



AQUA ROMANA

TÉCNICA HUMANA
E FORÇA DIVINA

AQUAROMANA

TÉCNICA HUMANA | HUMAN TECHNIQUE
E FORÇA DIVINA | AND DIVINE FORCE

Museu de les Aigües - Cornellà de Llobregat

de 30 de Setembro de 2004 a 6 de Fevereiro de 2005

30 September 2004 to 6 February 2005

Museu Nacional de Arqueologia - Lisboa

de 1 de Março a 1 de Junho de 2005

1 March to 1 June 2005

Museo Nacional de Arte Romano - Mérida

de 1 de Julho a 19 de Setembro de 2005

1 July to 19 September 2005

Museo Arqueológico Nacional - Madrid

de 15 de Outubro a 18 de Dezembro de 2005

15 October to 18 December 2005

FUNDAÇÃO AGBAR FOUNDATION AGBAR

PRESIDENTE
EXECUTIVE CHAIRMAN

Ricardo Fornesa Ribó

PRIMEIRO VICE-PRESIDENTE
1ST VICE-CHAIRMAN

José Luís Jové Vintró

SEGUNDO VICE-PRESIDENTE E GERENTE GERAL
2ND VICE-CHAIRMAN AND GENERAL MANAGER

Fernando Porta Visa

VOGAIS
MEMBERS

Miquel Alsius Juriol

Josep M^a Miralles Via

Lluís M^a Puiggarí Llanza

Juan Ras Sirera

Ángel Simón Grimaldos

José Vila Bassas

SECRETÁRIO, NÃO PATRONO
SECRETARY, NON BOARD MEMBER

José Antonio Fález Gutiérrez

DIRECTOR DA FUNDAÇÃO
DIRECTOR OF THE FOUNDATION

Jordi Molina Vila

Organiza / Organised by



Colabora / Collaborators



EXPOSIÇÃO EXHIBITION

Organização / Organisation
Museu de les Aigües de la Fundació Agbar

Com a colaboração de
With the collaboration of
Ministerio de Educación, Cultura y Deporte
Ministerio da Cultura
Museu Nacional de Arqueologia. Instituto
Português de Museus

Direcção / Direction
Emi Turull Pibernat

Guião e comissariado / Script and curation
Isabel Rodà de Llanza

Coordenação / Coordination
Lavinia Mayer

Colaboração técnica / Technical collaboration
Úrsula Barri
Tatiana Lleida

Difusão e actividades / Dissemination and activities
Francesca Colomé
Lavinia Mayer
Lluc Pejó

Desenho museográfico / Museographic design
Lluís Pera
Anna Alcubierre

Desenho gráfico / Graphic Design
Lali Almonacid
Anna Farré

Montagem / Assembly
TTI, S.A

Iluminação / Lighting
Toño Sainz

Conservação preventiva / Preventive conservation
Mireia Ollé

Embalagem e transportes / Packaging and transport
TTI, S.A

Seguros / Insurance
Aon Gil y Carvajal

Traduções / Translations
Translatio

Audiovisuais / Audiovisuals
Órbita Max

Imagens 3D / 3D Images
Digital y cual

Equipamentos audiovisuais / Audiovisuals equipment
Video Wall

CATÁLOGO CATALOGUE

Edita / Publisher
Museu de les Aigües de la Fundació Agbar

Direcção científica / Scientific direction
Isabel Rodà de Llanza

Coordenação editorial / Editorial coordination
Lavinia Mayer

Colaboração técnica / Technical collaboration
Úrsula Barri
Tatiana Lleida

Fichas do catálogo / Catalogue cards
Adília Alarcão

M^a Dolores Baena Alcántara
Pietro Barbina

M^a Juana Bedía García

Miguel Beltrán Lloris

Teresa Carreras Rossell

Ángeles Castellano

Zdenka Dukat

João Luís Cardoso
António de Carvalho
José M. Mascarenhas

Roman water-mills in Portugal

Presentation

In Portugal there are few undisputed references to Roman water-powered machines, and fewer still to watermills, despite the fact that they were very well-known in the Roman world, as can be concluded from the wealth of information in Classical sources. There are references to water-mills in the works of Strabo, Vitruvius, Lucretius and Pliny among others. The latter states that in his era (1st century A.D.) they were common in Italy. The most notable example in the Roman world was the water-mill complex at Barbegal, Arles (QUINTELA - MASCARENHAS - CARDOSO, 1992), whose monumental qualities indicate that many other simpler structures must have passed unnoticed. This is the case with the Iberian peninsula. In fact, in 1973, J. Maluquer de Motes claimed that no Roman water-mills existed on the Peninsula (MALUQUER DE MOTES *et al.*, 1973, 209). Later, the existence of water-mills in Spain in the area around the reservoir of Proserpina (Mérida) was noted (WIKANDER, 1980, 139). This same author, a little later, claimed that these mills had been built much later than the reservoir (WIKANDER, 1985, 152). In Portugal, only a single case has been confirmed by direct evidence: the water-mill at *Conimbriga*. Of three remaining mills, which will also be briefly described, only a few more or less disputed vestiges remain.

Conimbriga water-mill (Condeixa-a-Velha, Coimbra)

This was the first water mill recognised as such on the Iberian peninsula (GORGES, 1997), although excavated some time earlier by Vergílio Correia, probably in 1938. It had buckets, propelled from above, whose rotation left circular marks on the wall of the gallery where it was installed. From the curvature of these marks, the diameter of the wheel has been calculated as about 3 m. The water which operated it came from the Alcabideque spring, channelled to the city by an aqueduct whose path is known; at the entrance to the city the water entered a distribution chamber and was later channelled to the forum.



Conimbriga water mill. Path of the water from the spring to the forum, with the approximate location of the water wheel (in GORGES, 1997). 1 - Alcabideque spring; 2 - distribution chamber; 3 - baths to the south of the forum. (above) Photo which shows, on the left, marks of the vertical wheel on the gallery wall (Photo Museu Monográfico de *Conimbriga*, in GORGES, 1997).

João Luís Cardoso
António de Carvalho
José M. Mascarenhas

Moinhos romanos em Portugal



Apresentação

São escassas as referências a máquinas hidráulicas romanas no território português e ainda mais escassas e discutíveis as que correspondem a moinhos, apesar de estes terem sido bem conhecidos no mundo romano, como se conclui da riqueza informativa carregada pelas fontes clássicas: com efeito, os moinhos hidráulicos são referidos, entre outras, nas obras de Estrabão, Vitruvius, Lucrécio e Plínio. Este último declara que, na sua época (século I d. C.), eram frequentes em Itália. O exemplo mais notável do mundo romano é o do complexo de moinhos hidráulicos de Barbegal, Arles (QUINTELA - MASCARENHAS - CARDOSO, 1992), que pela monumentalidade faz pressupor a existência de muitas outras estruturas, mais singelas, que têm passado quase despercebidas. É o caso do território peninsular. Com efeito, ainda em 1973, J. Maluquer de Motes afirmava a inexistência de moinhos romanos na Península Ibérica (MALUQUER DE MOTES *et al.*, 1973, p. 290). Mais tarde, mencionou-se a existência de moinhos em Espanha, próximo da barragem de Proserpina (Mérida) (WIKANDER, 1980, p. 139); porém, o mesmo autor, pouco depois, afirmou serem tais moinhos de construção muito posterior à da barragem (WIKANDER, 1985, p. 152). No caso português, apenas há conhecimento de um único caso confirmado por provas directas: o moinho hidráulico de *Conimbriga*; dos três restantes, que serão também objecto de breve caracterização, apenas subsistiram indícios, mais ou menos discutíveis.

Moinho hidráulico de Conímbriga (Condeixa-a-Velha, Coimbra)

Foi o primeiro moinho hidráulico a ser publicado como tal na Península Ibérica (GORGES, 1997), ainda que parcialmente escavado de há muito por Vergílio Correia, provavelmente em 1938. Tratava-se de uma azenha de copos, de propulsão superior, cujo movimento de rotação deixou marcas circulares na parede da galeria onde se encontrava instalada. De acordo com a curvatura dessas marcas, foi possível reconstituir o diâmetro da roda em cerca de 3 m. A água que a accionava provinha da nascente de Alcabideque, sendo conduzida à cidade por um aqueduto, cujo traçado é conhecido; à entrada daquela, a água entrava em câmara de distribuição, sendo depois, conduzida ao fórum.



Moinho de Conímbriga. Trajecto da água desde a nascente ao fórum, com a localização aproximada da roda hidráulica (em GORGES, 1997). 1 - nascente de Alcabideque; 2 - câmara de distribuição; 3 - termas existentes a sul do fórum.

Na foto superior, moinho de Conímbriga. Foto evidenciando, do lado esquerdo, marcas da roda vertical na parede da galeria (foto Museu Monográfico de Conímbriga, em GORGES, 1997).

The principle of the bucket water mill is based on gravity. Rotation was produced as each of the buckets on the vertical wheel filled with water. When reaching a third of the height of the wheel, each bucket emptied its water into the canal where the wheel was housed, and this was channelled to the drain.

The horizontal axle of the wheel transmitted the rotation to a vertical axis through a toothed wheel and pinion gear. In turn, the vertical axle was attached to the top grindstone of the mill, and the bottom axle was fixed. Both grindstones were coaxial, the top (mobile) one rotating horizontally over the bottom (fixed) stone. Only the lower gallery of the *Conimbriga* water mill, where the wheel was housed, was excavated, and no details are known about remaining compartments, the toothed wheel and pinion located alongside, or the grindstones set higher up. We must presume that the flour manufactured here was used to supply many of the inhabitants of the Roman city during the High Empire, bearing in mind that the aqueduct was built in the era of Augustus.

Chocapalhas water tank (Tomar, Santarém)

Thanks to successive repairs, this structure with Roman foundations was kept in working order through the Middle Ages and right up to the contemporary period, and has recently been subject to study (PONTE, 2001). It is a straight masonry tank, approximately perpendicular to the riverbed of the Lousã or Carril near Chocapalhas, with a stream inlet. The oldest stage of the construction is a wall on the upstream side, nearly 0.85 m thick, built in irregular gneiss blocks laid horizontally. The downstream face is also a plastered, masonry wall. The nucleus of the Roman tank, the filling between the two walls, is made of gneiss blocks clad in a matrix of small pebbles with thick gravel in places, revealing a method of horizontal laying in successive stages.

This is a tank whose nucleus is zoned and clad, up- and downstream, by walls of plastered blocks in *opus incertum* to a maximum thickness of nearly 2 m, without buttresses. Stability was thus ensured by the weight of the structure itself.

The main wall so built is set on a wide foundation which can be seen practically all the way along the tank, with large gneiss blocks cemented with lime and sand mortar.

The tank, with total length of 24.45 m and maximum height of 5 m, can now be seen from the area where it reaches the banks. Here we see an opening, which may be its bottom outlet, probably occasionally complemented by a surface outlet on the left bank.

The original lagoon must have held nearly 7,000 m³, an approximate area of 2,000 m², with a catchment area of 1.3 km².

A stream inlet was identified on the left bank, related to a Roman water mill and a dwelling (*villa* or farmhouse) from the same period, both later reoccupied. The Roman canal, of meticulous construction, 1 m wide by 0.5 m high by 9.5 m long, can be followed from the tank to a Roman bridge. It is excavated in geological substrate of the Pre-Cambrian era. It would have been clad with tiles, of which hardly any vestiges remain, and had a narrower pipe in the bottom to allow a smaller outlet.

Next to the tank wall, at the start of the canal, we can see a chamber, also dug into the rock, 1.0 m wide (the same as the canal) by 1.74 m high, with a hollow in the centre for installation of a gate to regulate the flow. An identical device can be seen at the entrance to the canal of Cerro da Vila (Loulé, Faro), in the area immediately upstream of the tank (QUINTELA - CARDOSO - MASCARENHAS, 1999, Phot. 19).

In the Roman period, a water wheel would have been installed in the same chamber, 'as confirmed by some fittings and vestiges, on the reinforcement and support wall, of the canal and water wheel respectively' (PONTE, 2001, 161). If this were so, it could only have been a smaller propulsion wheel, related to the mill.

Tanque dos Mouros (Estremoz, Évora)

This important retention structure near the town of Estremoz for water came from two springs, 'both obstructed or diverted due to the great earthquake of 1531' (ESPANCA, 1975).

Nowadays the tank has been cut by a main road. It originally extended beyond the road, as established by the vestiges of walls identified by the authors (QUINTELA - CARDOSO - MASCARENHAS, 1986, Fig. 67), with a rectangular

O princípio da azenha de copos baseava-se na gravidade: o movimento rotativo era produzido à medida que cada um dos copos inseridos na roda vertical se enchia de água. Chegado ao terço superior da altura da roda, cada um desses copos vertia a água no canal onde a roda se encontrava alojada, sendo aquela depois conduzida para o esgoto.

O veio horizontal da roda transmitia o movimento rotativo a um veio vertical, através de engrenagem constituída por entrosa e carreto. Por sua vez, o veio vertical encontrava-se ajustado à mó superior do moinho, sendo a inferior fixa. Ambas as mós eram coaxiais, girando horizontalmente a superior (móvel) sobre a inferior (fixa). Do moinho de *Conimbriga*, apenas se escavou a galeria inferior, onde se alojava a roda da azenha, desconhecendo-se pormenores sobre os restantes compartimentos, tanto o da entrosa e carreto situado em zona lateral adjacente, como o das mós, situado num plano superior. É admissível que a farinha fabricada neste moinho servisse para abastecer boa parte dos habitantes da cidade romana durante o Alto Império, tendo presente a época augustana de construção do aqueduto.

Barragem de Chocapalhas (Tomar, Santarém)

Trata-se de uma estrutura de fundação romana que, mercê de sucessivos rearranjos, continuou funcional no decurso da Idade Média, até à Época Contemporânea, tendo sido recentemente objecto de estudo (PONTE, 2001). Corresponde a uma barragem de alvenaria, de traçado rectilíneo, aproximadamente perpendicular ao leito da ribeira de Lousã ou do Carril, perto do lugar de Chocapalhas, à qual se encontra associada uma levada. A fase mais antiga da construção da barragem encontra-se representada por um muro, do lado de montante, com cerca de 0,85 m de espessura, constituído por blocos de gneiss irregulares, dispostos horizontalmente. O paramento de jusante é igualmente constituído por muro de alvenaria argamassada. O núcleo da barragem romana, correspondente ao preenchimento interior entre os dois muros, é em parte formado por blocos de gneiss, embalados em matriz com pequenos seixos, bem como localmente por saibro grosseiro, que revela um modo de deposição horizontal, por fases sucessivas.

Pode, pois, dizer-se que se trata de uma barragem cujo núcleo é zonado, sendo revestido, a montante e a jusante, por muros de blocos argamassados arrumados, de *opus incertum*, totalizando a espessura máxima de cerca de 2 m, sem contrafortes. A estabilidade era, deste modo, assegurada pelo próprio peso da estrutura.

O paredão assim constituído assenta em larga sapata de fundação, observável em quase toda a extensão da barragem, de grandes blocos de gneiss, cimentados por argamassa de cal e areia.

A barragem atinge o comprimento total de 24,45 m, possuindo a altura máxima de 5 m, observável na zona actual do talvegue da ribeira. Ali, observa-se uma abertura, que poderá corresponder a uma descarga de fundo, complementada eventualmente por descarregador de superfície, na margem esquerda, cuja existência é apenas provável.

A albufeira primitiva teria a capacidade de cerca de 7000 m³, correspondentes a uma área aproximada de 2000 m² e a uma bacia hidrográfica de 1,3 km².

Junto ao encontro da margem esquerda, foi identificada uma levada, que se relaciona com uma azenha romana e com um *habitat* (*villa* ou casal agrícola) da mesma época, ambos ulteriormente reocupados. O canal romano, de construção cuidada, com 1 m de largura por 0,5 m de altura e o comprimento de 9,5 m, pode seguir-se desde a barragem até uma ponte romana, e encontra-se escavado no substrato geológico, de idade precâmbrica. Estaria revestido de lages, das quais apenas se encontraram vestígios, e possuía uma caleira no fundo, de menor largura, para dar escoamento a caudais inferiores.

Junto do muro da barragem, logo no início do canal, observa-se uma câmara, também escavada na rocha, com 1,0 m de largura (igual à do canal) por 1,74 m de altura, possuindo uma reentrância a meio, em meia-cana, destinada à instalação de uma comporta, que regularia o caudal. Idêntico dispositivo se observou no início do canal do Cerro da Vila (Loulé, Faro), a partir da zona imediatamente a montante da barragem (QUINTELA - CARDOSO - MASCARENHAS, 1999, fot. 19).

Na própria câmara, ter-se-ia instalado, na época romana, uma roda hidráulica, «como nos confirmam alguns encaixes e vestígios existentes na parede ou muro de reforço e de suporte, respectivamente do canal e da roda hidráulica» (PONTE, 2001, p. 161). A ser assim, só poderia tratar-se de uma roda de propulsão inferior, podendo encontrar-se relacionada com um moinho.

Tanque dos Mouros (Estremoz, Évora)

Trata-se de uma importante estrutura de retenção de água junto da vila de Estremoz, água essa que proviria de duas nascentes, «ambas obstruídas ou desviadas com o grande terramoto de 1531» (ESPANCA, 1975).

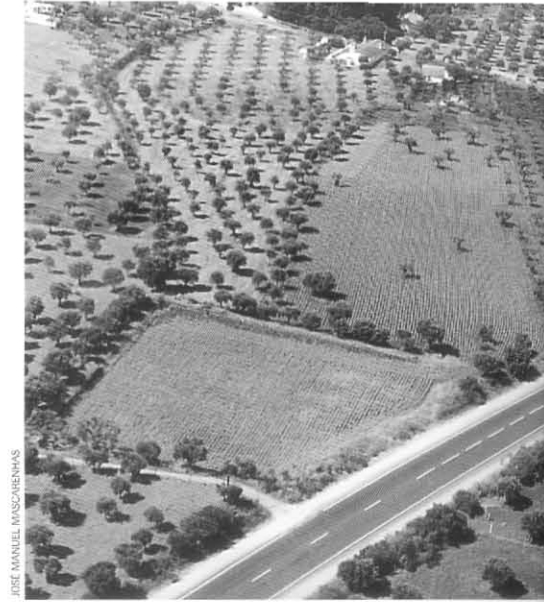
Na actualidade, o tanque encontra-se cortado por uma Estrada Nacional; originalmente, prolongava-se para além desta, como se

Tanque dos Mouros. Foto aérea oblíqua.

Na página seguinte, planta das duas câmaras exteriores dimensões possuindo descargas de água do tanque e vista da câmara com dois septos terminais, formando compartimento, observando-se, ao fundo, o tubo de descarga de água do tanque.

Tanque dos Mouros. Aerial photo taken at an angle.

(next page) Groundplant of the two outer chambers, with water outlets to the tank, and view of the chamber with two terminal *septa*, forming a compartment; visible at the bottom, the tank water outlet pipe.



JORGE MANUEL MASCARENHAS

floor plan at least nearly 90 m long by 45 m wide. The walls have constant but different thicknesses, those where buttresses were necessary for support being thicker, and on the sides where the topographic level was uneven being higher. Currently its maximum height, 2.5 m, is seen on the southern side. It is also in this sector, for the same reasons, that the buttresses are thicker. In the two compartments on the southern side, delimited by buttresses, we see openings at heights of 0.8 m and 0.2 m above external ground level in the centre of the tank wall. One of these compartments has two terminal *septa* from the two buttresses, suggesting a closed space: on the tank wall, an outlet pipe is clearly visible at the bottom. From the position of the water outlet in each compartment, they could have housed two mill wheels with vertical axles, operated directly by the water leaving the tank. If so, this would be the first time this type of water technology has been identified in the Iberian peninsula. The water could then be used for irrigation and for supplying a *villa*, given that from here a canal seems to branch off towards the hermitage of Nossa Senhora dos Mártires, where Roman remains have been found on the surface. A similar situation was verified by the authors near the tank, whose building features also date back to that period. In fact, the walls are built of a nucleus of *opus incertum*, clad on both sides by blocks of marbled limestone in ill-defined lines, laid horizontally.

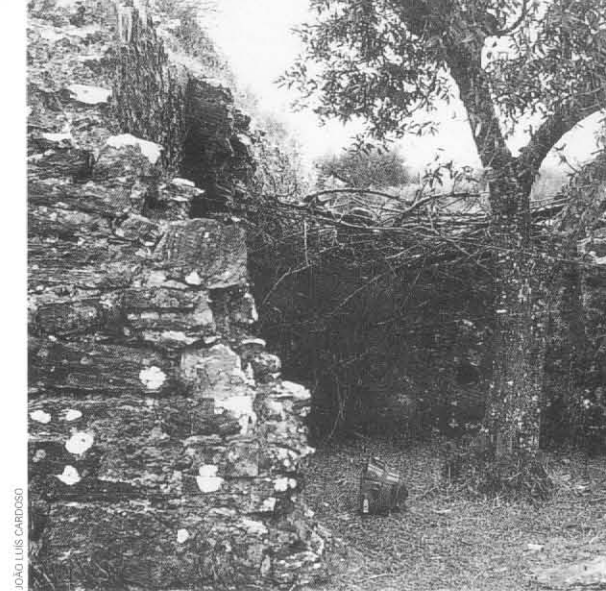
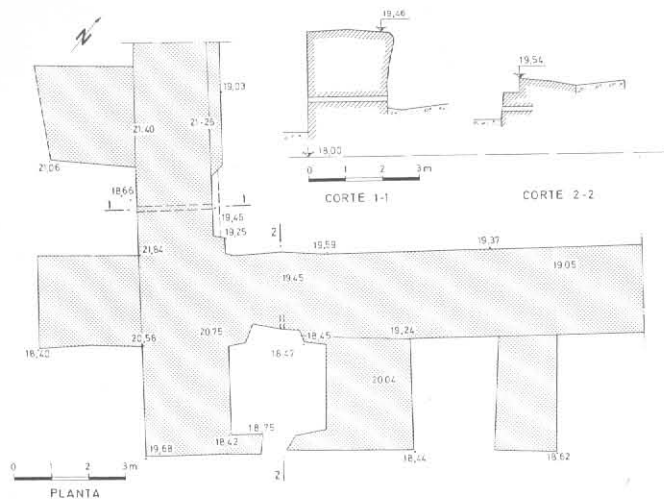
Grândola water tank (Grândola, Setúbal)

This tank is located on a sub-tributary of the Grândola river, whose catchment area is 2.3 km². This tank and associated water-powered machines were described by Father António Carvalho da Costa at the beginning of the 18th century, in the following terms (COSTA, 1708): '... towards the south we find a place called *Córte Galego*, set on a mound containing the ruins of another fortress, and many water pipes, which are still found today when working the land, directed towards a place, called the gate, where we find some strong walls and the signs that water was stored here to power machines.'

That these machines were water-mills was indicated later by Pinho Leal (LEAL, 1874), although some of his claims should be qualified, as he rarely visited the places in question: 'To the south of the chapel of Nossa Senhora da Penha de França on a hill outside Grândola, we find a place called *Córte de Gallego*, where galleries of ancient fortifications and many underground water pipes can be found which run to a place called Represa, and whose water is used by the inhabitants to drive their water-mills'. So, while in 1708 these machines (or mills) were no longer working, over 160 years later they are described as active. This must at least be considered inexact information from Pinho Leal, who also gives away his knowledge of the earlier text, plagiarising its essential details.

The authors were told about the existence of this tank by Dr. Susana Correia, then at the Southern Regional Archaeological Services (Portuguese Institute of Cultural Heritage). After confirming its interest, support was requested from the Town Council of Grândola for the excavation and later topographic elevation. This collaboration and support took place under the direction of Dr. Marisol Ferreira, an archaeologist of the local government.

The tank, built using a thick wall in a straight line ground plan reinforced by six buttresses on the downstream side, is made up of three juxtaposed walls with a rectangular section; the intermediate wall, or nucleus, is in *opus caementicium*, integrating fragments of slate and greywacke of 1.5 to 2 cm average diameter, placed on a matrix of lime and sand, forming a hard, whitish-coloured mortar. Both the upstream and downstream walls as well as the buttresses are in *opus incertum*, blocks of slate and greywacke laid in average sizes of between 15 and 20 cm and with lime and sand mortar. This structure is identical to that observed at the Roman tank at Chocalhas, so it is credible that the two faces of masonry were used as the framework for filling the nucleus with layers of concrete, thus contributing to its water-tightness.



verificou pelos vestígios de muros identificados pelos autores (QUINTELA - CARDOSO - MASCARENHAS, 1986, fig. 67), correspondendo-lhe planta rectangular, com cerca de pelo menos 90 m de comprimento, por 45 m de largura. Os muros possuem espessuras constantes, mas diferentes, sendo maiores nos lados em que foi preciso apoiá-los em contrafortes, nos lados em que o desnível topográfico e, por conseguinte, a altura do muro era maior. Actualmente, a altura máxima observa-se no vértice sul, e é de 2,5 m. Importa notar que também é nesse sector, pelas mesmas razões, que a espessura dos contrafortes é maior. Nos dois compartimentos junto do vértice sul, delimitados por contrafortes, observaram-se aberturas à altura de 0,8 m e de 0,2 m acima do nível exterior do solo, na parte central do muro do tanque. Um desses compartimentos apresenta dois septos terminais, a partir dos dois contrafortes, sugerindo um espaço fechado, sendo bem visível ao fundo, na parede do muro do tanque, um tubo de descarga. Atendendo à posição da saída de água em cada um dos compartimentos, estes poderiam albergar dois moinhos de rodízio, de eixo vertical, accionados directamente pela água que saía do tanque. A ser assim, tratar-se-ia da primeira vez que este tipo de tecnologia hidráulica se identificava na Península Ibérica. A água poderia, depois, ser aproveitada para rega e para abastecimento de uma possível *villa*, visto que, a partir daquele local, parece desenvolver-se um canal em direcção da ermida de Nossa Senhora dos Mártires, aonde se tem recolhido material romano à superfície. Situação análoga foi verificada pelos autores nas imediações do tanque, cujas características construtivas remetem também para aquela época: com efeito, os muros são constituídos por um núcleo de *opus incertum*, revestido de ambos os lados de blocos de calcário marmóreo em fiadas arrumadas horizontais, mal definidas.

Barragem de Grândola (Grândola, Setúbal)

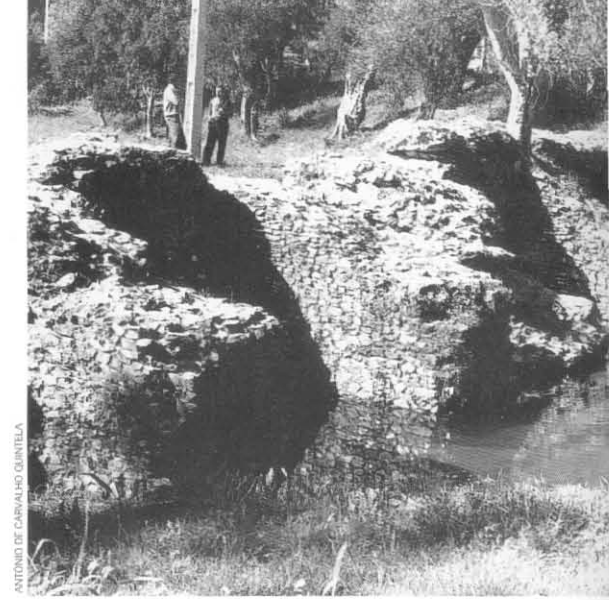
Situa-se esta barragem num subafluente da ribeira de Grândola. A área da correspondente bacia hidrográfica é de 2,3 km². Esta barragem e as máquinas hidráulicas a ela associadas encontram-se já referenciadas pelo Padre António Carvalho da Costa, em inícios do século XVIII, nos seguintes termos (COSTA, 1708): «... para o Sul se acha no sítio chamado *Córte Galego* uma fundação sobre outro monte de outra fortaleza já arruinada, e muitos canos de água que ainda hoje, lavrando-se as terras se descobrem, encaminhados para um sítio, que se chama represa, aonde se acham uns fortes muros e sinal de que fazendo presa às águas se aproveitavam alguns engenhos».

A correspondência de tais engenhos a moinhos é indicada, mais tarde, por Pinho Leal (LEAL, 1874), embora se deva considerar com prudência algumas das suas afirmações, visto não ter estado, na larga maioria dos casos, nos locais em causa: «A sul da capela de Nossa Senhora da Penha de França sobre um outeiro dos arredores de Grândola, fica o sítio chamado *Corte de Gallego*, onde se vêem também minas de antigas fortificações e muitos canos de água subterrados, que vão ter ao sítio chamado Represa, de cuja água se aproveitam os habitantes para fazerem moer as suas azenhas». Assim, enquanto que, em 1708, os referidos engenhos (ou moinhos) já não estavam em funcionamento, mais de 160 anos depois estes são dados como activos, o que não pode deixar de ser considerado como informação inexacta, por parte de Pinho Leal, que aliás denota conhecer o texto anterior, copiado nos seus traços essenciais.

A existência desta barragem foi indicada aos autores pela Dr^a. Susana Correia, do então Serviço Regional de Arqueologia do Sul (Instituto Português do Património Cultural). Uma vez confirmado o seu interesse, foi solicitado o apoio à Câmara Municipal de Grândola para a sua desmatação e ulterior levantamento topográfico, registando-se a colaboração e o apoio que nessas acções foi prestado pela Dr^a. Marisol Ferreira, Arqueóloga da Autarquia.

A barragem, constituída por paredão de planta rectilínea reforçado por seis contrafortes rectangulares do lado de jusante, compõe-se de três muros de secção rectangular justapostos; o muro intermédio, ou núcleo, é de *opus caementitium*, integrando fragmentos de xisto e de grauvaque de 1,5 a 2 cm de diâmetro médio, embalados em matriz de cal e areia, formando argamassa dura, de coloração esbranquiçada. Os dois muros, tanto o de montante como o de jusante, bem como os contrafortes, são de *opus incertum*, formados por blocos de xisto e de grauvaque arrumados de tamanhos médios entre os 15 a 20 cm e por argamassa de cal e areia. Esta estrutura é idêntica à observada na barragem romana de Chocapalhas, sendo crível que os dois paramentos de

Barragem de Grândola. Vista parcial de jusante, evidenciando-se quatro dos grandes contrafortes.
Grândola water tank. Partial view from downstream, showing four of the great buttresses.



The upstream wall and buttresses are proof of two differentiated stages in construction. It is therefore fair to claim that the upstream wall and the nucleus in *opus caementicium* correspond to a second phase, after discovering that the downstream wall, the first to be built, was too low.

This is, then, a tank whose stability could not be guaranteed by the weight of its structure alone. The structural design has a kind of solution unknown in other Roman tanks in Portugal (QUINTELA - MASCARENHAS - CARDOSO, 1999).

Altogether, the thickness of the walls upstream and downstream is, respectively 0.9 m and 1.3 m, and the nucleus is 0.7 m thick. The buttresses are 1.7 m wide, except the central buttress on the left bank, which is wider.

Nowadays, the tank has a maximum height of 3.3 m in the watercourse area, and is 34 m long. At its highest point, coinciding with the river bed, the structure is fractured vertically, thus allowing water to escape. In this sector, from the downstream side we can see a rectangular chamber 1.5 m wide between the buttresses and 2.7 m long perpendicularly, with a tiled rocking vault formed between the two central buttresses, closer than the others. This chamber has carefully-plastered walls, and the split in the vault due to the prolongation of the vertical fracture affects the whole structure. Around the crack, the riverbed has been considerably excavated due to erosion of the watercourse by the flow of water. This chamber is from the same period as the tank, as is concluded from the use of *opus signinum* in its construction. Its purpose is uncertain. The hypothesis that it corresponds to the installation of a downstream gate does not, however, seem logical, nor are there vestiges of the necessary fittings. It is more likely that it is related to the installation of a horizontal wheel, operated by the water from an outlet which would have gone through the main wall. This would be a water wheel, whose vertical axle could operate a grinding device installed at the top of the tank. This hypothesis is supported by the testimony of Father A. Carvalho da Costa, transcribed above, supporting the mill-wheel theory, probably installed in the Tanque dos Mouros described above.

Conclusion

The scant remains of Roman water-mills identified so far in Portugal, the majority of which are still insufficiently investigated and therefore of dubious functionality, do not coincide with Roman technological advances in water use. Very probably many more water structures in our country have not yet been duly identified as such. In fact, the existence of other mills is indirectly suggested by the degree of perfection reached by the Romans in the conception, construction and use of well-known water-powered machines. One example of this in present-day Portugal is the water collection, elevation and storage structure at Tróia (Grândola, Setúbal), which includes a large compartmented wooden wheel with a horizontal axle, scarcely identified as such decades after excavation (QUINTELA - MASCARENHAS - CARDOSO, 1993 / 1994), which is significant in itself. Another is the fragmented wheel found in the 19TH century in the São Domingos mines and held in the Musée National des Techniques in Paris.

João Luís Cardoso. Associate Professor (*com Agregação*), Universidade Aberta (Lisbon)
António de Carvalho Quintela. Retired Professor, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa
José Manuel Mascarenhas. Associate Professor, Universidade de Évora

Barragem de Grândola. Vista da câmara, do lado de jusante, com abóbada de berço de tijoleira.
Grândolo water tank. View of the chamber, from downstream, with tiled rocking vault.

ANTÓNIO DE CARVALHO QUINTELA



alvenaria servissem de cofragem ao enchimento do núcleo, em camadas, que é de betão, contribuindo deste modo para a estanquidade da estrutura, pela sua natureza.

O muro de jusante e os respectivos contrafortes atestam duas fases bem diferenciadas na sua construção. Deste modo, é lícito admitir que o muro de montante e o núcleo de *opus caementitium* correspondam à segunda fase, depois de ter sido reconhecida a insuficiente altura, face à pretendida, do muro de jusante, o primeiro a ser construído.

Trata-se, pois, de uma barragem em que o peso próprio da estrutura não era suficiente para garantir a sua estabilidade. Na sua concepção estrutural, corresponde a solução que não foi reconhecida em mais nenhuma barragem romana do território português (QUINTELA - MASCARENHAS - CARDOSO, 1999).

No conjunto, a espessura dos muros de montante e de jusante é, respectivamente, de 0,90 m e 1,30 m, possuindo o núcleo a espessura de 0,70 m. Os contrafortes possuem a espessura de 1,70 m, exceptuando o central, da margem esquerda, que é mais espesso.

Na actualidade, a barragem tem a altura máxima, na zona do leito da ribeira, de 3,3 m e o comprimento de 34 m. Na zona mais alta, coincidente com o talvegue, a estrutura encontra-se fracturada verticalmente, permitindo a passagem da água. Naquele sector, do lado de jusante, observa-se câmara rectangular, com a largura de 1,50 m entre os contrafortes e o comprimento de 2,70 m na direcção perpendicular, com abóbada de berço, de tijoleira, lançada entre os dois contrafortes centrais, menos afastados entre si que os restantes. Esta câmara possui as paredes cuidadosamente revestidas de argamassa e a abóbada partida no prolongamento da fractura vertical que atinge toda a estrutura. Na zona da brecha, o talvegue da ribeira encontra-se sobrecavado, em consequência da erosão do leito provocada pelo escoamento da água. Esta câmara é da época da barragem, como se conclui da utilização de *opus signinum* na sua construção. A sua finalidade não se encontra totalmente esclarecida. Não parece, no entanto, lógica a hipótese de corresponder à instalação de uma comporta do lado de jusante, nem se encontraram vestígios dos necessários encaixes. É mais provável que se relacione com a instalação de uma roda horizontal, accionada pela água proveniente de um descarregador que atravessaria o paredão, correspondendo a moinho de rodízio, cujo eixo vertical podia accionar um dispositivo de moagem instalado no coroamento da barragem. Esta hipótese encontra-se reforçada pelo testemunho do Padre A. Carvalho da Costa, atrás transcrito, somando-se, deste modo, ao moinho de rodízio provavelmente instalado no Tanque dos Mouros, acima descrito.

Conclusão

Os escassos vestígios de moinhos hidráulicos romanos, na maioria de características ainda insuficientemente conhecidas, e por isso mesmo de funcionalidade discutível, até ao presente identificados em Portugal, não são condizentes com o avanço tecnológico romano no uso da água, existindo seguramente no nosso País um número muito superior de estruturas hidráulicas ainda não devidamente identificadas como tal. Com efeito, a existência segura de muitos outros moinhos é indirectamente sugerida pelo aperfeiçoamento atingido pelos Romanos na concepção, construção e utilização de algumas máquinas hidráulicas bem conhecidas. Disso são exemplo, no território hoje português, a estrutura para captação, elevação e armazenamento de água de Tróia (Grândola, Setúbal), incluindo uma grande roda compartimentada de madeira de eixo horizontal, só devidamente identificada como tal décadas depois de ter sido escavada (QUINTELA - MASCARENHAS - CARDOSO, 1993/1994) - o que só por si é significativo - ou o fragmento de roda recolhida no século XIX nas minas de São Domingos e guardada no Musée National des Techniques de Paris.

João Luís Cardoso. Professor Associado com Agregação da Universidade Aberta (Lisboa)
António de Carvalho Quintela. Professor Catedrático Jubilado do Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa
José Manuel Mascarenhas. Professor Associado da Universidade de Évora