

Estudo de um torques proveniente do noroeste peninsular – aplicação de métodos instrumentais de análise química não destrutivos

Luis Cerqueira Alves*, Maria de Fátima Araújo*
e António M. Monge Soares*

Resumo

Um torques proveniente, muito provavelmente, da região de Chaves e, actualmente, no acervo do Museu Nacional de Arqueologia, foi objecto de análise fazendo uso dos métodos instrumentais EDXRF (Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, Dispersiva de Energia) e PIXE (Emissão de Raios-X Induzida por Partículas Carregadas). Os resultados obtidos indicam que esta jóia proto-histórica foi manufacturada a partir de uma liga ternária de ouro de boa qualidade (72-73% Ag, 26-27% Au e 1-2% Cu). Estas ligas, que apresentam um teor em prata superior a 20%, integram-se no conjunto de ligas de ouro que, com teores em prata desta ordem de grandeza, são as mais utilizadas na joalharia proto-histórica do Noroeste Peninsular. As análises efectuadas permitiram, também, verificar que a solda utilizada nas uniões aro-terminal consistia, igualmente, numa liga ternária de ouro, cuja composição química (60% Au, 22% Ag, 18% Cu) a inclui no tipo de soldas mais utilizadas na época em que o torques foi manufacturado.

Palavras-chave: Arqueometalurgia. Torques. Ourivesaria pré-histórica. Chaves.

Abstract

A gold torc found near Chaves (Northern Portugal), now in the National Archaeological Museum collections, was analysed by EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry) and by PIXE (Particle Induced X-Ray Emission). This torc, very similar to other torc found at the same region, may be dated from the Late Iron Age. Since the different components of the torc – two

* Instituto Tecnológico e Nuclear, Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém.

decorated terminals and a hoop – were not assembled, it was possible to analyse each one of them, and to investigate the existence of remains of the welding in the bottom face of the terminals. Results obtained by EDXRF show that the torc was made from gold-silver-copper alloys. These results – 72-73% Au, 26-27% Ag, 1-2% Cu – are borderline compositions between native gold and artificial gold alloys and fall within the main group of compositions of proto-historic gold jewellery artifacts found in Northwestern Iberian Peninsula. PIXE analysis performed along a diameter of the bottom face of the terminals, in areas of about 0.2 mm², show a progressive increase of copper (up to 18%) and silver close to the hole where each terminal was joined to the hoop. This is a clear indication that a brazing procedure was used to assemble the components of the torc. The filler used was an alloy consisting of 60% Au, 22% Ag and 18% Cu.

Key-words: Archaeometallurgy. Torc. Prehistoric goldsmith's art. Chaves (Portugal).

Um torques proveniente do noroeste peninsular, do século de Chaves, actual- mente no acervo do Museu Nacional de Arqueologia, foi objecto de análise (fazendo uso de métodos instrumentais EDXRF (Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X Dispersiva de Energia) e PIXE (Análise de Raios-X Induzida por Partículas Cargadas). Os resultados obtidos indicam que esta foi uma peça proto-histórica, feita a partir de uma liga ternária de ouro de boa qualidade (72-73% Au e 1-2% Cu). Estes factos sugerem que o torques foi produzido numa região do noroeste da Península Ibérica, onde se encontra o maior número de torques do período pré-histórico. A análise EDXRF realizada ao longo de um diâmetro, em áreas de aproximadamente 0,2 mm², revelou um aumento progressivo de cobre (até 18%) e prata perto do buraco onde cada terminal foi unido ao anel. Isto é uma clara indicação de que um procedimento de soldagem foi utilizado para montar os componentes do torques. O soldo utilizado consistia numa liga ternária de 60% Au, 22% Ag e 18% Cu).

Palavras-chave: Arqueometalurgia. Torques. Artefactos pré-históricos. Chaves.

A gold torc found near Chaves (Northwest Portugal), now in the National Archaeological Museum collection, was analysed by EDXRF (Energy Dispersive X-Ray fluorescence spectrometry) and by PIXE (Particle induced X-ray fluorescence). The results obtained indicate that this torc was produced in the same region as the other torques found in the Northwest of the Iberian Peninsula.

1. Introdução

Em Dezembro de 1941, durante a cava de uma vinha nos arredores de Chaves, no limite nascente da veiga de Chaves, no lugar de Codeçais, freguesia de Santo Estevão de Faiões, foi encontrado um torques em ouro, o qual foi vendido a um ourives daquela cidade e inventariado¹. Também, logo após a sua descoberta, foi objecto de estudo e publicação por M. Cardozo (1942).



Em finais do ano de 1996, deu entrada no acervo do Museu Nacional de Arqueologia (MNA) um outro torques, muito semelhante ao de Codeçais – do mesmo tipo, de dimensões e peso quase idênticos, diferindo apenas na decora-

¹ O achador chamava-se Manuel Marinheiro, sendo o proprietário da vinha um tal João Pedro, também dono de uma taberna na rua do Tabolado, em Chaves. O torques foi, pouco depois da sua descoberta, vendido a um ourives de Chaves, chamado José Simões Cruz, e inventariado (Diário do Governo, II Série, n.º 38, de 16 de Fevereiro de 1944). Anos mais tarde, tendo a posse do torques passado para Maria Angelina Mesquita Cruz, filha do ourives, foi essa transferência de propriedade publicada no Diário do Governo, n.º 171, de 23 de Julho de 1959.

ção das extremidades planas dos terminais. Tinha sido proposto para venda por uma herdeira do ourives de Chaves, julgando tratar-se do primeiro torques².

No ano seguinte, é proposta a venda de um conjunto de jóias antigas, que tinham sido propriedade do mesmo ourives de Chaves. Fazia parte desse conjunto o torques de Codeçais. Estas jóias acabaram por ser adquiridas pelo Estado, tendo também dado entrada nas colecções do MNA, no início de 1999³.

Segundo informação de Maria Amélia Mesquita Botelho, neta do ourives de Chaves e ex-proprietária do primeiro dos torques que ingressou no MNA, as jóias do conjunto atrás referido foram “encontradas na mesma altura e na mesma região [onde apareceu o primeiro torques]” e eram pertença do seu avô, nunca tendo sido arroladas pelo Estado⁴. Note-se a confusão existente entre os dois torques, as condições algo vagas do seu aparecimento – “mesma altura”, “mesma região” – além de que, muito provavelmente, as jóias em causa são de cronologias diversas⁵. Por outro lado, Mário Cardozo, que parece ter estado, atempadamente, muito bem informado sobre a descoberta do torque de Codeçais, é totalmente omissivo sobre o aparecimento de mais jóias, naquela altura e naquele local (Cardozo, 1942). No entanto, é muito possível, como se discutirá mais adiante, que o torques que deu entrada, em 1996, no MNA seja, na realidade, igualmente proveniente da região de Chaves.

É precisamente este torques, que se encontrava inédito, que foi objecto do nosso estudo e que, agora, se publica.

O artefacto, embora em excelente estado de conservação, apresentava-se e apresenta-se, ainda, separado em três elementos – aro e dois terminais. O MNA desejava saber a composição da liga ou ligas metálicas constituintes dos diversos elementos do torques, bem como o tipo de solda utilizado na união dos terminais ao aro e se teria sido realizada recentemente alguma soldadura na jóia. Estas questões eram pertinentes, uma vez que se pretendia “determinar qual o tipo de intervenções, e custos, da necessária fixação dos terminais ao aro de suporte do torques”⁶.

Da nossa parte, abria-se um campo de investigação ainda muito pouco explorado no nosso país, além de que poderíamos oferecer técnicas de análise

² Em 31 de Janeiro de 1996, uma filha da proprietária do torques referida na nota 1, Maria Amélia Mesquita Botelho, propôs ao IPPAR a venda da jóia inventariada (documentação constante no Proc. 96/1(31), arquivado no Instituto Português de Arqueologia). No entanto, não se trata do torques de Codeçais, como muito bem observa a Dra. Maria Isabel Silva, Directora do Museu Regional de Arqueologia D. Diogo de Sousa, num Parecer datado de 15 de Abril de 1996 e dirigido à Directora do IPM, mas sim de um outro torques, até então desconhecido.

³ Em 18 de Julho de 1997, uma outra neta do ourives José Simões Cruz, de nome Maria Delina Mesquita Cruz, propôs ao IPPAR, que remete para o IPA e para o IPM (ver Proc. 96/1(31)), a venda de um conjunto de jóias, onde figura o torques de Codeçais, inventariado em 1944. Além desse torques, fazem parte do conjunto de jóias em ouro posteriormente adquirido pelo Estado, um terminal “campanular” (ver Cardozo, 1942, Fig. 9) ou em urna de um outro torques, decorado na face distal, três brincos de cronologia romana ou, até, mais recente, e dois objectos de forma estranha: uma fíbula anular provida de um enorme fusilhão, sem paralelos conhecidos, e um objecto em forma de V, também sem quaisquer paralelos.

⁴ Carta de 27 de Outubro de 1998 ao Director do Museu Nacional de Arqueologia.

⁵ Cf. nota 3.

⁶ Ofício, datado de Dezembro de 1996, do Director do MNA à Directora do IPM

absolutamente não-destrutivas e que resolveriam os problemas colocados pelo MNA ou permitiriam uma aproximação válida à resolução dos mesmos. As técnicas utilizadas foram a EDXRF (Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, Dispersiva de Energias) e o PIXE (Particle Induce X-Ray Emission). Com a primeira, pretendia-se determinar a composição química da liga metálica constituinte de cada elemento do torques, enquanto que, com a segunda, se pretendia analisar as zonas de soldadura dos dois terminais. Neste caso, proceder-se-ia ao “varrimento” da base de cada terminal, através de análise pontual (áreas de cerca de $0,2 \text{ mm}^2$) a espaçamentos milimétricos, ao longo de um diâmetro. Esperava-se, assim, determinar a composição da solda utilizada e, por outro lado, verificar se os terminais teriam sido soldados recentemente (após aquisição do torques pelo ourives de Chaves).

2. O Torques

O torques (Figs. 1 e 2), manufacturado numa liga de ouro, é constituído por um aro maciço, cujos extremos estariam soldados a dois terminais ocós, em dupla escócia. Actualmente, o torques encontra-se decomposto nos seus três elementos básicos (aro e terminais), devido às uniões aro-terminal estarem desoldadas. Apesar deste facto, o estado de conservação da peça pode considerar-se excelente. Apenas o aro terá sofrido uma pancada numa aresta, que lhe arrancou uma pequena “esquírola” que, no entanto, se mantém ligada à peça.

O aro maciço é rígido e foi obtido, provavelmente, por martelamento a partir de um lingote fundido. A secção é losângica, de lados côncavos, diminuindo gradualmente de espessura do centro para as extremidades de inserção nos terminais, onde volta a aumentar, para finalizar em encaixes com uma secção quadrangular menor que a secção losângica de que são o prolongamento.

Os terminais são em dupla escócia, sendo as superfícies laterais formadas por dois parabolóides de revolução unidos. Os extremos são constituídos por duas áreas circulares, apresentando a proximal um orifício quadrangular onde o aro era embutido e soldado, enquanto que a face distal se encontra ornamentada.

A ornamentação (Figs. 3 e 4) obedece à lei da irradiação – apresenta um motivo de cinco ‘hastes’ ou ‘pernas’, igualmente espaçadas, um pentásceles⁷, inserido entre duas circunferências concêntricas, em relevo, e cujo centro de simetria se encontra na circunferência menor. As ‘hastes’ terminam a curvar para a direita, pelo que se trata de um pentásceles dextrógiro. Este motivo decorativo, que se encontra em reserva, é definido por outras cinco áreas, grosseiramente triangulares, com a forma de ondas ou de labaredas estilizadas, contíguas e assentes pela base na circunferência maior. Estas áreas triangulares são preenchidas por uma série de linhas incisivas, pontilhadas, obtidas por puncionamento. A rugosidade e o aspecto baço destas áreas faz ressaltar os braços poli-

⁷ Leite de Vasconcelos (1913) à “suástica de braços espiralados” também a denomina de **tetrásceles**, enquanto que o **trísceles** ou **triquetro** é a “suástica de três braços espiraliformes” (p. 74); à “suástica de seis braços espiraliformes” chama **hexásceles** (p. 77). Do Castro de Monte Redondo, freguesia de Penso, próximo de Braga, provém uma pedra decorada com uma “suástica de cinco braços espiralados” (p. 75, Fig. 37.^a).

dos e brilhantes do pentásceles, donde resulta uma decoração com grande harmonia estética. No círculo interior (Fig. 5) pode observar-se, embora com alguma dificuldade a olho nú, o que consideramos ser um esboço de elemento decorativo. Trata-se de uma circunferência, concêntrica com as anteriores, seccionada por uma suástica flamejante (ou hexásceles)⁸, constituída por seis raios curvos com origem no centro da circunferência, tudo muito levemente inciso.

Há que referir, também, a existência de um pequeno orifício, na superfície curva lateral, próximo da área soldada de cada terminal. Estes orifícios, igualmente assinalados por Cardozo (1942, p. 99) no torques de Codeçais, foram “praticados intencionalmente para evitar que, por ocasião da soldadura dos terminais ao aro, as partes ocas rebentassem, devido ao aumento da pressão interior, provocada pela elevação de temperatura nesses espaços fechados”.

Por fim, verifica-se que o aro, ovalado, apresenta uma largura e uma altura máximas de, respectivamente, 15 e 12 cm, enquanto que o diâmetro das faces planas dos terminais é de 3 cm e a sua altura de 4 cm. O peso do torques é de 206,44 g.

Tradicionalmente, o torques tem sido considerado como um ornamento masculino, que reflectiria o estatuto social do seu possuidor, conotado normalmente com a função e o prestígio guerreiros. As estátuas de guerreiros Calaicos, em algumas das quais se observam representações de torques, parecem atestar a interpretação atrás referida para este artefacto. Vários autores, como Lopez Cuevillas (1951), estão de acordo com essa interpretação. No entanto, note-se que este torques, como muitos outros, dada a rigidez do aro e as suas dimensões, não permitiria o seu uso por um adulto. Poderiam, no entanto, tratar-se de peças votivas (vejam-se, por exemplo, as considerações tecidas por M. Cardozo (1942) a propósito do torques de Codeçais).

Este carácter votivo dos torques, ou de alguns torques, poderá ser corroborado pela simbologia presente no torques em estudo. Note-se que a gravação presente no círculo interior, dificilmente visível, poderá ser interpretada não como um esboço de decoração, mas sim como um símbolo com determinado significado, que o artífice quis figurar no torques associado à simbologia visível na restante decoração. A suástica flamejante, bem como o pentásceles, os círculos e, porventura, também as ‘labaredas’ estilizadas filiam-se no mundo celta e são, habitualmente, conotados com um qualquer culto heliolátrico. A ser assim, fortalecia-se o carácter votivo atribuído, por alguns, a estas jóias proto-históricas.

O torques, como é sabido, é uma das jóias características da ourivesaria proto-histórica do Noroeste Peninsular. A tipologia destes artefactos não é simples e parece estar longe de merecer um acordo da parte dos diversos investigadores que sobre eles se têm debruçado. Não é, pois, de admirar que existam várias tipologias. Têm em conta as formas e os padrões decorativos fazendo, no entanto, pouco ou nenhum uso da composição química das ligas metálicas de que são feitas estas jóias.

⁸ Um “hexásceles inscrito em um círculo, e sobreposto a outro círculo menor, apareceu na região das minas de Santo Adrião, concelho de Vimioso, num sítio em que há vestígios romanos ou pré-romanos de antiga lavra de pedreira” (Vasconcelos, 1913, p. 77 e Fig. 43.^o). Trata-se de uma composição muitíssimo semelhante às que se encontram finamente gravadas nos terminais do torques.

Uma das tipologias mais recentemente construída e, porventura, de bases mais sólidas é a de Prieto Molina (1996). Segundo esta tipologia, o torques que temos vindo a estudar integra-se no Tipo VI – torques de secção romboidal e terminais em dupla escócia – e no Subtipo VI B2 – torques com terminais decorados.

São conhecidos vários torques deste subtipo: um, fragmentado, é proveniente da província de Lugo (Espanha); outro de Paradela do Rio (Montalegre); um outro de Lebução (Valpaços); outro ainda, sem proveniência precisa, do Norte de Portugal e, por fim, o de Codeçais e este que agora se publica. Este, o de Codeçais e o de Lebução têm dimensões muito semelhantes e pesos à volta de 200 g, enquanto que o de Paradela do Rio e o do Museu Britânico têm pesos de cerca de 100 g. Já atrás destacamos a enorme semelhança na forma, no peso e nas dimensões do aro e dos terminais entre o torques de Codeçais e o que está em estudo. Embora o torques de Codeçais ainda não tenha sido objecto de qualquer análise científica (química), Cardozo (1942) refere que “a simples vista acusa cerca de 700 milésimas” (p. 98) para o teor em ouro, o que, como veremos adiante, corresponde a uma composição química muito semelhante à que foi determinada para o que está em estudo. Por tudo isto, não será descabido considerar que estes dois torques poderão ter sido feitos pelo mesmo artífice e que, ambos, tenham sido descobertos na mesma região (Chaves), embora não necessariamente os dois em Codeçais.

Quanto a cronologias precisas para estes artefactos proto-históricos, estas são difíceis de estabelecer, dado que, na sua grande maioria, os torques (e o mesmo se dirá das outras jóias proto-históricas conhecidas) foram descobertos casualmente por trabalhadores rurais, ignorando-se totalmente o contexto arqueológico em que estariam depositados. Daí que as cronologias propostas abarquem, normalmente, períodos longos, sem limites precisos. Por exemplo, Prieto Molina (1996) considera que os torques pertencentes aos Tipos I e II (torques com terminais em botão) serão os mais antigos, dada a semelhança das decorações que ostentam com as decorações das jóias do Bronze Final do noroeste da Península Ibérica, enquanto que outros torques, com o aro constituído por uma liga de cobre ou de prata revestido por uma fina lâmina de ouro, serão os mais recentes e atribuíveis já a um contexto de romanização. Os torques do Tipo VI estariam cronologicamente entre estes dois grupos. Um outro investigador, Balseiro Garcia (cit. por Prieto Molina, 1996, p. 198) atribui os torques com terminais em dupla escócia aos Sécs. V-IV a.C.

3. Análise química do Torques

Na determinação da composição química de artefactos arqueológicos ou de outro tipo que façam parte do acervo de museus é importante e, por vezes, absolutamente indispensável a utilização de métodos de análise não-destrutivos, de forma a que não se produzam, durante os ensaios experimentais, quaisquer danos nos artefactos em estudo. Na análise do torques foram utilizados, como já referido, dois métodos de análise não-destrutiva: a espectrometria de fluorescência de raios-X, dispersiva de energias (do inglês, EDXRF) e a emissão de raios-X induzida por partículas carregadas (do inglês, PIXE). Ambos, têm como base a emissão de raios-X produzida pela interacção de um feixe electromagné-

tico (ou de partículas) de energia apropriada com os átomos dos elementos constituintes dos materiais a analisar. A intensidade de emissão da radiação característica de um dado elemento químico está directamente relacionada com a concentração desse elemento no material em análise. Dada a natureza dos fenómenos físicos atrás descritos, os métodos EDXRF e PIXE, para além de não-destrutivos, são multielementares e rápidos. Têm vindo a ser aplicados vulgarmente em estudos de arqueometalurgia, como referido em trabalhos anteriores (ver Soares, Araújo e Cabral, 1994).

3.1 Análise por EDXRF

O equipamento usado neste estudo foi um espectrómetro comercial (*KeveX Delta XRF Analytst*) associado a um computador DEC LSI 11/73, que controla a âmpola, o sistema de detecção e o analisador multicanal. O feixe de fótons primários é produzido numa âmpola de raios-X com um ânodo de ródio. Este feixe primário pode ser, em seguida, utilizado para produzir um feixe monocromático (secundário) através de um dos alvos disponíveis (Gd, Ag, Zr, Ge, Fe e Ti). Os raios-X característicos emitidos pelos elementos constituintes das amostras são colimados a 90° e medidos num detector semiconductor de Si(Li) com uma resolução de 165 eV e uma área activa de 30 mm².

Na análise do torques, bem como dos materiais de referência (ligas de Cu-Au e Ag-Au), utilizou-se a radiação monocromática produzida num alvo secundário de gadolínio, obtida com uma tensão de 57 kV e uma intensidade de corrente de 1 mA. O tempo de acumulação para cada espectro foi de 300 segundos. Os ensaios foram realizados, sem efectuar qualquer tipo de limpeza, na totalidade da área distal plana dos dois terminais do torques e em duas zonas distintas do aro. Os métodos de cálculo, para a análise quantitativa, foram descritos em publicação anterior (Araújo, Alves e Cabral, 1993). Determinaram-se como elementos maioritários da liga Cu, Au e Ag, tendo-se detectado ainda a presença de Sn como elemento vestigial. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela I.

TABELA I

Composição química das ligas metálicas correspondentes aos diversos elementos do torques (determinada por EDXRF).

	Cu(%)	Ag(%)	Au(%)
Terminal 1	1.0	25.6	73.4
Terminal 2	1.0	25.7	73.2
Aro (zona 1)	1.8	26.3	72.0
Aro (zona 2)	1.7	26.7	71.6

3.2 Análise por PIXE

Pretendia-se analisar as zonas de soldadura, as quais eram aparentes nas áreas proximais (planas e com o orifício de encaixe do aro) dos dois terminais do torques. Para isso, sem se proceder previamente a qualquer tratamento ou

limpeza das superfícies e utilizando um feixe de protões de 0,5 mm de diâmetro, foram analisados vários pontos em cada uma das bases dos terminais, procedendo-se ao varrimento da peça ao longo de um diâmetro em passos de 0,5 mm ou 1,0 mm. As irradiações foram efectuadas em vácuo com protões de 2,0 MeV obtidos através de um acelerador de Van de Graaff de 3,1 MV. Um detector semiconductor de Si(Li), com uma resolução de 155 eV, foi colocado num ângulo de 110° em relação à direcção do feixe de protões, enquanto que as áreas irradiadas se encontravam com uma inclinação de 15° em relação ao feixe incidente. Um absorvedor de Mylar de 125 µm de espessura foi usado a fim de suprimir as linhas do Au_M. A análise dos espectros foi efectuada através do programa AXIL-PC V3.1 (Van Espen, Janssens e Nobels, 1986). Os métodos de cálculo utilizados, para a análise quantitativa, encontram-se descritos em Reis e Alves (1992).

Os elementos químicos determinados em todos os ensaios foram o Fe, Cu, Ag e Au. Os valores de concentração obtidos para estes elementos estão indicados na Tabela II e representados nos gráficos da Fig. 6. Verifica-se, nas zonas de soldadura, um acréscimo do teor em cobre, que atinge um valor máximo de 18%. O acréscimo em cobre é acompanhado por um acréscimo no teor em prata e diminuição no de ouro. O ferro aparece sempre como elemento vestigial, provavelmente devido a contaminação.

Além destes elementos pesquisou-se igualmente o cádmio, elemento químico cuja presença poderia ser indicadora de uma falsificação da peça ou de uma soldadura moderna (Meeks e Craddock, 1991). No entanto, em nenhum ensaio foi identificado este elemento.

TABELA II

Valores de concentração obtidos por PIXE nos vários pontos de análise e em cada um dos terminais do torques.

Posição (cm)	Terminal 1			
	Fe	Cu	Ag	Au
4.90	0.05	0.3	24.8	74.9
4.95	0.06	0.6	25.9	73.4
5.00	0.06	0.2	26.1	73.6
5.05	0.07	0.4	26.5	73.0
5.10	0.05	0.5	27.2	72.3
5.15	0.11	0.4	36.4	63.2
5.20	0.18	2.7	40.4	56.7
5.25	0.06	11.9	22.5	65.5
5.30	0.11	12.8	26.7	60.4
6.10	0.05	17.9	22.5	59.5
6.15	0.02	15.6	24.6	59.7
6.20	0.04	8.6	40.9	50.5
6.25	0.11	0.7	30.7	68.6
6.30	0.07	0.8	21.4	77.8
6.35	0.05	0.5	22.4	77.1
6.40	0.06	0.4	22.2	77.3
6.45	0.09	0.5	21.4	78.0
6.80	0.06	0.9	26.2	72.8

Posição (cm)	Terminal 2			
	Fe	Cu	Ag	Au
4.50	0.06	0.4	22.0	77.5
4.90	0.15	0.5	21.7	77.7
5.00	0.12	0.5	21.3	78.0
5.10	0.14	0.6	22.4	76.8
5.20	0.38	0.8	22.9	76.0
5.30	0.88	1.2	27.0	71.0
5.40		12.7	35.0	52.3
5.45	0.03	13.8	28.8	57.3
6.10	0.03	13.7	39.0	47.3
6.15	0.04	10.9	40.0	49.1
6.20	0.08	6.7	35.0	58.3
6.25	0.06	5.8	38.8	55.4
6.30	0.34	0.3	22.8	76.6
6.40	0.09	0.4	22.1	77.4
6.60	0.14	0.4	20.3	79.1

4. Discussão dos resultados analíticos

4.1 A composição das ligas de ouro do torques

Os resultados obtidos por EDXRF permitem afirmar que os diversos componentes do torques – aro e terminais – foram manufacturados provavelmente numa mesma liga de ouro ternária (Au Ag Cu) de elevada qualidade (ouro de, aproximadamente, 18 quilates). Os desvios observados na composição da liga dos terminais com a medida para o aro, podem ser devidos às distintas geometrias de medição para estes componentes do torques.

Poder-se-ia, também, ter calculado a composição da liga com que foram feitos os terminais fazendo uso dos resultados obtidos por PIXE. Ter-se-ia, neste caso, em atenção as composições determinadas para os pontos mais afastados do orifício de encaixe do aro e, por conseguinte, mais afastados da zona de soldadura. É fácil de verificar que os resultados que se obtiveram indicam uma liga com um teor em ouro um pouco mais elevado do que o determinado por EDXRF, enquanto que os teores em Ag e Cu se apresentam mais baixos. Por outro lado, as ligas metálicas dos terminais seriam ligeiramente diferentes entre si. As explicações para estes factos residem em duas ordens de razões. Por um lado, a espessura da superfície examinada por cada uma das técnicas, EDXRF e PIXE, é diferente, sendo maior no primeiro caso. Por outro, o torques esteve enterrado durante mais de dois mil anos, além de que as bases dos terminais, onde se procedeu à soldadura, terão sofrido tratamentos térmicos mais severos que outras partes dos terminais. Estes factos, conducentes a fenómenos de oxidação superficial, produzem um enriquecimento, também superficial, no elemento mais nobre (Au) e daí a variabilidade dos resultados obtidos por PIXE, bem como os valores mais elevados para os teores em Au obtidos por esta técnica. Em trabalho anterior, de comparação entre estas duas técnicas na análise de moedas de ouro, foi possível concluir que os resultados obtidos por PIXE, em moedas com teores em Au no intervalo 50-80%, apresentavam desvios rela-

tivos aos obtidos por EDXRF até 15% superiores na concentração em Au. Concluiu-se, também, que para aqueles teores de Au, os resultados determinados por EDXRF eram mais rigorosos do que os determinados por PIXE (Araújo, Alves e Cabral, 1993).

Como se referiu atrás, a liga identificada na constituição do torques é de elevada qualidade, isto é, é facilmente trabalhável, suportando bem quaisquer esforços de punctionamento, laminação, etc. A composição das ligas pode ser, em princípio, indicadora do grau de domínio e desenvolvimento tecnológico da comunidade que as produziu. No entanto, uma primeira questão se coloca – saber se se está perante uma liga natural ou artificial. O ouro nativo apresenta, além da prata, pequenas quantidades de cobre, que não ultrapassam, normalmente, concentrações de 1,5% (Hartmann, 1979). As excepções conhecidas são constituídas por ouros nativos provenientes do Norte de Itália, da Checoslováquia e da Alemanha, onde a concentração do Cu pode atingir os 3,5% (Monteiro e Rovira, 1991). Para a Península Ibérica, embora existam muito poucas análises de ouro nativo, poderá afirmar-se que neste o teor em Cu não ultrapassará o 1%, enquanto o da prata não ultrapassará os 25% (*op. cit.*). Ora, a composição determinada para o torques coloca a liga metálica de que é constituído nesse limiar, do que ainda poderemos considerar como ouro nativo. É de referir também que a identificação de vestígios de estanho no torques poderá ser indicativo de uma origem aluvionar para o ouro utilizado na manufactura deste artefacto. Mais análises e um melhor e maior conhecimento das composições das jóias de ouro pré e proto-históricas peninsulares poderão esclarecer, no futuro, estas questões.

Por outro lado, do que já se conhece da ourivesaria proto-histórica peninsular ressalta uma diferente concepção da mesma entre o noroeste, por um lado, e o centro e o sul, com elevada influência mediterrânica, por outro. Esta diferente concepção revela-se, entre outros factores de ordem tipológica e estilística, pela própria composição química das ligas de ouro. Enquanto que no noroeste peninsular predominam ligas de ouro com teores de prata superiores a 20% (mais de 70% dos objectos analisados), na área mediterrânica o panorama é completamente diferente – apenas cerca de 10% das ligas têm um teor de prata superior a 20%, enquanto que 70% delas têm uma percentagem de prata inferior a 10% (Monteiro e Rovira, 1991). Pode, pois, afirmar-se que as composições das ligas de ouro constituintes do torques em estudo se integram plenamente naquilo que é o mais vulgar para o noroeste peninsular.

4.2 As soldaduras da união do aro aos terminais

O processo de união de elementos metálicos, sendo estes de ouro ou de ligas deste metal, pode revestir as seguintes metodologias (segundo Perea, 1990):

- a) Soldadura sem junção de material soldante – baseia-se nos diferentes pontos de fusão dos elementos metálicos a unir.
- b) Soldadura por difusão em fase sólida – obtém-se aquecendo os elementos a soldar ligeiramente abaixo do ponto de fusão.
- c) Soldadura mediante sais de cobre.

d) Soldadura com junção de uma liga soldante de ponto de fusão mais baixo do que os dos elementos metálicos a soldar⁹.

Para se compreender o que está em jogo na questão da soldadura aplicada a jóias antigas deverá ter-se em conta que o ponto de fusão do ouro é de 1063°C, o da prata de 961°C, o do cobre de 1083°C, o de uma liga de 80% Au / 20% Ag de 1040°C e o de uma outra de 80% Au / 20% Cu de 890°C, enquanto que o ponto de fusão de uma liga ternária constituída por 60% Au, 20% Ag e 20% Cu é de 850°C. Esta liga ternária é de fácil obtenção e foi utilizada como solda, em processos de brazagem, em artefactos de ouro na Antiguidade (Demortier, 1987). Por outro lado, soldaduras em jóias de ouro que exibam concentrações de cobre e prata maiores do que as existentes nas ligas metálicas dos elementos soldados é indicativo de que um processo de brazagem teve lugar e que foi feito uso de uma solda constituída por uma liga ternária de Au-Ag-Cu.

Para Portugal, ignoram-se estudos que tenham sido realizados sobre soldaduras em objectos proto-históricos e da Antiguidade Clássica. Apenas num estudo sobre três torques do Noroeste Peninsular (Almeida e Sousa, 1993) se refere a identificação de três tipos de solda – uma à base de prata com baixo teor em ouro, outra à base de cobre e prata e, por fim, uma outra, à base de ouro – mas sem explicitar que metodologia analítica foi utilizada e que resultados quantitativos foram obtidos. Em Espanha, foram objecto de análise e posterior publicação, por A. Perea (1990), diversas soldaduras em ourivesaria proto-histórica de ouro do Sul da Península, documentando-se quatro tipos:

1. Soldadura com uma liga de Au / Ag.
2. Soldadura com uma liga de Au / Cu.
3. Soldadura com uma liga de Au / Ag / Cu.
4. Soldadura por difusão em fase sólida.

Perea observou, também, a existência de variações de composição no mesmo artefacto e na mesma soldadura, o que é explicável pelos ciclos térmicos que os mesmos sofreram, acompanhados de processos de difusão e oxidação.

Da Tabela II (e da Fig. 6) ressalta o facto de que junto ao orifício de encaixe do aro se dá uma diminuição do teor em Au, com o correspondente aumento dos teores em Ag e Cu. Para se interpretar o conjunto de resultados obtidos por PIXE, deverá ter-se em conta o diagrama de fases ternário (Au / Ag / Cu) representado na Fig. 7¹⁰. O ponto 1, nesse diagrama, corresponde à com-

⁹ Neste tipo de soldadura, só o metal de adição ou de enchimento sofre fusão a uma temperatura inferior à temperatura de fusão dos elementos metálicos a unir. Consideram-se, normalmente, duas espécies deste tipo de soldadura – a brazagem e a soldagem (em inglês, *brazing* e *soldering*, respectivamente). O termo brazagem aplica-se quando a solda é uma liga metálica de ponto de fusão ligeiramente mais baixo do que o dos elementos metálicos a unir e soldagem quando os elementos metálicos são unidos através de soldas que consistem em ligas metálicas de baixo ponto de fusão (Cottrell, 1977; Goffer, 1980, p. 216).

¹⁰ A Fig. 7 foi construída baseada nos diagramas representados em McDonald e Sistare (1978, p. 67) e Scott e Doehne (1990, p. 187).

posição química da liga de que são constituídos os terminais; poderá concluir-se que o ponto de fusão dessa liga será de cerca de 1020°C. O ponto 2, correspondente à composição da liga na posição 6.10 no Terminal 1 (ver Tabela II), leva a concluir que o ponto de fusão dessa liga será de cerca de 850°C. Por sua vez, o ponto 3, correspondente à composição da liga na posição 6.10 no Terminal 2 (ver Tabela II) indica um ponto de fusão também próximo de 850°C (ligeiramente superior).

Algumas conclusões se poderão desde já retirar. A primeira é a de que foi utilizada como solda uma liga ternária de Au / Ag / Cu. A segunda, tendo em atenção o diagrama de fases e os valores determinados por PIXE para o Cu nos diversos pontos dos terminais, é de que é de admitir que a solda, que logicamente deveria ser idêntica para os dois terminais, tivesse um ponto de fusão de 850°C. A heterogeneidade observada entre a composição química dos vestígios de soldadura no Terminal 1 e no 2 deverá ser explicável pelos ciclos térmicos que aquelas áreas dos terminais sofreram e que foram acompanhados de processos de difusão e oxidação, tal como Perea (1990) observou nas soldaduras das jóias do sul peninsular. Poderemos admitir que a composição determinada na posição 6.10 do Terminal 1 (60% Au / 22% Ag / 18% Cu) é representativa da liga metálica utilizada como solda, composição essa que se aproxima muito da referida na literatura como vulgar na Antiguidade (60% Au / 20% Ag / 20% Cu). Note-se, no entanto, que no Terminal 2 não foi determinada nenhuma composição igual àquela. A explicação poderá ser a referida atrás para as heterogeneidades de composição observadas. Haverá que ter em atenção, também, que o arrefecimento da soldadura até à temperatura ambiente poderá não ter sido suficientemente lento, de tal modo que permitisse a existência de um equilíbrio entre as composições do sólido e do líquido, originando, pelo contrário, precipitados que não estavam em equilíbrio com a fase líquida. Uma análise metalográfica seria importante para resolver estas questões que se colocam na interpretação dos resultados obtidos por PIXE. Mas o excelente estado de conservação do torques torna eticamente desaconselhável a realização dessa análise.

Por fim, é de referir que a ausência de Cd, elemento químico vulgar nas soldas modernas, é indicativo de que o torques não terá sofrido qualquer soldadura após a sua descoberta.

5. Conclusões

O estudo a que se procedeu sobre este torques, muito provavelmente proveniente da região de Chaves, permitiu demonstrar o interesse da utilização dos métodos não-destrutivos de análise química, como a EDXRF e o PIXE, na determinação da composição química de ligas metálicas bem como na identificação das soldas utilizadas em jóias antigas.

Foi, assim, possível verificar que o torques foi manufacturado a partir de uma liga ternária de ouro de boa qualidade: 72 – 73 % Au, 26 – 27 % Ag, 1 – 2% Cu. Estas ligas, com um teor em prata superior a 20%, integram-se no conjunto de ligas de ouro que, com este tipo de composição, são as habitualmente usadas na joalheria proto-histórica do Noroeste Peninsular.

As análises efectuadas permitiram também inferir, com elevada probabilidade, que a solda utilizada nas uniões aro-terminal era constituída igualmente por uma liga ternária de ouro, cuja composição química (60% Au / 22% Ag / 18% Cu) a integra plenamente no tipo de soldas usadas na época em que o torques foi manufacturado. Foi possível, também, verificar a inexistência de cádmio nas bases dos terminais, o que fortalece a atribuição cronológica, atrás referida, aos vestígios de solda identificados.

Como conclusão final, pode afirmar-se que este torques, que se encontrava inédito, é genuíno e apresenta uma decoração de grande harmonia estética, obtida através de uma técnica de punção perfeita. O pentásceles, motivo raríssimo na arte pré e proto-histórica, bem como a suástica flamejante, finamente gravada no centro das faces decoradas dos terminais, os círculos e até, porventura, as 'labaredas' estilizadas integram-se na simbologia ligada ao mundo celta e estarão conotados com um qualquer culto heliolátrico. Poderão, deste modo, corroborar o carácter votivo que alguns investigadores atribuem a estas jóias proto-históricas.

Agradecimentos

O desenho do torques é da autoria da desenhadora do MNA Maria Helena Figueiredo, sendo as fotografias de pormenor da decoração do mesmo de Mathias Tissot. A ambos os nossos agradecimentos.

Bibliografia

- ALMEIDA, C. A. B.; SOUSA, M. J. C. (1993) – Três torques de ouro provenientes do Norte de Portugal. *Lucerna*. Porto. 2ª Série, 3, p. 123-133.
- ARAÚJO, M. F.; ALVES, L. C.; CABRAL, J. M. P. (1993) – Comparison of EDXRF and PIXE in the analysis of ancient gold coins. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. North-Holland. B75, p. 450-453.
- CARDOZO, M. (1942) – Una pieza notable de la orfebrería primitiva. *Archivo Español de Arqueología*. Madrid. 47, p. 93-103.
- COTTRELL, A. H. (1977) – *Introdução à Metalurgia*. (Tradução de M. Amarel Fortes e J. Pedroso Botas). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- DEMORTIER, G. (1987) – La chrysocolle des orfèvres est-elle jaune? *Archaeometry*. Oxford. 29:2, p. 275-288.
- GOFFER, Z. (1980) – *Archaeological Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- HARTMANN, A. (1979) – Irish and British gold types and their West European counterparts. In RYAN, M. (ed.) – *Proceedings of the Fifth Atlantic Colloquium*. Dublin. p. 215-228.
- LOPEZ CUEVILLAS, F. (1951) – *Las Joyas Castreñas*. Madrid: CSIC.
- McDONALD, A. S.; SISTARE, G. H. (1978) – The metallurgy of some carat gold jewellery

alloys. *Gold Bulletin*. Marshalltown (África do Sul). 11:3, p. 66-73.

MEEKS, N. D.; CRADDOCK, P. T. (1991) – The detection of cadmium in gold/silver alloys and its alleged occurrence in ancient gold solders. *Archaeometry*. Oxford. 33:1, p. 95-107.

MONTEIRO, I.; ROVIRA, S. (1991) – El oro y sus aleaciones en la orfebrería prerromana. *Archivo Español de Arqueología*. Madrid. 64, p. 7-21.

PEREA, A. (1990) – Estudio microscópico y microanalítico de las soldaduras y otros procesos técnicos en la orfebrería prehistórica del Sur de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*. Madrid. 47, p. 103-160.

PRIETO MOLINA, S. (1996) – Los torques castreños del Noroeste de la Península Ibérica. *Complutum*. Madrid. 7, p. 195-223.

REIS, M. A.; ALVES, L. C. (1992) – DATPIXE, a computer package for TPIXE data analysis. *Nuclear Instruments and*

Methods in Physics Research. North-Holland. B68, p. 300-304.

SCOTT, D. A. e DOEHNE, E. (1990) – Soldering with gold alloys in ancient South America: examination of two small gold studs from Ecuador. *Archaeometry*. Oxford. 32: 2, p. 183-190.

SOARES, A. M. M.; ARAÚJO, M. F.; CABRAL, J. M. P. (1994) – Vestígios da prática de metalurgia em povoados calcolíticos da bacia do Guadiana, entre o Ardila e o Chança. In CAMPOS, J. M.; PÉREZ, J. A. e GÓMEZ, F. (eds.) – *Arqueologia en el entorno del Bajo Guadiana*. Huelva: Grupo de Investigación Arqueológica del Patrimonio del Suroeste. p. 165-200.

Van ESPEN, P.; JANSSENS, K.; NOBELS, J. (1986) – AXIL-PC, Software for the Analysis of Complex X-Ray Spectra. *Chemometrics and Intelligent Laboratory System*. 1, p. 109-114.

VASCONCELLOS, J. L. de (1913) – *Religiões da Lusitânia*. Lisboa: Imprensa Nacional. Vol. III.

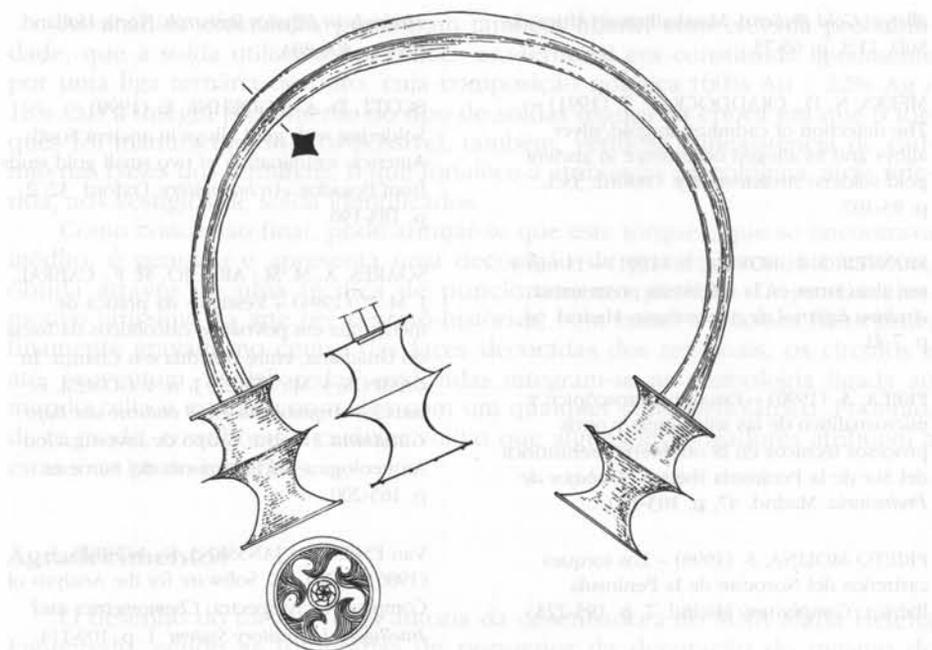


Fig. 1 – Desenho do torques, com pormenores da decoração e do sistema de encaixe do terminal.



Fig. 2 – Fotografia do torques.



Fig. 3 – Decoração do terminal do torques (terminal solto). Aumento de 2x à lupa binocular.



Fig. 4 – Decoração do outro terminal do torques. Aumento de 2x à lupa binocular.



Fig. 5 – Pormenor do motivo central.

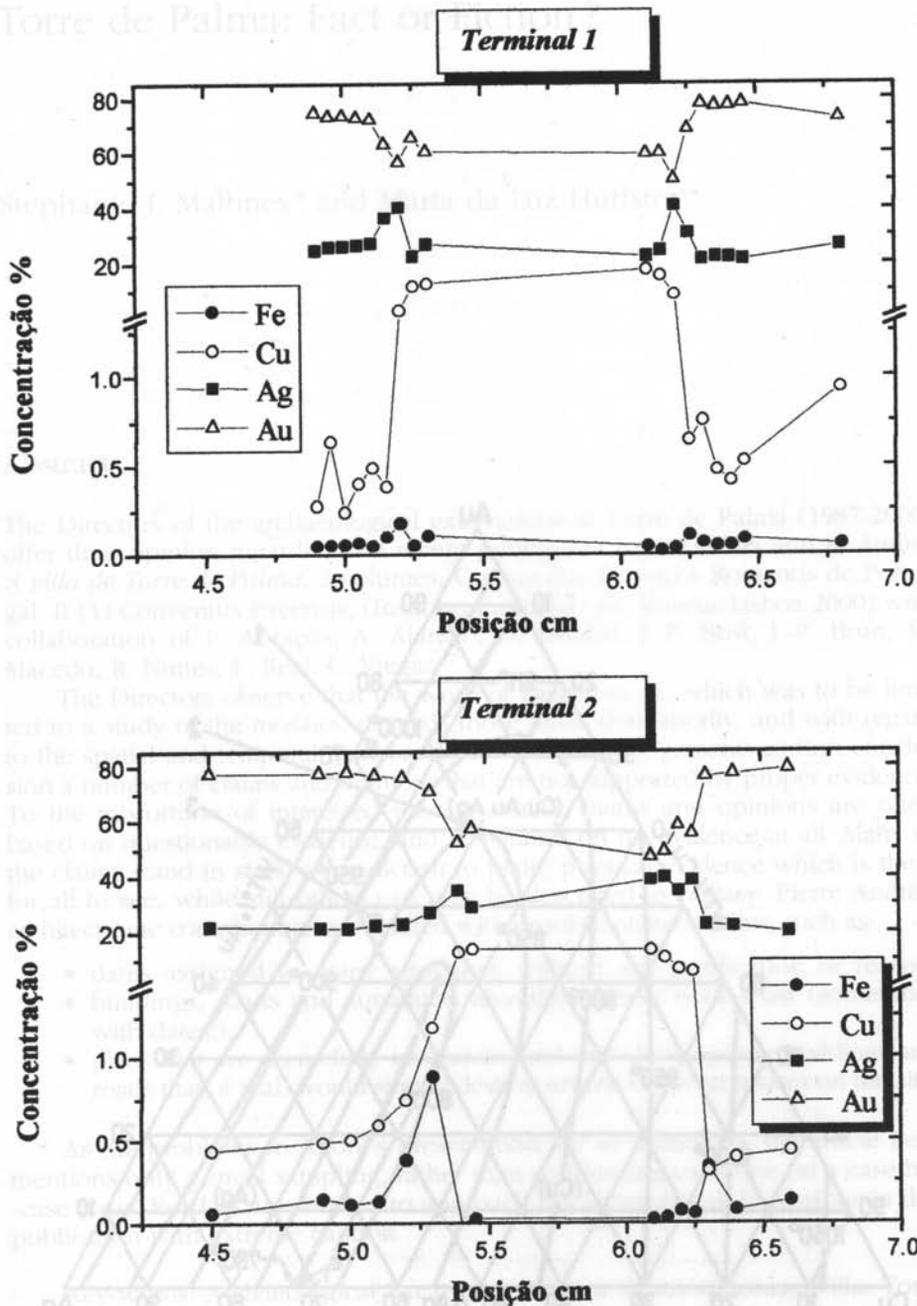


Fig. 6 – Representação dos valores de concentração obtidos por PIXE nos vários pontos de análise de cada um dos terminais. A região central do gráfico, com cerca de 10 mm de extensão, corresponde à zona sem material (orifício de encaixe do arco). Os valores absolutos de posição foram definidos arbitrariamente.

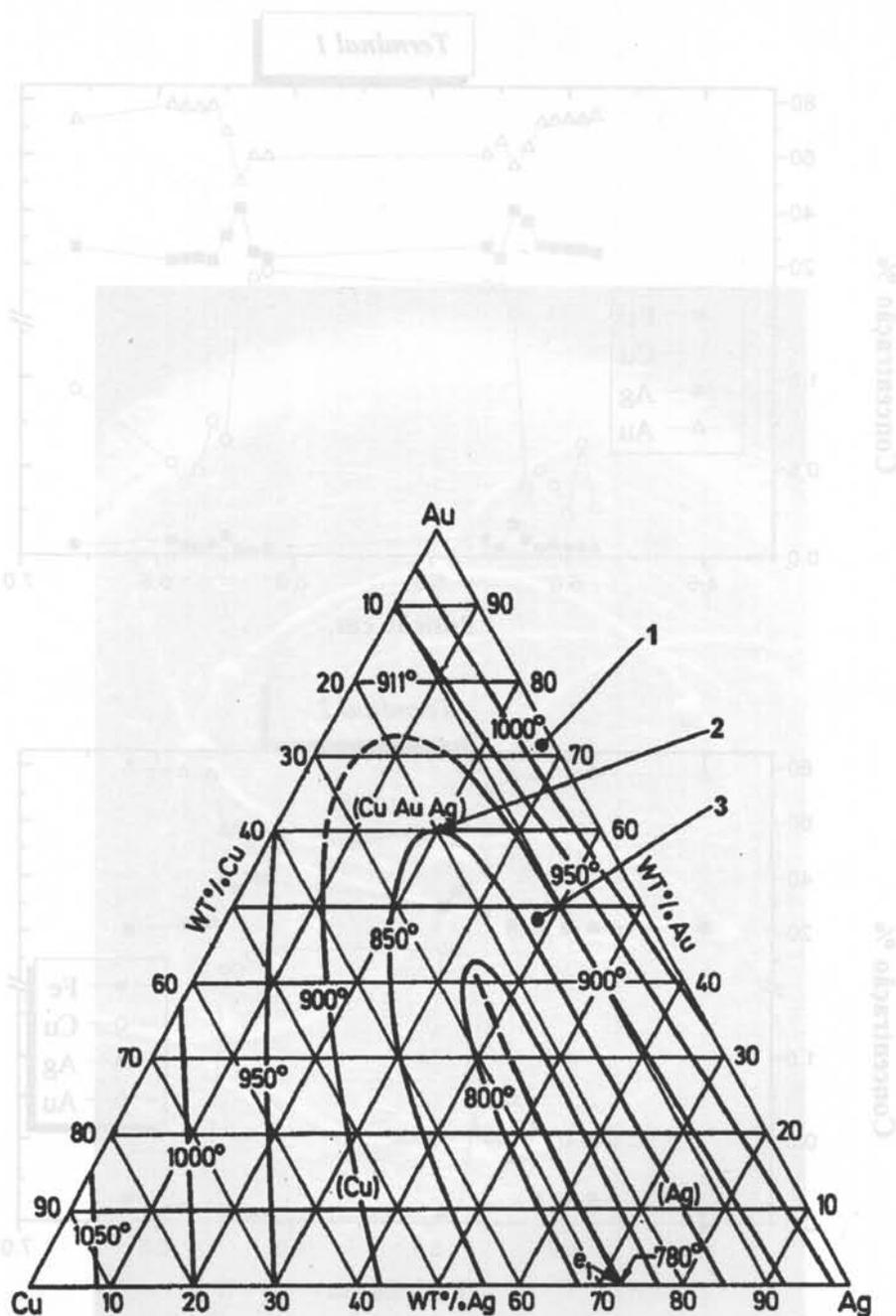


Fig. 7 – Diagrama de fases ternário da liga Au Ag Cu, indicando-se a composição da liga de que são constituídos os terminais (ponto 1) e da liga (solda) nas posições 6.10 (ver Tabela II) dos Terminais 1 e 2 (pontos 2 e 3, respectivamente).