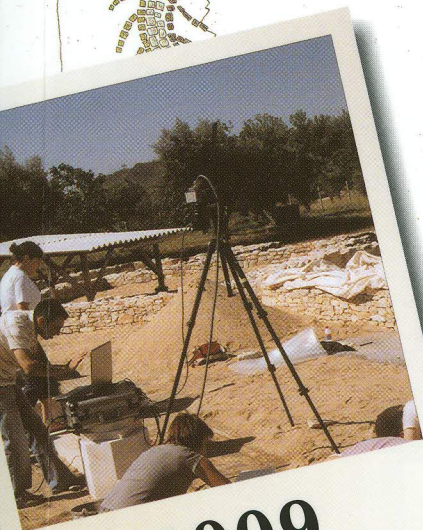


# ACTAS

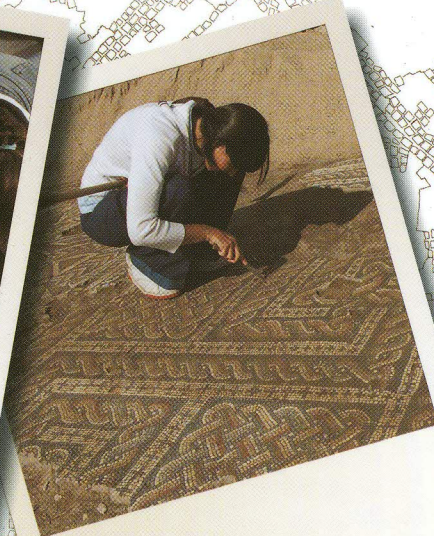
ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE  
CIÊNCIA E NOVAS  
TECNOLOGIAS APLICADAS  
À ARQUEOLOGIA NA VILLA  
ROMANA DO RABAÇAL,  
PENELA, TERRAS DE SICÓ,  
PORTUGAL



2009



10 e 11 de Julho



■ Rabaçal

villa romana

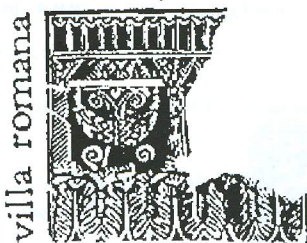




ACTAS·DO·ENCONTRO·INTERNACIONAL  
SOBRE·CIÊNCIA·E·NOVAS·TECNOLOGIAS  
APLICADAS·À·ARQUEOLOGIA  
NA·*VILLA*·ROMANA·DO·RABAÇAL  
PENELA·TERRAS·DE·SICÓ·PORTUGAL

PROCEEDINGS·INTERNATIONAL·MEETING·ON·THE  
APPLICATION·OF·SCIENCE·AND·NEW·TECHNOLO  
GIES·TO·ARCHAEOLOGY·IN·THE·ROMAN·*VILLA*  
OF·RABAÇAL·PENELA·TERRAS·DE·SICÓ·PORTUGAL

■ Rabaçal



## FICHA TÉCNICA

### Comissão Organizadora

Miguel Pessoa, Lídia Catarino, Lino Rodrigo

### Comissão Científica

Manuel Justino Maciel, Miguel Pessoa, Lídia Catarino, Pedro Carvalho, Cetty Muscolino

### Capa e Design Gráfico

Paulo Emiliano

### Planeamento

Mário Duarte

### Apoio

População do Rabaçal, Cláudia Jorge Freire, Clara Camacho, Sónia Vicente, Ricardo Santos, Daniel Pinto, Sofia Felício, Manuel Ferreira, José Augusto Dias, Ida Buraca, José Gomes, Francisco Pedro, Carolina Carvalho, Elsa Simões, Liliana Ribeiro, Guida Barreto, Sofia Ferreira, Flávio Simões, Judite Botas, Salete da Ponte, Isabel Pereira, Teófilo Silva, José Lopes Esteves, Ana Rodrigues, Marília Ferreira, Carlos Madeira, Manuela Ferreira, Dora Freire, Humberto Vilão, Luis Ferreira, Francisco Pedro, Maria João Bandeira, Miguel Crespo, Roberto Leite, Delfim Ferreira, António Pinto, José Luis Madeira, João Pocinho, António Caniceiro, Aquino Noronha, José Torres e Grupos de participantes voluntários nas campanhas de trabalhos arqueológicos

### Tradução

Jean Ann Burrows

### Edição

Câmara Municipal de Penela

### Apoio à Edição

Direcção Regional de Cultura do Centro

### Execução Gráfica

G. C. – Gráfica de Coimbra, Lda.

### Tiragem

1000 exemplares

### Depósito legal

336488/11

### ISBN

978-989-95800-7-7

### Data

2011

### Espaço-museu do Rabaçal

Rua da Igreja, 3230 – 544 RABAÇAL

Tel. 239.561856.

[museu.rabacal@cm-penela.pt](mailto:museu.rabacal@cm-penela.pt)

[www.cm-penela.pt/museu](http://www.cm-penela.pt/museu); [www.rabacal.net](http://www.rabacal.net)



# A PONTA DE LANÇA DA GRUTA DA NASCENTE DO ALGARINHO (PENELA) NO CONTEXTO DA METALURGIA DO BRONZE FINAL

ELIN FIGUEIREDO<sup>A,B,C</sup>, M. FÁTIMA ARAÚJO<sup>A</sup>, RUI J.C. SILVA<sup>B</sup>

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico e Nuclear, E.N.10, 2686-953 Sacavém, Portugal (elin@itn.pt)

<sup>b</sup> CENIMAT/I3N, Departamento de Ciências dos Materiais, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Monte de Caparica, Portugal

<sup>c</sup> Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Monte de Caparica, Portugal

## RESUMO

Foram efectuadas análises elementares, por Espectrometria de Fluorescência de Raios X e Micro-Fluorescência de Raios X, assim como observações microestruturais, por Microscopia Óptica, a uma ponta de lança achada na Gruta da Nascente do Algarinho em Penela (Centro de Portugal) e atribuída ao Bronze Final. As análises demonstram que a ponta de lança foi manufacturada num bronze binário (liga de Cu-Sn) com ~11% de Sn, e que a microestrutura é composta por grãos recristalizados, indicando tratamentos termo-mecânicos após vazamento em molde. Os resultados da composição elementar enquadram perfeitamente a ponta de lança na metalurgia do Bronze Final da região e a microestrutura é semelhante ao observado em várias outras pontas de lança peninsulares e extra-peninsulares.

*Palavras-chave:* Bronze Final; Metalurgia; FRX; Microscopia Óptica

## INTRODUÇÃO

No ano de 2001 foi achada, a cerca de 50 metros da entrada da Gruta da Nascente do Algarinho (Penela), uma ponta de lança atribuível ao Bronze Final (~1250-550 a.C.) (Fig. 1). Foi uma descoberta ocasional, feita pelo colectivo de grupos de espeleologia CIES-GPS-NEC-SAGA ([http://www.gps-sico.org/divulg\\_3.swf](http://www.gps-sico.org/divulg_3.swf)).

O achado foi já apresentado em duas publicações científicas, uma retratando a sua descoberta e características tipológicas (Pessoa, 2002) e outra no contexto dos depósitos e achados da Idade do Bronze no território nacional (Vilaça, 2006).

Segundo Pessoa (2002), a ponta de lança insere-se na tipologia “Baiões”, conforme a classificação de Coffyn (1983), mais tarde seguida por Cardoso et al. (1992), ou segundo uma outra tipologia adoptada por Coffyn (1985) “derivado de Vénat”. Esta tipologia encontra-se representada em todo o território português e outras áreas geográficas vizinhas ou próximas, nomeadamente em áreas Atlânticas. A Fig. 2 apresenta um mapa com a localização das pontas de lança desta tipologia encontradas no território nacional, assim como os desenhos de algumas destas e do tipo de metal empregue no seu fabrico (quando conhecido). A ocorrência dispersa deste tipo de ponta de lança no território português é evidente, estando o achado de Penela perfeitamente integrado entre os restantes. Quanto ao tipo de metal usado, as poucas pontas de lança analisadas (apenas 4) sugerem o uso habitual de um bronze binário, com algumas impurezas, como o chumbo, o arsénio e o antimónio. Quanto ao tamanho das pontas de lança, pode-se verificar que a ponta de lança de Penela tem dimensões superiores às restantes e apresenta um alvado bastante longo. Um molde para o fabrico de uma ponta de lança encontrada no Cabeço do Cucão, Pedra Calveira (Silgueiros,



Viseu), inédito, produziria pontas de lança com uma forma e tamanho semelhantes ao exemplar aqui estudado, diferenciando-se apenas num tamanho ligeiramente inferior e num comprimento maior das lâminas, resultando numa menor expressão do alvado (agradecemos o acesso e estudo deste molde a J.C. Senna-Martinez). Pontas de lança semelhantes à de Penela, com alvados longos, foram também encontrados na região da Meseta Norte espanhola (Herrán Martínez, 2008), inclusive no Depósito de Castromucho (Palencia, Espanha), sobre o qual Coffyn (1985) acrescenta que este tipo de lança se encontra também representado na Bretanha, na bacia Parisiense, assim como na Europa do Norte, inclusive a Alemanha do Norte. Além das pontas de lança do Depósito de Castromucho, Coffyn (1985) refere uma outra semelhante do Depósito de Valdevimbre (Léon, também na Meseta Norte espanhola) e uma outra da Gruta de Maltravieso (Badajoz, Espanha) e designa-as como pontas de lança de “alvado longo” (Coffyn, 1985). Pode-se também referenciar a presença de pontas de lança com formas semelhantes, embora com alvados mais curtos, mas com tamanhos superiores a 20 cm, encontradas noutras áreas Atlânticas, como na Irlanda e na Grã-Bretanha (Allen *et al.*, 1970).

Desta forma, a ponta de lança de Penela pode ser enquadrada nas produções do Bronze Final de carácter Atlântico, sendo que o seu alvado longo não é uma característica original ou exógena, havendo representações semelhantes (embora não muito abundantes) no território peninsular.

## ANÁLISES ELEMENTARES E MICROESTRUTURAIS

### Procedimento experimental

Os estudos do tipo de metal constituinte da ponta de lança, sua composição elementar e caracterização microestrutural, foram realizados utilizando vários equipamentos de análise. Planeou-se um procedimento experimental composto por 3 etapas distintas, cada uma com o objectivo de obter informações complementares.

Primeiro, foram efectuadas análises elementares por Espectrometria de Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias (FRX) no Instituto Tecnológico e Nuclear, sem preparação prévia da superfície do objecto, com o objectivo de obter informações quanto ao tipo de liga e principais impurezas. Foram efectuadas duas leituras em áreas diferentes do artefacto, correspondendo cada uma a uma área circular com aproximadamente 3 cm de diâmetro (Fig. 3A). Os resultados deste tipo de análise são considerados semi-quantitativos, uma vez que se encontram afectados pela composição da camada de corrosão. É, no entanto, um tipo de análise muito útil para a identificação do tipo de liga e particularmente para a detecção dos elementos menores, tais como algumas impurezas de liga, dado o equipamento utilizado, *KeveX 771*, permitir a utilização de condições analíticas variadas. Os detalhes do equipamento assim como do procedimento experimental adoptado para a análise de metais arqueológicos encontram-se já publicados em detalhe, por exemplo em Figueiredo *et al.* (2007a) e Valério *et al.* (2006).

Numa fase posterior, foram limpas duas pequenas regiões (áreas com  $<25 \text{ mm}^2$ ) (3B), de forma a remover as camadas superficiais de corrosão. Esta limpeza permitiu uma análise por micro-FRX, utilizando um equipamento existente no Departamento de Conservação e Restauro da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, *ArtTAX* (Fig. 3C). Este equipamento efectua análises em áreas  $<100 \mu\text{m}$  de diâmetro, que satisfazem o propósito de obter dados quantitativos da composição da liga metálica não corroída. Foram escolhidas duas áreas distintas, uma no gume e outra na base do alvado, de forma a ter um resultado médio mais representativo da liga, incluindo uma avaliação da variação da sua composição entre as duas regiões do artefacto. Uma vez que este equipamento possui características distintas do anterior (*KeveX 771*), alguns elementos menores não foram detectados nesta análise. As características deste equipamento, assim como do procedimento experimental associado à quantificação da composição do metal encontram-se já publicados, por exemplo, em Figueiredo *et al.* (2007b) e Valério *et al.* (2007).

Por fim, as duas pequenas áreas limpas foram preparadas para observação microestrutural num Microscópio Óptico. Para tal, procedeu-se a um micro-polimento, recorrendo a cotonetes embebidos em pastas de diamante de granulometrias decrescentes, terminando com a de 1 µm (Fig. 3B). As áreas preparadas foram observadas num Microscópio Óptico Leica, DMI5000M, acoplado a um computador com o programa LAS V2.6 (Fig. 3D). Este equipamento permite a construção de uma imagem com elevada profundidade de campo, por tratamento automático de um conjunto de imagens obtidas por focagem a diferentes profundidades para uma região não suficientemente plana. Esta particularidade demonstrou-se especialmente relevante para a observação da ponta de lança, uma vez que as áreas observadas foram polidas manualmente, conservando-se algumas irregularidades das superfícies. As observações dessas áreas realizaram-se após o polimento e após contrastação com uma solução aquosa de cloreto férrico, de forma a evidenciar determinados detalhes microestruturais. Durante este estudo achou-se adequado efectuar a preparação metalográfica de uma outra área numa região diferente do alvado, para comparação de microestruturas. Tal foi efectuado, usando a mesma metodologia.

Finalizado o estudo elementar e microestrutural, as três pequenas áreas expostas foram intervencionadas como medida de conservação. Foi, assim, adoptado um procedimento de conservação e restauro convencional para objectos metálicos de ligas de cobre, designadamente: a aplicação local de um inibidor de corrosão, uma solução de Benzotriazol (BTAH) em etanol, a 3% (p/v); seguida da aplicação local de um protector, a resina acrílica Paraloid B72 em acetona, a 5% (p/v), com tinta acrílica de forma a reproduzir a coloração natural da patina envolvente. As áreas intervencionadas ficaram desta forma protegidas e dissimuladas.

Resultados e discussão

As duas análises efectuadas por FRX mostraram que a ponta de lança foi fabricada num bronze binário (liga de Cu-Sn) com impurezas de Ni, As e Sb (Fig. 4). Análises a outros artefactos do Bronze Final do território nacional, utilizando este equipamento e método analítico (Figueiredo et al., 2007a; Valério et al., 2006), mostraram que este tipo de liga é bastante comum entre as sociedades do Bronze Final do Oeste Peninsular português.

As análises de micro-FRX mostram que a liga de bronze é bastante homogénea ao longo de toda a peça, sendo que a média das análises resulta numa liga com ~11% de Sn, ~0,5 % de As e de Ni, e <0,05 % de Fe (Tabela 1).

% massa	Cu	Sn	Pb	As	Fe	Ni
Gume	88,4±1.4	10,6±1.4	n.d.	0,49±0.0	<0,05	0,46±0.0
Alvado	88,3±1.3	10,8±1.2	n.d.	0,47±0.0	<0,05	0,43±0.0
Média	88,4	10,7	n.d.	0,48	<0,05	0,44

n.d. – não detectado

**Tabela 1** – Resultados das análises por micro-FRX (equipamento ArtTAX). Os resultados são a média e 1 desvio padrão de três ensaios efectuadas em cada uma das áreas limpas da ponta de lança. Apresenta-se também a média dos valores obtidos nas duas áreas (última linha da tabela).

Este teor em Sn confere propriedades mecânicas óptimas a um bronze, uma vez que permite a obtenção de uma elevada dureza, conseguido por deformação plástica (encruamento) com a manutenção de uma razoável tenacidade. Esta elevada dureza, com perda significativa de ductilidade, pode ser recuperada por recozimento, designadamente por tratamento térmico de recristalização.



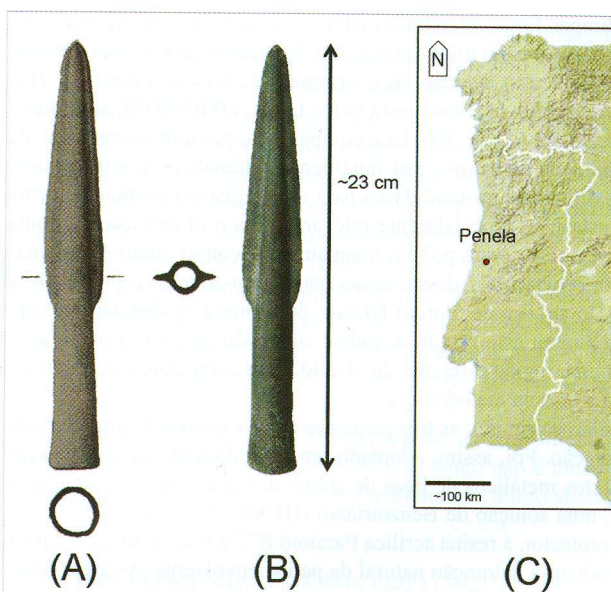


Fig. 1 – Desenho (A) e fotografia (B) da ponta de lança de Penela e mapa (C) com a localização de Penela no território nacional. O desenho é uma adaptação de [http://www.gps-sico.org/divulg\\_3.swf](http://www.gps-sico.org/divulg_3.swf), a fotografia é dos autores e o mapa é uma adaptação do Google Earth (<http://earth.google.com>).

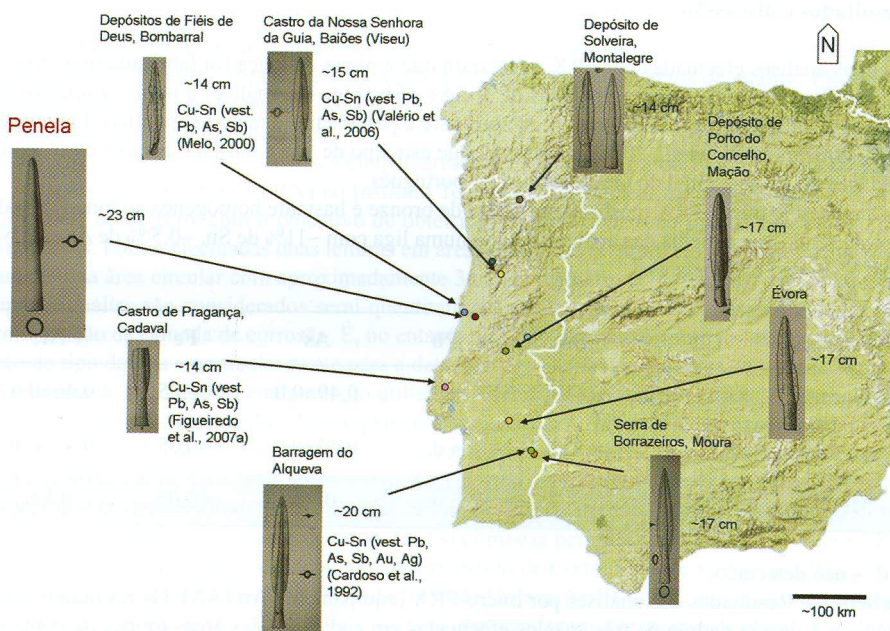


Fig. 2 – Localização dos vários achados de pontas de lança classificadas com a tipologia “Baiões” ou “derivado de Vénat” assim como, do achado da ponta de lança de Penela. Os desenhos das pontas de lança encontram-se na mesma escala e a composição (quando conhecida) é indicada. O mapa é uma adaptação do Google Earth (<http://earth.google.com>) e os desenhos são adaptações das seguintes fontes: [http://www.gps-sico.org/divulg\\_3.swf](http://www.gps-sico.org/divulg_3.swf) para a ponta de lança de Penela; Cardoso et al. (1992) para a ponta de lança de Alqueva; e Coffyn (1985) para as restantes.

(A)



Laboratório de FRX (ITN) e espectrômetro (Kevex 771) ao fundo

Indicação do posicionamento da ponta de lança no porta amostras

(B)

Preparação de superfícies para análise por micro-FRX e observação microestrutural



(C)



Análise por micro-FRX com o equipamento ArtTAX (DCR-FCT-UNL)

(D)



Observação da microestrutura por Microscópio Óptico (Leica) (CENIMAT-FCT-UNL)

Fig. 3 – Imagens que ilustram várias etapas e detalhes (de A a D) do procedimento experimental.



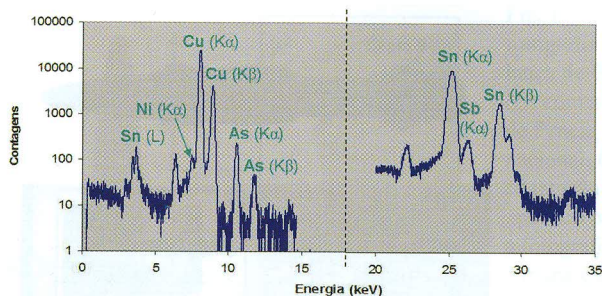


Fig. 4 – Representação conjunta de dois espectros obtidos por FRX (equipamento *KeveX 771*) para uma mesma área com ~3 cm de diâmetro da ponta de lança. Os espectros de 0-15 keV e de 20-35 keV foram obtidos com condições de análise diferentes.

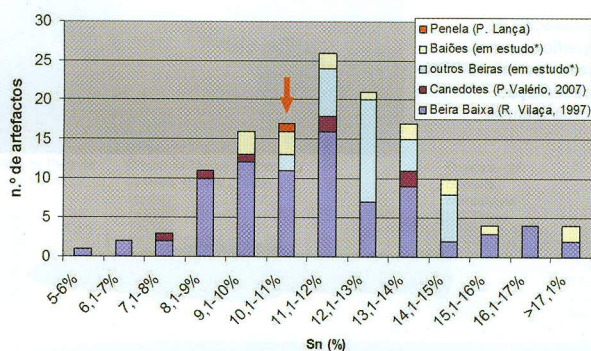


Fig. 5 – Teores em estanho para vários artefactos do Bronze Final do Centro de Portugal. (\*) Materiais estudados no âmbito da tese de doutoramento e “DCR/FCT-UNL” por “DCR-FCT-UNL”.

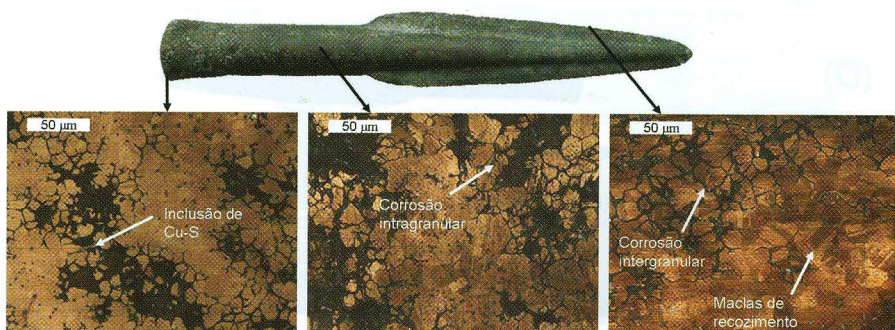


Fig. 6 – Imagens do Microscópio Óptico com microestruturas (contrastadas) das três áreas analisadas na ponta de lança.

Análises elementares efectuadas em 7 pontas de lança do Bronze Final, oriundas da Irlanda e da Grã-Bretanha (Allen et al., 1970) (de várias tipologias), apontam para bronzes com 6,74-11,45 % Sn e 0,057-4,1 % Pb, ou seja, para o fabrico das pontas de lança em bronzes binários (Cu-Sn) ou em bronzes com algum – embora pouco – chumbo.

No que toca a análises elementares e microestruturais em pontas de lança do Bronze Final encontradas na Península Ibérica, excluindo o território nacional, podemos referir as 27 pontas de lança da região de Castilla e León (Meseta Norte espanhola) compiladas na publicação de Herrán Martínez (2008), assim como as 87 pontas de lança da Ria de Huelva (Sudoeste espanhol) publicadas por Rovira (1995). No primeiro grupo, a maioria apresenta teores de Sn entre 12 e 16% e <2% de Pb (análises efectuadas por FRX). Dentro desse grupo, encontram-se algumas pontas de lança com uma composição muito diferente: com teores mais elevados de Sn (>16 %) e de Pb (chegando a 13 %). Num outro estudo, também efectuado a uma ponta de lança do território nacional, achada em Sernancelhe (Figueiredo et al., 2007b), demonstrou-se que análises de FRX efectuadas em superfícies não totalmente limpas da camada superficial de corrosão poderiam traduzir-se em teores muito mais elevados de Sn e Pb. Os resultados das análises elementares nas 87 pontas de lança analisadas da Ria de Huelva (com uma tipologia diferente da ponta de lança de Penela) demonstraram que todas estas foram fabricadas em bronze binário, sendo a média e o desvio padrão de Sn  $11 \pm 2,8$  % e de Pb  $0,13 \pm 0,18$  %.

A composição elementar da ponta de lança de Penela é semelhante aos valores publicados para as pontas de lança de Ria da Huelva, assim como encontra também semelhanças na composição de algumas pontas de lança da Meseta Norte e doutras regiões Atlânticas.

Analisando o panorama das produções de bronze durante o Bronze Final, esta composição encontra-se concordante com os bronzes até agora analisados das Beiras portuguesas. Estes têm como traço principal um baixo teor em chumbo e teores em Sn frequentemente entre 8 a 15%, tal como se apresenta na Fig. 5, onde a composição da ponta de lança de Penela se encontra bem enquadrada.

As observações microestruturais na ponta de lança de Penela revelaram uma microestrutura de grãos recristalizados na fase  $\alpha$  primária, com dimensões bastante homogêneas (Fig.6). Em algumas regiões os grãos apresentam bandas de deformação (principalmente no alvado), frequentemente evidenciadas pela corrosão intragranular desenvolvida durante o longo período de enteramento. Identificaram-se também algumas inclusões de Cu-S. Dado o conhecimento de moldes para o fabrico de pontas de lança durante o Bronze Final, assim como a existência de microestruturas dendríticas em algumas pontas de lança do território Atlântico e Ibérico (vide texto abaixo), no seu conjunto, esta microestrutura revela que, após vazamento em molde (processo que confere uma estrutura dendrítica), a ponta de lança foi submetida a alguns ciclos de deformação (p.ex. martelagem) e recozimento, possivelmente para correcções menores na sua forma e acabamentos de superfície (conferindo a estrutura de grãos recristalizados). As bandas de deformação observadas poderão ser resultado do uso da ponta de lança ou de um acabamento mecânico da superfície, uma vez que simples polimentos mecânicos podem induzir este tipo de marcas microestruturais (Wang e Ottaway, 2004).

As observações microestruturais efectuadas nas lâminas das 7 pontas de lança oriundas da Irlanda e da Grã-Bretanha (Allen et al., 1970) apontam para microestruturas frequentemente constituídas por grãos  $\alpha$  recristalizados com a presença de algum ( $\alpha + \delta$ ) eutectóide, sendo, por vezes, ainda evidente uma estrutura zonada que realça a morfologia das dendrites formadas durante o processo de solidificação. Por vezes, foram também observadas algumas bandas de deformação. Estas microestruturas apontam para uma deformação seguida de um recozimento, possivelmente para conferir algum acabamento de forma às lâminas. Naquelas onde foram detectadas bandas de deformação, os autores propuseram uma deformação final com o objectivo de encruar o bronze (aumentar a sua dureza por deformação). Das quatro observações microestruturais efectuadas em pontas de lança da região da Meseta Norte espanhola (Herrán Martínez, 2008), pôde constatar-se uma microestrutura típica de vazamento em 2 casos, e típica de deformação com subsequente recozimento nos outros 2 casos. As observações microestruturais efectuadas no alvado de três



pontas de lança da Ria de Huelva (Rovira, 1995) indicaram, em dois casos, uma microestrutura típica de vazamento e, no outro, uma estrutura típica de deformação com recozimento posterior. Assim, pode-se constatar que a presença de estruturas recristalizadas entre as pontas de lança Peninsulares (do território espanhol) e Atlânticas (nomeadamente da Irlanda e Grã-Bretanha) é relativamente comum, pelo que a ponta de lança de Penela se inscreve perfeitamente no panorama geral da prática de trabalho termo-mecânico pós-vazamento.

## CONCLUSÕES

Os métodos analíticos utilizados, assim como o procedimento experimental adoptado para o estudo da ponta de lança de Penela, revelaram-se particularmente adequados para o tipo de resultados pretendidos. Os resultados foram muito satisfatórios, pois permitiram uma primeira leitura do tipo de metal através de uma análise não invasiva por FRX, seguindo-se depois uma intervenção mínima em pequenas áreas da lança, que assegurou o estudo da composição do metal por micro-EDXRF e permitiu o estudo da sua microestrutura em diferentes áreas, por meio de microscopia óptica.

De forma geral, os resultados das análises elementares revelaram que a composição do bronze usado no fabrico da ponta de lança (~11% Sn com impurezas de As, Ni e Sb) se insere perfeitamente no que é conhecido, até à data, das composições dos bronzes do Centro de Portugal, particularmente na região das Beiras. A sua forma, particularmente o alvado longo, embora não muito comum, encontra paralelos com outras pontas de lança peninsulares. Não se apresenta portanto qualquer indicador que sugira uma produção exógena da ponta de lança, podendo-se até propor que a ponta de lança se adequa a uma produção local, reforçando a importância da metalurgia de bronzes binários nestas regiões do Centro de Portugal durante o Bronze Final.

O tipo de microestrutura observado na ponta de lança de Penela, de grãos  $\alpha$  recristalizados com algumas bandas de deformação no alvado, sugere que a ponta de lança foi sujeita a ligeiros ajustes de forma e/ou encruamento após a sua obtenção em molde. Este procedimento não é de todo surpreendente, uma vez que microestruturas semelhantes foram já observadas em outras pontas de lança do território Ibérico e extra-peninsular, indicando que acabamentos menores após vazamento em molde seriam efectuados com alguma regularidade neste tipo de artefactos.

Em modo de conclusão, este estudo acrescenta mais algumas notas sobre a metalurgia antiga na região do Centro de Portugal, região esta que poderá ter assumido uma importância especial durante o Bronze Final, uma vez que se encontra favorecida pela proximidade de minérios de estanho e cobre, essenciais para o fabrico de bronze.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Miguel Pessoa o convite para o estudo da ponta de lança de Penela. A primeira autora agradece as Bolsas de Investigação com as referências SFRH/BD/27358/2006 e SFRH/BPD/73245/2010, financiadas por fundos nacionais do MCTES e atribuídas pela Fundação para a Ciência e Tecnologia”.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, I.M., Britton, D., Coghlan, H.H. 1970. Metallurgical reports on British and Irish Bronze Age Implements and Weapons in the Pitt Rivers Museum. In: Penniman, T.K., Blackwood, B.M. (Eds.), *Occasional Papers on Technology* 10, University Press, Oxford.
- CARDOSO, J.L., Guerra, M.F., Bragança, F. 1992. O depósito do Bronze Final de Alqueva e a tipologia das lanças do Bronze Final português. *Mediterrâneo* 1, 231-250.
- COFFYN, A. 1983. La fin de l'Âge du Bronze dans le centre-Portugal. *O Arqueólogo Português* IV, I, 169-196.
- COFFYN, A. 1985. Le Bronze Final Atlantique dans la Péninsule Ibérique, Centre Pierre Paris, Bordeaux.
- FIGUEIREDO, E., Melo, A.A., Araújo, M.F. 2007a. Artefactos metálicos do Castro de Pragança: um estudo preliminar de algumas ligas de cobre por Espectrometria de Fluorescência de Raios X. *O Arqueólogo Português* IV, 25, 195-215.
- FIGUEIREDO, E., Valério, P., Araújo, M.F., Senna-Martinez, J.C. 2007b. Micro-EDXRF surface analyses of a bronze spear head: Lead content in metal and corrosion layers. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 580, 725-727.
- HERRÁN Martínez, J.I. 2008. *Arqueometalurgia de la Edad del Bronce en Castilla y León*. Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial e Junta de Castilla y León, Valladolid.
- MELO, A.A., 2000. Armas, utensílios e esconderijos. Alguns aspectos da metalurgia do Bronze Final: o depósito do Casal dos Fiéis de Deus. *Revista Portuguesa de Arqueologia* 3 (1), 15-119.
- PESSOA, M., 2002. Uma ponta de lança do Bronze Final: Gruta do Algarinho/Sistema do Dueça, Penela, Portugal. In: *Actas do IV Congresso Nacional de Espeleologia*, 5ª secção, Leiria, 124-127.
- ROVIRA, S. 1995. Estudio arqueometalurgico del Depósito de la Ría de Huelva. In: Ruiz-Galvez Priego, M. (Ed.), *Ritos de paso y puntos de paso La Ría de Huelva en el mundo del Bronce Final Europeo*, Servicio de Publicaciones Universidad Complutense, Madrid, 33-57.
- VALÉRIO P., Araújo, M.F., Senna-Martinze, J.C., Vaz, J.L.I., 2006. Caracterização química de produções metalúrgicas do Castro da Senhora da Guia de Baiões (Bronze Final). *O Arqueólogo Português* IV, 24, 289-319.
- VALÉRIO, P., Araújo, M.F., Canha, A. 2007. EDXRF and micro-EDXRF studies of Late Bronze Age metallurgical productions from Canedotes (Portugal), *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 263, 477-482.
- VILAÇA, R. 1997. Metalurgia do Bronze Final da Beira Interior: revisão dos dados à luz de novos resultados. *Estudos Pré-Históricos* V, 123-154.
- VILAÇA, R. 2006. Depósitos do Bronze do Território Português – Um debate em aberto. *O Arqueólogo Português*, IV, 24, 9-150.
- WANG, Q., Ottaway, B.S. 2004. Casting experiments and microstructure of archaeologically relevant bronzes. *BAR International Series* 1331, Archaeopress, Oxford.