

UM CASO DE METALURGIA PRIMITIVA DE OURO NA 1ª METADE DO 3º MILÉNIO AC: O ABRIGO DO BURACO DA PALA — MIRANDELA*

por

José Cavalheiro** e Maria de Jesus Sanches***

Resumo: Um conjunto de 6 contas em ouro, encontradas no nível I do abrigo do Buraco da Pala em Mirandela — datado, pelo C14 entre 2800-2500 A.C. —, foram estudadas do ponto de vista metalúrgico, com o objectivo de inferir, a partir dos resultados de análise química e estrutural, a tecnologia utilizada no seu fabrico.

Foi feita a pesagem, determinação da composição química e microdureza, e identificadas algumas inclusões dispersas no metal. Dos dados obtidos e da comparação com outras peças referidas na bibliografia, parece poder concluir-se que a matéria prima utilizada foi ouro de proveniência aluvionar, sendo as pepitas sujeitas a uma operação prévia de aglomeração por sinterização no estado sólido ou fusão incipiente.

Este lingote original terá sido usado para a obtenção das contas do colar por corte, fusão parcial e deformação por rolamento sobre superfícies de diferente natureza, evidenciando a existência de meios tecnológicos pouco avançados mas utilizados com grande mestria.

Palavras-Chave: Metalurgia. Ourivesaria pré-histórica. Ouro aluvionar.

0. INTRODUÇÃO

O objectivo deste texto é o de mostrar alguns aspectos técnicos do fabrico de 6 contas de colar, em ouro, exumadas no nível I (camada 1) do abrigo do Buraco da Pala.

* Este trabalho foi realizado no âmbito do Projecto de Investigação «Génese e consolidação do sistema agro-postoril em Trás-os-Montes e Alto Douro», subsidiado pela JNICT, e coordenado por Susana Oliveira Jorge.

** Dep. de Metalurgia e Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

*** Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Este abrigo localiza-se na encosta leste da Serra de Passos/Sta. Comba, freguesia de Passos, concelho de Mirandela e distrito de Bragança. Os objectos de adorno em ouro provêm todos da camada 1, isto é, do nível de ocupação mais recente — nível I — e foram encontrados adentro de áreas espacialmente conotadas com a silagem de cereais, fava e bolota. Este nível foi datado por 4 datas de C14, as quais, calibradas, colocam esta ocupação entre cerca de 2800-2500 A.C.¹

As contas apareceram também espacialmente relacionadas com duas concentrações de contas de rocha ou mineral (a maioria em variscite) — «Concentrações A e B» —, e, no caso da «Concentração A», ainda com uma pequena plaquinha de ouro. (Est. II)

1. MATERIAL E MÉTODOS

As contas foram fotografadas e pesadas utilizando uma balança analítica com a precisão de 1/10 do miligrama.

Para a observação da superfície interna dos furos foi utilizada uma lupa com ampliação de 6x. A observação da superfície externa foi efectuada utilizando um microscópio electrónico de varrimento, Jeol 6301 F. As ampliações utilizadas nesta observação encontram-se referenciadas com uma escala representada por uma barra na parte inferior da fotografia, com a respectiva dimensão em micra ou mm.

A análise química foi efectuada com o mesmo microscópio, utilizando um sistema de dispersão de energia Noran.

Foram efectuadas análises quantitativas ao metal e qualitativas a várias inclusões não metálicas.

A dureza na escala Vickers da liga metálica da conta de maior dimensão e duma outra mais pequena foram determinadas utilizando um microdurímetro Shimadzu, por utilização de cargas de 50 gr.

¹ Para uma melhor contextualização do abrigo ver, por ex., — Sanches, M.J., Soares, A.M. Monge e Alonso Mathias, F. (1993), Buraco da Pala (Mirandela): datas de Carbono C14 calibradas e seu poder de resolução. Algumas reflexões, *Actas do 1º Congresso de Arqueologia Peninsular, I, T.A.E.* 33, 1-2, pp. 223-243 e Sanches, M.J. (1987), O Buraco da Pala — um abrigo pré-histórico no concelho de Mirandela (Notícia preliminar das escavações de 1987) *Arqueologia*, 16, pp. 58-77. A escavação do abrigo do Buraco da Pala decorreu entre 1987 e 1990. Um dos autores (M.J.S.) procede neste momento à elaboração duma monografia deste abrigo, denominada «O Abrigo do Buraco da Pala (Mirandela) no Contexto da Pré-história Recente de Trás-os-Montes e Alto Douro».

2. DESCRIÇÃO DAS PEÇAS

2.1. Descrição morfológica e peso

Quatro contas são esféricas, de secção semicircular mas com tendência a um leve espessamento central; duas são bicónicas e tem secção subtriangular². (Est. I.1)

Três contas esféricas foram exumadas no limite entre os quadrados C6 e C7. Em termos de distribuição espacial, coincide com o centro (aproximado), da «Concentração A» de contas de matéria verde. Uma conta esférica e duas bicónicas provêm do quadrado E3, incluindo-se também espacialmente adentro da área que demarcámos para a «Concentração B» de contas de matéria verde.

Contas esféricas (em número de 4):

nº 1 – diâmetro³: 4 mm, e o orifício central, cilíndrico, muito irregular, tem de diâmetro entre 1,5 e 1,7 mm; altura⁴ - aproximadamente 2,2 mm; o peso é de 0,3226 gr;

nº 2 – diâmetro: 5,5 mm, e o orifício central, cilíndrico, muito irregular, tem de diâmetro 2 mm; altura - aproximadamente 3 mm; o peso é de 0,5017 gr;

nº 3 – diâmetro: 5,5 mm, e o orifício central, cilíndrico, muito irregular, tem de diâmetro 2 mm; altura - aproximadamente 3 mm; o peso é de 0,4556 gr;

nº 4 – diâmetro: 4,5 mm, e o orifício central, cilíndrico, tem de diâmetro 2 mm; altura - aproximadamente 2,5 mm; o peso é de 0,4532 gr;

Conta bicónica menor – nº 5, tem de diâmetro menor, nas extremidades, 2,5 mm, e de diâmetro maior, na parte central, 5 mm. A altura é de 4,8 mm e o orifício central, cilíndrico, muito irregular, tem de diâmetro 1,8 mm. O peso aproximado é de 0,6873 gr.

Conta bicónica maior – nº 6, tem de diâmetro menor, nas extremidades, 2,5 mm, e de diâmetro maior, na parte central, 6 mm. A altura é de 7 mm e o orifício central, cilíndrico, muito irregular, tem de diâmetro 2 mm. O peso aproximado é de 1,5142 gr.

² Para uma referência mais clara, seguimos os critérios tipológicos e medidas expostos por C. Eluère — Eluère, C. (1982), *Les Ors Préhistoriques, L'Age du Bronze en France*, 2, Picard.

³ Largura, seg. Hélène Barge (1982), *Les Parures du Neolithique Ancien au Début de L'Age des Metaux en Languedoc*, CNRS.

⁴ *Espessura*, seg. Hélène Barge, ver nota anterior.

Na tabela I encontram-se representados os pesos das contas em estudo:

Tabela I

Gr	Peso	Forma	Nº
A	1,5142	Bicónica	6
A	0,6873	Bicónica	5
B	0,5017	Esférica	2
B	0,4556	Esférica	3
B	0,4532	Esférica	4
C	0,3226	Esférica	1

Conforme se pode observar há 3 conjuntos distintos em que podem ser agrupados os pesos: um primeiro — grupo A — correspondente às contas bicónicas de maior peso; o grupo B é constituído por contas de idêntica forma e dimensão, e a sexta conta, nº 1, de peso bastante inferior, é a única do “grupo” C.

2.2. Microdureza

Os valores encontrados em regiões com um número reduzido de inclusões em ensaios efectuados no bordo plano junto ao furo das contas nº 6 e 2 foi de 99,8 e 90 Hv respectivamente.

2.3. Análise química

Na tabela II encontram-se representados os resultados da análise da liga de ouro.

Tal como para o ensaio de dureza, procurámos seleccionar zonas isentas de inclusões não metálicas, em superfícies aproximadamente planas e polidas.

O único elemento de liga detectado foi a prata.

Os valores representam a percentagem em peso da prata, e ainda o desvio padrão da respectiva análise.

Tabela II. Composição química das contas

Ag%	σ	Nº
7,89	0,60	6
7,00	0,63	5
7,05	0,73	2
6,89	0,88	3
7,69	0,74	4
7,22	0,77	1

Tendo em conta a dispersão dos resultados obtidos, verifica-se que a composição química deve ser considerada como praticamente homogénea, visto que se tomarmos o menor valor para o teor em prata, 6,89%, e considerarmos o intervalo $\pm 3\sigma$ (2,68%) correspondente a 99,7% de probabilidade, verificamos que todos os valores encontrados para a composição das amostras se situam dentro deste intervalo.

2.4. Observação da superfície e identificação de inclusões

Na Est. I.2 podemos observar um pormenor da conta nº 6 (bicónica maior). São nítidas as estrias circulares concêntricas em toda a superfície do tronco de cone. Não foram observadas estrias no interior do furo. O topo da conta na região do furo apresenta uma superfície plana, sem estrias.

Naquela estampa pode observar-se, com maior ampliação uma fissura contendo material não metálico (Est. I.3). No bordo superior verifica-se que o metal, não podendo deformar-se na zona fissurada, se sobrepôs parcialmente ao material não metálico (escória) da fissura.

A composição química qualitativa da escória está representada pelo respectivo espectro no gráfico da Est. III.1. Os elementos mais significativos são o oxigénio, alumínio, silício e potássio. A presença de carbono fósforo e cloro poderá ser considerada como contaminação.

Na Est. IV.1 que representa um das contas esféricas, são ainda visíveis algumas estrias circulares, mas aqui em muito menor quantidade e com sulcos muito menos profundos. No topo, junto ao furo, existe uma inclusão não metálica.

Na Est. IV.2 podemos observar, agora com maior ampliação, um aspecto do rebordo do orifício. O metal apresenta uma grande quantidade de pequenas inclusões, sendo o rebordo de forma irregular e angulosa, *com indícios de ter sofrido fragmentação na periferia.*

A existência de inclusões não metálicas, perfeitamente encaixadas na liga de ouro, pode ainda ser observada noutras amostras, evidenciando nalguns casos, tal como na Est. I.2, a possibilidade de alguns desses óxidos terem sido parcialmente fundidos durante a operação de fabrico (escórias).

Na Est. IV.3 podemos observar o aspecto de outro pedaço de escória incrustado no metal. Na proximidade de escória o metal apresenta-se com aspecto fissurado e irregular no bordo do orifício.

Podemos observar ainda o aspecto parcialmente fundido da inclusão, bem como o seu perfeito ajuste ao metal.

O aspecto representativo da composição química duma escória fundida está representada na Est. III.2.

Os elementos dominantes e mais representativos são o alumínio, oxigénio, silício e potássio (silico-aluminato de potássio).

2.5. Discussão dos resultados

O processo de análise química utilizado só permite detectar elementos com concentrações da ordem de 1% ou superiores.

A inexistência de cobre em teores detectáveis aponta desde logo para uma época muito recuada. Com efeito as análises de peças de ouro efectuadas em vários pontos da Europa⁵ e em Portugal⁶ demonstram que o cobre era utilizado em percentagens da ordem dos 3 a 12% na Idade do Bronze Médio e Final, sendo geralmente inferior na Idade do Bronze Inicial.

A composição química dos jazigos secundários (aluvionares) apresenta sempre teores muito baixos em cobre.

A presença de cobre nas ligas de ouro em teores superiores a 3% parece ser um indício seguro de que este elemento foi adicionado intencionalmente. A partir do Bronze Médio o cobre em percentagens geralmente superiores a 5% é quase uma constante.

A presença de prata é uma característica dos ouros de proveniência aluvionar, onde os teores podem variar de 2 a 40%⁷. A sensibilidade do método não permitiu verificar a eventual ocorrência de pequenas percentagens de estanho características de ouros de rio⁸.

⁵ Tylecote, R.F. (1986), *The Prehistory of Metallurgy in the British Isles*, Institut of Metals, London.

⁶ Hartmann, A. (1971), Análise de alguns objectos pré-históricos de ouro procedentes do Norte de Portugal, *Revista de Guimarães*, 81, 1-2, Soc. Martins Sarmento.

⁷ Tylecote, R.F. (1987), *The Early History of Metallurgy in Europe*, Arch. Series, Longman eds. N. Yorque.

⁸ V. nota 5.

A regularidade da composição química, que, como se sublinhou, se *se pode considerar idêntica em todas as contas* (dada a dispersão analítica dos valores encontrados para o teor em prata), *aponta para a hipótese de todo o ouro ter pertencido a uma mesma barra.*

O teor em prata e a ausência de cobre aliada à presença de inclusões dispersas, concorrem para reforçar a hipótese de se tratar de metal proveniente de jazigos secundários.

3. OCORRÊNCIA DE OURO ALUVIONAR EM TRÁS-OS-MONTES

3.1. Sobre o ouro aluvionar

Na maioria dos casos os pequenos filões minerais contêm ouro aliado a prata em proporções por vezes importantes, mas que variam enormemente de local para local. Por sua vez, a presença de cobre é, nestes filões, de fraca importância (menos de 1%). No leito dos rios, o cobre oxida-se e pode desaparecer totalmente.

Vários autores mencionam conhecimentos e procedimentos técnicos muito simples mas engenhosos que na Antiguidade, e mesmo na Idade Média, eram utilizados para recuperar o ouro dos rios. A técnica do «Velo de ouro» é mencionada frequentemente. Esta técnica consiste na colocação de uma pele de carneiro (mas também pode ser de boi ou mesmo um tecido feito de crina de cavalo) na corrente, lenta, da água do rio, onde a lã retinha as pequenas partículas de ouro. Após esta operação, a pele (ou tecido) era seca e queimada num forno ou vasilha⁹. Deste modo, o ouro fundido poderia ser recolhido do fundo do recipiente. Outras vezes procedia-se unicamente à utilização duma bateia à qual se imprimiam movimentos circulares. As partículas ou pepitas de ouro mais pesadas acorriam ao fundo do recipiente aplanado, onde eram recolhidas, separando-se assim das areias menos densas que eram arrastadas pela água.

3.2. Documentação relativa a Trás-os-Montes

O ouro em causa poderia ter sido recolhido nalguma zona aluvionar de Trás-os-Montes, sob a forma de pequenas pepitas.

⁹ Mohen, J.-P. (1992), *Metalurgia Prehistórica. Introducción a la Paleometalurgia*, Masson, p. 55-56, citando fontes antigas, com destaque para — Agrícola (1956), *De Re Metallica*, trad. A France Lanord, G. Klopp Thionville ed.

Como indicam F. Javier Sánchez-Palência e L. Carlos Perez¹⁰ o ouro normalmente só é visível naquilo que denominam de *jazigos secundários*, ou seja, em locais — geralmente cursos de água ou aluviões — para onde escorrem os produtos erodidos — rochas e minerais — dos *jazigos primários*. Nestes o ouro encontra-se concentrado em filões ou dessiminado no seio da rocha que o integra. Nos jazigos primários o ouro sofre um complexo processo de dissolução e precipitação; deste modo, as partículas depositadas em aluviões são de maior tamanho, encontram-se normalmente limpas de impurezas e perdem mesmo parte da prata que geralmente este tipo de ouro integra.

Alem disso, os autores antes citados referem que «...entre as vagas referências acerca do ouro peninsular nas fontes literárias antigas anteriores à conquista romana, as únicas onde consta algum dado geográfico concreto... mencionam sempre rios»¹¹.

Na Carta Mineira de Portugal figuram as seguintes zonas auríferas ou jazigos primários¹²:

— Tresminas e Jales, em Vila Pouca de Aguiar, com prata e ouro (exploradas desde a época romana). A erosão poderia ter transportado o ouro para as variadas ribeiras que atravessam esta área, e mesmo para os vales dos rios Curros e Tinhela, o último afluente do rio Tua. Esta zona dista cerca de 7 horas pedestres do abrigo do Buraco da Pala.

— Cabeço da Igreja/Penso, em Vinhais. Também se trata de zonas com ouro e prata, cortadas por variadas ribeiras, afluentes do rio Rabaçal. Esta zona dista cerca de 17 horas pedestres do abrigo do Buraco da Pala.

— França/Aveleda, a NE de Bragança (Serra de Montesinho), onde vários cursos de água dão origem ao rio Sabor. Esta zona dista entre 26 e 28 horas pedestres do abrigo do Buraco da Pala.

Nesta última região houve até uma época bastante recente recolha de ouro aluvionar, tal como nos dá conta o Abade de Baçal, citando uma fonte mais antiga «As areias do Sabor, diz Sá, junto ao logar de França, envolvem em si ouro puro... O Sabor, junto a França, é riquíssimo porquanto das suas areias se colhe ouro puro de que ha poucos annos se aproveitou um sujeito da côrte que fez ahi um trabalho notável com bastante lucro»¹³. De seguida ele próprio declara que

¹⁰ Sánchez-Palência e Pérez, L.C. (1989), Los yacimientos auríferos de la Península Ibérica. Posibilidades de explotación en la Antigüedad, *El Oro en la España Prerromana*, Zugarto Ed., SA.

¹¹ V. nota anterior, p. 21 (a tradução é nossa).

¹² Carta Mineira de Portugal, na esc. 1:500000.

¹³ Alves, F.M. (1982) *Memórias Arqueológico - Históricas do Distrito de Bragança*, 2, Museu do Abade de Baçal, p. 412, citando José António de Sá (s/d), *Compêndio de Observações*, p. 16, 230 e segs.

«Muita gente se recorda ainda hoje em França de, pelos annos de 1874, virem mulheres extrahir ouro por meio de lavagens das areias do Sabor, junto à sua povoação»¹⁴.

Ainda uma notícia sobre a concessão de exploração mineira publicada no jornal «O Nacional», mas tendo como fonte o «Diário do Governo» de 10 de Outubro de 1861, refere o seguinte: «No povo de França, concelho de Bragança, descobriu-se ultimamente uma mina de ouro e outra de estanho em Montesinho»¹⁵. Estes minérios de ouro de França chegaram a ser explorados pelos irmãos António e Manuel Cardoso Pinto, que iniciaram a sua actividade em 1908.

Belarmino Afonso, que chegou a falar com um dos filhos do encarregado de minas Carlos Vieira de Sousa, dá-nos conta quer da exploração feita até ao início do nosso século, quer da exploração romana¹⁶.

Novamente o Abade de Baçal, mas citando agora José Henriques Pinheiro, diz que «Pelos annos de 1894, uns inglezes manifestaram no termo de Avelleda, concelho de Bragança, uma mina de ouro. No rio da mesma povoação apareceram areias de ouro»¹⁷.

Deste modo parecem-nos bastante prováveis as hipóteses de recolha, também na Pré-história, de ouro aluvionar procedente das zonas auríferas de França/Aveleda/Montesinho.

Voltando à Carta Mineira de Portugal, encontramos mais três zonas auríferas:

— Minas de ouro e prata (e também de arsénio e volfrâmio, mas em menor grau) conhecidas actualmente por minas de «Latadas» (Macedinho, Freixeda, S. Salvador) na margem esquerda do rio Tua, um pouco a S de Mirandela. Esta área é também atravessada por pequenos cursos de água que se dirigem, ora directamente para o rio Tua, ora para as ribeiras de Vila Verde/Carvalha, também afluentes do Tua, sendo possível a recolha de ouro aluvionar.

Francisco de Sande Lemos, citando Thadeu, indica também esta zona de Freixeda/Vila Verde como possuindo filões quartzosos auro-argentíferos que teriam, conjuntamente com Sta. Maria da Ribeira (Carrazedade de Ansiães) e Urros (Torre de Moncorvo), sido exploradas na época romana. Particularmente as de

¹⁴ Alves, F.M., (1982), V. nota 13, p. 212.

¹⁵ V. nota 13, p. 413.

¹⁶ Afonso, B. (1984), Mineração e presença romana nas aldeias de França e Guadramil. *Revista de Guimarães*, Soc. Martins Sarmiento, p. 432 e nota 4. F. de Sande Lemos também se refere extensamente às minas de França situadas nos contrafortes da Serra de Montesinho. Lemos, F. de S. (1993), *O Povoamento Romano de Trás-os-Montes Oriental*, (3 vols.). Dissert. de doutoramento apresentada à Univ. do Minho (políc.), p. 333.

¹⁷ V. nota 13, p. 401, citando José Henriques Pinheiro (s/d), *Estrada Militar Romana de Braga a Astorga*, p. 68.

Macedinho teriam sido exploradas até à actualidade¹⁸.

A distância de uma ponto médio desta zona aurífera relativamente ao abrigo do Buraco da Pala é de aprox. 4 horas pedestres.

— Minas de ouro e arsénio de Freixo de Espada-à-Cinta. Existe no Fundo de Fomento Mineiro uma anotação referente a um sítio localizado no Caminho Largo (Freixo de Espada-à-Cinta), onde se refere que existe ouro e arsénio, o qual parece coincidir com aquele da Carta Mineira. A rede hidrográfica desta zona dirige-se para o rio Douro. A distância desta zona relativamente ao abrigo do Buraco da Pala é de aprox. 21/22 horas pedestres.

— Já a S do rio Douro, é indicada em Penedono outra zona aurífera.

Embora não indicada na Carta Mineira de Portugal, Francisco de Sande Lemos refere que «...a zona envolvente da Serra de Passos, Serra de Santa Comba é uma zona de intensa mineração devido às suas características geológicas (xistos, com extensos afloramentos de quartzito e filões de quartzo intercalados)». O mesmo autor, citando Castro e Cordeiro¹⁹, indica que alguns filões contêm minério de ouro. Nesta zona destaca duas áreas principais, uma situada nas vertentes meridionais da serra, entre Lamas de Orelhão e Avidagos e outra na zona do vale de ribeira de Lila, que delimita pelo N a serra de Passos/Santa Comba. Na primeira, o Buraco da Gralheira (freg. de Avidagos) constituiria o indício mais claro de exploração dos filões quartzo-auríferos, mas o mesmo autor refere que é possível que inicialmente se tivessem aproveitado pequenos jazigos secundários superficiais (depósitos coluvionares) e as areias do fundo das ribeiras. O povoado «Muro de Lamas de Orelhão», poder-se-ia ter relacionado, na época romana, com a exploração argentífera e aurífera desta área. Na segunda não foram encontradas frentes mineiras antigas, mas F. de S. Lemos indica o povoado fortificado de «Cerca dos Mouros de Vale da Égua» como um possível castro mineiro desta zona²⁰. A recolha de ouro aluvionar, embora não documentada, poder-se-ia ter realizado na ribeira de Lila. A distância pedestre desta relativamente ao Buraco da Pala é de aprox. cerca de 3 horas e 30 minutos.

Francisco de Sande Lemos indica ainda a exploração das minas denominadas de Vale de Covas — ou minas da Senhora da Ribeira (Ansiães) —, que relaciona com um importante povoado romano, o povoado da Senhora da Ribeira em Seixo de Ansiães. O mesmo autor refere «...a par do aproveitamento das jazidas filonianas... a possibilidade de ter sido intensa a exploração das areias auríferas

¹⁸ Lemos, F. de S. (1993), *O Povoamento Romano de Trás-os-Montes...*, p. 339-341. Thadeu, D. (1965), *Carte Minière du Portugal (Echelle 1:500.000) Notice Explicative*, p. 26.

¹⁹ Castro, L.A. e Cordeiro, M.L. (1963), Um «Fomax» Luso-Romano, *Estudos, Notas e Trabalhos do Fundo de Fomento Mineiro*, 16, p. 117.

²⁰ V. nota 18. A citação que aqui fazemos encontra-se na p. 343.

das margens do Douro, (pois) nesta zona existia um extenso banco aluvionar, actualmente submerso pela albufeira da barragem da Valeira»²¹. A distância pedestre relativamente ao abrigo do Buraco da Pala é de cerca de 13 horas.

Da exposição feita podemos concluir que *as hipóteses de busca de ouro em Trás-os-Montes eram variadas, podendo o mesmo ter sido simplesmente obtido nas zonas mais próximas do Buraco da Pala — Lamas de Orelhão/Avidagos, ribeira de Lila ou mesmo no Tua ou seus afluentes, na área das «minas de Latadas».*

4. HIPÓTESE DE FABRICO

4.1. Hipótese de fabrico de granulos

Apesar de algumas dificuldades tecnológicas, que a seguir indicamos, parece claro que a forma e dimensão das contas sugere a existência de três classes ponderais.

Uma primeira classe, ou grupo, em que incluímos as contas bicónicas de maior peso, e onde se procurou tirar partido do ponto de vista estético da forma e dimensão conseguidas; um segundo grupo constituído pelas contas esféricas de maior dimensão, a que provavelmente se seguiria um terceiro, de menor dimensão, que aqui aparece representado por um exemplar isolado.

Admitindo uma configuração geométrica para o conjunto não é difícil admitir que o colar poderia conjugar um número bastante superior de elementos, de ouro ou de outras matérias-primas. Partindo desta base podemos admitir que as diferentes classes dimensionais foram produzidas intencionalmente, com valorização dos elementos estéticos centrais e repetição de vários elementos de cada grupo. Seguindo esta hipótese, dada a grande densidade do ouro, podemos considerar que uma dispersão de pesos inferior a 32 mg para as 3 contas esféricas só seria possível de obter se se utilizasse um processo de divisão geométrica numa barra ou fio metálico de pequena secção.

O processo alternativo seria a pesagem, o que implicaria uma precisão de avaliação da massa, mas dificilmente imaginável com os meios disponíveis na época.

Parece assim provável que o ouro aluvionar na forma de pepitas tenha sido agregado através duma operação de sinterização (agregação com aquecimento a temperatura inferior à fusão) ou fundido de forma incipiente. A presença de es-

²¹ V. nota 18, p. 337.

córias no seio do metal é indiciadora de que a massa metálica não foi totalmente fundida, pois nesse caso a separação das escórias seria imediata, devido à sua muito menor densidade quando comparada com a do ouro.

Na Est. V encontra-se representado, de forma esquemática, o processo de fabrico que propomos como hipótese.

Essa primeira operação permitiu homogeneizar a composição química e obter uma barra de secção reduzida (a/b) que terá sido cortada em tantos pedaços de igual comprimento quantas as contas de igual dimensão pretendidas (c).

A presença de fósforo na inclusão correspondente ao espectro da Est. III.1 poderia ter resultado duma operação metalúrgica feita com carvão contendo restos de ossos, cujas cinzas são ricas em fosfato de cálcio. Esta hipótese é compatível com uma metalurgia primitiva, ainda associada à utilização corrente do fogo.

O corte da pequena barra pode ter sido feito por percussão com um instrumento cortante (c).

Cada pedaço de metal foi colocado separadamente sobre uma superfície de pedra, argila ou carvão e levado à fusão, mais uma vez incompleta. É de admitir que apenas parte do metal tenha fundido, permanecendo a restante no estado sólido (d).

As limitações de temperatura resultantes do uso de fornos muito rudimentares e/ou da utilização de madeira em vez de carvão, poderão explicar os problemas encontrados por estes ourives primitivos.

Para a composição indicada — o ouro contendo cerca de 7% de prata —, a temperatura de fusão é de 1060°C.

Para conseguir separar completamente a ganga que integrava originalmente o minério aluvionar, seria preciso atingir temperaturas superiores àquela.

Em fornos muito primitivos, utilizando madeira ou carvão de baixa qualidade, ou na hipótese duma simples fogueira em que se criasse uma cavidade protegida com pedras e carvão sobre o qual se soprasse, as temperaturas atingidas seriam insuficientes para uma fusão perfeita do metal, o que impediria a completa separação da ganga original e provocaria a incorporação de escórias só parcialmente fundidas, como sucede nos casos representados na Est. I.3 e IV.3.

Esta parece ser uma proposta plausível para explicar a presença de escórias com mais de 1 mm de comprimento, como aquela representada na Est. I.3.

A deformação plástica posterior foi dificultada pela presença destas grandes inclusões, que originaram descontinuidades no metal, não só observáveis no bordo do orifício da conta representada na Est. I.3, como presentes também sob a forma de fissuras, dentro dos próprios furos, conforme se pôde verificar por observação à lupa.

Para além destas inclusões maiores, parcial ou totalmente fundidas, aparecem muitas outras de pequena dimensão, com apenas algumas micra de diâmetro,

ou inferiores, incrustadas no metal, como se observa na Est. IV.2. A presença destas inclusões finamente dispersas poderá ainda ter dado algum contributo para o aumento da dureza das peças.

O ouro puro recozido apresenta uma baixa dureza ($H_v=40$), que aumenta com o teor de elementos de liga²²; assim, por exemplo, a adição de 20% de Ag e 5% de Cu produz um incremento significativo, passando a dureza a ser de 70 na mesma escala. O trabalho a frio é possível assim mesmo, sendo conseguidas grandes deformações plásticas. No entanto a deformação a frio é sempre acompanhada de um encruamento, isto é, a dureza aumenta com a taxa de deformação.

No caso em estudo, supondo o processo de fabrico sugerido, a dureza aparece com valores demasiado elevados para as deformações plásticas introduzidas. A dispersão de inclusões muito finas em grande número pode ter originado um aumento de dureza limitando também seguramente a deformação a frio.

A origem de parte das inclusões mais finas poderá ser diferente das anteriores. Enquanto que os defeitos maiores resultam de ganga incorporada na fase inicial do processo de fabrico, uma parte das partículas não metálicas mais pequenas poderá ter sido incrustada na superfície do metal durante o processo de conformação das contas.

4.2. Processo de conformação das contas

Uma primeira comparação entre o material em estudo e exemplares de joalharia ibérica²³ demonstra o carácter claramente mais massivo destas contas. Dada a escassez do ouro, desde os tempos mais remotos, procurou-se obter quase sempre um máximo rendimento do metal, produzindo peças a partir de fio ou chapa. É assim possível obter grandes superfícies com pequena secção, conseguindo, com um peso relativamente pequeno de metal, peças de dimensões apreciáveis.

No nosso caso, porém, as contas são maciças, o que além de impor uma pequena dimensão vai originar, como veremos, alguns problemas de fabrico. (Est. V)

São os seguintes os passos que propomos:

- a) preparação duma barra a partir de pepitas;
- b) conformação da barra em forma de fio;
- c) corte de pedaços de tamanho similar;
- d) granulação;

²² V. notas 5 e 7.

²³ Vários (1989), *El Oro en la España Prerromana*, Zugarto Ed, SA.

- e) deformação das esferas;
- f) abertura dum orifício central;
- g) rolamento sobre uma superfície lisa (contas esféricas) ou rugosa (contas bicónicas);
- h) acabamento do furo com pião.

Partindo de pedaços de metal com idêntica dimensão cortados da barra original, deve ter sido utilizada uma técnica de granulação para obter pequenas esferas, como se referiu anteriormente.

Não existido cobre nesta liga, qualquer atmosfera do forno ou dum aglomerado de carvão onde se soprasse ar, poderia permitir obter, por fusão, esferas metálicas de pequena dimensão. Com efeito, tanto a prata como o ouro não se oxidam em contacto com o oxigénio do ar, mesmo a elevadas temperaturas. O metal líquido com esta composição não molha a superfície de suporte de argila, pedra ou carvão, e a tensão superficial do líquido obriga à formação duma esfera.

Se existisse cobre ou outro elemento de liga oxidável, seria necessário que toda a operação se realizasse em atmosfera rica em CO ou H₂ (usando madeira), por forma a evitar a formação superficial de óxidos que provocariam a molhabilidade da base, tornando impossível a granulação.

Depois de obtidas as esferas foi necessário criar uma superfície plana que permitisse obter, por percussão, um furo central, sem que a ferramenta resvalasse (e).

Sem esta operação, seria muito difícil conseguir perfurar o metal usando um punção.

A perfuração (f) foi feita por percussão utilizando um furador não necessariamente cilíndrico. Em apoio desta hipótese, atente-se no aspecto irregular do interior dos furos, que, além de não exibirem secção circular nem vestígios de rotação de qualquer ferramenta (como sucederia se tivesse havido uma operação de furação com dispositivo rotativo), apresentam fissuras várias.

A presença destas fissuras numa parte das peças que apenas foi perfurada, é outro indício duma baixa ductilidade do metal resultante da presença de escórias e inclusões.

A rotação do conjunto sobre uma superfície lisa (g), provavelmente madeira²⁴, terá permitido centrar o furo e regularizar a superfície das contas esféricas. Parte das pequenas inclusões poderá ter sido coberta pelo metal, tornando-o mais brilhante e atraente.

As contas esféricas apresentam-se muito pouco estriadas na superfície externa, pelo que a reduzida deformação teve aqui um papel essencialmente de

²⁴ V. nota 9.

acabamento, impondo o contacto com a superfície plana a existência de um plano equatorial.

A observação dos furos sugere que o contacto com um mandril se deu apenas nos topos planos das contas. Podemos assim admitir que o mandril se manteve fixo no interior do furo enquanto as contas eram roladas sobre uma superfície externa (i.e., o eixo manteve-se solidário com a peça).

Depois de retirado o mandril, deve ter sido feita uma operação de acabamento (h), que teria consistido agora na introdução de uma nova peça que rodaria no interior do metal, mas apoiando-se apenas no rebordo do furo, que lhe terá conferido a forma circular que se encontra em grande parte das contas; mas o mesmo terá originado também uma certa concavidade nesta zona. (Est. I.1)

Esta nova ferramenta, possivelmente de ponta cónica, permitiu um ajuste com ligeira deformação do furo, tornando-o circular.

O dispositivo usado pode ter sido um pião, como aqueles usados para furar o metal, mas aqui utilizado apenas para deformar sem arranque de metal.

No caso das contas bicónicas foi necessário deformar mais o metal, pois inicialmente possuíam a forma de esferas achatadas (e). Para exercer este trabalho de deformação a frio teria sido necessário utilizar uma força tangencial à superfície.

Para conseguir este efeito por atrito sobre outra superfície há duas alternativas técnicas: utilizar uma superfície lisa e uma grande força de compressão sobre o mandril central, rolando o conjunto, ou então usando uma superfície áspera, com grande atrito. Neste último caso poder-se-ia exercer menos força sobre o mandril.

A secção relativamente espessa das contas, superior a 1 mm na conta bicónica, aliada à sua pequena dimensão — 4 mm, na zona de maior diâmetro —, iria tornar difícil a conformação do metal.

A dificuldade de fabricar mandris finos e resistentes, capazes de suportarem uma grande força, deve ter levado à utilização duma superfície áspera, ou de areia sobre um plano duro e liso. A rugosidade desta superfície teria originado os profundos sulcos circulares que se vêem nas contas bicónicas nas Est. I.2 e 3.

Terão ainda sido as partículas da pedra ou da areia que vieram incrustar-se progressivamente na superfície, juntando-se às partículas de ganga original e aumentando o número de inclusões.

Não é evidente a presença de inclusões fragmentadas o que, por um lado, reforça a hipótese do uso da técnica de granulação e, por outro, demonstra a existência duma deformação plástica a frio relativamente reduzida. A introdução de mais inclusões durante a deformação pode ter contribuído para uma diminuição da ductilidade do metal, a qual se encontra bem patente nas superfícies irregulares representadas na Est. IV.2.

A elevada dureza desta liga binária relativamente pouco deformada, e a presença de fissuras no interior dos furos, deverá assim ter explicação na presença de escórias e inclusões de dimensão variável e origem diversa.

Finalmente a modificação da geometria circular do bordo dos furos (Est. I.1), resultante de desgaste, demonstra que o adorno foi utilizado durante bastante tempo, tendo o contacto com o fio de suporte originado a perda de metal, por desgaste e microfractura, nas zonas mais fragilizadas, isto é, no rebordo do furo.

5. CONCLUSÕES

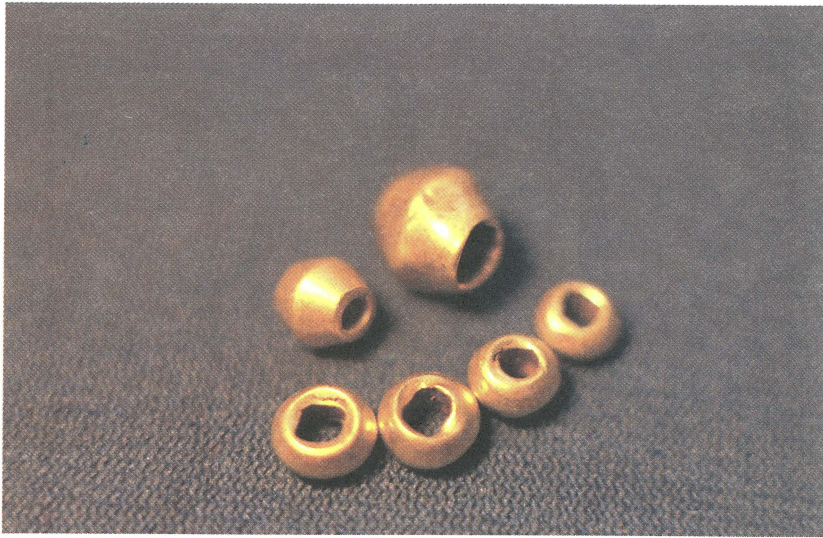
A composição química da liga, a massividade das peças e a quantidade de escórias e inclusões presentes, que dificultaram o trabalho do metal e originaram a sua fractura, permitem concluir que as contas foram fabricadas em condições particularmente rudimentares, possivelmente em período anterior ao da esmagadora maioria das peças ibéricas primitivas em ouro de que há conhecimento.

Tudo aponta para uma tecnologia primitiva, a qual poderia ter sido levada a cabo no interior do abrigo do Buraco da Pala, durante o período de ocupação I — c. de 2800-2500 A.C., em datas calibradas.

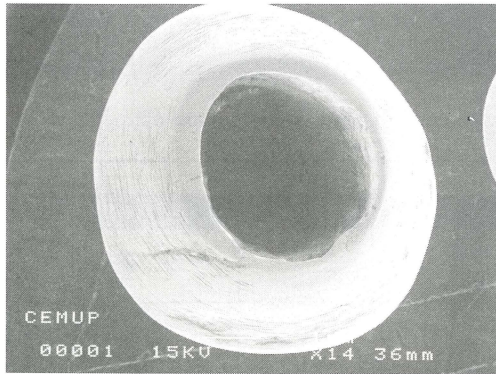
Com efeito foram aí exumados dois artefactos cerâmicos, fragmentados, que identificámos como alcaravizes, os quais deveriam integrar a extremidade de pequenos foles.

Contudo, a ausência de outros indicadores arqueológicos relacionados com a metalurgia, só nos permite adiantar que este nível de ocupação, *marcado pelo armazenamento em larga escala de produtos agrícolas e de outros colectados* — fava, trigo, cevada e bolota —, poderia ter admitido o fabrico, *pontual*, de artefactos metálicos, em ouro e cobre²⁵.

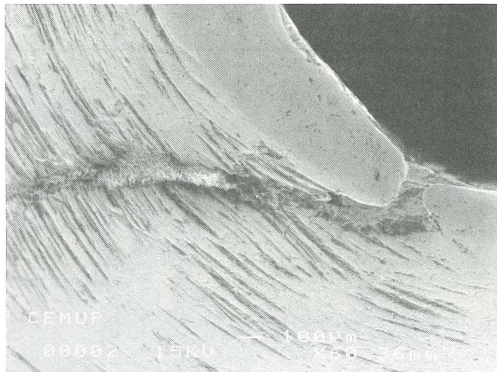
²⁵ Neste nível foi ainda exumado um machado de cobre, muito deteriorado, contendo cerca de 0,8% de arsénio. A ausência de estanho e a presença de arsénio, apontam também, segundo cremos, para uma metalurgia dos inícios da Idade do Bronze.



1.

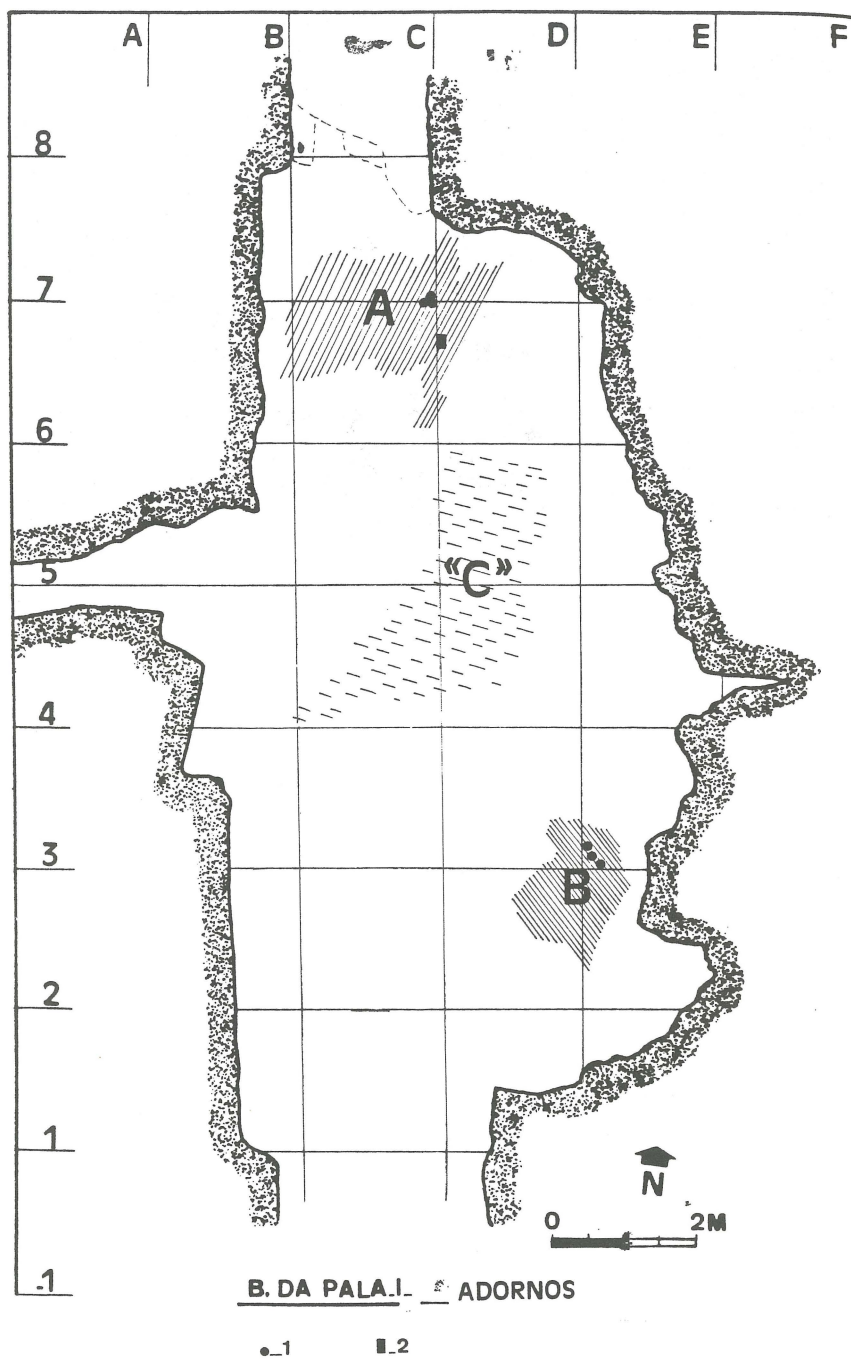


2.

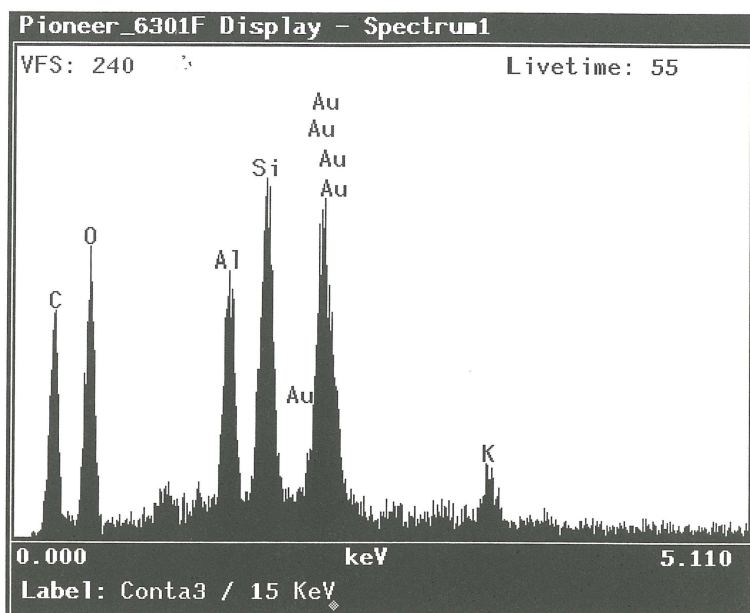


3.

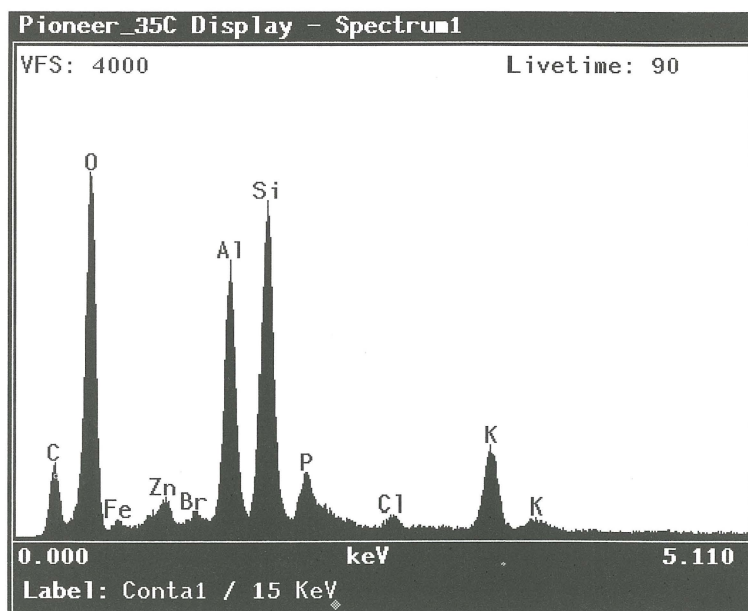
1. Conjunto de contas de ouro do abrigo do Buraco da Pala; 2. Conta bicónica, nº 6, com estriado profundo e inclusão de escória; 3. Pormenor da conta anterior: estrias e metal deformado sobre a escória.



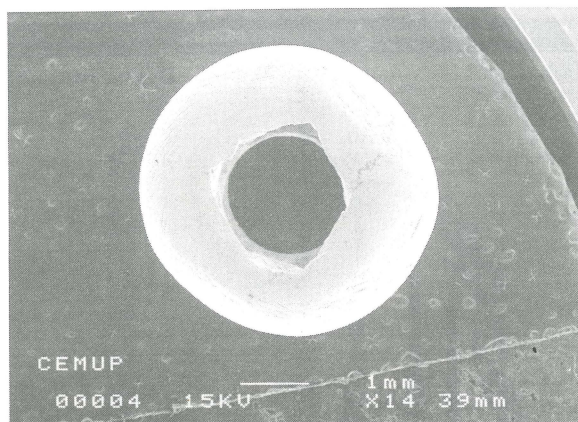
Buraco da Pala, nível I. Distribuição espacial dos elementos de adorno. Concentrações A e B e área «C» de contas em rocha ou mineral. 1. Contas de ouro em A e B; 2. Plaquinha de ouro, em A.



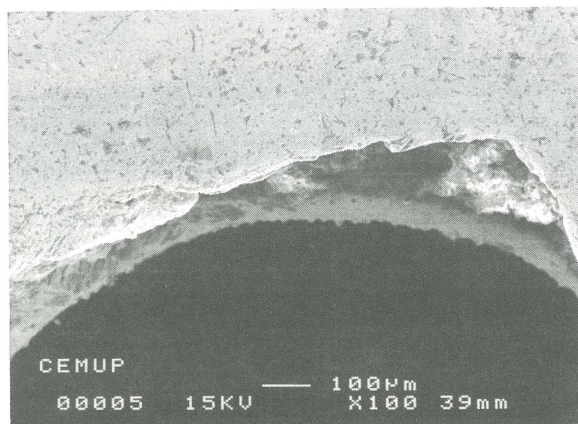
1. Espectro da composição química da escória representada na Est. I.3.



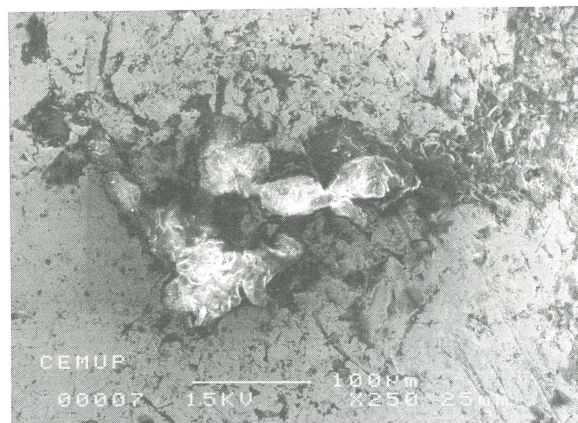
2. Espectro duma escória fundida.



1.

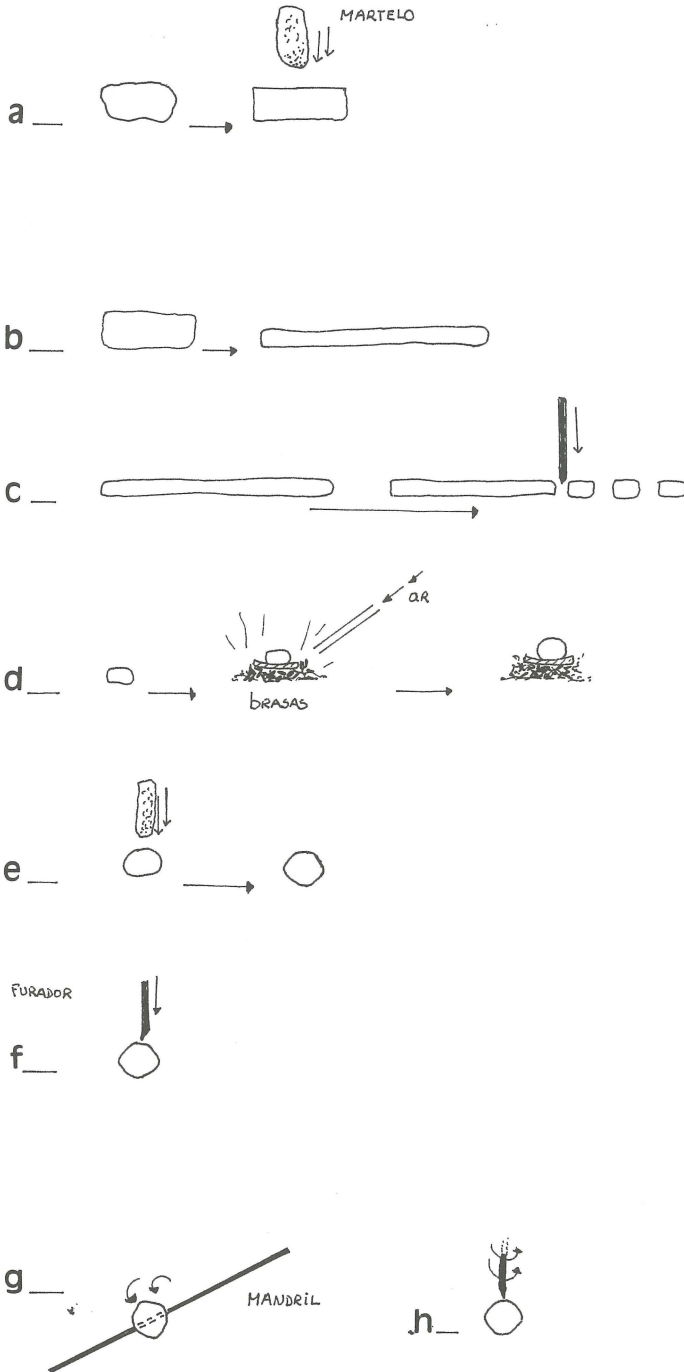


2.



3.

1. Conta esférica, pouco estriada; 2. Pormenor do rebordo do orifício da conta anterior, com fissura (indício de fragilidade); 3. Escória fundida.



Representação esquemática da hipótese proposta para o processo de fabrico das contas de ouro (ver texto).