *A history of metallurgy*. London: The Metals Society.
- VALÉRIO, P.; ARAÚJO, M. F.; MELO, A. A.; BARROS, L. (2003) - Archaeometallurgical studies of pre-historical artefacts from Quinta do Almaraz (Cacilhas, Portugal). In *Proceedings of the Archaeometallurgy in Europe Conference, Milan, Italy, 24-26 September 2003, 1*. Milano: Associazione Italiana di Metallurgia, p. 327-336.