

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA E REFORÇO DE POTÊNCIA DO PEDRÓGÃO. CONCEPÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS

António PINHEIRO

CEHIDRO, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa
AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda.

apinheiro@civil.ist.utl.pt

António MOISÉS

AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda.

amoises@aqualogus.pt

Carlos GASPAR

EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, SA.

cgaspar@edia.pt

- O subsistema de rega do Ardila situa-se na margem esquerda do Guadiana e é constituído por um conjunto diversificado de barragens, reservatórios, estações elevatórias e adutores que permitirão a rega de cerca de 30 125 ha.
- Uma das obras mais significativas deste subsistema é a Estação Elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda (EEP-ME) e o conjunto de obras que lhe estão associadas (Sistema Elevatório do Pedrógão-Margem Esquerda, SEP-ME).
- A barragem do Pedrógão incorpora, junto da margem esquerda, uma central mini-hídrica que compreende dois grupos Kaplan de eixo vertical dimensionados para um caudal de 25 m³/s cada, a que corresponde uma potência unitária de cerca de 5 MW.
- A potência desta central foi inicialmente estabelecida tendo em atenção a potência máxima legalmente admissível (10 MW) no âmbito do estatuto do pequeno produtor (Decreto Lei n.º 189/88 de 27 de Maio).
- Abordam-se o estudo de viabilidade do reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão e os aspectos mais relevantes da concepção do SEP-ME.

BARRAGEM DO PEDRÓGÃO



Tipo	Betão, gravidade
Desenvolvimento total	448,00 m
Altura máxima	43,00 m
Nível de Pleno Armazenamento (NPA)	84,80 m
Nível Mínimo de Exploração (NmE)	79,00 m
Nível de Máxima Cheia (NMC)	91,80 m
Volume total à cota do NPA	106 x 10 ⁶ m ³
Comprimento da albufeira	23 km
Área da albufeira para o NPA	1140 ha

REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO

O aproveitamento do Pedrógão tem vários objectivos que condicionam o regime de exploração da respectiva albufeira, e conseqüentemente, os caudais disponíveis para turbinar pelo reforço de potência.

Tais objectivos são:

- fornecer água para rega e outros fins a partir da respectiva albufeira;
- modular os caudais turbinados na central de Alqueva, evitando a sua restituição a jusante de Pedrógão em regime concentrado;
- garantir os caudais ecológicos a jusante da barragem;
- otimizar os benefícios associados à componente hidroelétrica do empreendimento.

REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO

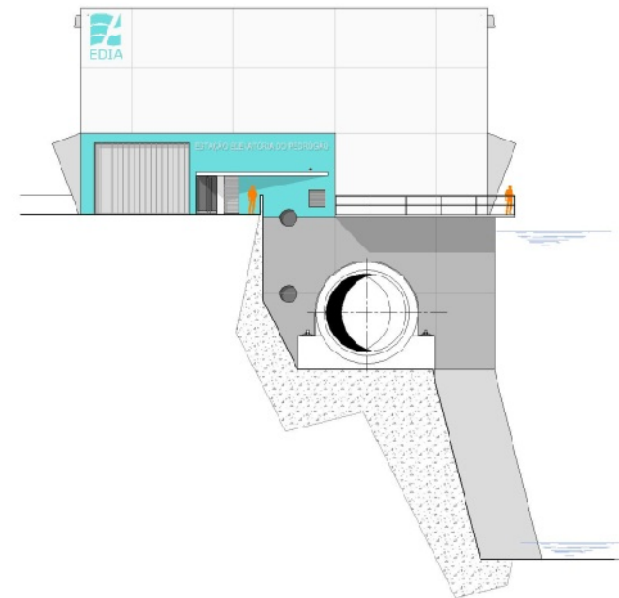
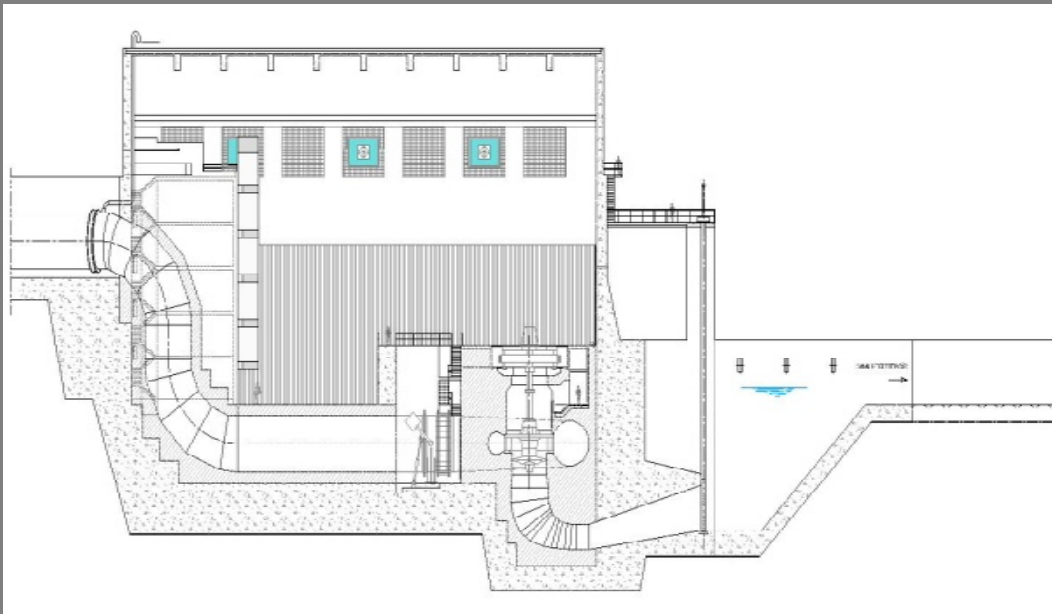
- Tendo em consideração as condições de tomada de água já existentes na barragem do Pedrógão, considerou-se que o reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão poderia atingir um caudal máximo turbinável de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ($P \approx 20 \text{ MW}$), embora tal obrigasse a adaptações mais profundas na tomada de água, de modo a não ter perdas de carga excessivas.
- Analisaram-se caudais de dimensionamento de 50, 70 e $100 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondentes a potências de 10, 14 e 20 MW, aproximadamente. O caudal de $70 \text{ m}^3/\text{s}$ foi considerado ser o limite correspondente à utilização de grupos Kaplan em cotovelo, de maior simplicidade que outros tipos de grupos de maior potência.
- A obra de tomada de água deverá ser especialmente analisada no caso de se adoptar um caudal máximo turbinável de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ($P \approx 20 \text{ MW}$).

REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO

ECONOMIAS POR PARTILHAS DE EQUIPAMENTOS COM A EE DO PEDRÓGÃO

- A condução de adução será partilhada pela estação elevatória e pela central do reforço de potência.
- O equipamento localizado na subestação de 60 /11 kV será comum à estação elevatória e ao reforço de potência.
- No caso do grupo de 20 MW, haveria, no entanto, que proceder à substituição do transformador preconizado no projecto da EE, cuja potência nominal é de 18,5 MVA, o que representaria um custo adicional para o grupo de 20 MW.
- As receitas foram calculadas de acordo com a legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 189/88 de 27 de Maio com redacção dada pelo DL n.º 168/99 de 18 de Maio, posteriormente modificado pelo DL n.º 339-C/2001 de 29 de Dezembro e recentemente alterado pelo DL n.º 33-A/2005 de 16 de Fevereiro).

REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO



Reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão. Corte esquemático e alçado Norte para a solução de 20 MW.

REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO

- Para a gama de 10 ou 14 MW admitiu-se , com base em dados de fabricantes, que o tipo de grupo a instalar seria do mesmo tipo (turbina em S). Nas condições do estudo, qualquer delas deverá ser viável, para uma taxa de actualização de 6%.
- Os resultados obtidos permitiram verificar que, embora as hipóteses de reforço de potência analisadas se tenham mostrado viáveis para uma taxa de actualização de 6%, a instalação de um grupo de 20 MW se encontraria no limiar da rentabilidade.
- A solução de instalar 10 MW apresentou uma TIR superior.
- **A decisão final sobre a potência a instalar deverá basear-se numa consulta mais detalhada ao mercado sobre as características dos grupos (e.g. cotas de instalação, rendimentos) e respectivos custos.**

REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO

- Tendo-se constatado que a viabilidade económica do reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão está dependente da ocorrência de períodos de caudais elevados em Pedrógão e, necessariamente, da exploração que efectivamente vier a ser implementada no sistema Alqueva-Pedrógão, considera-se aconselhável a realização de estudos complementares de exploração conjunta das centrais da Aguieira e do Pedrógão, que atendam ao reforço de potência na central da Aguieira, já decidido posteriormente à conclusão do estudo atrás descrito.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Estação elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda.
Vista a partir da margem direita.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA

O sistema elevatório do Pedrógão-Margem Esquerda, dimensionado para um caudal de 20 m³/s é essencialmente constituído por:

- **tomada de água** para a EEP-ME num orifício existente no corpo da barragem do Pedrógão dotada de uma grelha, uma comporta ensecadeira e uma comporta de seccionamento;
- **EEP-ME**, essencialmente constituída por um edifício destinado à instalação dos grupos e respectivos equipamentos auxiliares e por um recinto localizado no exterior do edifício, onde será implantada a subestação.
- **conduta de adução**, em aço, DN 4000, e desenvolvimento de cerca de 100 m, que liga a barragem do Pedrógão à estação elevatória;
- **seis grupos electrobomba**, sendo três grupos instalados numa primeira fase;
- **conduta elevatória** de betão armado com alma de aço DN 2500 e desenvolvimento de cerca de 1675 m, que liga a EEP-ME ao reservatório de Orada;
- **quatro reservatórios unidireccionais** (RUD) colocados em pontos altos da conduta elevatória à com capacidade de 100 m³ cada.

A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas: actualidade e desafios futuros.
Jornadas Técnicas APRH



Barragem do Pedrógão.
Vista do paramento de montante.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA

Condicionamentos:

- O edifício da EE do Pedrógão - Margem Esquerda (EEP-ME) foi localizado tão próximo da barragem do Pedrógão quanto possível, tendo em consideração a circulação de veículos e a inserção da conduta de adução, de modo a reduzir o seu comprimento.
- A cota de acesso ao edifício da EEP-ME (79,00) foi condicionada pelo nível da cheia de projecto a jusante da barragem do Pedrógão.
- A conduta deveria de adução deveria, preferencialmente, utilizar a banquetta do muro de suporte de terras que delimita, à esquerda, o canal de restituição da barragem do Pedrógão.
- O traçado da conduta elevatória entre a EEP-ME e o reservatório de Orada, em perfil e em planta, teve em consideração a redução do número de curvas a instalar, assegurar um recobrimento mínimo ao longo do traçado e evitar alturas de aterro excessivas sobre a conduta.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Estação elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda. Fase de construção
Vista geral e pormenor da condução de adução

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Estação elevatória do
Pedrógão-Margem Esquerda.
Vistas exteriores

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA

- Encontram-se actualmente instaladas na estação elevatória três bombas de eixo vertical, do tipo voluta bipartida, para uma velocidade de rotação próxima de 590 rpm e uma potência nominal no veio de 2,16 MW, estimando-se uma potência máxima de 2,3 MW, tendo em conta as condições mais desfavoráveis de funcionamento para cada um dos grupos (altura de elevação mínima, obtida com um único grupo em serviço).
- O caudal de dimensionamento de cada bomba para a altura de elevação de 61,4 m, é de 3,3 m³/s, estimando-se os caudais de funcionamento para as alturas de elevação máxima (63,3 m) e mínima (48,3 m) em 2,9 m³/s e 4,1 m³/s, respectivamente.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA

- Os motores associados às bombas são máquinas assíncronas de eixo vertical, para a tensão nominal de 11 kV e potência nominal de 2,8 MW, apresentando um factor de potência de 0,85 para este regime de funcionamento.
- Não foi necessária a aplicação de volantes de inércia de modo a garantir um maior tempo de paragem dos grupos de bombagem, sendo a protecção contra o golpe de aríete assegurada por quatro RUD.
- Para o lançamento de cada um dos grupos é utilizado um *softstarter* de 11 kV que limita a respectiva corrente de ligação a um valor máximo sensivelmente igual ao dobro da corrente nominal dos motores.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Estação elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda.
Vista dos motores

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Reservatório de Orada e conduta elevatória
Fase de construção.

RESERVATÓRIO DE ORADA

- O reservatório de Orada compreende um aterro com altura máxima acima do nível geral da fundação de 15 m e um desenvolvimento do coroamento de cerca de 206 m. A bacia hidrográfica do reservatório de Orada é muito reduzida (pouco excede a área do reservatório).
- O reservatório de Orada tem uma capacidade de $354 \times 10^3 \text{ m}^3$ e uma área de 9,76 ha, para o Nível de Pleno Armazenamento (NPA).
- Não sendo necessário prever um descarregador de cheias com dimensão significativa, face às reduzidas afluências próprias, foi, no entanto, necessário prever um descarregador de emergência que permitisse escoar o caudal bombeado, em caso de não ser possível interromper o funcionamento da EEP-ME quando o reservatório se encontre no NPA.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Reservatório de Orada.
Pormenor do descarregador de cheias e aspecto do paramento de montante do aterro

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



**Reservatório de Orada.
Pormenor do descarregador de cheias e aspecto do paramento de
montante do aterro**

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Reservatório de Orada.
Pormenor do descarregador de cheias e aspecto do paramento de montante do aterro

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Reservatório de Orada.
Vista da estrutura de entrada de
água e da tomada para o canal

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA E REFORÇO DE POTÊNCIA DO PEDRÓGÃO.



Agradecimentos:

Ao Eng. Jorge Vazquez, pelas sugestões apresentadas.

Ao Eng. Morim Oliveira, pelas fotos cedidas.

SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA



Estação elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda. Fase de construção
Conduto de adução

