

MODELO DIGITAL PARA A RECUPERAÇÃO E APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE UMA AZENHA

Luís Ruivo, Paulo Silva, Rúben Lourenço & Félix Rodrigues
Universidade dos Açores – Campus de Angra do Heroísmo - Portugal

Resumo:

As azenhas são uma demonstração clara do engenho humano na mobilização das características ou propriedades da natureza que lhe permitem minimizar o esforço, ou mais amplamente, facilitar o seu trabalho. Resultam do aproveitamento das águas de escorrência superficial transformando a energia potencial hídrica em energia mecânica. Estas representaram um dos meios de transformação de cereais com impactos diretos nas economias locais e constituíram uma verdadeira fonte de subsistência nas zonas rurais portuguesas. Contudo, em Portugal, foram perdendo a sua função utilitária e muitos exemplares encontram-se ao abandono ou em avançado estado de degradação. Dado que estes engenhos constituem uma parte importante do património cultural e arquitetónico português, considera-se uma mais-valia a sua recuperação e adaptação ao estilo de vida atual, tendo em vista a produção de energia elétrica, respeitando simultaneamente valores arquitetónicos, etnográficos e ambientais.

Este estudo pretende contribuir para a recuperação da memória associada a estes engenhos, bem como conhecer os seus mecanismos e enquadrá-los num contexto socioeconómico atual, do ponto de vista da produção de energia limpa.

Para a prossecução desses objetivos, a metodologia utilizada consistiu: na pesquisa bibliográfica de dados histórico-culturais e de dados relativos ao funcionamento de engenhos de moagem de cereais. Para isso realizaram-se entrevistas junto de entidades públicas e privadas e efetuaram-se medições físicas por métodos diretos e indiretos das dimensões de um engenho, dos caudais de alimentação e do seu potencial hidroelétrico. Com esses dados produziu-se um modelo digital, que representa o moinho em estudo, com vista a uma melhor compreensão dos mecanismos físicos e arquitetónicos que lhe estão subjacentes.

Pensa-se ter conseguido com este trabalho conservar digitalmente a memória de um desses engenhos, podendo-se deste modo ajudar à reconstrução desse equipamento, à promoção turística do local, à promoção educacional de sistemas ancestrais bem valorizá-lo no contexto das energias renováveis.

Palavras-chave: azenha; património; etnografia; água; hidroeletricidade.

Introdução

Os moinhos não são apenas um adorno de paisagem, representam também a memória coletiva de um povo, que nos Açores, tem cerca de cinco séculos (Câmara, 2010).

Em tempos históricos, o privilégio da moenga na Ilha Terceira era atribuído ao Capitão do Donatário da ilha. Nos princípios do povoamento a ilha (século XV) esta estava dividida em duas capitánias. Na Praia da Vitória, usufruía desse privilégio Álvaro Martins Homem, ao qual coube a responsabilidade da construção e manutenção de moinhos para a transformação dos cereais produzidos naquela capitania. Mandou então construir oito moinhos de água na freguesia de Aigualva (Frutuoso, 1963; Merelim, 1982). Os moinhos eram comunitários, o que fazia com que o Capitão recebesse do

povo o imposto cobrado pela transformação dos cereais, tendo em simultâneo um maior controlo sobre a quantidade de cereais produzida na ilha (Gregório, 2007).

Tal era a afluência aos moinhos de Aqualva que os mesmos não eram capazes de dar resposta às necessidades daquela capitania. Assim, após a Infanta D. Beatriz ter recebido queixas sobre esse fato, ordenou a Álvaro Martins Homem a construção de moinhos em número suficiente para colmatar aquela carência. Não tendo chegado a cumprir esta ordem, e após a sua morte, o seu filho, Antão Martins, foi sentenciado a construir mais quatro moinhos e a reparar os já edificadas (Drummond, 1981). Como Antão Martins não cumpriu a sentença, perdeu o privilégio da moenga e assim qualquer pessoa podia então construir o seu moinho sem que daí tivesse de prestar contas a El-Rei ou ao donatário (Merelim, 1982). Esta decisão parece ter permitido que ao longo dos tempos tenha ocorrido um aumento do número de engenhos construídos à beira das principais ribeiras de Aqualva e de Angra do Heroísmo, as quais chegaram a albergar, de acordo com alguns eruditos e populares ouvidos no âmbito deste estudo, um total de quarenta e três moinhos em cada local.

Considerando que estes engenhos representam uma parte importante do património terceirense, iniciou-se então uma investigação que teve como principal objetivo recuperar a memória associada a estes engenhos, bem como conhecer os seus mecanismos e enquadrá-los num contexto socioeconómico atual, de forma rentável, como por exemplo, reutilizando-os na produção de energia limpa.

Metodologia

Com vista a recuperar a informação de funcionamento dos moinhos antigos da ilha Terceira, adotou-se uma metodologia muito diversificada:

- a) Pesquisa bibliográfica relacionada com dados histórico-culturais associados à produção de cereais na ilha Terceira e respetiva transformação;
- b) Pesquisa bibliográfica de dados relativos ao funcionamento de engenhos antigos/arcaicos de moagem de cereais;
- c) Entrevistas a entidades públicas, privadas e a populares;
- d) Realização de medições físicas, recorrendo a métodos diretos e indiretos, como por exemplo, a determinação das dimensões dos engenhos, dos caudais de alimentação e do potencial hidroelétrico de uma azenha.

Com esses dados foi possível construir um modelo digital de um engenho, que permitirá uma melhor compreensão dos mecanismos físicos e arquitetónicos que lhe estão subjacentes. O modelo digital foi construído, usando o programa Google Sketchup.

O moinho modelado encontra-se na freguesia da Aqualva, localizada na zona Noroeste da Ilha Terceira (Latitude: 38,78° N; Longitude: 27,15° W) e pertence ao concelho da Praia da Vitória. Com 35,7 km² essa é a maior freguesia da ilha. Deve o seu nome ao abundante número de nascentes de água que existem ao longo da sua ribeira, a qual apresenta um caudal permanente ao longo do ano, por vezes reforçado por acontecimentos de precipitação torrencial. O caudal permanente da ribeira da Aqualva é assegurado pelo aquífero do maciço do Pico Alto.

Este trabalho recai assim sobre uma azenha portuguesa típica, sita na Rua dos Moinhos, freguesia da Aqualva. O imóvel é parte integrante do Inventário do Património Histórico e Religioso do Plano Diretor Municipal da cidade da Praia da Vitória e remonta ao Século XIX sendo, além disso, considerado um imóvel de interesse público conforme a resolução n° 234/96 de 3 de outubro do Governo Regional dos Açores. A azenha é completada por uma habitação, num edifício de dois pisos e forno de chaminé

de mãos postas (IAC, 1999). O imóvel já não conserva todos os seus mecanismos interiores.

Resultados

Neste trabalho de investigação verificou-se que existem na ilha Terceira dois tipos distintos de moinhos de água: os de azenha e os de rodízio. A população e os historiadores locais afirmam ter sido comum encontrar esses dois tipos de moinhos de água, os quais eram instalados consoante os caudais disponíveis nas ribeiras.

Dos vários moinhos encontrados, nenhum deles está completo ou operacional, tendo perdido a sua função. A maioria está degradada ou em abandono, tendo sido encontrado apenas um exemplar com todos os mecanismos presentes, apesar de estarem fora de lugar ou parcialmente destruídos. É sobre esse moinho que recai a modelação efetuada neste trabalho. Por outro lado, verificou-se que os trabalhos de investigação sobre moinhos de água em Portugal são muito escassos, tendo-se encontrado apenas uma obra de referência, a de Dias *et al.*, (1959) que aborda algumas questões técnicas relacionadas com os moinhos de água portugueses.

Nos moinhos de azenha, ocorre um movimento vertical da roda motriz em torno de um eixo horizontal, que através de um sistema de rodas dentadas, aciona uma mó (andadeira) que gira em relação a outra (pouso), em repouso (ver figura 1).



Figura 1- Modelo de azenha de copos onde é perceptível a ligação entre a entrosga e os fúeis do carroto

Consoante a posição relativa da roda motriz, em relação à água que as aciona, as azenhas agrupam-se em duas categorias: as azenhas de copos, nas quais a água cai de um nível superior, batendo e enchendo os copos que compunham a parte externa da roda; ou aquelas em que a água corre por baixo, empurrando as pás distribuídas ao longo do seu perímetro. De acordo com Dias *et al.*, (1959) estas últimas são classificadas como “azenhas de rio”, que não existindo cursos de água semelhantes nos Açores, fez com que os primeiros povoadores as adaptassem aos cursos de água das ribeiras.

Para além dos aspetos referidos anteriormente, poucas são as diferenças entre os dois tipos de azenha. Em ambos, o eixo da roda trespassa uma das paredes do edifício, comunicando com a entrosga (roda dentada de madeira com posição vertical e que repete o movimento da roda de água, transferindo-o para os fúteis do carreto, em posição horizontal e cujo veio central é, simultaneamente, o veio da mó). A parte inferior do carreto gira apoiada numa peça de metal, cravada no arrieiro que é elevado ou baixado, para controlar o afastamento das mós, através do chamado aliviadouro. O proprietário do moinho aqui modelado referiu que o afastamento das mós produzia uma moagem mais grossa ou mais fina que dependia do tipo de cereal.

Ao conjunto de duas pedras mós (andadeira e pouso), dá-se o nome de “*casal*”. Para o pouso, e quando possível, escolhia-se uma pedra mais rija e com uma espessura que podia variar entre 50 a 60 cm. A andadeira era geralmente menos espessa do que o pouso, com cerca de 20 cm de espessura, de modo a não ter um peso excessivo (Dias, *et al.*, 1959).

De acordo com (Dias, *et al.*, 1959), para o milho e centeio usavam-se, normalmente, mós de granito ou de outra pedra granulosa. Para o trigo, utilizavam-se pedras alvas de quartzito, inteiras ou em blocos apertados por cintas de ferro. Na face inferior estas mós apresentavam uma série de sulcos que diminuían o atrito, para acelerar o processo de moagem e evitar o aquecimento excessivo.

No caso dos Açores, uma vez que não existe granito nem quartzito, as pedras usadas para o milho eram o basalto, com textura similar ao granito. No caso do trigo, o proprietário do moinho referiu serem usadas pedras brancas importadas de França, lacradas e amarradas por cintas de ferro.

As rodas de madeira eram construídas, propositadamente, de acordo com Allen, (1829), em pinho, mas no caso dos Açores e uma vez que à época do povoamento não existia tal madeira no arquipélago é provável que na sua construção fosse empregue o cedro-domato (*Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine), que tinha uma densidade, resistência e compostos resinosos semelhantes ao pinho. Estes tipos de madeira, em contacto com a água, segregam uma resina pegajosa que forma uma película ao longo da sua superfície e que a protege da ação da água, aumentando assim a sua durabilidade.

Parece existir subjacente às rodas das azenhas observadas uma regra prática que permite determinar o número de copos e o volume dos mesmos, com o intuito de extrair-se o máximo de força da água. Segundo Allen (1829), os copos não poderiam ser demasiado pequenos, pois a rotação faria com que os mesmos entornassem mais rapidamente. Por conseguinte, eram construídos para que fossem cheios de água apenas até metade da sua capacidade. Era impossível construí-los de forma a que permanecessem com água até ao ponto mais baixo de rotação. Como tal, uma das soluções encontradas era construí-los em formato de cotovelo para que a água se mantivesse no seu interior durante o máximo de tempo possível. Os copos eram assentes na roda, perfazendo um ângulo de 90° com a parte interior e um ângulo de 45° com a tangente ao ponto, na parte exterior.

A azenha em estudo era alimentada por um canal de forma retangular com uma extensão de, aproximadamente, duzentos e cinquenta metros, o qual comunicava com uma barragem, de altura igual a 60 centímetros, construída no leito da ribeira. A barragem tinha a função de armazenar a água de forma a assegurar o um fluxo contínuo para o canal, já que este se encontrava construído numa das margens.

Surgiu assim a necessidade de se calcular o caudal da ribeira de modo a determinar o tempo necessário para completar o volume da albufeira delimitada pela barragem, fator que poderia condicionar o tempo de funcionamento do moinho. Recorrendo ao método do flutuador, determinou-se a velocidade superficial de escoamento da ribeira. Admitiu-se que velocidade média de escoamento correspondia a 85% da velocidade superficial,

como é tradicional nas áreas da engenharia. Registou-se o tempo que a boia levou a percorrer um espaço de três metros numa secção reta da ribeira, efetuando-se doze repetições e calculando a respetiva média. Multiplicando a velocidade média de escoamento pela área por onde o mesmo ocorre, obteve-se um caudal de $0,034 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

As medições foram efetuadas no mês de março de 2012, no período de menor escoamento da ribeira e que se estende até ao final do verão. Como não foi possível efetuar medições durante o período de inverno, nada podemos inferir acerca dos valores do caudal médio anual da ribeira da Aqualva.

O canal que transporta a água que faz girar a roda motriz não apresenta dimensões constantes ao longo da sua extensão. É mais largo e profundo à entrada, e mais estreito e menos profundo, à saída.

À saída da albufeira a velocidade de entrada da água no canal depende do peso da coluna de água na albufeira. Considerando que a albufeira se encontrava com a sua altura máxima de água (0,60m), calculou-se então, que a velocidade da água à saída da albufeira seria próxima dos $3,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pela lei de Bernoulli calculou-se a velocidade da água à saída do canal, tendo em conta que o canal apresenta um pendente de 10 m, chegando-se então a um valor de $14,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Com estes dados calculou-se o número de rotações que a roda efetuaria por minuto (11,6 rpm), desprezando o efeito do atrito, e tendo em conta o momento de inércia calculado para a roda ($2743,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$), se a densidade da madeira fosse igual a $890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, igual à do pinho.

Dado que a entrosga comunica com a roda principal, foi possível determinar velocidade angular da última roda chegando-se ao valor de 30 rot/min. Do mesmo modo, foi possível calcular a velocidade angular do carroto (200 rot/min.) cujo eixo pode comunicar com um gerador de corrente contínua para produção de energia elétrica, de acordo com a curva de potência de determinado fabricante.

Com os dados recolhidos, foi possível construir um modelo digital do engenho a três dimensões, de forma a melhor se compreender os mecanismos físicos e arquitetónicos subjacentes. O modelo foi construído, tal como referido anteriormente, usando o programa Google Sketchup.

A roda de água do moinho em análise encontrava-se destruída, mas no local foi possível determinar o diâmetro interior e exterior, a partir das marcas presentes na parede lateral do moinho (ver figura 2).



Figura 2- Sistemas de transferência de energia cinética e potencial da água em energia cinética da roda da azenha.

Os copos da azenha, neste modelo, foram dimensionados fixando um ângulo de inclinação de 45° e tendo em conta a diferença entre os diâmetros e o afastamento entre cada copo, foram determinadas as restantes dimensões, por trigonometria. O eixo da roda assentava em blocos de basalto polido, os quais eram untados com gordura de animais.

O eixo da roda penetra numa das paredes do edifício, e na sua extremidade, encontra-se a entrosga, uma roda dentada com 0,51 m de diâmetro. Por sua vez, o carreto, uma roda mais pequena, encontrava-se ligado à entrosga, onde ocorria a transformação do movimento vertical num movimento horizontal.

O carreto possui um eixo que é simultaneamente o eixo da mó e encontrava-se apoiado numa trave de madeira, o arrieiro, ligada a um parafuso, o aliviadouro (ver figura 3), cuja função era graduar a elevação do arrieiro e consequentemente o afastamento das mós.

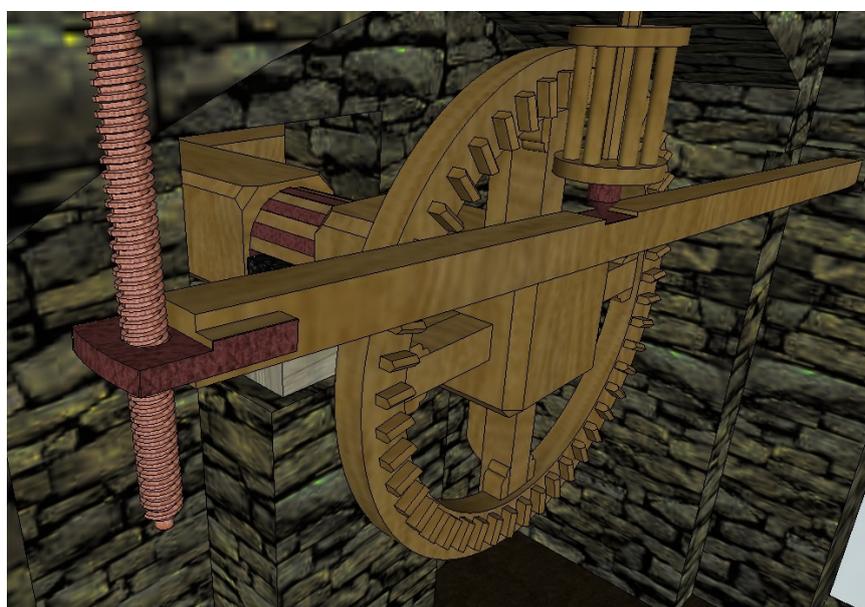


Figura 3- Entrosga, fúseis e aliviadouro, do sistema em estudo.

Considerações finais

A conservação do património edificado necessita de estratégias diversificadas de recolha de dados acreditando-se ser pertinente criar modelos, de preferência digitais, capazes de ilustrar tecnologias antigas que tenderão a desaparecer à medida que os instrumentos vão perdendo a sua utilidade prática.

Este trabalho constitui um estudo de caso, onde se exemplifica o funcionamento de uma azenha, que neste momento só é possível reproduzir por modelo digital. Assim sendo, o modelo criado pode constituir-se uma mais-valia para a reconstrução do moinho estudado, mas também um instrumento interessante que permitirá a preservação da memória coletiva, a par da descoberta de novas funcionalidades como por exemplo, o seu uso para a produção de energias renováveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem em especial a colaboração do senhor Manuel Valadão, proprietário do moinho da Agualva estudado.

Bibliografia

Allen, Z.. 1829. *THE SCIENCE OF MECHANICS AS APPLIED TO THE PRESENT IMPROVEMENTS IN THE USEFUL ARTS IN EUROPE, AND IN THE UNITED STATES OF AMERICA: ADAPTED AS A MANUAL FOR MECHANICS AND MANUFACTURERS, AND CONTAINING TABLES AND CALCULATIONS OF GENERAL PRACTICAL UTILITY.* s.l. : Hutchens and Cory, 1829. Disponível em:http://books.google.pt/books/about/The_science_of_mechanics_as_applied_to_t.htm?id=iyfSAAAAMAAJ&redir_esc=y Acedido a: 02/03/2012.

Câmara, J.. 2010. *Repositório Digital de Publicações Científicas da Universidade de Évora.* <http://rdpc.uevora.pt/handle/10174/2582>. [Consulta a 31 de 03 de 2012.]

Dias, J., Oliveira, E. e Galhano, F.. 1959. *SISTEMAS PRIMITIVOS DE MOAGEM EM PORTUGAL MOINHOS AZENHAS E ATAFONAS.* [ed.] INSTITUTO DE ALTA CULTURA CENTRO DE ESTUDOS DE ETNOLOGIA PENINSULAR.. pp. 5-7; 49-58; 74-94; 97-99. Vol. I MOINHOS DE ÁGUA E AZENHAS.

Drummond, F.. 1981. *ANAIS DA ILHA TERCEIRA. REIMPRESSÃO FAC-SIMILADA DA EDIÇÃO DE 1850.* s.l. : Governo Autónomo dos Açores - Secretaria Regional de Educação e Cultura, 1981. pp. 78-79. Vol. I Volume.

Frutuoso, Gaspar. 1963. *LIVRO SEXTO DAS SAUDADES DA TERRA.* Ponta Delgada : Instituto Cultural de Ponta Delgada.

Gregório, Rute Dias. 2007. *Terra e Fortuna: os primórdios da humanização da ilha Terceira (1450?-1550).* Ponta Delgada : CENTRO DE HISTÓRIA DE ALÉM-MAR, 2007. pp. 251-252.

IAC, Instituto Açoriano da Cultura. 1999. *Inventário do Património Imóvel dos Açores. Praia da Vitória, Açores* : s.n., 28 de 06 de 1999. Azenha da Rua dos Moinhos (Agualva). Disponível em: http://www.inventario.iacultura.pt/terceira/praiavitoria_fichas/32_121_148.html Acedido a: 03/04/2012.

Merelim, Pedro de. 1982. *FREGUESIAS DA PRAIA.* Angra do Heroísmo : Direcção Regional de Orientação Pedagógica da Secretaria de Educação e Cultura, 1982. pp. 14-15. Vol. 1.º Volume.