

O USO DA MADEIRA NA MINERAÇÃO E METALURGIA DO OURO DURANTE A ÉPOCA ROMANA EM PORTUGAL

CARLA MARIA BRAZ MARTINS ⁽¹⁾

Resumo:

A madeira foi uma matéria-prima importante para a exploração mineira e metalurgia no período romano, embora as suas evidências arqueológicas no actual território português sejam escassas, atendendo ao material perecível que é. A mineração consubstanciada na exploração subterrânea apresenta bastantes constrangimentos, particularmente ao nível da segurança, e daí a necessidade de usar escoramentos de madeira em galerias e poços. Este árduo trabalho obriga o mineiro a munir-se de todo um conjunto de instrumentos de ferro encabados por madeira. O evoluir dos trabalhos, por norma através de vários níveis de profundidade, impõe também a necessidade de utilização desta matéria-prima em escadas, assim como em máquinas elevatórias para extracção da água quando se atingem os lençóis freáticos. No tratamento do minério, este material continua também a ser imprescindível, como o descrito por Agricola para as instalações de separação gravítica. No âmbito do processo metalúrgico, a madeira era a fonte de combustível dos fornos. Não sendo, obviamente, a condição única em todo este processo industrial, a madeira assume-se inequivocamente como uma infra-estrutura (vastas áreas florestadas) importante na exploração mineira "proto-industrial" romana. Deste modo, define-se como objectivo principal deste trabalho caracterizar as diferentes funcionalidades das madeiras provenientes das minas de Mouros (Jales, Vila Pouca de Aguiar), Tresminas (Vila Pouca de Aguiar), Algares (Aljustrel) e S. Domingos, atendendo às duas diferentes fases que estão adstritas à exploração mineira: extracção do minério e sua metalurgia. Os sítios arqueológicos referidos assumem-se como quatro referências na exploração aurífera romana em Portugal, sendo o ouro explorado como minério principal em Jales e Tresminas, e como minério secundário em S. Domingos e Aljustrel, já que a extracção principal recai sobre o cobre.

Palavras-chave: madeira, mineração, metalurgia, ouro, romanização

Abstract:

The use of wood in gold mining and metallurgy in Roman time in Portugal

Wood was an important raw material for mining and metallurgy in the Roman period, although its archaeological evidence in the present Portuguese territory is scarce, given the perishable nature of the material. Mining in underground exploration presents a number of constraints, particularly in terms of safety, hence the need for using wood shoring in galleries and wells. This hard work calls for a whole set of iron and wood tools for the miner. The evolution of the work, through various levels in depth, also requires the use of this raw material on stairs, as well as in devices for extraction of the water when groundwater is reached. Wood was also essential for the processing of ore, as described by Agricola for gravitational separation facilities. In the metallurgical process, wood was the fuel used in furnaces. Not being, of course, the unique condition in this whole industrial process, wood is unequivocally assumed as an important infra structure (large forested areas) in Roman "proto-industrial" mining. In this way, the main objective of this work is to characterize the different functionalities of the wood from the Mouros (Jales, Vila Pouca de Aguiar), Tresminas (Vila Pouca de Aguiar), Algares (Aljustrel) and S. Domingos mines. Two different phases are involved in mining: extraction of the ore and its metallurgy. The mentioned archaeological sites are assumed as four reference sites in the Roman gold exploration in Portugal, gold being exploited as the main ore in Jales and Tresminas, and as a secondary ore in S. Domingos and Aljustrel, where the main extraction was copper.

Keywords: Fuel, Pottery Kiln, Reduction atmosphere, Ethnoarchaeology, Portugal

Received: 12 September, 2016; Accepted: 31 March, 2017

1. INTRODUÇÃO

A madeira no passado foi uma matéria-prima essencial a todo o processo de exploração mineira e consequente metalurgia, independentemente do minério extraído. No entanto, as suas evidências arqueológicas escasseiam em virtude de se tratar de um material perecível, e como tal a sua preservação torna-se difícil em ambientes húmidos e quentes.

Assim, no universo da mineração romana em Portugal, até ao momento, foram apenas detectados vestígios de madeira em Tresminas e Jales, concelho de Vila Pouca de Aguiar, distrito de Vila Real,

S. Domingos, concelho de Mértola, e Algares, concelho de Aljustrel, distrito de Beja (Fig. 1).

Os sítios arqueológicos acima referenciados foram escolhidos pela detecção de madeiras em articulação directa com os trabalhos mineiros romanos, e pela sua importância durante o período romano seja ao nível da dimensão da exploração, seja ao nível das toneladas de minério extraído. Em relação à Mina dos Mouros, Jales e Tresminas o principal minério era o ouro, mas em Aljustrel e S. Domingos este era apenas um minério secundário.

Apesar de abundarem trabalhos sobre a importância destes locais em época romana quanto à

⁽¹⁾ Universidade do Minho, Braga (Instituto de Ciências Sociais) / Lab2PT – Laboratório de Paisagem, Património e Território. Email: carlamariabrazmartins@gmail.com

exploração mineira, já escasseiam os relacionados com os materiais arqueológicos neles encontrados e/ou exumados designadamente as madeiras.

Neste sentido, os trabalhos de A. Viana, R. Andrade e O. Ferreira – “Minerações romanas de Aljustrel” (1954), focam as madeiras provenientes de Aljustrel, e J. Braga – “Relatório ácerca da mina de cobre, sita na serra de S. Domingos, freguesia de Sant’Anna de Cambas, concelho de Mértola, distrito de Beja” (1961), contempla as madeiras provenientes de S. Domingos.

Mais recentemente os trabalhos de C. Domergue englobam também os materiais arqueológicos em associação às minas inventariadas, com particular atenção às minas antigas de Aljustrel – “La mine antique d’Aljustrel (Portugal) et les tables de bronze de Algarès” (1983), e “La mina romana de Aljustrel (Portugal) y el patrimonio minero a principios del tercer milénio” (2002), mas também realizando um inventário geral das minas na Península Ibérica – “Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique” (1987).

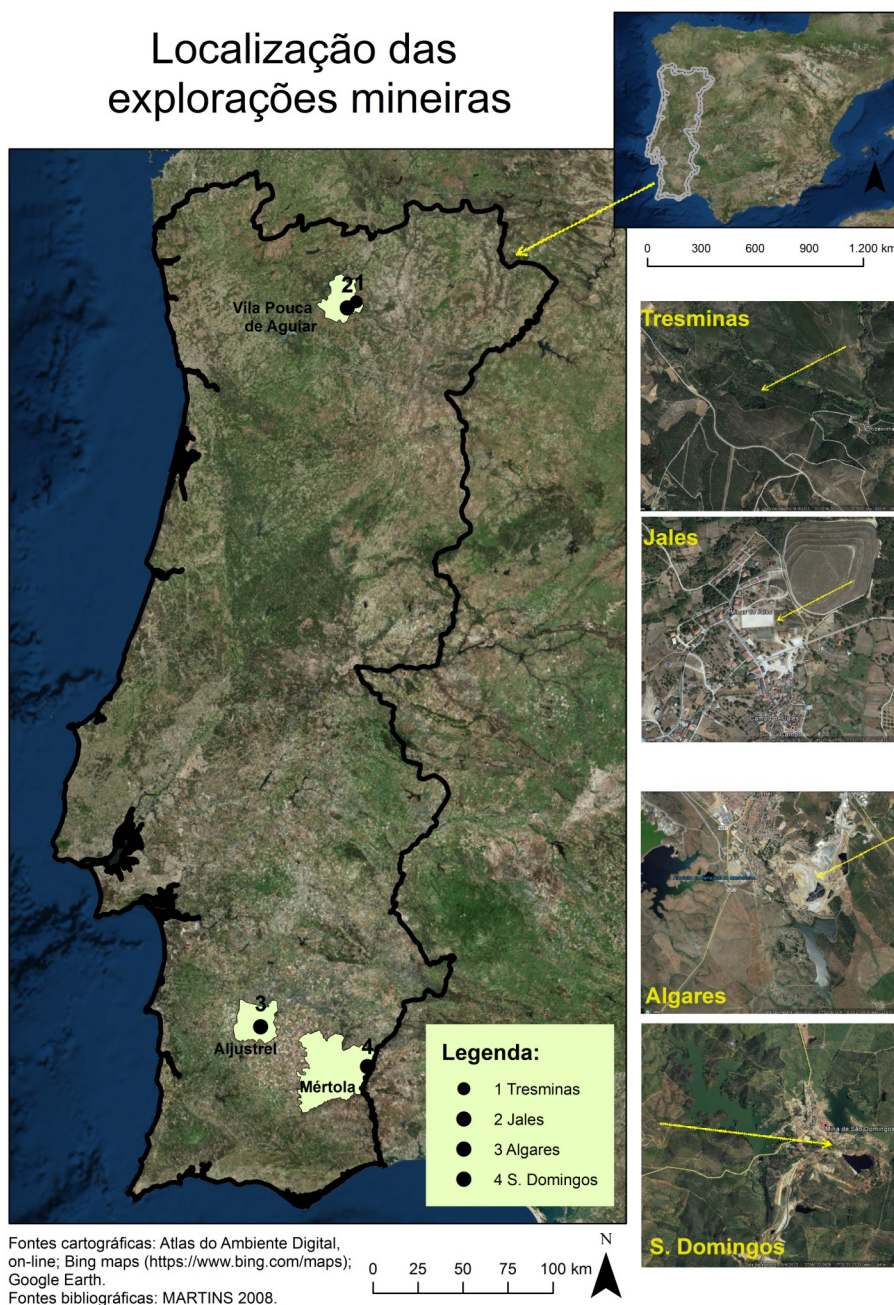


Fig. 1. Localização das explorações mineiras nas quais foram encontrados elementos em madeira.
Fig. 1. Location of the mining explorations where wood was found.

Já em 1997, A. Alarcão coordena uma edição “Portugal Romano. A exploração dos recursos naturais”, com uma secção centrada nos metais e na mineração romana no território português, que inclui um inventário da quase totalidade das peças apresentadas neste trabalho, que foram seleccionadas e classificadas por Adília M. Alarcão, Ana Luísa Duarte, António de Carvalho Quintilha, Carlos Fabião, Carlos Marques da Silva, Carlos Tavares da Silva, Fernando Sousa Real, Francisco Alves, João Luís Cardoso, Jorge Raposo, Jürgen Wahl, Miguel Telles Antunes, Regula Wahl-Clerici.

Posteriormente, o trabalho de síntese de C. M. B. Martins “A exploração mineira romana e a metalurgia do ouro em Portugal” (2008) articula do mesmo modo os materiais arqueológicos com as explorações mineiras.

Assim sendo, e tendo em conta os trabalhos e classificações anteriormente realizadas por diversos investigadores, o objectivo deste trabalho não é a identificação do tipo de madeiras, assumindo-se como tal os nomes comuns e não científicos das espécies, mas sim a atribuição de funcionalidades a cada uma das peças estudadas, atendendo à sua









tipologia. Importa também perceber o porquê da utilização de certas madeiras na antiguidade e na exploração mineira, pelo que a contraposição com as fontes clássicas, designadamente Plínio e Vitrúvio pareceram ser um contributo relevante. Nesta tarefa foi importante o trabalho de R. Ulrich – “Roman woodworking” (2007), que sintetiza o trabalho da madeira e suas diferentes aplicações de acordo com as suas propriedades.

2. PROVENIÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DAS MADEIRAS ESTUDADAS

As madeiras estudadas não são provenientes de intervenções arqueológicas, mas sim fruto de prospecções e limpezas levadas a cabo a partir dos anos 30 pelos antigos Serviços do Instituto Geológico e Mineiro, e actualmente depositados em diferentes museus (Tabela 1).

De facto, os materiais alvo deste estudo já foram mencionados e classificados em trabalhos prévios (VIANA *et al.* 1954, DOMERGUE 1983, ALARCÃO 1997), descritos e inventariados (MARTINS 2008), consubstanciando-se as suas dimensões e tipo de madeiras utilizadas na Tabela 2.

Tabela 1. Listagem dos materiais com respectivos locais de depósito.
Table 1. Inventory of wood materials with their deposit location.

Nº peça	Proveniência	Local de depósito	Nº inventário	Imagem	Identificação
1	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Municipal de Vila Real	MDDS 106/2001		Travejamento
2	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	280.4		Travejamento
3	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	280.6		Travejamento
4	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	280.7		Travejamento
5	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Municipal Padre José Rafael Rodrigues, Vila Pouca de Aguiar	2		Entivamento
6	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Municipal Padre José Rafael Rodrigues, Vila Pouca de Aguiar	-		Travejamento
7	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Municipal Padre José Rafael Rodrigues, Vila Pouca de Aguiar	-		Entivamento
8	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Municipal Padre José Rafael Rodrigues, Vila Pouca de Aguiar	-		Polia

9	Jales, Vila Pouca de Aguiar	Museu Municipal Padre José Rafael Rodrigues, Vila Pouca de Aguiar	-		Bateia
10	Tresminas, Vila Pouca de Aguiar	LNEG, S. Mamede de Infesta	-		Travejamento
11	Tresminas, Vila Pouca de Aguiar	LNEG, S. Mamede de Infesta	-		Travejamento
12	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.8		Caleira
13	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.9		Entivamento
14	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.10		Entivamento
15	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.11		Entivamento
16	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.12		Travejamento
17	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.13		Travejamento
18	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.14		Travejamento
19	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.30.2		Entivamento
20	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.30.2		Travejamento
21	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.61		Escada
22	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	989.35.2		Escada
23	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	997.10.13		Escada
24	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	-		Escada
25	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	989.35.3		Caleira
26	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278		Entivamento

27	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	997.10.8		Polia
28	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	997.10.7		Polia
29	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	997.10.10		Elemento de sarilho
30	Algares, Aljustrel	Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa	997.10.9		Elemento de sarilho
31	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.5		Maço
32	Algares, Aljustrel	Museu Geológico e Mineiro, Lisboa	278.4		Bateia

Tabela 2. Características dos materiais estudados.

Table 2. Characteristics of the studied objects.

Nº peça	Madeira	Comprimento máx. (cm)	Largura máx. (cm)	Espessura máx. (cm)	Diâmetro máx. (cm)	Altura máx. (cm)	Peso (g)	Referências
1	carvalho	66,7	-	8,6	-	-	-	MARTINS 2008, catálogo, p. 168 nº 1.1.
2	carvalho	47,3	15,0	8,4	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 12; MARTINS 2008, catálogo, p. 168 nº 1.2.
3	carvalho	45,5	10,5	2,4	-	-	-	MARTINS 2008, catálogo, p. 168 nº 1.3.
4	carvalho	83,7	7,0	3,3	-	-	-	MARTINS 2008, catálogo, p. 168 nº 1.4.
5	carvalho	66,0	9,5	-	-	-	2 132,26	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 15; MARTINS 2008, catálogo, p. 169 nº 1.5.
6	carvalho	137,0	12,0	-	-	-	-	Alarcão 1997, p. 112 nº 14; Martins 2008, catálogo, p. 169 nº 1.6.
7	carvalho	133,7	14,3	-	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 13; MARTINS 2008, catálogo, p. 169 nº 1.7.
8	carvalho	36,1	38,5	-	-	c. 12,3	-	ALARCÃO 1997, p. 113 nº 4
9	carvalho	47,5		1,5	-	9,8	1 840,91	ALARCÃO 1997, p. 109 nº 4; MARTINS 2008, catálogo, p. 172 nº 2.10.

10	castanho	54,9	10,5	4,2	-	-	841,30	MARTINS 2008, catálogo, p. 200 nº 1.1.
11	castanho	69,6	-	-	7,7	-	1 585,90	MARTINS 2008, catálogo, p. 200 nº 1.1.
12	azinho	65,1	15,6	8,2	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 2; DOMERGUE 1983, p. 38 nº 32; MARTINS 2008, catálogo, p. 385 nº 1.1.; VIANA <i>et al.</i> 1954, est. 4 fig. 12.
13	azinho	117,1	14,0	4,5	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 10; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 12; MARTINS 2008, catálogo, p. 385 nº 1.2.
14	azinho	105,2	13,5	4,5	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 8; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 12; MARTINS 2008, catálogo, p. 385 nº 1.3.
15	azinho	101,0	14,5	4,5	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 9; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 12; MARTINS 2008, catálogo, p. 385 nº 1.4.
16	azinho	54,0	13,0	5,0	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 11; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 12; MARTINS 2008, catálogo, p. 386 nº 1.5.
17	azinho	45,7	-	-	33,1	-	1 829,02	MARTINS 2008, catálogo, p. 386 nº 1.6.
18	azinho	75,5	15,5	15,0	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 112 nº 17; MARTINS 2008, catálogo, p. 386 nº 1.7.
19	azinho	19,5	5,3	-	-	-	105,09	MARTINS 2008, catálogo, p. 386 nº 1.8.
20	azinho	28,8	6,8	-	-	-	561,26	MARTINS 2008, catálogo, p. 386 nº 1.8.
21	azinho	-	33,0	13,5	-	102,0	-	MARTINS 2008, catálogo, p. 386 nº 1.9.
22	azinho	-	13,9	-	-	83,6	-	ALARCÃO 1997, p. 111 nº 6; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 20; MARTINS 2008, catálogo, p. 387 nº 1.10.

23	azinho	-	15,4	-	-	96,5	-	ALARCÃO 1997, p. 111 nº 5; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 19; MARTINS 2008, catálogo, p. 387 nº 1.11.
24	azinho	-	14,3	12,5	-	78,4	-	DOMERGUE 1983, p. 37 nº 22; MARTINS 2008, catálogo, p. 387 nº 1.12.
25	azinho	102,0	21,1	12,5	-	-	-	ALARCÃO 1997, p. 114 nº 1; DOMERGUE 1983, p. 38 nº 31; MARTINS 2008, catálogo, p. 388 nº 1.13.
26	azinho	139,5	84,5	-	-	-	-	MARTINS 2008, catálogo, p. 388 nº 1.14.
27	azinho	18,9	15,4	-	-	5,4	846,21	ALARCÃO 1997, p. 113 nº 6; DOMERGUE 1983, p. 35 nº 15; MARTINS 2008, catálogo, p. 388 nº 1.15.
28	azinho	22,0	21,5	-	-	6,2	953,89	ALARCÃO 1997, p. 113 nº 5; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 16; MARTINS 2008, catálogo, p. 388 nº 1.16.
29	carvalho	34,4	-	-	-	7,9	1 298,79	ALARCÃO 1997, p. 111 nº 4; MARTINS 2008, catálogo, p. 389 nº 1.17.
30	carvalho	35,2	8,6	-	-	9,5	1 400,12	ALARCÃO 1997, p. 111 nº 3; MARTINS 2008, catálogo, p. 389 nº 1.18.
31	azinho	31,4	11,6	9,2	-	-	801,70	ALARCÃO 1997, p. 110 nº 7; DOMERGUE 1983, p. 38 nº 33; MARTINS 2008, catálogo, p. 393 nº 2.6.; VIANA <i>et al.</i> 1954, est. 5 fig. 15.
32	azinho	29,1	25,1	-	-	7,7	889,31	ALARCÃO 1997, p. 109 nº 6; DOMERGUE 1983, p. 37 nº 25; MARTINS 2008, catálogo, p. 393 nº 2.7.; VIANA <i>et al.</i> 1954, est. 3 fig. 10.

A análise da Tabela 1 mostra que os vestígios de madeira provêm de três sítios arqueológicos: dois no Norte de Portugal – Tresminas e Jales, e um no Sul – Algarves, Aljustrel. Neste momento, fica apenas o registo através de fontes documentais das madeiras encontradas no Sul de Portugal – S. Domingos, Mértola (ALLAN 1965: 149, BRAGA 1961), já que as mesmas se encontram desaparecidas.

Toda a área compreendida entre Tresminas e Jales foi amplamente explorada no período romano para a extracção de ouro como minério principal. Os múltiplos vestígios arqueológicos conectados com a mineração foram atempadamente detectados, identi-

cados e estudados, principalmente por J. Wahl (1988, 1993, 1998), sendo uma área cuja preservação ainda hoje atrai os investigadores interessados neste tema (ALARCÃO 1987 e 1988, DOMERGUE 1987, MARTINS 2008 e 2017, REGULA WAHL-CLERICI *et al.* 2015, J. SÁNCHEZ-PALENCIA 2015). Actualmente encontram-se identificados os principais trabalhos mineiros a céu aberto (trincheiras e cortas) e subterrâneos (galerias e poços), a rede hidráulica (canais, barragens, depósitos), os povoados mineiros de apoio directo à exploração, a necrópole, as lavarias e áreas relacionadas com a metalurgia – forno e escoriais (WAHL 1988, MARTINS 2008).

Os materiais em madeira foram recolhidos aquando do desentulhamento das galerias romanas, sendo ainda possível observar *in situ* travejamentos submersos em alguns canais de escoamento de galerias, como por exemplo na galeria do Pilar, corta das Covas, Tresminas (Fig. 2).

O Sul de Portugal em época romana direcciona-se para a exploração do cobre. As explorações romanas nas minas de S. Domingos e Algares foram profusamente estudadas (ALLAN 1965, DOMERGUE

1983 e 2002), localizando-se na denominada Faixa Piritosa, com jazigos essencialmente de pirite cuprífera, calcopirite, blenda, galena e enxofre, entre outros, mas contendo valores anormais de ouro e prata nos chapéus de ferros (ANDRADE 1970, CARNEIRO 1998) (Fig. 3); assim, o ouro é também aproveitado não como minério principal, mas sim como secundário. Ambas explorações compreendem trabalhos a céu aberto e subterrâneos.



Fig. 2. Galeria do Pilar, corta das Covas, Tresminas, Vila Pouca de Aguiar.
Fig. 2. Gallery of Pilar, Tresminas, Vila Pouca de Aguiar.

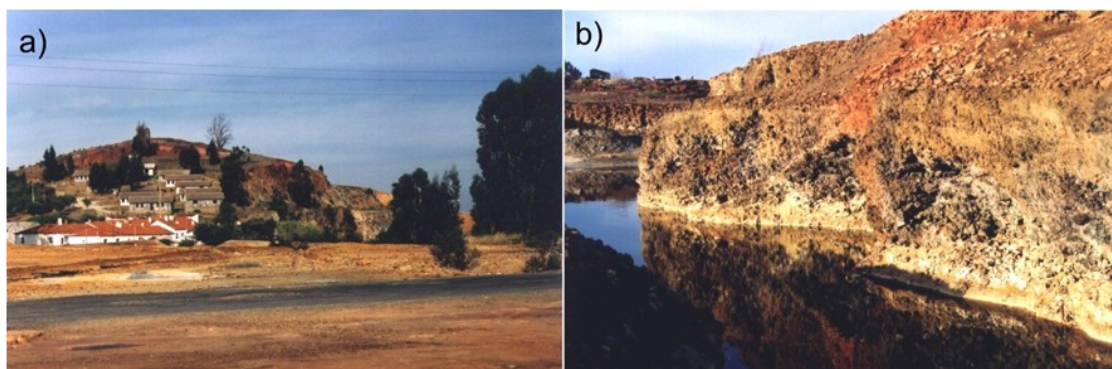


Fig. 3. Algares, Aljustrel: a) chapéu de ferro; b) escorial.
Fig. 3. Algares, Aljustrel: a) iron hat; b) slag area.

A cronologia atribuída às peças estudadas é a romana, o que se prende com vários factores:

- os locais de onde são provenientes as peças comportaram unicamente trabalhos de época romana, até ao momento de serem detectadas e/ou exumadas;

- os materiais conjuntamente exumados, cerâmicos entre outros, são datados deste período (MARTINS 2008).

No entanto, reconhece-se que as tipologias das madeiras e suas funcionalidades perduram ao

longo dos tempos, o que por vezes, em caso de dúvida, conduzirá à necessidade de uma datação mais precisa. Assim, por exemplo, em relação à polia com o nº 8, proveniente da Mina dos Mouros, Jales, foi realizada uma análise de datação por ^{14}C , por J. Sánchez Palencia (2015: 190), cujo resultado revelou: 1953 ± 33 BP (Angström Laboratory, Uppsala Universitet, Ua-49927, JAL-01 2014).

Sendo as análises laboratoriais dispendiosas, aceita-se que uma boa classificação de materiais arqueológicos poderá permitir uma datação adequada.

3. A MADEIRA NA EXPLORAÇÃO MINEIRA

A madeira podia ter várias funções: elementos de construção, produção de objectos e encabamento de instrumentos mineiros.

Como elemento de construção, a madeira servirá para a elaboração de entivações. Os constrangimentos no interior de uma mina subterrânea são muitos, compreendendo numerosos desabamentos quando os solos não são estáveis; daí a necessidade de entivar galerias e poços com travejamentos de madeira, sendo por vezes o seu formato adequado a essa inibição, como seja secções

quadrangulares, rectangulares ou trapezoidais (MARTINS 2008: 83). Nos materiais estudados, de acordo com suas características, fez-se a distinção entre entivamento – tábua em madeira destinada a revestir uma parede / hasteal ou tecto de galeria ou poço com o fim de impedir desabamentos (peças com os números 5, 7, 13, 14, 15, 19, 26), e travejamento – tábua em madeira que poderá ter o fim de entivamento ou não (peças com os números 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 16, 17, 18, 20). Coloca-se em ponderação as peças com os números 4, 10 e 11, que poderiam ter servido para estacamento, já que são pontiagudas numa das extremidades (Tabela 3).

Tabela 3. Identificação dos elementos em madeira para construção.
Table 3. Identification of the wood materials for construction.

Nº peça	Proveniência	Identificação	Encaixe	União
1	Jales	Travejamento	-	-
2	Jales	Travejamento	Em T com caixa e espiga	-
3	Jales	Travejamento	-	-
4	Jales	Travejamento	-	-
5	Jales	Entivamento	Simples por montagem sobreposta	-
6	Jales	Travejamento	Em T com caixa e espiga	-
7	Jales	Entivamento	Em T com espiga e forquilha	-
10	Tresminas	Travejamento	-	Cavilhas
11	Tresminas	Travejamento	-	-
13	Algares	Entivamento	Simples por montagem sobreposta	Pregos
14	Algares	Entivamento	Simples por montagem sobreposta	Pregos
15	Algares	Entivamento	Em T com espiga e forquilha	Pregos
16	Algares	Travejamento	-	Pregos
17	Algares	Travejamento	Simples por montagem sobreposta	-
18	Algares	Travejamento	-	Pregos
19	Algares	Entivamento	Simples por montagem sobreposta	-
20	Algares	Travejamento	-	-
26	Algares	Entivamento	Em T com espiga e forquilha	Pregos

A historiografia revela-nos a presença de entivamentos na mina dos Mouros, Jales, e em Algaes, Aljustrel: na mina dos Mouros, aquando da abertura das minas contemporâneas ter-se-ão descobertos poços romanos de secção quadrangular, entivados com madeira de pinheiro e carvalho, cujos compri-

mentos variavam entre os 0,80 m e 1,00 m, segundo testemunhos orais (MARTINS 2008: catálogo ficha nº 18), e nas minas de Algaes, Aljustrel, foram encontrados vários poços de secção quadrangular entivados (ANDRADE 1970: 277).

Os testemunhos orais dados por antigos traba-

lhadores presentes à data dos desbravamentos contemporâneos nas minas de Jales (Mina dos Mouros) são uma mais-valia, principalmente tendo em conta que as madeiras referidas se encontram desaparecidas. Esta situação coloca obviamente dificuldades aos investigadores no que toca à sua identificação. Contudo, parecem credíveis aqueles testemunhos, uma vez que os trabalhadores na exploração mineira estando habituados a identificar os filões, de certeza também distinguiriam minimamente os diferentes tipos de madeira utilizadas, pelo menos as mais comuns.

As estruturas criadas para este fim – entivação, são rígidas, e a sua solidez, resistência e estabilidade dependem da disposição e organização dos materiais usados, neste caso das tábuas em madeira; um dos elementos muito importantes neste processo é o sistema de encaixe das tábuas e subsequente junção ou união. Daí que, sempre que possível, se tentou aferir qual o sistema de encaixe utilizado, trabalho não facilitado pela abundância de termos aplicados para uma mesma situação, sendo dominantes os seguintes:

a) Encaixe em T com caixa e espiga – uma das tábuas comporta uma “caixa”, ou seja um entalhe, normalmente quadrangular, rebaixado, na qual encaixará uma das extremidades de uma outra tábua que também terá de ter o mesmo formato, ou seja uma ponta quadrangular saliente com a mesma profundidade da caixa (ULRICH 2007: 62 fig. 4.2.). É o caso das peças com os números 2 e 6.

b) Encaixe simples por montagem sobreposta, de meia madeira em ângulo, o que normalmente traduz uma resistência média. Este sistema apesar de não muito “seguro”, pelo menos aparentemente,

foi largamente utilizado no período romano, como se verifica no exemplo de *Camulodunum*, séc. I a.C., actual Colchester, Inglaterra (ULRICH 2007: 71 fig. 4.12.).

c) Encaixe em T com espiga e forquilha, normalmente junta de canto, em que uma das tábuas tem uma ou as duas extremidades bifurcadas, e a(s) outra(s) tábua(s) têm a(s) ponta(s) saliente(s) para encaixar na primeira (ULRICH 2007: 62 fig. 4.2.). São exemplo as peças com os números 7 e 26.

Idealmente, o sistema de encaixe seria de tal forma preciso que não necessitaria de alguma união (*iunctura*) (ULRICH 2007: 59). Contudo, é comum a utilização de pregos, cavilhas, cravos, como se constata nas peças com os números 10, 13, 14, 15, 16, 18 e 26.

Os trabalhos a céu aberto também poderiam ser escorados ou entivados. Segundo A. M. Nogueira (1936: 202) era utilizado um esquema em H, compreendendo dois toros aplanados, cuja parte plana ficaria voltada para as hasteais da trincheira, e a parte convexa (ou outro lado) comportaria encaixes (em caixa ou perfuração) para introdução do elemento perpendicular com extremidades pontiagudas ou em espiga, o que poderá ser o caso das peças inventariadas com os números 6 e 17, ambas pontiagudas numa das extremidades, tendo a primeira no outro extremo um encaixe em T com caixa e espiga (caixa quadrangular com 7 cm de lado e 2 cm de profundidade), e a segunda um encaixe simples por montagem sobreposta.

Mas com madeira também se constroem objectos, e os que foram detectados encontram-se conectados com acessos a galerias e poços, máquinas de elevação e instrumentos mineiros (Tabela 4).

Tabela 4. Objectos em madeira.
Table 4. Wooden objects.

Nº peça	Proveniência	Identificação	Função
8	Jales	Polia	Máquina de elevação
9	Jales	Bateia	Instrumento mineiro
21	Aljustrel	Escada	Acesso / descida a galerias / poços
22	Aljustrel	Escada	Acesso / descida a galerias / poços
23	Aljustrel	Escada	Acesso / descida a galerias / poços
24	Aljustrel	Escada	Acesso / descida a galerias / poços
27	Aljustrel	Polia	Máquina de elevação
28	Aljustrel	Polia	Máquina de elevação
29	Aljustrel	Elemento sarilho	Máquina de elevação
30	Aljustrel	Elemento sarilho	Máquina de elevação
31	Aljustrel	Maço	Instrumento mineiro
32	Aljustrel	Bateia	Instrumento mineiro

O interior de uma mina poderá ser visto como um “queijo suíço” constituído por uma profusão de galerias e poços de grande versatilidade funcional, como seja permitir o acesso ao interior de uma mina, o arejamento das galerias e o avanço dos trabalhos de patamar em patamar, por vezes atingindo-se profundidades de 60 m como é o caso da galeria da Transtagana no jazigo de Algaes, Aljustrel, e mesmo 150 m na mina dos Mouros, Jales (MARTINS 2008: catálogo ficha nº 55).

Neste contexto são necessárias escadas que poderão ser escavadas na rocha (Fig. 4), ou feitas em madeira como é o caso das peças com os números 21, 22, 23 e 24. Estas poderiam simplesmente

ser apoiadas no chão e ligeiramente inclinadas contra uma hasteal, ou mesmo presas a outras estruturas de madeira, se houver entivação, de que é exemplo um poço em Algaes, Aljustrel (VIANA *et al.* 1954: 81). Como exemplo desta última situação é o caso do artefacto identificado com o número 21 e que ainda apresenta pregos.

As escadas em madeira estudadas apresentam tamanhos variáveis dependentes das necessidades, sendo constituídas normalmente por três degraus (peças completas), exceptuando a peça com o número 23 que já só comporta dois, o que poderá eventualmente dever-se ao seu muito mau estado de conservação (Tabela 5).



Fig. 4. Escada escavada na rocha na galeria dos Alargamentos, corta das Covas, Tresminas.

Fig. 4. Stair excavated in rock of the gallery of Alargamentos, Tresminas.

Tabela 5. Características das escadas provenientes de Algaes, Aljustrel.

Table 5. Characteristics of the wooden stairs from Algaes, Aljustrel.

		Peça nº 21	Peça nº 22	Peça nº 23	Peça nº 24
Largura do patamar (cm)	1º degrau	6,9	13,4	14,5	13,9
	2º degrau	8,5	12,9	15,4	14,3
	3º degrau	7,0	12,2	-	14,0
Altura do patamar (cm)	1º degrau	24,2	21,0	33,1	19,9
	2º degrau	25,7	22,3	57,6	21,3
	3º degrau	24,0	23,9	-	22,6

As profundidades dos degraus variam entre os 2,6 cm e os 8,0 cm, sendo o mais comum dimensões entre os 4,5 cm e os 5,7 cm.

Devido às já mencionadas profundidades de mineração subterrânea eram vulgarmente atingidos níveis freáticos e lençóis de água, tornando-se por isso imperioso escoar as águas para fora das galerias através de canais de escoamento, ou bombear com o auxílio de máquinas de elevação. Acabam por ser estruturas móveis, mas resistentes, cujos elementos interligados permitiam a realização de movimentos.

Vitrúvio, na sua obra *Tratado de Architectura* (X.I.1 como citado em MACIEL 2006) faz a definição de máquina: «Consiste a máquina numa coesa aparelhagem de madeira que proporciona as maiores vantagens para a movimentação de cargas. Trabalha rotativamente seguindo a solução técnica dos círculos...». De facto, estes engenhos partem de princípios básicos como o da alavanca e sarilho (Vitrúvio X.II.2 como citado em MACIEL 2006), cunha, parafuso, roldana (Vitrúvio X.II.3 como citado em MACIEL 2006), cadernal (Vitrúvio X.II.4, como citado em MACIEL 2006), tambor (Vitrúvio X.II.5 como citado em MACIEL 2006) e cabrestante (Vitrúvio X.II.1 como citado em MACIEL 2006); o fundamento da utilização da alavanca: “dá-me um ponto de apoio e eu levantarei o mundo”, que Arquimedes aperfeiçoa (MARTINS 2008: 88).

As máquinas de elevação pressupõem a força de tracção dos braços presos com espias, utilizando o princípio da alavanca, roldana e plano inclinado (MARTINS 2008: 88). Na mina de S. Domingos foram encontradas numa das galerias de esgoto dez rodas de madeira de azinho, dispostas em par por cinco patamares, providas com baldes para fazer o escoamento até à superfície da água (ALLAN 1965: 149). Infelizmente, resta-nos apenas o registo historiográfico. Um outro tipo de máquina accionada por cabrestante é referida por J. Wahl como tendo sido usado na galeria do Pilar, Tresminas (WAHL 1988), de que restam apenas os negativos das estruturas de madeira utilizadas.

As polias – roldanas, inventariadas com os números 8 (Jales), 27 e 28 (Aljustrel) terão feito parte de máquinas de elevação de águas, assim como as peças com os números 29 e 30 (Aljustrel), possivelmente fazendo parte de um sarilho, como os quatro detectados e referenciados na historiografia na mina de Algaes, Aljustrel (VIANA *et al.* 1954: 81), ou cabrestante.

As bateias como as encontradas em Jales (peça número 9) e Aljustrel (peça número 32) seriam para batear as areias dos leitos dos rios ou de depósitos secundários – garimpo (em jazigos secundários), ou para ajudar na separação gravítica do minério no decurso da sua lavagem, uma vez que as areias menos densas que o ouro

sobrenadam, são removidas, e o ouro mais denso concentra-se no fundo (MARTINS 2008: 96).

G. Agrícola faz a ilustração deste processo, revelando bateias normalmente de forma circular (HOOVER & HOOVER 1950: 157), mas que poderão ter outros formatos, como o das peças estudadas que é rectangular.

Inerente a todo este processo de mineração são imprescindíveis instrumentos mineiros que auxiliem o trabalhador na sua árdua tarefa de partir pedra: picos / picos-martelo com tipologias várias, cunhas e ponteiros, foices, entre outros. Devido à sua função seriam peças em ferro com um cabo em madeira, e que por razões óbvias seria frequentemente substituído (Fig. 5). Mas também existiriam instrumentos produzidos na sua totalidade em madeira, como um rodo em madeira de azinho proveniente das minas de Aljustrel (ALARCÃO 1997: 116 nº 8) e o maço com o número 31 com a mesma proveniência.

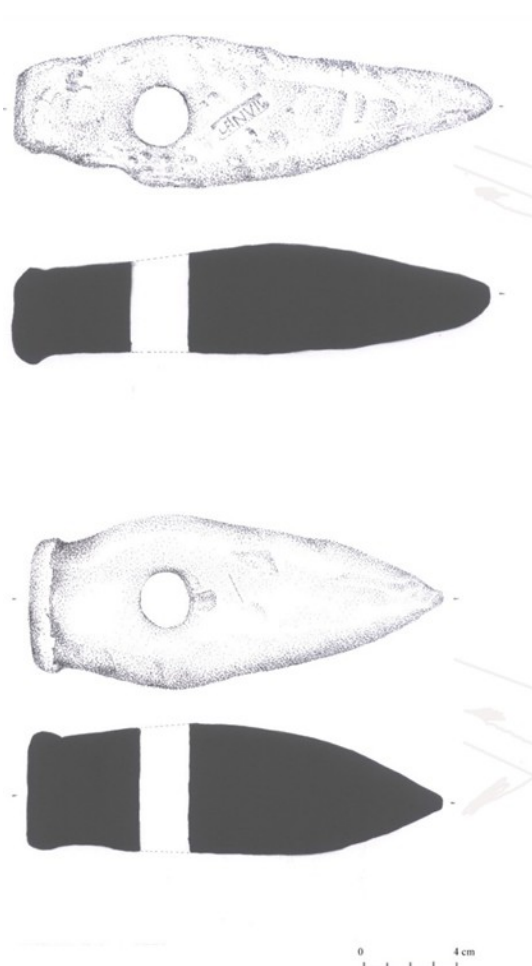


Fig. 5. Exemplos de picos em ferro provenientes da mina dos Mouros, Jales (MARTINS 2008: catálogo ficha nº 18 fig. 13).

Fig. 5. Examples of iron *malleus* from the mine of Mouros, Jales (MARTINS 2008: catálogo ficha nº 18 fig. 13).

4. A MADEIRA NA METALURGIA

Como já mencionado no ponto anterior, a madeira também é precisa para o tratamento do minério; após a sua separação e trituração, o minério era lavado e efectuava-se uma decantação para uma separação gravítica, cujos tabuleiros ou estruturas de apoio seriam em madeira, tal como ilustrado por G. Agrícola (HOOVER & HOOVER 1950: 291) (Fig. 6).

Para interligar os tabuleiros em diferentes patamares utilizavam-se pequenos canais ou caleiras em madeira como os inventariados com os números 12 e 25, provenientes de Aljustrel. Para que não houvesse deslocamentos essas caleiras seriam unidas às estruturas existentes através de pregos, como os presentes na caleira com o número 12.



Fig. 6. Separação gravítica do minério (HOOVER & HOOVER 1950: 291).

Fig. 6. Gravitic separation of ore (HOOVER & HOOVER 1950: 291).

Tabela 6. Peças em madeira articuladas com o tratamento do minério.

Table 6. Wooden objects connected with ore treatment.

Nº peça	Proveniência	Identificação	Sistema de encaixe com outros elementos
12	Aljustrel	Caleira	Pregos
25	Aljustrel	Caleira	-

O processo metalúrgico culmina com a redução do metal contido no minério à forma metálica, sendo para isso necessários fornos (MARTINS 2008: 100). E, uma vez mais, nesta fase é indispensável a madeira / carvão vegetal como combustível para os fornos, atendendo a que as transformações químicas pretendidas exigem temperaturas elevadas e uma atmosfera redutora.

As habituais evidências arqueológicas da utilização daqueles materiais de índole vegetal nos fornos advém da observação de enegrecimento no seu interior (Fig. 7a) resultante da deposição de carbono. As análises por MEV/EDX desse revestimento em amostras recolhidas no tecto do forno de Jales (MARTINS 2017, prelo) mostra a presença de uma estrutura filamentar contendo partículas metá-

licas na ponta, típica dos “whiskers” de carbono catalisados pelo ferro (Fig. 7b) (LOBO & TRIMM 1977). A identificação do carbono ratifica a utilização de um combustível vegetal, estando a sua deposição associada às temperaturas elevadas e ao equilíbrio C-CO-CO₂ (reacção de Boudouard) responsável pelas condições redutoras no interior do forno.

A maioria dos fornos de metalurgia, independentemente de serem usados para o ouro ou não, são completamente limpos no final de cada operação (HUYSECOM & AGUSTONI 1996, MARTINS 2008: 101). Assim, a inexistência de quaisquer resíduos torna praticamente impossível a identificação do tipo de combustível vegetal por estudos de arqueobotânica. Deste modo, são de extrema

importância as informações colhidas nas fontes clássicas de identificação do tipo de combustível, como seja as de Plínio e Vitruvius, assim como observações por MEV/EDX ou outras técnicas equivalentes na averiguação da presença de elementos químicos nos depósitos de carbono. A detecção daqueles elementos nestes sedimentos pode permitir estabelecer uma correlação com a composição mineralógica dos minérios ou com o próprio combustível vegetal. Como exemplo, nesta última situação refere-se o caso da *Alyssum serpyllifolium* subsp. *Lusitanicum* que demonstra capacidade para acumular níquel em solos serpentinitos como o do Complexo Ofiolítico de Morais e Bragança (MORAIS *et al.* 2015).

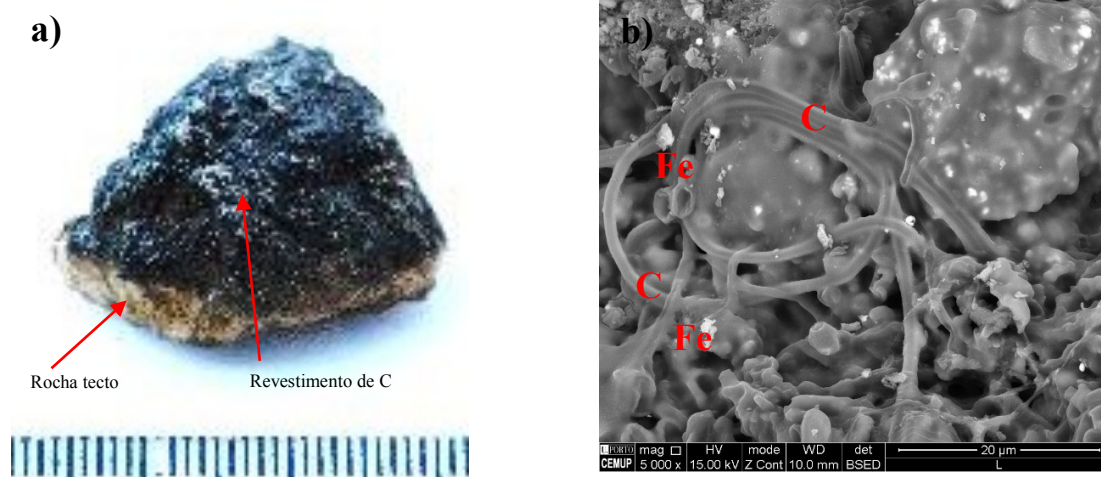


Fig. 7. a) Amostra do interior do tecto do forno de Jales; b) Fotomicrografia de electrões rectrodifundidos do revestimento mostrando os filamentos de carbono com Fe na ponta.

Fig. 7. a) Interior sample of the roof of the furnace of Jales; b) Backscattering electrons photomicrography of the coating showing the carbon whiskers with Fe at the tip.

5. CARACTERIZAÇÃO DAS MADEIRAS UTILIZADAS

As diferentes madeiras existentes comportam características muito próprias, o que possibilita a sua utilização nos mais diversos fins. Segundo Teofrasto, na sua obra *Historia Plantarum* (V, *passim* como citado em ULRICH 2007: 240) será necessário ter em conta a densidade vs. porosidade, a dureza vs. maciez, e o peso vs. leveza da madeira, considerando que as mais densas, duras e pesadas são as que nascem espontaneamente (V, 3.1, como citado em ULRICH 2007: 240). Também Plínio na sua obra *História Natural* (XVI. 219 como citado em BOSTOCK & RILEY 1855) faz referência à qualidade das madeiras existentes, considerando que a de amieiro é capaz de sustentar grandes pesos, enquanto as melhores para ambientes húmidos seriam não só as do amieiro, mas também as de larício e carvalho, tal como Vitruvius (II, IX como citado em MACIEL 2006).

De acordo com os critérios apontados, Teofrasto (V como citado em ULRICH 2007: 240) e Plínio (XVI como citado em BOSTOCK & RILEY 1855) classificam os diferentes tipos de madeira do seguinte modo: como mais densas e pesadas o ébano, sobreiro, larício e lótus; seguidamente o carvalho, *laburnum*, terebinto e corniso; como cada vez mais poroso e leve a azinheira, oliveira, carvalho silvestre e castanheiro; e finalmente, no extremo oposto, o choupo, o álamo, o abeto, a macieira e a tília. Do mesmo modo, Vitruvius cataloga as diferentes madeiras adoptando no entanto um critério conectado com os quatro elementos da natureza (ULRICH 2007: 241): a terra simbolizando a dureza (quanto mais terra maior a dureza), o ar a densidade (quanto mais ar menor a densidade), o fogo a porosidade (quanto mais fogo maior é a porosidade) e a água a resistência (quanto mais água menor a resistência mecânica) (Tabela 7).

Tabela 7. Características das diferentes madeiras segundo Vitruvius (livro II, IX como citado em MACIEL 2006).**Table 7.** Timber characterization as described by Vitruvius (book II, IX as mentioned in MACIEL 2006).

Madeira	Terra	Ar	Fogo	Água	Deterioração	Resistência ao fogo	Flexibilidade
Abeto	XX	XXX	XXX	X	XXX	0	-
Agnocasto	X	XXX	XXX	XX	-	-	-
Álamo	XX	XXX	XXX	X	XX	-	
Carpa	X	XXX	X	XXX	-	-	-
Carvalho – <i>quercus</i>	XXX	X	X	X	X	-	-
Carvalho – <i>aesculus</i>	XX	XX	XX	XX	XXX	-	-
Carvalho – <i>cerrus</i>	XX	XXX	XX	XX	XXX	-	-
Cedro	XX	XX	XX	XXX	XX	-	XXX
Choupo branco	X	XXX	XXX	XX	-	-	-
Choupo negro	X	XXX	XXX	XX	-	-	-
Cipreste	XX	XX	XX	XXX	X	-	XXX
Faia	XX	XXX	XX	XX	XXX	-	-
Freixo	XX	X	X	XXX	XX	-	-
Junipero	XX	XX	XX	XXX	XX	-	XXX
Larício	XX	X	X	XX	X	XXX	-
Olmo	XX	X	X	XXX	XX	-	-
Pinheiro	XX	XX	XX	XXX	X	-	XXX
Salgueiro	X	XXX	XXX	XX	-	-	-
Tília	X	XXX	XXX	XX	-	-	-
Legenda:							
XXX – Máximo / elevado; XX – Moderado / lento; X – Mínimo / muito lento; 0 – não tem.							

De salientar que algumas das madeiras referidas por Vitruvius, como *aesculus* e *cerrus*, não detêm actualmente paralelos nas espécies actuais. Daí que na Tabela 7, apesar de comportar os nomes comuns (tal como referido em termos de critério na Introdução) optou-se no caso do carvalho por colocar a terminologia utilizada por Vitruvius.

Os objectos provenientes das explorações mineiras de Tresminas são em madeira de castanheiro, que segundo Plínio é durável, de média qualidade e flexível, sendo no entanto limitada por facilmente se fracturar (ULRICH 2007: 256). Provavelmente este último dado terá influenciado na escolha das madeiras nas minas de Jales. Esta

madeira é mais densa e dura, e salienta-se que um poste de 10 cm de diâmetro em madeira de carvalho demora cerca de 30 anos a perder as suas propriedades estruturais, enquanto um de pinheiro só dura cerca de 10 anos (ULRICH 2007: 261).

A azinheira é uma madeira densa e dura como o carvalho, mas muito resistente à fricção e passível de ser cortada em finas lâminas apesar do seu grão complexo (Plínio XVI. 229 como citado em BOSTOCK & RILEY 1855); as suas características tornam esta madeira boa para a construção de rodas, tal como as que foram encontradas nas minas de S. Domingos, apesar de se deformar facilmente quando em ambiente muito seco.

Um dos elementos determinantes na escolha da madeira a utilizar, para além da sua dureza e densidade, é também a sua capacidade de resistência à degradação e ao fogo, o que poderá estar relacionado com uma alta densidade e escassa porosidade (Tabela 7).

A deterioração das madeiras está dependente da presença de água e/ou humidade que contribui para o desenvolvimento de fungos e consequente podridão desta matéria-prima. Este conhecimento já adquirido em época romana era contornado por tratamentos de preservação: a madeira era colocada numa sala com fumo (*fumarium*) para que a sua adsorção a protegesse (ULRICH 2007), algo que também é referido por Vitrúvio (I,V.3 como citado em MACIEL 2006); este último ainda alude a utilização de certas resinas e óleos na preservação das madeiras, como sejam as resinas de cipreste e pinheiro (II,IX.12 como citado em MACIEL 2006) e os óleos de junípero e cedro (II,IX.13 como citado em MACIEL 2006). O óleo de cedro é mencionado também por Plínio (XVI. 198 como citado em BOSTOCK & RILEY 1855).

Atendendo a que a madeira usada para escoramentos e entivagens nos interiores das minas está por norma em contacto com águas, i.e., sujeita a um ambiente com elevado grau de humidade, terá de ser bastante resistente à deterioração. O carvalho seria uma das madeiras mais adequadas para tal fim, já que é muito utilizado para fundações e construção naval (ULRICH 2007: 257).

As três madeiras atrás referidas também são boas para combustível, possuindo a madeira de azinho um alto poder calorífico, $20,6 \times 10^6$ MJ / kg (CORDERO *et al.* 2001).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Carvalho, castanho, azinho, madeiras duras e resistentes, cujas propriedades são normalmente próprias para fundações / alicerces, construção naval e outros, teriam sido as madeiras privilegiadas na mineração romana, com ambientes por vezes de temperaturas contrastantes – agrestes, húmidos e com água, e secos.

A madeira é utilizada no processo de exploração mineira propriamente dita, servindo para escoramentos e travejamentos no interior de galerias e poços, para construção de estruturas de apoio e mecanismos de elevação de águas, para encabar instrumentos mineiros, e produzir outros. Posteriormente, no tratamento do minério a madeira seria necessária para construção de estruturas de lavagem e separação do minério, e como combustível dos fornos no processo metalúrgico (Fig. 8).

O objectivo do trabalho foi a identificação das funcionalidades de cada um dos artefactos em madeira estudados, atendendo às suas tipologias, no mundo romano e actuais, pois muitas sobrevivem ao longo dos tempos, assim como as técnicas construtivas. Tal facto dificulta a atribuição de cronologias, que no entanto se imputam ao período romano pela articulação com os demais materiais arqueológicos encontrados / exumados conjuntamente, assim como pela datação do local dos trabalhos de mineração, onde as peças foram encontradas.

Claro está que como material perecível que é, a madeira torna-se um elemento raro e precioso numa intervenção arqueológica, pois a sua preservação ao longo dos tempos em muito depende do ambiente em que a mesma se encontra. Daí que por vezes a

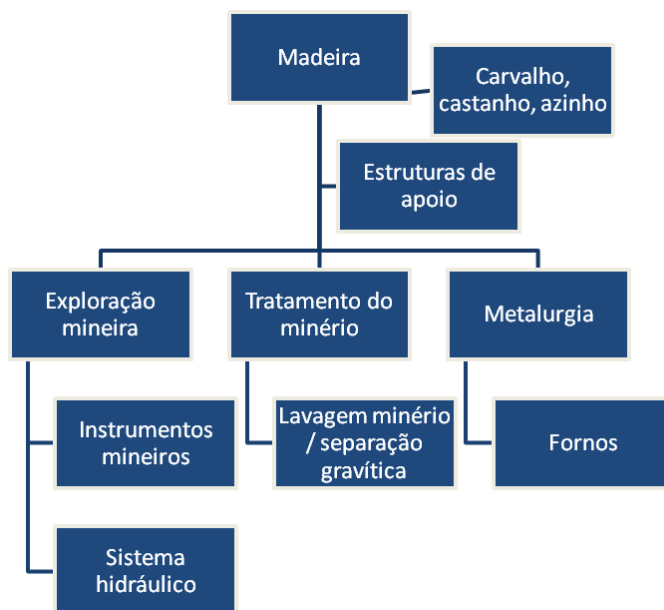


Fig. 8. Síntese da utilização da madeira em todo o processo de exploração mineira.

Fig. 8. Synthesis of the wood utilization in the whole process of mining exploration.

historiografia e fontes orais acabam por ser complementares à arqueologia, preservando não somente os objectos, mas sim a memória dos mesmos.

BIBLIOGRAFIA

- ALARCÃO, A. M., (coord.) 1997. *Portugal Romano. A exploração dos recursos naturais*. Lisboa, MNA.
- ALARCÃO, J. de 1987. *Portugal Romano*. Lisboa, Editorial Verbo.
- ALARCÃO, J. de 1988. *Roman Portugal*. England, Aris & Phillips Ltd., vol. II.
- ALLAN, J. C. 1965. A mineração em Portugal na antiguidade. *Boletim de Minas*, 2(3): 139-175.
- ANDRADE R. F. D' 1970. A lavra romana das minas de Algares e na Herdade do Montinho. In *Actas e Memórias do I Congresso Nacional de Arqueologia*, Lisboa, Instituto de Alta Cultura: vol. II, 273-285.
- BORGES, P. C. B. 2013. *Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de carvalho e de castanho do Nordeste Transmontano*. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança.
- BOSTOCK, J. & RILEY, H. T. 1855. *The Natural History of Pliny*. London, Henry G. Bohn: Volume III.
- BRAGA, J. F. 1961. Relatório acerca da mina de cobre, sita na serra de S. Domingos, freguesia de Sant'Anna de Cambas, concelho de Mértola, distrito de Beja. *Boletim do Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria*, 11: 398-402.
- CARNEIRO, A. M. 1998. Estabelecimentos mineiros romanos na bacia do Guadiana. *Algaes*, 7: 155-121.
- CORDERO, T., MARQUEZ, F., RODRIGUEZ-MIRASOL, J., RODRIGUES, J. J. 2001. Predicting heating values of lignocellulosis and carbonaceous materials from proximate analysis. *Fuel*, 80:1567-1571.
- DOMERGUE, C. 1983. La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les tables de bronze de Algaes. *Conimbriga*, 22: 5-193.
- DOMERGUE, C. 1987. *Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique*. Madrid, Diffusion de Boccard : vol. I.
- DOMERGUE, C. 2002. La mina romana de Aljustrel (Portugal) y el patrimonio minero a principios del tercer milenio. In BRANDÃO, J. M., *Actas do Congresso Internacional sobre Património Geológico e mineiro*, Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, 231-238.
- FERNÁNDEZ JURADO, J. 1988-89. Aspectos de la minería y la metalurgia en la protohistoria de Huelva. *Huelva Arqueologica*, 10-11(3): 178-214.
- HOOVER, H. C. & HOOVER, L. H. 1950. *Georgius Agricola. De Re Metallica*. New York, Dover Publications, Inc.
- HUMPHRIES, C. J., PRESS, J. R. & SUTTON, D. A. 2005. *Árvores de Portugal e Europa*. Porto, FAPAS.
- HUYSECOM, E. & AGUSTONI, B. 1996. *INAGINA – L'ultime maison du fer*. Genève, Huysecom, Agustoni e PAVE (audiovisual).
- JÚNIOR, J. A. B. 2006. *Avaliação não destrutiva da capacidade resistente de estruturas de madeira de edifícios antigos*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- LOBO, L. S. & TRIMM, D. L. 1977. Microstructure of deposits formed on iron by the catalytic decomposition of butane. *Revista Portuguesa de Química*, 19: 350-354.
- MACIEL, J. 2006. *Vitrúvio. Tratado de arquitectura*. Lisboa, IST Press.
- MARTINS, C. M. B. 2008. *A exploração mineira romana e a metalurgia do ouro em Portugal*. Braga, Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho.
- MARTINS, C. M. B. 2017 (prelo). Capítulo 4. Arqueometalurgia no territorium metallorum de Tresminas/Jales, Vila Pouca de Aguiar. In MARTINS, C. M. B., MACHADO, P., MARTINS, J. I. (coord.), *Territorium Metallorum Tresminas/Jales, Vila Pouca de Aguiar*. Vila Pouca de Aguiar: Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar / AOURO.
- MORAIS, I., CAMPOS, J. S., FAVAS, P. J. C., PRATAS, J., PITA, F. & PRASAD, M. N. V. 2015. Nickel accumulation by *Alyssum serpyllifolium* subsp. *Lusitanicum* (Brassicaceae) from serpentine soils of Bragança and Morais (Portugal) ultramafic massifs: plant-soil relationships and prospects for phytomining. *Australian Journal of Botany*, 63, 17-30.
- NOGUEIRA, A. DE M. 1936. Uma exploração de minas de ouro da época romana. *Revista de Arqueologia*, 3: 201-205.
- RAMOS, S. I. N. 2009. *Caracterização das propriedades mecânicas e durabilidade biológica da madeira de quercus faginea*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- SÁNCHEZ-PALENCIA, F. J. 2015. La zona minera de Tresminas (Vila Pouca de Aguiar). Aportaciones a partir de la fotografía aérea. *Conimbriga*, 54: 179-223.
- ULRICH, R. B. 2007. *Roman woodworking*. New Haven e London, Yale University Press.
- VIANA, A., ANDRADE, R. F. DE & FERREIRA, O. DA V. 1954. Minerações romanas de Aljustrel. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 35: 79-90.
- WAHL, J. 1988. Três Minas. *Madridrer Mitteilungen*, 29: 221-244.
- WAHL, J. 1993a. *Minas romanas de Três Minas, Vila Pouca de Aguiar*. Vila Pouca de Aguiar, Câmara Municipal de V. P. Aguiar.
- WAHL, J. 1993b. Três Minas. Vorbericht über die archäologischen Ausgrabungen im Bereich des römischen Goldbergwerks 1986/87. In *Montanarchäologie in Europa*, Freiburg, Jan Thorbecke Verlag Sigmaringen: 123-152.
- WAHL, J. 1998. Aspectos tecnológicos da indústria mineira e metalúrgica romana de Três Minas e Campo de Jales (concelho de Vila Pouca de Aguiar). In *Actas do Seminário Museologia e Arqueologia Mineiras*, Lisboa, I.G.M.: 57-68.
- WAHL-CLERICI, R., WIECHOWSKI, A., HELFERT, M., RAMMINGER, B. & SCHIERL, T. 2015. Die Mühlsteinproduktion im Steinbruch von Fonte da Ribeira. Zum römisch en Bergwerksdistrikt von Três Minas, Gralheira und Campo de Jales (distr. Vila Real / P). *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 45: 379-393.