



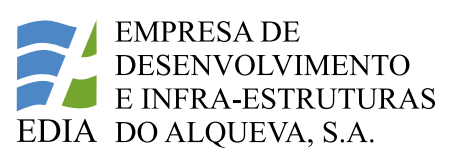
A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas

Actualidade e Desafios Futuros

JORNADAS TÉCNICAS APRH

VOLUME 2

OUTUBRO DE 2011



DGADR
Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

A ENGENHARIA DOS APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS

Actualidade e Desafios Futuros

COMUNICAÇÕES

Ficha Técnica

Título: A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas
Actualidade e Desafios Futuros - Volume 2

Edição: APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

DGADR - Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Acabamento: António Coelho Dias, S.A.

Depósito Legal: 348718/12

ISBN: 978-989-8509-05-5

Setembro 2012

ÍNDICE

COMUNICAÇÕES

Tema 1 - OS GRANDES APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS

- Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira.
Eficiência como garantia de futuro..... 9
António C. Mota, António M. Santos
- Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego.
Actualidade e Desafios Futuros 25
José Ferreira dos Santos, Vítor Freitas
- Plano Nacional Director de Irrigação de Angola. Uma síntese dos estudos 39
José Honrado, Francisco Martins, Maria João Calejo,
Hermenegildo Keane dos Santos, Jorge Manuel David
- Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato. Sua viabilidade.
Análise técnica, económica e ambiental 57
Maria João Calejo, António Capelo, João Teresa Ribeiro
- Aproveitamento hidroagrícola da Veiga de Chaves.
Intervenção para garantia de futuro 79
Francisco Rodrigues Alves

Tema 2 - O EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA. OS SUBSISTEMAS DE ALQUEVA, PEDRÓGÃO E ARDILA

- Evolução Verificada nas Infra-estruturas do Subsistema de Alqueva
- do Estudo Prévio à Construção 91
Alexandra Braga de Carvalho
- Optimização de Sistemas Primários de Adução em Aproveitamentos
Hidroagrícolas. Caso Prático do Subsistema Pedrógão..... 107
Manuel Valadas, Cruz Morais, António Capelo
- O Circuito Hidráulico Amoreira - Caliços – Estudo de um Caso Prático 119
Nelson P. Briso, Paulo Gameiro
- As Soluções de Engenharia Versus Condicionantes Ambientais
e Patrimoniais no Subsistema do Ardila (EFMA) 135
Luísa Pinto, Miguel Martinho, Paulo Marques, Valdemar Canhão
- O SIG da EDIA no Apoio ao Projecto, Construção e Exploração de Aproveitamentos
Hidroagrícolas do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva 151
Duarte Carreira
- Estudos do Bloco de Rega Roxo - Sado e Reforço de Abastecimento a Morgavél
(EFMA) 163
João Afonso, Luís Santafé

Contributo para a Discussão das Condições de Sustentabilidade da Componente Hidroagrícola do EFMA	179
José F. G. Santos, José C. Gomes, Inês Fialho	
Contribuições para a sustentabilidade do subsistema Ardila	195
J. Vazquez, J. C. Miranda, M. Cabral, R. Batista	

Tema 3 - ORIGENS DE ÁGUA. BARRAGENS E REDE PRIMÁRIA

Barragem do Arnóia. Aspectos Construtivos. Melhoria da Fundação	215
Eduardo Pedro Matos Gomes	
Concepção dos Grandes Canais do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva	225
Pedro Marques, Sérgio Costa, Bruno Fonseca, Alexandra Carvalho	
A Problemática das Captações Directas em Albufeiras – o Caso do Sistema Alqueva - Pedrógão: Condicionantes e Principais Características	241
Ana Ilhéu, Margarida Brito, David Catita	
Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis. Reabilitação dos Açudes do Arrabalde e das Salgadas	253
Pedro Faria Pereira Brito	
A ligação Loureiro-Alvito. Soluções de Engenharia para a Resolução das Questões Técnicas e Ambientais Específicas	267
Luísa Pinto, Maria Isabel Valente, David Cubaixo	

Tema 4 - ESTAÇÕES DE BOMBAGEM E MINI-HÍDRICAS

Estações de Bombagem de Pressurização /Distribuição em Aproveitamentos Hidroagrícolas	285
Alberto F. Freitas	
Estação Elevatória Pedrógão - Margem Esquerda e Reforço de Potência do Pedrógão. Concepção e Principais Características das Obras	297
António Pinheiro, António Moisés, Carlos Gaspar	
As Estações Elevatórias do Sub-sistema de Pedrógão (EFMA)	313
Alexandra Braga de Carvalho, Jorge Vazquez, José Costa Miranda	
Projecto da Estação Elevatória Principal de Pedrógão, na Perspectiva dos Equipamentos	331
Pedro Santos, Luís Gusmão, António Capelo	
Critérios Gerais de Projecto de Estações Elevatórias para Rega. Aplicação à Estação Elevatória do Alfundão.....	345
Sofia Azevedo, Vitor Paulo	
Recuperação de Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas: o Caso do EFMA	359
Pedro Marques, Francisco F. Carvalho	

Central mini-hídrica do Meimão – aproveitamento hidroagrícola da Cova da Beira	371
Silvério Ramalho, João Ornelas	
As Estações Elevatórias da Ligação Pisão-Beja	381
Alexandra Carvalho, Carlos Gaspar	

Tema 5 - REDES DE REGA E DRENAGEM

Optimização e Análise do Funcionamento de um Sistema Secundário de Rega. Aplicação ao Bloco do Alfundão Alto	399
Paula N. Rodrigues, Sofia Azevedo, Victor Paulo	
Automatización y Monitorización de Redes Hidráulicas	415
David Olmo Díaz	
Estaciones de Filtrado en Redes de Riego	429
Ignacio Encuentra	
Complemento às Orientações para a Elaboração de Projectos de Drenagem dos Blocos de Rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA). Actualização	437
Maria de São José Pinela	
Automação dos Órgãos de Distribuição (bocas de rega) das Redes de Rega Colectivas Pressurizadas	447
A. Cavaco, M. Neves, J. Rodrigues, J. Viegas	
Impactes na Exploração dos Aproveitamentos Hidroagrícolas Resultantes das Soluções Adoptadas na Fase de Concepção/Construção	451
Carlos Alberto Penetra Chibeles	

Tema 6 - CONSTRUÇÃO, REABILITAÇÃO E MODERNIZAÇÃO

Aproveitamento hidroagrícola da Cova da Beira. Processo construtivo do túnel do Circuito Hidráulico Sabugal - Meimoa	461
Maria M. Matos	
Reabilitação e modernização de aproveitamentos hidroagrícolas em Angola. Caxito, Waco Kungo e Gandjelas	473
António Terrão Russo, Paulo Bettencourt de Oliveira, Francisco Ramos Bisca	
Revestimento de canais novos e reabilitação. Processos construtivos, melhoria da eficiência	501
António M. Santos	
Estudos de reconversão do sistema de rega por aspersão para rega localizada no perímetro do Gharb em Marrocos. O caso do sector N5	517
José Honrado, Manuel Valadas, Abdelaziz el Bayed, Amine Chbani	
Tubagens de betão para condutas em pressão: conceito, instalação, reparação	533
José Massano-André	
Aspectos técnicos e Construtivos Associados à Execução de Reservatórios Revestidos com Geomembrana	547
Isabel Grazina, Dora Amador	

Tema 7- EXPLORAÇÃO

Gestão dos aproveitamentos hidroagrícolas de Alqueva	561
José G. F. B. Nuncio, Carina M. B. Arranja	
Sistemas de automação e telegestão de redes de rega em pressão. Caso de estudo	573
Isabel Grazina, José Carlos Saião	
Serviço de apoio à produção agrícola com optimização dos usos de rega no Vale do Sorraia	583
Carina C. M. Almeida, Pedro C. Leitão, Eduardo Jauch, Ramiro Neves, Luís Almas	
Importância da monitorização na gestão integrada dos recursos hídricos	597
Carla R. Antunes, Paulo F. Ribeiro	
A qualidade das massas de água nos aproveitamentos hidroagrícolas do sul de Portugal – o caso do EFMA	609
Manuela Ruivo, Martinho Murteira, Ana Ilhéu	
Acompanhamento e integração de captações directas de água para rega em albufeiras. Aspectos técnicos, económicos e ambientais no caso do Sistema Alqueva - Pedrógão	625
Ana Ilhéu, David Catita, Margarida Brito, Valter Rico, António Carapeto	

TEMA 1

**OS GRANDES APROVEITAMENTOS
HIDROAGRÍCOLAS**

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA COVA DA BEIRA

Eficiência como garantia de futuro

António C. MOTA¹

António M. SANTOS²

1. INTRODUÇÃO

A presente comunicação destina-se a descrever o esquema hidráulico do Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira (AHCB).

O AHCB beneficia uma área regada com 12360 ha, permite o abastecimento público das populações dos concelhos de Sabugal, Almeida, Pinhel, Penamacor, Belmonte e Fundão, num total de 80000 habitantes, e apresenta uma componente geradora de energia eléctrica com potência instalada máxima de 6 Mw.

2. LOCALIZAÇÃO

A região da Cova da Beira localiza-se na parte setentrional da Beira Baixa, correspondendo a uma bacia tectónica de altitude compreendida entre 400 e 500 metros, que se desenvolve entre as Serras da Estrela, Gardunha e Malcata. O sistema hidrográfico desta vasta depressão é composto pelo rio Zêzere e seus principais afluentes.

3. FINALIDADES PRINCIPAIS DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA E FASES DE DESENVOLVIMENTO

Em termos de funcionamento, o sistema de captação e armazenamento de água é constituído pelas barragens e respectivas albufeiras do Sabugal e da Meimoa, interligadas através do circuito hidráulico Sabugal-Meimoa.

A principal infraestrutura de transporte tem origem na barragem da Meimoa e consiste no Canal Conductor Geral (CCG), com um comprimento de cerca de 55 km, o qual constitui a rede primária de rega do Aproveitamento Hidroagrícola.

Associado ao CCG encontram-se diversas estruturas de compensação dos volumes transportados, constituídas por reservatórios semi-escavados, barragens de aterro e um canal reservatório.

A partir de tomadas directas no CCG, ou associadas a estruturas de compensação, desenvolvem-se as redes secundárias de rega que distribuem a água aos prédios beneficiados, integrados nos diferentes blocos de rega.

A área a beneficiar na margem esquerda do rio Zêzere, tal como foi inicialmente prevista e delimitada, perfazia um total de 14 400 ha, tendo vindo a ser reduzida até aos 12.360 ha actuais, por via do crescimento urbano e da construção da A23, vias rápidas, alargamento da linha de caminho de ferro, expansão de zonas industriais, gasodutos, etc.

¹ Eng.º Agrónomo, DGADR, Av. Afonso Costa, 1949-002, Lisboa, +351.21.844.23.50, cmota@dgadr.pt

² Eng.º Agrónomo, DGADR, Av. Afonso Costa, 1949-002, Lisboa, +351.21.844.23.58, amsantos@dgadr.pt

Em termos históricos e de faseamento pode dizer-se que a construção do Aproveitamento Hidroagrícola decorreu em 3 fases distintas.

A 1ª fase incluiu a construção das barragens da Meimoa e da Capinha, o 1º troço do CCG (tomadas T0 a T4), o canal e a barragem do Escarigo, o canal reservatório da Meimoa e as redes secundárias de rega, viária e de drenagem do bloco da Meimoa (3400 ha). Esta fase decorreu durante a década de 80 até meados da década de 90 do século XX.

Com a construção da barragem do Sabugal, que decorreu entre 1999 e 2002, teve início a denominada 2ª fase, durante a qual foram construídos o 2º troço de CCG (tomadas T4 a T7), o reservatório de Belmonte, a barragem de Monte do Bispo e as redes secundárias de rega, viária e de drenagem dos blocos de Belmonte e Caria (3 177 ha).

Nesta fase, foram ainda construídos o Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa e o Edifício Sede da Associação de Beneficiários da Cova da Beira, no Fundão e a Zona de Lazer da Benquerença.

A 3ª e última fase incluiu a construção do 3º e último troço do CCG (tomadas T7 a T12), os reservatórios de compensação e as respectivas redes secundárias de rega, viária e de drenagem dos blocos da Covilhã, Fundão, Fatela e Capinha. Faz ainda parte desta fase a construção do bloco do Sabugal (130 ha), e a Central do Meimão.

Os blocos do Fundão, Fatela e Capinha encontram-se em construção à presente data de Dezembro de 2011, estando prevista a entrada em funcionamento para a campanha de rega de 2012.

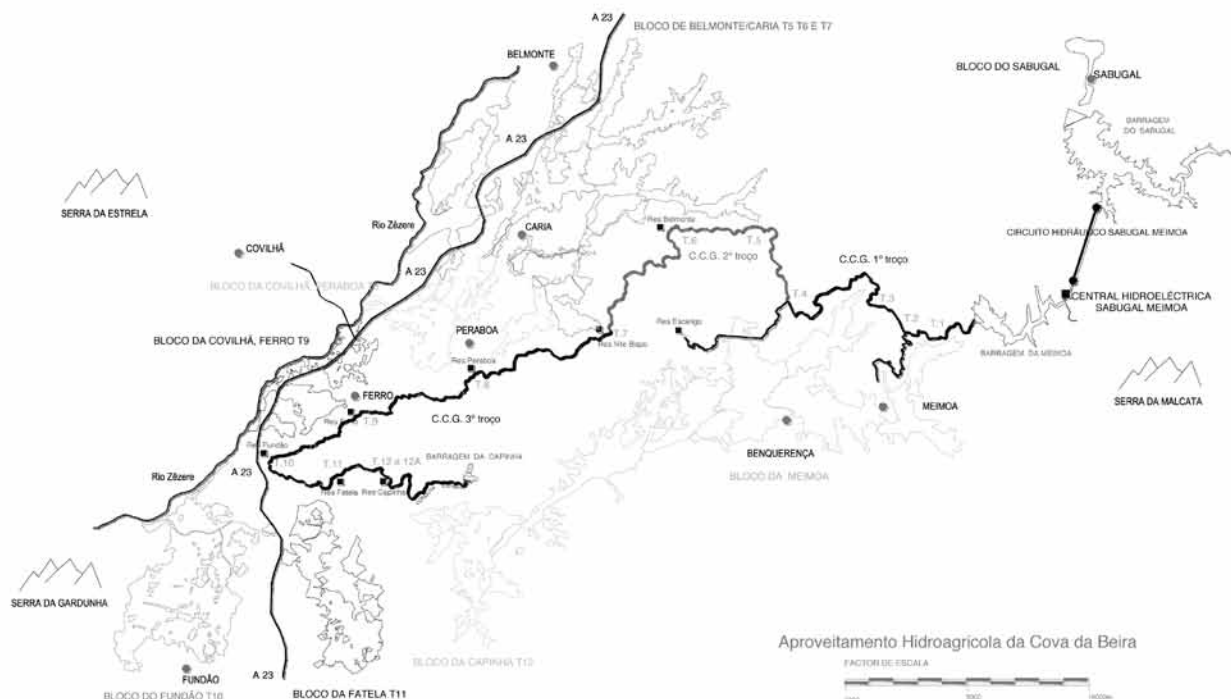


Figura 1 – Esquema geral do Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira.

3.1. Rega

Dado que o CCG se encontra implantado à meia encosta, sobre a área que domina, tal permite regar por aspersão, com uma pressão mínima de 3,5 kgf/cm². Esta pressão é garantida de forma exclusivamente gravítica devido ao desnível existente entre o CCG e a área beneficiada.

3.2. Abastecimento público

O abastecimento público encontra-se a cargo da empresa Águas do Zêzere e do Côa, sendo abastecidos os concelhos do Sabugal, Almeida, Pinhel, do distrito da Guarda, e Penamacor, Belmonte e Fundão, do distrito de Castelo Branco, num total de 80 000 habitantes.

Para o efeito, esta empresa instalou captações nas barragens do Sabugal, da Meimoa e da Capinha.

3.3. Produção de energia eléctrica

A produção de energia eléctrica é efectuada na Central Hidroeléctrica Sabugal-Meimoa ou Central do Meimão, através da turbinagem dos volumes transferidos da barragem do Sabugal para a barragem da Meimoa.

4. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

4.1. Estruturas de armazenamento - Barragens do Sabugal e da Meimoa

As barragens do Sabugal e da Meimoa constituem as estruturas que permitem o armazenamento de recursos hídricos necessários para o Aproveitamento.

Quadro 1 – Características principais das barragens do Sabugal e da Meimoa.

CARACTERÍSTICAS DA ALBUFEIRA	SABUGAL	MEIMOA
Área inundada ao NPA	7320 x 1000 m ²	2220 x 1000 m ²
Capacidade total	114300 x 1000 m ³	40900 x 1000 m ³
Capacidade útil	10400 x 1000 m ³	27000 x 1000 m ³
Nível de pleno armazenamento (NPA)	[790,00]	[568,50]
Nível de máxima cheia (NMC)	[791,81]	[569,00]
Nível mínimo de exploração (Nme)	[774,00]	[547,00]
CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM	SABUGAL	MEIMOA
Aterro	Terra zonada	Terra zonada
Altura acima da fundação	58,5 m	56 m
Cota do coroamento	[794,00]	[571,50]
Comprimento do coroamento	1005 m	656 m
Volume de aterro	1894 x 1000 m ³	2500 x 1000 m ³



Figura 2 - Barragem do Sabugal, paramento de montante.



Figura 3 - Barragem do Sabugal, torre da tomada de água.



Figura 4 - Barragem do Sabugal, vista aérea durante a construção.



Figura 5 - Barragem do Sabugal, descarga de fundo.



Figura 6 - Barragem da Meimoa, paramento de montante.



Figura 7 - Barragem da Meimoa, vista da albufeira.

4. 2. Estrutura de transferência – Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa

O Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, destina-se à transferência de água da albufeira do Sabugal (bacia hidrográfica do Douro) para a albufeira da Meimoa (bacia hidrográfica do Tejo), vencendo um desnível de cerca de 220 m. A infra-estrutura tem uma extensão aproximada de 5,1 km. As estruturas de montante e jusante estão localizadas nos concelhos do Sabugal e de Penamacor, respectivamente.

A obra é essencialmente constituída por:

- uma tomada de água, que dispõe de 12 entradas equipadas com grades finas e comportas de maré, dimensionada para um caudal de 8,00 m³/s;
- uma conduta de betão de 2,50 m de diâmetro, com 360 m de comprimento;
- uma torre de manobra com 30 m de altura, equipada com uma comporta vagão;

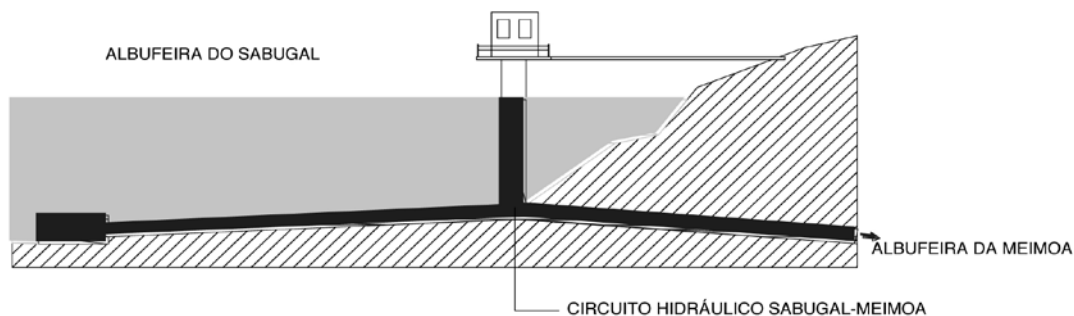


Figura 8 – Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, representação da estrutura ambiental.

- um túnel de derivação, de secção circular de 3 m de diâmetro e 4122 m de extensão, incluindo uma chaminé de equilíbrio, a cerca de 93 m a montante do emboquilhamento de jusante, com 5 m de diâmetro e 48 m de altura;
- uma conduta forçada de aço, com diâmetro variável entre 1,60 e 1,20 m e 556 m de desenvolvimento, apoiada sobre 34 berços e seis maciços de ancoragem nos vértices.



Figura 9 - Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, conduta forçada.



Figura 10 - Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, válvula de jacto oco.



Figura 11 - Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, chaminé de equilíbrio.



Figura 12 - Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, estrutura ambiental.

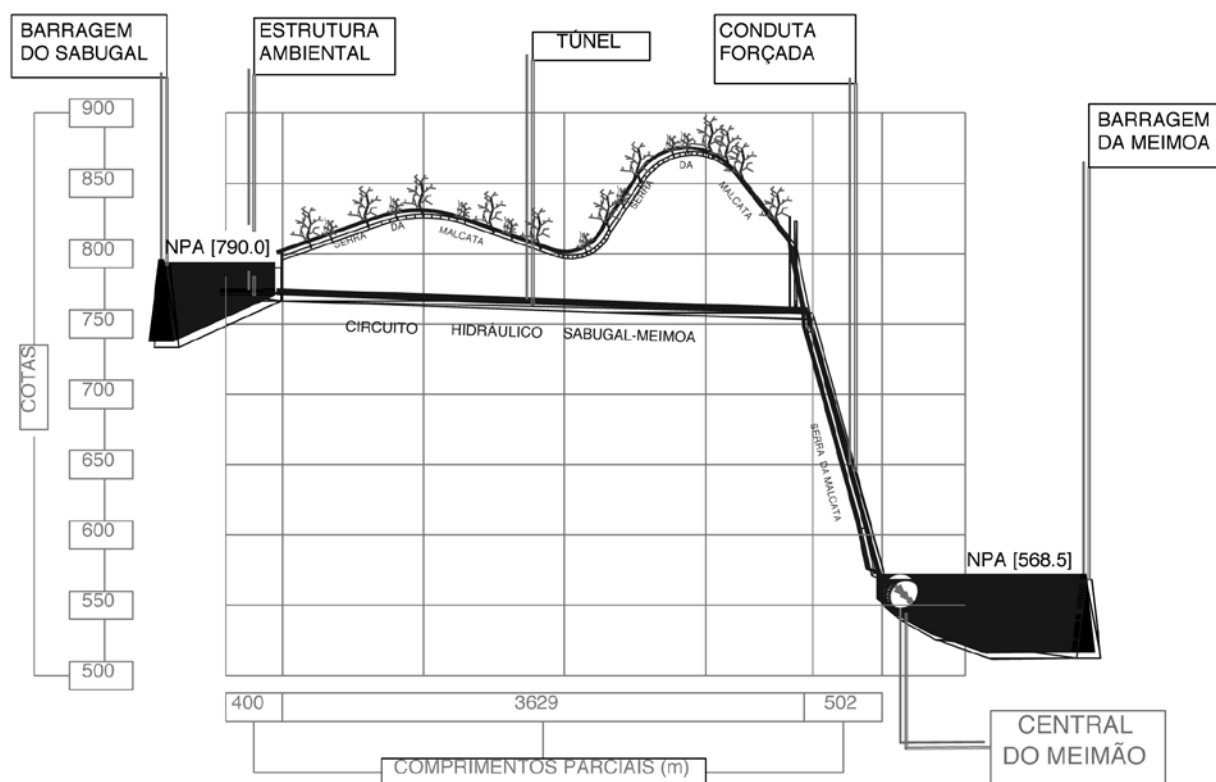


Figura 13 - Circuito Hidráulico Sabugal-Meimão.

4. 3. Estrutura de produção de energia eléctrica – Central do Meimão

A central hidroeléctrica do Meimão situa-se na extremidade de jusante do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimão, na proximidade da aldeia do Meimão destinando-se a aproveitar a queda bruta disponível que varia entre 205,5 e 221,5 m.

A central hidroeléctrica que, por razões de licenciamento, tem actualmente a potência máxima limitada a 6 MVA, é constituída por um grupo gerador de eixo horizontal, composto por uma turbina e alternador síncrono, trifásico. A turbina do tipo Francis, horizontal dupla ou simples, é dimensionada para um caudal nominal de 4 m³/s, sob uma queda bruta de 214,5 m. A potência nominal do grupo é de 5 643 kW, 5 643 kVA, correspondente a 6 MVA no transformador.



Figura 14 – Central do Meimão, vista da central e da conduta forçada.



Figura 15 - Central do Meimão, turbina.



Figura 16 – Central do Meimão, alternador.



Figura 17 – Central do Meimão, edifício e válvula de jacto oco.

4. 4. Estrutura de transporte primário

O CCG tem início na tomada de água da barragem da Meimoa, destinando-se a abastecer as tomadas de água, quer das estruturas de compensação, quer das derivações directas para as redes secundárias de rega.

O caudal de dimensionamento do CCG varia entre 9,40 e 3 m³/s. A secção corrente é trapezoidal, existindo troços com secções especiais cobertas, em túneis e em sifões invertidos. A extensão total do canal é de 55,4 km.

Com origem na tomada T4 do CCG tem inicio o canal do Escarigo com um desenvolvimento de 6,20 km terminando na barragem do Escarigo.



Figura 18 – CCG – tomada T0.



Figura 19 – CCG.



Figura 20 – CCG, vista aérea.



Figura 21 – CCG, vista aérea.



Figura 22 – Canal condutor geral

4. 5. Estruturas de compensação

4. 5. 1. Canal da Meimoa (T2)

É um canal reservatório, com bermas de nível e 5 km de desenvolvimento, estando dimensionado para o transporte de um caudal de 0,789 m³/s.

Abastece as condutas C2.1 e C2.2 da rede secundária de rega, podendo fazer a compensação de caudais para a área que lhes corresponde.

4. 5. 2. Barragem do Escarigo (T4.3), Monte do Bispo (T7) e Capinha

A barragem do Escarigo fica na extremidade de jusante do canal do Escarigo, abastecendo directamente o sub-bloco C4.3 do bloco da Meimoa.

A barragem de Monte do Bispo situa-se junto à tomada T7, abastecendo o sub-bloco de Caria.

A barragem da Capinha constitui a estrutura de compensação terminal do CCG, destinando-se apenas ao abastecimento público.

Quadro 2 – Características principais das barragens do Escarigo, Monte do Bispo e Capinha.

CARACTERÍSTICAS DA ALBUFEIRA	ESCARIGO	MONTE DO BISPO	CAPINHA
Área inundada ao NPA	97,0 x 1000 m ²	19 x 1000 m ²	97 x 1000 m ²
Capacidade total	92,0 x 1000 m ³	70 x 1000 m ³	522 x 1000 m ³
Capacidade útil	85,4 x 1000 m ³	50 x 1000 m ³	340 x 1000 m ³
Nível de pleno armazenamento (NPA)	[537,50]	[530,20]	[502,50]
Nível de máxima cheia (NMC)	[538,35]	[530,90]	[503,30]
Nível mínimo de exploração (Nme)	[532,20]	[526,00]	[498,00]
CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM			
Aterro	Terra zonada	Terra homogénea	Terra homogénea
Altura acima da fundação	14,0 m	19 m	18 m
Cota do coroamento	[539,50]	[532,00]	[505,00]
Comprimento do coroamento	110 m	286 m	231 m
Volume de aterro	20,8 x 1000 m ³	110,5*1000 m ³	82,0*1000 m ³

4.5.3. Reservatórios de Belmonte (T6), Peraboa (T8), Ferro (T9), Fundão (T10), Fatela (T11) e Capinha (T12)

Os reservatórios de Belmonte, Peraboa, Ferro, Fundão, Fatela e Capinha são semi-escavados, com revestimento interior em geomembrana de PEAD, sendo constituídos, cada um deles por uma estrutura de entrada, tomada de água para rega equipada com um sistema de filtração por tamisador e uma descarga de fundo. A supervisão e automatização da manobra dos equipamentos hidromecânicos faz-se a partir da sala de comando.

Quadro 3 – Características principais dos reservatórios de Belmonte, Peraboa, Ferro, Fundão Fatela e Capinha.

Reservatório	Belmonte (T6)	Peraboa (T8)	Ferro (T9)	Fundão (T10)	Fatela (T11)	Capinha (T12)
Nível de pleno armazenamento (NPA)	[538,0]	[534,9]	[507,5]	[531,8]	[525,0]	[529,4]
Nível mínimo de exploração (NmE)	[534,0]	[530,0]	[503,0]	[527,3]	[520,3]	[524,7]
Cota do fundo	[533,6]	[529,7]		[526,8]	[520,0]	[524,4]
Capacidade para o NPA (m ³)	42,6 x 10 ³	36,6 x 10 ³	23,0 x 10 ³	34,0 x 10 ³	17,2 x 10 ³	25,7 x 10 ³
Revestimento taludes interiores e fundo	Geomembrana PEAD [2 mm de espessura]					
Sistema de drenagem interno	Drenos Ø 110 e 200 mm					
Volume de escavação (m ³)	14799	13032	m ³	37841	47 878	9 540
Volume de aterro (m ³)	73481	38834	m ³	17674	12 395	31 591
Sistema de filtração	Tamisador de banda					
Tipo	Entrada central					
Malha	1,5 mm					
Caudal dimensionamento (m ³ /s)	1,91	1,10	0,80	2,1	1,40	1,01

4.6. Estruturas de distribuição secundárias de rega

Os blocos do Sabugal, Meimoa, Belmonte e Caria, Covilhã, Fundão, Fatela e Capinha, beneficiam, no seu conjunto, uma área total de 12360 ha repartida por 7 blocos de rega:

Quadro 4 – Características principais das redes secundárias de rega.

BLOCO	TOMADAS DE ÁGUA	ÁREA (ha)	EXTENSÃO DE CONDUTAS (m)
SABUGAL		121,5	11 000
MEIMOA	T1, T2.1, T2.2, T3, T4.1, T4.2, T4.3	3 400,0	120 000
BELMONTE E CARIA	T5	265,0	11 630
	T6	1 555,0	73 846
	T7	1 357,0	47 161
COVILHÃ	(T8) PERABOA	973,0	36 210
	(T9) FERRO	670,0	66 642
FUNDÃO	T10	2 021,0	64 600
FATELA	T11	1 133,5	35 800
CAPINHA	T12	864,0	32 300
	TOTAL	12 360,0	462 979

- O bloco do Sabugal está individualizado das restantes infra-estruturas de distribuição situando-se a jusante da Barragem do Sabugal, ao longo do rio Côa, estendendo-se em redor da cidade do Sabugal.
- O bloco da Meimoa situa-se, de nascente para poente, entre a povoação da Meimoa e da Capinha, respectivamente dos concelhos de Penamacor e do Fundão. Desenvolve-se ao longo da maior parte do percurso da ribeira da Meimoa
- É constituído por 7 sub-blocos, nomeadamente C1, C2.1, C2.2, C3, C4.1, C4.2 e C4.3, localizando-se os seis primeiros no Concelho de Penamacor e o último no concelho do Fundão.
- O bloco de Belmonte e Caria situa-se, de nascente para poente, entre a povoação do Castelleiro e o rio Zêzere, repartidos pelos concelhos de Sabugal, Belmonte e Covilhã.
- O bloco da Covilhã, situa-se entre o CCG e o Rio Zêzere, sendo sub-dividido em dois sub-blocos: Peraboa e Ferro. Beneficia áreas das freguesias da Peraboa e do Ferro.
- O bloco do Fundão desenvolve-se a oeste da cidade do Fundão entre as povoações de Alcaria, Telhado e a cidade do Fundão, até à A23.
- O bloco da Fatela é limitado a oeste pela A23, a este pelo bloco da Capinha, estendendo-se até à povoação de Alcaide e Fatela.
- O bloco da Capinha situa-se na extremidade do CCG, desenvolve-se entre a povoação da Capinha e a dos Enxames, ao longo da ribeira da Meimoa.

As redes secundárias de rega, à excepção do bloco da Meimoa, encontram-se dotadas de sistemas de automatização e telegestão via rádio, centralizados no edifício sede da entidade gestora do Aproveitamento.



Figura 23 – Rede primária..



Figura 24 – Rede secundária de rega, hidrante.



Figura 25 – Rede secundária de rega, estação de filtragem em pressão.



Figura 26 – Rede secundária de rega, tamizador.

5. INVESTIMENTOS REALIZADOS

Em termos de investimentos históricos realizados em projectos e obras, concluídos ou em curso, no Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira devem ser retidos os seguintes valores:

Quadro 5 – Investimentos realizados no AHCB.

INVESTIMENTOS HISTÓRICOS	(euros)
1990 - 2008 (DGADR, INAG)	245.031.413
2008 - 2013 (DGADR)	88.800.000

6. EVOLUÇÃO DA ÁREA REGADA

A área regada evoluiu de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6 – Evolução da área regada.

CULTURAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2008	2009	2010	2011	2012	
MILHO	30	122	170	244	272	247	484	494	591	642	670	675	598	619	590	483	786	777			
PRADO	19	61	87	92	104	119	271	271	246	329	296	325	308	307	308	281	425	449			
POMAR	0	0	0	0	0	0	61	61	72	93	145	221	120	150	146	63	345	337			
OUTRAS CULTURAS	12	54	73	174	101	95	212	286	226	248	287	312	501	509	521	378	844	912			
ÁREA REGADA TOTAL	61	237	330	510	477	461	1.028	1.112	1.135	1.312	1.398	1.533	1.527	1.585	1.565	1.204	2.399	2.474	0		
DENTRO DO AHCB												1.270	1.248	1.311	1.283	1.043	2.027	2.062			
REGANTES PRECÁRIOS												263	279	274	282	161	373	412			
ÁREA EQUIPADA TOTAL	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	6.699	6.699	8.342	12.360	
BLOCO MEIMOA	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	3.400	
BLOCO DE BELMONTE E CARIA																		3.177	3.177	3.177	3.177
BLOCO DA COVILHÃ																			1.643	1.643	
BLOCO DO SABUGAL																		122	122	122	122
BLOCOS FUNDÃO FATELA E CAPINHA																					4.019

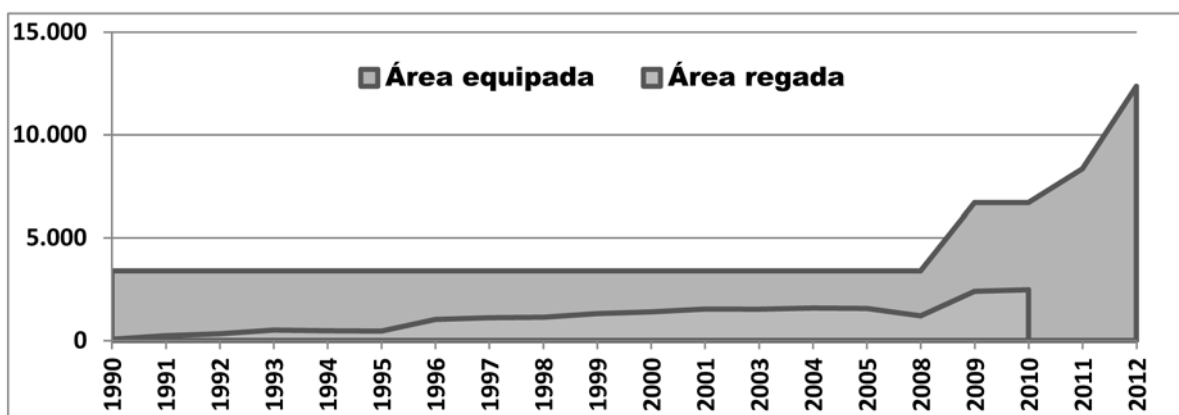


Figura 27 - Evolução da área regada.

Considerando que os blocos de rega apresentam características muito diferenciadas no que respeita à estrutura fundiária e às características sócio-económicas dos beneficiários, verifica-se, pela análise da evolução da área regada, que a adesão ao regadio no bloco da Meimoa, foi reduzida e que a adesão nos novos blocos que entraram em funcionamento tem sido aceitável.

De acordo com diversos estudos realizados, entende-se que a fraca adesão no bloco da Meimoa se deve à estrutura de minifúndio existente, à idade elevada dos beneficiários, conjuntamente com o fenómeno da imigração da década de 70, à não reconversão da cultura do olival de sequeiro para novas culturas de regadio, à não existência de hábitos e técnicas de regadio e à baixa capacidade de uso dos solos associada a baixas produtividades.

Tal conduz a que haja muitos terrenos abandonados e que não tenham tido êxito os processos de emparcelamento desenvolvidos pelo Estado.

As explorações agrícolas nos blocos mais recentes apresentam características fundiárias mais favoráveis, sendo detidas por beneficiários com maior iniciativa empresarial pelo que têm apresentado maior adesão, nomeadamente naquelas em que já eram utilizadas práticas de regadio.

7. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A pressão mínima de distribuição de 3,5 kgf/cm² é garantida graviticamente, sem que haja lugar a qualquer sistema de elevação suplementar, permitindo que os custos energéticos de exploração do aproveitamento sejam apenas os que advém das infra-estruturas de regulação e de controlo das barragens, dos canais, das redes secundárias (estações de filtragem, postos retransmissores, etc) e das instalações de apoio.

No entanto, dado que os equipamentos se situam em pontos remotos, o abastecimento tem que ser efectuado com recurso a linhas de média tensão e respectivos postos de transformação.

Quadro 7 – Pontos de entrega de energia eléctrica necessários para funcionamento do AHCB.

ESTRUTURAS PRIMÁRIAS	ALIMENTAÇÃO	ESTRUTURAS DEPENDENTES	POTÊNCIA (Kva)
BARRAGEM SABUGAL	PT AÉREO	comportas	
CIRCUITO HIDRÁULICO MONTANTE	PT AÉREO	comportas	100
CIRCUITO HIDRÁULICO JUSANTE	PT AÉREO	válvulas	25
CENTRAL MEIMÃO	PT	central	25
T0	PT AÉREO	módulos	
T2 CANAL DA MEIMOA	PT AÉREO	limpa grelhas	25
1º SIFÃO VALE SRª PÓVOA	PT AÉREO	limpa grelhas	25
2º SIFÃO VALE SRª PÓVOA	PT AÉREO	limpa grelhas	25
SIFÃO CASTELEIRO	BT	limpa grelhas	20,7
T5	BT	tamisador de tambor	20,7
T6 (RES BELMONTE)	PT AÉREO	limpa grelhas+tamisador+comportas	50
T7 (MONTE DO BISPO)	PT AÉREO	comportas+estação filtragem	50
ER 10 INTERMEDIA	BT	comportas	20,7
T8 (PERABOIA)	PT AÉREO	comportas+limpa grelhas	25
T9 (FERRO)	BT	comportas+limpa grelhas	20,7
T10 (RES FUNDÃO)	BT	comportas+limpa grelhas	20,7
T11 (RES FATELA)	PT AÉREO	comportas+limpa grelhas	25
T12 (RES CAPINHA)	BT	comportas+limpa grelhas	20,7
OUTRAS ESTRUTURAS			
SERRA BOA ESPERANÇA	BT	telegestão	6,9
FILTROS ANASCER	BT	módulos	6,9
QTA ANASCER	PT	quinta	50
QTA LAMAÇAIS	PT	telegestão	

Aquando da entrada em funcionamento da totalidade dos blocos de rega do AHCB, estima-se que os custos energéticos ascendam a cerca de 20.000 euros/ano, custos estes que serão equilibrados pela receita de energia da Central do Meimão.

As condições altamente favoráveis em termos de eficiência energética, permitem que os custos cobrados pela distribuição de água sejam os mais baixos praticados em Portugal para a agricultura.

8. CONCLUSÕES

O Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira é de fins múltiplos, beneficiando directamente uma área importante da Beira Interior, através da introdução de novas tecnologias de regadio, da melhoria das condições das explorações agrícolas e do abastecimento público.

Por via indirecta, serão promovidas actividades complementares à agricultura, ao desenvolvimento rural para fixação das populações.

Não havendo lugar à elevação dos recursos hídricos para abastecimento do regadio, o Aproveitamento apresenta, no entanto, consumos importantes de energia eléctrica para accionamento dos equipamentos, compensados pela produção própria de energia.

BIBLIOGRAFIA

COBA (2002) - Projecto de execução do 2º troço do canal condutor geral e da barragem de Monte do Bispo do AHCB;

COBA (2004) - Projecto de execução do 3º troço do canal condutor geral do AHCB;

HIDROPROJECTO (2004) - Projecto de execução das redes secundárias de rega, caminhos e enxugo do bloco de Belmonte do AHCB;

HIDROPROJECTO (2007) - Projecto de execução das redes secundárias de rega, caminhos e enxugo dos blocos do Fundão, Fatela e Capinha do AHCB;

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO BAIXO MONDEGO

Actualidade e desafios futuros

José FERREIRA dos SANTOS¹

Vítor FREITAS²

RESUMO

O Baixo Mondego corresponde a uma extensa planície aluvionar, atravessada longitudinalmente pelo maior rio totalmente nacional, de maior bacia hidrográfica e de maior escoamento anual médio.

O Perímetro de Rega do Baixo Mondego é constituído pelo Vale Central do rio Mondego entre as cidades de Coimbra e Figueira da Foz e pelos vales secundários dos afluentes do rio Mondego neste mesmo troço, perfazendo uma área total de cerca de 12.300 Ha.

O desenvolvimento deste Aproveitamento Hidroagrícola, que se iniciou na década de 1970, tem decorrido em paralelo com o Aproveitamento Hidráulico do Mondego, cujo objectivo principal é, na zona de regadio, a protecção das povoações relativamente às cheias.

O Aproveitamento Hidráulico do Mondego, de responsabilidade do Ministério do Ambiente, engloba: as barragens e açudes; a regularização do rio, com os respectivos diques, o Canal Conductor Geral e o Canal de Lares; as redes primárias de enxugo e os Leitões Periféricos (protecção da zona regada relativamente à entrada de águas exteriores).

O Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego inclui as infra-estruturas secundárias de rega, de drenagem e viárias, e é da responsabilidade do Ministério da Agricultura. As obras foram precedidas, de estudos de cartografia e física de solos, toalha freática, salinidade, experimentação agrícola, agro-economia.

No Vale do Mondego já se pratica agricultura de regadio há muitos anos. Para alterar as historicamente muito difíceis e deficientes condições de exploração do Vale, tem sido realizado um conjunto de obras de engenharia rural – de abastecimento de água de rega, de enxugo dos terrenos agrícolas, de um sistema de acessos rodoviários –, bem como a execução de uma sustentada reestruturação da propriedade rústica.

Palavras-chave: Redes de rega, viária e drenagem, emparcelamento.

¹ Eng^o Agrónomo, ABOFHBM, Director Delegado, Quinhendros, Montemor-o-Velho, abbaixomondego@mail.telepac.pt

² Eng^o Agrónomo, DGADR, Lisboa, vfreitas@dgadr.pt

1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

O Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego (adiante designado por AHBM) situa-se na região da Beira Litoral e corresponde a uma extensa planície de origem aluvionar, entre as cidades de Coimbra e Figueira da Foz e aos vales secundários que entroncam neste troço do rio — rios Cernache, Ega, Arunca e Pranto, na margem esquerda, e Ançã e Foja na margem direita – e que perfaz uma área de aproximadamente 12 300 Ha.

Administrativamente, o AHBM está disperso por cinco concelhos do distrito de Coimbra – Montemor-o-Velho, Figueira da Foz, Coimbra, Soure e Condeixa-a-Nova – e pelo concelho de Pombal, no distrito de Leiria. Trata-se de uma zona onde se pratica agricultura de regadio há muitos anos, embora em condições bastante adversas, simbolicamente retratadas na figura apresentada aqui ao lado.

As intervenções que têm sido realizadas tiveram como principal objectivo o desenvolvimento agrícola da região, através da execução de um conjunto de obras de dois tipos:

- Primárias – regularização fluvial, defesa contra as cheias, rede primária de enxugo e Canal Condutor Geral;
- Secundárias – redes secundárias de rega, de drenagem e viárias, associadas às operações de emparcelamento.

As obras primárias (que englobam o designado Aproveitamento Hidráulico do Mondego) foram, desde o início, de responsabilidade do Ministério do Ambiente. As obras secundárias têm sido de responsabilidade do Ministério da Agricultura.

Os dois ministérios mantêm desde os anos de 1970 equipas no local para desenvolver estes dois projectos.

No que respeita à componente do Ministério da Agricultura e após uma fase preparatória, de estudos de base cartográficos, pedológicos, agronómicos, económicos, hidrológicos e hidráulicos do AHBM, procedeu-se à divisão do Perímetro de Rega em blocos hidráulicos, conforme se apresenta no **Quadro 1**. Essa divisão serviu de base à intervenção da equipa do **Projecto Hidroagrícola do Baixo Mondego**, que contudo, não chegou a planear ou projectar obra para os vales secundários.

Como se pode verificar no Quadro 1, o Baixo Mondego abrange uma superfície agrícola útil (S.A.U.) de 12.286 ha, em que o vale principal ocupa cerca de 7.178 ha (58,4%), enquanto os vales secundários somam 5.108 ha (41,6%).

Nesta área existiam antes do início das obras cerca de 6.500 explorações agrícolas, a que correspondiam aproximadamente 35 mil prédios.



Figura 1 - Semeador nos anos 50.

Quadro 1 – Aproveitamento H. do Baixo Mondego — divisão inicial em blocos hidráulicos

Vale Principal	Zona de Montante	Margem Direita	Bloco nº 18 — Bolão	345 ha
			Bloco nº 17 — S. Martinho e S. João	696 ha
			Bloco nº 15 — S. Silvestre e S. Martinho da Árvore	726 ha
			Bloco n.º 14 - Tentúgal	700 ha
			Bloco nº 13a — Meãs do Campo	593 ha
			Bloco nº 13 — Carapinheira	722 ha
			Bloco nº 10 — Alfarelos	482 ha
		Margem Esquerda	Bloco nº 16 — Margem Esquerda Vale Central	465 ha
	Zona Intermédia	Margem Direita	Bloco nº 8 — Montemor e Ereira	868 ha
			Bloco nº 6 — Maiorca	510 ha
	Zona de Jusante	Margem Direita	Bloco nº 3 — Quada/Lares	380 ha
		Margem Esquerda	Bloco nº 4 — Moinho do Almoxarife	344 ha
			Bloco n.º 1 - Quinta do Canal	347 ha
	Sub-Total			
Vales Secundários	Zona de Montante	Margem Direita	Bloco nº 17a — Ançã/ S. Facundo	173 ha
		Margem Esquerda	Bloco nº 12 — Ega e Arzila	720 ha
	Zona Central	Margem Direita	Bloco nº 7 — Foja	767 ha
		Margem Esquerda	Bloco nº 11 — Arunca	1.384 ha
	Zona de Jusante	Margem Esquerda	Bloco nº 2 — Pranto (jusante)	1.282 ha
			Bloca nº 5 — Pranto (montante)	782 ha
	Sub-Total			
Total				12.286 ha

A Figura 2 retrata a situação actual no que respeita à execução do projecto inicial. A área a lilás corresponde aos blocos equipados mas sem reestruturação fundiária; a área a verde corresponde aos blocos equipados e com reestruturação fundiária; a área a azul corresponde aos blocos em fase de concurso e a área a preto corresponde aos blocos sem obra e ainda sem expectativas. Com o equipamento dos três blocos hidráulicos que estão em concurso, ultrapassa-se 50 % da área a equipar.

As infra-estruturas primárias do vale principal encontram-se quase concluídas. Falta a execução do Leito Periférico Esquerdo e a regulação do Canal Condutor Geral. Nos vales secundários, e em termos de obras primárias, apenas se começou e interrompeu a regularização do rio Arunca.

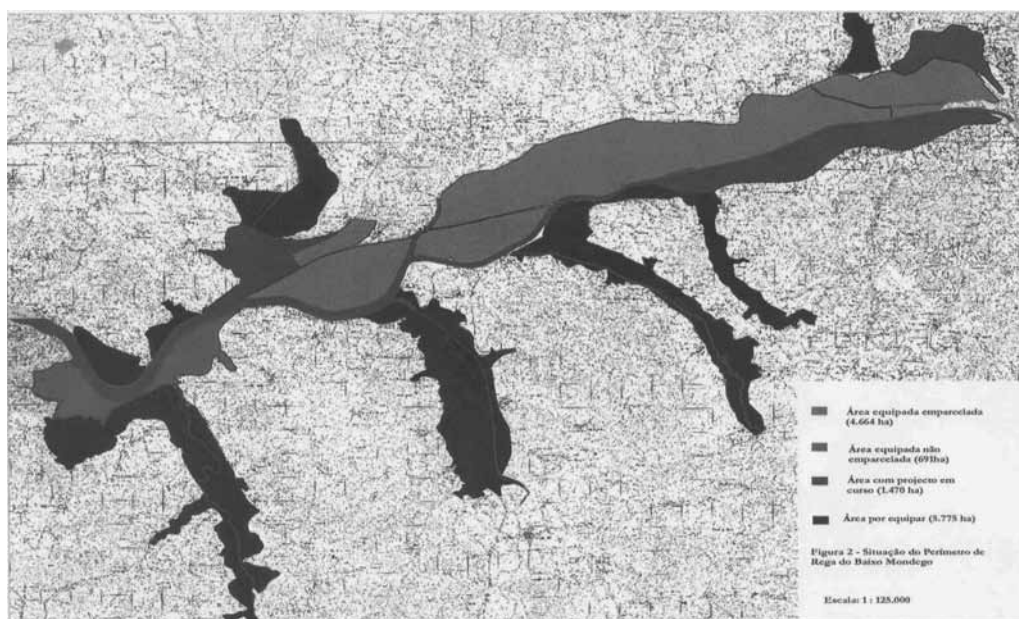


Figura 2 - Planta Geral do AH do Baixo Mondego.

2. OBJECTIVOS DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA

O AHBM foi delineado visando a reconversão das culturas agrícolas, o decréscimo no consumo de meios de produção, a generalização das novas tecnologias visando a intensificação e aumento da produção, o acréscimo da produtividade, bem como a criação de novos empregos no sector primário.

Estes objectivos têm vindo a ser concretizados através de diversas acções, nomeadamente:

- a implementação de um sistema de rega e drenagem;
- a realização do emparcelamento da propriedade;
- a reconversão cultural, tendo sido originalmente definidas três zonas de rega: blocos de montante, blocos centrais e blocos de jusante.

Embora todo o Baixo Mondego pudesse considerar-se como área de regadio, antes da execução das infra-estruturas hidroagrícolas, a rega processava-se em condições muito deficientes e difíceis ao longo de todo o vale.

Apesar de dotado de um elevado potencial produtivo agrícola, o AHBM deparava-se com factores de estrangulamento, dos quais merecem relevância especial:

- cheias violentas e frequentes, sujeitando o vale a inundações prolongadas e a um processo de assoreamento continuado;
- acentuada variabilidade sazonal e anual de caudais;
- elevadas taxas de deposição de material sólido de arrastamento, atingindo valores médios de cerca de 20 mm/ano;
- rede de drenagem agrícola bastante incipiente e muito pouco funcional,
- rede de rega insuficiente e degradada,
- rede viária quase inexistente, dificultando o acesso às explorações agrícolas;
- estrutura fundiária desordenada e dispersa, com inúmeros prédios, com grandes diferenças de tamanho e forma.

Face aos anteriores factores, as obras primárias construídas no Aproveitamento Hidráulico

do Mondego tiveram como objectivos essenciais: o controlo dos caudais sólidos e líquidos do rio e seus afluentes, a regularização fluvial a defesa contra as cheias, a condução de água de rega e o enxugo.

Em relação à reconversão de culturas, ela foi bastante polémica no início e condicionou mesmo o dimensionamento de obras primárias, como o Canal Condutor Geral. Com o tempo, os beneficiários têm vindo a praticar as culturas que mais lhes interessam. Uma imagem do Baixo Mondego que certamente fica na retina de quem visita é o mosaico de culturas associado a uma reestruturação fundiária bastante geométrica.

3. SOLOS

Na área abrangida pelo aproveitamento hidroagrícola predominam os solos provenientes de aluviões recentes de origem fluvial, assentes em alguns casos sobre substratos de origem marinha.

Os solos são predominantemente de textura franco-limosa a montante e franco-argilo-limosa a jusante de Montemor-o-Velho.

4. FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água para a rega, fins industriais, produção de energia eléctrica e abastecimento às populações, provém das albufeiras das barragens da Aguieira e de Fronhas:

A barragem da Aguieira, situa-se no rio Mondego, no local da Aguieira, no concelho de Penacova.

A barragem de Fronhas, situa-se no rio Alva, no concelho de Arganil.

Estas duas barragens, além dos objectivos enunciados, servem também para regularização de caudais e minimização de cheias. O Açude da Raiva serve de contra-embalse à Aguieira.

No Quadro 2 estão indicadas as principais características das barragens de Aguieira, e Fronhas e do Açude da Raiva e das respectivas albufeiras.

Quadro 2 - Principais Características das Barragens da Aguieira e Fronhas e Açude da Raiva e das Respectivas Albufeiras

	Aguieira	Raiva	Fronhas
BARRAGEM			
Tipo	Arcos múltiplos	Gravidade	Arco e Abóbada
Altura máxima acima do leito	89,0 m	36,0 m	62,0 m
Desenvolvimento do coroamento	400,0 m	200,0 m	250,0 m
ALBUFEIRA			
área inundada	2.000 ha	230 ha	535 ha
cota do N.P.A.	125,0 m	61,5 m	134,0 m
cota do N.M.C.	126,0 m	64,5 m	140,0 m
capacidade total	429,15 hm ³	24,11 hm ³	62,10 hm ³
capacidade útil	178,15 hm ³	14,71 hm ³	42,50 hm ³
capacidade morta	251,00 hm ³	9,40 hm ³	19,60 hm ³

O Açude-ponte de Coimbra, localizado em Coimbra, tem por finalidade derivar a água para o Canal Condutor Geral para assegurar o abastecimento de água para a rega e outros usos.

No Quadro 3 estão indicadas as principais características do açude-ponte de Coimbra, bem como da respectiva albufeira.

Quadro 3 – Principais Características do açude-ponte de Coimbra e da Respectiva Albufeira

AÇUDE-PONTE DE COIMBRA	
. tipo	gravidade
. altura máxima do coroamento	20,2 m
. desenvolvimento do coroamento	202,1 m
. largura do coroamento	4,2 m
ALBUFEIRA	
. cota do N.P.A.	18,0 m
. cota do N.M.C	19,0 m
. capacidade útil	1,60 hm ³

5. INFRA-ESTRUTURAS SECUNDÁRIAS

5.1. Rede Secundária de Rega

Excluindo os dois blocos iniciais, que não tiveram emparcelamento, e o bloco de S. Martinho, que tem uma rede secundária em média pressão, os restantes blocos têm rede secundária em baixa pressão, e o seu traçado integrou-se na delimitação das unidades estruturais de emparcelamento.

Uma unidade estrutural de emparcelamento é delimitada por um caminho agrícola de um lado, que permite o acesso aos prédios, e por uma vala de drenagem do lado oposto, que drena todos os prédios ou lotes. Os lotes de emparcelamento são delimitados entre estas duas infra-estruturas. A rede de rega é colocada ao lado do caminho agrícola, no limite dos lotes.

A rede secundária de cada bloco é composta por várias regadeiras independentes entre si e cada uma ligada ao Canal Condutor Geral (ou ao Canal da Quinta do Canal). Cada regadeira é constituída por um ramal principal e vários ramais derivados. Cada ramal derivado tem um comprimento até 1000 m e serve duas massas de emparcelamento, uma do lado do caminho agrícola em que é implantada a conduta e a outra do lado oposto (ver Figura). As regadeiras existentes têm até oito ramais derivados.

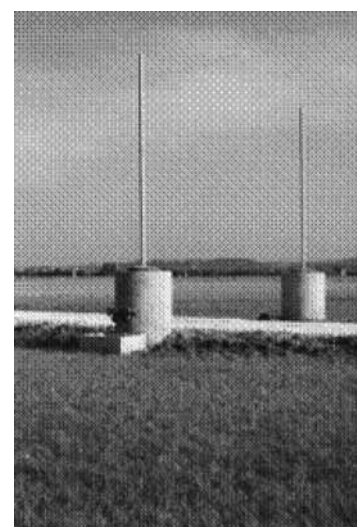


Figura 3 - Tomadas de água.

As regadeiras recebem a água graviticamente do Canal Condutor Geral, que foi construído no dique de protecção do rio, e que se situa entre 1 a 5 m acima do nível dos terrenos regados. A rede secundária funciona com essa carga hidráulica.

As regadeiras são constituídas por tubos em fibrocimento, enterrados, e por caixas de tomada de água em betão.

Nos primeiros blocos a serem equipados (os dois sem emparcelamento) construíram-se regadeiras com regulação do caudal em superfície livre.

As tomadas de água eram relativamente baixas e o caudal era controlado por adufas de superfície. Nas derivações do ramal principal havia regulação em superfície livre conjugada com a regulação por adufas de fundo. (Repare-se na figura ao lado, em que se vê um tomada de água inicial que já foi acrescentada na sua parte superior, para que não transborde na situação hidrostática. Nesta tomada de água a adufa inicial também foi substituída por uma válvula de tanque.)



Figura 4 - Tomada de água alteada.

Esta solução teve uma primeira evolução que foi no sentido de se construírem caixas fechadas para as tomadas de água (ou com o topo superior à cota piezométrica hidrostática), substituir as adufas de superfície por válvulas de tanque e colocar um tubo de respiro nas tomadas de água.

Os tubos de respiro são colocados com a cota superior ligeiramente acima da cota máxima da superfície da água no canal em situação hidrostática. Desta forma, quando se fecham as válvulas o escoamento pára e não é preciso ir fechar a tomada de água da regadeira no Canal.

A derivação do ramal principal para os secundários continuou (e continua) a ser feita através de um adufa de superfície conjugada com uma adufa de funda. Uma vez que o caudal escoado numa ramificação da regadeira depende da posição altimétrica das tomadas de água abertas, seria necessário em rigor conhecer as tomadas abertas em cada momento para saber a posição das adufas de fundo e de superfície na derivação.

Na figura ao lado a caixa da direita está sobre o ramal principal e é nesta que está instalada uma válvula de fundo de que se vê o fuso de manobra. A caixa da esquerda está no ramal secundário. Entre as duas existe uma caleira (nota-se a parte inferior junto à tampa encostada à caixa), dentro da qual existe uma adufa de superfície.



Figura 5 - Tomadas de água.

A rede secundária de rega construída até esta data e que já está em exploração tem um desenvolvimento total de aproximadamente de 205 869 m, abrangendo uma área beneficiada de cerca de 5 478 ha (resultando uma densidade de aproximadamente 38 m/ha).

5.2 Rede de Drenagem

A rede de drenagem é formada por um conjunto de valas a céu aberto, não revestidas, de secção trapezoidal que visam a evacuação das águas em excesso e o controlo limitado dos níveis freáticos.

O dimensionamento desta rede de drenagem foi definido de acordo com os seguintes critérios de drenagem: o escoamento de um caudal udométrico de 2,5 l/s/ha e a manutenção de um plano de água com uma profundidade máxima de 0,60 m.

Para cada bloco hidroagrícola, o traçado da rede de drenagem assume um papel estruturante, pois permite definir o seu delineamento geométrico, onde se inserirem as outras redes, a de caminhos e a de rega.

5.3. Rede Viária do AHBM

A concepção da rede viária assentou num duplo objectivo:

- Possibilitar o acesso a todos os prédios ou parcelas, em cada Bloco (caminhos agrícolas ou secundários);
- Fazer a ligação deste tipo de caminhos com os núcleos populacionais confinantes (caminhos rurais ou principais).

A implantação procurou ligar as povoações onde se radicam os centros de lavoura com as explorações agrícolas, adequando distâncias médias de transporte e racionalizando os trabalhos da maquinaria agrícola.



Figura 6 - Rede Viária.

Procurou-se que houvesse facilidade de acesso a todos os prédios, a partir de todo e qualquer local. Hoje em dia verifica-se que esse critério, que era perfeitamente justificado e louvável, levou à construção de um espaço demasiado aberto, de cada vez mais difícil gestão.

6. EMPARCELAMENTO RURAL NO AHBM

O emparcelamento rural tem vindo a ser uma lufada de ar fresco na realidade agrícola do Baixo Mondego. Antes, fruto do grande apego dos agricultores às suas pequenas leiras, foi razão de grande contestação. Depois, mercê da nova perspectiva que o trabalho efectuado deu aos agricultores, tem sido o principal foco de reivindicação dos agricultores das zonas ainda não abrangidas.

Valendo uma imagem mais que mil palavras, optou-se por explicar o emparcelamento com duas Figuras.

A primeira das duas Figuras (Figura 7) é uma foto obtida da sede da Associação, que mostra, para além de uma bela paisagem, a geometria da estrutura fundiária actual. Na parte inferior da imagem vê-se uma vala de drenagem. Paralela a essa vala vê-se um caminho agrícola e algumas tomadas de água. Ao fundo, na foto, percebe-se a existência de outra vala de drenagem, junto ao antigo rio Mondego.

A segunda imagem (Figura 8) retrata a mesma zona, numa fase mais inicial da campanha agrícola, a fase das sementeiras. Sobre esta fotografia foi colocada a antiga estrutura fundiária desta zona.

Pelo reticulado percebe-se que as tarefas agrícolas eram uma autêntica prova de corrida com barreiras (se nos permitem a metáfora), que o agricultor representado no início do texto teria de

vencer. Por contraste, talvez se possa ter uma ideia dos tempos que eram consumidos nas diversas operações. Com aqueles prédios não era possível a utilização do tractor, nem da ceifeira-debulhadora, tudo tinha de ser feito manualmente (a sementeira, os tratamentos, a ceifa).



Figura 7 - Estrutura fundiária actual.



Figura 8 - Estrutura fundiária original.

A área emparcelada actualmente no AHBM situa-se totalmente no vale central, e ascende a 4.632 ha, distribuídos pelos blocos hidráulicos conforme se apresenta no **Quadro 4**. Representa um grande sucesso a nível nacional.

O número de proprietários não sofre grandes modificações com o processo de emparcelamento (um ou outro abandono voluntário, pouco mais). O que realmente sofre uma modificação significativa é o número de prédios.

No conjunto havia na área destes blocos 10.940 prédios antes do emparcelamento, que se transformaram em 3.927. Em média, cada prédio actual englobou 2,8 prédios da situação anterior.

Os benefícios mais sentidos com a reestruturação fundiária no Baixo Mondego são os seguintes:

- Aumento da dimensão das explorações agrícolas, quer pela concentração das diversas parcelas de cada proprietário, quer pela incorporação de terrenos da reserva de terras;
- Aumento da produtividade do trabalho, diminuição dos custos de produção, menores custos de transporte, utilização mais racional dos meios de mecanização e de mão-de-obra, aplicação mais adequada dos bens de produção;
- Resolução de alguns conflitos de ordem social e patrimonial (servidões, encraves, acesso a águas, estremas).

Quadro 4 – Número de proprietários e de prédios nos blocos emparceladas do AHBM

Bloco	Situação	Nº de proprietários	Nº de prédios
S.Martinho/S.João	Antes	481	1.883
	Depois	480	513
Tentúgal	Antes	739	2.063
	Depois	737	767
Meãs do Campo	Antes	529	537
	Depois	529	368
S. Silvestre	Antes	597	1.590
	Depois	596	734
Carapinheira	Antes	625	2.152
	Depois	624	684
Montemor/Ereira	Antes	409	1.565
	Depois	407	446
Alfarelos	Antes	312	1.150
	Depois	309	415

7. A GESTÃO ACTUAL DO APROVEITAMENTO

O Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego está a ser gerido pela Associação de Beneficiários da Obra de Fomento Hidroagrícola do Baixo Mondego (criada em 1989) ao abrigo do contrato de concessão assinado com a Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.

Como se disse no início, já existia regadio precário na área onde foi decidido construir este aproveitamento. Nas zonas que ainda não foram objecto de obras nem de emparcelamento, esse regadio precário continua a funcionar, com todas as dificuldades que são conhecidas.

Tendo sido criada para gerir todo o aproveitamento após a conclusão das obras, a Associação não se podia alhear da situação dos agricultores que desenvolvem a sua actividade em zonas ainda sem obra.

Assim, a Associação é responsável actualmente pela gestão das seguintes áreas:

- Perímetro de rega equipado – 5.226 ha;
- Regadio precário do Vale do Pranto – 1.413 ha;
- Regadio precário do Vale do Arunca – 1.111 ha;
- Regadio precário de Maiorca-Foja – 872 ha.

Na globalidade, a Associação tem a seu cargo uma área total de aproximadamente 8.620 ha, sendo 61 % de área já equipada e 39% de regadio precário.

Apesar de terem sido criados procedimentos diferentes na gestão de cada uma destas áreas, afigura-se que as zonas de regadio precário são insustentáveis a médio prazo. Desde logo pelas condições de exploração dos terrenos. A **Figura 9** é relativamente recente (ao contrário da Figura 1) e foi obtida na zona de Regadio precário do Vale do Pranto. As canas que se vêem correspondem a limites de prédios agrícolas, de que nem se percebe bem a configuração. Estas condições eram as que existiam há 30 anos na zona agora equipada. Mas co-existem actualmente paredes meias com essa zona equipada.



Figura 9 - Bloco sem emparcelamento.

Estas zonas de regadio precário foram outrora geridas por associações de proprietários, tuteladas pela Direcção Hidráulica do Mondego. Este organismo foi extinto e o Estado não implementou uma nova forma de organização, tendo as associações de proprietários procurado (e obtido) a ajuda da Associação de Beneficiários.

Tudo isto está baseado em boas vontades e é de difícil enquadramento legal. Não havendo obra e nas condições actuais, esta situação não é sustentável por muito tempo.

8. OBRAS A EXECUTAR

8.1 – Bloco 16 – Margem Esquerda

Situa-se na parte montante do Vale Central na margem esquerda do rio Mondego, com a área de 465 ha, abrangendo prédios situados nas freguesias de Ribeira de Frades, Taveiro, Ameal e Arzila, do concelho de Coimbra, e nas freguesias de Tentúgal e Pereira do Campo, do concelho de Montemor-o-Velho.

O bloco é limitado a Norte pelo rio Mondego, a Sul pela vala do Sul, a Nascente pela estrada do Porto da Ribeira e a Poente pela confluência da vala nova do Paul de Arzila no Rio Mondego.

Este bloco de rega tem um sistema de rega precário dependente de uma vala com origem junto ao Açude de Coimbra, não revestida, e com uma extensão de aproximadamente 14 Km, o que implica grandes perdas de água.

Principais intervenções: Adutor e canal

Redes de rega, drenagem e viária

Recuperação paisagística

Adaptação ao regadio

Emparcelamento (458 ha)

Monitorização da qualidade da água

Custo estimado: 20,3 M euros

8.2 – Bloco 6 – Maiorca

Inserido integralmente no Concelho da Figueira da Foz e localizado na zona intermédia do Vale Central (margem direita) é limitado a Sul pelo próprio Rio Mondego.

Com uma área de 510 ha e com uma ocupação cultural essencialmente orizícola, apresenta um elevado grau de fragmentação da propriedade, sendo a irrigação dos canteiros de arroz efectuada com a água proveniente de várias origens, nomeadamente: leito do rio Mondego e do rio Foja, sendo este último o principal canal de abastecimento. A drenagem dos canteiros também é feita pelo rio Foja, o que levanta sérias dificuldades de gestão. A descarga para o rio Mondego é feita graviticamente na Estação Elevatória do Enxugo de Foja, a qual funciona igualmente como protecção contra a entrada, no rio Foja, das águas salobras do estuário do Mondego.

Principais intervenções:

Redes de rega, drenagem;

Adutor (parte terminal) e bacia de recepção;

Recuperação paisagística;

Adaptação ao regadio;

Emparcelamento;

Monitorização da qualidade da água;

Custo estimado: 11,02 M euros.



Figura 10 - Rede drenagem.



Figura 11 - Estação de Bombagem de Foja.

8.3 – Bloco 18 – Bolão

O Bloco do Bolão tem uma área de cerca de 345 ha e localiza-se nas freguesias de Antuzede, Santa Cruz e Trouxemil, do concelho de Coimbra, na margem direita da zona de montante do vale principal do Baixo Mondego. É limitado a norte, nascente e poente pelo Leito Periférico Direito e a sul pelo Rio Velho (leito abandonado do Rio Mondego).

As explorações agrícolas são predominantemente do tipo familiar com áreas agrícolas muito reduzidas. O sistema actual de rega, precário de base individual e que não abrange toda a área do bloco, faz-se a partir do Leito Periférico Direito.

Principais intervenções:

- Adutor e canal;
- Redes de rega, drenagem e viária;
- Recuperação paisagística;
- Adaptação ao regadio;
- Emparcelamento;
- Monitorização da qualidade da água;
- Custo estimado: 7,9 M euros.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao submeter esta comunicação às Jornadas Técnicas da APRH pretendeu-se apresentar uma imagem actual do Baixo Mondego, através dos aspectos mais relevantes deste aproveitamento, como sejam:

- O longo período da sua implementação;
- A reestruturação fundiária levada a cabo;
- A evolução no projecto das infra-estruturas secundárias de rega;
- A evolução do ambiente agrícola despoletada pelas obras.

Não se trata propriamente de tirar conclusões, uma vez que a conclusão mais importante seria a das obras e essa extravasa claramente o âmbito desta comunicação.

Podem, contudo, ser apresentadas as seguintes considerações finais.

- O longo período de implementação do Aproveitamento Hidroagrícola gerou desigualdades sócio-económicas de grande relevo na região do Baixo Mondego, que se reflectem em bastante maior dinamismo na zona com obra;
- A reestruturação fundiária foi a pedra de toque para o êxito do Aproveitamento Hidroagrícola (da parte já implementada, obviamente);
- A rede secundária de rega em baixa pressão é um exemplo de que o caminho se faz caminhando, continuando a necessitar de um modelo teórico de funcionamento, mas cumprindo razoavelmente o seu objectivo.

BIBLIOGRAFIA

DIRECÇÃO GERAL DE AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL (2008). “Novos Investimentos para a Valorização de Áreas de Regadio”.

DIRECÇÃO GERAL DE AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL (2010). “Contrato de Concessão das Obras do Baixo Mondego”.

DIRECÇÃO GERAL DE AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL (2009) “Aproveitamentos Hidroagrícolas do Grupo II, em Exploração. Elementos estatísticos 1986-2008”.

PLANO NACIONAL DIRECTOR DE IRRIGAÇÃO DE ANGOLA.

Uma síntese dos estudos

José, HONRADO¹

Francisco, MARTINS²

Maria João, CALEJO³

Hermenegildo Keane, DOS SANTOS⁴

Jorge Manuel, DAVID⁵

RESUMO

O Plano Nacional Director de Irrigação de Angola (PLANIRRIGA) constitui-se como um plano de apoio ao desenvolvimento nacional e regional de Angola, podendo ser encarado como um instrumento de acção e gestão cuja configuração final se pretende clara e tecnicamente sustentada. O processo de elaboração do Plano Nacional Director seguiu uma sequência de várias etapas, articuladas e interligadas que foram desenvolvidas num contexto normativo e institucional. A planificação e a programação das medidas e acções do PLANIRRIGA apoiaram-se fundamentalmente na informação existente, de natureza pluridisciplinar e com a maior abrangência possível no que se refere à sua base física e territorial.

Para o desenvolvimento do trabalho, o território de Angola foi dividido em 11 regiões hidrográficas, para as quais efectuaram-se, com auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), os estudos de caracterização e avaliação de recursos e potencialidades do meio físico e sócio-económico.

Posteriormente procedeu-se à avaliação das terras com aptidão para o regadio e à zonagem agrícola das áreas com potencial para irrigação. Identificaram-se, ao nível do País, cerca de 7,5 milhões de hectares com um potencial elevado. Segundo os estudos efectuados, a regularização dos escoamentos, num cenário medianamente conservativo, possibilita a irrigação de uma área potencial máxima de 5 milhões de hectares.

Após o estabelecimento genérico das infra-estruturas tipo necessárias para o equipamento das áreas identificadas com potencial para o regadio bem como o respectivo custo, elaboraram-se os estudos de pré-viabilidade que incluíram a estimativa do custo da água. Paralelamente, foi tido em conta o enquadramento institucional e legal aplicável.

Palavras-Chave: Plano Nacional Director de Irrigação, Objectivos, Recursos, Medidas, Avaliação

¹ Eng^o Agrónomo, MSc, Chefe do Núcleo de Hidráulica Internacional da COBA S.A., Lisboa, Portugal, jh@coba.pt

² Eng^o Agrónomo, Director da Sucursal de Angola da COBA S.A., Luanda, Angola, fjm@coba.pt

³ Eng^o Agrónoma, PhD, COBA S.A., Lisboa, Portugal, mjc@coba.pt

⁴ Eng.^o Agrónomo, Director Nacional, Direcção Nacional de Hidráulica e de Engenharia Rural (DNHAER), Luanda, Angola, netkeane@mixmail.com

⁵ Eng.^o Hidráulico, Chefe de Departamento de Empreendimentos Agrícolas, DNHAER, Luanda, Angola, jorge_david_02@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os objectivos gerais do PLANIRRIGA assentam sobretudo na sua contribuição para o desenvolvimento económico e social, mediante a sustentabilidade da actividade agrícola de irrigação; constituição de um plano de apoio ao desenvolvimento regional e nacional possibilitando o desenvolvimento da agricultura no país, com particular relevância para as regiões que se encontram em situações mais desfavoráveis sob o ponto de vista económico; e no fornecimento de um instrumento de acção e gestão, que indique as grandes linhas de acção, devidamente fundadas sob o ponto de vista técnico, económico e ambiental, a adoptar no contexto do desenvolvimento sustentado da agricultura irrigada em cada uma das regiões hidrográficas delimitadas no território de Angola.

No Plano Nacional Director de Irrigação apresentam-se medidas e acções a desenvolver no âmbito do sector da hidráulica agrícola em todo o território angolano, apoiado em estudos de base relativos à caracterização dos diferentes recursos e avaliação das suas potencialidades direccionando para irrigação as áreas com interesse agrícola identificadas no território angolano, integrando as necessárias actividades de análise, ordenamento e zonagem bem como a identificação, acompanhada da quantificação possível, dos impactes previsivelmente gerados e resultados obtidos.

Para o desenvolvimento do trabalho, o território de Angola foi dividido em 11 regiões hidrográficas (RH), constituindo cada uma unidade de análise geográfica e espacial. Ao nível de cada unidade, os objectos de investigação são: 1) antigos colonatos, também designados actualmente por Núcleos de Povoamento Agrário (NPA), 2) aproveitamentos hidráulicos existentes e 3) área irrigada difusa.

Ao nível de cada RH foram efectuados estudos em diferentes escalas e vertentes, como a caracterização e avaliação de recursos e potencialidades do meio físico e sócio-económico, incluindo a avaliação de terras com aptidão para irrigação e a zonagem edafo-climática das culturas.

Posteriormente, e em função dos resultados obtidos, efectuou-se o respectivo ordenamento e zonagem agrícola das áreas cujo potencial de desenvolvimento da irrigação foi confirmado, substanciado na selecção das culturas que poderão constituir "fileiras de produção", na definição de modelos de exploração agrícola e utilização da terra, tendo em conta o tipo de agricultura a promover, "familiar" e/ou "empresarial", sendo que no PLANIRRIGA foi dado especial enfoque à agricultura empresarial.

Após o estabelecimento do planeamento agrícola foi efectuado o balanço disponibilidades-necessidades, tendo por base critérios de simulação da exploração dos recursos hídricos, o cálculo das necessidades de água e os estudos relativos à definição dos recursos hídricos mobilizáveis (superficiais, sub-superficiais e subterrâneos), quer em quantidade quer em qualidade, para desse modo e como resultado do balanço efectuado, se efectuar uma delimitação aproximada das áreas potenciais de irrigação, não excluindo a confirmação e/ou identificação de valias complementares potenciais (para produção de energia hidroeléctrica e outras).

Tendo sido genericamente estabelecidas as infra-estruturas necessárias para o equipamento das áreas identificadas com potencial para o regadio bem como o respectivo custo, passou-se aos estudos de pré-viabilidade com a ponderação dos seguintes critérios 1) Económicos e Financeiros, 2) Sociais, 3) Ambientais e 4) Outros (pedológicos, geomorfológicos, de localização, etc.). Paralelamente, foi tido em conta o Enquadramento Institucional e Administrativo aplicável.

Para os perímetros irrigados existentes foi elaborada uma ficha descritiva tão detalhada quanto possível, incluindo informações tais como: localização, clima, solos dominantes, origem de água, infra-estruturas, custos de investimento aproximados, potencialidades e objectivos. Esta actividade de identificação e caracterização geral dos perímetros irrigados de Angola contou com a preciosa colaboração de todas as Direcções Provinciais.

Na Figura seguinte apresenta-se, esquematicamente, a cadência das actividades principais desenvolvidas no PLANIRRIGA.

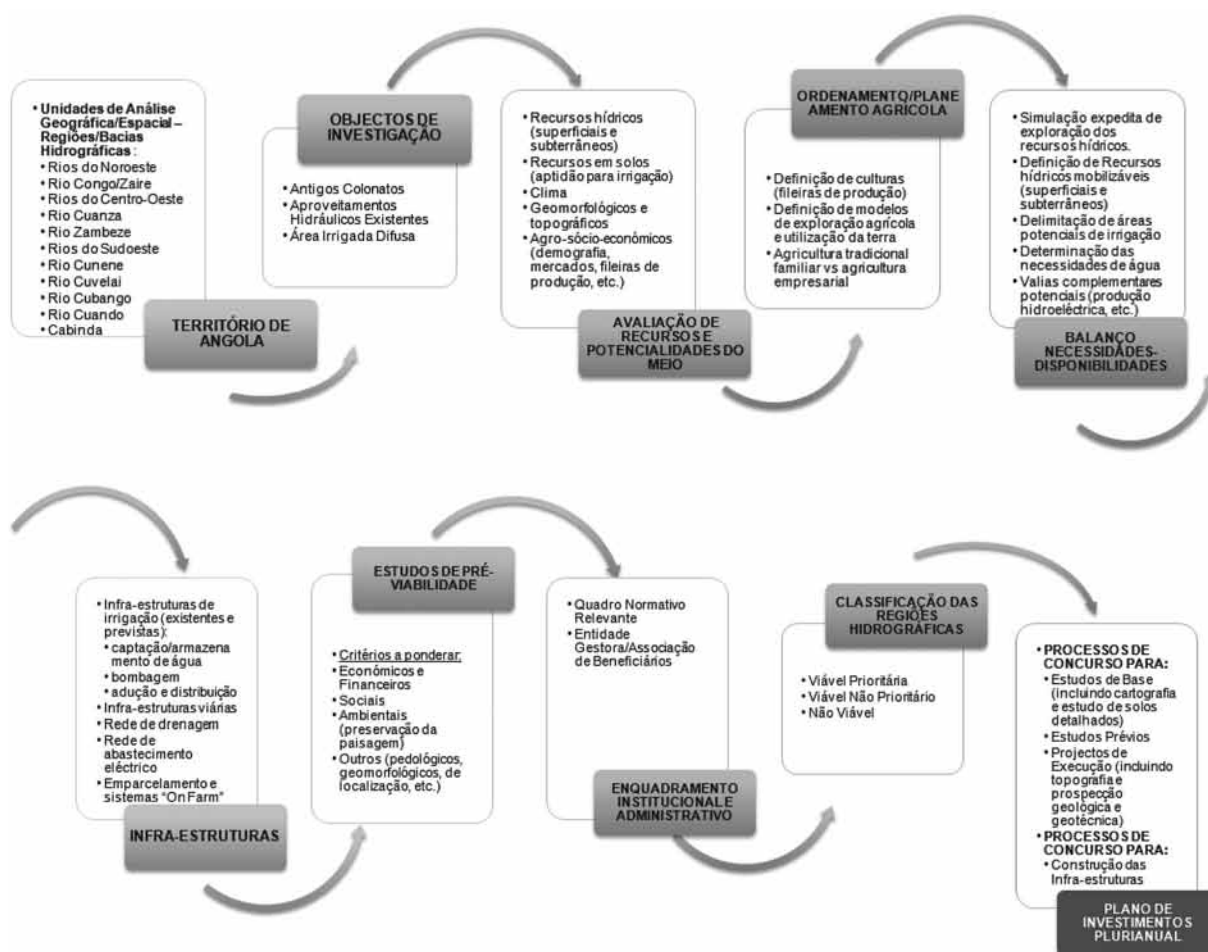


Figura 1 – Fluxo das actividades principais desenvolvidas no PLANIRRIGA.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS

2.1. Clima

A República de Angola, situada na costa ocidental da África Central, fica compreendida entre as coordenadas 4° 22' e 18° 2' de latitude Sul e 11° 41' e 24° 2' de longitude. O seu enquadramento geográfico, a sua morfologia e a corrente fria de Benguela são os três principais factores que condicionam as características climáticas do País. O clima é geralmente do tipo tropical, temperado pelo mar e pela altitude, mas varia consideravelmente dependendo da latitude.

A caracterização do clima foi efectuada com base nos dados das publicações Observações Meteorológicas de Superfície em Angola e Resultados das Observações Meteorológicas, ambas emitidas pelo Serviço Meteorológico de Angola – SMA. Os anuários editados pelo Serviço Meteorológico de Angola permitiram identificar um total de 355 estações, das quais apenas 262 dispõem de registos relativos a um período de 5 ou mais anos tendo os dados destas estações sido digitados e introduzidos numa base de dados (MsAccess). A partir do tratamento da informação das principais variáveis mensais climatológicas: temperatura máxima e mínima do ar, humidade relativa do ar, insolação, velocidade média do vento e a quantidade de precipitação, foi efectuada a caracterização do clima de Angola. Para além destas variáveis procedeu-se ao cálculo da evapotranspiração de

referência pela fórmula de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 1998) e pela fórmula de Hargreaves, do déficit potencial de água no solo, do número máximo de meses seguidos com déficit hídrico e do número total de meses seguidos com déficit hídrico.

Neste estudo efectuou-se a análise espacial dos vários indicadores e variáveis agrometeorológicas, tendo-se utilizado a metodologia de interpolação espacial designada por Kriging (COBA, 2008), com o objectivo de produzir cartografia temática relativa às principais variáveis climáticas com influência no regadio. Na Figura seguinte apresentam-se a título de exemplo alguns mapas com as isolinhas relativas a diversos parâmetros climáticos.

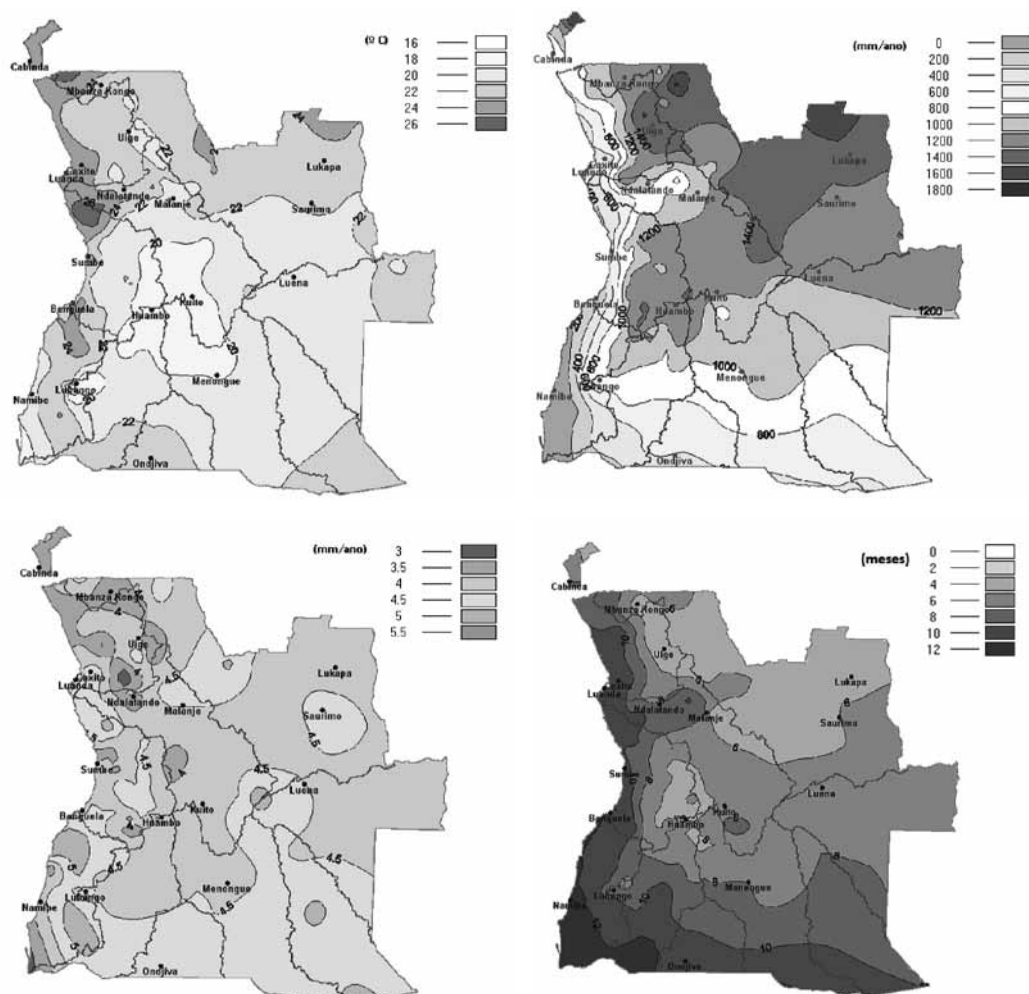


Figura 2- Mapa de isolinhas: a) temperatura média do ar; b) precipitação média anual; c) evapotranspiração de referência e d) número de meses com déficit hídrico.

A temperatura média anual mais elevada varia entre 24 e os 26 ° C e ocorre ao longo da faixa litorânea do Norte do País e na extremidade nordeste do País. As temperaturas médias anuais mais baixas variam entre os 16 e os 18°C e ocorrem na zona planáltica, coincidindo com o troço superior das regiões hidrográficas do Kwanza, do Centro-Oeste, do Cunene e do Cubango, e no deserto do Namibe. As precipitações atingem 1800 mm ou mais no interior de Cabinda e reduz-se rapidamente ao longo do litoral, caindo para menos de 100 mm no sul (Província do Namibe). As precipitações são superiores a 1500 mm nas partes mais altas das regiões montanhosas, especialmente nas províncias do Huambo, Lunda e Uíge. A estação húmida começa em Outubro termina em Maio. O número de meses com déficit hídrico varia entre o 4 na extremidade nordeste e os 12 meses na extremidade sudoeste.

2.2. Geomorfologia

A descrição da geologia, geomorfologia e litostratigrafia do território Angolano foi efectuada a partir da Notícia Explicativa da Carta Geológica à escala 1:1.000.000 (Serviço Geológico de Angola, 1992).

Ao nível da litostratigrafia, a caracterização foi efectuada para as diferentes épocas (Arcaico, Proterozóico e Fanerozóico) e períodos. Para as rochas magmáticas, ultrametamórficas e metasomáticas, as rochas intrusivas são divididas em complexos do Arcaico Precoce e Tardio, do Proterozóico Precoce e Tardio, Cretácicos, Cretácico-Paleogénicos indiferenciados e de idade não definida. Quanto à tectónica, definiram-se os seguintes grandes elementos tectónico-estruturais: estruturas do Proterozóico Precoce, estruturas da cobertura da plataforma, zonas de activação tectono-magmática da plataforma e perturbações tectónicas.

Devido às características específicas do relevo, o território do País é subdividido em duas partes: Ocidental e Oriental. Para a parte leste é característico o relevo de acumulação, enquanto na parte oeste predomina o relevo de denudação com intensos fenómenos de erosão actual (ver Figura seguinte).

- I. Parte Ocidental: 1 - Planalto Central; 2 - Cadeia de montanhas marginais de Angola; 3 - Planície do Maiombe com relevo pouco acidentado; 4 - Zona em cordilheira do Zenza - Loge; 5 - Planície ondulada do Kwanza - Longe; 6 - Planície fortemente dissecada do Cuango; 7 - Depressão de Cassanje; 8 - Depressão litoral.
- II. Parte Oriental: 9 - "plateau" da Lunda; 10 - Planície leste; 11 - Planície proluvionar do Cunene; 12 - Depressão de Cameia - Lumbate; 13 - Elevação do Alto Zambeze.
- III. Outras convenções: 14 - os mais importantes degraus formados por efeitos de tectónica e denudação; 15 - limite entre as partes oriental e ocidental.

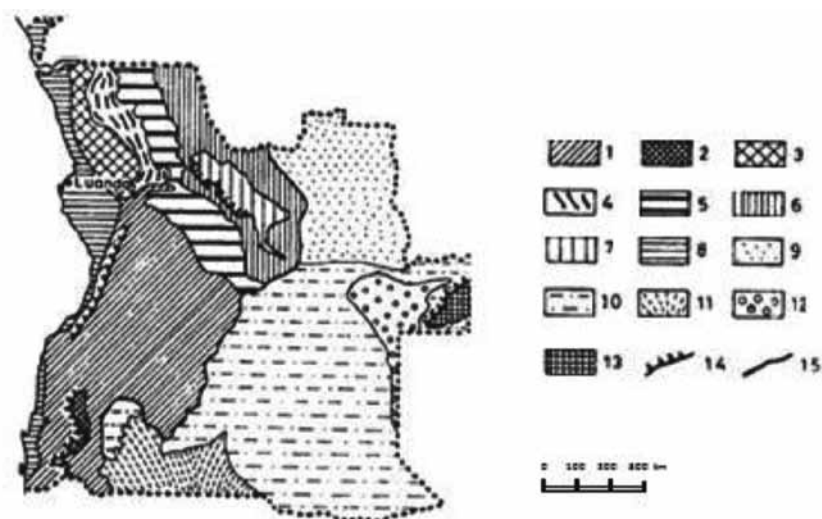


Figura 3 - Esboço das unidades geomorfológicas do território de Angola.

2.3. Recursos hídricos

2.3.1. Recursos hídricos de superfície

O aspecto mais determinante no que se refere à irrigação é a elevada variabilidade sazonal da precipitação e do escoamento. Em quase todo o País a precipitação nos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro é muito próxima ou igual a zero, gerando igualmente escoamentos muito bai-

xos ou nulos nestes meses. Nas bacias litorais mais a sul apenas ocorre algum escoamento nos meses de Fevereiro, Março e Abril, ficando os rios praticamente secos nos restantes meses do ano. Esta situação não ocorre nos rios Cunene, Cuvelai, Cubango e Cuando, que são rios permanentes, devido aos caudais gerados a montante; porém, os afluentes destes rios nos troços de jusante estão secos na maioria dos meses do ano.

A determinação dos escoamentos médios anuais foi efectuada utilizando a fórmula de Turc corrigida (COBA, 2010a), a qual faz recurso a precipitação e temperatura para a determinação do escoamento. Para a correcção e calibração da fórmula de Turc utilizaram-se dados de escoamento de 15 rios (M'Bridge, Chiumbe, Cunene, Keve, Kuelele, Catumbela, entre outros) (COBA, 2010a). Na Figura 4 apresenta-se o mapa escoamentos elaborado para todo o território de Angola no âmbito do PLANIRRIGA.

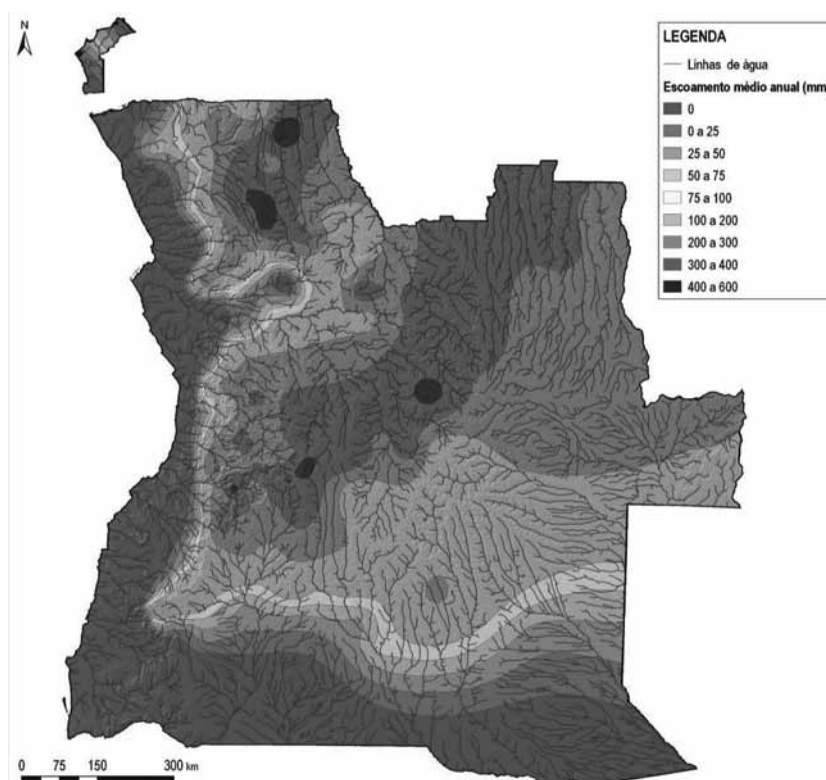


Figura 4 – Mapa de escoamentos

Na avaliação dos recursos hídricos subterrâneos foram descritas as principais formações aquíferas identificadas no território de Angola (aquíferos de permeabilidade intergranular, aquíferos descontínuos em rochas duras, aquíferos descontínuos em estruturas planares de rochas duras, aquíferos cárscicos e aquíferos sem continuidade geográfica), tendo sido elaborada uma carta hidrogeológica tendo por base o trabalho desenvolvido pela SIR M MACDONALD & PARTNERS/HIDROPROJECTO (1990). Na avaliação dos recursos subterrâneos procedeu-se ainda à análise das características dos furos construídos na província do Namibe, no Baixo e Alto Cunene (COBA, 2008).

2.4. Solos

Os estudos de classificação e cartografia dos solos iniciaram-se com a identificação das 287 publicações respeitantes essencialmente à caracterização, classificação e cartografia de solos, e ainda outras publicações contendo elementos de interesse para o conhecimento dos recursos em

massa crítica de procura provincial, essencial para a rendibilidade dos investimentos privados. A forte disparidade nos ritmos de crescimento dos residentes em meios urbanos e rurais é explicada pelo forte êxodo rural em busca de emprego e qualidade de vida que as cidades poderão proporcionar.

Outro aspecto demográfico importante respeita ao ritmo acelerado de crescimento médio anual da população, situado em torno dos 3%. Este valor resulta do grande diferencial entre as taxas brutas de natalidade e mortalidade, característico da primeira fase da transição demográfica. Esta taxa contrasta com a média africana ao sul do Sahara, onde o crescimento populacional se encontra em queda ligeira, situando-se em volta de 2,8% ao ano. A taxa bruta de natalidade tem rondado os 49‰, das mais elevadas em África, reflectindo a alta fecundidade, enquanto a taxa bruta de mortalidade apresenta uma tendência regressiva muito lenta, situando-se na fronteira dos 19‰.

Em termos de estrutura etária da população, o mais marcante é o predomínio da população jovem, a traduzir um processo de rejuvenescimento do efectivo populacional de Angola. A idade média terá diminuído de 23 para 20,7 anos entre 1970 e 2007, e a população com menos de 20 anos aproxima-se do nível impressionante dos 60%. A população masculina é ligeiramente inferior à feminina (razão de sexo de 49,5%).

As explorações agrícolas familiares são responsáveis por cerca de 80 % da produção agrícola, o produtor de dimensão média por cerca de 18% enquanto as explorações agrícolas por apenas 1% da produção.

2.6. Infra-estruturas existentes

A identificação e caracterização geral dos perímetros irrigados e dos Núcleos de Povoamento Agrário (NPA) foram efectuadas detalhadamente com base numa exaustiva pesquisa bibliográfica e em visitas a todas as Direcções Provinciais de Agricultura. No âmbito dos estudos realizados foram identificados 100 perímetros irrigados e 30 NPA

Os perímetros irrigados concentram-se fundamentalmente nas regiões hidrográficas do Cunene, Kwanza e Centro-Oeste e nas províncias situadas na faixa litorânea e sul de Angola.

Os NPA estão localizados fundamentalmente nas regiões hidrográficas do Noroeste, Kwanza, Centro-Oeste e Cunene, nas províncias situadas mais no interior do país. Foi elaborada, no âmbito do PLANIRRIGA, uma base de dados que foi integrada no Sistema de Informação Geográfica (COBA, 2010c).

3. AVALIAÇÃO DE TERRAS COM APTIDÃO PARA O REGADIO

A avaliação das terras para o regadio pressupõe uma classificação das mesmas em função da sua aptidão para esse tipo de uso. Para essa avaliação têm vindo a ser consagrados diversos sistemas de classificação dos quais os mais conhecidos são os Sistemas USDA Land Capability Classification (KLINGEBIEL e MONTGOMERY, 1996) e Land Evaluation (FAO, 1976). No primeiro sistema, a avaliação é feita de forma genérica, sendo as terras agrupadas de acordo com as suas limitações e potencialidades para uma agricultura sustentada, com base nas culturas mais generalizadas que não exigem condições e tecnologia muito específica. De certo modo, poderá ser considerado como um sistema de avaliação para tipos gerais de utilização (ex. terra arável, pastagens, floresta, etc.).

A FAO (1976) consagrou o conceito de Tipo ou Sistema de Utilização da Terra (TUT) e sugeriu que a avaliação fosse feita para um determinado TUT, podendo este ser definido a um nível mais genérico (ex. agricultura de regadio) ou a um nível mais particular (ex. cultura de milho em

Quadro 1 - Classes e ordens de aptidão para o regadio ao nível da Região Hidrográfica e do País

Região	Área (ha)	Área (ha)						
		I	II	III	IV	V	A	N
Cabinda	11725	0	9504	2208	13	0	11712	13
Centro-Oeste	1061832	76628	725016	159818	97258	3112	961462	100370
Cuando	422178	77401	218124	105545	0	21109	401069	21109
Cubango	365170	17210	268591	76507	1827	1036	362308	2863
Cunene	3054186	185514	2167384	604483	96694	111	2957381	96805
Cuvélai	574277	185304	206428	113432	69113	0	505164	69113
Kwanza	1546639	140538	965150	326177	109328	5445	1431866	114773
Noroeste	551145	61761	350574	96014	42796	0	508349	42796
Sudoeste	157394	22970	108895	18637	6891	0	150503	6891
Zaire	116665	3700	89678	14901	8386	0	108279	8386
Zambeze	32958	0	20431	8549	3978	0	28980	3978
	7894170	771026	5129776	1526271	436284	30813	7427073	467097

Aptos; N – Não Aptos

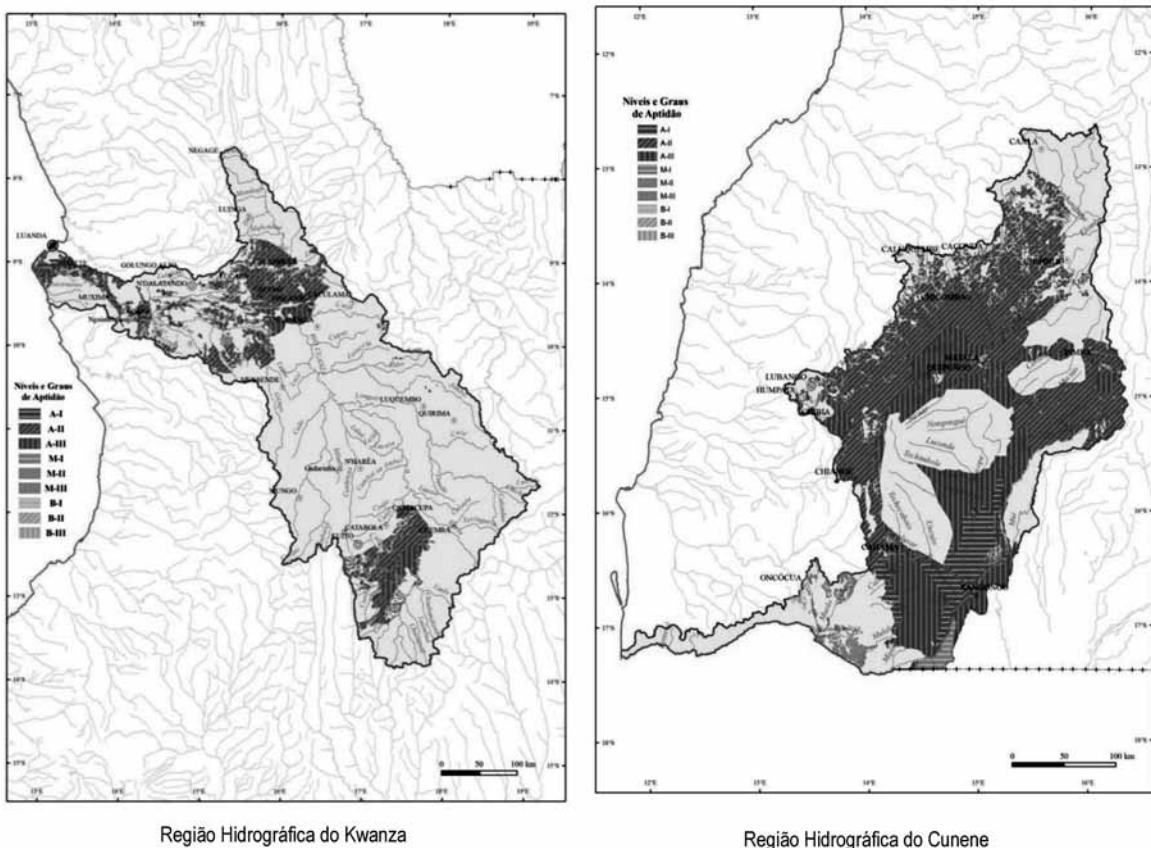


Figura 7 – Níveis e graus de aptidão das terras para o regadio.

4. ZONAGEM EDAFO-CLIMÁTICA DAS CULTURAS

Um processo de avaliação física das potencialidades agrárias de um determinado espaço territorial envolve a selecção de Tipos de Utilização da Terra (TUT), considerados potencialmente

promissores e a avaliação do grau de ajustamento entre as exigências agro-ecológicas dos TUT e as Qualidades da Terra, em especial as que são influenciadas pelas características do clima e do solo.

Na avaliação levada a efeito para o PLANIRRIGA foram seleccionadas 23 culturas, como potenciais tipos de utilização em regadio. Para cada TUT, identificaram-se respectivas exigências climáticas (SYS *et al.*, 1993) e relacionaram-se com as variáveis climáticas de Angola. O período de sementeira (mês) foi otimizado para cada região agrícola (DINIZ, 1973) através de um processo iterativo no qual o nível de condicionamento climático para a cultura em causa era minimizado. Os mapas da aptidão climática foram obtidos por interpolação dos valores do nível de condicionamento climático obtidos para as 208 estações seleccionadas. Paralelamente, quantificaram-se e/ou qualificaram-se as exigências edáficas dos mesmos TUT (SYS *et al.*, 1993; DINIZ, 1998; FAO, 2010) e subdividiu-se o espaço territorial de avaliação em unidades edáficas caracterizadas em termos de declive e de composição pedológica. Nestas unidades classificou-se a aptidão para cada um dos TUT e procedeu-se ao seu agrupamento em zonas de aptidão edáfica em função da natureza e da área ocupada pelas diversas classes de aptidão. Finalmente o cruzamento das unidades de aptidão climática com as unidades de aptidão edáfica, conduziu à identificação e à delimitação das zonas de aptidão edafo-climática para as culturas em avaliação Figura 8.

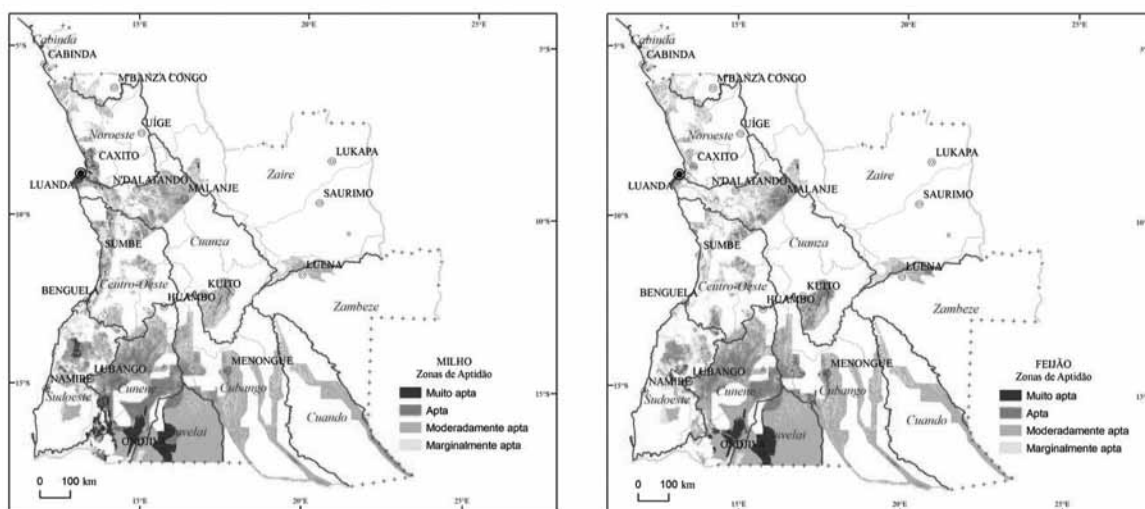


Figura 8 – Zonas de aptidão para as culturas de milho de feijão.

5. NECESSIDADES DE ÁGUA PARA REGA

A determinação das necessidades líquidas de água de rega para várias culturas foi efectuada a partir da simulação do balanço hídrico do solo de acordo com metodologia proposta por ALLEN *et al.* (1998). Para tal recorreu-se ao modelo ISAREG (TEIXEIRA e PEREIRA, 1992), o qual foi adaptado para poder ser aplicado a uma determinada região hidrográfica, a qual engloba um conjunto de estações climatológicas e várias combinações de solos. As necessidades de água das culturas foram utilizadas na determinação do consumo de água da agricultura, que foi tido em conta no balanço hídrico disponibilidades-necessidades. Na Figura 9 apresentam-se dois mapas de necessidades globais de rega obtidos por interpolação dos valores calculados em 208 postos climáticos.

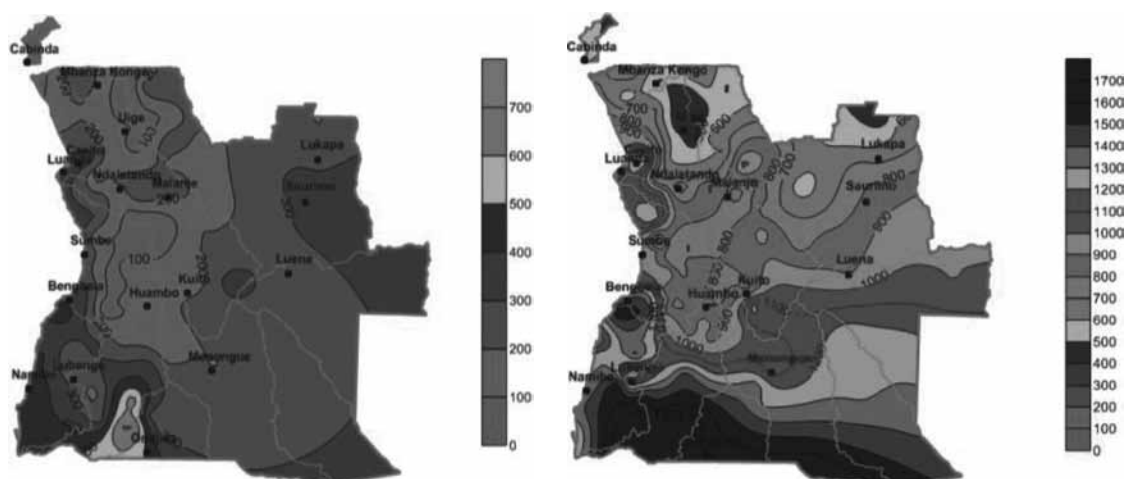


Figura 9 – Necessidades de água para rega.

6. AVALIAÇÃO DE DISPONIBILIDADES E NECESSIDADES HÍDRICAS

A elaboração do balanço hídrico disponibilidades–necessidades possibilita a comparação quantitativa dos recursos hídricos superficiais existentes em Angola com as necessidades potenciais de água estimadas para os diferentes fins.

As disponibilidades de água do país foram caracterizadas através da estimativa dos recursos hídricos superficiais e da sua distribuição no espaço e no tempo. Face aos objectivos do estudo, efectuou-se a análise da variação dos escoamentos ao longo do ano em cada secção de cálculo das regiões hidrográfica e estimaram-se as necessidades de regularização de caudais de modo a ser satisfeita a procura de água.

As necessidades de água no país foram estimadas para os vários potenciais utilizadores: abastecimento de água às populações para um horizonte de projecto de 2025 (DNA, 2005), pecuária, produção de energia eléctrica (SWECO, 2005) e necessidades ambientais, para além das necessidades para irrigação, propriamente ditas.

No que se refere às necessidades de água para a agricultura, foram definidos modelos de ocupação cultural de referência a partir das culturas das principais fileiras produtivas consideradas para cada região hidrográfica (COBA, 2010d). Os cenários previstos consideram uma intensificação cultural variável entre as regiões hidrográficas, de 120 a 150% para as fileiras dos cereais/oleaginosas e das hortícolas.

A área máxima irrigada para dado local foi obtida pela avaliação dos recursos hídricos superficiais disponíveis, estimados através do balanço disponibilidades/necessidades, considerando 3 cenários: Cenário 1 - regularização natural; Cenário 2 - regularização artificial com elevada garantia e Cenário 3 - regularização artificial com reduzida garantia (rácio disponibilidades/necessidades = 1.5). O Quadro 2 resume os resultados obtidos para os balanços disponibilidade/necessidades.

No Cenário 1 (regularização natural do escoamento) para uma garantia de 2 disponibilidades para 1 necessidade é possível irrigar, no máximo, uma área potencial de 3 065 246 ha em todo o território angolano. As regiões hidrográficas do Cuvelai e Sudoeste são as mais condicionadas no que respeita ao potencial para a irrigação, devido à escassez de recursos hídricos. A implementação de obras que possibilitem a regularização das águas superficiais permite um incremento no potencial hidroagrícola destas regiões.

Quadro 2 - Cenários de regularização do escoamento. Área máxima irrigada

Região Hidrográfica	Área irrigada (ha)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Noroeste	306 680	420 357	423 926
Zaire	283 225	328 700	330 062
Centro-Oeste	313 170	607 471	677 659
Kwanza	1 232 594	1 558 495	1 632 007
Zambeze	48 427	50 301	50 301
Sudoeste	28 780	53 952	62 342
Cunene	144 770	505 489	625 729
Cubango	484 000	1 010 523	1 150 840
Quando	170 000	409 005	426 275
Cuvelai	11 220	26 853	32 065
Cabinda	42 300	54 285	54 816
Totais	3 065 167	5 025 432	5 466 022

Para o Cenário 2, considerado o mais equilibrado/adequado, a regularização dos escoamentos possibilita um incremento de 1 960 265 ha, perfazendo uma área potencial máxima de 5 025 432 ha – este cenário é medianamente conservador. O Cenário 3, menos conservativo, é o que oferece menores garantias de suprimento das necessidades de água, registando contudo um acréscimo pouco significativo de área irrigada relativamente ao Cenário 2.

7. ASPECTOS AGRO-ECONÓMICOS

7.1. Sistemas de exploração e fileiras de produção em regadio

A Figura 10 apresenta de modo simplificado a metodologia e o caminho lógico seguidos nos estudos agro-económicos. Devido à escassez de informação de base (fundamentalmente os coeficientes técnicos e custos) as contas de cultura foram calculadas a partir sobretudo de situações geomorfológicas e climáticas comparáveis e para um nível tecnológico relativamente elevado. A adaptação regional a cada província e região hidrográfica foi depois efectuada para quatro indicadores: produtividade (t ha⁻¹), dotação de rega (m³ ha⁻¹), custo dos factores de produção e preços finais ao produtor.



Figura 10 - Diagrama lógico do PLANIRRIGA no que se refere ao estudo das fileiras de produção.

A distribuição regional das culturas e as orientações tomadas pelo Governo de Angola para o sector da agricultura permitiram construir uma proposta de ordenamento para as fileiras produtivas consideradas: cereais/oleaginosas; hortícolas, fruteiras, bovinos de carne e bovinos de leite. As conclusões e recomendações são apresentadas de modo sintético na Figura seguinte.

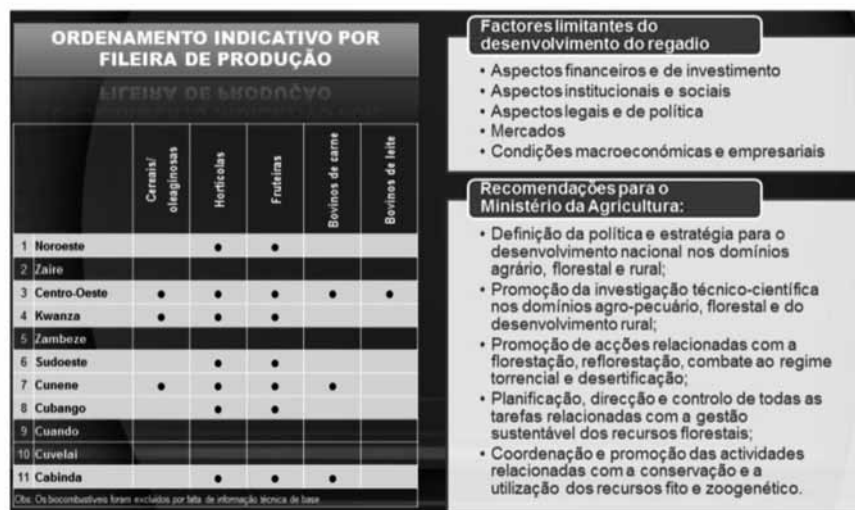


Figura 11 – Ordenamento indicativo por fileira de produção e recomendações

7.2. Estimativa do custo da água para irrigação

O preço da água normalmente pago pelos regantes, incorporado normalmente no seu custo de produção, representa apenas uma parcela do custo real da água. O custo total da água para a irrigação representa a soma de várias parcelas (ROGERS e HUBER, 1998; NOÉME et al., 2004), entre as quais:

- o custo financeiro dos serviços da água, que engloba os custos de capital, de fornecimento, manutenção e de administração desses serviços; custos das infra-estruturas de captação, distribuição, drenagem e tratamento (no caso de ser necessário);
- o custo ambiental, respeitante aos custos dos danos que as utilizações da água impõem ao ambiente e ecossistemas e aos utilizadores do ambiente; e
- o custo dos recursos, referente aos custos do desaparecimento de certas possibilidades para outras utilizações devido à exploração do recurso para além da sua taxa natural de renovação.

O estudo concentrou-se essencialmente na estimativa da primeira componente. A actualização dos custos das infra-estruturas, da manutenção e da exploração do regadio e a actualização dos consumos anuais de água para irrigação possibilitou o cálculo do custo da água para os mais diversos cenários estudados. Segundo o estudo realizado, o custo da água para irrigação poderá variar entre os 0,19 USD e os 0,45 USD no que se refere à construção de novos regadios, com consumo moderado (6 000 m³ ha⁻¹) e considerando uma taxa de actualização de 8%. No caso de regadios com sistemas culturais mais exigentes em água (9 000 m³ ha⁻¹), este valor deverá oscilar entre os 0,13 USD e os 0,31 USD, cerca de 31% inferior às configurações com menor consumo de água. As obras de reabilitação assumem igual tendência no que respeita à evolução do custo da água para irrigação.

Em Angola, de acordo com a rentabilidade da produção agrícola, deverá ser fixado um preço unitário da água que possibilite, no mínimo, suportar os encargos de operação, manutenção e

exploração da água, visto que os investimentos efectuados, numa primeira instância, deverão ser suportados pelo Estado Angolano. Mais tarde, poder-se-á evoluir para que o preço da água contemple uma determinada parcela de comparticipação dos utilizadores nos custos de investimento mas, nesta fase de desenvolvimento do País, não nos parece que esta deva ser a situação a adoptar neste momento.

Os resultados obtidos confirmam claramente que a rentabilidade das culturas de regadio, e a inerente competitividade dos produtores angolanos, só será possível com uma participação do Estado nos investimentos iniciais destas obras.

8. PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL

No trabalho desenvolvido começou por analisar-se as grandes opções de política que se colocam ao Governo de Angola, tomando como partida a experiência internacional em matéria de desenvolvimento da irrigação. Numa segunda etapa estabeleceram-se os principais modelos e práticas de regulação do sector da irrigação para balizar as principais funções do Estado no domínio do desenvolvimento e gestão do sub-sector da irrigação em torno de três modelos de actuação: gestão participativa, prestação de serviços orientados pelo lucro, pluralismo legal na gestão de recursos naturais.

Numa terceira etapa foram analisadas diferentes soluções de enquadramento institucional, seus principais modelos e práticas. Analisaram-se diferentes modelos procurando explicitar quais as vantagens e desvantagens dos mesmos perante o contexto do sub-sector em Angola. As alternativas que, neste domínio, existem são variadas e vão desde uma forte intervenção da administração central, até à transferência de poderes para as administrações locais, passando por agências, comissões e departamentos que, sob tutelas distintas, supervisionam o desenvolvimento do sector.

Finalmente e após ter sido apresentada a base empírica que sustentou a nossa reflexão, apresentou-se uma proposta de enquadramento institucional (Figura 12), sistematizada em torno de um conjunto de modelos que reputamos fundamentais: Modelo Político, Modelo Territorial, Modelo Regulatório e Modelo Institucional.

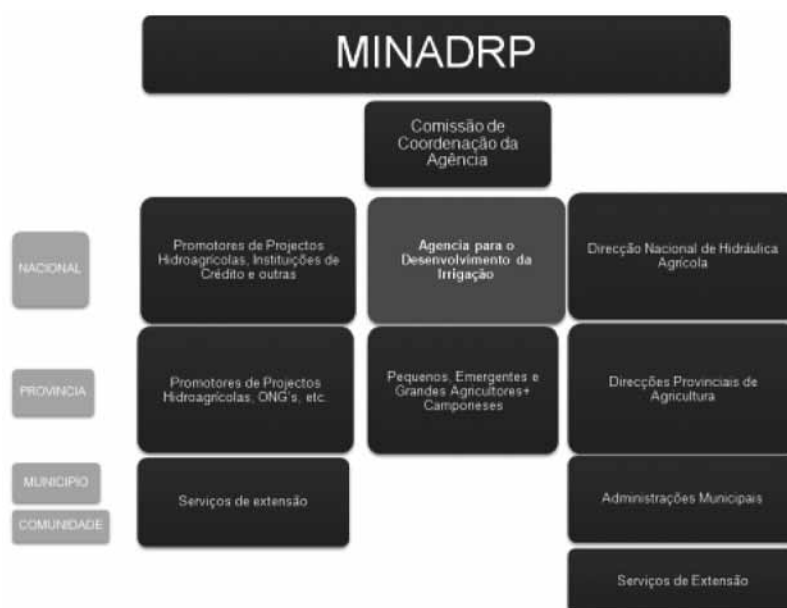


Figura 12 – Enquadramento institucional.

9. ESTABELECIMENTO DE MEDIDAS E ACÇÕES

As principais medidas e acções estabelecidas no PLANIRRIGA são consubstanciadas na programação de investimentos no sector da irrigação nas diversas regiões hidrográficas. O planeamento e programação temporal dos investimentos são apoiados fundamentalmente:

- Em informação produzida no Plano Director Nacional de Irrigação, de natureza pluridisciplinar e multi-sectorial, referente à sua base física e territorial (regiões/bacias hidrográficas);
- Nas relações e efeitos cruzados entre o desenvolvimento económico, o equilíbrio regional e a sustentabilidade produtiva, social e ambiental.

A emanação de directivas e orientações por parte do Ministério é crucial na definição do programa de investimentos quer na reabilitação de perímetros irrigados quer na construção de novos perímetros de irrigação. A potenciação dos efeitos do PLANIRRIGA assenta segundo quatro eixos fundamentais de acção e intervenção, a saber:

- i. Estabelecimento de um Programa de Investimentos de carácter nacional para o desenvolvimento da Irrigação em Angola adequadamente sustentado sob o ponto de vista técnico, social, ambiental e político;
- ii. Reforço da investigação e desenvolvimento relacionados com as diversas vertentes da irrigação, procurando a adequação do desenvolvimento técnico e científico à realidade de Angola, assegurando a formação de técnicos dos organismos centrais e provinciais através da ligação a instituições de ensino e centros de investigação de reconhecida credibilidade;
- iii. Fortalecimento e Modernização do Quadro Institucional, Legal e Regulatório relativo à questão da Irrigação;
- iv. Criação de mecanismos económico-financeiros de apoio à produção, armazenagem e escoamento dos produtos agrícolas.

5. CONCLUSÕES

A fase de recolha da informação existente e elaboração dos estudos de base assumiu uma importância primordial no desenvolvimento do Plano Nacional Director de Irrigação de Angola. Com efeito, verificou-se que a informação relativa a dados climáticos, hidrológicos, solos, bem como os elementos relativos a estudos e projectos de infra-estruturas existentes ou previstas, elaborados anteriormente, para além de escassos e/ou desactualizados, encontram-se dispersos em numerosas entidades, dificultando a sua pesquisa e consulta e obrigando frequentemente à sua reconstituição.

Realça-se igualmente a importância da fase de sistematização da informação de base e a estruturação de uma base de dados direccionada para a plataforma de Sistema de Informação Geográfica, que se constitui como uma ferramenta de análise e apoio à decisão privilegiada sendo também um instrumento fundamental para a gestão e implementação das medidas do Plano Nacional Director de Irrigação de Angola.

Da avaliação dos recursos conclui-se que estes existem em quantidade e qualidade suficientes para um grande incremento da agricultura irrigada em Angola, possibilitando encarar cenários de desenvolvimento hidroagrícola das diversas Províncias bastante promissores e tecnicamente sustentados, exigindo contudo uma gestão racional e eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN R.G.; SMITH M.; PEREIRA L.S. (1998). *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper nº 56. Roma (Itália), FAO. 300 pp.
- COBA (2008). *Elaboração do Plano Nacional Director de Irrigação. Relatório de Progresso nº1*. Lisboa, Portugal.
- COBA (2010a). *Elaboração do Plano Nacional Director de Irrigação. Volume VIII – Balanço Hídrico Disponibilidades – Necessidades. Versão definitiva. Lisboa, Portugal*
- COBA (2010b). *Elaboração do Plano Nacional Director de Irrigação. Volume IV – Classificação e Cartografia de Solos. Versão definitiva. Lisboa, Portugal*
- COBA (2010c). *Elaboração do Plano Nacional Director de Irrigação. Volume XII – Sistema de Informação Geográfica. Versão definitiva. Lisboa, Portugal*
- COBA (2010d). *Elaboração do Plano Nacional Director de Irrigação. Volume IX - Cenários de Ordenamento e Desenvolvimento Agro-Económico. Versão definitiva. Lisboa, Portugal*
- DINIZ A.C. (1973). *Características Mesológicas de Angola*. Nova Lisboa, Angola, Missão de Inquéritos Agrícolas de Angola.
- DINIZ A.C. (1998). *Angola: O Meio Físico e Potencialidades Agrárias*. Lisboa, Portugal, Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, pp. 189.
- DNA (2005). *Avaliação Rápida dos Recursos Hídricos e Uso da Água em Angola*, Direcção Nacional de Águas.
- FAO (1976). *A framework for land evaluation*. Roma, Itália, Soils Bulletin 32.
- FAO (2010). Ecocrop. [Consultado em 2010]. Disponível em WWW:←URL: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/about>.
- IUSS WORKING GROUP WRB (2007). *World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007*. Roma (Itália), World Soil Resources Reports No. 103. FAO.
- KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. (1961). *Land capability classification*. Washington, DC, USDA Agriculture, Handbook 210.
- NOÉME, C.; FRAGOSO, R.; COELHO, L. (2004). "Avaliação da Política de Preço da Água no Uso Agrícola no Âmbito da Aplicação da Directiva Quadro da Água", in *IV Congresso Ibérico Sobre Gestión y Planificación de Aguas*, Tortosa (Espanha), 8-12 Dezembro.
- ROGERS, B.; HUBER (1998): *Water social good : how put the principle in practice?* Readings of WRM Course, World Bank.
- Sir M MACDONALD & PARTNERS Ltd; HIDROPROJECTO (1990). *Inventário Hidrológico para os países ao Sul do Sahara (Países do SADC). Relatório Por País: Angola*. Lisboa, Portugal, Banco Mundial. Programa das Desenvolvimento das Nações Unidas. Serviços de Consultoria.
- SWECO (2005). *Relatório Final. Projecto de Gestão do Sector Nacional das Águas, Actividade C. Avaliação Rápida dos Recursos Hídricos e Uso da Água em Angola*. Direcção Nacional de Águas. Serviços de Consultoria, 318 pp.
- SYS C.; RANS E.; DEBAVEYE J.; BEERNAERT F. (1993). *Land evaluation III. Crop requirements*. Belgium, General Administration for Development Cooperation, 199 pp.
- TEIXEIRA, J.L.; PEREIRA, L.S. (1992). "ISAREG, an irrigation scheduling simulation model". *ICID Bulletin*, 41, 2, pp.: 29-48.

APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO. SUA VIABILIDADE.

Análise Técnica, Económica e Ambiental

Maria João CALEJO¹

António CAPELO²

João Teresa RIBEIRO³

RESUMO

A barragem do Crato e a sua valia agrícola foram objecto de diversos estudos que tiveram início com a elaboração do Plano de Valorização do Alentejo em 1957 e que culminaram com Estudo de Viabilidade Ambiental e Económica em 2000-2001. Este estudo conduziu à elaboração do Projecto de Execução da alternativa mais viável que previa a localização da barragem em Couto de Endreiros com o NPA à cota (248), sendo a água de rega bombeada à cabeça (altura de elevação de 89 m) para um reservatório onde tinha origem a rede de distribuição gravítica em conduta que beneficiava 3 240 ha. A pressão mínima nos hidrantes era de 400 kPa.

Em todos os estudos, a barragem do Crato sempre foi apontada como fundamental para estimular o crescimento económico da região. No entanto, os impactos positivos da valia agrícola associados a uma área de 3 240 ha não são suficientes, por si só, para justificar os elevados custos de investimento e de exploração, assim como a submersão da aldeia do Pisão com a construção da barragem. Ainda hoje a sua construção continua a revelar-se fundamental para inverter a tendência fortemente negativa da situação sócio-económica dos concelhos do Crato e Alter do Chão. Este estudo tem como objectivo principal a redefinição do projecto, procurando potenciar os seus impactos positivos, aumentando a área beneficiada e procurando soluções que permitam diminuir os custos de investimento, operação e manutenção.

A viabilidade do projecto depende da integração e optimização de todas as suas valias nomeadamente a agrícola como principal força impulsionadora de desenvolvimento, a de produção de energia e a de abastecimento público.

Palavras-chave: barragem do Crato, mais-valias, viabilidade, regadio, desenvolvimento económico

¹ Eng^o Agrónoma, PhD, COBA, Av. 5 de Outubro, 323, 1649-011, Lisboa, Portugal, +351.210125000, mjc@coba.pt

² Eng^o Agrónomo, COBA, Chefe do núcleo de Agronomia, Av. 5 de Outubro, 323, 1649-011, Lisboa, Portugal, +351.210125000, ajc@coba.pt

³ Economista, Câmara Municipal do Crato, Presidente de Município, Praça do Município, 7430-999, Crato, Portugal, +351.245990110, direccao@cm-crato.pt

1. INTRODUÇÃO

A barragem do Crato e a sua valia agrícola foram objecto de diversos estudos que tiveram início, em 1957, com a elaboração Plano de Valorização do Alentejo pela Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos (DGSH). Os estudos desenvolvidos entre a década de 60 e o início dos anos 80 conduziram a diversas reformulações do projecto que incidiram quer na substituição do sistema de rega por gravidade pela aspersão, quer na delimitação das manchas de solos a beneficiar. Em 1980, a Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos propõe um esquema alternativo que procura ultrapassar os condicionalismos apontados ao projecto, tendo sido seleccionados 6 372 ha localizados na margem esquerda da ribeira da Seda. Foi este o cenário de base para a elaboração do Estudo de Viabilidade Ambiental e Económica (COBA, 2000, 2001). Neste estudo foram analisadas 10 alternativas em que se variava a área a beneficiar, o local da barragem e o respectivo NPA, assim como, o tipo de adução e distribuição. Para cada uma das alternativas foram estudadas duas variantes: o fornecimento de água em alta e em baixa pressão. O estudo concluiu que a alternativa mais viável era a que previa a localização da barragem em Couto de Endreiros com o NPA à cota (248), sendo a água de rega bombeada à cabeça (altura de elevação de 89 m) para um reservatório de regulação, onde tinha origem a rede de distribuição gravítica em conduta que permitiria a beneficiação de uma área equipada de cerca de 3 240 ha. A carga mínima admitida nos hidrantes era de 400 kPa. Esta solução avançou para Projecto de Execução (PROSISTEMAS, 2006). Em todos os estudos efectuados, a barragem do Crato sempre foi apontada como fundamental para estimular o crescimento económico da área de influência do projecto. No entanto, os impactos positivos da valia agrícola associados a uma área equipada de 3 154 ha não são suficientes, por si só, para justificar os elevados custos de investimento e de exploração, assim como a submersão da aldeia do Pisão com a construção da barragem.

Presentemente, o projecto do Crato continua a revelar-se fundamental para inverter a tendência fortemente negativa da situação sócio-económica evidenciada pelos concelhos do Crato e Alter do Chão. O presente estudo teve como objectivo principal a redefinição do projecto de modo a potenciar os seus impactos positivos, aumentando a área beneficiada e procurando soluções de projecto que permitam diminuir os custos de investimento, operação e manutenção.

Alguns dos pressupostos que serviram de base à concepção e dimensionamento das infra-estruturas das alternativas de adução e distribuição apresentadas no Estudo de Viabilidade (COBA, 2000) e ao Projecto de Execução (PROSISTEMAS, 2006), foram revistas:

- cenários culturais e necessidades de água para rega;
- tecnologias de rega e das condições de funcionamento das redes secundárias de rega com fornecimento de água em baixa pressão;
- implantação sempre que possível dos hidrantes junto de “charcas” e/ou barragens existentes na área a beneficiar;
- regularização da água a efectuar na parcela pelos agricultores;
- distribuição da água ao longo dos adutores principais com redução dos adutores secundários;
- beneficiação das áreas que já possuem actualmente infra-estruturas de rega; e
- construção de uma mini-hídrica de forma a turbinar a água que é libertada na ribeira da Seda.

Esta estratégia é actualmente seguida nos projectos efetuados para o Alqueva (Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva - EDIA) e acompanhados pela Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR).

Na sequência da análise de todas as soluções estudadas anteriormente e após a revisão da área potencial a beneficiar, do cenário cultural, das necessidades de água e da simulação da exploração conjunta das albufeiras do Crato, Maranhão e Montargil, foram identificadas duas soluções técnicas alternativas para o sistema de rega.

O presente estudo integrou ainda a avaliação objectiva da necessidade da barragem do Crato para suprir os consumos de abastecimento público previstos ao nível do sub-sistema 3 do Alto Alentejo e a viabilidade da mini-hídrica do Crato.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA A BENEFICIAR E ESTUDOS DE BASE

2.1. Localização

O Aproveitamento Hidráulico do Crato, localizado no distrito de Portalegre, potencialmente beneficia áreas situadas nos concelhos de Alter do Chão, Fronteira, Crato e Avis (Figura 1). A rega destas áreas provém da água da ribeira de Seda, através duma albufeira a criar por uma barragem a construir nesta mesma ribeira.

Este aproveitamento de fins múltiplos poderá fornecer água não só para rega, como também, abastecer as populações dos concelhos de Crato, Alter do Chão, Fronteira, Avis e Sousel, assim como produzir energia eléctrica.

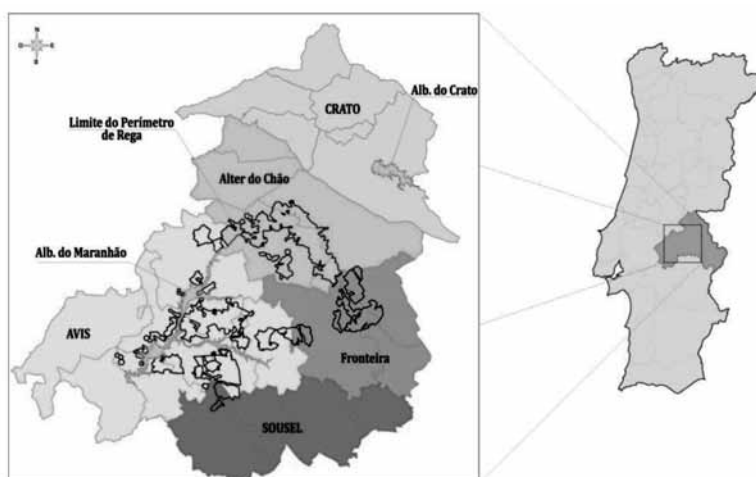


Figura 1 – Localização.

2.2. Área potencial

Com o objectivo de identificar a área passível de ser beneficiada pela componente de rega do sistema do Hidráulico do Crato, numa primeira fase, foi definida uma área de referência com cerca de 17 267 ha (Figura 1), sobre a qual incidiram todos os estudos de base que incluíram análise da altimétrica, declives e capacidade de uso dos solos.

Em seguida as áreas já beneficiadas pela barragem do Maranhão a título precário foram delimitadas conjuntamente com a Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia (ARBVS). Foi ainda desenvolvido trabalho de campo para a redefinição dos blocos do Crato, Alter do Chão e Fronteira.

Este conjunto de trabalhos complementados pelos resultados da simulação da exploração conjunta das albufeiras do Crato, Maranhão e Montargil permitiu delimitar uma área potencial de 9 790 ha, apresentada na Figura 2.

2. 3. Modelos de ocupação cultural futuros e tecnologias de rega

No Estudo de Viabilidade Ambiental e Económica do Aproveitamento do Crato (COBA, 2000), a ocupação cultural prevista para a área a beneficiar foi definida de acordo com a conclusão dos estudos para a Reabilitação e Modernização da Obra de Rega do Vale do Sorraia (PROSISTEMAS e COBA, 1999), que abordava esta questão na perspectiva das várias hipóteses possíveis para a evolução da Agricultura Portuguesa e da Política Agrícola Comum.

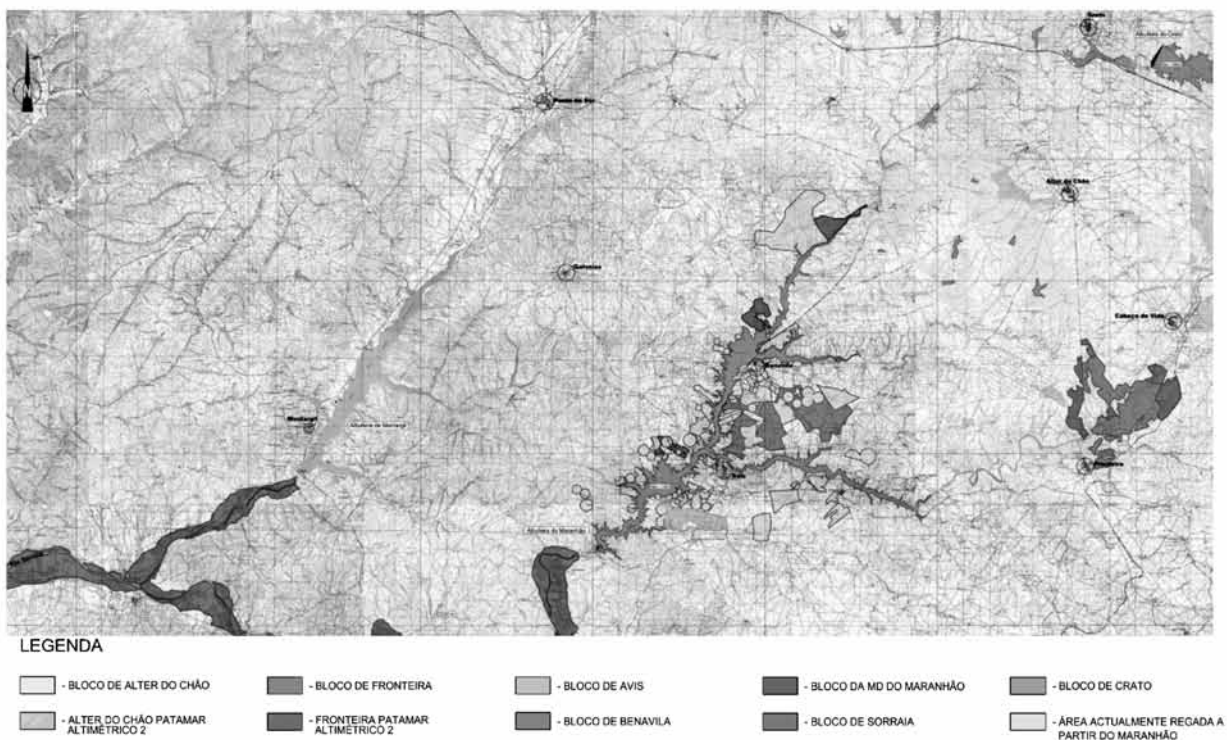


Figura 2 – Área passível de ser beneficiada.

A ocupação cultural prevista, caracterizava-se por um grande peso em termos proporcionais (75% da área do aproveitamento) dos pomares (20%), hortícolas (15%), tomate (20%) e beterraba (20%), em relação aos cereais e oleaginosas (25%): milho (15%) e girassol (10%). Do conjunto destas culturas, será necessário excluir a produção de beterraba devido ao fecho da fábrica de produção de açúcar a partir deste tubérculo. Por outro lado, o interesse pela produção de milho e girassol aumentou nos últimos anos, na sequência do crescimento do mercado de produção de biocombustíveis. Por outro lado, a área de olival tem vindo a aumentar na região, nomeadamente na zona em redor ao regolfo do Maranhão (ARBVS, 2010).

Face ao elevado grau de incerteza associado à previsão dum cenário cultural foram definidos dois cenários que diferem quanto à percentagem da área ocupada pelas culturas consideradas: milho; girassol; luzerna; tomate; pomar; olival e vinha (Figura 3).

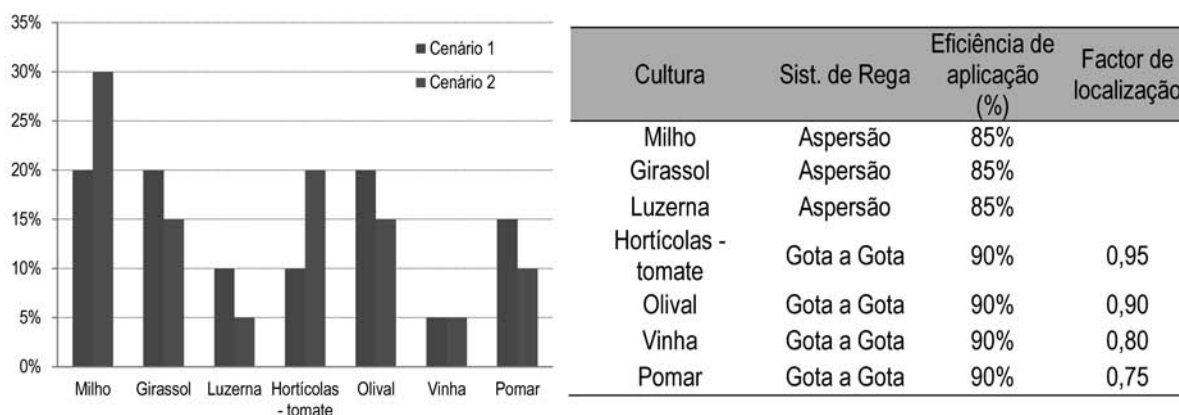


Figura 3 – Cenários culturais.

Comparativamente com o cenário cultural 1, no cenário cultural 2 há uma diminuição da área ocupada pelas culturas permanentes (olival, vinha e pomar), verificando-se um aumento significativo da área ocupada pelo milho e hortícolas/tomate, que passam a representar 50% da área regada, e com necessidades de água para rega superiores.

No presente aproveitamento a rega na parcela será feita em pressão, privilegiando-se a rega localizada nas culturas permanentes e em algumas agro-industriais e a rega por aspersão nas culturas arvenses.

No que respeita às eficiências das redes de transporte e distribuição consideraram-se os valores indicados no Quadro 1.

Quadro 1 - Eficiências de transporte, distribuição e aplicação

	Percentagem (%)
Eficiência de Transporte (rede primária)	
<i>Conduta (Blocos do Crato, Alter do Chão e Fronteira)</i>	95
<i>Ribeira da Seda (Blocos da MD do Maranhão, Benavila e Avis)</i>	65
Eficiência de Distribuição (rede secundária)	95

2. 4. Necessidades de água para rega

A avaliação das necessidades de água para a rega e do caudal fictício contínuo, qfc, foi efectuada com o modelo ISAREG (TEIXEIRA e PEREIRA, 1992, TEIXEIRA, 1994) que simula o balanço hídrico do solo de acordo com a metodologia proposta por ALLEN et al. (1998). As necessidades globais de rega (NGR) são calculadas admitindo que a oportunidade de rega é definida pelo limite de rendimento óptimo (LRO, TEIXEIRA e PEREIRA, 1992) e a quantidade de rega avaliada diariamente. Na simulação do balanço hídrico do solo, o teor de humidade do solo é mantido sempre perto do LRO.

Quadro 2 – NGR e qfc para uma probabilidade de não excedência de 0,8

Cultura	Consumo (mm)	q _{fc} (l s ⁻¹ ha ⁻¹)
Milho	579	0,82
Girassol	479	0,75
Luzerna	316	0,39
Tomate	584	0,82
Olival	374	0,52
Pomar	402	0,60
Vinha	356	0,56

O conhecimento do valor do caudal fictício correspondente às várias culturas é um elemento essencial para o dimensionamento hidráulico das infra-estruturas de rega. No entanto, para o balanço hídrico das necessidades/disponibilidades é necessário ponderar as NGR de cada uma das culturas em função da sua representatividade no cenário cultural (Quadro 3).

Para o cenário 1, as necessidades globais de rega úteis, ou seja, no pé da planta, para o ano médio são de cerca de 4 215 m³ ha⁻¹, considerando a ocupação cultural prevista e uma intensidade de 100%. Para o cenário 2, as necessidades globais de rega (úteis) são de 4 582 m³ ha⁻¹. Este cenário é mais exigente em termos de disponibilidades hídricas em cerca de 9%.

No Quadro 4 apresentam-se os valores dos caudais fictícios contínuos dos cenários culturais para uma probabilidade de não excedência de 0,80.

O dimensionamento das redes de rega foi elaborado para o período de ponta dum ano seco (0,8 de probabilidade de não excedência) e considerando as necessidades de rega ponderadas para o cenário cultural 2. O dimensionamento das bocas de rega foi feito para a cultura mais exigente. Assim, o caudal de dimensionamento das bocas de rega corresponde ao q_{fc} da cultura do milho (0,82 l s⁻¹ ha⁻¹ no pé da planta).

Quadro 3 - Necessidade de água para rega por cenário cultural

		Consumo Anual (m ³ ha ⁻¹)		Consumo no mês de ponta (m ³ ha ⁻¹)		
		Ano médio	Ano crítico	Ano médio	Ano crítico	
Cenário 1	no pé da planta	4 215	5 010	1 330	1 730	
	na parcela	4 533	5 387	1 398	1 860	
	no sist. distribuição	4 771	5 671	1 471	1 958	
	no sist. adução	Conduta	5 022	5 969	1 549	2 061
		Rib. da Seda	7 340	8 724	2 264	3 013
Cenário 2	no pé da planta	4 582	5 530	1 331	1 880	
	na parcela	4 992	5 946	1 409	2 022	
	no sist. distribuição	5 255	6 259	1 483	2 128	
	no sist. adução	Conduta	5 531	6 589	1 561	2 240
		Rib. da Seda	8 084	9 630	2 281	3 274

Quadro 4 - Caudal fictício contínuo, qfc (l s⁻¹ ha⁻¹)

Cenário cultural	qfc (l s ⁻¹ h ⁻¹)				
	no pé da planta	na parcela	no sistema de distribuição	no sistema de adução	
				Conduta	Ribeira da Seda
Cenário 1	0,70	0,75	0,79	0,83	1,22
Cenário 2	0,77	0,83	0,87	0,92	1,34

2. 5. Aproveitamento dos recursos hídricos

2.5.1. Balanço necessidades/disponibilidades e garantias

Os estudos anteriormente realizados contêm avaliações das disponibilidades em água da ribeira de Seda, cujos resultados indicam que este aspecto não condiciona o aproveitamento em estudo. A afluência média anual estimada na secção da barragem do Crato é de 52 hm³, para o período de 1941/42 a 1996/97.

O estudo de simulação da exploração da albufeira do Aproveitamento Hidroagrícola do Crato, visa a definição da capacidade de regularização de caudais para a rega, a garantia do abastecimento público e avaliação técnica da possibilidade de produção de energia eléctrica.

A albufeira do Crato está projectada na ribeira da Seda, tendo a jusante a albufeira do Maranhão, e constitui um primeiro escalão de aproveitamento das respectivas disponibilidades hídricas, procedendo-se por isso à simulação conjunta da exploração das albufeiras do Crato, do Maranhão e de Montargil.

As necessidades de água para a rega do perímetro do Sorraia dependem fortemente da área cultivada com arroz (fortemente consumidora de água) tendo sido considerado um consumo médio anual de cerca de 11 000 m³ ha⁻¹ (ARBVS, 2010). Enquanto nas áreas beneficiadas pela albufeira do Crato e a título precário pela albufeira do Maranhão, foram consideradas as necessidades globais de rega correspondentes ao cenário cultural 2 (Quadro 3).

Na gestão da albufeira do Crato foi admitido que esta deve assegurar uma reserva suplementar de 8 hm³ ano⁻¹ para suprir as necessidades de água para abastecimento público aos municípios do Crato, Alter do Chão, Fronteira, Nisa, Sousel, Gavião e Avis. Quando o volume de água disponível na albufeira do Crato é igual ou inferior a 8 hm³ não é derivada água para a rega. O valor do consumo anual para abastecimento público a partir da albufeira do Crato é de 3,3 hm³ ano⁻¹.

A garantia de rega simulada (Quadro 5) para a área a ser beneficiada pela albufeira do Crato é de 79,6% ≈ 80% para o cenário cultural 2 e admitindo uma taxa de adesão ao regadio de 85%. No Quadro 5 resumem-se os principais resultados da simulação da exploração conjunta das albufeiras do Crato, Maranhão e Montargil.

Quadro 5 - Garantias de fornecimento de água do Aproveitamento do Crato – Cenário cultural 2 e influência sobre o Aproveitamento do Vale do Sorraia

	Crato	Maranhão	Montargil
Capacidade útil, hm ³	108	177	143
Área da bacia, km ²	237	2282	1220
Vol. Pot. Turbinado, hm ³	24,6	310,8	
	Perímetro de rega do Crato		Perímetro de rega do Sorraia
Área total (ha)	8 940	20 150 (inclui as áreas a título precário)	
Consumo médio anual, hm ³	47,1	181,0	
Garantia a rega, %	79,6	89,8	
Garantia para o Abast. Público, %	100		

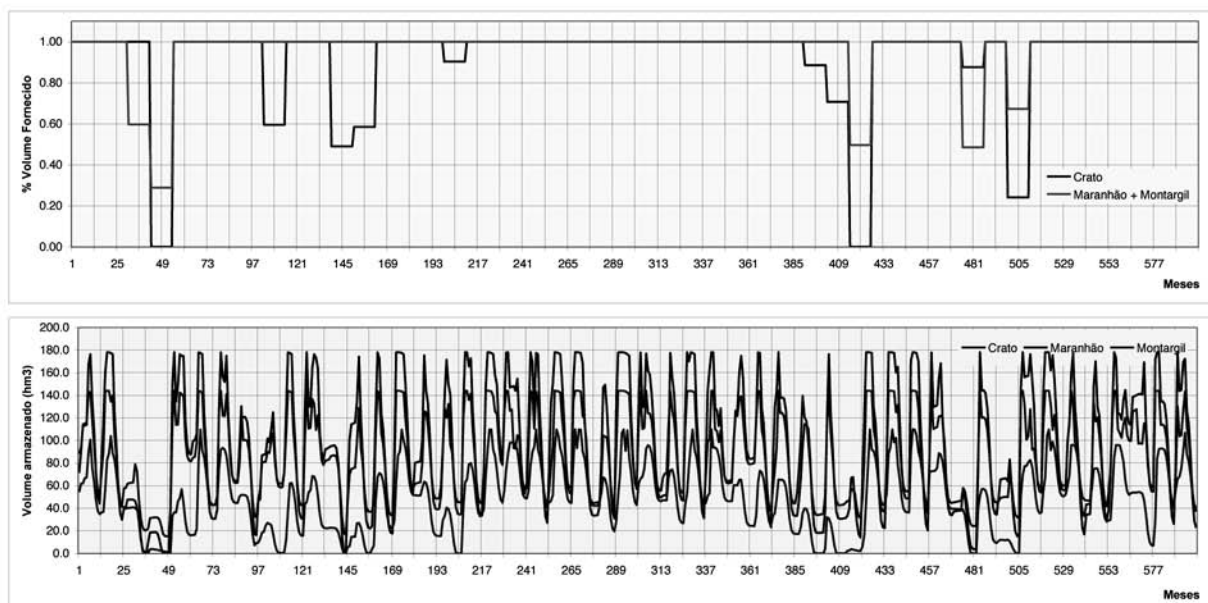


Figura 4 - Percentagem dos volumes fornecidos e volumes armazenados nas albufeiras do Crato (cenário 2 – área total 8 940 ha), do Maranhão e de Montargil.

2.5.2. Impacto da barragem do Crato nos volumes turbinados no Maranhão e Montargil

Sem a barragem do Crato, o escoamento médio anual para a bacia da barragem do Maranhão, é de cerca de 349,8 hm³. No entanto, a construção da barragem do Crato levará a uma quebra na produção de energia hidroelétrica no aproveitamento do Vale do Sorraia. Na simulação efectuada, com a barragem do Crato, o escoamento médio anual para a bacia da barragem do Maranhão, é de cerca de 293,5 hm³.

De modo a quantificar a quebra de produção de energia eléctrica foi inserido no modelo de simulação de exploração das albufeiras as regras de operação das centrais obtidas junto dos técnicos da ARBVS. As simulações sem e com Crato foram efectuadas admitindo que as centrais do

Maranhão e Montargil começam a turbinar à capacidade máxima quando o nível de água na albufeira está a cerca de 1 m do NPA. Na época estival, quando o volume de água pedido para a rega é insuficiente para as centrais do Maranhão e de Montargil operarem com o caudal mínimo, a água de rega não é turbinada nestas centrais, funcionando apenas a central hidroeléctrica do Gameiro. A redução do volume turbinado no Maranhão e Montargil é apenas de cerca de 3%.

2.5.3. Avaliação dos volumes de água potencialmente turbináveis no Crato

Na simulação efectuada da exploração conjunta das albufeiras do Crato, Maranhão e Montargil foram também definidas as regras de operação da mini-hídrica do Crato.

O volume médio anual turbinado na época invernal na barragem do Crato simulado é de 9,5 hm³. Para além deste volume, na mini-hídrica do Crato será turbinado um volume médio anual de 15,1 hm³ que corresponde ao volume de água derivado para rega dos blocos da margem direita (MD) do Maranhão, Benavila e Avis (Figura 2). Destes resultados da simulação da exploração conjunta das 3 albufeiras resulta que o volume médio anual turbinado no Crato é de 24,6 hm³.

3. ABASTECIMENTO PÚBLICO

3. 1. Sistema de abastecimento público do Norte Alentejano

De acordo com as Águas do Norte Alentejano (AdNA), o Sistema de Abastecimento Público do Alto Alentejo é constituído por três sub-sistemas: sub-sistema 1- Apartadura; sub-sistema 2 - Caia; e sub-sistema 3 - Póvoa. Para além destes sistemas, de grande dimensão, existem ainda cerca de duas dezenas de pequenos sistemas – designados Sistemas Autónomos, destinados a servir lugares isolados, geralmente associados a origens de água subterrâneas.

O Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato poderá ser fundamental para uma garantia de 100% das necessidades de água para o abastecimento público, fundamentalmente na área de influência do sub-sistema 3 – Póvoa. Este sub-sistema serve os municípios de Nisa, Gavião, Crato, Fronteira, Alter do Chão, Avis, Ponte de Sôr e Sousel ao qual correspondem cerca de 53 700 habitantes. De acordo com os dados disponibilizados, a capacidade instalada é de 700 m³ h⁻¹.

No estudo prévio (HIDROPROJECTO, 2000) foi admitido um caudal de dimensionamento à entrada da rede de 852 m³ h⁻¹, superior ao caudal de máxima produção da ETA da Póvoa.

De acordo com os elementos fornecidos pela AdNa (2009), as necessidades de água anuais para consumo humano no sub-sistema da Póvoa são de 4,6 hm³, tendendo para 5,6 hm³ em 2030.

3. 2. Caracterização de avaliação do estado da barragem da Póvoa

A barragem da Póvoa foi construída no local de Póvoa e Meadas, concelho de Castelo de Vide, distrito de Portalegre, na ribeira de Nisa, tendo como objectivo a produção de energia (a energia produzida em ano médio é de 1,6 GWh). A obra foi concluída em 1928, tendo cerca 83 anos de vida. Com excepção do corpo onde se insere o descarregador de cheias, os elementos da barragem têm perfil gravidade, constituídos por um núcleo em enrocamento argamassado contido pelos muros dos paramentos em alvenaria argamassada (INAG, 2010).

As características principais da albufeira são as seguintes:

- Nível de pleno armazenamento (NPA) (312,00)
- Volume total da albufeira 22,0 hm³
- Volume útil da albufeira 18,8 hm³

O escoamento anual médio é de 42 hm³ na bacia hidrográfica da Póvoa. De acordo como OLIVEIRA et al. (2004), desde 1997 que o NPA foi fixado (provisoriamente) à cota (309,85) por razões de segurança estrutural da barragem. Para esta cota, a capacidade de armazenamento é de cerca de 15,8 hm³.

Presentemente, a barragem da Póvoa apresenta diversas anomalias, entre as quais se destacam as infiltrações de água da albufeira através da barragem e da fundação (Figura 5). Segundo FERREIRA e MONTEIRO (2000), as infiltrações de água observadas deverão estar relacionadas com o índice de vazios e porosidade da argamassa de ligação da alvenaria, como resultado da técnica construtiva utilizada.

No seguimento do desenvolvimento dos estudos foram definidas soluções alternativas de reabilitação (FERREIRA e MONTEIRO, 2000). As obras de reabilitação compreendem tratamento em massa do corpo da barragem, a adequação do descarregador de cheias (OLIVEIRA et al., 2004) com fixação do NPA à cota (309,85), a remodelação da descarga de fundo e a remodelação da tomada de água. Os trabalhos a realizar serão efectuados sem esvaziamento da albufeira. A estimativa orçamental para o conjunto de obras é cerca de sete milhões euros (BARROSO, 2010).



Figura 5 – Barragem da Póvoa. Infiltrações ao longo do corpo da barragem da Póvoa (Agosto 2009).

3. 3. Simulação da exploração da barragem da Póvoa

O estudo de simulação da exploração da albufeira da Póvoa e Meadas visa a avaliação do nível de garantia desta albufeira, para o abastecimento público dos concelhos servidos pelo sistema da Póvoa, da definição da capacidade de regularização de caudais para a rega, abastecimento público e eventualmente para a produção de energia eléctrica. Tendo em consideração os objectivos para o abastecimento público, o nível de garantia desejável é de 100 %.

Nos últimos anos, e face ao estado da barragem, a capacidade útil da albufeira tem sido gerida sensivelmente entre os valores de 10 e 8 hm³. Após uma primeira análise dos dados disponíveis e da sua qualidade, o nível de garantia da barragem da Póvoa foi avaliado para 3 valores de capacidade útil da albufeira: 15,8 hm³; 10 hm³; e 7 hm³. No âmbito deste estudo procedeu-se iterativamente à determinação do consumo máximo para uma garantia de 100% e ao cálculo da garantia para os seguintes cenários de consumos: 4,6 hm³ (situação de referência); 5,6 hm³ (consumo previsto pela AdNA para 2030); e 8 hm³ (HIDROPROJECTO, 2000). No Quadro 6 apresentam-se os principais resultados obtidos.

Quadro 6 - Garantias de fornecimento de água para abastecimento público a partir da Póvoa

Consumo para abastecimento público (hm ³)	Volume útil da barragem da Póvoa e Meadas (hm ³)		
	15,8	10,0	7,0
1,4	100%	100%	100%
2,3	100%	100%	---
2,4	100%	---	---
4,6	98%	88%	84%
5,6	98%	88%	84%
8,0	88%	82%	---

Mesmo para a capacidade útil total da albufeira (15,8 hm³), a totalidade da garantia de fornecimento de água para abastecimento público (100%) só é possível para valores de consumo inferiores a cerca de 2,4 hm³.

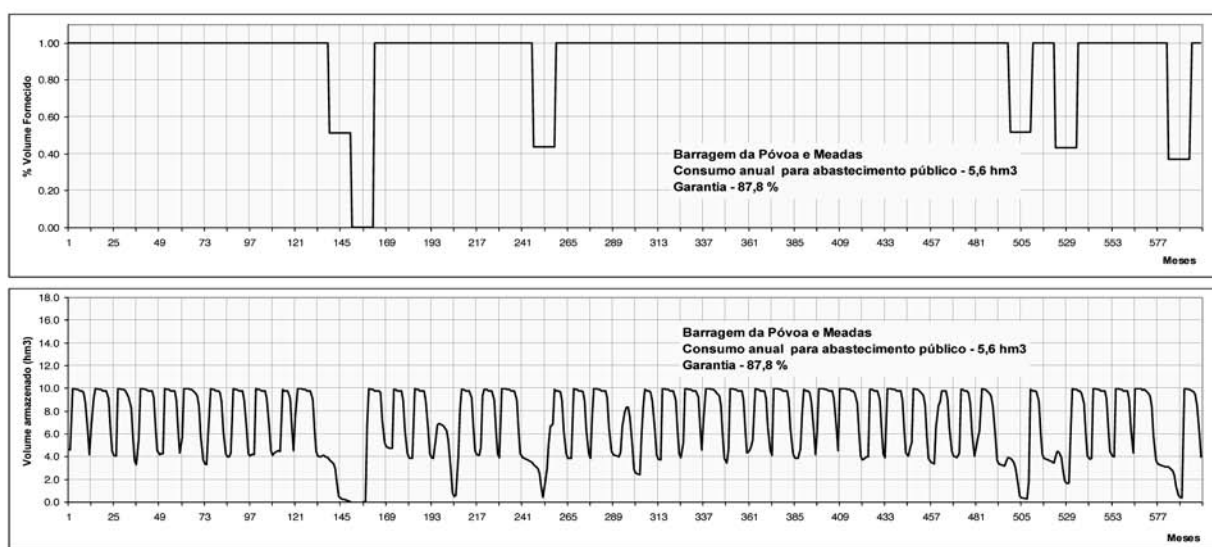


Figura 6 - Simulação da exploração da albufeira da Póvoa admitindo uma capacidade útil de 10 hm³.

Para os valores actuais de consumo urbano que rondam os 4,6 hm³, somente para uma capacidade útil da albufeira de 15,8 hm³ é que a garantia de fornecimento é aceitável, cerca de 98 %; contudo a severidade das falhas pode ser grave, verificando-se uma percentagem de volume fornecido inferior a 20% para o consumo previsto pela AdNA para 2030 (5,6 hm³).

As garantias de fornecimento par os valores de consumo actuais, caem para 88 e 84% se a capacidade útil da albufeira for de 10 e 7 hm³, respectivamente. Salienta-se que, considerando a cota (300,00) indicada para a tomada de água, no perfil longitudinal da conduta de adução à ETA (FLEXIBETÃO, 2007), o volume útil disponível para o abastecimento público é de cerca de 10,3 hm³.

De acordo com os resultados das simulações, às falhas simuladas podem estar associados volumes fornecidos nulos (Figura 6).

3. 4. Soluções para reforço do sub-sistema 3 - Póvoa

Face à severidade das falhas do sistema de abastecimento público do Norte Alentejano a partir da barragem da Póvoa, é fundamental encontrar soluções que permitam o reforço deste sub-sistema a partir do Aproveitamento do Crato. Procurando otimizar os investimentos recentemente efetuados ao nível do sub-sistema 3 (condutas adutoras, sistema de distribuição, ETA, etc.), foram identificadas três soluções técnicas alternativas:

- Alternativa A – reforço da barragem da Póvoa a partir da barragem do Crato. Nesta alternativa será necessário prever a construção duma estação elevatória de água bruta e duma adutora para o transporte de água bruta da barragem do Crato até à ETA da Póvoa;
- Alternativa B – construção de uma ETA no Crato e de uma estação elevatória de água tratada que beneficiará os municípios do Crato, Alter do Chão, Avis, Fronteira e Sousel (Sector 2), sendo o Sector 1 servido a partir da ETA da Póvoa. Deverá ser construída uma adutora de ligação à actual rede de abastecimento e serão integralmente aproveitadas as condutas adutoras de abastecimento actualmente existentes; e
- Alternativa C – na hipótese da barragem da Póvoa não ser reabilitada, todo o sub-sistema 3 deverá ser alimentado a partir do Crato. Nesta solução será necessário construir uma ETA junto do Crato e uma estação elevatória de água tratada, sendo aproveitadas grande parte das condutas adutoras.

Para cada Alternativa, foram consideradas 2 variantes: Variante 1 – consumo médio anual de 5,6 hm³ (AdNA, 2009) e Variante 2 - consumo médio anual de 7,5 hm³ (HIDROPROJECTO, 2000).

No que respeita à garantia de fornecimento de água, a Alternativa B com a existência de duas origens de água, associada ao aproveitamento das infra-estruturas existentes na Póvoa (ETA e redes adutoras), permitirá uma maior autonomia em caso de avaria de um dos sistemas.

Para cada uma das Alternativas estudadas foram estimados os custos de investimento e os custos de energia (Quadro 7).

Quadro 7 – Custos de investimento e de energia para reforço do sub-sistema 3 da Póvoa

		Variante 1	Variante 2
Alternativa A	Custo Total de Investimento (Euros)	11 226 705,00	14 200 460,00
	Custo Total Anual de Energia (Euros)	137 520,00	234 000,00
Alternativa B	Custo Total de Investimento (Euros)	10 174 225,00	12 050 700,0
	Custo Total Anual de Energia (Euros)	124 110,00	221 670,00
Alternativa C	Custo Total de Investimento (Euros)	5 950 700,00	6 762 700,00
	Custo Total Anual de Energia (Euros)	194 310,00	339 210,00

A Alternativa C é a que tem menores custos de investimento, sendo no entanto a que tem maiores custos de energia. Se a reabilitação da barragem da Póvoa (cerca de 7 000 000 euros) for suportada pela sua componente de produção de energia, a solução para reforço do sub-sistema 3 – Póvoa com menos custos de investimento é a Alternativa B (3 174 225 € e 5 050 700 €).

Em termos energéticos, a Alternativa B possui custos inferiores em cerca de 5 e 10% relativamente à Alternativa A.

A análise económica foi efectuada para um período de vida útil de 50 anos. Os valores de custos de investimento, de exploração e manutenção foram actualizados para o ano 0, tendo-se

admitido que a execução das obras civis e a instalação dos equipamentos numa única fase e o respectivo custo concentrado nessa mesma fase/ano. O período de execução previsto para o sistema será de cerca de 1 ano. Os encargos de manutenção e conservação foram calculados como percentagens do custo de investimento.

Os resultados da análise económica permitem concluir que, caso se inclua o custo de reabilitação da barragem da Póvoa, a Alternativa C é a melhor solução do ponto de vista económico. Considerando a taxa de juro de 6%, o valor actualizado dos custos da Alternativa C é de 11 390 074 euros na Variante 1 e de 15 679 015 euros para a Variante 2. Neste cenário, a Alternativa C possui um valor actualizado inferior em cerca de 40 e 55% relativamente às Alternativas B e C, respectivamente.

A Alternativa B é sempre preferível à Alternativa A, independentemente do cenário taxa de juro e do consumo de água.

Se a reabilitação da barragem da Póvoa, assim como, os seus custos de manutenção e conservação forem suportados pela sua componente da produção de energia, a Alternativa B é a melhor solução económica para o reforço do sub-sistema da Póvoa. O valor actualizado dos custos da Alternativa B sem participação dos custos de investimento é de 7 187 422 euros na Variante 1 e de 11 429 246 euros na Variante 2, considerando a taxa de juro de 6%. Neste cenário a Alternativa B é preferível relativamente à Alternativa C.

4. MINI-HÍDRICA

A mini-hídrica do Crato apresenta alguns aspectos particulares que condicionam a sua exploração e consequentemente a sua rentabilidade. A central ficará localizada no pé-de-barragem, sendo a queda obtida apenas a partir da altura da barragem (cerca de 50 m).

A central tem como objectivo turbinar os volumes que afluem à secção barragem quando o nível de água na albufeira se encontra acima do NPA e que serão descarregados se não forem turbinados, assim como turbinar o volume de água derivado para a rega dos blocos da MD do Maranhão, Benavila e Avis.

Este tipo de centrais hidroeléctricas são usualmente equipadas com um grupo turbina-gerador, sendo a turbina do tipo Francis, em principio de eixo horizontal.

A optimização da produtividade eléctrica da mini-hídrica do Crato foi feita considerando, quer os volumes descarregados (obtidos da simulação da exploração conjunta das albufeiras do Crato, Maranhão e Montargil), quer os volumes derivados para a rega dos blocos da MD do Maranhão, de Benavila e de Avis.

Para um caudal nominal de $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e uma potência máxima instalada de 2 670 kW, a produtividade média anual da mini-hídrica é de 2 GWh.

A estimativa do custo de investimento, efectuada para cada um dos elementos que constitui a mini-hídrica com base nas medições de quantidade e em curvas de custos estimadas para pequenas centrais hidroeléctricas, é de 2 353 000 euros.

As receitas da mini-hídrica foram obtidas a partir do valor da produção eléctrica anual e do valor da tarifa de venda de energia à rede à taxa de mercado. O valor médio anual de receitas expectável para a central é de cerca de 120 000 euros.

O interesse económico da mini-hídrica é relativamente pequeno se admitirmos que não há comparticipação no investimento, verificando-se que a taxa interna da rentabilidade é da ordem dos 2% e consequentemente o VAL é negativo para as taxas de actualização de 4 e 6%. Se for admi-

tida a comparticipação em 75% do investimento inicial, o valor da TIR é de 14%. Nesta situação, e admitindo a sua promoção em conjunto com a beneficiação do regadio, o que também permitiria justificar a comparticipação em 75% do investimento, a mini-hídrica constitui uma mais valia para o projecto.

5. REGADIO

5. 1. Directrizes e metodologia

Da análise crítica das alternativas desenvolvidas no Estudo de Viabilidade de 2000 e dos respectivos custos de investimento associados e na sequência de todos os estudos posteriormente realizados e tendo em consideração os pressupostos do presente estudo foram definidas algumas linhas orientadoras para a concepção do sistema de transporte e distribuição do Aproveitamento do Crato, nomeadamente:

- o local para a construção da barragem será em Couto de Endreiros com o NPA à cota (248,00);
- as características da barragem do Crato são as que constam do Estudo "Reformulação do Projecto da Barragem do Crato, Acesso ao Coroamento e Estudo de Impacte Ambiental" (COBA, 2003);
- a adução às manchas de rega da MD do Maranhão, de Avis e Benavila deve ser efectuada graviticamente através da ribeira da Seda. O volume derivado para rega destes blocos será turbinado na mini-hídrica do Crato;
- a adução às manchas de solos do Bloco de Alter com cotas acima dos (200,00) não deve ser efectuada graviticamente através da ribeira da Seda, uma vez que a turbinagem deste volume de água não compensa os custos relativamente à adução pressurizada a partir da barragem do Crato;
- a água de rega deverá ser distribuída em baixa pressão, procurando diminuir os custos energéticos, mas sempre que possível, deverá ser garantida uma pressão mínima de 20 mca nos hidrantes (jusante) que servem os prédios de pequena dimensão. Esta pressão permite a instalação de sistemas de rega localizada sem ser necessário recorrer a unidades pressurizadoras;
- nas grandes propriedades já equipadas com barragens/charcas a pressão mínima poderá ser da ordem dos 8-10 mca; e
- a adução ao bloco do Crato deverá ser feita a partir duma conduta adutora gravítica para a beneficiação das manchas localizadas junto à barragem do Crato;

A área a regar foi dividida em blocos de rega, o mais homogéneos possível. A repartição da área total a regar em blocos de rega foi efectuada tendo em atenção:

- a distribuição, sempre que possível, deverá ser efectuada em baixa pressão;
- a distribuição geográfica e altimétrica das áreas a regar face à barragem do Crato, reservatórios e estações elevatórias;
- a beneficiação directa de manchas de rega (derivações na rede primária de adução);
- a estrutura fundiária predominante em cada uma das zonas a regar, procurando homogeneizar a dimensão média dos blocos de rega;
- extensão das redes secundárias, custos de investimento e de exploração; e
- condicionantes físicos.

Na delimitação dos blocos de Benavila, Avis e Margem Direita do Maranhão teve-se presente os elementos fornecidos pela ARBVS. Nos restantes blocos teve-se em conta o trabalho de gabinete e as visitas efectuadas ao terreno. Na concepção e dimensionamento das obras foram ainda considerados os elementos de base e os estudos do Projecto de Execução da Rede de Rega do Crato (PROSISTEMAS, 2006).

No dimensionamento preliminar das infra-estruturas do sistema primário admitiram-se os seguintes pressupostos de base:

- a) Dotação de rega no início do sistema primário no período de ponta (3º decêndio do mês de Julho): $810 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ calculado para uma probabilidade de não excedência de 0,80;
- b) Rendimento de utilização (r) das redes de distribuição: 0,85. As redes de rega colectivas caracterizadas por uma predominância de rampas pivotantes e rega localizadas, caracterizam-se por terem um valor de r elevado, que segundo CLEMENT (1966) deve ser interpretado como um parâmetro de calibração;
- c) Funcionamento do adutor primário (durante o período de ponta – 10 dias): 24 h dia^{-1} ;
- d) O hidrograma dos caudais horários pedidos foi definido a partir da função de densidade de probabilidade dos caudais obtida por CALEJO *et al.* (2006, 2008) para a rede de rega do Lucefecit. A adopção desta função permite considerar no processo de dimensionamento a variabilidade dos caudais horários que caracterizam o funcionamento dos sistemas de rega que operam a pedido.
- e) Perdas de carga no sistema adutor primário: calculadas pela fórmula de Colebrook-White tendo sido adoptado um coeficiente de rugosidade – 0,1 mm. Na estação elevatória foi admitida uma perda de carga de cerca de 8 mca, que inclui as perdas no sistema de filtração.
- f) Níveis de água no reservatório de comando: NPA - cota (274,50) e Nme - cota (270,20).
- g) Níveis de água na barragem do Crato: as regras de exploração da barragem do Crato deverão garantir um volume de reserva mínimo de 8 hm^3 para abastecimento público, pelo que o fornecimento de água para rega é feito quando o nível de água na barragem está acima da cota (225,00).

O sistema primário foi modelado com o modelo EPANET (ROSSMAN *et al.*, 1993) considerando um período de análise de 24 horas.

No que se refere às redes secundárias de rega foram efectuados os seguintes estudos principais:

- delimitação das unidades de rega;
- plano de localização dos hidrantes;
- traçado preliminar das redes;
- cálculo dos caudais de dimensionamento através da primeira fórmula de CLEMENT (1966);
e
- dimensionamento hidráulico preliminar da rede de rega.

5. 2. Alternativa A

Na Alternativa A, a área total beneficiada é de 8 939 ha e foi dividida em 5 blocos (Figura 7): Alter do Chão e Fronteira (6 153 ha); Crato (224 ha); MD do Maranhão (404 ha); Benavila (1 796 ha); e Avis (362 ha).

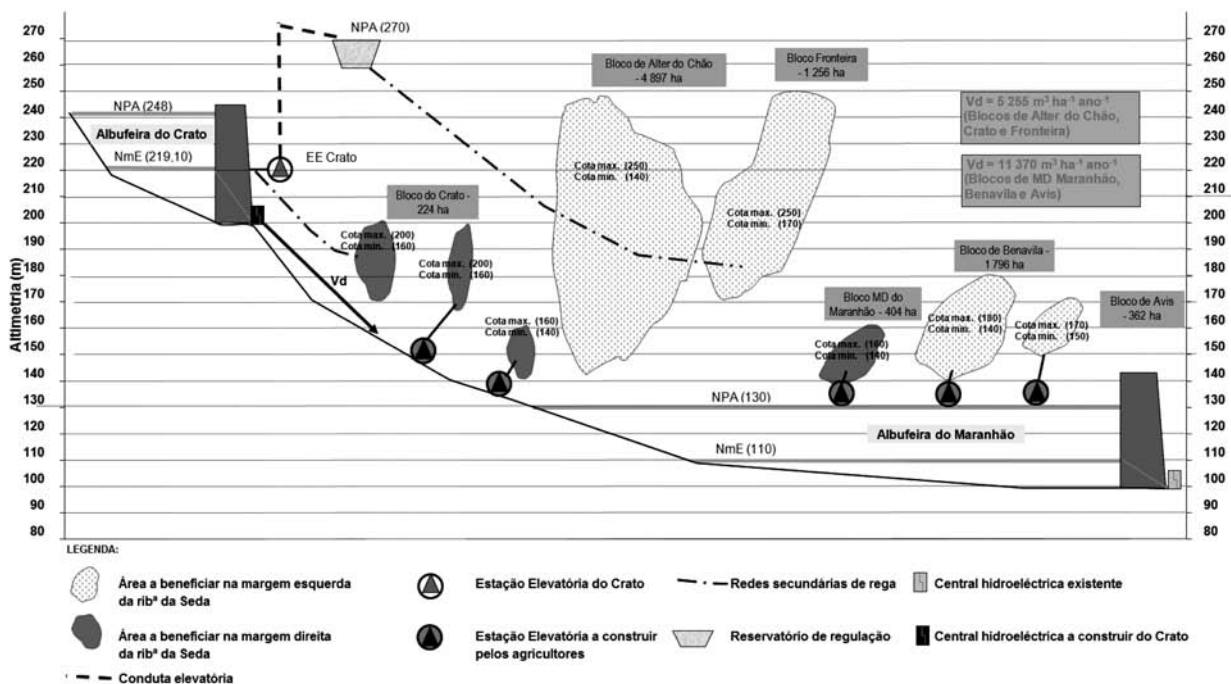


Figura 7 – Esquema altimétrico da Alternativa A.

A distribuição da água para a rega das manchas de solos delimitadas nos concelhos de Alter do Chão e Fronteira deverá ser feita em conduta sob pressão, recorrendo-se para isso a uma estação elevatória (caudal = $6,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e altura de elevação = 61 m) construída à cabeça do sistema, imediatamente a jusante da barragem do Crato e que fornece a pressão necessária para levar a água a todos os pontos da área a beneficiar. A água para a rega será bombada para um reservatório de regulação/comando situado junto ao monte de S. Lourenço, implantado sensivelmente à cota (270,00). A conduta elevatória de DN 2000 m tem um desenvolvimento de 5 297 m. No reservatório terá origem a rede de distribuição gravítica. A pressão mínima a garantir em cada hidrante é de 1 bar (pressão necessária ao correto funcionamento das válvulas hidráulicas).

Na conduta da tomada de água para a estação elevatória do Crato será instalado a montante um by-pass (Figura 7), que permite derivar a água para a rede gravítica do bloco do Crato.

A análise das pressões disponíveis nos hidrantes (Quadro 8) permite concluir que a rede de distribuição delineada para o bloco de Alter do Chão e Fronteira permite garantir as condições de pressão para a rega localizada e na maioria das situações para a rega por aspersão sem ser necessário recorrer a sobressora(s).

Quadro 8 – Análise estatística das pressões disponíveis nos hidrantes

	Hmin <100	100 > Hmin <200	200 > Hmin <300	300 > Hmin <400	Hmin >400
Número de hidrantes	3	9	19	46	95
Pressão (kPa)					
Valor máximo	91.4	194.4	296.1	398.8	948.2
Valor da mediana	75	140.5	247.7	359.7	576.3
Valor mínimo	46.1	108.7	211.1	302.2	400.5
Área regada (ha)	439.2	188.6	472.2	1012.4	3742.1
% da Área total	7.5	3.2	8.1	17.3	63.9

A água de rega para as manchas de solos dos blocos de rega da MD do Maranhão, Benavila e Avis será turbinada e a adução será feita através da ribeira da Seda. O volume médio anual de rega turbinado é de $15,1 \text{ hm}^3$. Nestes blocos prevê-se que a captação da água de rega seja feita individualmente por cada agricultor.

A Alternativa A foi ainda comparada com a solução desenvolvida a nível de Projecto de Execução que tinha como objectivo numa primeira fase a entrega de água para rega em pressão a cerca de 3 514 ha, e que permitiria no futuro beneficiar cerca de 4 560 ha. De acordo com os elementos do Projecto, a grande maioria dos hidrantes (61%) têm valores de pressão superiores a 600 kPa, verificando-se ainda que em 98% dos hidrantes a pressão disponível é superior a 500 kPa.

De acordo com os pressupostos actualmente utilizados pela EDIA/DGADR para os projectos do Alqueva, considera-se que os valores de pressão garantidos nos hidrantes no projecto de 2006 são excessivos. Este facto foi confirmado no terreno onde se observaram na área em estudo inúmeras parcelas com rega gota-a-gota e, por outro lado, observou-se o aumento da área ocupada pelo olival.

Mesmo considerando instalações de rega, como as rampas pivotantes, que na grande maioria dos casos estas operam com pressões da ordem dos 400 kPa.

5.3. Alternativa B

Na Alternativa B, a área total beneficiada é de 8 798 ha, e foi dividida em 6 blocos (Figura 8): Alter do Chão I e Fronteira (5 006 ha); Crato (224 ha); Alter do Chão II (1 006 ha); MD do Maranhão (404 ha); Benavila (1 796 ha); e Avis (362 ha). A Alternativa B tem como base as diferenças altimétricas existentes nas manchas de solos a beneficiar dentro do concelho de Alter do Chão que permitiam redefinir um bloco com cotas inferiores a (200) - Alter do Chão II. Nesta solução este bloco é beneficiado a partir da ribeira da Seda (Figura 8), sendo necessário para tal construir um açude e uma estação elevatória (caudal = 1,09 m³ s⁻¹ e altura de elevação = 85 m). Para os restantes blocos, as soluções são idênticas às delineadas na Alternativa A. Nesta solução, o caudal de dimensionamento da estação elevatória de Alter do Chão I e Fronteira é de 4,93 m³ s⁻¹ e a altura de elevação é de 61 m e o diâmetro da conduta elevatória é de 1 800 mm.

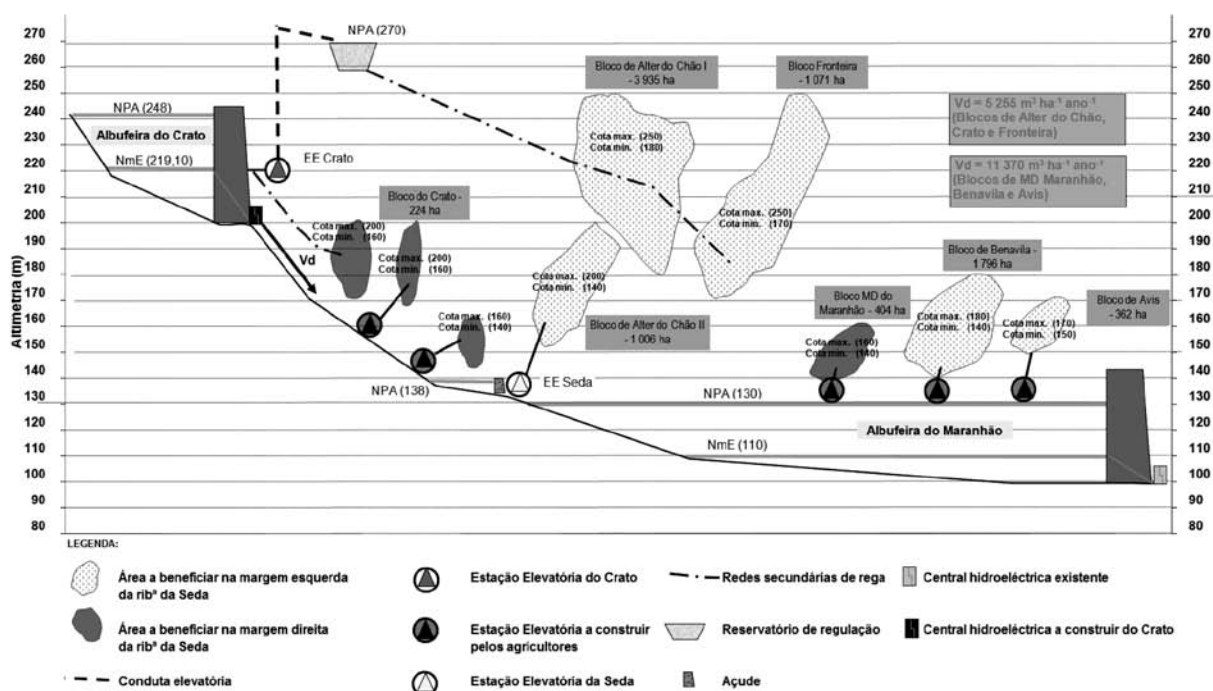


Figura 11 – Esquema altimétrico da Alternativa B.

5. 4. Custos de investimento, de manutenção e conservação, de exploração e operação

Foram estimados os custos de investimento para a construção das infra-estruturas e os encargos anuais de exploração, operação e manutenção das duas alternativas. Os investimentos foram calculados com base na medição dos elementos de obra e em preços de aplicação para a realização de empreitadas de natureza semelhante.

Para a determinação dos encargos anuais de manutenção e conservação atribuíram-se percentagens sobre o investimento inicial, sendo as mesmas de valor crescente ao longo do período de vida útil das obras. Os encargos de exploração dizem respeito ao custo da energia consumida.

Quadro 9 – Custos em euros de investimento, de exploração e de manutenção e conservação

Custos de Investimentos									
	Barragem	Conduta adutora	Reservatório de comando	Estações elevatórias + estação de filtração do Crato	Redes de distribuição	Realojamentos dos residentes na aldeia do Pisão	Mini-Hídrica	Açude de Betão	TOTAL
Alternativa A	33.623.000	7.647.400	890.000	8.366.000	31.477.792	10.861.000	2.353.000		95.218.192
Alternativa B	33.623.000	6.250.700	890.000	9.502.000	30.760.692	10.861.000	2.353.000	1.500.000	95.740.392
Custos anuais de exploração									
Alternativa A	Blocos de Alter do Chão e Fronteira			495.180					
	Receitas (produção de energia)			120.000					
Alternativa B	Blocos de Alter do Chão e Fronteira			402.930					
	Blocos de Alter do Chão II			113.940					
	Receitas (produção de energia)			146.400					
Custos anuais de manutenção e conservação para grandes reparações									
	Manutenção e Conservação			Grandes Reparações					
Alternativa A	908.553			430.073			1.338.626		
Alternativa B	929.847			433.130			1.362.977		

5. 6. Avaliação Económica

A avaliação económica tem como principal objectivo a análise da rentabilidade do capital que será investido no empreendimento do Crato de forma a aferir o “quanto se ganha” ou se “perde” no final do projecto. No entanto, tratando-se dum investimento do Estado, importa complementar esta avaliação com a análise dos impactos do empreendimento na balança comercial, na segurança alimentar, no apoio a outras empresas nacionais, no emprego, no ambiente e na garantia do abastecimento público aos concelhos do Norte Alentejano.

A avaliação económica do empreendimento do Crato teve por base o cálculo dos seguintes indicadores: Valor Actualizado dos custos; Custo Anual Equivalente; Custo anual equivalente por ha; e Custo do m3 de água.

A produção de energia depende dos volumes de água que são derivados para a rega dos blocos da MD do Maranhão, Benavila e Avis. Assim, e de modo a garantir a optimização do sistema foi admitida na análise económica que a mini-hídrica do Crato será explorada pela Associação de Regantes à semelhança do que acontece com as centrais do Maranhão e de Montargil do perímetro de rega do Sorraia.

Por outro lado, e face à importância da barragem do Crato no abastecimento público, foi admitido que a componente agrícola seria responsável apenas por 50% do investimento, assim como, por 50% dos custos de manutenção e conservação da barragem do Crato.

No Quadro 10 apresentam-se os resultados obtidos para a taxa de actualização de 6%.

Ao nível do aproveitamento e para a Alternativa A, o preço poderá variar entre 0,0426 € m⁻³ e 0,1908 € m⁻³ ou, se se preferir, entre 167 € ha⁻¹ ano⁻¹ e 747 € ha⁻¹ ano⁻¹.

A diferença registada entre as Alternativas A e B no custo actualizado e no custo anual equivalente é mínima variando entre 1% e 0,7%. Quando se compara o custo da água, aquela diferença aumenta ligeiramente, variando entre 2,3% e 2,6%.

Quadro 10 – Custo Actualizado, Custo Anual Equivalente e Custo da Água das Alternativa A e B

	Taxa de Actualização	Alternativa	Valor Actualizado dos Custos (€)	Custo Equivalente Anual (€)	Custo (€ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Custo do m ³ da água (€ m ⁻³)
Sem participação	6%	A	105 105 308	6 668 331	747	0.1908
		B	105 847 575	6 715 424	765	0.1952
Com participação em 75% do Investimento inicial	6%	A	43 762 497	2 776 480	311	0.0794
		B	44 216 472	2 805 282	319	0.0815
Com participação em 100% do Investimento inicial	6%	A	23 456 227	1 488 164	167	0.0426
		B	23 672 771	1 501 902	171	0.0436

6. CONCLUSÕES

As duas alternativas A e B foram dimensionadas de modo a garantir uma pressão mínima nos hidrantes mais desfavoráveis de 80 a 100 kPa. No entanto, a Alternativa A revela-se mais vantajosa que a Alternativa B em termos da qualidade de serviço da rede. Na Alternativa A verifica-se que cerca de 90% da área do Bloco de Alter do Chão e Fronteira (6 153 ha) tem pressões superiores a 200 kPa, não sendo por isso necessário o agricultor instalar sobreprensoras para o funcionamento dos sistemas de rega gota-a-gota ou mesmo de aspersão. Estas pressões são garantidas pela posição altimétrica do reservatório de regulação (>270), sendo a altura de elevação máxima de 61 mca. Na Alternativa B o patamar altimétrico mais baixo das manchas de solos delimitadas no concelho de Alter do Chão constituem o Bloco de Alter do Chão 2 (1 006 ha) que é beneficiado a partir da ribeira da Seda, sendo a altura de elevação de 85 mca. Comparativamente com a Alternativa A verifica-se que para beneficiar aquelas manchas de solos, a altura de elevação é superior e por outro lado a pressão disponível nos hidrantes que beneficiam terrenos com cotas superiores a (185,00) não é suficiente para o funcionamento dos sistemas de rega sem o recurso a sobreprensoras. Em compensação na Alternativa B o volume que será turbinado na mini-hídrica do Crato é cerca de 20% superior ao da Alternativa A.

O bloco do Crato é beneficiado graviticamente em ambas as Alternativas a partir do by-pass à Estação Elevatória do Crato. Também em ambas Alternativas os blocos da Margem Direita do Maranhão, Benavila e Avis deverão ser beneficiadas através de infra-estruturas dos agricultores.

A Alternativa B implica um maior número de infra-estruturas, possuindo por isso um grau maior de complexidade de operação e gestão.

Do ponto de vista económico as Alternativas A e B são equivalentes, verificando-se diferenças mínimas, da ordem dos 2%, favorável à Alternativa A.

Ponderando os aspectos técnicos e económicos, conclui-se que a Alternativa A é preferível à Alternativa B. Propondo-se a adopção da Alternativa A relativamente à solução preconizada no Projecto de Execução.

A mini-hídrica prevista para o Crato irá turbinar os volumes excedentários e o volume de água derivado para a rega dos blocos beneficiados a partir da ribeira da Seda/regolfo do Maranhão, sendo a produtividade média anual de cerca de 2GWh. Se for admitida a sua promoção em conjunto com a beneficiação do regadio, a mini-hídrica constitui uma mais valia para o projecto.

A análise do estado da barragem da Póvoa que serve o sub-sistema 3 e a simulação da exploração da barragem, mostram que a barragem do Crato é fundamental para uma garantia de 100% no abastecimento público. Neste estudo foram estudadas 3 Alternativas para a conexão da barragem do Crato ao sub-sistema 3.

A optimização da valia agrícola que permitirá beneficiar 8 939 ha, cujos custos poderão parcialmente ser suportados pela valia eléctrica e a necessidade de criar uma reserva estratégica de água que possa garantir o abastecimento público fundamentam o interesse do projecto de fins múltiplos do Crato. A construção deste empreendimento de fins múltiplos assume um papel fundamental para o desenvolvimento desta região, destacando-se as componentes agrícolas, abastecimento urbano, produção de energia e turismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN R.G.; SMITH M.; PEREIRA L.S. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper nº 56. Roma (Itália), FAO. 300 pp.
- ARBVS (2010). Comunicação pessoal
- BARROSO V. (2010). Comunicação pessoal.
- CALEJO M.J.; TEIXEIRA J.L.; MATIAS P.; Pereira L.S (2006). "Modelação estocástica da procura para a rega", in Actas em CD-ROM do 8º Congresso da Água, Figueira da Foz (Portugal), 13 - 17 de Mar.
- CALEJO M.J.; TEIXEIRA J.L.; PEREIRA L.S. (2008). "Simulação da procura numa rede de rega operando a pedido: o modelo IRDEMAND". Ingeniería del Agua, 14, 3, pp. 155-168.
- CLÉMENT R. (1966). «Calcul des débits dans les réseaux d'irrigation fonctionnant à la demande». La Houille Blanche, 5, pp. 553-575.
- COBA (2000). Aproveitamento Hidroagrícola do Crato. Estudo de Viabilidade Ambiental e Económica. Nota Técnica 1 – Caracterização da Situação de Referência, Condicionantes Técnicas e Ambientais. Estudo de Soluções Técnicas Alternativas. Lisboa (Portugal).
- COBA (2001). Aproveitamento Hidroagrícola do Crato. Estudo de Viabilidade Ambiental e Económica. Nota Técnica 2 – Estudo de viabilidade Técnica, Ambiental e Económica da Alternativa Seleccionada. Volume Redes de Rega, de Drenagem e Viária. Lisboa (Portugal).
- COBA (2003). Reformulação do Projecto da Barragem do Crato, Acesso ao Coroamento e Estudo de Impacte Ambiental. Lisboa (Portugal).
- FERREIRA F.E; MONTEIRO G. (2000). Contribuição da Geologia de Engenharia no Projecto de Reabilitação de Barragens – O caso da barragem da Póvoa, in VIIº Congresso Nacional de Geotecnia. Porto (Portugal), 10 - 13 Abr..
- FLEXIBETÃO, (2007). Estação Tratamento de água da Povoia. Tela Final.
- HIDROPROJECTO (2000). Sistema Municipal de abastecimento de água e saneamento do Norte Alentejano. Estudo Prévio. Lisboa (Portugal).

INAG (2010). Barragens de Portugal. [Consult. 16 de Abr. 2010] Disponível em WWW:←URL: http://cnpqgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Povoades.htm.

OLIVEIRA M.S; FERNANDES I.R.; SILVA J.D. (2004). Adequação dos descarregadores de cheias das barragens do sistema Nisa. Soluções Propostas, in Actas em CD-ROM do 7º Congresso Nacional da Água, Lisboa (Portugal), 8 - 12 Mar..

PROSISTEMAS (2006). Projecto de Execução do Aproveitamento Hidroagrícola dos Crato. Volume I – Rede de Rega. Tomo 1 – Memória Descritiva e Justificativa. Lisboa (Portugal).

PROSISTEMAS e COBA (1999). Reabilitação e Modernização da Obra de Rega do Vale do Sorraia. Lisboa (Portugal).

ROSSMAN L.A.; BOULOS P.F.; ALTMAN T.A. (1993). "Discrete volume element method for network water quality models". Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 119, 5, pp.: 505-517.

TEIXEIRA, J.L. (1994) .Programa ISAREG Guia do Utilizador. Lisboa (Portugal), Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

TEIXEIRA, J.L.; PEREIRA, L.S. (1992). "ISAREG, an irrigation scheduling simulation model". ICID Bulletin, 41, 2, pp.: 29-48.

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA VEIGA DE CHAVES

Intervenção para garantia de futuro

ALVES, Francisco Rodrigues¹

RESUMO

A Veiga de Chaves estende-se ao longo do Rio Tâmega, na direcção NE-SW, com aproximadamente 8 km de comprimento por 2,5 km de largura média.

O Aproveitamento Hidroagrícola, incluído no Plano de Obras de Hidráulica Agrícola de 1935, da então JAOHA, beneficia no presente uma área de 1658 ha na margem esquerda do rio, abaixo da curva de nível de cota (355 m) equipada em 2 fases distintas: Bloco I, de 976 ha construído de acordo com o projecto de 1936, com distribuição gravítica sem pressão e em exploração desde 1947, e o Bloco II com 682 ha, cujas infra-estruturas foram concluídas em 2002 que dispõe já de distribuição sob pressão.

Os blocos têm igualmente origens de água distintas: enquanto que o Bloco I faz recurso aos caudais desviados do rio Tâmega através de um açude galgável construído a cerca de 200 m a jusante da confluência da Ribeira de Feces com o Tâmega, o Bloco II é alimentado pelas reservas hídricas criadas pela construção da Barragem de Arcossó, na ribeira do mesmo nome.

Em exploração há mais de 5 décadas, as infra-estruturas que equipam o Bloco I foram objecto de importante intervenção de reabilitação e modernização nos anos 90 o que permitiu assegurar o interesse na utilização colectiva deste perímetro por parte dos cerca de 2500 utilizadores.

Palavras-chave: Aproveitamento hidroagrícola, reabilitação; modernização.

¹ Eng^o Agrónomo, DRAPNorte, rodriguesalves@drapn.min-agricultura.pt

1. LOCALIZAÇÃO

Localizado no Norte do país, na bacia hidrográfica do Rio Douro, junto à cidade de Chaves, o Aproveitamento Hidroagrícola do Vale de Chaves beneficia presentemente uma área de elevado potencial agrícola de 1658 ha, na margem esquerda do rio Tâmega, desenvolvendo-se praticamente desde a fronteira com Espanha na direcção NE-SW até 3 km a Sul daquela cidade abaixo da curva de nível de cota (355 m).

2. O PERÍMETRO DE REGA

O Aproveitamento Hidroagrícola de Veiga de Chaves domina as freguesias de Vila Verde da Raia, Santo Estêvão, Outeiro Seco, Faiões, Eiras, Santa Cruz, Madalena (Chaves), Vilar de Nantes, Samaiões e Paradela da Veiga, e está dividido em 2 blocos resultantes das duas fases de execução, diferenciadas no tempo e com origens de água distintas.

O Bloco I actualmente com 976 ha, corresponde à zona beneficiada proposta no projecto desenvolvido pela Junta Autónoma de Obras de Hidráulica Agrícola em 1936 para uma área inicial de 1070 ha e já incluída no Plano de Obras de 1935.

Iniciada a construção em 1939 entrou em exploração em 1947 tendo sido entregue a Associação de Regantes e Beneficiários da Veiga de Chaves no ano imediato.

O Bloco II com 682 ha, cuja construção terminou em 2002 com financiamento comunitário PAMAF surge na sequência lógica dos estudos iniciados no final da década de 70 no âmbito do PDRITM.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS

Bloco I – Actualmente com 976 ha, os 1070 hectares iniciais beneficiados com o projecto da JAOHA, distribuíam-se, na Veiga por 3 zonas distintas:

4. 101 hectares, ao Norte da ribeira de Arcossó (desde 1800 m a montante);
5. 696 hectares, entre a ribeira de Arcossó e a ribeira de Avelãs;
6. 273 hectares ao Sul da ribeira de Avelãs (até 2250 m a jusante da ribeira da ponte).

O regadio desta área baseia-se na utilização do caudal de estiagem do rio Tâmega, sendo de 1,081 m³/s o caudal a derivar para a rega no mês de maior consumo.

A derivação deste caudal faz-se por meio de um açude galgável assente em rocha de fundação granítica, micaxística e gneissica.



Figura 1 - Açude no Tâmega

O açude é encastrado 1,50 m na rocha da fundação para o perfil de maior altura igual 5,76 m. Com um desenvolvimento da crista de 232 m, com coroamento arredondado, tem o paramento de montante vertical em 2,76 m desde a cota (356,3) – coroamento – até à cota (353,54), “seguido depois por paramento de jorramento igual a 1/8, no comprimento de 3,08 m, ou seja até à cota (350,50), nível mais baixo das fundações” (JAOHA. Relatório 1936 vol.I)

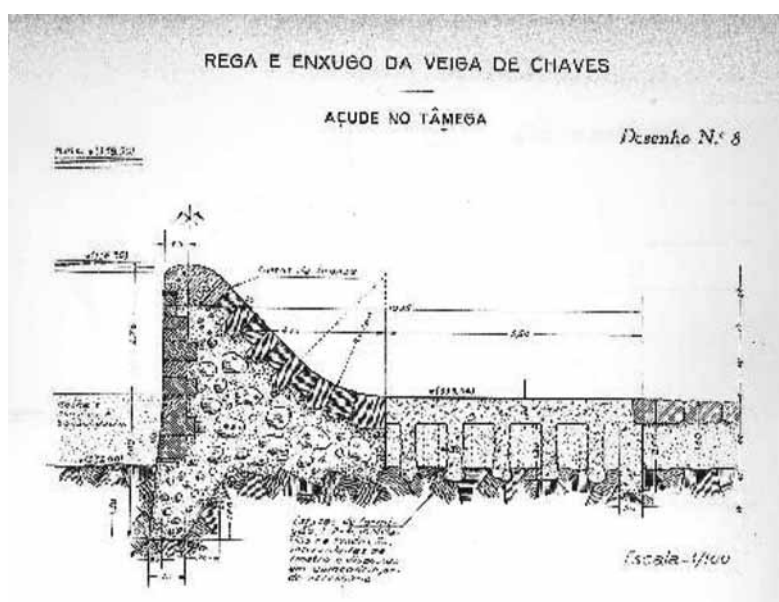


Figura 2 - Açude – corte transversal

O paramento de jusante tem a inclinação de 1/1. Construído em betão com 10% de pedra grossa e revestido de alvenaria de fiada, de granito, o açude funciona como descarregador em toda a extensão da crista.

A água derivada para a rega é conduzida por um canal estabelecido na margem esquerda cujo troço inicial (canal moderador) tem secção rectangular de 3,10 m de largura por 2,35 m de altura revestido de alvenaria de fiada de granito.

A rede primária é constituída por um canal condutor geral com 11430 m de comprimento que se desenvolve ao longo do vale, com perfil trapezoidal com 1 m de largura de rasto e 1,6 m de altura

total e uma inclinação das espaldas de 1:1. Foi dimensionado para transportar um caudal de 1,1 m³/s sendo o horário de rega de 24/24h.



Figura 3 - Canal na Veiga (Bloco I)

Os taludes e o fundo do canal são revestidos a betão armado, de 10 cm de espessura, e armaduras longitudinais e transversais, constituídas por ferros de ¼ " de diâmetro, formando malhas de 20 cm de lado.

Possui algumas obras de arte: 3 sifões (Ø 1,30 m) nas ribeiras de Lama, Arcossó e Faiões, e 2 pontes-canais nas ribeiras dos Pinheiros e de Avelãs.

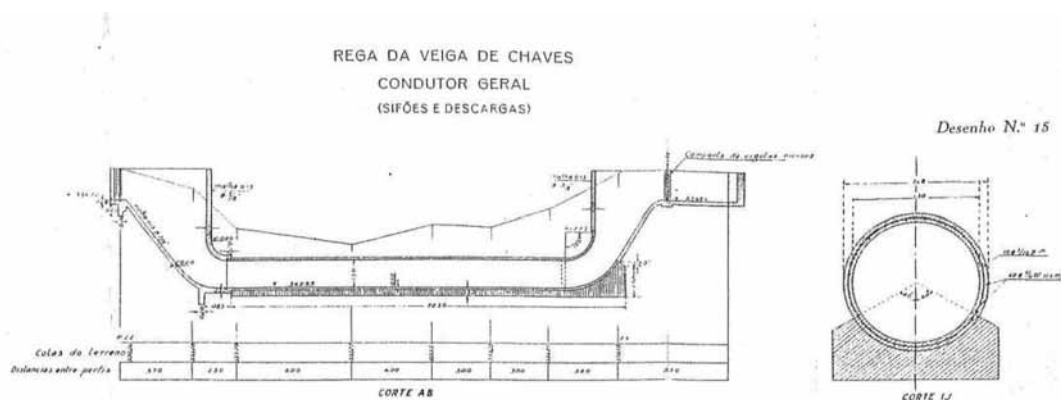


Figura 4 - Sifão tipo

Com o intuito de reforçar o caudal do canal foi construída uma estação elevatória com uma capacidade de 60l/s, entretanto desactivada por ser frequentemente afectada pelas cheias do rio Tâmega. Todavia e porque os caudais fornecidos pelo açude tem tido redução assinalável relativamente ao indicado no projecto inicial, o reforço tem sido garantido pelo potencial hídrico criado pela barragem de Arcossó efectuando-se em 2 pontos do canal, um quase logo quando o adutor entra na zona de rega junto à povoação de Stº Estêvão (460l/s) e outro mais a jusante antes do canal atravessar a estrada de Bragança (440 l/s).

A rede secundária era constituída por 28 regadeiras com um comprimento total de 61550 m, sendo 31550 m em conduta enterrada e 30000 m em caleira de secção rectangular pré-fabricada.



Figura 5 - Bloco I – bocas ao longo de caminho



Figura 6 - Boca de rega

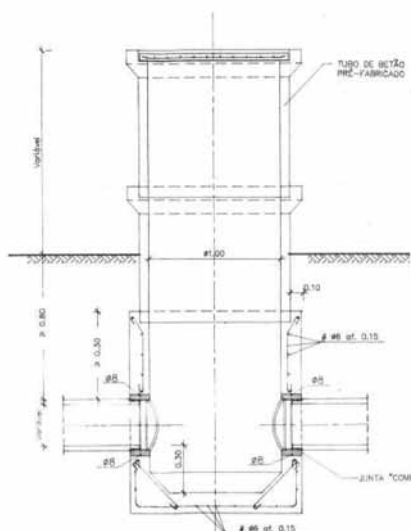


Figura 7 – Caixa tipo II

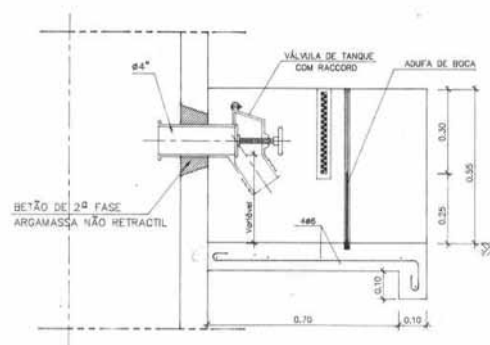


Figura 8 – Boca de rega tipo III

A rede de drenagem, hoje praticamente inexistente, limita-se às linhas de água naturais e algumas valas que cruzam o vale.

Nos finais da década de 70, início de 80, a DRATM, no âmbito da política que adoptou para incremento do regadio, consciente da importância do vale de Chaves e dos problemas que apresentava como, falta de água na origem, grandes perdas no transporte da água, complexa distribuição, e uma muito cara manutenção, factores que originam uma gestão muito difícil, procedeu a estudos no sentido de modernizar o perímetro existente e se possível aumentar a área regada.

Nestes estudos foram identificados os principais constrangimentos ao bom desempenho de infra-estruturas a nível hidráulico, mecânico ou estrutural.

Se para o açude não foi reconhecida qualquer necessidade de intervenção, dado o seu bom estado de conservação, já no que se refere à adução o equipamento hidromecânico justificou um cuidado específico.

Relativamente ao Canal Conductor Geral foram identificados três tipos de patologias:

1. Espaldas com macro-rugosidades, cavidades de pequena profundidade, revelação de fenda longitudinal, mas estruturalmente não deformado.

2. espalda com superfície mais ou menos degradada fenda longitudinal bem marcada com início de rotação estrutural
3. espaldas muito degradadas, em ruína e com deformações estruturais bem visíveis e irreversíveis

Por outro lado, e na generalidade, as juntas de retracção e dilatação apresentavam um péssimo estado de conservação, normalmente sem vedante, resultante da falta de conservação ao longo dos anos.

De igual modo um número significativo de regadeiras da rede secundária encontrava-se inoperacional. Por outro lado a rede de caleiras elevadas coloca grandes dificuldades à necessária mecanização das explorações.



Figura 9 - Bloco I - regadeira

Assim, no Bloco I, as obras de reabilitação constaram essencialmente na recuperação e impermeabilização com membrana de PVC do canal adutor principal (11450 m). A rede secundária foi praticamente desactivada e substituída por uma rede de distribuição em baixa pressão constituída por regadeiras em tubagem de PEAD, totalmente enterrada (65000 m). Também foi substituído todo o sistema de regulação e partição (comportas e módulos). Manteve-se todavia o fornecimento gravítico sem pressão a todas as parcelas do Bloco.



Figura 10 - Recuperação do Canal (Bloco I)



Figura 11 - Canal já revestido com PVC

Embora seja possível que nas maiores explorações seja adoptada a rega por aspersão com recurso a grupos de elevação individuais, admitindo-se que a rega de gravidade (rega por sulcos) ser o método mais divulgado mas que poderá haver evolução para o utilização de mangas perfurada, adoptou-se um modelo de bocas de rega constituídas por válvulas de tanque munidas com "racord" (união para mangueiras) por forma a permitir a utilização de mangas flexíveis para distribuição da água de rega ao nível da parcela, melhorando assim a eficiência de aplicação.

Manteve-se porém o método de distribuição por rotação com pedido prévio por parte dos regantes.

4. BLOCO II

O Bloco II com área de 682 ha tem forma alongada, com cerca de 9 km de comprimento e 750 de largura média, desenvolve-se no sentido N-S paralelamente ao rio Tâmega e ao Bloco I que o limite a Oeste como características principais deste Bloco pode-se referir:

Origem de água na albufeira de Arcossó, em local a cerca de 3 km a Norte do perímetro de rega
Adução em conduta fechada, pressurizada (carga natural)

Bloco de rega com distribuição em pressão adequada a rega por aspersão

Distribuição a pedido até às bocas de rega e por rotação a jusante das mesmas.

Para satisfazer as necessidades em água dos Blocos I e II recorreu-se à construção de 1 barragem na Ribeira de Arcossó (1999), com as seguintes características:

Aterro de enrocamento com cortina de impermeabilização em betão a montante;

Volume de aterro 386 620 m³;

Altura acima da fundação 40 m;

Comprimento de coroamento 315 m;

Volume armazenado ao NPA 4 876 000 m³.

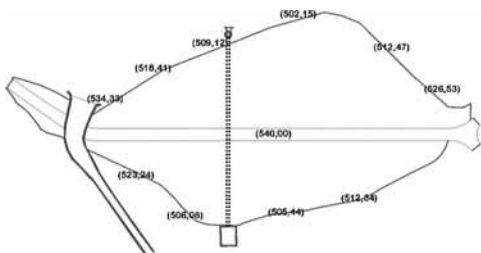


Figura 12 - Barragem - Planta

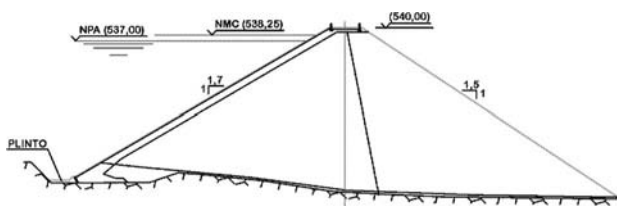


Figura 13 - Barragem - Perfil



Figura 14 - Barragem de Arcossó vista de montante

Como a tomada de água da barragem está à cota 500 m e o perímetro tem uma cota média de cerca de 350 m, foi necessário recorrer à instalação de equipamento de regulação de pressão. Como é evidente a água neste Bloco II, cuja área é de 682 ha, é fornecida aos agricultores com pressão [5 kg/cm²], que permite a utilização de outros métodos de rega como a aspersão ou a gota-a-gota que não podem ser utilizados no Bloco I. O projecto permite a instalação no futuro de uma mini hídrica para a produção de energia, aproveitando a carga excedentária.

A conduta adutora principal destina-se a transportar um caudal de 900l/s de reforço ao Bloco I e 650 l/s para a rega do Bloco II, é constituída por tubagem de FFD e PEAD com um comprimento total de 12000 m tendo no início um diâmetro 1000 mm e no troço final 400 mm. Desenvolve-se ao longo do eixo do Bloco sensivelmente pelo centro de gravidade dos consumos. É a partir desta conduta principal que são derivadas as condutas de reforço de Caudal ao Canal Condutor Geral do Bloco I. Tendo em conta a posição da rede de distribuição relativamente à origem de água verifica-se um excedente de carga ao longo de todo o seu desenvolvimento.

Das diversas opções técnicas para se ultrapassar este problema optou-se pela interposição na conduta adutora de uma câmara de perda de carga que não compromete no futuro a recuperação desta energia (mini hídrica) e que evita elevadas velocidades de escoamento nos ramais que conduziria inevitavelmente ao envelhecimento precoce da tubagem.

A rede secundária é constituída por 33 ramais em tubo de PEAD com um comprimento total de 23000 m. A distribuição é feita por 117 hidrantes que permite regular a pressão e caudal que cada agricultor necessita.

5. EXPLORAÇÃO

A estrutura da propriedade do vale, é como em todo o Trás-os-Montes caracterizada pelo minifúndio. A título meramente informativo, no Bloco I em 1986 existiam 117 explorações com áreas até 0,5 ha, 330 com área entre 0,5-1 ha, só 7 explorações tinham entre 20-50 ha e apenas uma exploração com 70 ha.

A Associação de Regantes, Beneficiários da Veiga de Chaves, presentemente com 2246 associados, tem sido, desde 1948, a entidade gestora deste Aproveitamento Hidroagrícola do Grupo II, que sempre apresentou um elevado valor de adesão ao regadio traduzido na relação área regada/área beneficiada.

O Gráfico I representa a evolução das áreas regadas no Aproveitamento nos anos 1988 a 2008 (20 anos).

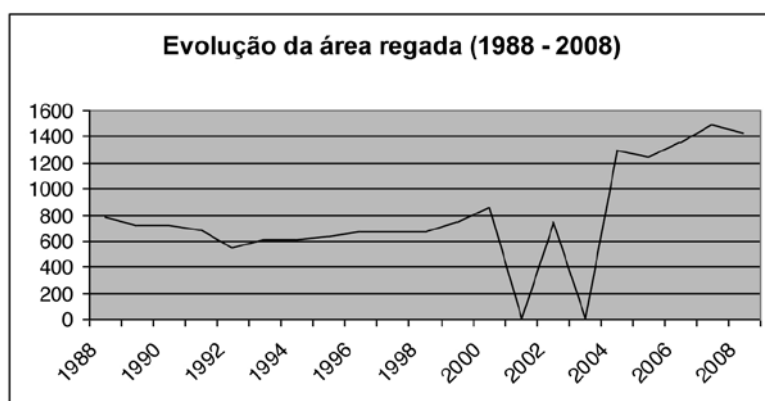


Figura 15 - Gráfico I – Nota: anos de 2001 e 2003 sem dados disponíveis

Sendo tradicionalmente um aproveitamento no qual a cultura da batata sempre foi dominante, sofre contudo uma alteração assinalável, porquanto a partir de meados da década de 80 a cultura do milho foi ganhando a preferência dos regantes ultrapassando já os 50% da área (ver gráfico II), o que se tem traduzido por uma significativa utilização da rega de aspersão, conforme se demonstra no gráfico III.

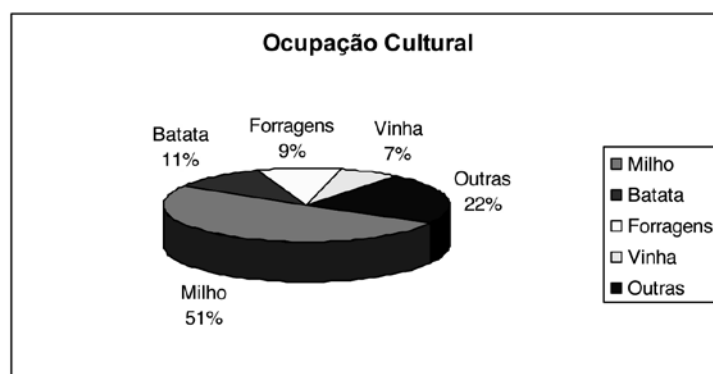


Figura 16 - Gráfico II

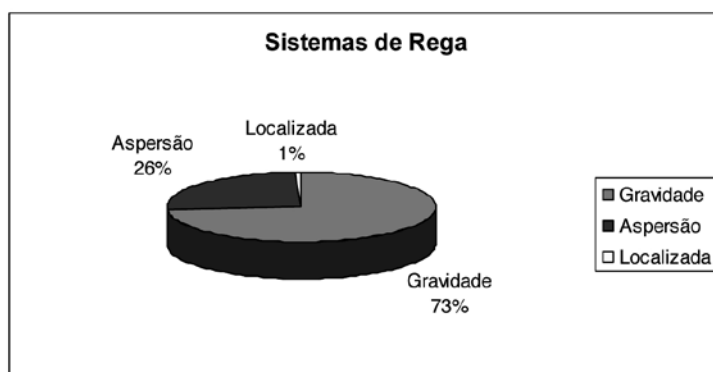


Figura 17 - Gráfico III

6. CONCLUSÃO

As obras de reabilitação e modernização, bem como as novas infra-estruturas com que foi dotado o Aproveitamento Hidroagrícola da Veiga de Chaves permitiram:

- Uma maior disponibilidade de água;
- Melhoria da eficiência no transporte e distribuição;
- Aumento da área regada;
- Diversificação das culturas com um incremento da cultura do milho forragem;
- Melhor e mais fácil gestão do perímetro.

Pode-se assim, afirmar sem qualquer tipo de dúvidas que os melhoramentos levados a efeito foram de vital importância para a sobrevivência deste histórico perímetro de rega, assegurando as condições necessárias à continuidade deste importante pólo de desenvolvimento regional assente numa agricultura de futuro.

BIBLIOGRAFIA:

- JUNTA AUTÓNOMA DAS OBRAS DE HIDRÁULICA AGRÍCOLA. Relatório de 1936. Lisboa 1937
- JUNTA AUTÓNOMA DAS OBRAS DE HIDRÁULICA AGRÍCOLA. Relatório de 1937. Lisboa 1938
- DIRECÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DE TRÁS-OS-MONTES (1991). "Aproveitamento Hidroagrícola do Vale de Chaves e seus Vales Secundários. Reabilitação do Sistema de Rega do Bloco I Rede Primária"
- DIRECÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DE TRÁS-OS-MONTES (1991). "Aproveitamento Hidroagrícola do Vale de Chaves e seus Vales Secundários. Reabilitação do Sistema de Rega do Bloco I Rede Secundária"
- DIRECÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DE TRÁS-OS-MONTES (1993). "Aproveitamento Hidroagrícola do Vale de Chaves e seus Vales Secundários. Sistema de Rega do Bloco II"

TEMA 2

**O EMPREENDIMENTO DE FINS
MÚLTIPLOS DE ALQUEVA.**

**OS SUBSISTEMAS DE ALQUEVA,
PEDROGÃO E ARDILA**

EVOLUÇÃO VERIFICADA NAS INFRA-ESTRUTURAS DO SUBSISTEMA DE ALQUEVA - DO ESTUDO PRÉVIO À CONSTRUÇÃO

Alexandra BRAGA DE CARVALHO¹

RESUMO

No artigo são apresentadas as principais alterações do Estudo Prévio do Sub-sistema de Alqueva, são discutidas as evoluções verificadas nos respectivos pressupostos de base e apresentadas as modificações que, foram introduzidas no âmbito dos diversos Projectos. Na análise, que se apresenta, são explicitadas as diversas iterações de revisão e optimização das infra-estruturas em equação, sendo colocada particular ênfase na explicitação dos pressupostos, argumentos e condicionantes que determinaram as evoluções havidas e na quantificação que os diferentes impactos tiveram nas modificações entretanto verificadas.

Palavras-chave: Infra-estruturas, circuito hidráulico, optimização, Alqueva.

¹ Eng.^a Agrícola, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 00351284315100, acarvalho@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

O Subsistema de Alqueva pertencente ao Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), tem a sua principal origem de água na Albufeira de Alqueva (NPA-152) e visa, essencialmente, efectuar a rega a 63.000 ha e reforçar o abastecimento de água às albufeiras de Odivelas, Vale de Gaio e Roxo.

Este artigo visa a análise e discussão das principais alterações introduzidas no Sub-sistema de Alqueva, entre a fase de Estudo Prévio e a dos Projectos de Execução respectivos. Assim, nesta comunicação são discutidas as principais evoluções verificadas nos respectivos pressupostos de base e apresentadas as modificações que foram introduzidas no âmbito dos diversos Projectos, já elaborados e em implementação ou implementados. Da evolução preconizada, resultou uma diminuição do comprimento dos adutores, uma diminuição do número de estações elevatórias e também uma diminuição da potência instalada.

2. ESTUDO PRÉVIO

O Estudo Prévio foi desenvolvido para o Sistema Global do EFMA, em 1996² e tinha como pressupostos base o fornecimento de água a cerca de 70% da área a beneficiar com pressão (com um caudal de dimensionamento de 1,5 l/s.ha) e a 30% por gravidade (com um caudal de dimensionamento de 1,9 l/s.ha) A rede secundária era pressurizada através de estações elevatórias, ligadas directamente à rede primária, ou seja, sem reservatórios de regularização.

As infra-estruturas do Estudo Prévio beneficiavam cerca de 71.000 ha e nele consideravam-se como infra-estruturas principais:

- o Circuito Alqueva-Álamos
- a Barragem do Loureiro
- o Troço de Ligação Loureiro-Alvito
- a Barragem de Barras
- a Barragem do Pisão
- a Barragem de Alfundão
- a Barragem do Penedrão

No Circuito Alqueva-Álamos está incluída:

- A Estação Elevatória dos Álamos que, à época era essencialmente constituída por duas tomadas de água independentes na albufeira (uma para cada grupo), seguidas de curtos troços de adução, em túnel, até às bombas instaladas em poços adjacentes. O caudal de dimensionamento de cada grupo de bombagem era de 28 m³/s, perfazendo os 2 grupos o caudal de dimensionamento de 56 m³/s.
- As infra-estruturas de regularização dos Álamos, constituídas por três barragens e por duas albufeiras ligadas através de um canal com cerca de 300 metros. O volume total era de 27 hm³ e o NPA é 231,5.
- O canal Alamos-Loureiro que tinha um caudal de dimensionamento de 39,8 m³/s e uma extensão de 9950 metros e era constituído por canal a céu aberto e por troços em "cut and cover".

² Estudo Prévio do Sub-sistema Alqueva (HP,1996)

A **Barragem do Loureiro** com uma capacidade total de 10,3 hm³ e o NPA à cota [222], é o ponto da divisão de caudais destinados ao Alto e ao Baixo Alentejo, sendo os primeiros abastecidos através do canal Loureiro - Monte Novo e os segundos pelo túnel Loureiro – Alvito.

O Troço de **Ligação Loureiro-Alvito** era constituído fundamentalmente, por um túnel com cerca de 5700 metros que permitia transferir caudais a partir da albufeira do Loureiro até próximo da linha de água, onde cerca de 4 km a jusante, se localizava a albufeira de Alvito. Entre a saída do túnel e a entrada na linha de água os caudais eram transportados por um canal com cerca de 2000 metros. O caudal de dimensionamento destas infra-estruturas era de 32,2 m³/s.

A **Barragem de Barras** localizava-se na Ribeira de Vila Nova de Soberana e criaria uma albufeira com uma capacidade de armazenamento de 10,5 hm³. Esta albufeira era abastecida por um adutor a implantar na margem direita da Ribeira de Odivelas, com início numa tomada de água na albufeira de Alvito. A jusante da albufeira de Barras iniciava-se a adução para a albufeira de Vale de Gaio, que no seu percurso regaria directamente os solos entre Vila Nova da Baronia e o Torrão.

Na margem esquerda da ribeira de Odivelas, na albufeira do Alvito, seria construída outra tomada de água para aduzir a água para Sul abastecendo as albufeiras das barragens de Odivelas, Alfundão, Pisão, Penedrão e Roxo. No seu percurso esta adução beneficiava também cerca de 58.000 ha.

A infra-estrutura de adução que aduzia água à albufeira de Odivelas era uma derivação do canal principal que terminava na **albufeira do Pisão** com o NPA (160) e com uma capacidade de cerca de 15 hm³. Esta derivação beneficiava também a adução à albufeira de Alfundão. A barragem de Alfundão localizava-se na ribeira da Tramagueira e criava uma albufeira com 1,6 km² e 6,4 hm³ de capacidade total e com o NPA à cota [130]. A jusante desta barragem iniciava-se um canal que regava directamente a zona Alfundão e Ferreira do Alentejo.

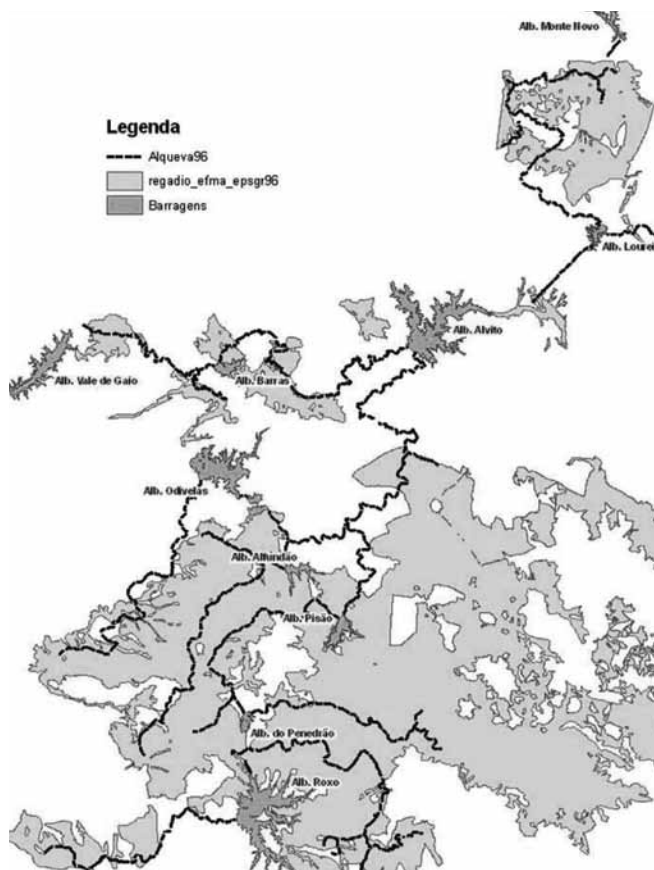


Figura 1 - Estudo Prévio do Subsistema de Alqueva

Na tomada de água da barragem do Pisão iniciava-se a adução à albufeira do Roxo que beneficiaria cerca de 32.000 ha, através de um canal até à albufeira do Penedrão e de uma conduta que passava por baixo desta albufeira e que se desenvolvia até à albufeira do Roxo. A **albufeira do Penedrão** (NPA 170) teria, então, um volume de 6,2 hm³ e uma área inundada de 0,9 km² e a partir de uma estação elevatória (EE) nesta albufeira irrigar-se-ia toda a zona a norte das cabeceiras do Roxo até perto de Beja. A jusante da barragem do Penedrão haveria um outro canal com uma estação elevatória no seu início que elevava os caudais para beneficiar as cabeceiras do Roxo.

Resumindo, o **Estudo Prévio do subsistema de Alqueva /Alto Alentejo** era composto por um conjunto de canais com cerca de 46 km, 2 estações elevatórias principais com uma potência global instalada de 0,5 MW e 15 estações elevatórias secundárias com uma potência global instalada de 7,7 MW. O **Estudo Prévio do subsistema de Alqueva/Baixo Alentejo** era composto por 288 km de canais, 10 estações elevatórias principais com uma potência global instalada de 126 MW, 98 estações elevatórias secundárias com uma potência global instalada de 80,1 MW e 6 centrais mini-hídricas com uma potência global instalada de 12,6 MW.

3. PROJECTOS DE EXECUÇÃO

Com o avançar dos Estudos e Projectos foram redefinidas as manchas de rega, pois nos estudos iniciais as manchas a regar foram traçadas de uma forma muito abrangente, incluíam zonas com montados de azinho e sobreiro, zonas com plantações de pinhal e eucalipto, o leito de algumas ribeiras e também algumas zonas que foram recentemente consideradas como zonas de protecção especial (ZPE).

Para além destes condicionalismos ambientais, implementaram-se também novos pressupostos de base, de que resultou, nomeadamente, a exclusão de áreas por terem cotas elevadas.

Assim, no decorrer do desenvolvimento dos projectos de execução e para além dos acertos decorrentes de um melhor conhecimento das condicionantes topográficas, geológico-geotécnicas e ambientais, alteraram-se os circuitos hidráulicos de modo a reduzir energia na bombagem, a diminuir e otimizar as infra-estruturas de adução (evitar infra-estruturas paralelas, por exemplo) e aumentar a regularização com a criação de reservatórios junto das áreas a beneficiar.

Em sequência, foram realizados, ao longo destes cerca de 15 anos, diversos estudos e projectos de execução para o Sub-sistema Alqueva, que conduziram à configuração final de infra-estruturas, que beneficiará cerca de 63.000 ha e onde se destacam as seguintes grandes alterações - em relação ao constante do Estudo Prévio (HP, 1996):

- Canal de Adução do Monte Novo - diminuição do caudal de dimensionamento e do comprimento e ainda a introdução de reservatórios de regularização;
- Túnel Loureiro – Alvito – diminuição do caudal de dimensionamento, mas aumento da extensão da infra-estrutura, pois verificou-se que a ribeira de Oriola, na secção anteriormente prevista, não tinha capacidade de transporte para o caudal de dimensionamento;
- Barragem de Alvito - criação apenas de uma tomada de água, na margem esquerda da albufeira, em vez das duas que estavam previstas (uma em cada margem);
- Circuito Hidráulico de Vale de Gaio - alteração do traçado, com a diminuição do caudal de dimensionamento e da extensão e também, com a não execução da Barragem das Barras, mas com a criação de dois reservatórios intermédios a cotas mais elevadas, para beneficiar as áreas a regar a jusante, sem recorrer a estações elevatórias;

- Barragem de Odivelas - alteração do circuito de adução, que se veio a realizar através do circuito hidráulico de Vale de Gaio, permitindo assim diminuir o caudal de dimensionamento do Canal Alvito-Pisão e o percurso da adução;
- Barragem de Alfundão - procedeu-se à eliminação desta barragem;
- Barragem do Pisão - a saída da colocação “em linha” desta barragem, na Adução Alvito-Roxo, permitiu que a adução à barragem do Penedrão fosse gravítica e que também fosse reduzido o NPA desta albufeira (inundando-se assim menos solos agrícolas de boa aptidão e evitando também a inundação da EN 259);
- Área de rega em torno de Ferreira do Alentejo - procedeu-se à eliminação de diversos adutores que se desenvolviam em paralelo, para a beneficiar;
- Adução Pisão-Beja - a adução às manchas de rega perto de Beja, passou a ser feita através desta adução em vez de ser através da Albufeira do Penedrão, ou seja, diminuiu a extensão dos adutores e optimizou-se a altura de elevação, pois a cota piezométrica do escoamento nesta derivação é superior;
- Barragem de Cinco Reis - foi criado este novo reservatório, que se destina, essencialmente, à regularização dos pedidos a satisfazer nas áreas a regar a Oeste de Beja e a Sul desta barragem.

Como se pode constatar pela análise da Figura 2, as diferenças verificadas, entre o Estudo Prévio e o que foi construído, são bastante importantes, permitiram simplificar substancialmente as infra-estruturas a implantar, quer primárias, quer secundárias, diminuindo os investimentos globais e os respectivos custos de manutenção e exploração.

Como exemplo das outras alterações introduzidas cita-se:

1. Em diversos troços, onde estava prevista a instalação de canais, foi projectada a instalação de condutas, permitindo modificar significativamente o seu traçado, diminuir o seu desenvolvimento, impacto e o seu efeito barreira.
2. A diminuição dos caudais de dimensionamento - que permitiu a redução da secção útil dos adutores e da potência instalada nas estações elevatórias.
3. Nos primeiros blocos de rega equipados, beneficiou-se toda a área através de hidrantes com uma pressão de cerca de 40 mca (à saída da boca) e colocaram-se várias bocas de rega por prédio, (por exemplo, um prédio com um pivot, tinha 5 bocas de rega, 1 no centro e uma em cada canto). Dada a ineficiência real desta disposição, este pressuposto foi logo alterado nos projectos seguintes, considerando-se geralmente apenas um ponto de abastecimento por prédio.
4. Outro pressuposto de base que foi alterado foi a pressão à saída da boca, que passou para 35mca, na pequena propriedade, e que, na grande propriedade, passou a ser fornecida apenas com a pressão disponível para a boca de rega funcionar, ou seja cerca de 10 mca. Este pressuposto surge, porque na maior parte dos casos, as zonas de grande propriedade, já se encontram infra-estruturadas, pelo que se optou por fornecer a água, apenas com a pressão suficiente para o funcionamento do hidrante.

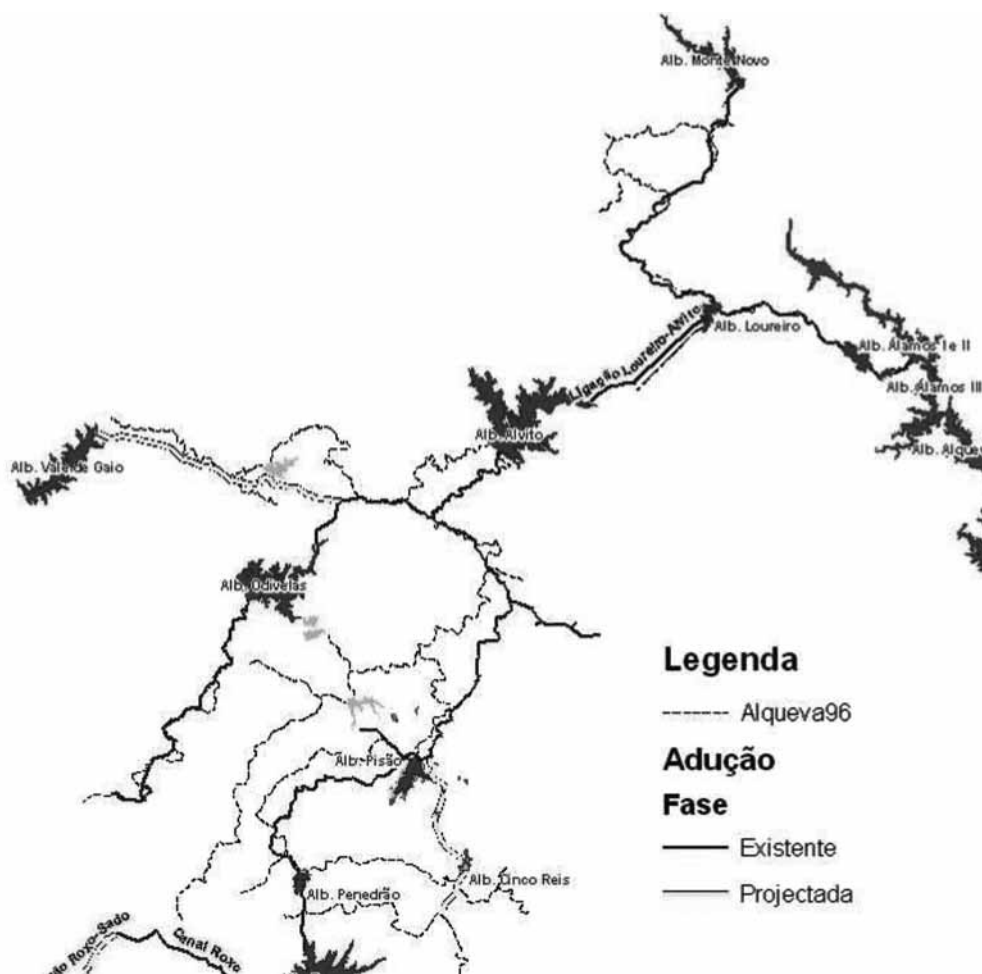


Figura 2 - Comparação dos traçados de Estudo Prévio e Projecto de Execução

Face às alterações introduzidas, a percentagem de área fornecida com recurso a estação elevatória de pressurização/fornecimento de água com pressão alterou-se e é agora de 37%, sendo que a área fornecida graviticamente sem recurso a estações elevatórias é de 50%. Nos restantes blocos (13% da área), como as cotas dos terrenos a beneficiar são superiores às cotas rede de primária e são grande propriedade, há que elevar esses caudais através de estações elevatórias com alturas manométricas optimizadas para fornecer água unicamente com 10 mca nas bocas de rega nas parcelas mais desfavoráveis.

Para uma melhor compreensão do Subsistema de Alqueva, na sua configuração actual, apresenta-se uma descrição das principais infra-estruturas:

Estação Elevatória de Álamos – esta estação elevatória de margem, situa-se na margem direita do Rio Degebe na albufeira de Alqueva, destina-se a elevar o caudal máximo de 41,2 m³/s, entre a albufeira de Alqueva, cujas cotas poderão variar entre a (152) e (135) e o canal de ligação das barragens dos Álamos, à cota (230). A estação elevatória, que está normalmente submersa, é constituída por uma galeria onde serão instalados 6 grupos (motor+bomba) dimensionados para uma altura manométrica de 79,5m (nominal) e um caudal de 6,88 m³/s com uma potência máxima de 6,7 MW.

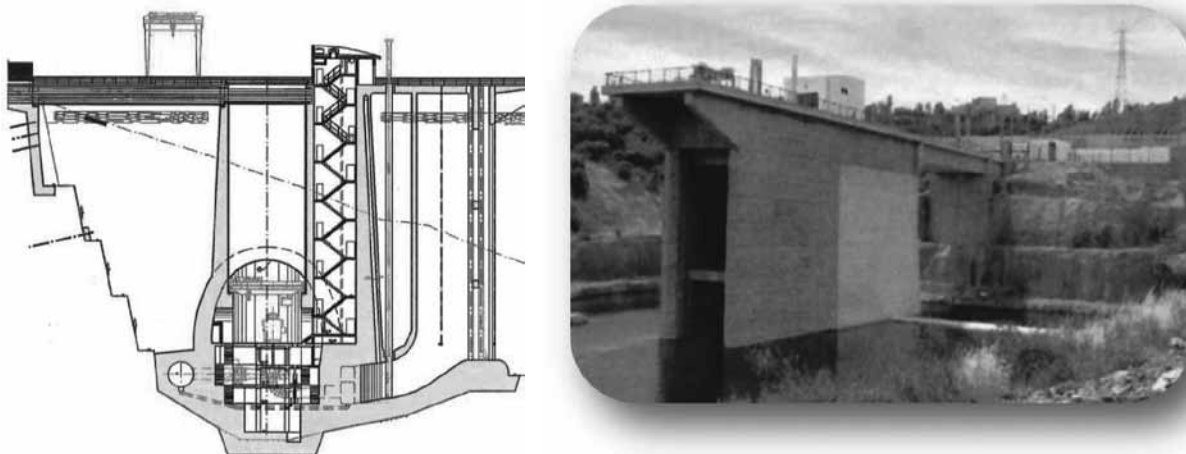


Figura 3 - Estação Elevatória dos Álamos

O circuito hidráulico de elevação compreende uma conduta elevatória em aço, de diâmetro 3,20m e um comprimento total de 854 m, os reservatórios de ar comprimido, para protecção do golpe de aríete, e a zona de descarga no canal de ligação à Albufeira dos Álamos.

Barragens dos Álamos – as três barragens dos Álamos formam uma única albufeira, a qual constitui o primeiro reservatório, que tem como função a regularização dos caudais bombeados pela estação elevatória, e alimentar o subsistema de rega de Alqueva nos períodos de interrupção voluntária de bombagem. Em consequência, a capacidade de armazenamento foi dimensionada tendo vista a modulação semanal do ciclo de bombagem, mas também teve em conta as eventuais paragens solicitadas pela EDP por necessidades momentâneas da rede eléctrica. Assim obteve-se que a reserva mínima necessária seria de 3,38 hm³, que corresponde a 0,74 hm³, para regularização do ciclo semanal e a 2,64 hm³, para a reserva de interruptibilidade, considerando o caudal máximo de 37 m³/s.

As três barragens dos Álamos têm NPA à cota 227,5 e o NME à cota (225), são barragens de terra de cerca de 35m de altura, com núcleo central argiloso e maciços estabilizadores de xistos alterados, com o volume útil de cerca de 4 hm³. Estas barragens constituem apenas uma albufeira pois estão interligadas por um canal com cerca de 700 metros entre a albufeira de Álamos III e as de Álamos I e II. Por este motivo, cada barragem dispõe de uma descarga de fundo instalada na respectiva galeria de derivação provisória, mas apenas de um único descarregador de cheias, constituído por uma soleira frontal em labirinto com um só módulo, seguida de canal com dissipação em salto de esqui.

As barragens dos Álamos, por vencerem vales com alguma declividade e terem eixos com desenvolvimento importante no alinhamento da adução também evitaram a construção de um troço extenso de canal, numa zona que orograficamente lhe era desfavorável. Assim encurtaram-se as infra-estruturas lineares ao mínimo e criaram-se as três barragens apenas com uma albufeira o que técnico-económica e ambientalmente foi a melhor solução.

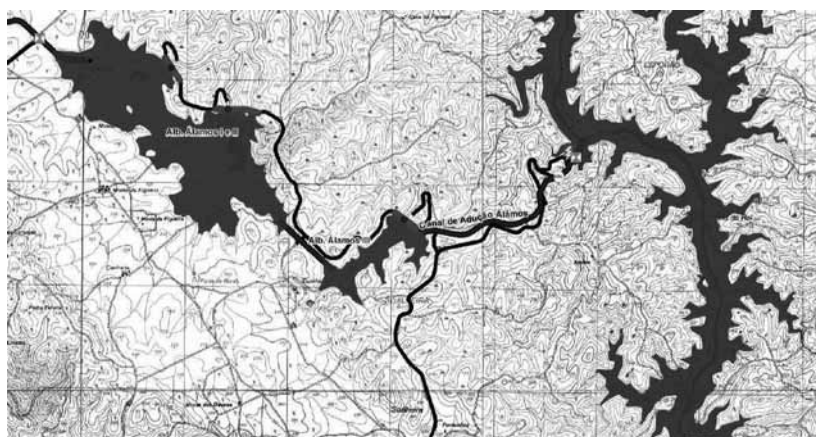


Figura 4 - Barragens dos Álamos

Canal dos Álamos-Loureiro – tem um desenvolvimento de cerca de 10.697 m, desde a tomada de água na albufeira dos Álamos até à restituição na albufeira do Loureiro, e está dimensionado para um caudal máximo de 37 m³/s. Esta adução é constituída por 8 troços de canal a céu aberto, com um desenvolvimento total de 7258 m e secção trapezoidal, 3 troços em canal coberto, com um desenvolvimento total de 1460 m, e 4 troços em sifão, com 4 linhas de tubos de betão com alma de aço e diâmetro 2,5 m.

Barragem do Loureiro – Como já referido, a albufeira da Barragem do Loureiro serve de repartidora de caudais para o Alto Alentejo e Baixo Alentejo. Esta barragem de perfil zonado, com 30 metros de altura máxima acima do terreno natural, tem um desenvolvimento de coroamento de 1175 m, sendo de 445 m para o fecho de uma portela na margem esquerda, que tem uma altura máxima de 9,3 metros. O NPA está a cota [222] e o Nível Mínimo à cota [219]. O volume útil da albufeira é 2,48 hm³. Tal como a albufeira dos Álamos o volume morto é bastante elevado em relação ao volume útil destas albufeiras, o que se deve ao facto destas albufeiras funcionarem com “reguladores de nível”.

Canal Loureiro - Monte Novo – esta adução possibilita a rega a cerca de 7800 ha, através de reservatórios de regularização e estações elevatórias situadas junto de cada um destes. A área beneficiada graviticamente é de cerca de 4400 ha e a abastecida com pressão é de cerca de 3500 ha.



Figura 5 - Barragem do Loureiro

A presente infra-estrutura de adução do Loureiro - Monte Novo, que liga a origem de água (albufeira do Loureiro) aos centros distribuidores dos diversos blocos de rega (reservatórios) e também à albufeira do Monte Novo, para reforço desta, é constituída por sete troços em canal, ligados por sifões invertidos. A primeira tomada de derivação para o reservatório R1 encontra-se localizada a mais de 14 Km da origem e o sistema no seu conjunto possui um desenvolvimento ligeiramente superior a 23 Km. O caudal de dimensionamento é de 9,41 m³/s.

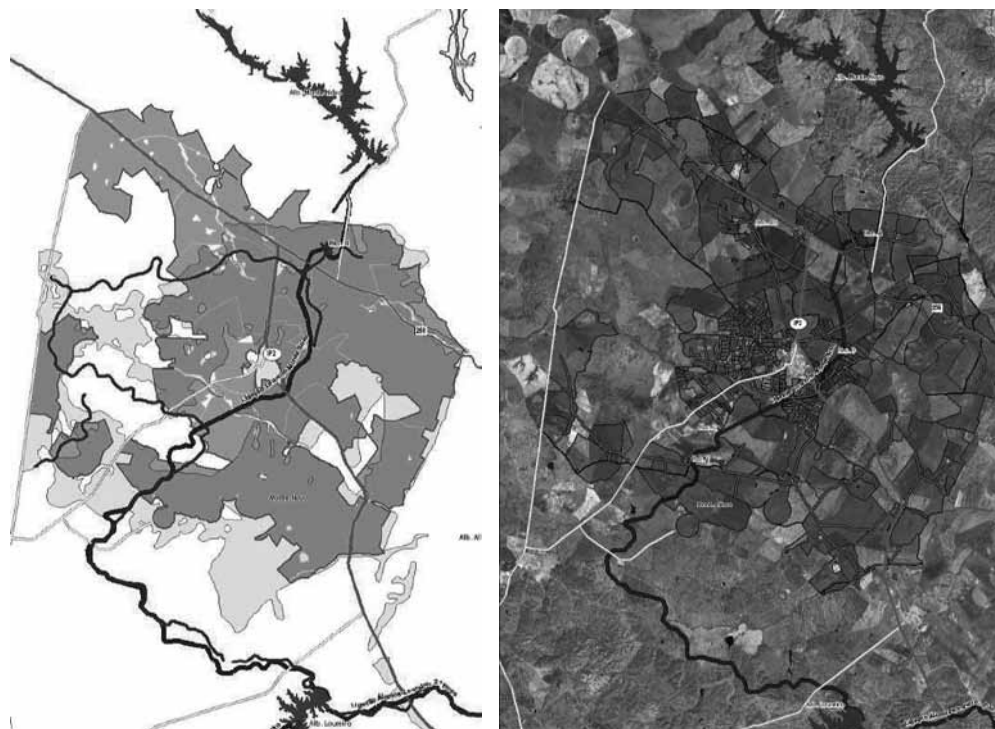


Figura 6 - Ligação Loureiro - Monte Novo e Bloco de Rega (comparação)

Em relação ao Estudo Prévio foram introduzidos 5 novos reservatórios de regularização e apenas construídas 4 estações elevatórias com potência instalada de 5 MW (comparando com as 17 previstas com uma potência instalada de cerca de 8 MW). O caudal de dimensionamento era de 13,5 m³/s e baixou para 9,4 m³/s e o comprimento dos canais era de cerca de 60 km e agora é de apenas 24 km.

A área prevista de rega era de 8130 e agora é de 7887 ha.

Ligação Loureiro-Alvito – esta ligação é constituída por 2 troços em túnel, o primeiro com cerca de 7 Km e o segundo com cerca de 2 Km, sendo que entre estes dois túneis está um troço onde foi utilizado o método de “cut and cover”, com cerca de 450 m, e na parte final mais um troço em “cut and cover”, com cerca de 108 m. O escoamento neles é em superfície livre e o diâmetro interno do túnel é de 3,70 m, para um caudal de 32 m³/s. Nesta ligação é onde ocorre o transvase entre a bacia do Guadiana e a bacia do Sado.

Em relação ao Estudo Prévio a grande alteração foi a chegada com as infra-estruturas à albufeira do Alvito, pois a Ribeira de Oriola não tinha capacidade para transportar o caudal de dimensionamento – assim, procedeu-se no projecto ao desenvolvimento das infra-estruturas até à albufeira.

Na estrutura terminal da ligação existe uma tomada de água para o bloco de rega Loureiro – Alvito, que irá beneficiar cerca de 1000 ha.

Tomada de Água na Albufeira do Alvito – foi apenas construída uma tomada de água na margem esquerda barragem do Alvito (comparativamente com as duas previstas no Estudo Prévio). Esta tomada aproveitou uma parte significativa do circuito hidráulico e dos equipamentos da galeria de descarga de fundo da barragem de Alvito. A execução do túnel, com cerca de 244 m de comprimento, 4,50 m de diâmetro interior e um caudal de dimensionamento de 46 m³/s (também o caudal de dimensionamento da descarga de fundo), nasce em derivação da galeria de descarga de fundo.

Os níveis de funcionamento da tomada de água variam entre a cota (189) e a cota de NPA (197,5).

A construção de uma única tomada de água evitou a duplicação de canais paralelos à Ribeira de Odivelas e com a redução dos caudais de dimensionamento foi possível concentrar as duas tomadas numa só.

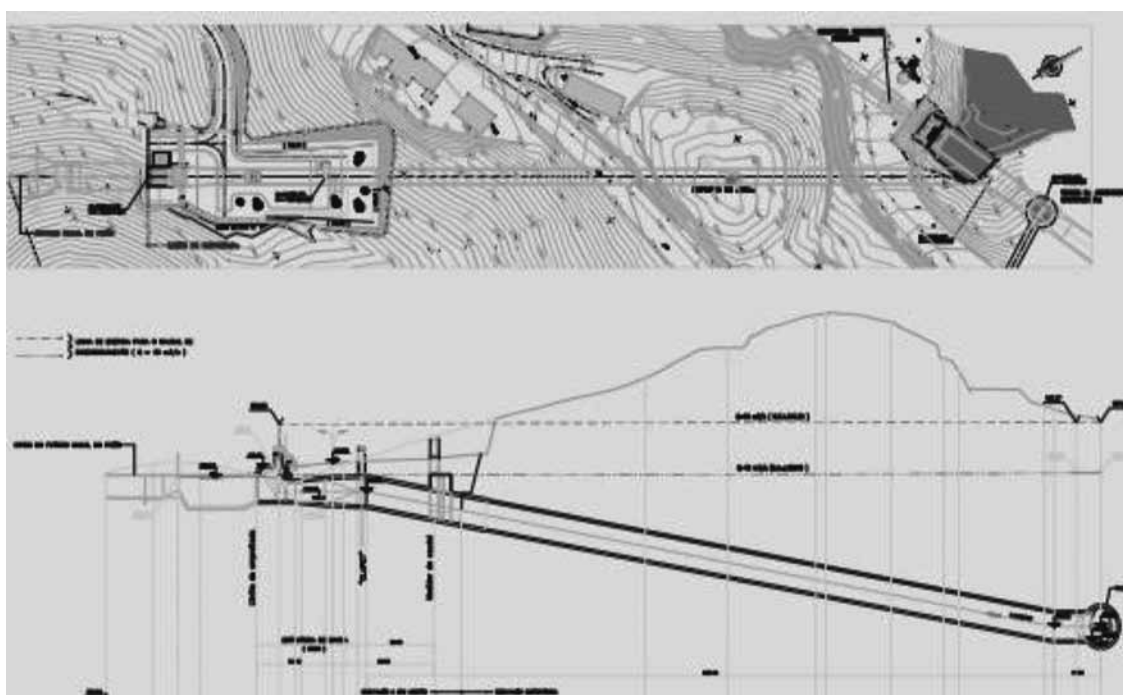


Figura 7 - Tomada de Água de Alvito

Canal Alvito-Pisão – a ligação entre a Barragem do Alvito (189) e a derivação para a Barragem do Pisão (155) é constituída por um canal com cerca de 36 km e com um caudal de dimensionamento no seu início de 40,2 m³/s e termina com um caudal de dimensionamento de 21 m³/s, após as seguintes derivações:

- Circuito Hidráulico de Odivelas/ Vale de Gaió (6,25 m³/s.);
- Adutor de Cuba-Vidigueira (6,60 m³/s);
- Reservatório Cuba-Oeste (R1) (2,90 m³/s);
- Reservatório de Faro do Alentejo (R2) (3,10 m³/s);
- Ligação Pisão-Beja (7,50 m³/s);
- Barragem do Pisão (2,85 m³/s).

No início desta adução foi instalada um mini-hidráulica, para turbinar todos os caudais que saem da albufeira do Alvito.

duta gravítica e beneficia cerca de 4000 ha, dos quais apenas 600 ha são abastecidos com pressão, através de uma EE instalada junto ao reservatório de Alfundão.

No pé da barragem do Pisão está instalada uma EE com uma potência instalada de cerca de 3,7 MW e beneficia 2587 ha. Foi também construída, à entrada da Albufeira do Pisão uma mini-hídrica para turbinar os caudais aduzidos a esta albufeira.

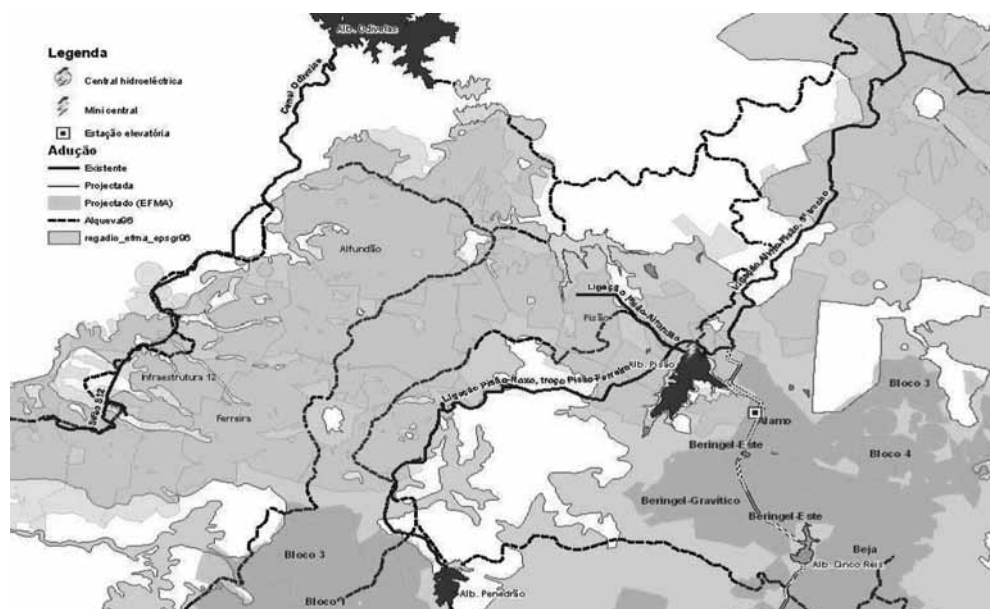


Figura 9 - Comparação do Estudo Prévio com o Projecto de Execução

Ligação Pisão – Roxo beneficia directamente cerca de 13 000 ha e é constituída pelas seguintes infra-estruturas de transporte e armazenamento de água:

- Troço de ligação Pisão – Ferreira, responsável pelo transporte de água entre a derivação para a barragem do Pisão e a derivação para o reservatório de Ferreira, assegurando a conexão ao canal Alvito-Pisão; tem uma extensão total de 10,8 km.
- Troço de ligação Ferreira – Penedrão, transporta água entre a derivação para o reservatório de Ferreira e a barragem do Penedrão; tem uma extensão total de cerca de 8 km.
- Troço de ligação Penedrão – Roxo, responsável pelo transporte de água entre as barragens do Penedrão e do Roxo; desenvolve-se numa extensão de cerca de 4,4 km em conduta gravítica, entre a torre de tomada de água na albufeira do Penedrão e a central hidroelétrica do Roxo, através da qual é efectuada a restituição dos caudais à albufeira do Roxo.
- Reservatório de Ferreira, corresponde a uma pequena barragem em aterro, com uma bacia hidrográfica com cerca de 0,7 km² com 8 m de altura, cuja albufeira tem um volume total ao NPA de cerca de 239 dam³ e volume útil de 104 dam³. A tomada de água, dimensionada para o caudal máximo de 6,3 m³/s, faz a ligação à estação elevatória para o bloco de Valbom e Figueirinha e para o bloco de Ferreira a distribuição é gravítica.
- Barragem do Penedrão, vai fornecer água aos sub-blocos 2 e 3 dos blocos de rega de Ervidel. A bacia hidrográfica dominada tem cerca de 2,2 km² e a albufeira armazena um volume de 5,2 hm³ ao NPA, inundando uma área de cerca de 86 ha. O volume útil da albufeira é de cerca de 2,1 hm³. O corpo da barragem tem uma altura máxima acima do terreno natural de 22 m e cerca de 385 m de comprimento no coroamento. Consiste numa barragem de aterro zonado com volume total de cerca de 320 100 m³.

- Central hidroeléctrica do Roxo, situada junto ao limite do regolfo da albufeira do Roxo. Destina-se exclusivamente à produção de energia eléctrica e desenvolve-se entre as cotas 170, nível de pleno armazenamento (NPA) da barragem do Penedrão, e 130,00 nível mínimo de restituição na Barragem do Roxo.

Em relação ao Estudo Prévio a zona a beneficiar por esta infra-estrutura diminuiu, pois a zona a Oeste de Beja e parte das Cabeceiras do Roxo passaram a ser beneficiadas pela Ligação Pisão-Beja. Assim foram evitadas duplicações de canais e várias bombagens na rede primária.

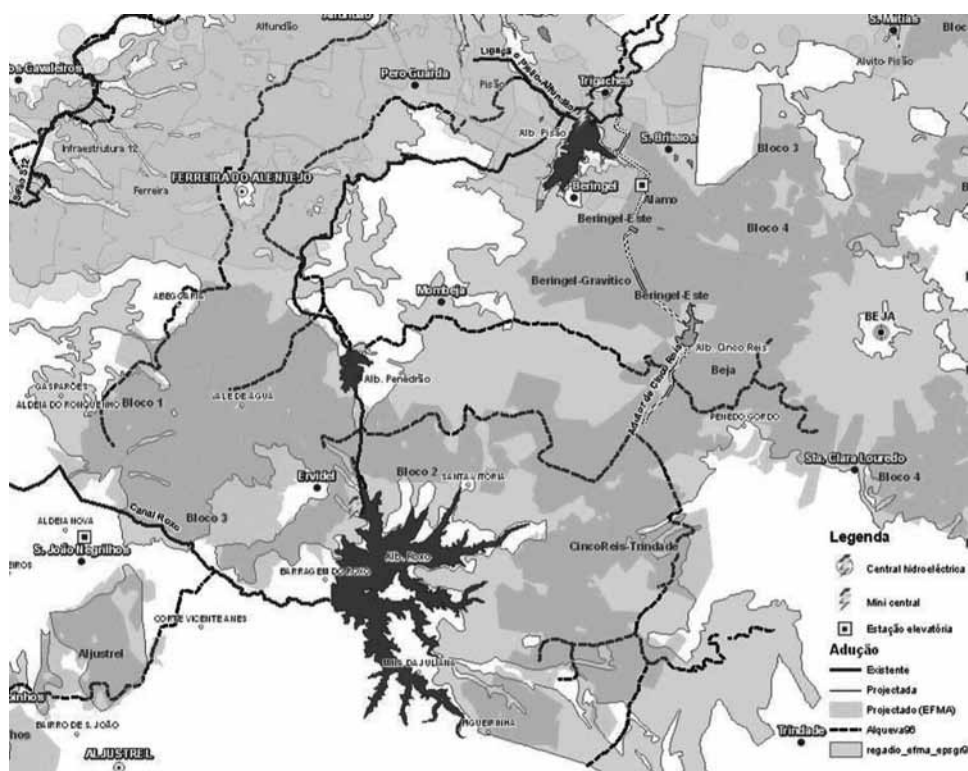


Figura 10 - Comparação do Estudo Prévio com o Projecto de Execução

Ligação Pisão-Beja – este circuito hidráulico tem início no canal Alvito-Pisão, e é composto pelas seguintes infra-estruturas:

- Tomada de Água de Trigaches e Conduta Adutora Trigaches – Álamo. A tomada de água tem a função de captar o caudal de caudal de 7,5 m³/s do Canal Alvito – Pisão e transportá-lo até ao Reservatório de Álamo através de conduta adutora, de betão armado, com cerca de 3122 m de comprimento e diâmetro DN2500.
- Reservatório de Álamo. O Reservatório de Álamo tem como função regularizar o caudal captado em 24 horas e elevado em 22 horas. As suas principais características são um volume de cerca de 50,000m³, com NPA à cota (172,50).
- Estação Elevatória de Álamo e Conduta Elevatória Álamo – Reservatório de Beringel. No Reservatório de Álamo será instalada a Estação Elevatória de Álamo, cuja função é elevar, através de 6 bombas com uma capacidade total de 7,46 m³/s, e uma altura manométrica de 46,4m, para o Reservatório de Beringel. A conduta elevatória é em betão armado com alma de aço com o diâmetro DN2500 e com cerca de 1500 m de extensão.
- Reservatório de Beringel. Este reservatório destina-se a regularizar o caudal destinado à rega dos blocos situados a jusante - Blocos de Beringel, a partir do próprio reservatório. As suas principais características são um volume de 97 000m³ e NPA à cota (213,00).

- Conduta Adutora Beringel – Cinco Reis. Esta conduta destina-se ao transporte gravítico do caudal até à albufeira de Cinco Reis. A conduta adutora de betão armado tem cerca de 4060 m de comprimento e diâmetro DN2000 e está dimensionada para um caudal de 5,20m³/s.
- Barragem de Cinco Reis. A barragem tem como função a regularização dos caudais necessários à rega dos blocos situados a jusante (Bloco Cinco Reis -Trindade e Bloco de Beja). As suas principais características são um volume útil de cerca de 1,38 hm³, NPA à cota (204,00) e NmE à cota (197,50).

O perímetro de rega Pisão-Beja (Blocos de Beringel-Beja e Cinco Reis Trindade) domina uma área de cerca de 11000 ha que se localiza entre Beringel e a zona Oeste da cidade de Beja até às cabeceiras da albufeira do Roxo. Este é confinado pelo limite das bacias hidrográficas do Sado e Guadiana. O perímetro apresenta um relevo com cotas ascendentes a partir da albufeira do Roxo, onde se encontram os valores mais baixos (130), até atingir a cidade de Beja, zona mais alta (240).

Resumindo, o subsistema de Alqueva (Alto Alentejo) é composto por um canal com 24 km, 4 estações elevatórias secundárias com uma potência global instalada de 5 MW. O subsistema de Alqueva (Baixo Alentejo) é composto por um conjunto de adutores com 161 Km, 2 estações elevatórias principais com uma potência global instalada de 52 MW, 17 estações elevatórias secundárias com uma potência global instalada de 28 MW e 4 centrais mini-hidricas com uma potência global instalada de 8,11 MW.

Em comparação com o Estudo Prévio houve uma redução de cerca de 150 Km de adutores, uma redução de cerca de 128 MW de potência instalada e que implicou na redução de 104 estações elevatórias.

Actualmente estão concluídas todas as infra-estruturas da Rede Primária e estão equipados e em funcionamento cerca de 29.500 ha do Subsistema Alqueva, não contabilizando 6.000 ha da Infra-estrutura 12, estando em obra neste momento 10.500 ha, faltando ainda construir cerca de 19.000 ha.

Os custos energéticos baixaram significativamente devido à evolução dos pressupostos base, à redução das alturas de elevação e também ao aumento da regularização próximo das zonas a beneficiar.

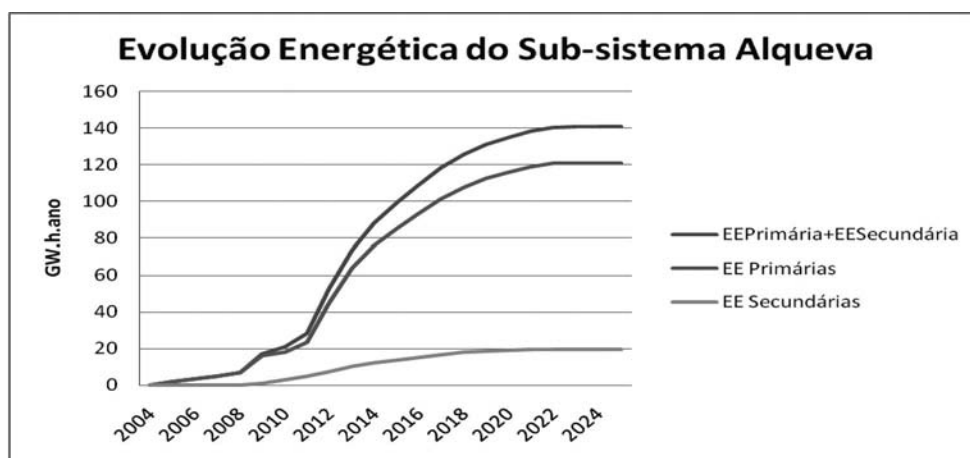


Figura 11 - Evolução dos Consumos Energéticos do Subsistema de Alqueva

Houve também a preocupação de elevar a água para cotas mais altas na rede primária, com o fim de colocar as estações elevatórias de rede secundária com alturas de elevação equitativas e

aliciantes na gestão desta rede, pelo que mesmo no ano cruzeiro a rede secundária tem um consumo energético de cerca de 16 % do consumo registado na rede primária (Figura 11).

No quadro seguinte ilustra-se a estimativa de consumo de energia no Subsistema de Alqueva para o ano cruzeiro, considerando uma dotação de 4000 m³/ha.ano na entrada da parcela.

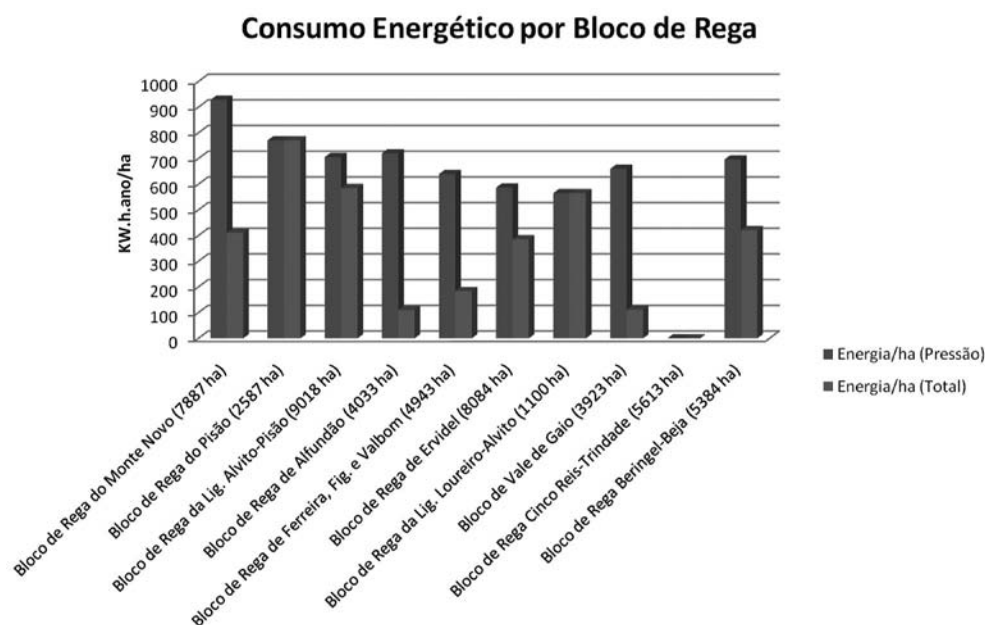


Figura 12 - Consumo Energético no Subsistema Alqueva

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

O Sub-sistema de Alqueva, no âmbito do desenvolvimento e pormenorização dos Projectos, vem sendo alvo de um conjunto de iterações, visando a sua optimização técnico-económica e a sua adequação à efectiva realidade da área a ser beneficiada. Dos aspectos equacionados e das soluções encontradas há a destacar os seguintes:

- ✓ i) Ocupação cultural e Dotações – no que se refere à ocupação cultural e ao mapeamento dos terrenos com aptidão para as diversas culturas, houve a necessidade de ponderar o incremento sensível de áreas já ocupadas com olival o que levou a que fossem consideradas dotações mais baixas nas rotações nos projectos mais recentes, não condicionado os cenários futuros.
- ✓ ii) Faseamento - na linha do explicitado no item anterior, foi assumido que em algumas estações elevatórias se procederia ao faseamento da instalação dos grupos electro-bomba, possibilitando a aferição ulterior, face à real situação/evolução constatada;
- ✓ iii) Infra-estruturas de regularização - foi aumentada, sensivelmente, a capacidade de regularização do sistema, introduzindo mais reservatórios, para permitir amortecer as pontas do pedido e de modo a satisfazer pedidos localizados e moderados, através do volume armazenado nessas infra-estruturas;
- ✓ iv) Abastecimento em alta e baixa pressão - a consideração do fornecimento em baixa pressão à grande propriedade, sempre que possível, possibilitou uma redução significativa do balanço energético, reduzindo-se significativamente o numero de estações elevatórias e a sua potência instalada.

- ✓ v) Optimização do lay-out do circuito hidráulico - através da redução dos caudais de adução e pela revisão dos traçados, reduziu-se o comprimento e a secção dos adutores, tendo-se diminuído, pois, os custos de infra-estruturação;
- ✓ vi) Elevação da cota da rede primária - para criar equidade na altura de elevação das estações elevatórias da rede secundária criou-se, para além da EE dos Álamos um outro patamar de elevação na rede primária na adução Pisão-Beja (EE do Álamo).
- ✓ vii) Condicionantes e impactes ambientais - foram devidamente atendidas as preocupações ambientais, tendo sido possível compatibilizar as condicionantes inerentes à ZPE no Bloco Alvito-Pisão;
- ✓ vii) Optimização técnica-económica - através de uma ponderação integrada levada a cabo com a valiosa e imprescindível contribuição dos diversos Projectistas intervenientes, foi possível otimizar sensivelmente as diversas infra-estruturas dos circuitos hidráulicos em estudo. Pode-se ainda afirmar que se terá conseguido uma economia significativa nos custos de infra-estruturação e encargos energéticos associados à exploração.

BIBLIOGRAFIA

Hidrotécnica Portuguesa, (1996). *Estudo Prévio do Subsistema Alqueva.*

Coba (2000), Barragens dos Álamos.

Aqualogus, (2002). *Projecto de Execução da Ligação Álamos-Loureiro.*

Hidroprojecto (2005). *Barragem do Loureiro.*

Coba/Prosistemas/Hidroprojecto, (2000). *Projecto de Execução da Ligação Loureiro-Monte Novo e Respeccivo Bbloco de Rega.*

FBO /WS Atkins(2000). Ligação Loureiro-Alvito.

Aqualogus, (2005). *Projecto de Execução da Ligação Alvito-Pisão e Respeccivo bloco de Rega.*

Aqualogus, (2008). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de Vale de Gaio.*

Aqualogus, (2007). *Projecto de Execução da Ligação Pisão-Roxo e Respeccivo Bloco de Rega.*

Procesl/Gibb,(2009). Projecto de Execução da Ligação Pisão-Beja.

IEADR-MADRP (1996). *Consumo de Água para Rega do Empreendimento de Alqueva.*

OPTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS PRIMÁRIOS DE ADUÇÃO EM APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS.

Caso Prático do Subsistema Pedrogão.

Manuel VALADAS¹

Cruz MORAIS²

António CAPELO³

RESUMO

O presente estudo teve como objectivo a determinação da capacidade de transporte de cada infra-estrutura primária de adução e da capacidade de armazenamento dos reservatórios / barragens, de modo a minimizar os custos globais associados à construção e exploração do sistema primário de Pedrogão. Para se atingir este objectivo recorreu-se a um modelo matemático que permite otimizar sistemas de abastecimento e rega, através da simulação, em termos de balanço global de massas, de sistemas ramificados complexos, incluindo um qualquer número de estruturas de transporte e de armazenamento, sujeitos a pedidos distribuídos de qualquer forma em termos espaciais e com qualquer lei de variação ao longo do tempo. Integrado no estudo do sistema primário de Pedrogão, elaborou-se o projecto da estação elevatória principal (origem do sistema primário de Pedrogão) e ainda os restantes estudos e projectos deste sistema, nomeadamente os projectos de S. Matias, S. Pedro e Baleizão-Quintos.

Palavras-chave: Sistemas de adução, estação elevatória, reservatórios, rede primária, subsistema Pedrogão.

¹ Eng.º Agrónomo, MSc, COBA S.A., Av. 5 de Outubro, 323 1649-011 Lisboa, mmv@coba.pt

² Eng.º Civil, Director do Departamento de Estudos e Desenvolvimento, COBA S.A., Av. 5 de Outubro, 323 1649-011 Lisboa, c.morais@coba.pt

³ Eng.º Agrónomo; Chefe do Núcleo de Agronomia do Serviço de Recursos Naturais e Equipamentos, COBA S.A., Av. 5 de Outubro, 323 1649-011 Lisboa, ajc@coba.pt

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento de sistemas primários obriga a uma análise cuidadosa de todas as infra-estruturas do sistema, assim como de todos os “pedidos de água” que são feitos ao sistema primário. Neste sentido, é necessário construir um modelo de cálculo que permita fazer a integração de todos os dados do problema, nomeadamente, as necessidades de água, as infra-estruturas de transporte e a capacidade de armazenamento de albufeiras / reservatórios de regularização, de modo a se obter uma solução otimizada e equilibrada.

Este estudo teve como principal objectivo, o dimensionamento da rede primária de adução e determinação da capacidade de regularização das barragens / reservatórios do subsistema de Pedrógão.

O subsistema de Pedrógão localiza-se no distrito de Beja, na margem direita do rio Guadiana e beneficia uma área total de cerca de 24 887 ha. O circuito hidráulico de Pedrógão compreende essencialmente uma origem de água (albufeira de Pedrógão), quatro barragens (Pedrógão, Selmes, Magra/Amendoeira e Almeidas) e reservatórios de regularização (Pedrógão, Cegonha, Estácio). O eixo principal do circuito hidráulico primário é constituído pelas seguintes infra-estruturas:

- sistema elevatório principal com origem na barragem de Pedrógão;
- reservatório intercalar de Pedrógão;
- sistema adutor gravítico para ligação à albufeira de S. Pedro; e
- barragem de S. Pedro.

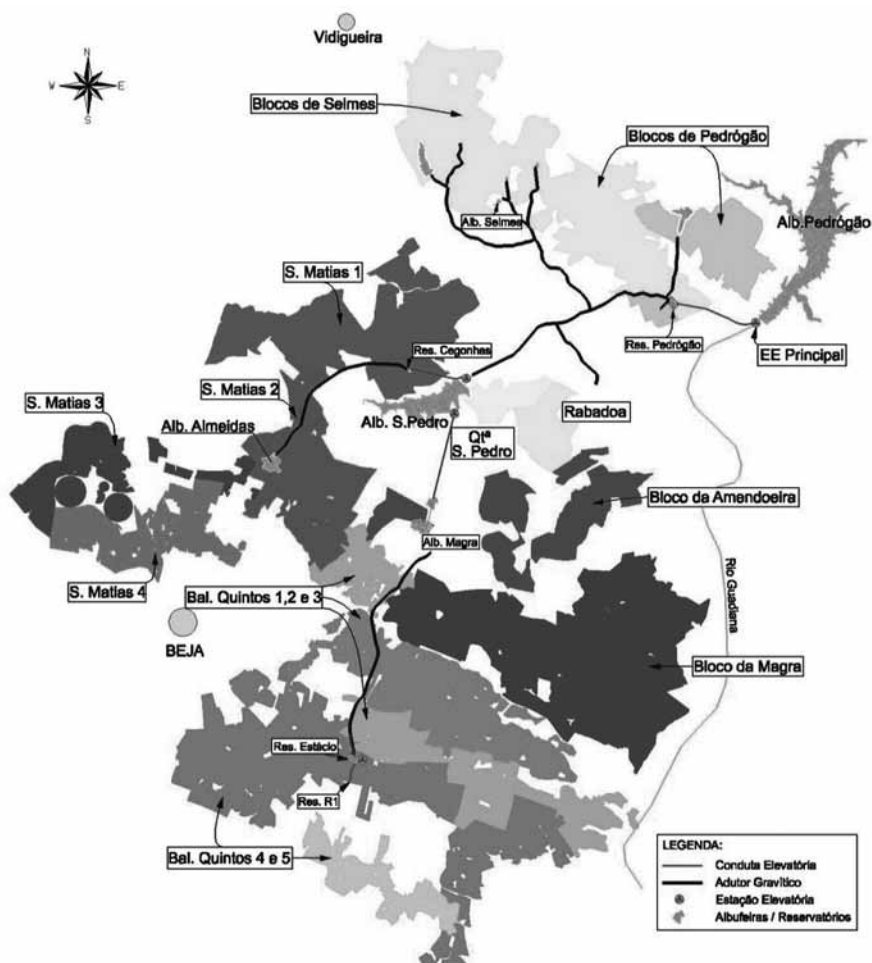


Figura 1 – Planta geral do Subsistema de Pedrógão

Na concepção deste sistema, definiu-se que seria construída uma estação elevatória principal junto à barragem de Pedrógão (margem direita do rio Guadiana). Tendo em consideração a dimensão e o grau de complexidade desta obra, foram analisadas várias alternativas, de modo a se definir uma solução eficiente do ponto de vista dos custos de investimento e de exploração da obra.

2. METODOLOGIA DE CÁLCULO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

O dimensionamento de sistemas de transporte de água para rega, é normalmente efectuado para o mês de maior consumo (denominado mês de ponta), tendo em consideração a capacidade de regularização dos reservatórios / albufeiras.

A existência de albufeiras ou reservatórios entre o sistema e alguns dos blocos de rega permitirá antecipar a transferência de água em meses com menor pedido, para utilização nos meses de maior consumo, reduzindo deste modo o caudal máximo a transferir.

Para que uma albufeira seja utilizada com o máximo de eficiência, a sua capacidade de armazenamento deverá ser totalmente utilizada durante os meses de maior consumo.

Desenvolveu-se um modelo de cálculo que permite simular a exploração das albufeiras, tendo em conta a minimização da capacidade de adução. O programa de cálculo procede ao balanço das albufeiras durante o período de rega (Março a Outubro) utilizando um passo de tempo aproximadamente semanal (cada mês é dividido em quatro períodos iguais). O caudal entrado é limitado superiormente por um valor introduzido, Q_{inmax} . O caudal saído é calculado em função do mês do ano. A área média da albufeira ao longo do período é calculada em função do volume armazenado no início e no final do período. O caudal de adução mínimo será o que, considerando a albufeira cheia no início do período de rega, utilize totalmente a capacidade de armazenamento disponível, apresentando a albufeira vazia no final do período de rega mais intensa (normalmente o final do mês de Agosto).

Em cada reservatório, e em cada intervalo de tempo, poderá escrever-se a seguinte equação de continuidade:

$$V_{fini,j} = V_{inii,j} + V_{afli,j} + V_{cani,j} - \sum_{k=1}^i (V_{cank,j} \times C_{i,k}) - V_{peri,j} - V_{forni,j} \quad (1)$$

em que:

- $V_{ini,j}$ volume útil armazenado na albufeira i no início do intervalo de tempo j ;
- $V_{fini,j}$ volume útil armazenado na albufeira i no final do intervalo de tempo j ;
- $V_{afli,j}$ volume afluente (regime natural) à albufeira i durante o intervalo de tempo j
- $V_{cani,j}$ volume transportado pelo canal que alimenta a albufeira i durante o intervalo de tempo j ;
- $C_{i,k}$ coeficiente que indica se o canal k tem origem ($C_{i,k}=1$) ou não ($C_{i,k}=0$) no reservatório i ;
- $V_{peri,j}$ volume perdido, por evaporação, infiltração e descargas, no reservatório i durante o intervalo de tempo j ; e
- $V_{forni,j}$ volume fornecido directamente para rega e abastecimento a partir do reservatório i durante o intervalo de tempo j .

O termo $\sum_{k=1}^i (V_{can\ k,j} \times C_{i,k})$ representa portanto o somatório dos volumes de água transportados pelos canais que têm origem no reservatório i. Uma vez que $V_{ini\ i,j} = V_{fin\ i,j-1}$, a equação (1) poderá escrever-se como:

$$V_{fin\ i,j} = V_{fin\ i,j} + V_{afl\ i,j} + V_{can\ i,j} - \sum_{k=1}^i (V_{can\ k,j} \times C_{i,k}) - V_{per\ i,j} - V_{for\ i,j} \quad (2)$$

Os valores dos volumes acumulados nas albufeiras e dos volumes transportados pelos canais deverão ser positivos e não exceder as respectivas capacidades de armazenamento e transporte, ou seja:

$$V_{fin\ i,j} \rightarrow 0 \quad (3)$$

$$V_{fin\ i,j} \leftarrow Cap_{albi} \quad (4)$$

$$V_{can\ i,j} \rightarrow 0 \quad (5)$$

$$V_{can\ i,j} \leftarrow Cap_{canj} \quad (6)$$

As variáveis que caracterizam o sistema (Cap_{albi} e Cap_{canj}) podem ser um dado do problema (estruturas já existentes) ou serem um valor a determinar.

Embora aparentemente existam duas variáveis de estado para cada albufeira e para cada intervalo de tempo (volume armazenado na albufeira e volume transportado pelo canal que a alimenta), na realidade uma delas é resolúvel na outra.

Para o cálculo das perdas por evaporação adoptaram-se os valores de evaporação líquida em albufeira obtidos para a simulação da exploração da albufeira de Alqueva. Estas perdas, geralmente são bastantes baixas face ao volume transitado através do sistema (cerca de 2 a 3%), sendo o modelo de cálculo pouco sensível a estes valores.

3. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE E DE ARMAZENAMENTO DA REDE PRIMÁRIA

3. 1. Delimitação da área a beneficiar

A área total beneficiada pelo subsistema de Pedrógão é de cerca de 24 887 ha, no qual estão inseridos os perímetros de Pedrógão, S. Matias, S. Pedro e Baleizão-Quintos.

Para a determinação dos consumos mensais de água, teve-se em consideração o conceito de área efectivamente regada. Considerando que a área efectivamente regada [AER] é de 85% da área total, apresentam-se no quadro seguinte as áreas de cada bloco do subsistema de Pedrógão.

A AER a partir da estação elevatória principal de Pedrógão é de cerca de 21 154 ha, e as áreas efectivamente regadas a partir da barragem de S. Pedro, são as seguintes:

- A partir da estação elevatória de S. Pedro, a construir na margem esquerda serão beneficiados os blocos de S. Matias, com cerca de 4 983 ha; e
- A partir da estação elevatória a construir na margem direita são beneficiados os blocos da Amendoeira, Magra e S. Pedro, com cerca de 11 851 ha.

Quadro 1 – Área total e área efectivamente regada [AER] por bloco de rega.

Perímetro	Bloco		Áreas (ha)	
	Nome	ID	Área total	AER
Pedrógão	Pedrógão 1	S1	588	500
	Pedrógão 2	S2	352	299
	Pedrógão 3	S3	1425	1211
	Selmes 1	S18	292	248
	Selmes 2 e 5	S20	1364	1159
	Selmes 3	S19	132	112
	Selmes 4	S17	215	183
	Herdade da Rabadoa	S4	425	361
	Quinta de S. Pedro	S5	290	247
	<i>Subtotal</i>		<i>5083</i>	<i>4320</i>
S. Matias	S. Matias 1	S6	2163	1839
	S. Matias 2.1	S7	172	146
	S. Matias 2.2	S8	1320	1122
	S. Matias 3	S9	1104	938
	S. Matias 4	S10	1104	938
	<i>Subtotal</i>		<i>5862</i>	<i>4983</i>
S. Pedro - Baleizão	Amendoeira	S11	1340	1139
	Magra	S12	4608	3917
	<i>Subtotal</i>		<i>5948</i>	<i>5056</i>
Baleizão - Quintos	Bloco 1	S13	484	412
	Bloco 2	S14	1900	1615
	Bloco 3	S15	1412	1200
	Bloco 4 + 5	S16	4198	3568
	<i>Subtotal</i>		<i>7994</i>	<i>6795</i>
TOTAIS			24887	21154

3. 2. Determinação dos consumos mensais de água

Os consumos mensais considerados, correspondem às necessidades hídricas totais determinadas para cada um dos blocos de rega.

No Quadro 2 são apresentados os valores mensais do consumo de água em ano seco (com 20% de probabilidade de ser excedido) para cada um dos blocos do subsistema de Pedrógão. Os valores apresentados, foram obtidos a partir das necessidades hídricas determinadas nos projectos de execução já elaborados (Pedrógão, S. Matias, S. Pedro-Baleizão e Baleizão-Quintos).

As dotações de rega em ano seco, adoptadas para o início dos sistemas primários, variam entre os 6 447 (bloco de S. Pedro N.) e os 7 554m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (bloco de Pedrógão). No mês de maior consumo, as dotações de rega variam entre os 1 863 e os 2 183 m³ ha⁻¹.

Os resultados obtidos permitem estimar que o consumo total de água, em ano seco, no subsistema de Pedrógão é de aproximadamente 152 hm³. Cerca de 79 % deste consumo realiza-se a jusante da barragem de S. Pedro. A dotação média por hectare para a área efectivamente regada, em ano seco, é de 7 212 m³.

Quadro 2 – Consumos mensais de água em ano seco.

Saídas de água		Área beneficiada diretamente (ha)		Volume Consumido (m ³)												
Nome	ID	Área total	Área efect. Regada	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
PEDRÓGÃO																
Bloco de Pedrógão 1	S1	588	500	3.185	5.308	163.993	278.652	509.768	742.803	1.091.279	802.529	142.040	29.654	6.561	360	3.776.131
Bloco de Pedrógão 2	S2	352	299	1.906	3.177	98.156	166.783	305.116	444.596	653.171	480.344	85.016	17.749	3.927	216	2.260.157
Bloco de Pedrógão 3	S3	1.425	1.211	7.715	12.860	397.280	675.046	1.234.938	1.799.476	2.643.674	1.944.164	344.099	71.837	15.894	873	9.147.856
Bloco Selmes 1	S18	292	248	1.581	2.636	81.425	138.354	253.107	368.812	541.835	398.467	70.525	14.723	3.258	179	1.874.903
Blocos de Selmes 2 e 5	S20	1.364	1.159	7.386	12.312	380.353	646.286	1.182.323	1.722.808	2.531.039	1.861.332	329.439	68.777	15.217	836	8.758.108
Bloco Selmes 3	S19	132	112	715	1.191	36.808	62.544	114.418	166.723	244.939	180.129	31.881	6.656	1.473	81	847.559
Bloco Selmes 4	S17	215	183	1.164	1.941	59.953	101.871	186.363	271.557	398.954	293.392	51.928	10.841	2.399	132	1.380.494
Herdade da Rabadoa	S4	425	361	1.964	3.274	101.145	171.862	314.406	458.134	673.061	494.970	87.605	18.289	4.047	222	2.328.979
Quinta de S. Pedro	S5	290	247	1.340	2.234	69.016	117.271	214.536	312.609	459.265	337.744	59.778	12.480	2.761	152	1.589.186
Subtotal		5.083	4.320	26.957	44.933	1.388.129	2.358.668	4.314.976	6.287.518	9.237.218	6.793.070	1.202.311	251.006	55.536	3.051	31.963.371
SÃO MATIAS																
Bloco S. Matias 1	S6	2.163	1.839	11.713	19.524	603.156	1.024.865	1.874.901	2.731.990	4.013.664	2.951.657	522.416	109.065	24.131	1.325	13.888.407
Bloco S. Matias 2.1	S7	172	146	931	1.552	47.943	81.463	149.030	217.157	319.033	234.618	41.525	8.669	1.918	105	1.103.945
Bloco S. Matias 2.2	S8	1.320	1.122	7.147	11.913	368.025	625.338	1.144.001	1.666.969	2.449.003	1.801.002	318.761	66.548	14.724	809	8.474.240
Bloco S. Matias 3	S9	1.104	938	5.977	9.963	307.805	523.013	956.806	1.394.199	2.048.268	1.506.300	266.601	55.658	12.315	676	7.087.582
Bloco S. Matias 4	S10	1.104	938	5.976	9.961	307.713	522.857	956.520	1.393.782	2.047.655	1.505.850	266.522	55.642	12.311	676	7.085.463
Subtotal		5.862	4.983	31.744	52.913	1.634.641	2.777.536	5.081.258	7.404.097	10.877.624	7.999.427	1.415.825	295.581	65.398	3.592	37.639.637
SÃO PEDRO - BALEIZÃO																
Bloco da Amendoeira	S11	1.340	1.139	6.723	11.207	346.208	588.266	1.076.182	1.568.146	2.303.819	1.694.233	299.864	62.602	13.851	761	7.971.861
Bloco da Magra	S12	4.608	3.917	23.122	38.541	1.190.645	2.023.110	3.701.101	5.393.016	7.923.074	5.826.645	1.031.262	215.296	47.635	2.617	27.416.063
Subtotal		5.948	5.056	29.845	49.747	1.536.852	2.611.376	4.777.283	6.961.162	10.226.892	7.520.878	1.331.126	277.899	61.486	3.377	35.387.924
BALEIZÃO - QUINTOS																
Bloco 1	S13	484	412	2.430	4.051	125.152	212.654	389.032	566.873	832.813	612.453	108.398	22.630	5.007	275	2.881.768
Bloco 2	S14	1.900	1.615	9.530	15.886	490.762	833.890	1.525.528	2.222.905	3.265.749	2.401.639	425.068	88.741	19.634	1.079	11.300.410
Bloco 3	S15	1.412	1.200	7.084	11.808	364.787	619.835	1.133.934	1.652.299	2.427.451	1.785.153	315.956	65.962	14.594	802	8.399.664
Bloco 4 + 5	S16	4.198	3.568	21.062	35.108	1.084.604	1.842.929	3.371.476	4.912.708	7.217.435	5.307.717	939.417	196.122	43.392	2.384	24.974.353
Subtotal		7.994	6.795	40.107	66.853	2.065.305	3.509.308	6.419.969	9.354.784	13.743.448	10.106.961	1.788.839	373.455	82.628	4.539	47.556.196
Totais		24.887	21.154	128.652	214.446	6.624.928	11.256.888	20.593.486	30.007.561	44.085.182	32.420.336	5.738.101	1.197.942	265.048	14.559	152.547.128

3. 3. Determinação da capacidade de transporte e de armazenamento da rede primária

A aplicação da metodologia acima descrita ao subsistema de Pedrógão, permitiu, fixar os volumes das albufeiras e reservatórios que integram este sistema hidráulico, assim como determinar a capacidade de transporte que cada troço da rede primária deverá ter. Neste modelo utilizaram-se igualmente a capacidade de armazenamento dos reservatórios e barragens existentes.

No Quadro 3 apresentam-se os valores da capacidade útil das albufeiras e reservatórios do subsistema Pedrógão. A capacidade útil total de armazenamento é de cerca de 13,35 hm³, enquanto o consumo total em ano seco, no mês de julho (mês de maior consumo) é de 44,0 hm³.

Quadro 3 – Características das albufeiras.

Albufeira / reservatório	Cap útil (hm ³)	Infraestruturas
Pedrógão	0,15	Reservatório a construir
Selmes	0,15	Barragem a construir
Peso	0,70	Barragem existente
Paço	1,20	Barragem existente
Qt. S. Pedro	0,30	Reservatório existente
S. Pedro	8,50	Barragem a construir
Cegonha	0,05	Reservatório a construir
Almeidas	0,50	Barragem a construir
Amendoeira + Magra	1,86	Barragens a construir
Estácio	0,10	Reservatório a construir
Total	13,51	-

Nos Quadro 4, Quadro 5 e na Figura 2 apresentam-se os resultados obtidos com o modelo de cálculo. Verifica-se portanto que, apesar da sua limitada capacidade, as albufeiras/ reservatórios permitem reduzir significativamente o caudal aduzido necessário, o qual, em condições óptimas de

exploração, não ultrapassará um total global de $12,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para os perímetros alimentados por estas albufeiras. Podemos observar que no trecho a montante de S. Pedro o caudal a transportar é de $9,36 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o que corresponde a aproximadamente 75 % do caudal médio pedido pelos perímetros existentes a jusante de S. Pedro, no mês de ponta ($12,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

Quadro 4 – Resultados da determinação da capacidade de transporte.

Trecho da rede primária de adução	Capacidade útil (hm^3)		Pedido anual (hm^3)	Pedido do mês de ponta (hm^3)	Pedido do mês de ponta ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	Q aduzido ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)
	Parcelas	Total				
S15 - Estácio	0,10	0,10	24,97	7,22	3,23	2,66
Magra - S15	0,10	0,10	74,97	21,67	9,71	9,09
Amendoeira - Magra	0,10+1,50	1,60	74,97	21,67	9,71	8,21
S.Pedro - Amendoeira	0,10+1,50	1,60	82,94	23,97	10,74	8,21
S8 - Almeidas	0,50	0,50	14,17	4,10	1,84	1,31
S7 - S8	0,50	0,50	22,65	6,54	2,93	2,45
Cegonha - S7	0,05+0,50	0,55	23,75	6,86	3,08	2,59
S.Pedro - Cegonha	0,05+0,50	0,55	37,64	10,88	4,87	4,41
Qta S.Pedro - S.Pedro	0,10+1,50+0,05+0,50+8,50	10,65	120,58	34,85	15,61	9,36
S4 - Qta S.Pedro	0,10+1,50+0,05+0,50+8,50+0,30	10,95	122,17	35,31	15,82	9,49
Deriv. Selmes - S4	0,10+1,50+0,05+0,50+8,50+0,30	10,95	124,50	35,98	16,12	9,79
S18 - Selmes	0,15	0,15	9,61	2,78	1,24	1,33
Deriv. Paço - S18	0,15	0,15	11,48	3,32	1,49	1,33
Deriv. Paço - S17	1,20	1,20	1,38	0,40	0,18	0,17
Deriv. Selmes - Deriv. Paço	0,15+1,20	1,35	12,86	3,72	1,67	1,50
R.Pedrógão - Deriv. Selmes	0,10+1,50+0,05+0,50+8,50+0,30+0,15+1,20	12,30	137,36	39,70	17,79	11,29
R.Pedrógão - peso	0,70	0,70	2,26	0,65	0,29	0,10
Pedrógão - R.Pedrógão	0,10+1,50+0,05+0,50+8,50+0,30+0,15+1,20+0,70+0,15	13,15	152,55	44,09	19,75	12,50

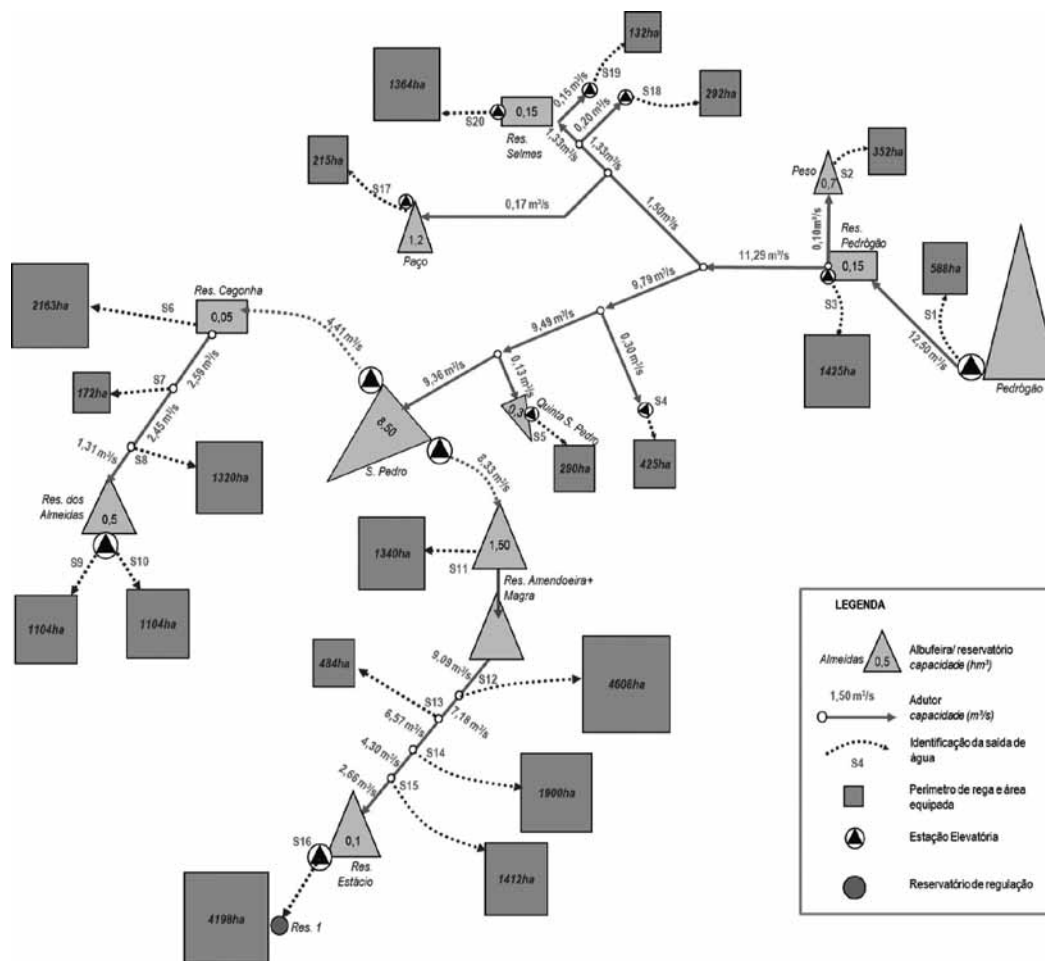


Figura 2 – Capacidade de armazenamento dos reservatórios e capacidade de transporte dos adutores do subsistema de Pedrógão.

Quadro 5 – Resultados da simulação de exploração de albufeiras.

Albufeira	Capacidade útil (hm ³)	Pedido anual (hm ³)	Pedido do mês de ponta (m ³ s ⁻¹)	Q médio no mês de ponta (m ³ s ⁻¹)	Q aduzido (m ³ s ⁻¹)
Peso	0.70	2.26	0.29	0.13	0.10
Paço	1.20	1.38	0.18	0.23	0.17
Qt. S. Pedro	0.30	1.59	0.21	0.17	0.13
S. Pedro	8.50	120.58	15.61	12.44	9.36
Almeidas	0.50	14.17	1.84	1.74	1.31
Amendoeira + Magra	1.50	82.94	10.74	11.07	8.33

Na Figura 3 pode observar-se em gráfico os resultados da simulação da exploração da albufeira de S. Pedro, a maior do sistema hidráulico. Considerou-se para esta albufeira uma capacidade útil de armazenamento de 8,5 hm³. Num ano seco, e com uma disponibilidade máxima de adução de 9,36 m³ s⁻¹, verifica-se que a albufeira permanece cheia até ao início do mês de Julho, esvaziando-se quase totalmente no decurso deste mês, mantendo apenas uma capacidade residual que é utilizada no decurso do mês de Agosto.

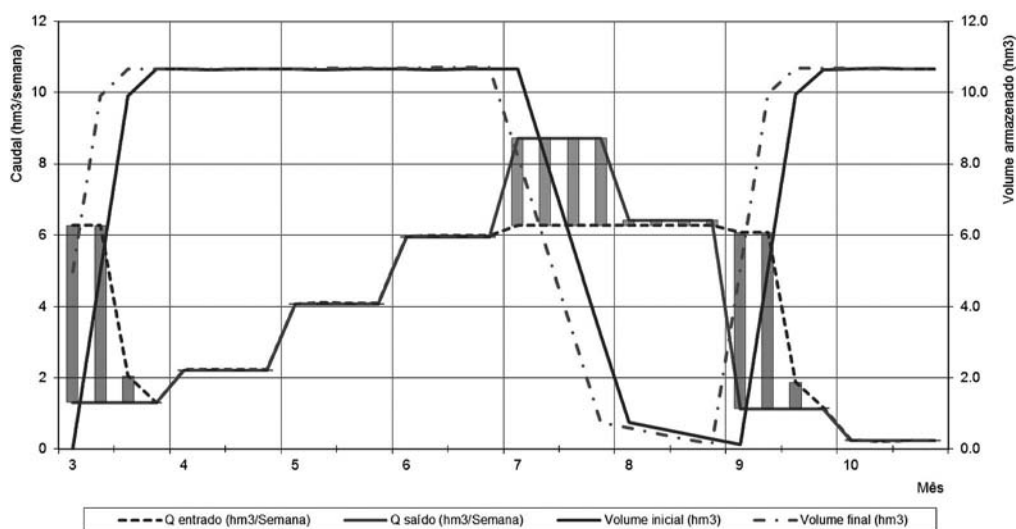


Figura 3 – Simulação da exploração da albufeira de S. Pedro em ano seco, para uma capacidade de adução 9,36 m³ s⁻¹.

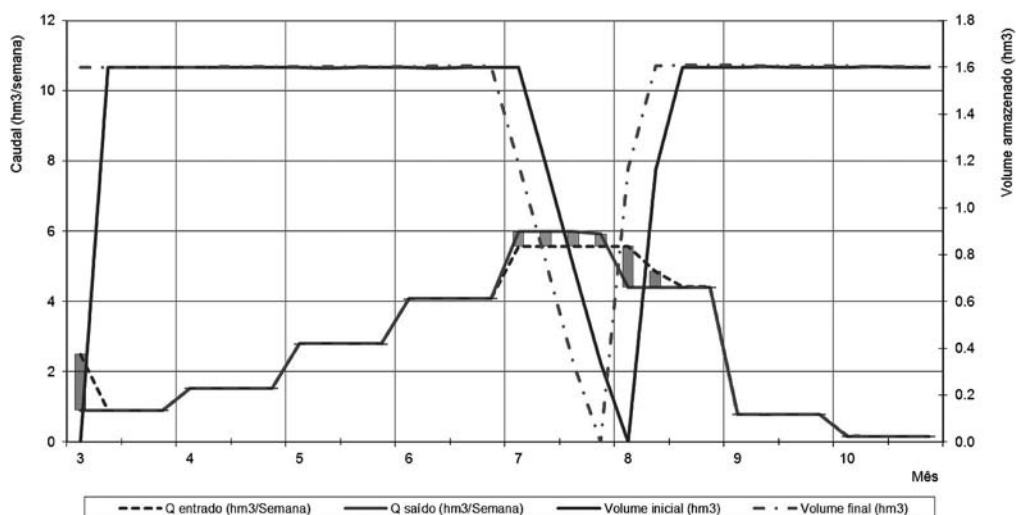


Figura 4 – Simulação da exploração das albufeiras Amendoeira + Magra em ano seco, para uma capacidade de adução 8,33 m³ s⁻¹.

Pode verificar-se que a capacidade de adução é ligeiramente inferior ao pedido médio nos meses de Junho ($10,96 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e Agosto ($11,46 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). O pedido médio no mês de Julho ($15,59 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) é francamente superior à capacidade de transporte, pelo que o défice ($6,23 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) deverá ser fornecido pela albufeira.

O sistema de adução funciona a plena capacidade durante a totalidade dos meses de Junho, Julho e Agosto (note-se que o volume aduzido em Junho é ligeiramente inferior uma vez que este mês tem apenas 30 dias). A operação a plena carga em Setembro não será em princípio realista, uma vez que, em princípio, não se deverá preencher a albufeira antes do Inverno, de modo a evitar eventuais descargas no caso de ocorrência de um ano húmido.

Na Figura 4 podem igualmente observar-se em gráfico os resultados da simulação da exploração das albufeiras de Amendoeira e Magra.

4. CONCEPÇÃO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DE PEDRÓGÃO

O circuito hidráulico de Pedrógão tem a sua origem, conforme já foi referido, na barragem de Pedrógão, onde, na sua margem direita, será construída a estação elevatória principal, que irá elevar o caudal de cerca de $12,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ necessário a transportar para todo o subsistema de Pedrógão. Para além desta estação elevatória serão ainda construídas mais duas estações elevatórias na rede primária, na barragem de S. Pedro, uma irá elevar um caudal máximo de aproximadamente $4,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para os blocos de S. Matias e a outra irá elevar um caudal de cerca de $8,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para os perímetros de S. Pedro e Baleizão-Quintos. São 3 estações elevatórias de grande dimensão, tendo maior relevância a estação elevatória principal de Pedrógão, devido a se localizar na origem do sistema hidráulico e devido aos valores elevados de caudal e altura manométrica.

A estação elevatória principal situa-se imediatamente a jusante da barragem de Pedrógão numa plataforma com uma pendente para o rio aproximadamente a cota (80,00), ocupando o edifício principal uma área global de 41 m x 18 m. Os equipamentos da estação serão distribuídos por 3 pisos, um à cota (74,30), um à cota (77,30) e o terceiro à cota (81,00).

O caudal de dimensionamento desta estação elevatória, foi obtido através da modelação da exploração das albufeiras/reservatórios de todo o subsistema hidráulico. Tendo resultado a necessidade de elevar um caudal máximo de cerca de $12,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ da albufeira de Pedrógão com níveis de água entre as cotas (79,00) e (84,80), para o reservatório de Pedrógão com níveis de água entre as cotas (154,00) e (156,00). A altura de elevação nominal, resultante da optimização do sistema hidráulico, foi de 80,9 m. A ligação entre a estação elevatória e o reservatório de Pedrógão, será efectuada através de uma conduta elevatória de DN 2500 mm em betão com alma de aço, com cerca de 2,75 km de extensão (Figura 5).

Na concepção geral do sistema elevatório, foram estudadas várias alternativas, sendo a principal variante o tipo e número de grupos electrobomba: 3 grupos de coluna vertical, com impulsor de dupla câmara aspiração e motor a seco; 3 grupos de eixo horizontal com montagem a seco e 6 grupos de eixo vertical de instalação a seco.

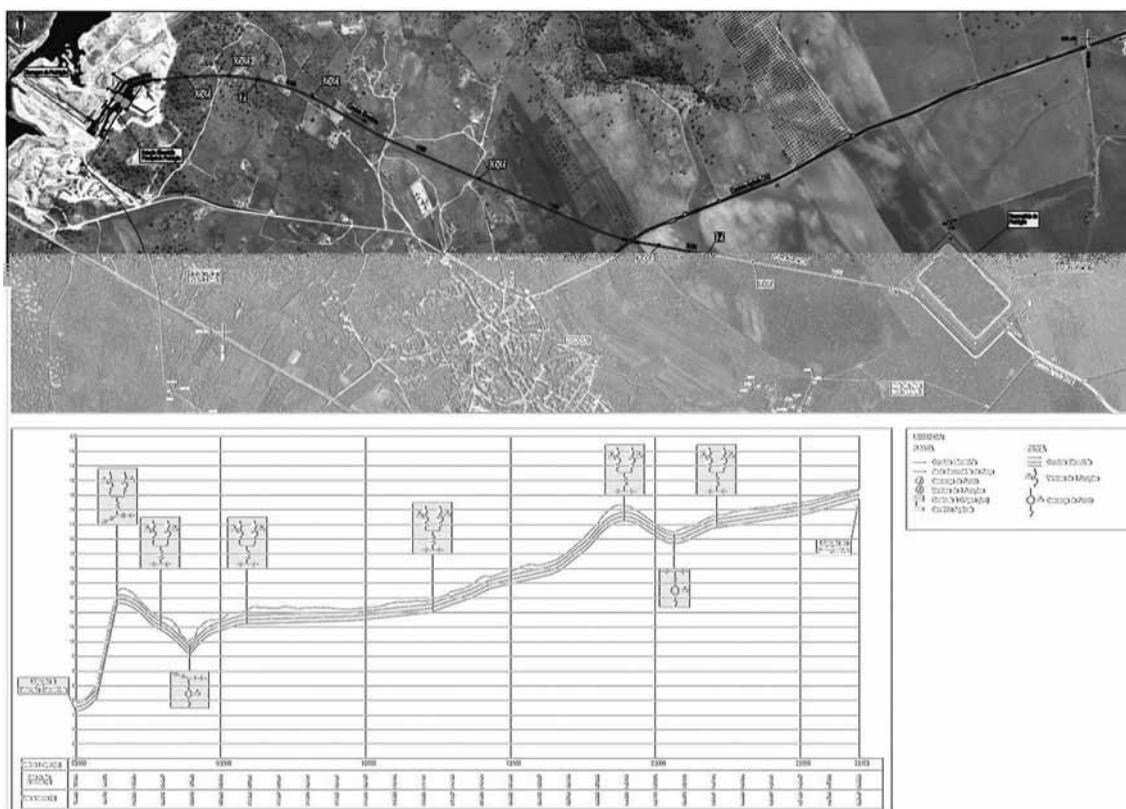
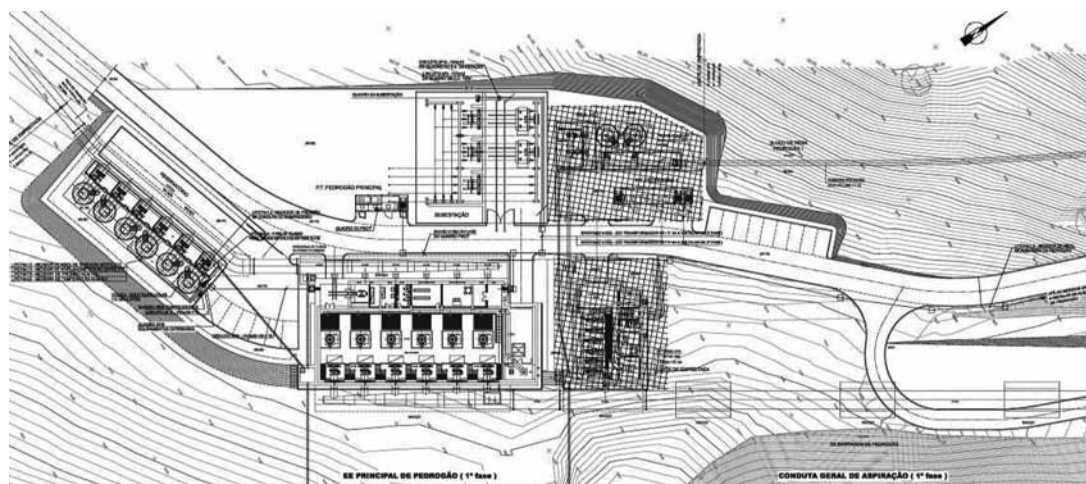
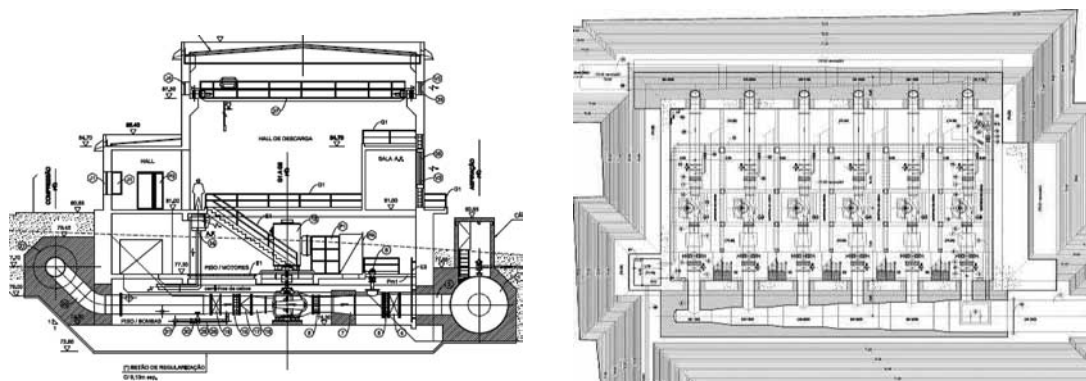


Figura 5 – Planta e perfil da conduta elevatória de Pedrógão.

Resultado da análise técnico-económica efectuada, verificou-se mais vantajosa a alternativa com grupos de eixo vertical com instalação a seco. Para além de possuir menores custos de investimento, verifica-se a vantagem de se ter um maior número de grupos para uma melhor repartição do caudal a elevar de forma a possibilitar a sua instalação em duas fases, e também se realça o facto de já existirem equipamentos similares em outros projectos da EDIA (Serpa e Brinches). Assim, preconizou-se a instalação de um sistema de bombagem constituído por seis grupos electrobomba verticais de velocidade fixa, com caudal unitário de $2,08 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a instalar faseadamente (três grupos na 1ª Fase e três grupos na 2ª Fase). Será igualmente instalado um grupo de enchimento de velocidade variável com caudal de 63 l s^{-1}). Na Figura 6 podemos observar a planta geral de implantação, a planta do piso dos grupos e corte.



Planta de implantação



Corte

Planta no piso dos grupos

Figura 6 – Estação elevatória principal de Pedrógão.

O funcionamento dos grupos electrobomba será comandado automaticamente em função dos níveis de água que se verificam no reservatório de regularização de Pedrógão. Para isso, será estabelecido um escalonamento de níveis inferiores para arranque dos vários grupos e um escalonamento de níveis superiores para paragem dos mesmos.

5. CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido para o subsistema de Pedrógão permitiu obter uma solução optimizada com um equilíbrio entre o volume útil a armazenar nas barragens / reservatórios e a capacidade de transporte da rede primária de adução.

Determinou-se que o subsistema de Pedrógão terá consumos anuais de água elevados, que em ano médio podem atingir os 136 hm³, e em ano seco atingem os 152 hm³. Para o mês de maior consumo, que corresponde ao mês de Julho, os consumos são de 39 hm³ em ano médio e 44 hm³ em ano seco, o que corresponde a dotações médias por hectare de 1 863 m³ e 2 084 m³, respectivamente (considerando apenas a área efectivamente regada).

Em relação aos resultados de optimização da capacidade de transporte e de armazenamento, podemos referir que:

- a capacidade útil do sistema, incluindo as albufeiras particulares do Peso, Paço e Quinta de S. Pedro, é de aproximadamente 13,51 hm³;

- o principal e maior armazenamento do subsistema está localizado na albufeira de S. Pedro, com 8,5 hm³;
- os principais trechos da rede primária de Pedrógão são o trecho inicial do subsistema, que faz a ligação entre a estação elevatória principal e o reservatório de Pedrógão, e trecho que faz a ligação entre o reservatório de Pedrógão e a albufeira de S. Pedro. Nestes trechos o caudal a aduzir varia entre 12,50 m³ s⁻¹ e 9,36 m³ s⁻¹;
- o caudal máximo a transportar corresponde a cerca de 75 % do caudal médio pedido no mês de ponta; e
- as albufeiras permanecem cheias até ao início do mês de Julho, esvaziando-se quase totalmente no decurso deste mês, mantendo apenas uma capacidade residual que é utilizada no decurso do mês de Agosto.

Para o início do subsistema de Pedrógão a solução preconizada consiste na instalação da estação elevatória principal, a construir a jusante da barragem de Pedrógão, na sua margem direita. Verificou-se ser mais vantajoso a instalação de 6 grupos de eixo vertical com instalação a seco, com um caudal por grupo de 2,08 m³ s⁻¹, e uma altura manométrica total de aproximadamente 80,9 m.

A partir desta estação elevatória será transportado um caudal máximo de 12,5 m³ s⁻¹, através de uma conduta elevatória de DN 2500 mm, com uma extensão de cerca de 2750 m, até ao reservatório de Pedrógão, o qual possui uma capacidade de armazenamento de cerca de 145 000 m³.

Tendo em consideração a dimensão das infra-estruturas projectadas para o subsistema de Pedrógão, verificou-se que a metodologia aplicada para a optimização das capacidades de transporte e de armazenamento do circuito hidráulico primário, permitiu obter bons resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COBA (1997). Estudo de simulação da exploração do sistema global de rega. Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva.

COBA (2006). Nota Técnica 8: Determinação da capacidade de transporte e armazenamento do sistema primário. Projecto de Execução da Estação Elevatória e Circuito Hidraulico do Pedrógão.

COBA (2008). Projecto de Execução da Estação Elevatória e Circuito Hidraulico do Pedrógão. Volume 2: Estações Elevatórias de Pedrógão. Volume 2.1 – Estação Elevatória Principal de Pedrógão e Conduta Elevatória.

COBA (2009). Estudo Previo da estação elevatória, conduta elevatória, sistema adutor gravítico e barragem dos Almeidas. Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de São Matias.

COBA (2009). Nota Técnica 2: Determinação da capacidade de transporte e armazenamento do sistema primário. Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos.

COBA (2009). Nota Técnica 3: Rede Primária de Adução e Regularização – Estudos de Alternativas. Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos.

O CIRCUITO HIDRÁULICO AMOREIRA-CALIÇOS ESTUDO DE UM CASO PRÁTICO

Nelson P. BRISO¹

Paulo GAMEIRO²

RESUMO

A presente comunicação surge na sequência do “*Projecto de Execução do Circuito Hidráulico Amoreira Caliços*” desenvolvido pelo consórcio PROCESL - GIBB PORTUGAL para a Empresa EDIA, SA..

O circuito hidráulico Amoreira – Caliços domina, directa e indirectamente, uma área de cerca de 14 500 ha que se localiza na margem esquerda do rio Guadiana, entre as localidades de Moura–Pias–Brinches e Pedrógão.

O circuito hidráulico Amoreira – Caliços tem início na barragem da Amoreira (existente) e termina na barragem de Caliços (a construir), compreendendo, assim, a estação elevatória da Amoreira e respectiva conduta elevatória, que para além da adução ao monte do Alvarrão, abastece os blocos de rega gravíticos de Moura e a barragem de Caliços.

Tendo em consideração as especificidades do circuito hidráulico foram, desenvolvidas e comparadas três alternativas para a sua concepção com o objectivo de seleccionar a solução mais vantajosa em termos técnico-económico e ambientais. Para o efeito, procedeu-se à definição e caracterização das alternativas, bem como à respectiva estimativa dos custos de investimento, manutenção e energéticos, que tiveram como linhas orientadoras os critérios habitualmente aplicados nos estudos desenvolvidos no âmbito do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA).

Finalmente, para a alternativa seleccionada apresentam-se as características das principais infra-estruturas, designadamente: estação elevatória de Amoreira, conduta elevatória e barragem de Caliços.

Palavras-Chave: rede primária de rega, estudo de alternativas, critérios de concepção, estimativa de custos.

¹ Eng.º Agrónomo, PROCESL, Alfrapark – Estrada do Seminário, 4 – Ed. C – Piso 1 Sul - Alfragide, 2614-523 Amadora, +351.1.210067200, nbriso@procesl.pt

² Eng.º Civil, GIBB PORTUGAL, Av. Eng.º Duarte Pacheco; Amoreiras - Torre 1 - 14º Piso, 1070 - 101 Lisboa, +351 213 861 523, pgameiro@gibbportugal.com

1. INTRODUÇÃO

Na concepção dos projectos hidroagrícolas estão subjacentes duas perspectivas principais: a do projecto de desenvolvimento económico e social, assente no desenvolvimento agrícola, e a do projecto hidráulico. A estas perspectivas, e de forma integrada, deve juntar-se a influência das políticas agrícolas e ambientais e das políticas externas, nomeadamente, a Directiva Quadro da Água (DQA).

Neste contexto, as alternativas a desenvolver exigem um grande empenhamento na procura de soluções e respostas eficazes aos desafios que se colocam na definição de um aproveitamento hidroagrícola em que se exige, simultaneamente, o respeito pelo ambiente e a utilização de forma sustentada dos recursos naturais, mas também integrada e capaz de obter soluções seguras, de qualidade, de forte aceitação por parte dos potenciais beneficiários e motoras do desenvolvimento rural.

Na presente comunicação é apresentado o estudo de definição do circuito hidráulico Amoreira-Caliços. Neste sentido apresentam-se três alternativas para a concepção do circuito hidráulico e procede-se à definição e caracterização das alternativas, bem como à respectiva estimativa dos custos de investimento, manutenção e energéticos, que tiveram como linhas orientadoras os critérios habitualmente aplicados nos estudos desenvolvidos no âmbito do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA).

Finalmente, para a alternativa seleccionada, apresentam-se as características das principais infra-estruturas, designadamente: estação elevatória de Amoreira, conduta elevatória e barragem de Caliços.

2. BREVE CARACTERIZAÇÃO DO PROJECTO

O circuito hidráulico Amoreira – Caliços domina, directa e indirectamente, uma área de cerca de 14 500 ha que se localiza na margem esquerda do rio Guadiana entre as localidades de Moura-Pias-Brinches e Pedrógão.

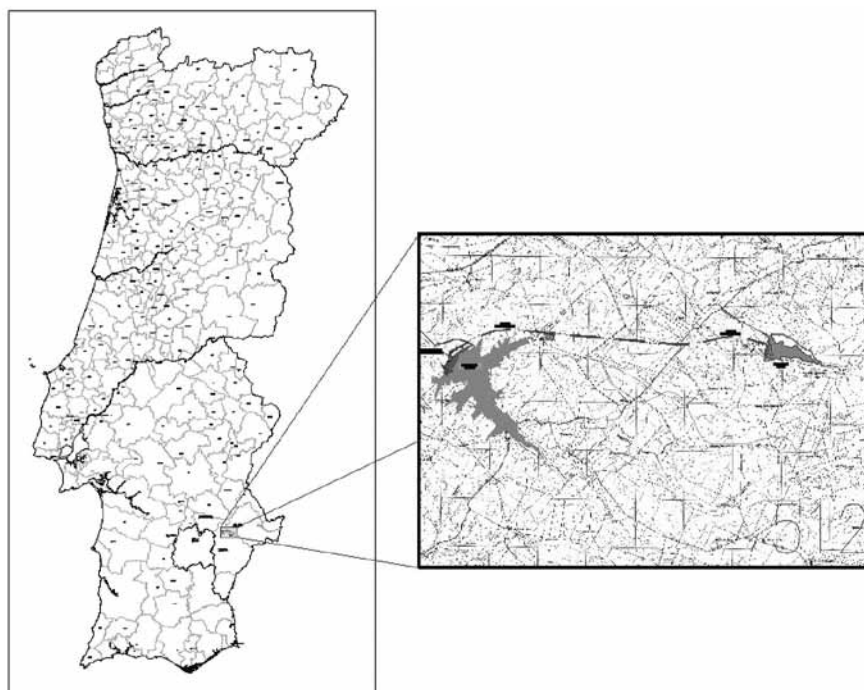


Figura 1 – Localização

O circuito hidráulico Amoreira – Caliços está integrado no circuito hidráulico da Amoreira, sub-sistema de Ardila, que compreende uma extensa rede primária com início na barragem de Alqueva a partir da estação elevatória de Pedrogão (margem esquerda) e fim nas ligações ao reservatório de Guadalupe e barragens de Furta Galinhas, Pias, Enxoé e Laje. Apresenta-se na figura seguinte a configuração do Sub-Sistema de Rega de Ardila.

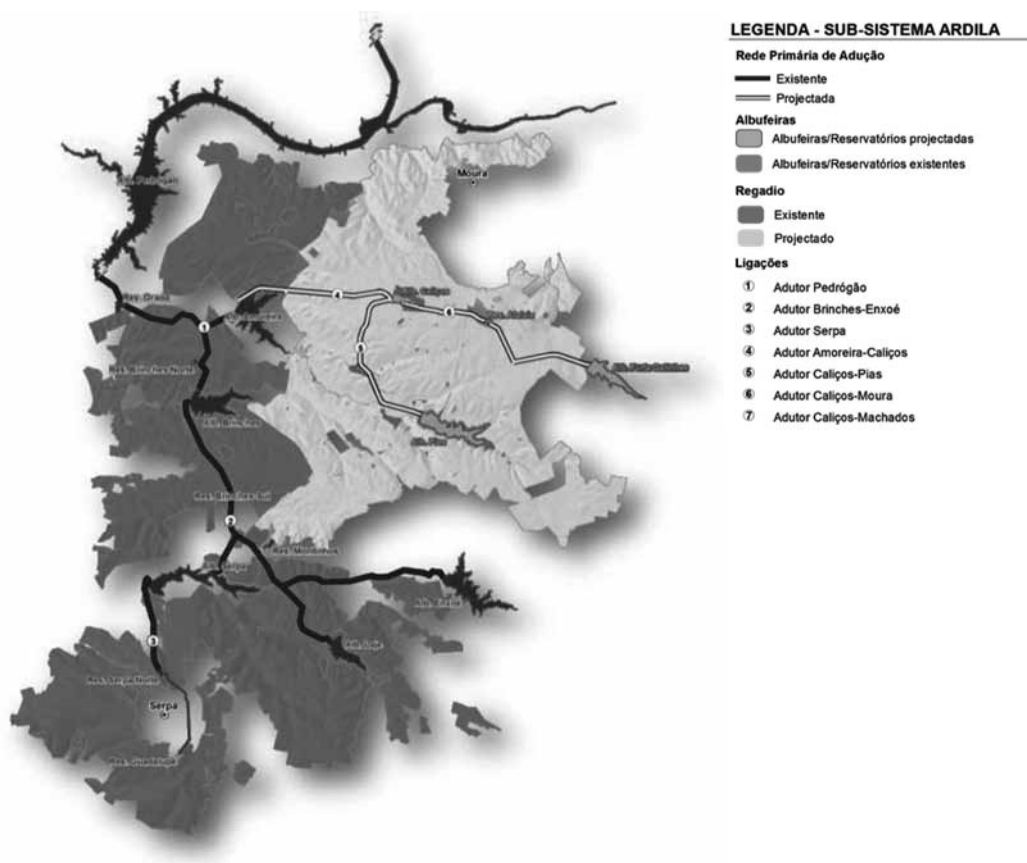


Figura 2 – Sub-Sistema de Ardila (Fonte EDIA)

O circuito hidráulico Amoreira – Caliços tem início na barragem da Amoreira (existente) e termina na barragem de Caliços (a construir). Este circuito compreende a estação elevatória da Amoreira e respectiva conduta elevatória, que, para além da adução ao monte do Alvarrão, abastece os blocos de rega gravíticos de Moura e a barragem de Caliços.

3. DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente, apresentam-se a Alternativa I (que tem por base a solução desenvolvida no âmbito do Estudo Comparativo do Ardila) e duas outras alternativas para a configuração do Circuito Hidráulico Amoreira-Caliços, que se descrevem de seguida.

A **Alternativa I** caracteriza-se por uma elevação entre as barragens da Amoreira e Caliços, através de uma estação elevatória de pé de barragem com beneficiação no percurso de cerca de 457 ha (monte de Alvarrão). A jusante da barragem dos Caliços procede-se à adução para a barragem de Pias, para o reservatório dos Machados, bem como para os blocos de Moura.

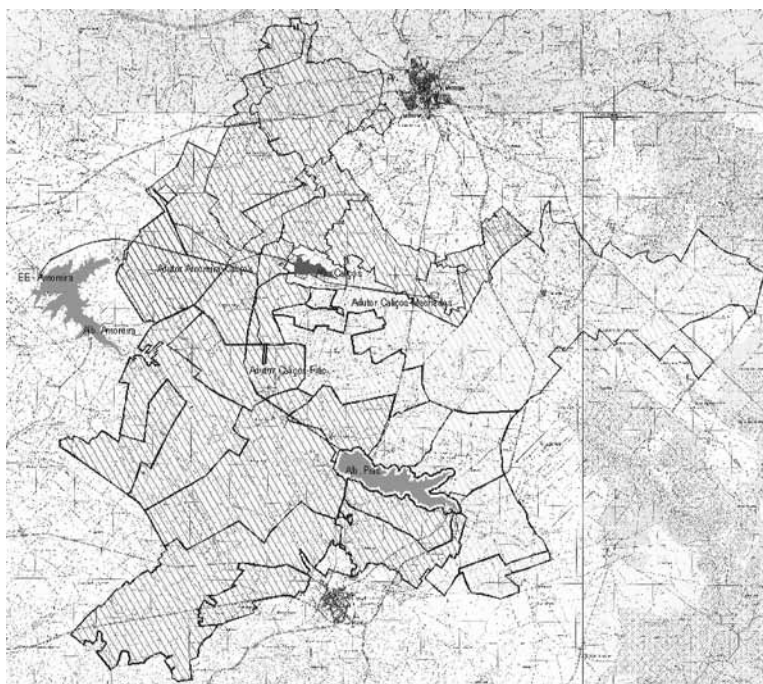


Figura 3 – Configuração da Alternativa I

A **Alternativa II** caracteriza-se pela implantação de um reservatório intermédio, localizado na zona do monte do Figueiral, no circuito de elevação entre as barragens da Amoreira e Caliços. Nesta elevação serão beneficiados no percurso cerca de 457 ha (monte de Alvarrão). A jusante do reservatório de Figueiral, através de uma segunda estação elevatória, são bombados os caudais para a barragem de Caliços e será, também, realizada a adução gravítica à barragem de Pias. A jusante da barragem dos Caliços mantém-se a adução ao reservatório dos Machados, bem como aos blocos de Moura.

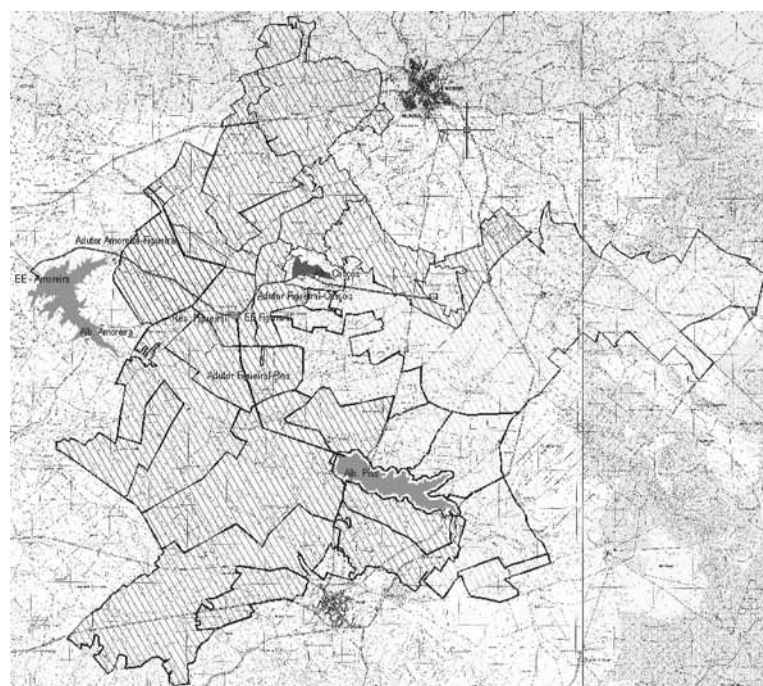


Figura 4 – Configuração da Alternativa II

A **Alternativa III** caracteriza-se pela localização da barragem de Caliços num local mais a jusante do local preconizado nas alternativas anteriores. Para esta localização, bastante mais próxima da barragem da Amoreira, a barragem de Caliços apresenta um maior volume de armazenamento mas a cotas mais baixas. Deste modo, o circuito hidráulico caracteriza-se por uma elevação entre as barragens da Amoreira e Caliços, através de uma estação elevatória de pé de barragem, com beneficiação no percurso de cerca de 457 ha (monte de Alvarrão). Para além da beneficiação dos blocos de Moura com origem na barragem dos Caliços, são bombados os caudais para o reservatório de Figueiral, localizado na zona do monte do Figueiral, bem como, a elevação para o reservatório dos Machados através de uma estação elevatória localizada na margem esquerda da albufeira.

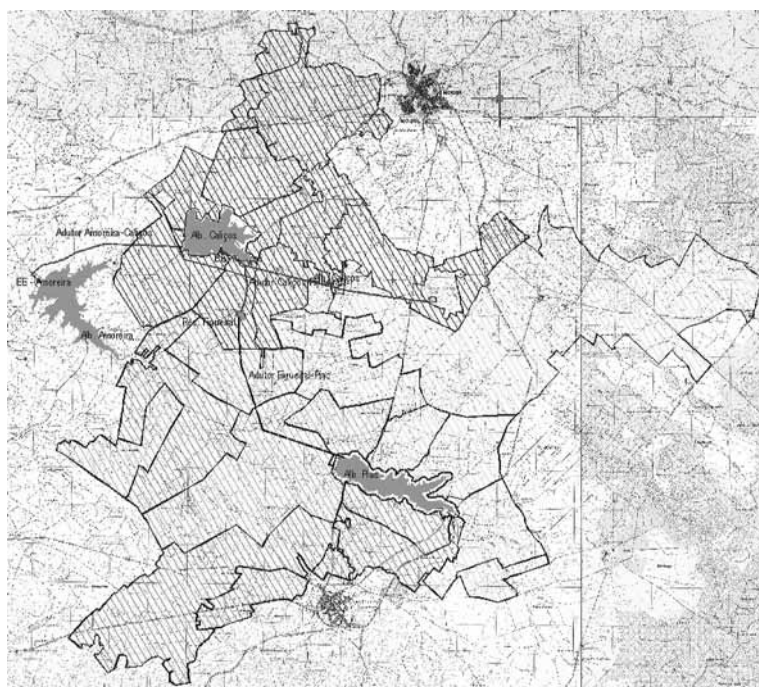


Figura 5 – Configuração da Alternativa III

Refira-se, finalmente, que é a ligação compreendida entre a barragem da Amoreira e a barragem dos Caliços que interessa ao Circuito Hidráulico Amoreira-Caliços.

4. ESTUDO DAS ALTERNATIVAS

4. 1. Caudais de dimensionamento

A definição dos caudais de dimensionamento teve como ponto de partida os caudais estabelecidos nos estudos anteriores. Na análise destes valores verificou-se que a definição dos caudais de dimensionamento teve por base os seguintes critérios:

- A classe de uso do solo “culturas permanentes” seria no futuro reduzida em 50% da área actualmente ocupada;
- Uma eficiência de transporte de 85% e um rendimento médio de utilização da rede primária de 83,3%, valor que resulta de um horário de funcionamento da rede primária de rega correspondente a 7 dias/semana x 20 h/dia.

Tendo em conta a evolução entretanto verificada na ocupação cultural, com o crescimento do Olival de regadio e nos rendimentos de exploração associados ao funcionamento das redes primárias, procedeu-se a uma readaptação dos pressupostos anteriores, considerando:

- A classe de uso do solo “culturas permanentes” não será reduzida no futuro;
- A eficiência de transporte de 95% e um rendimento médio de utilização da rede primária de 91,2%, valor que resulta de um horário de funcionamento da rede primária de rega correspondente a 7 dias/semana x 22 h/dia.

Refira-se que a aplicação destes critérios ao caudal elevado na EEP da Amoreira permitiu a redução do mesmo de 10,98 m³/s (caudal preconizado no estudo anterior de 2006) para 8,98 m³/s, o que representa uma redução de cerca de 18%.

Refira-se que ambas as Alternativas definidas se caracterizam pela beneficiação na elevação da Amoreira e na adução a Pias, respectivamente, cerca de 457 (monte de Alvarrão) e 2 100 ha (Pias gravítico). Neste sentido, a estimativa dos caudais de dimensionamento do circuito hidráulico definido nas diferentes Alternativas resultou da avaliação dos caudais:

- Transferidos entre barragens e a sua capacidade de regularização;
- Na rede secundária dos blocos de Alvarrão e Pias Gravítico;

Para a definição dos **caudais transferidos entre barragens** recorreu-se, ao modelo computacional desenvolvido pela PROCESL para a simulação da exploração de albufeiras de aproveitamentos hidroagrícolas com consumos sazonais afectos. O algoritmo de simulação utiliza a resolução numérica por diferenças finitas da equação da continuidade, aplicada mês a mês, ao longo do período de simulação da exploração da albufeira. Assim, partindo do volume útil armazenado na albufeira no início do mês, a equação que, de modo simplificado, traduz a aplicação da equação da continuidade é dada por:

$$S_{t+1} = S_t + Vt_{t+1} + V_{t+1} + P_{t+1} - R_{t+1} - E_{t+1} - CE_{t+1} \quad (1)$$

em que t+1 designa o mês a que se aplica a equação e t, o mês precedente. A variável S identifica o volume armazenado na albufeira e as restantes variáveis Vt, P, R, E e CE designam variações de volume entre os finais dos meses t e t+1, ou seja, os volumes mensais, respectivamente, afluente e transferido à albufeira, directamente precipitado sobre a albufeira, consumido na rega, evaporado a partir da albufeira e afecto a fins ecológicos.

No início da simulação, o modelo considera que o volume armazenado corresponde ao nível de pleno armazenamento (S0=Vu).

O modelo define, através de uma optimização iterativa, qual o volume a transferir para que sejam alcançados os seguintes objectivos:

- $S_{t+1} \leq V_u$ (volume útil da albufeira), minimização de descargas para jusante;
- $S_{t+1} \geq 0$, um valor negativo significa que ocorreu um volume em falta e o volume em falta nesse ano adicionado a uma variável totalizadora. Se o resultado armazenado nesta variável exceder uma determinada fracção do consumo estimado para esse ano, considera-se que ocorre uma falha de fornecimento nesse ano. Se o número de anos com falhas de fornecimento exceder os níveis de garantia adoptados para a série estudada, haverá que ensaiar outras soluções, com aumento do volume transferido.

A definição dos **caudais nas redes secundárias** dos blocos de Alvarrão e Pias foi efectuada através de uma metodologia expedita que teve por base a fixação de caudais específicos de dimensionamento.

Os caudais específicos de dimensionamento foram definidos em função das características fundiárias dos blocos de rega e condicionados por valores normalmente aceites pela EDIA.

De acordo com os resultados obtidos apresentam-se no Quadro 1 os caudais de dimensionamento dos vários troços das alternativas em estudo.

Quadro 1 – Caudais de dimensionamento

TROÇO	CAUDAL (m ³ /s)		
	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
EE Amoreira – B. Caliços/R. Figueiral	7,15	7,85	5,70
B. Caliços – R. Figueiral / R. Figueiral – B. Caliços	-	4,50	2,90
B. Caliços/ R. Figueiral - B. Pias	2,90	2,90	2,90

4. 2. Definição das alternativas

Para cada uma das alternativas procedeu-se à determinação da altura manométrica da estação elevatória primária da Amoreira e do diâmetro das condutas elevatórias/gravíticas através de análise técnico-económica. Como referido anteriormente, os Adutores para a barragem de Pias e para o reservatório dos Machados não fazem parte do circuito hidráulico Amoreira Caliços; no entanto, tendo em consideração que as diferentes alternativas condicionam o traçado dos referidos Adutores com reflexo nos custos associados às várias alternativas realizou-se também o seu dimensionamento.

A cada hipótese de diâmetro da conduta elevatória/gravítica foram estimados os respectivos custos de investimento e os encargos energéticos associados. A análise técnico-económica teve por base os seguintes aspectos:

- O material considerado foi o betão com alma de aço com diâmetros compreendidos entre 1600 e 2500 mm, PN 4 e 16;
- As perdas de carga contínuas para a situação de funcionamento em regime permanente foram estimadas por aplicação da fórmula de Colebrook-White, sendo que para a rugosidade absoluta equivalente e viscosidade cinemática se consideraram, respectivamente, o valor médio de 0,3 mm e $1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Para as perdas de carga localizadas considerou-se um acréscimo de 10% às perdas de carga contínuas;
- Os custos de investimento e encargos energéticos foram estimados de acordo com as metodologias descritas no ponto 4.3;
- O volume dos reservatórios foi fixado considerando uma reserva de 2 (duas) e 4 (quatro) horas, respectivamente na rede primária e nas redes secundárias de rega.

No Quadro 2 apresentam-se as principais características dos sistemas elevatórios das alternativas em estudo.

Quadro 2 – Características principais dos sistemas elevatórios

Alternativa	Descrição	Caudal	Altura de elevação (m c.a.)	Potência total ^(*)
I	EE Amoreira	7,15	78,6	6 726
	EE Machados	3,40	42,5	1 727
II	EE Amoreira	7,85	66,4	6 237
	EE Figueiral	4,50	10,0	541
	EE Machados	3,40	42,5	1 727
III	EE Amoreira	5,70	52,8	3 598
III	EE Caliços	2,90	20,6	714
	EE Machados	3,40	66,9	2 720

(*) - Considerou-se um rendimento de 82%

No Quadro 3 apresentam-se as principais características das restantes infra-estruturas das alternativas em estudo.

Quadro 3 – Características principais das infra-estruturas

Alternativa	Descrição	Caudal (m³/s)	Comprimento (km)	Diâmetro (mm)/PN	NPA/NmE	Altura	Volume útil (dam³)
I	C.E (Amoreira – Caliços)	7,15	7,6	2 150/12	-		-
	Barragem de Caliços	-	-	-	193/190	10,0	560
	C.G (Caliços - Pais)	2,90	6,8	1 800/4			
II	C.E (Caliços - Machados)	3,40	3,2	1 800/6	-		-
	C.E (Amoreira – Figueiral)	7,85	5,9	2 500/10	-		-
	Reservatório de Figueiral	-	-	-	187/185	-	70
	C.E (Figueiral - Caliços)	3,40	3,2	1 800/6	-		-
	C.G (Figueiral - Pias)	2,90	5,2	2 150/4	-		-
	Barragem de Caliços	-	-	-	193/190	10,0	560
	C.E (Caliços - Machados)	3,40	3,2	1 800/6	-		-
III	C.E (Amoreira – Caliços)	5,70	4,3	2 000/10	-		-
	Barragem de Caliços	-	-	-	172,5/167,5	14,0	4 280
	C.E (Caliços - Figueiral)	2,90	1,9	1 800/4	-		-
	Reservatório de Figueiral	-	-	-	187/185	-	35
	C.G (Figueiral - Pias)	2,90	5,2	2 150/4	-		-
	C.E (Caliços - Machados)	3,40	5,7	1 800/10	-		-

4.3. Estimativa de custos

A estimativa de custos foi efectuada tendo em conta os custos de investimento e os custos relacionados com os encargos durante a vida útil das obras, estimada em 30 anos. Foi, deste modo, determinado o custo global da obra a valores actualizados, a uma taxa de 5%.

Os custos de investimento das diversas obras que constituem as soluções em estudo foram estimados com base nas quantidades de trabalho medidas e em preços unitários obtidos a partir de empreitadas de natureza semelhante.

No que diz respeito aos custos de fornecimento de materiais e equipamentos, as estimativas foram elaboradas com base nos custos resultantes de consultas a diversos fabricantes.

Os custos com a manutenção e conservação foram estimados com base numa percentagem do investimento, variável em conformidade com o tipo infra-estrutura. Neste sentido, para as condutas consideraram-se valores de 0,50% e 2,00%, respectivamente, dos custos de investimento em construção civil e dos custos em equipamento. Relativamente às barragens e reservatórios consideraram-se valores de 0,50% e 1,75%, respectivamente, dos custos de investimento em construção civil e dos custos em equipamento. No que diz respeito às estações elevatórias consideraram-se valores de 0,75% e 2,50%, respectivamente, dos custos de investimento em construção civil e dos custos em equipamento.

Na estimativa dos custos de exploração foram unicamente considerados os custos da energia e da potência.

A estimativa do custo com a energia em cada estação elevatória foi determinada com recurso à seguinte expressão:

$$C_{\text{Energ}} = [(V \times H \times 9,8) / (r \times 3\,600)] \times C_{\text{kwh}} \quad (2)$$

em que:

- V (m³) - volume de água bombado, função das necessidades de água e da área regada;
- H (m) - altura de elevação;
- r - rendimento dos grupos, considerado igual a 82%;
- ckwh - custo do kW/h.

Relativamente aos custos associados com a potência consideram-se as potências contratada e em horas de ponta.

Para o preço da energia (€/kWh) e da potência (€/kW por mês) considerou-se o tarifário em vigor para redes de média tensão, na opção de ciclo diário e médias utilizações.

Por forma a ser possível efectuar a análise comparativa dos custos de exploração das várias alternativas procedeu-se à estimativa dos custos associados, quer com a adução às albufeiras, quer com a adução aos blocos de rega. Desta maneira serão devidamente incorporados em termos de custos as diferentes necessidades de elevação das várias alternativas, resultantes de diferentes configurações e cotas de implantação das infra-estruturas primárias.

Assim, para a estimativa dos custos com a energia e potência torna-se necessário estimar: os volumes bombados, o número de horas mensais consumidas em hora de ponta e as características principais das estações elevatórias, caudal e altura.

Na **adução às albufeiras** as características das estações elevatórias são conhecidas e os volumes bombados correspondem aos volumes transferidos, resultantes da aplicação da metodologia de simulação da exploração de albufeiras.

Na **adução aos blocos de rega**, para além dos volumes bombados, torna-se necessário estimar as características principais das estações elevatórias.

A análise dos caudais de dimensionamento das estações elevatórias por bloco de rega foi efectuada através de uma metodologia expedita que teve por base a fixação de caudais específicos de dimensionamento em função das características fundiárias dos blocos de rega e condicionados por valores normalmente utilizados pela EDIA.

Relativamente à definição das alturas manométricas, procedeu-se à elaboração de uma carta com a carga piezométrica mínima a garantir em cada prédio. Esta carta teve por base a altimetria à escala 1:5 000 e o cruzamento entre o tipo de propriedade e a pressão mínima de serviço a garantir. Assim, nos blocos que se caracterizam por prédios de grande propriedade (área \geq 50 ha) a pressão a montante do hidrante é cerca de 1kg/cm² e nos blocos que se caracterizam por prédios de pequena propriedade (área < 50 ha) a pressão a montante do hidrante é cerca de 4,2 kg/cm²

Na definição das alturas manométricas de dimensionamento das estações elevatórias, respectivamente, para as Alternativas I, II e III consideraram-se também as seguintes perdas de carga:

- Nos sistemas de filtragem 10 m.c.a.;
- Nas redes secundárias de pequena propriedade 10 m.c.a.;
- Nas redes secundárias de grande propriedade 5 e 10 m.c.a.. O maior valor é adoptado quando existe a necessidade de instalação de uma conduta principal relativamente extensa, que ligue a origem de água à rede de distribuição propriamente dita.

Os volumes bombados na adução aos blocos de rega são função da área regada por bloco e das necessidades hídricas médias consideradas na definição dos blocos do Ardila.

Apresenta-se no Quadro 5 a estimativa de custos de investimento, conservação e manutenção e exploração para cada uma das alternativas.

Quadro 5 – Estimativa de custos (10³ €)

Alternativa	Descrição	Custos de Investimento	Custos de Manutenção	Custos de Exploração	Total
I	EE Amoreira	8 347	2 758	14 483	25 590
	C.E (Amoreira – Caliços)	12 713	3 450	-	16 163
	B. Caliços	1 854	213	-	2 067
	C.G (Caliços - Pais)	5 100	1 760	-	6 860
	EE Machados	3 186	1 053	2 326	6 565
	C.E (Caliços - Machados)	2 648	805	-	3 453
	C. Energéticos na rede Secundária	-	-	6 960	6 960
	Total	33 849	10 042	23 771	67 662
	II	EE Amoreira	8 179	2 703	12 395
C.E (Amoreira – Figueiral)		12 328	3 175	-	15 504
R. Figueiral		2 065	317	-	2 382
EE Figueiral)		1 752	579	1 122	3 454
C.E (Figueiral - Caliços)		1 886	601	-	2 488
B. Caliços		1 854	213	-	2 067
C.G (Figueiral - Pias)		6 189	2 010	-	6 565
EE Machados		3 186	1 053	2 326	3 443
C.E (Caliços - Machados)		2 648	795	-	6 960
C. Energéticos na rede Secundária		-	-	6 960	8 199
Total		40 089	11 449	22 805	74 344

III	EE Amoreira	5 513	1 822	9 439	16 775
	C.E (Amoreira – Caliços)	5 282	1 324	-	6 607
	B. Caliços	3 425	394	-	3 819
	EE Machados	4 135	1 366	3 663	9 164
	C.E (Caliços - Machados)	5 519	1 325	-	6 845
	EE Caliços	1 844	609	1 522	3 976
	C.E (Caliços – Figueiral)	1 421	464	-	1 886
	R. Figueiral	1 032	158	-	1 191
	C.G (Figueiral - Pias)	6 189	2 010	-	8 199
	C. Energéticos na rede Secundária	-	-	8 766	8 766
	Total	34 362	9 478	23 391	67 232

4. 4. Análise dos resultados

Tendo em consideração os resultados obtidos e considerando-se a diferença de custos existente entre as Alternativas I e III, muito próximas, e a Alternativa II, a análise comparativa foi realizada para as Alternativas I e III.

De acordo com os estudos realizados, verifica-se que os custos totais da Alternativa III comparativamente aos custos da Alternativa I representam uma redução de cerca de $430,6 \times 10^3$ euros, correspondentes a 0,6%, resultantes de:

- Um acréscimo de $513,5 \times 10^3$ euros de custos de investimento, que representa cerca de 1,5%;
- Uma redução de $564,2 \times 10^3$ euros de custos de manutenção e conservação, que representa cerca de 6%;
- Uma redução de $379,9 \times 10^3$ euros de custos de exploração que representa cerca de 1,6%.

No entanto, relativamente à configuração das alternativas, a Alternativa I é constituída por um menor número de infra-estruturas, a que se associam menores impactes ambientais e permite a garantia de uma melhor qualidade de serviço nos cerca de 2100 ha beneficiados no percurso da condução de adução à barragem de Pias, uma vez que na origem do adutor, barragem dos Caliços (Alternativa I), a piezométrica mínima é de cerca de 190 m contra os 185 m no reservatório do Figueiral (Alternativa III).

Refira-se, também, que para além da respectiva configuração e custos, as Alternativas I e III diferenciam-se na área dominada, resultante das áreas inundadas pelas albufeiras. Enquanto na Alternativa I a área dominada corresponde a cerca de 12 920 ha (11 050 efectivamente regados), na Alternativa III corresponde a cerca de 12 860 ha (10 995 efectivamente regados), o que resulta numa redução de cerca 0,5%.

5. CIRCUITO HIDRÁULICO AMOREIRA-CALIÇOS

Entre a fase de estudo de Alternativas, Estudo Prévio e a finalização do Projecto de Execução o circuito hidráulico de Amoreira-Caliços foi alvo de algumas revisões que, no entanto, mantiveram a configuração inicial conforme se apresenta de seguida:

- A jusante da Barragem da Amoreira, localizada no pé da barragem, foi instalada a estação elevatória principal (EEP) da Amoreira que eleva um caudal de $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$ desde a cota 125 m (NmE da albufeira da Amoreira) para a cota 193,75 m (NPA da albufeira de Caliços);

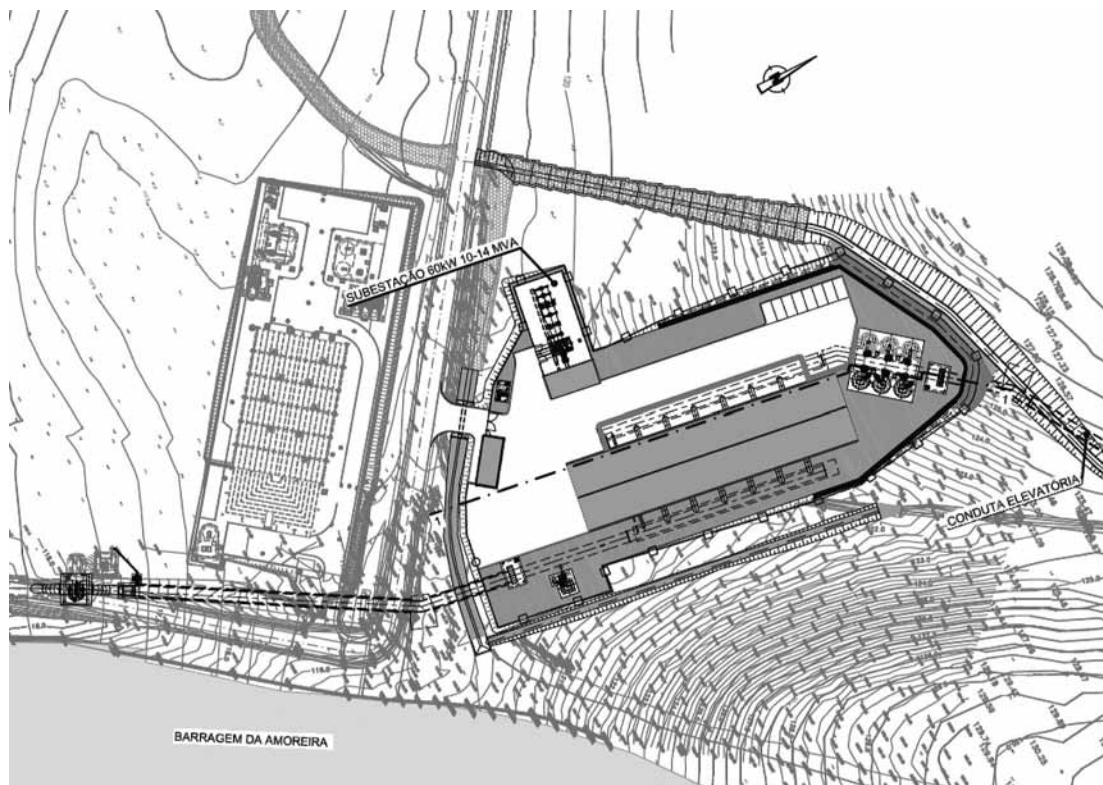


Figura 6 – Estação Elevatória da Amoreira – Implantação

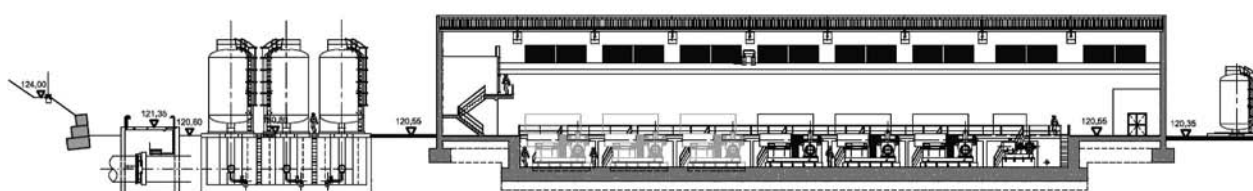


Figura 7 – Estação Elevatória da Amoreira – Corte

- A EEP será equipada na 1ª Fase com três grupos electrobomba principais, dois dos quais de velocidade variável, e o grupo auxiliar. Na 2ª Fase, serão instalados os restantes três grupos principais de velocidade fixa. Os grupos principais caracterizam-se por um caudal individual de $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ e uma altura manométrica máxima de 79 mc.a. e motores de 1900 kW. Cada um dos grupos, alimentado à tensão de 6 kV, absorverá uma potência de 2175 kVA. O grupo auxiliar caracteriza-se por um caudal de $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$ e uma altura manométrica total de 81 mc.a, potência de 500 kW. A alimentação da estação elevatória, será feita através de uma linha aérea à tensão nominal de 60 kV. Para o efeito preconizou-se, anexa à estação elevatória, uma subestação 60/6 kV com a potência de 14 MVA;

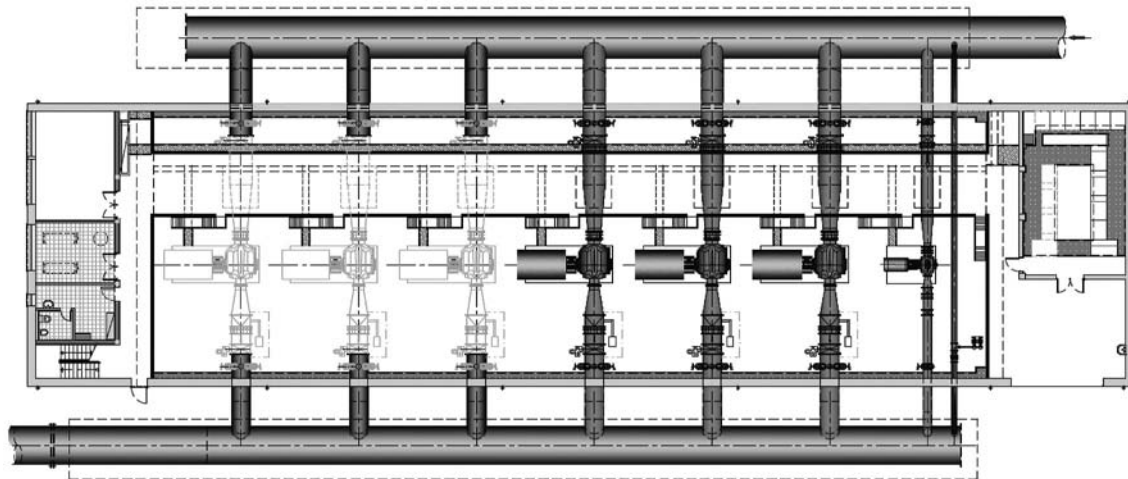


Figura 8 - Layout da Estação Elevatória da Amoreira

- A conduta elevatória, entre a estação elevatória EEP da Amoreira e a barragem de Caliços terá um desenvolvimento de cerca de 6,63 km e será constituída por tubagem de aço com um diâmetro de 2 300 mm, PN 10 e 6;

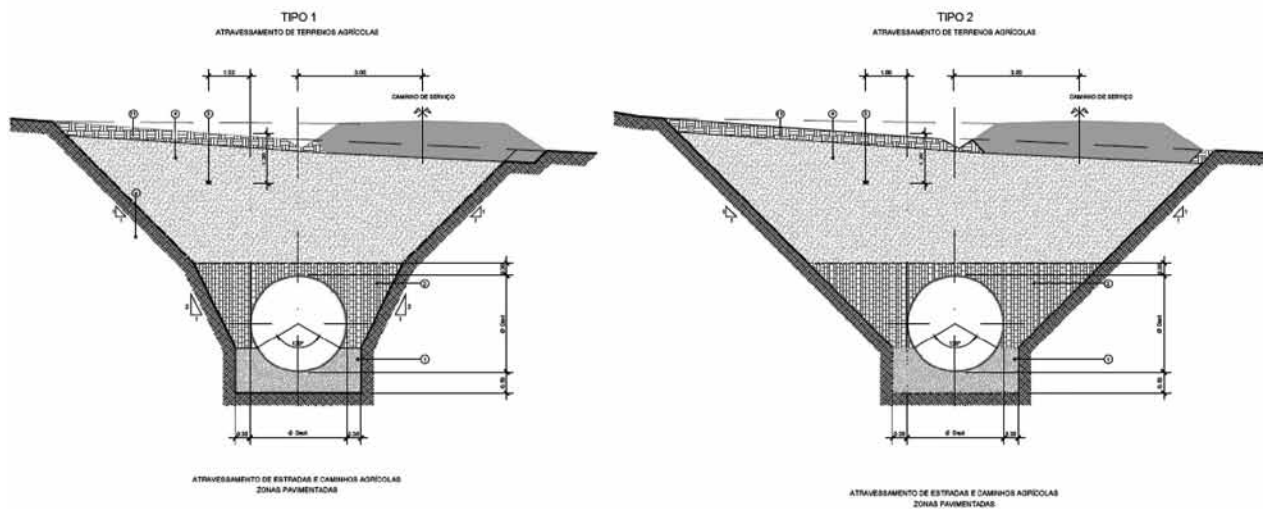


Figura 9 - Perfil Transversal Tipo da Conduta

- No percurso da Conduta elevatória, entre a estação elevatória EEP da Amoreira e a barragem de Caliços, ocorrem três derivações. Uma para um reservatório unidireccional, de 350 m³ de capacidade implantado num ponto alto do traçado, na proximidade do marco geodésico de Mantana, resultante da necessidade de se proceder à protecção da conduta elevatória contra o choque hidráulico. As outras duas para adução, uma para o monte do Alvarrão e outra para os blocos gravíticos de Moura;

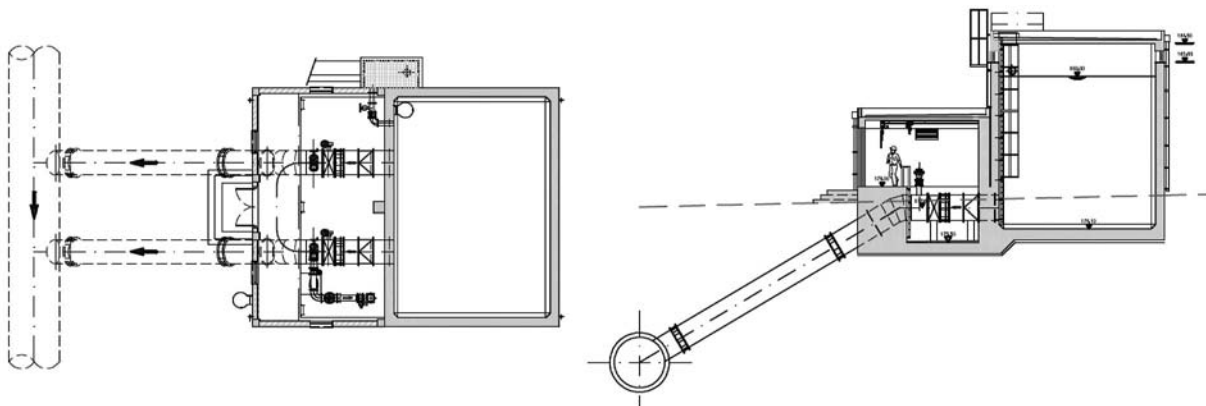


Figura 10 – Reservatório Unidireccional

- A Barragem de Caliços localiza-se no barranco com o mesmo nome, o qual é afluente da Ribeira Vale de Cervas. Esta barragem define uma albufeira com cerca de 10,0 m de altura máxima, medida desde a zona mais baixa da superfície do terreno até ao NPA, à cota 193,75. O coroamento da barragem situa-se à cota 195,25 e o nível mínimo de exploração (NmE) à cota 190,00. O volume total da albufeira é de cerca de 0,8 hm³, o volume útil 0,56 hm³, e a área inundada é de cerca de 24 ha;
- O perfil tipo da barragem terá os taludes com declive 1 V / 2,5 H a montante e 1 V / 2,0 H a jusante. A jusante prevê-se a construção de banqueteta, com dois metros de largura, situada à cota (185,50). O dreno subvertical, com dois metros de largura, terá inclinação 2 V / 1 H. Entre o aterro e a camada de rip-rap será colocada manta geotêxtil com função de filtro e de separação. O mesmo tipo de material, e com as mesmas funções, será utilizado para envolver o dreno de pé de jusante no seu contacto com outros materiais, donde resulta que este dreno seja envolvido lateral e inferiormente em cada secção transversal e lateralmente nas suas extremidades na direcção longitudinal;

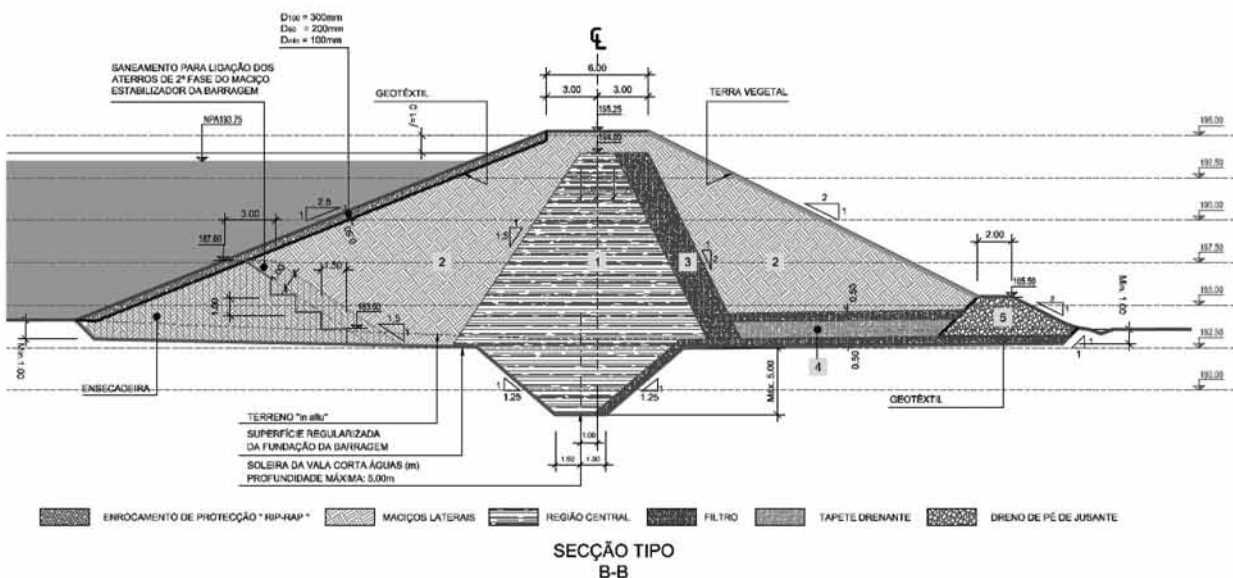


Figura 11 – Barragem de Caliços. Perfil Transversal Tipo

- A barragem de Caliços compreende as seguintes obras hidráulicas de segurança e exploração: tomada de água para adução à barragem de Pias, descarga de fundo, tomada de

água para a EE de Coutos de Moura, conduta de adução à barragem, e, descarregador de cheias. Este é constituído por uma soleira em labirinto com aproximadamente 12 metros de comprimento, por um canal com cerca de 75 metros de extensão, uma bacia de dissipação de energia por ressalto hidráulico e por um canal de restituição à linha de água com cerca de 195 metros de comprimento. Em virtude do elevado número de órgãos hidráulicos necessários, o estudo da sua disposição e implantação mereceu especial atenção, tendo sido alvo de um estudo de alternativas. A solução final, compreendeu a implantação do descarregador de cheias no encontro esquerdo, tal como a Tomada de água para Pias e a descarga de fundo. Estes dois últimos órgãos compreenderão condutas implantadas paralelamente e partilharão uma torre onde ficarão alojados os diferentes órgãos de manobra. De forma similar, agrupou-se a conduta de adução à barragem, a qual se prevê poder funcionar em sentido inverso para adução das derivações para rega – Monte de Alvarrão e blocos de Moura, e a tomada de água para a EE de Coutos de Moura, implantadas no encontro direito da barragem;

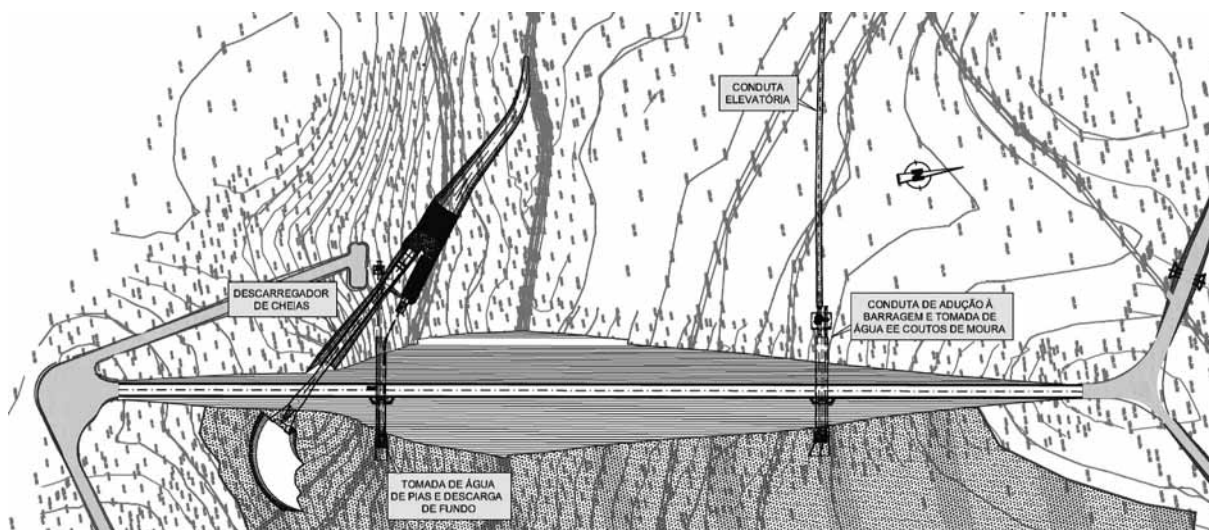


Figura 12 – Lay-out geral da Barragem de Calços

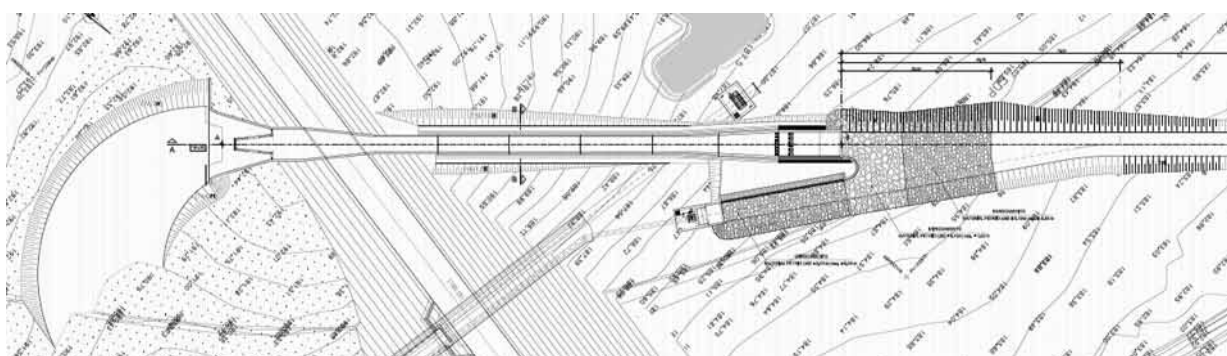


Figura 13 – Barragem de Calços. Descarregador de Cheias

6. CONCLUSÕES

A presente comunicação apresenta o estudo de definição do circuito hidráulico Amoreira-Caliços. No âmbito da mesma apresentaram-se três alternativas para a concepção do circuito hidráulico e procedeu-se à definição e caracterização das alternativas, bem como, à respectiva estimativa dos custos de investimento, manutenção e energéticos, que tiveram como linhas orientado-

ras os critérios habitualmente aplicados nos estudos desenvolvidos no âmbito do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA).

De acordo com os estudos realizados, verificou-se que os custos totais da Alternativa III comparativamente aos custos da Alternativa I (a Alternativa II mostrou não ser competitiva) representam uma redução de cerca de $430,6 \times 10^3$ euros, correspondentes a 0,6%, resultantes de:

- Um acréscimo de $513,5 \times 10^3$ euros de custos de investimento que representa cerca de 1,5%;
- Uma redução de $564,2 \times 10^3$ euros de custos de manutenção e conservação que representa cerca de 6%;
- Uma redução de $379,9 \times 10^3$ euros de custos de exploração que representa cerca de 1,6%.

No entanto, relativamente à configuração das alternativas, a Alternativa I é constituída por um menor número de infra-estruturas, a que se associam menores impactes ambientais e permite a garantia de uma melhor qualidade de serviço nos cerca de 2100 ha beneficiados no percurso da condução de adução à barragem de Pias, uma vez que na origem do adutor, barragem dos Calços (Alternativa II), a piezométrica mínima é de cerca de 190 m contra os 185 m no reservatório do Figueiral (Alternativa III).

Refira-se, também, que para além da respectiva configuração e custos, as Alternativas I e III diferenciam-se na área dominada, resultante das áreas inundadas pelas albufeiras. Enquanto na Alternativa I a área dominada corresponde a cerca de 12 920 ha (11 050 efectivamente regados), na Alternativa III corresponde a cerca de 12 860 ha (10 995 efectivamente regados), o que resulta numa redução de cerca 0,5%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EDIA a publicação da presente comunicação e aos Eng.^{os} Vieira da Costa e Arnaldo Sá Frias pelo constante auxílio na melhoria e revisão do texto.

BIBLIOGRAFIA

CLÉMENT, R. (1966). "Calcul des débits dans les réseaux d' irrigation fonctionnant a la demande". La Houille Blanche, 5, pp 553-575.

DSRNAH - Divisão de Solos, (2003), "Estudo de Caracterização dos Solos e Esboço de Aptidão das Terras Para o Regadio à Escala 1: 25 000 na Área a Beneficiar com o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva", 177 pp.

LAMADDALENA, N., SARGADOY, J. A. (2000). "Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems". Irrigation and Drainage Paper Nº 59, Rome, FAO, pp. 149.

PROCESL/GIBB (2008), "Projecto de Execução do Cricuito Hidráulico Amoreira-Caliços", EDIA.

AQUALOGUS/SEIA (2006), "Estudo Comparativo das Alternativas para a Adução às Manchas de Rega Situa-das no Sistema do Ardila", EDIA

AS SOLUÇÕES DE ENGENHARIA VERSUS CONDICIONANTES AMBIENTAIS E PATRIMONIAIS NO SUBSISTEMA DO ARDILA (EFMA)

Luísa PINTO¹

Miguel MARTINHO²

Paulo MARQUES³

Valdemar CANHAO⁴

RESUMO

Face às implicações decorrentes da concretização do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), a EDIA vem implementando soluções de engenharia que visem, tanto quanto possível, compatibilizar o Projecto com as vertentes dos impactes ambientais e patrimoniais associados à sua execução.

Na presente comunicação pretende-se dar a conhecer estas problemáticas através da apresentação de casos paradigmáticos de soluções de projecto de Engenharia e de revisão destas soluções em fase de obra relativas a empreitadas integradas no Subsistema do Ardila (interessando, designadamente, diversas infra-estruturas fundamentais do seu circuito hidráulico e a delimitação das áreas a beneficiar). Discute-se também as especificações técnicas e construtivas e os procedimentos adoptados em fase de obra - não só para se minimizarem afectações ambientais e patrimoniais mas também para não comprometer a programação dos trabalhos da Empreitada e não onerar o seu custo.

Palavras chave: Projecto de Execução, Empreitadas, Ambiente e Património Cultural

¹ Eng.ª Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,lpinto@edia.pt

²Arqueólogo, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,mmartinho@edia.pt

³Arqueólogo, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,pmarques@edia.pt

⁴Arqueólogo, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,vcanhao@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Global de Rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), tem como objectivo genérico a utilização da água armazenada em Alqueva com vista à beneficiação de cerca de 119 000 ha de terrenos para práticas de agricultura de regadio, bem como para reforço do abastecimento público e industrial de água e a produção de energia hidroeléctrica. A principal origem de água de todo o empreendimento corresponde à já concluída barragem de Alqueva, sendo que a área do Empreendimento se estende maioritariamente pela região do Baixo Alentejo e marginalmente no Alto Alentejo.

O empreendimento encontra-se subdividido em 3 subsistemas de rega, com origens de água distintas: Subsistema de Alqueva, com origem de água na albufeira de Alqueva, Subsistema de Pedrógão com origem na margem direita da barragem de Pedrógão e Subsistema do Ardila com origem na margem esquerda da barragem de Pedrógão. Dos 119 000 ha previstos temos:

- Subsistema de Alqueva – que prevê regar cerca de 64 000 ha de terrenos nos concelhos de Évora, Alcácer do Sal, Alvito, Cuba, Portel, Vidigueira, Ferreira do Alentejo, Beja e Aljustrel, tendo como origem de água principal a albufeira do Alqueva;
- Subsistema de Pedrógão – que prevê regar cerca de 24 500 ha de terrenos nos concelhos de Beja e Vidigueira, tendo como origem de água principal a albufeira do Pedrógão;
- Subsistema do Ardila – que prevê regar cerca de 30 500 ha de terrenos nos concelhos de Moura e Serpa, tendo como origem principal de água a albufeira do Pedrógão.

O Sub-sistema do Ardila pela sua riqueza e complexidade ambiental e patrimonial merece aqui um tratamento específico, sendo paradigmático o equacionamento e tratamento integrado destas questões num grande Empreendimento de Engenharia.

2. O SUBSISTEMA DO ARDILA

A conceptualização de um empreendimento de regadio para a margem esquerda do rio Guadiana remonta a estudos realizados na década de 50, que resultaram então no Plano de Rega do Alentejo. De facto, já o Plano de Valorização do Alentejo (DGSH, 1957) previa a realização do sistema do rio Ardila, composto por três barragens destinadas à rega de cerca de 15 000 ha, compreendidos entre as povoações de Safara, Moura, Brinches, Pias e Sobral da Adiça, mediante a utilização das águas do rio Ardila e de dois dos seus afluentes, as ribeiras de Murtigão e de Safarejo.

O subsistema do Ardila, na sua configuração actual, localiza-se na margem esquerda do Guadiana, interessando uma área de beneficiação de cerca de 30 500 ha delimitada, a Norte por Moura, a Sul por Serpa, e envolvendo, ainda, Pias e Brinches e tem como origem de água a albufeira de Pedrogão.

Este sub-sistema é composto por seis (6) Circuitos Hidráulicos, que sinteticamente se descrevem:

Circuito Hidráulico de Pedrógão Margem Esquerda - início do subsistema a partir da tomada de água na albufeira de Pedrógão (margem esquerda). A água é conduzida até ao reservatório da Orada e a partir deste às albufeiras de Brinches e Amoreira.

Circuito Hidráulico Brinches-Enxoé - este Circuito desenvolve-se a partir da estação elevatória de Brinches e abastece as albufeiras da Laje, Enxoé e Serpa.

Circuito Hidráulico de Serpa – a partir da albufeira de Serpa a água é aduzida ao reservatório da Guadalupe.

Circuito Hidráulico Amoreira-Caliços - com início na albufeira da Amoreira, este circuito hidráulico aduz água às áreas de rega dos dois circuitos hidráulicos que se encontram a jusante Caliços-Pias e Caliços-Machados.

Circuito Hidráulico Caliços-Pias - inicia-se na albufeira dos Caliços a partir da qual são aduzidos graviticamente os caudais à albufeira de Pias.

Circuito Hidráulico Caliços-Machados - inicia-se na albufeira dos Caliços sendo a água aduzida até ao reservatório da Atalaia e deste à albufeira de Furta Galinhas.

Actualmente no terreno estão já em exploração cerca de 18 000 ha, referentes aos blocos de rega de Orada-Amoreira, Brinches, Brinches-Enxoé e Serpa abastecidos maioritariamente pelo Circuito Hidráulico de Brinches-Enxoé.



Figura 1 – Enquadramento do Sub-Sistema de Rega do Ardila

3. CONDICIONANTES AMBIENTAIS E PATRIMONIAIS NO EFMA

Tendo em conta as especificidades próprias das infra-estruturas associadas ao EFMA, a sua considerável extensão geográfica e as características do território da sua área de influência, foram consideradas desde o início da implementação do empreendimento as necessárias preocupações ambientais e patrimoniais. Sejam aquelas que decorrem da aplicação da legislação em vigor a cada momento, sejam as decorrentes da implementação de medidas e metodologias que vão para além do estrito cumprimento da mesma. No que ao normativo legal concerne, inúmeras foram as alterações introduzidas na legislação desde o início do empreendimento, as quais, em alguns aspectos, vieram também beber ao projecto Alqueva, pioneiro em algumas questões associadas à avaliação e minimização de impactes.

Mesmo quando estamos a falar de condicionantes legais específicas, como as que obrigam à realização de processos de Avaliação de Impacte Ambiental e todo o volume de trabalhos que daí decorre (Estudos de Impacte Ambiental, condicionantes ao projecto, medidas de minimização, compensação, monitorização, etc.), a sua própria aplicação é efectuada segundo critérios específicos definidos não só pelas respectivas Comissões de Avaliação, mas também pela própria EDIA, como garante da salvaguarda dos valores ambientais e patrimoniais que possam estar em presença.

A EDIA, por forma a garantir o cumprimento das condicionantes legais, elaborou, em conjunto com outras entidades, documentos que reflectem a sua preocupação no que ao desenvolvimento de seus estudos diz respeito.

Em conjunto com diferentes técnicos de várias entidades, presentes nas Comissões de Avaliação dos EIA's do EFMA, foi elaborado o Guia Técnico para a elaboração dos Estudos de Impacte Ambiental (EIA) dos vários projectos que integram o Empreendimento. Este guia destina-se a orientar a EDIA, enquanto entidade promotora, na elaboração dos EIA's e as Comissões de Avaliação, na avaliação dos mesmos Estudos. O guia explicita os parâmetros de caracterização das diferentes acções do projecto, nas fases de construção, exploração e desactivação, de análise da situação de referência e de avaliação dos impactes ambientais, bem como as medidas-tipo de minimização e de compensação dos impactes e os programas de monitorização, com base numa análise de custo-eficácia, tendo em conta as tipologias dos diferentes projectos: barragens, obras de adução de água e perímetros de rega.

Para além deste documento, a EDIA estabeleceu um Protocolo de colaboração com o Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico, I.P. (IGESPAR). A celebração deste Protocolo, centrado principalmente nas questões associadas à minimização de impactes em fase de obra, pretendeu, sem cedências ao rigor técnico e legal exigido, facilitar os circuitos de comunicação, encurtar os prazos de actuação, evitando tempos de espera inúteis ou procedimentos redundantes, e otimizar em cada caso as estratégias e metodologias a adoptar.

No cumprimento das medidas ambientais assumem particular relevância as questões associadas à execução das infra-estruturas e respectivas empreitadas. É na fase de obra que se concentram as maiores preocupações ao nível dos potenciais impactes negativos que possam decorrer da implementação dos distintos projectos, tanto mais que, em algumas vertentes, com destaque especial para o património cultural, podem ocorrer impactes negativos não previsíveis em fase de avaliação de impactes. Neste âmbito, a EDIA tem-se preocupado em garantir uma boa qualidade e rigor na sua execução, nomeadamente através da elaboração de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) que inclui nos seus Cadernos de Encargos. Estes documentos listam uma série de requisitos com os quais se pretende definir critérios e metodologias de execução mais adequadas para uma correcta gestão ambiental em obra. Os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) das diferentes empreitadas do EFMA constituem documentos vinculativos que responsabilizam o Adjudicatário pelo cumprimento destes compromissos, durante a fase de obra.

4. A SALVAGUARDA DOS VALORES AMBIENTAIS

A EDIA tem como politica ambiental desenvolver esforços para que exista, sempre que tecnicamente possível e de forma sustentável, a compatibilização dos Projectos das diferentes infra-estruturas que concebemos com todas as vertentes ambientais, dos recursos hídricos à ecologia, passando pelos solos e geologia, não esquecendo as questões socioeconómicas e patrimoniais. Desta forma, a concepção dos projectos e a sua implementação efectiva no terreno é sempre feita com base no trabalho de uma equipa multidisciplinar. Permite-se desta forma a salvaguarda de

um conjunto de valores ambientais, através da definição atempada e estratégica de medidas que visem o garante dos vários interesses do projecto e do ambiente.

A título de exemplo, tendo a EDIA outras situações análogas, apresenta-se o Projecto Caličos-Machados e o Projecto do Circuito Hidráulico de Pedrógão no qual foi possível harmonizar o Projecto de engenharia com as condicionantes ambientais presentes na área.

4.1. Circuito hidráulico Caličos-Machados: alterações de projecto para salvaguarda de valores ambientais

O projecto de execução do “Circuito Hidráulico Caličos-Machados e Blocos de Rega” localiza-se no distrito de Beja, nos concelhos de Moura (freguesia de Santo Agostinho) e Serpa (freguesias de Pias e Vale de Vargo).

Este Projecto foi desenvolvido em simultâneo com a elaboração do respectivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA). No decurso do desenvolvimento dos trabalhos, e tendo por base estudos anteriores da EDIA, sabia-se à partida da existência de descritores que, com a implementação do Projecto, poderiam sofrer impactes com algum significado. Tais como, a hidrogeologia da área interessada pelo Projecto e a vertente ecológica, dada a proximidade à Zona de Protecção Especial de Moura-Barrancos (ZPE) e ao Sitio de Interesse Comunitário de Moura-Barrancos (SIC), ambos Rede Natura 2000.

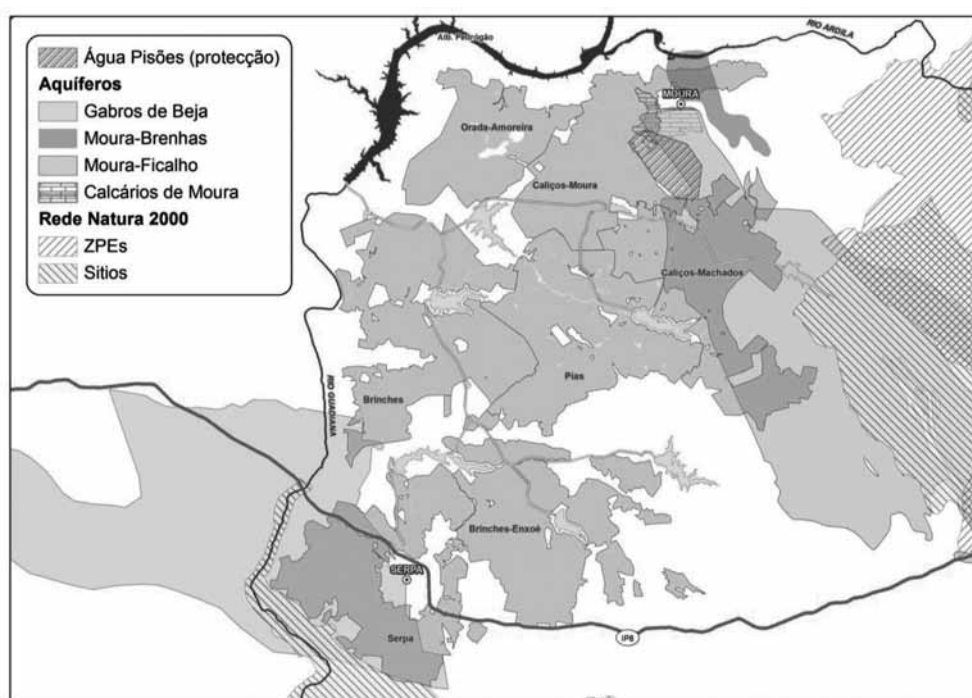


Figura 2 – Enquadramento Projecto do CH Caličos-Machados

Toda a zona do Projecto Caličos-Machados e respectiva envolvente tem vindo a ser muito condicionada, no que concerne à exploração hidroagrícola, por restrições e condicionantes ambientais (ZPE, SIC e Zonas de Protecção de Aquíferos) que levaram a uma sensível diminuição ou mesmo ao abandono de áreas que no passado recente eram emblemáticas, designadamente, da produção olivícola.

Relativamente à hidrogeologia, estamos na presença de um sistema aquífero de grande relevância, uma vez que, maioritariamente, dele depende o abastecimento público da região em apreço pelo nosso Projecto. A eventual problemática levanta-se pelo facto das infraestruturas projectadas se localizarem na área de influência do sistema aquífero Moura-Ficalho.

Por forma a diminuir a pressão sobre o sistema aquífero Moura-Brenhas, a EDIA envidou inúmeros esforços para ajustar a localização da sua barragem, inicialmente denominada por Barragem de Brenhas e actualmente Barragem de Furta Galinhas e relocalizar as áreas dos blocos de rega originariamente definidas.

Neste contexto, a EDIA estudou várias alternativas, como se pode constatar da observação da Figura 3. Dos quatro locais alternativos estudados, a implantação retida (Furta Galinhas), é aquela que minimiza as afluições naturais captadas, a área inundada e o volume armazenado respectivo, dominando uma bacia de apenas cerca de 31 km², correspondendo a 3,2 milhões de m³ de afluições, em ano médio, com 83 ha de área inundada e 3,8 milhões de m³ de volume armazenado. Sublinha-se que estes valores são significativamente inferiores aos do local inicial, com uma área de bacia drenante de cerca de 65 km², para um volume armazenado de cerca de 15 milhões de m³ - aproximadamente quatro vezes superior ao local finalmente escolhido. Houve, como se pode constatar, a preocupação prioritária de minimizar impactes associados a esta obra, seja ao nível dos recursos em equação, seja ao nível da área afectada pela albufeira.

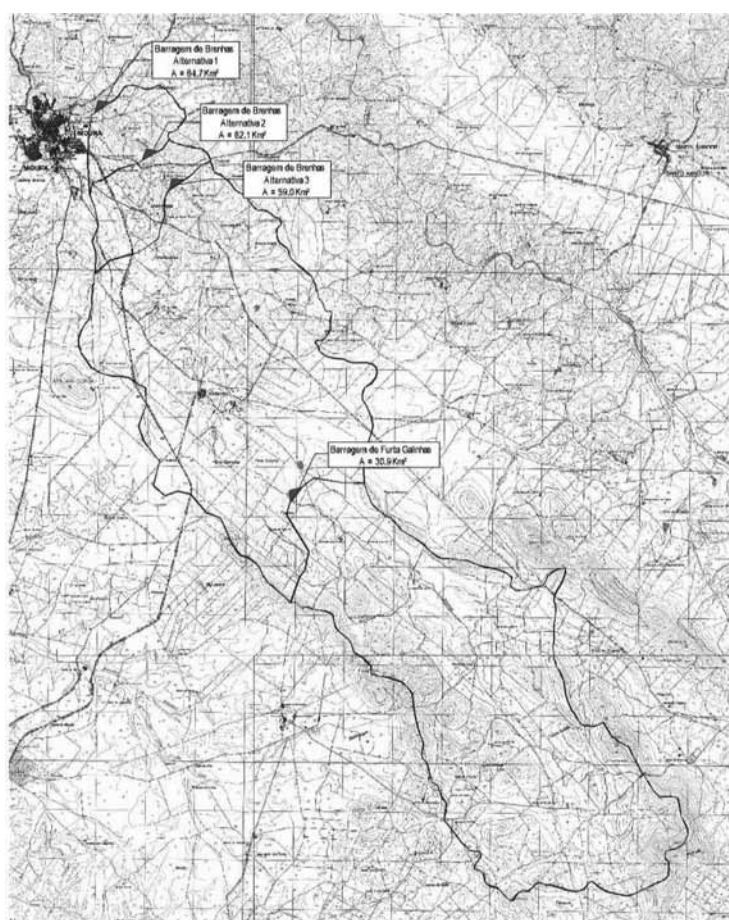


Figura 3 – Locais alternativos estudados na ribeira de Brenhas e respectivas bacias hidrográficas

Como se pode observar na figura 4, a área dos blocos inicial sobrepunha-se a um maior número de áreas de recarga preferencial do aquífero (R1 e R2), enquanto da área final, alvo de procedimento de AIA, foi recortada por forma a não impactar as zonas R1 e R2.

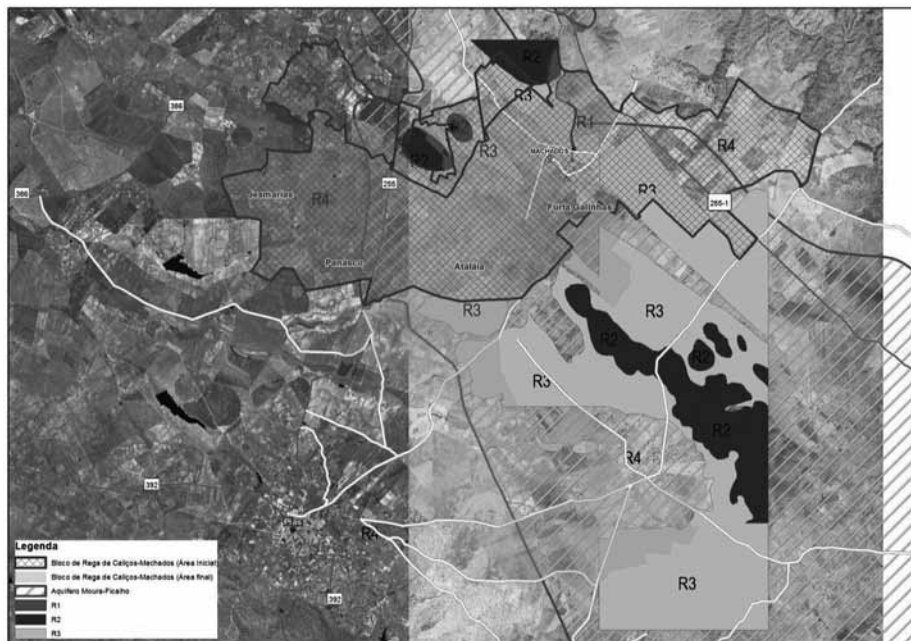


Figura 4 – Enquadramento dos Blocos de rega no sistema aquífero Moura-Ficalho

No que diz respeito à Rede Natura 2000 e dada a proximidade destas áreas aos blocos de rega a projectar, a EDIA, como é sua prática comum, procedeu à delimitação dos mesmos por forma a não se sobreporem às zonas condicionadas.

Assim, a EDIA no que se refere à delimitação das áreas do bloco submeteu à Autoridade de AIA um Projecto que respeitou integralmente e de modo exaustivo estas restrições e condicionantes ambientais existentes, o que naturalmente penalizou a área final a ser beneficiada. Como se verifica na Figura 5 a área dos blocos foi diminuindo e afastando-se da Rede Natura 2000, por forma a respeitar as condicionantes ambientais definidas para o local.

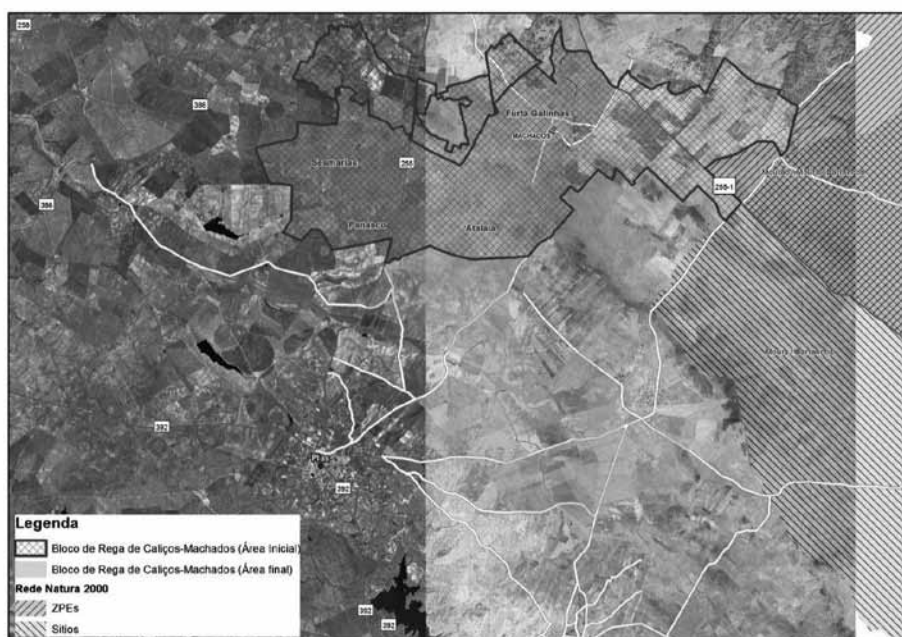


Figura 5 – Enquadramento dos Blocos de rega na Rede Natura 2000

4.2. Circuito hidráulico Pedrogão: ajuste de Projecto em fase de obra

O Projecto do Circuito Hidráulico de Pedrogão apresenta no seu troço inicial um trecho em canal trapezoidal. Esta infra-estrutura pelas suas características de transporte de água a céu aberto, e atendendo às particularidades climáticas da região onde se insere, torna-se um ponto de atracção à maioria das espécies. Por este facto, é em si mesma um risco para os animais que a utilizem como local de abeberamento uma vez que nela podem ficar presos.

Como forma de colmatar esta questão e no âmbito do Projecto referido, a EDIA, em resposta a uma solicitação do Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade (ICNB), concebeu rampas de fuga (escapatórias) que permitissem a transposição das vedações do canal por parte das espécies que nele entrassem.

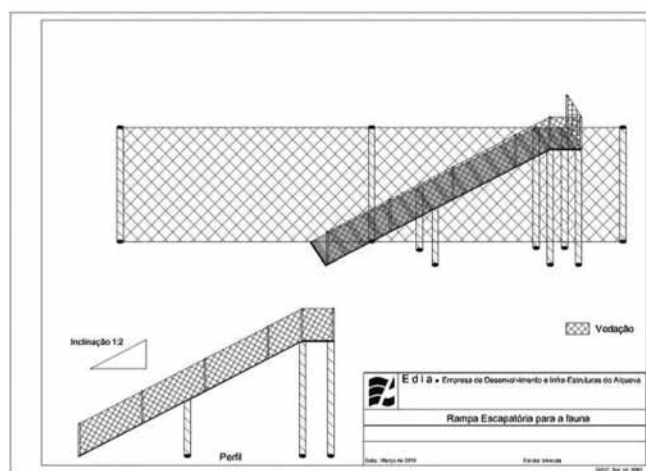


Figura 6 – Rampas escapatórias do Canal de Adução

Desta forma, a EDIA conseguiu minimizar os impactes provocados pela sua infra-estrutura, compatibilizando o seu Projecto com os valores ambientais em presença.

5. A SALVAGUARDA DOS VALORES PATRIMONIAIS

No âmbito do planeamento, elaboração e implementação dos distintos projectos associados ao EFMA foram já identificados e inventariados alguns milhares de ocorrências patrimoniais, algumas das quais (cerca de 950 até à data) alvo de trabalhos de escavação arqueológica. Os trabalhos de escavação arqueológica, levantamento topográfico, registo gráfico, memória descritiva, etc. decorrem da aplicação do princípio da salvaguarda pelo registo, sempre que um determinado vestígio patrimonial é alvo de impacte negativo directo.

No entanto, situações há em que é possível evitar, total ou parcialmente, esse impacte negativo previsível. São apresentados de seguida alguns exemplos, no Subsistema Ardila, de situações em que ajustes ao projecto permitiram evitar ou atenuar os impactes previsíveis.

5.1. Circuito hidráulico Caliços-Pias: alteração de projecto para salvaguarda do património identificado

No âmbito dos trabalhos de prospecção arqueológica desenvolvidos no contexto do EIA do Circuito Hidráulico de Caliços-Pias, a equipa de trabalho identificou em campo, no traçado projectado para o Adutor que efectua a ligação entre as barragens de Caliços e de Pias, um sítio arqueológico (Herdade da Torre).

Os trabalhos de prospecção arqueológica permitiram definir, neste sítio, algumas potenciais áreas funcionalmente distintas. Associada a estas áreas foi detectada a presença de espólio diverso, relacionado com a ocupação do local em época romana: fragmentos de mármore, *opus signinum*, *terra sigillata*, escória, etc. Verificou-se também a presença de alguma cerâmica manual, que sugere a sobreposição da ocupação romana a uma ocupação anterior da Pré-história Recente.

Definida em campo a respectiva área de implantação do sítio, foi possível verificar que este era cruzado pelo traçado do Adutor projectado. Situação idêntica foi detectada no traçado da estrada de acesso à barragem, onde se identificou a presença de um outro sítio arqueológico (Monte Velho), uma provável *villa* de época romana. Neste local, foi identificada a presença de espólio arqueológico diverso (cerâmica comum, fragmentos de ânfora, materiais de construção, *terra sigillata*, etc.), cujos níveis de concentração, em algumas zonas, sugerem a presença de estruturas no subsolo.

Face a estas duas situações, considerando o valor patrimonial dos sítios arqueológicos em causa e a dimensão dos impactes previstos, foram dadas indicações à equipa projectista para ponderar da possível alteração dos traçados do adutor e da estrada, garantindo sempre o cumprimento dos objectivos do projecto e sem implicar impactes superiores noutros descritores ambientais.

Consideradas todas as variáveis em equação foi possível alterar o traçado do Adutor, bem como da estrada de acesso à barragem, desviando os mesmos da área dos sítios arqueológicos em questão e evitando os impactes negativos associados.

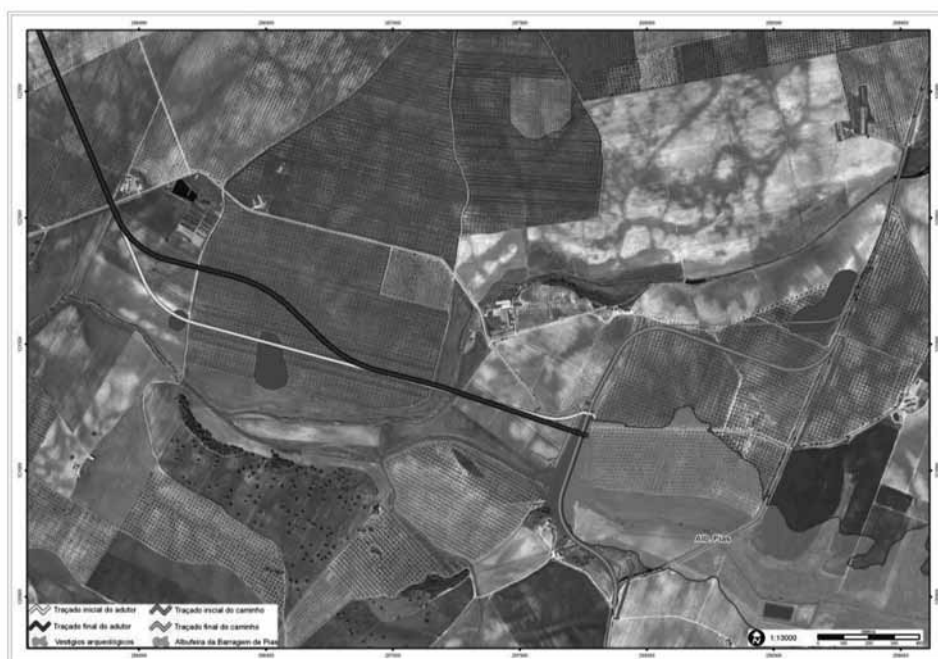


Figura 7 – Traçados inicial (amarelo) e final (azul) do Adutor de Caliços-Pias e traçados inicial (verde) e final (castanho) do caminho de acesso à barragem.

5.2. Reservatório de Brinches Sul: preservação parcial do sítio Outeiro Alto 2

Exemplo das preocupações da EDIA com a salvaguarda dos valores ambientais e patrimoniais é o sítio arqueológico de Outeiro Alto 2, identificado durante a execução do Reservatório de Brinches Sul. Trata-se de um sítio constituído por distintos núcleos de estruturas em negativo,

de diferentes tipologias e funcionalidades, que comprovam a ocupação intermitente deste espaço entre o Neolítico Final e a Idade do Bronze. Esta ocupação situar-se-á entre a 2ª metade do 4º milénio a.c. e meados do 2º milénio a. c., ou seja durante um espaço temporal de cerca de 2.000 anos.

São de destacar, a título de exemplo, as diversas estruturas funerárias identificadas (hipogeus do Neolítico Final, necrópole da Idade do Bronze), as fossas enquadráveis no Neolítico Final e Calcolítico ou o fosso de planta serpentiforme escavado no substrato geológico.

Durante a execução da obra, foi possível efectuar alguns ajustes ao projecto que permitiram garantir a preservação de um dos núcleos do sítio em causa, mais especificamente aquele onde se localiza o recinto constituído por um fosso serpentiforme e estruturas negativas do Neolítico Final e Calcolítico. Este núcleo conservado, que constitui actualmente uma ilha no interior do reservatório, é claramente demonstrativo das preocupações ambientais e patrimoniais da EDIA.



Figura 8 – Imagem aérea do fosso em escavação



Figura 9 – Imagem aérea do reservatório

5.3. Bloco de Rega Brinches-Enxoé: ajuste pontual da conduta para protecção do sítio Espicharrabo 3

No âmbito da execução das redes de rega associadas a cada projecto é muitas vezes detectada a presença de vestígios arqueológicos que conflituam com os traçados definidos. Em algumas situações concretas, onde o carácter pontual ou limitado dos vestígios arqueológicos em presença e as características das condutas a colocar o permitem, tenta-se avaliar da possibilidade de evitar os impactes negativos decorrentes da execução do traçado previsto. Ou seja, sendo o vestígio arqueológico claramente circunscrito (sepultura, fossa, forno, etc.) e o material da conduta minimamente maleável (PEAD), efectuam-se pequenos ajustes que, ainda que de reduzida amplitude, são suficientes para evitar o impacte negativo previsível. Ajustes estes que são executados apenas se tal não comprometer a integridade do projecto e a funcionalidade da conduta em causa.

Uma destas situações é o caso do sítio Espicharrabo 3. Trata-se de um sítio arqueológico, de cronologia romana, identificado em sede de EIA e para o qual foram preconizadas, como medida de minimização, escavações arqueológicas, face à sua afectação por uma conduta da rede de rega do Bloco de Brinches-Enxoé.



Figura 10 – Sepultura de inumação.



Figura 11 – Abertura da vala no sítio.

Já no decorrer dos trabalhos de escavação arqueológica e face ao avançar da obra, foi preconizada uma solução que permitisse a abertura de vala e colocação da respectiva tubagem, sem afectar os contextos arqueológicos que se encontravam em escavação ou ainda por escavar.

O facto de ter sido efectuada a decapagem inicial do solo agrícola permitiu identificar em plano, no topo do substrato geológico, as distintas estruturas negativas existentes no local. O facto de se tratar de estruturas arqueológicas de carácter pontual, claramente identificadas em plano e espaçadas entre si, e sendo a conduta em PEAD, o que lhe conferia alguma maleabilidade, foi possível proceder à abertura da vala contornando as estruturas ainda conservadas, sem as afectar.

Tal metodologia permitiu impedir maiores tempos de espera em obra e evitar as consequências que tal situação acarreta. Posteriormente à colocação da conduta, a EDIA procedeu à escavação arqueológica das estruturas identificadas em plano, apesar de algumas delas não serem alvo de afectação. O interface destas estruturas foi devidamente preservado.

Os trabalhos efectuados permitiram identificar, entre outras estruturas de carácter indeterminado, uma necrópole de incineração de época romana e sepulturas de inumação associadas ao período islâmico.

5.4. Bloco de Rega de Serpa: ajuste na execução da rede viária para protecção do sítio Santa Maria

Tal como no caso anteriormente exposto para a rede de rega, também na execução das redes viárias associadas aos diversos projectos do EFMA é possível, em situações concretas, proceder a ajustes que permitem a salvaguarda do património existente. Neste caso não estamos a falar em pequenas alterações de traçado, mas sim na alteração da metodologia de execução de pequenos troços de rede viária, nomeadamente através da execução de aterros e alteração de cotas de fundo de caixa, que permitam a conservação dos vestígios existentes, sob o caminho executado.

Estas situações permitem inclusive, em diversas situações, proceder a uma melhor protecção de vestígios localizados sob caminhos pré-existentes, onde o passar do tempo e a erosão provocariam maiores danos.

Nestes casos, quer se trate de sítios identificados em sede de procedimento de AIA ou em fase de obra, em caminhos a executar de raiz ou a beneficiar, tenta-se alterar a cota de implantação do caminho, executando o aterro sobre os vestígios existentes, não provocando a sua destruição. Contudo, tal metodologia só é aplicada, caso seja viável do ponto de vista técnico e não traga problemas estruturais ao caminho a executar ou beneficiar.

Uma destas situações ocorreu no sítio Herdade de Santa Maria, na área do qual estava projectada a beneficiação de um caminho e uma conduta da rede de rega.



Figura 12 – Cartografia de localização do sítio e infra-estruturas projectadas

Neste sítio, inventariado em sede de Avaliação de Impacte Ambiental como uma villa romana, foi efectuada uma primeira campanha de trabalhos arqueológicos. Esta campanha permitiu confirmar que se tratava efectivamente de um sítio arqueológico de cronologia romana, com contextos ainda conservados.

Na zona do caminho a beneficiar foram identificadas, nestes trabalhos, algumas estruturas negativas, derrubes relacionados com a fase de abandono do sítio, abundante material cerâmico e três sepulturas correspondentes a uma possível área de necrópole. Face a esta situação optou-se por adoptar uma metodologia de beneficiação do caminho que permitisse a conservação dos contextos arqueológicos no subsolo. Assim, os contextos visíveis na área das sondagens efectuadas foram cobertos com manta geotextil, foi executado um aterro que alteou o fundo de caixa e possibilitou a execução do caminho sem interferir com os contextos patrimoniais que ainda subsistirão no local e dos quais as sondagens efectuadas deram uma amostra.



Figura 14 – Sepultura identificada na área do caminho a beneficiar



Figura 13 – Estruturas na zona da conduta

5.5. Barragem da Laje: protecção do sítio Torre Velha 1 face à sua submersão parcial

A execução da Barragem da Laje revestiu-se de particular complexidade devido a questões associadas à vertente de património cultural. Tal deveu-se ao facto de, na zona de implantação do corpo da barragem, ter sido identificado um sítio arqueológico de consideráveis dimensões e complexidade, denominado Torre Velha 3. Neste sítio viriam a ser identificadas e intervencionadas, cerca de seis centenas de estruturas (entre silos, fossas, sepulturas, hipogeus, valados, buracos de poste etc.), correspondentes a contextos habitacionais, funerários ou indeterminados. Estes vestígios correspondem a uma ocupação intermitente do espaço entre o Calcolítico e a Antiguidade Tardia, passando pelas Idades do Bronze e do Ferro. A sua implantação ao longo de todo o encosto sudoeste do corpo da barragem obrigou, para além da contratação de uma vasta equipa de arqueologia para execução dos necessários trabalhos arqueológicos, a uma gestão complexa das áreas de obra e da própria calendarização e faseamento da empreitada. Tal situação, por motivos evidentes, acarretou custos consideráveis e condicionalismos diversos.

No entanto, também na Barragem da Laje foi possível proceder ao desenvolvimento de um projecto de protecção e salvaguarda de outro sítio arqueológico (Torre Velha 1), que aqui se pretende destacar. Não se trata da execução de ajustes ao projecto existente, com alteração de traçados, definição de novas metodologias de construção ou criação de ilhas. Trata-se, no caso vertente, do desenvolvimento de um projecto complementar, associado à construção da Barragem Laje, com vista à salvaguarda de património afectado pela criação da respectiva albufeira.

No âmbito do processo de Avaliação de Impacte Ambiental da Barragem da Laje, foram identificados impactes negativos no sítio arqueológico Torre Velha 1, identificado como villa romana. Decorrente do referido processo de AIA, a EDIA viria a promover a realização de duas campanhas de trabalhos arqueológicos neste sítio, as quais colocaram a descoberto diversas estruturas pertencentes a construções de época romana, com cronologias situadas no séc. IV, com eventuais prolongamentos para o séc. V. Foram ainda detectados vestígios que indiciam a ocupação do espaço em épocas um pouco mais tardias, por populações islamizadas.

Estas intervenções permitiram detectar a presença de estruturas razoavelmente preservadas, de elevado valor patrimonial, na encosta oeste de uma plataforma aparentemente artificial, que deverá conter, no seu interior, mais vestígios conservados. Estas estruturas desenvolvem-se, grosso modo, entre as cotas 174 e 179, sendo que o NPA da albufeira a criar é de (177,5).



Figura 15 – Levantamento topográfico da área de implantação das estruturas



Figura 16 – Estruturas arqueológicas na plataforma inferior

Tornava-se assim evidente que, caso nada fosse feito, a albufeira iria provocar a erosão do local e conseqüente afectação dos vestígios aí conservados. Face a esta situação, a EDIA promo-

veu, internamente, o desenvolvimento de um projecto de selagem e protecção, que visa garantir a integridade física das estruturas arqueológicas aí existentes. A solução a implementar consiste, no essencial, no seguinte:

- Integral revestimento das estruturas com manta geotextil;
- Preenchimento de todas as depressões, resultantes das escavações arqueológicas realizadas ou outras, e no recobrimento das estruturas com solos de granulometria adequada;
- Regularização da superfície dos solos de preenchimento e de recobrimento e na sua cobertura com manta geotextil;
- Execução de uma camada final de protecção, em enrocamento, nos taludes, e em terra vegetal, nas zonas planas ou de declive muito reduzido;
- Execução de sementeira de espécies vegetais adequadas, para melhor integração da intervenção de salvaguarda a implementar na zona envolvente.
- Pretende-se, com a aplicação desta metodologia, atingir os seguintes objectivos:
- Minimizar os processos de degradação das estruturas, de modo a garantir-se a sua preservação;
- Garantir a reversibilidade da intervenção de salvaguarda;
- Realizar a intervenção mínima e;
- Assegurar o seu enquadramento no espaço envolvente.

Esta zona será necessariamente alvo de monitorização posterior, por forma a garantir da eficácia do projecto implementado.

5.6. Quando a compatibilização não é possível: a salvaguarda pelo registo

No entanto, apesar do anteriormente exposto, nem sempre é possível, por condicionalismos diversos, executar ajustes que permitam a conservação dos vestígios em presença. Nestas situações é adoptado o princípio da salvaguarda pelo registo científico. Ou seja, previamente à afectação prevista, nos vestígios patrimoniais alvo de impacte negativo, deverão ser executadas as convenientes medidas de minimização. As quais passam, na sua esmagadora maioria, pela realização de trabalhos de escavação arqueológica, mas também de trabalhos de registo gráfico, memória descritiva, levantamento topográfico e outros.

A execução destes trabalhos de minimização, principalmente quanto decorrentes de situações detectadas em fase de obra, acarreta, na maior parte dos casos, consequências para as respectivas empreitadas, nomeadamente ao nível das paragens de frentes de obra, bem como dos custos associados a essas paragens e à execução das próprias intervenções arqueológicas. Neste contexto, a EDIA tem vindo a desenvolver metodologias de actuação que lhe permitam, em primeiro lugar e quando possível, evitar os impactes e dar uma resposta rápida e eficiente às situações que sejam detectadas em obra.



Figura 18: Arreio de Cavalo da villa romana do Monte da Salsa (Bloco de Rega de Brinches)



Figura 17 - Sítio romano Aldeia do Grito (Bloco de Rega de Serpa)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O subsistema Ardila interessa uma área do ponto de vista sócio-económico deprimida, com população envelhecida, de crescimento demográfico negativo, sendo a infraestruturização hidroagrícola associada ao EFMA uma janela de oportunidade ímpar para se inverter esta situação

Toda a área em equação e as áreas envolventes têm um valor ambiental e patrimonial assinaláveis, a que acresce uma grande complexidade e riqueza hidrogeológica. Neste contexto, foi imperioso o estudo integrado destas problemáticas, com os aspectos e as soluções de Engenharia Hidroagrícola a serem discutidas em paralelo e simultâneo com as questões ambientais e patrimoniais. Refira-se que os Projectos nestas vertentes foram desenvolvidos de modo integrado pelos Projectistas e ainda que a EDIA tem na sua direcção técnica as temáticas de engenharia e ambiente totalmente equiparadas e integradas e consolidadas numa equipa multidisciplinar, já rotinada na discussão conjunta enriquecedora e na obtenção e aferição de soluções consensuais e abrangentes.

É também de realçar a contribuição das diversas entidades afins na discussão, aferição e validação das soluções, designadamente, a DGADR, a APA, o IGESPAR, a ARH-Alentejo, o ICNB e, sendo que a criação de documentação específica neste âmbito para o EFMA possibilitou sistematizar preocupações e soluções.

A abordagem assumida no tratamento destas questões visou, sobretudo, prevenir e minimizar afectações, através de estudos, efectuados em tempo útil, de reconhecimento dos valores ambientais e patrimoniais em presença nos locais de implantação das obras.

Do mesmo modo, é pertinente sublinhar a contribuição de documentação elaborada internamente e, designadamente, do SGA e de outras especificações técnicas e construtivas que permitem regar o que se faz, como se faz e como se afere a qualidade do que foi feito.

Ainda assim, e como habitualmente ocorre nestas circunstâncias, há sempre novas afectações reconhecidas em obra, para as quais se criaram mecanismos de intervenção expedita, visando minimizar impactes e, também, necessariamente, diminuir encargos adicionais com a empreitada, associados a paragens e alterações de projecto inerentes.

A EDIA dispõe, designadamente, de equipas de acompanhamento muito próximo das diversas actividades do programa de trabalhos da obra, complementadas por equipas do Empreiteiro e sendo também seguidas pelas entidades oficiais afins.

A actividade e os trabalhos de prevenção, preservação, minimização e compensação ambiental vêm sendo monitorizados e acompanhados por equipas técnicas da EDIA, visando garantir a sua eficácia e também aprender com a realidade constatada e integrar os valores dessa aprendizagem em estudos subsequentes.

Nesta comunicação é apresentado um conjunto de casos concretos paradigmáticos desta metodologia, sendo que muitos outros se poderiam explicitar - no que é um trabalho intenso, permanente e apaixonante - de contribuição para o desenvolvimento sustentável de uma região tão rica em valores humanos e ambientais, como é o Ardila.

Uma última referência é devida ao facto de que estes trabalhos pela necessária proximidade com as gentes, os sítios e as memórias locais, também estão a contribuir para uma maior sensibilização e preocupação na salvaguarda e preservação dos valores ambientais e patrimoniais autóctones - compromisso a que todos estamos vinculados.

BIBLIOGRAFIA

Aqualogus (2009): Estudo de Impacte Ambiental do Circuito Hidráulico Caliços-Pias;

Aqualogus (2010): Estudo de Impacte Ambiental do Circuito Hidráulico Caliços-Machados;

Nemus (2008): Relatório de conformidade ambiental dos projectos de execução do Bloco de Rega de Serpa e do Bloco de Rega de Brinches-Enxoé;

Filipe, V.; Godinho, R. (2009): "Relatório preliminar dos trabalhos arqueológicos - Reservatório de Brinches Sul - Outeiro Alto 2 - Fase 2 - Núcleo A"; Era Arqueologia.

Corga, M.; Ferreira, C.; Couto, R.; Nunes, S.; Dias, S. (2009): Minimização de impactes sobre o património cultural decorrentes da implementação do Bloco de Rega de Serpa - Bloco B - Santa Maria - Relatório Final; Dryas Arqueologia.

Garcia, N.; Ribeiro, S.; Ferreira, T. (2010): Minimização de impactes no sítio Espicharrabo 3 (Bloco de Brinches-Enxoé) - Fase 2, Santa Maria, Serpa; Tabela do Tempo, Lda;

Paraíso, P. (2010): Empreitada de construção das infra-estruturas de rega, viárias e de drenagem do aproveitamento hidroagrícola de Brinches-Enxoé - Relatório de progresso n.º 2 - Acompanhamento arqueológico; Omniknos.

De Man, A. (2008): Minimização de impactes sobre o património cultural decorrentes da execução da Barragem da Laje (Serpa), Relatório Final - 24-Torre Velha 1; Palimpsesto.

Ponte, T. (2011): Torre Velha 1 - Relatório Final da 2ª fase de minimização de impactes sobre o património cultural derivados da construção da barragem da Laje, Serpa; Arkhaios.

Créditos: Imagens EDIA excepto: Figura 9: Tabela do Tempo, Lda, Figura 10: Omniknos, Lda, Figuras 13: Dryas Arqueologia, Lda, Figura 15: Arkhaios, Lda, Figura 17: Empatia, Lda

O SIG DA EDIA NO APOIO AO PROJECTO, CONSTRUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA

Duarte CARREIRA¹

RESUMO

O Sistema de Informação Geográfica da EDIA assume hoje uma posição transversal na Empresa, servindo vários sectores da sua estrutura técnica e administrativa que necessitam de explorar e sistematizar a componente geográfica da informação que lhes é relevante. Nos sectores de Engenharia Hidroagrícola e de Exploração de Infra-estruturas, o SIG fornece essencialmente a solução para a sistematização da informação de projecto e de telas finais e para o acesso rápido, eficaz e seguro à mesma. Por outro lado, como suporte à Exploração dos blocos de rega em funcionamento, efectua todo o processamento da informação necessário à determinação da Taxa de Conservação, sendo também a base para a aplicação que permite, através da Internet, consultar e visualizar a informação de peças desenhadas e memórias descritivas dos projectos e telas finais, bem como efectuar a gestão dos beneficiários dos vários blocos de rega, com ligação ao sistema contabilístico da empresa de forma automatizada, com ganhos óbvios de produtividade e eficiência para a empresa.

Palavras-chave: Alqueva, EDIA, EFMA, Regadio, SIG.

ABSTRACT

Today EDIA's Geographic Information System (GIS) is present in all sectors of the company that need to systematically explore the location component of business data. In Engineering and Operations sectors GIS provides the solution to fast, effective and safe access to project and as-built original data files and derived database. It also supports the Operations sector by supplying data processing skills to determine all the details necessary to calculate public taxes. On the other hand, GIS developed and maintains a web application that allows querying and displaying of all these data, managing all aspects of service users' registration, and assuring automatic on-time linking with the company's billing system, clearly boosting productivity.

Keywords: Alqueva, EDIA, EFMA, Irrigation, GIS.

¹ Eng.º Agrónomo, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, Departamento de Informação Geográfica e Cartografia, Beja, +351 284315100, dcarreira@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

A EDIA, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, face ao desafio de gerir um grande projecto de implantação de infra-estruturas no país, incluindo a Barragem de Alqueva, uma rede de adução de água com 314 km e uma área de regadio superior a 110 000 ha, tomou desde o seu início a decisão de implementar um Sistema de Informação Geográfica, ou SIG, que fosse capaz de fornecer este tipo de informação para seu uso interno e para as entidades envolvidas no planeamento e execução dos estudos e projectos necessários ao desenvolvimento do empreendimento.

O SIG da EDIA evoluiu desde esse momento inicial, acompanhando o crescimento das necessidades da empresa em informação geográfica, bem como a evolução tecnológica que se verificou neste campo. Actualmente, esta é uma área operacional que serve a empresa de forma transversal, com maior enfoque nos sectores de engenharia, ambiente, exploração e expropriações.

A presente comunicação visa apresentar as componentes do SIG da EDIA dedicadas ao sector da Engenharia Hidroagrícola, incidindo particularmente no suporte à concepção de projectos e à exploração das infra-estruturas de rega.

2. O SIG COMO SUPORTE À ENGENHARIA HIDROAGRÍCOLA

No apoio ao sector de Engenharia Hidroagrícola da empresa, o SIG desenvolve-se em 4 componentes fundamentais: i) actividades de suporte técnico, como sistematização, edição, e análise de informação; ii) o Arquivo de Projecto e Telas Finais; iii) o Cadastro de Infra-Estruturas do EFMA; e iv) a aplicação webgis CIEFMA para acesso integrado à informação dos pontos anteriores, e, posteriormente, para a gestão de beneficiários dos blocos de rega actualmente sob exploração da EDIA.

2.1. Suporte Técnico

Naturalmente, a equipa SIG suporta os sectores da empresa ligados à Engenharia e Construção, em actividades ligadas à informação geográfica, seja em aplicações SIG seja em ambiente CAD. Assim, para além de um serviço de desenho técnico (CAD) de apoio à concepção de projecto e alterações dos mesmos em fase de obra, o SIG permite agilizar outro tipo de tarefas, mais ligadas à manipulação e análise da informação.

O desenho preliminar de redes de rega é um exemplo deste suporte, já que é necessário ajustar o esboço de uma rede de rega com a propriedade rústica, com a ocupação cultural através de ortofotomapas, com a altimetria, e restantes elementos físicos do terreno. Uma vez que o trabalho em ambiente SIG é sempre realizado numa abordagem estruturante dos dados, é depois relativamente rápido extrair métricas e indicadores dos mesmos, que podem ser a base para, por exemplo, calcular estimativas preliminares de custos de projectos e empreitadas.

Outro exemplo deste tipo de actividade é a rápida comparação de volumes de armazenamento e de aterro de localizações alternativas de barragens e reservatórios, já que as ferramentas SIG permitem efectuar estes cálculos de forma extremamente expedita. De forma similar, o SIG permitiu automatizar o algoritmo de cálculo para a delimitação das áreas de inundação de barragens, quando aplicável o regime simplificado de cálculo, por análise da topografia do terreno a jusante da mesma e em redor da linha de água.

Em resumo, o SIG apoia estes sectores quando é necessário recorrer a técnicas e algoritmos que processam e analisam a informação geográfica de base.

2. 2. Arquivo de Projecto e Telas Finais

O Arquivo de Projecto e Telas Finais consiste num arquivo de ficheiros, organizado, activamente mantido, com rastreabilidade de alterações, contendo a informação recebida de projectos de execução e de telas finais (peças desenhadas e memórias descritivas), permitindo a cada sector da EDIA aceder aos ficheiros na sua versão correcta, com confiança e eficácia. O objectivo principal é tornar esta informação o mais acessível possível, minimizando o risco de utilização de informação incorrecta, minimizando o tempo de acesso à mesma e multiplicando as vias de acesso.

A colocação de informação neste arquivo obedece a um protocolo de entrega, que inclui o registo de todas as entregas, bem como uma descrição sumária do tipo de inserção ocorrida (novos ficheiros ou actualizações), documentando os responsáveis pela entrega, quer no fornecedor quer na EDIA (Figura 1). Desta forma, é possível conhecer o historial da informação de um dado projecto, e identificar o responsável por uma determinada versão de ficheiro. Em simultâneo, é mantida uma directoria com a versão mais recente de todos os ficheiros. Os técnicos podem assim aceder a um arquivo coerente e actual de qualquer projecto, em actividade ou já terminado, bem como ao seu historial.

Data	Resp	Descrição
16/12/09	SC	Recebemos os CDs das Telas Finais do Plano de Desactivação da ETAR Beringel e das Telas Finais da Empreitada de Construção da nova ETAR.
PE + EIA Adutor Calções-Machados e blocos de rega associados 24-04-2009 14:54		
Aqualogus/Campo d'Água		
16/03/07 a 20/04/09	SC	Chegam vários e-mails contendo informação da rede de rega, da Alb. Furta Galinhas bem como de caminhos e valas de drenagem (Nota Técnica).
02/11/09	MH	(2009_008) Chegou CD com Nota Técnica N.º 2, 6 e 7. (Informação em DWF)
18/11/09	MH	(2009_009) Chegou Cd com Notas Técnicas N.º 1, 3, 4 e 5. (Falta SIG)
21/12/09	SC	(2010_001) Chegou CD com levantamento topográfico.
23/02/10	SC	(2010_002) E-mail com Shapefiles contendo a área de rega, adutores, caminhos e valas do bloco de rega Calções-Machados. Inclui também um ficheiro CAD contendo a rede de rega.
08/04/10	SC	(2010_003) E-mail com versão dos blocos de rega de Calções-Machados actualizada a Abril de 2010, que resulta do trabalho conjunto da equipa de engenharia e ambiente.
15/04/10	SC	(2010_004) Chegaram CDs com levantamentos topográficos e trabalhos de prospeção geológicos e geotécnicos.
30/04/10	SC	(2010_005) Rede de rega de Calções-Machados actualizada (ficheiro CAD).
17/09/10	SC	O Ricardo informou-nos que nos será enviado brevemente: 1º o SIG - tentariam ainda esta semana - e a seguir projecto, segundo as Especificações.
17/09/10	SC	(2010_006) Chegou CD contendo o SIG deste PE - versão para análise-
06/10/10	SC	(2010_007_EXPRO) Chegou CD com Expropriações do Circuito Calções-Machados, circuito primário.
08/11/10	SC	(2010_008) Chegou CD com PE final dos blocos de rega Calções-Machados (Memória descritiva, peças desenhadas, caderno de encargos, PSS, Est. oamental, PPRCDD, Medições e SIG) - a validar. O SIG substitui o que chegou a 17/09 e o que se encontrava no Conj_Actual. O ficheiro CAD com rede de rega é também actualizado por esta entrega.
15/11/10	SC	(2010_009) Recebemos por e-mail ficheiros corrigidos das medições, mapa de quantidades e orçamento. Estes ficheiros irão substituir os anteriores.
17/02/11	SC	(2011_001_EXPRO) Chegou CD com Expropriações do Circuito Calções-Machados, rede secundária.
06/04/11	SC	(2011_002) Chegou DVD com projecto de execução da rede primária + Estação Sobreprensa da Atalaia (2na)(a validar). NOT: nomenclatura das peças desenhadas não está correcta e o DPEP já foi informado desta situação. Os Volumes da rede primária foram colocados na directoria Rede1ria e renomeou-se a dir. Rede_Secundaria para Rede2ria.
06/04/11	SC	(2011_003) Chegou DVD com Projecto de Execução da rede secundária e SIG de todo o PE (a validar). Segundo o DPEP, o Volume da Estação Sobreprensa da Atalaia está mais actualizado neste DVD e por isso a directoria Rede2ria da entrega 2011_002 fica sem efeito. Estas duas entregas actualizam toda a informação do PE do Conjunto Actual, que ficará dividida em rede 1ria e 2ria. Passou-se o SIG para fora destas directorias, uma vez que contém a totalidade do PE. Houve que encurtar o nome da directoria deste projecto devido à extensão dos nomes dos ficheiros.
06/04/11	SC	(2011_004) Chegou também DVD com SIG do EIA do OH Calções-Machados (a validar). Criou-se a directoria EIA para organizar esta informação.
07/06/11	AP	(2011_005) Informação em PDF entregue pela colega Luísa Pinto.
PE + EIA Blocos Cinco Reis-Trindade 04-01-2010 12:59		
PROCESSIGB8		
Data	Resp	Descrição
04/01/10	SC	(2010_001) Chegou CD contendo levantamento topográfico do PE+EIA (a validar).
22/02/11	SC	(2011_001) Recebemos versão provisória do PE dos blocos SReis-Trindade (CAD e SIG). Aguardamos para breve uma versão

Figura 1 – Arquivo de Projecto e Telas Finais: consulta do resumo de entregas registadas num projecto, parte integrante do protocolo de entrega a que são sujeitas todas as inserções de dados neste arquivo.

Actualmente, este arquivo sistematizado, gerido diariamente, acumula mais de 250GB, incluindo principalmente peças desenhadas e peças escritas de projectos de execução, telas finais, e estudos de impacte ambiental. O arquivo pode ser acedido actualmente por 3 formas: i) via explorador de ficheiros (limitado a acessos dentro da rede da empresa); ii) via aplicação web (CIEFMA); e iii) via atributo presente nos vectores do cadastro de infra-estruturas (exigindo a utilização de aplicação SIG especializada).

2. 3. Cadastro de Infra-Estruturas do EFMA

O Cadastro de Infra-Estruturas do EFMA consiste numa base de dados geográficos, construída a partir dos desenhos do Arquivo de Projecto e Telas Finais, e complementada com o levantamento de características das infra-estruturas, possibilitando por conseguinte a consulta da localização e traçado dos equipamentos integrada com a sua caracterização técnica. Pode-se assim conhecer o traçado de um canal e ao mesmo tempo o material, perfil, caudal de dimensionamento, entre outros dados, de forma expedita (Figura 2). Complementarmente, permite também conhecer qual o ficheiro CAD que deu origem a cada elemento na base de dados, possibilitando a consulta da peça desenhada respectiva, constituindo-se um corpo coeso de informação.

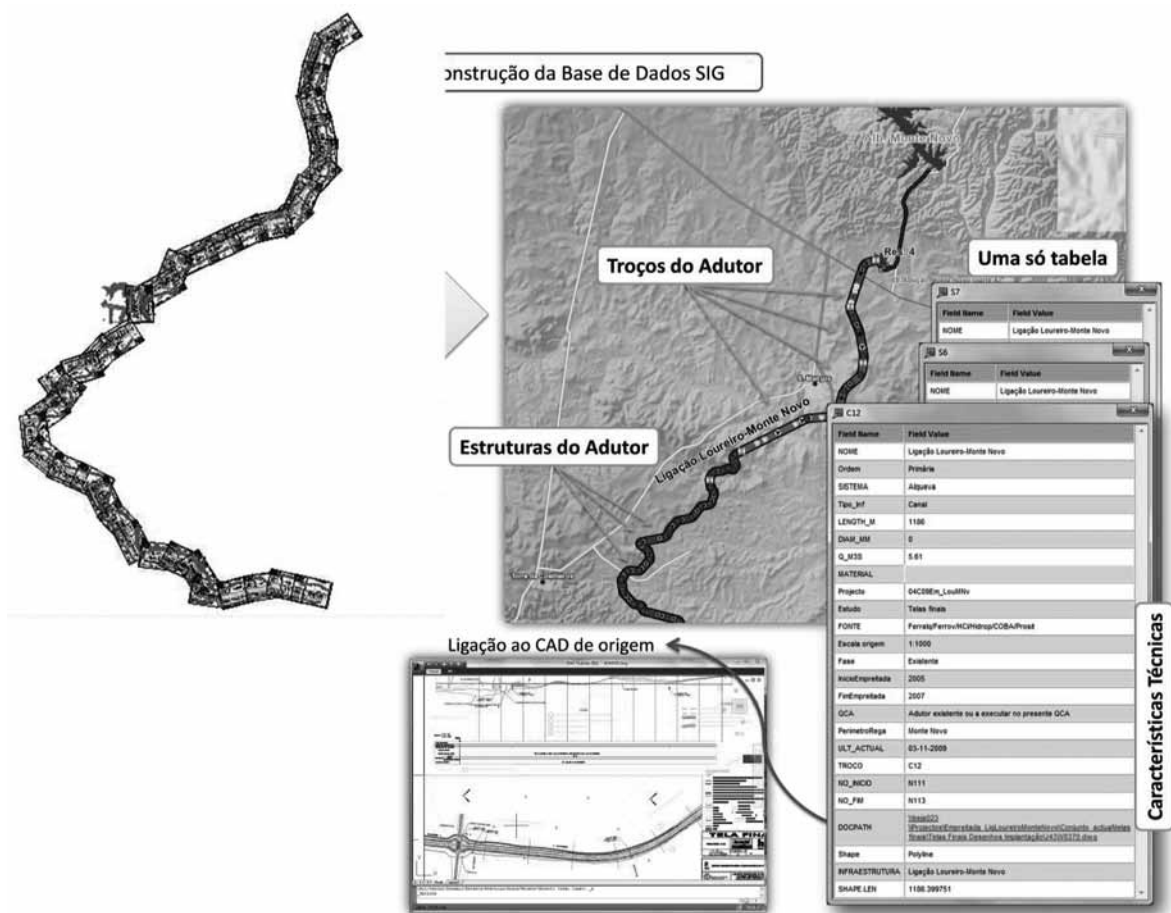


Figura 2 – Integração do Arquivo de Projecto e Telas Finais com o Cadastro de Infra-estruturas (SIG).

Esta base de dados percorre as estruturas desde a albufeira até à boca e unidade de rega. Sendo uma base de dados (mesmo que geográficos), permite um acesso estruturado, sistemático, e autenticado, à informação compilada, possibilitando a produção de relatórios, a pesquisa, a análise, e a representação cartográfica de acordo com qualquer dos valores inseridos, para todo o EFMA ou qualquer nível hierárquico deste (sistema, sub-sistema, perímetro hidroagrícola, bloco, sub-bloco). É assim possível explorar os dados, obtendo desde simples contagens de infra-estruturas (Tabela 1) até indicadores cuja determinação pode ser mais complexa (Tabela 2). Por outro lado, a sua representação geográfica permite obter leituras intuitivas dos dados inseridos (Figura 3).

Tabela 1 – Exemplo de extracção de estatísticas e indicadores a partir da base de dados geográficos.

Rede secundária	
Estações Elevatórias secundárias	36
Barragens/reservatórios/açudes secundários	22
Tomadas de água	9
Área regada (10 ³ ha)	122
Extensão de condutas (km)	1484
Hidrantes	3404
Válvulas de seccionamento	944
Ventosas	2615
Descargas de fundo	2568
Bocas de rega	6503
Extensão de caminhos (km)	533
Extensão de valas de drenagem (km)	424

Tabela 2 – Distribuição da dimensão da parcela regada no EFMA, por subsistema.

N.º Prédios	Subsistema	Classe	%
9584	Alqueva	<10ha	20%
344	Alqueva	>50ha	60%
284	Alqueva	10ha-20ha	6%
302	Alqueva	20ha-50ha	14%
<hr/>			
5718	Ardila	<10ha	28%
139	Ardila	>50ha	47%
189	Ardila	10ha-20ha	8%
161	Ardila	20ha-50ha	17%
<hr/>			
1985	Pedrógão	<10ha	13%
127	Pedrógão	>50ha	63%
139	Pedrógão	10ha-20ha	8%
127	Pedrógão	20ha-50ha	16%

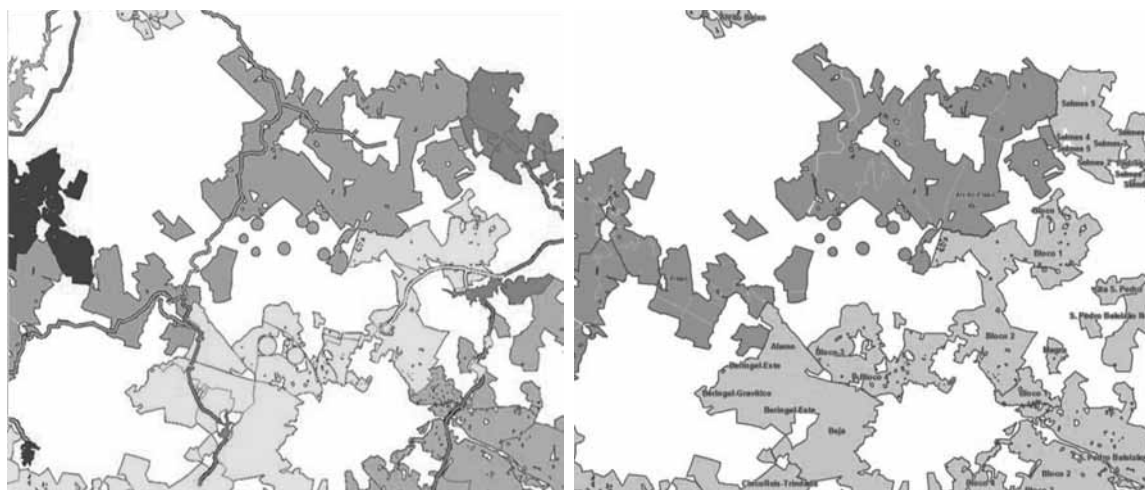


Figura 3 – Representação cartográfica da mesma informação (blocos de rega), usando critérios diferentes: horizonte de conclusão na figura à esquerda versus fase actual do projecto à direita (projectado e construído).

Uma vez estabilizados os dois componentes anteriores, a equipa SIG avançou com o desenvolvimento da aplicação webgis denominada “CIEFMA”, fornecendo um acesso via Internet a toda a informação disponível. É assim possível aceder integralmente, através do browser, à base de dados geográfica, e também ao próprio Arquivo de Projecto, ou seja, às peças escritas e desenhadas do projecto e tela final respectivos, e à visualização, no próprio browser, dos ficheiros CAD. Para além destas funções, esta aplicação apresenta ainda funcionalidade webgis mais usual, como a impressão de plantas em PDF, a pesquisa por atributos, localização ou proximidade, o desenho de elementos gráficos e texto, e gravação do mapa em imagem, entre outras funções. Com esta aplicação, os colaboradores da empresa no terreno, ou sem acesso a software específico (e.g. AutoCAD), podem consultar toda a informação existente (Figura 4 e Figura 5).



Figura 4 – O CIEFMA é a aplicação webgis para consulta e pesquisa da rede de infra-estruturas de todo o EFMA, permitindo também o acesso ao Arquivo de Projectos e Telas Finais.

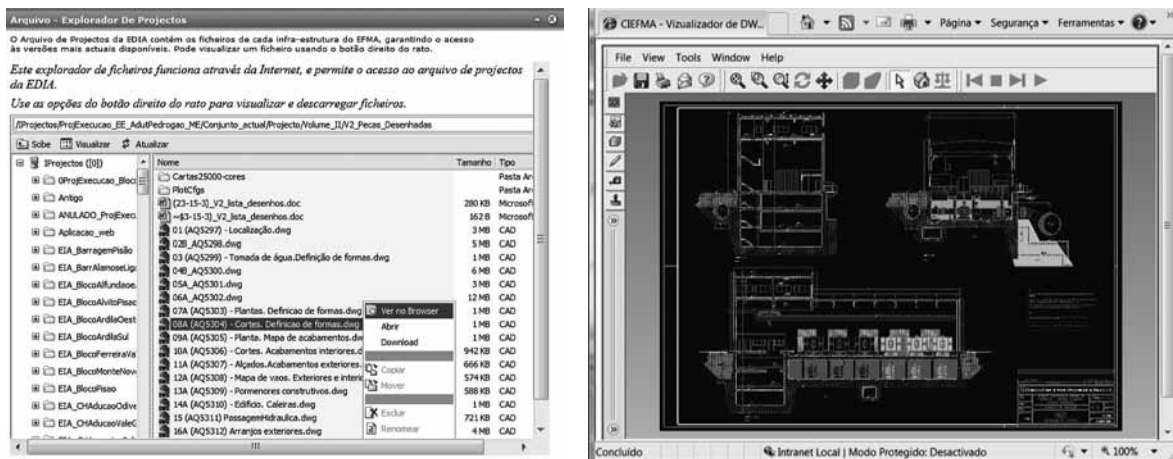


Figura 5 – Componente do CIEFMA para acesso ao Arquivo de Projectos e Telas Finais, via web, com possibilidade de consulta de peças desenhadas.

No futuro, a breve prazo, pretende-se que o SIG participe na gestão hidráulica das infra-estruturas do EFMA, quer na rede primária quer na rede secundária, integrando modelos de simulação e optimização de redes de água com o Cadastro de Infra-estruturas, dadas as vantagens normalmente identificadas neste tipo de integração. Paralelamente, prevê-se também a integração do SIG no sistema de gestão de activos actualmente em implementação na empresa, baseado em SAP.

3. O SIG NA EXPLORAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS

Finalmente, para suportar duas actividades adicionais – a facturação e a exploração dos aproveitamentos hidroagrícolas que iniciam o seu funcionamento – desenvolveram-se esforços ao nível do tratamento dos dados geográficos e no desenvolvimento de funcionalidades adicionais na aplicação CIEFMA.

Quanto aos dados, foi necessário determinar, em cada prédio, quais as áreas que são regadas por cada boca de rega, bloco a bloco de rega. Ou seja, determinaram-se as áreas efectivamente equipadas, identificando o prédio, os respectivos proprietários ou arrendatários, e a sua ligação à rede de rega (através da associação à boca de rega ou contador), bem como as áreas incultiváveis ou inutilizadas para fins agrícolas.



Figura 6 – Foi realizado um tratamento de dados massivo para a definição da área servida em cada prédio, por boca ou unidade de rega, ao que se associaram depois dados de proprietários e arrendatários.

Para cada prédio, temos assim, potencialmente, várias áreas de rega ou parcelas, de que se conhecem os proprietários e arrendatários e respectiva ligação à rede de rega. Nesta fase, é possível extrair desta base de dados estatísticas relativas à Taxa de Conservação, tais como o total de área a taxar, número de proprietários abrangidos pelos blocos, percentagem de área arrendada, valor global expectável da Taxa de Conservação, entre outros indicadores (Tabela 3).

Tabela 3 – Parcelas (por prédio, proprietário e unidade de rega) e área a regar efectiva, por patamar de pressão no hidrante (Alta ou Baixa Pressão).

Registos	Área (ha)		Total Registos	Total Área (ha)
	Alta	Baixa		
Alfundão	348	87	435	3469
Alvito-Pisão	2221	34	7135	1441
Brinches	2129	19	4541	715
Brinches-Enxoé	275	70	3672	1261
Monte Novo	486	48	3309	4280
Orada-Amoreira	534		2020	534
Pisão	877	7	1454	869
Serpa	1169	95	3967	585

Relativamente à exploração, foi desenvolvido um módulo para a gestão de regantes na aplicação webgis CIEFMA. Desta forma, os colaboradores da EDIA dedicados à operação e gestão dos blocos de rega, deslocados em gabinetes localizados em cada aproveitamento, podem efectuar o registo e acompanhamento dos regantes, fazendo a sua inscrição através da Internet, recolhendo e sistematizando toda a informação na base de dados geográfica centralizada na EDIA. Esta informação inclui a identificação do regante e respectiva relação com a propriedade rústica regada, a delimitação da área a regar, a sua ligação à rede, respectivos consumos de água, e cultura e sistema de rega (Figura 7). Uma vez integrada na base de dados, é possível analisar esta informação e extrair os relatórios necessários, bem como transferir os dados de consumos de água para o processo de facturação de forma automatizada.

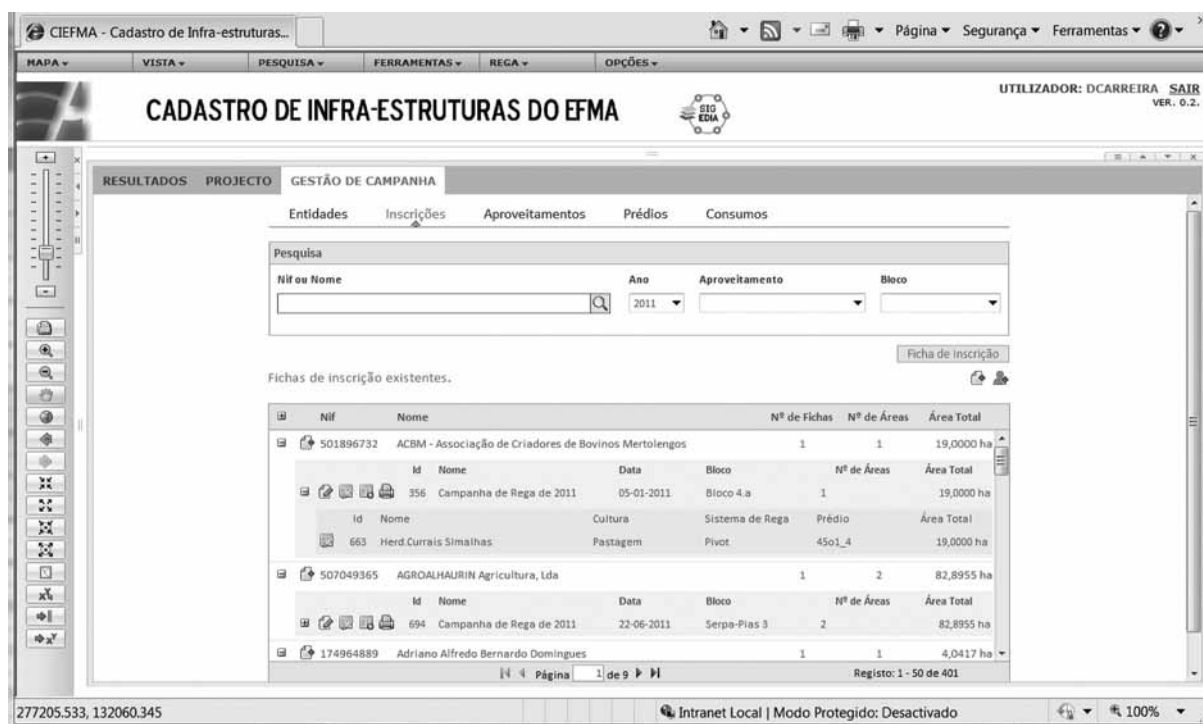


Figura 7 – Componente de gestão de campanhas de rega, onde se registam todos os dados relativos à inscrição de regantes e áreas regadas. No exemplo é visível a lista de inscrições do ano 2011. Cada Ficha de Inscrição pode conter várias parcelas de rega.

Este componente permite que os técnicos conheçam rapidamente os dados de base de qualquer perímetro de rega, que prédios são regados no bloco ou pela boca de rega, e quais são os proprietários das áreas a regar. Ou seja, permite o acesso rápido à informação pré-estabelecida. Mas permite também a decisão operacional de alterar um pouco esta estrutura, associando uma boca de rega diferente ou actualizando a informação de propriedade ou do beneficiário. Para além desta flexibilidade, são impostas diversas validações de forma a manter a coerência da informação (Figura 8).



Figura 8 – Componente de gestão de campanhas de rega: listagem de prédios no bloco de rega de Brinches, com indicação dos proprietários e respectivas fracções. O sistema evidencia os prédios com dados insuficientes (a vermelho e no topo da lista).

O processo de inscrição de um beneficiário para uma dada campanha de rega foi desenhado para ser o mais eficiente possível, impondo no entanto a recolha da informação mais relevante para a gestão diária do aproveitamento e para a sua análise posterior e elaboração de relatórios. Para situações pontuais, foi ainda implementado um processo de inscrição mais manual, possibilitando mesmo o desenho de áreas a inscrever, associando-lhe o ponto de ligação à rede, e preenchendo todos os restantes dados (Figura 9 e Figura 10).

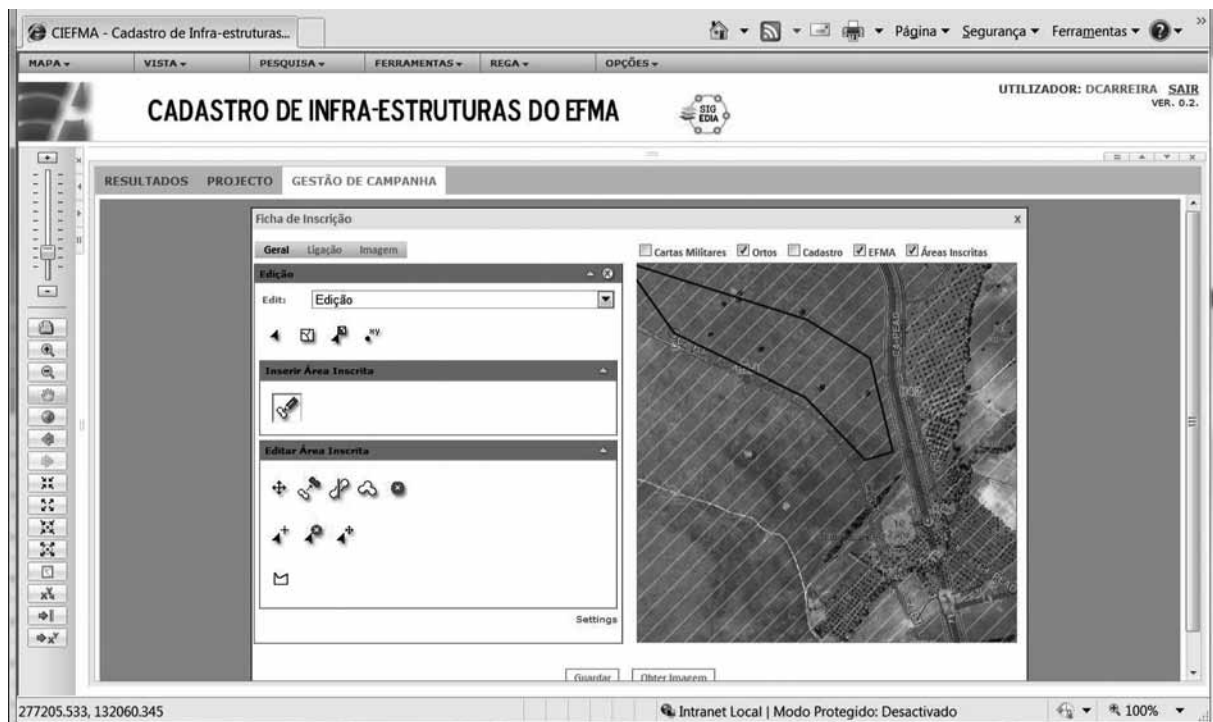


Figura 9 – Componente de gestão de campanhas de rega: para além de um processo simplificado de inscrição, a aplicação permite também a definição manual de uma área a inscrever, associando uma boca de rega seleccionada pelo técnico, e identificando todos os restantes dados necessários.



Figura 10 – Componente de gestão de campanhas de rega: Inserção de dados no processo de inscrição manual, após a edição da área a regada a inscrever.

A contabilização de consumos é também abrangida por esta componente, sendo possível registar leituras de consumos em bocas de rega ou contadores, para uma dada área inscrita ou de forma massiva para um aproveitamento ou bloco de rega. Neste caso, o técnico pode seleccio-

nar um bloco, um hidrante ou mesmo uma única boca, para introdução destes dados sob a forma de listagem. O objectivo é possibilitar uma introdução eficiente de um grande volume de valores (Figura 11).

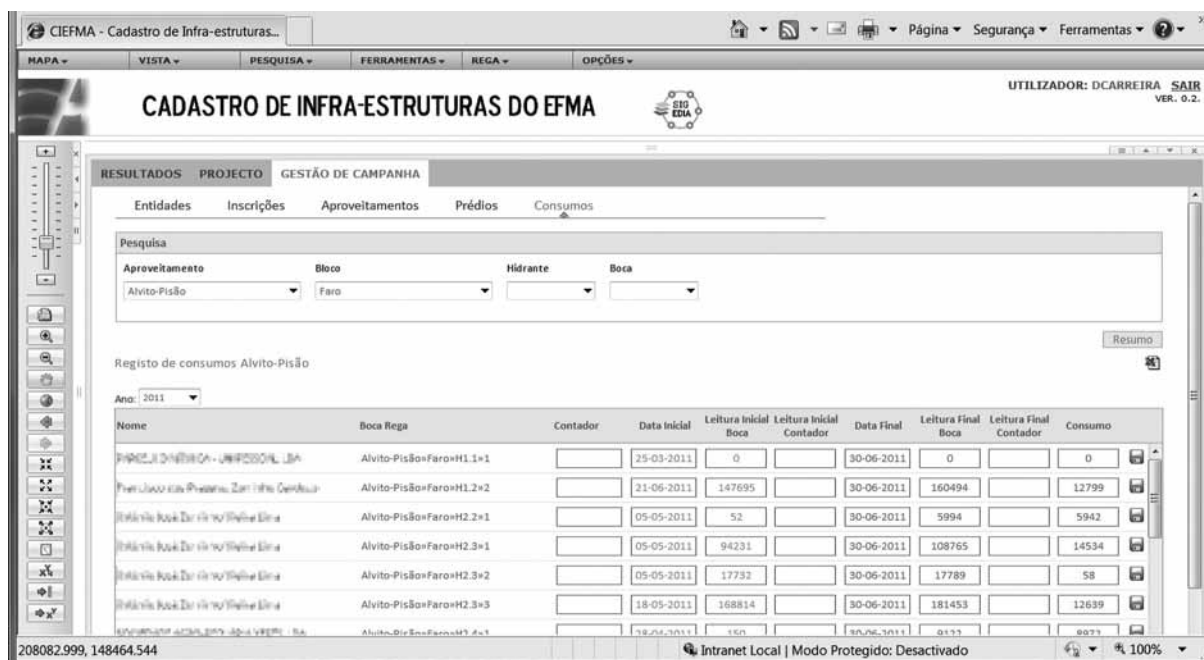


Figura 11 – Componente de gestão de campanhas de rega: Inserção de dados de consumo de forma massiva, com eficiência. O utilizador pode seleccionar a área a trabalhar, desde o bloco à boca de rega. É ainda possível registar estes valores ao nível da área inscrita.

Com estas tarefas concluídas foi possível ao Departamento de Sistemas de Informação da EDIA desenvolver os automatismos informáticos que actualmente permitem já a emissão de facturas com reduzida intervenção humana, através do sistema contabilístico (SAP R3), recorrendo aos valores determinados no SIG ou inseridos através do CIEFMA.

4. CONCLUSÃO

Após a estabilização dos processos de facturação e gestão operacional das campanhas de rega, serão obviamente necessárias diversas alterações, que têm vindo a ser identificadas durante a utilização intensiva de todo o sistema. Assim, no futuro próximo é prevista a optimização contínua de processos e de ferramentas, contribuindo para a produtividade exigida à empresa na gestão sustentável dos aproveitamentos hidroagrícolas, realizada a uma escala, efectivamente, sem precedentes em Portugal.

De facto, a abrangência das tarefas descritas é significativa, tendo sido processados em 2010 três perímetros de rega totalizando 19.600 ha, e sendo processados já em 2011 seis perímetros adicionais, numa área de 26.900 ha, unindo numa plataforma informática única os processos sob a responsabilidade de 6 áreas funcionais distintas: Engenharia, Construção, SIG, Exploração, Contabilidade e Informática. Simultaneamente, as restantes actividades da empresa continuaram a ser asseguradas no seu ritmo habitual, com diversos projectos em fase de estudo ou em fase de construção.

O Sistema de Informação Geográfica da EDIA assume hoje uma posição transversal na Empresa, servindo os seus vários sectores que necessitam de explorar e sistematizar a compo-

nente geográfica da informação que lhes é relevante. Nos sectores de Engenharia Hidroagrícola e de Exploração de Infra-estruturas, para além da organização, estruturação, e acesso eficiente à informação, foi também implementada uma solução informática específica que permite, através da Internet e de um simples browser, consultar e visualizar a informação de peças desenhadas e memórias descritivas dos projectos e telas finais, bem como efectuar a gestão dos blocos de rega ao nível dos beneficiários, fazendo ainda a ligação ao sistema contabilístico da empresa de forma automatizada, com ganhos óbvios de produtividade e eficiência para a empresa.

A capacidade de desenvolver e implementar processos e ferramentas complexas, recorrendo aos seus próprios recursos humanos, tem permitido à empresa operacionalizar processos, em grande escala, em curtos períodos de tempo, e com consideráveis ganhos de produtividade, tendo-se revelado uma abordagem com excelentes resultados.

BIBLIOGRAFIA

Kaushal, Ashok; Srivastava, Sandeep (2009). "Managing of GIS projects in infrastructure development". *Current Science*, Vol. 96, N.º 2, Janeiro, pp. 211-218.

Lang, Greg; Erickson, Jared (2003). "Flood Hazard Zone Modeling for Regulation Development", in ESRI International User Conference. San Diego (EUA).

Meyers, J. R. (1999). "GIS in the utilities", in *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, editado por Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W., Nova Iorque (EUA), John Wiley & Sons, pp. 801-818.

Michael Schlosser (2009). "Resolving the Water and Wastewater As-Built Backlog". BCWWA Annual Conference. British Columbia Water and Wastewater Association, Colômbia Britânica (Canadá).

Lamaddalena, N.; Lebdi, F. (2005). "Diagnosys of Pressurized Irrigation Systems", in *Options méditerranéennes, Series B, n. 52, Irrigation Systems Performance*, editado por Lamaddalena, N, Lebdi, F., Todovoric, M., Bogliotti, C., Bari (Itália), CIHEAM, pp. 9-22.

Sugarbaker, L. J. (1999). "Managing an operational GIS", in *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, editado por Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W., Nova Iorque (EUA), John Wiley & Sons, pp. 611-620.

ESTUDOS DO BLOCO DE REGA ROXO-SADO E REFORÇO DE ABASTECIMENTO A MORGAVÉL (EFMA)

João AFONSO¹

Luís SANTAFÉ²

RESUMO

No presente artigo apresenta-se uma síntese do Estudo Prévio elaborado pelo Consórcio formado pelas empresas CENOR e CINGRAL, do “Projecto de Execução e o Estudo de Impacte do Circuito Hidráulico Roxo-Sado e respectivo Bloco de Rega”.

A área beneficiada actualmente pelo Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo é de 5 521 ha. Resultante do Estudo Prévio efectuado, o perímetro será alargado em 7 116 ha (novos blocos: Rio de Moinhos, Ermidas e reabilitação do Bloco 3) e em 3 146 ha (reforço a perímetros existentes: bloco de Daroeira e Campilhas e Alto Sado), totalizando 15 783 ha.

O volume a fornecer pela albufeira do Roxo atingirá 101 hm³ no ano horizonte de projecto. Dado que as afluências à albufeira do Roxo são diminutas, deverão ser aproveitadas as disponibilidades do rio Guadiana, através do sistema hidráulico do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA).

Será aproveitada a tomada de água existente na barragem do Roxo e o circuito hidráulico adjacente, sendo construído, na sua extremidade de jusante, um reservatório de regularização, de transição para o novo circuito hidráulico em pressão gravítico, constituído por: ramal principal de ligação Roxo-Sado (16 km) e que inclui um tramo com conduta elevatória (4 km) para as áreas elevadas do Bloco de Rio de Moinhos, e por um ramal de ligação a Ermidas e Morgavél (17 km).

O recurso a automação e telegestão, a integrar nos atuais sistemas existentes, permitirá aumentar a eficiência na distribuição e a redução de custos energéticos e de exploração.

Palavras-chave: circuito hidráulico Roxo-Sado, reabilitação de canais, reabilitação de redes de rega, rede de rega em pressão, automação e telegestão, EFMA.

¹ Engenheiro Civil, CENOR – Projectos de Engenharia, Lda., Lisboa, Portugal, 21.843.73.00, joao.afonso@cenor.pt

² Engenheiro Agrónomo, CINGRAL- Consultora de Ingeniería, Saragoza, Espanha, 976.201.462, ljsantafe@cingral.com

1. INTRODUÇÃO

O Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo, em exploração pela Associação de Beneficiários do Roxo, desde 1968, começou a ser idealizado na primeira metade dos anos 30 do século passado (portanto, há 80 anos atrás) e foi concebido para ser construído em duas fases.

Na primeira fase seriam regados 4 960 ha com os recursos hídricos próprios da albufeira da barragem do Roxo e na segunda fase a área beneficiada seria alargada para 12 000 ha, prevendo-se ainda a ligação ao Perímetro de Rega de Campilhas e Alto Sado bem como ao Sistema Adutor de Morgavél (abastecimento ao Complexo Industrial de Sines), aproveitando as disponibilidades do rio Guadiana, ao qual ficaria ligado através do sistema hidráulico do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA).

As obras estudadas no âmbito do *“Projecto de Execução e o Estudo de Impacte do Circuito Hidráulico Roxo-Sado e respectivo Bloco de Rega”*, elaborado pelo Consórcio formado pelas empresas CENOR e CINGRAL (CENOR/CINGRAL, 2011), para a EDIA Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A., correspondem, no geral, às ampliações da 2ª fase do Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo, possíveis de serem concretizadas mediante o reforço de afluências proporcionado pelo sistema hidráulico EFMA, entre a albufeira de Alqueva e a albufeira do Roxo, a qual servirá de volante de distribuição.

No presente artigo faz-se uma síntese de parte dos estudos elaborados pela CENOR/CINGRAL (2011), na fase de Estudo Prévio. O artigo está organizado em 5 capítulos, sendo o primeiro a presente introdução. Nos capítulos seguintes apresenta-se: as áreas beneficiadas (Capítulo 2); o estudo das necessidades de água (Capítulo 3); o estudo das transferências de água a partir do EFMA (Capítulo 4); a descrição sucinta das intervenções de reabilitação estudadas e das novas infra-estruturas (circuitos hidráulicos, redes de rega, automação e telegestão) a construir (Capítulo 5).

2. ÁREAS BENEFICIADAS PELO PERÍMETRO DE REGA

A área atualmente beneficiada pelo Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo é de 5 041 ha e engloba manchas dos concelhos de Santiago do Cacém (331 ha), de Ferreira do Alentejo (645 ha) e de Aljustrel (4 065 ha). O perímetro desenvolve-se de forma relativamente compacta em ambas as margens da ribeira do Roxo, desde a barragem até próximo do Aproveitamento Hidroagrícola do Alto Sado, sendo beneficiados 4 203 ha na margem direita e 838 ha na margem esquerda, onde se desenvolve o Bloco 3 do Roxo, e para o qual foi estudada a reabilitação da rede de rega.

Foi efectuado, recentemente, a reconversão do Bloco de Montes Velhos (1 800 ha), alimentado pela Estação Elevatória do Bloco 1 do Roxo, e está em curso, pelo EFMA, a ampliação do fornecimento de água a partir dessa estação elevatória ao Bloco de Aljustrel (1 318 ha), na margem esquerda da ribeira do Roxo.

A área do perímetro existente, sem contabilizar o Bloco 3 do Roxo e contabilizando as áreas dos Blocos de Montes Velhos e de Aljustrel, é, pois, de 5 521 ha. Após a ampliação estudada, serão beneficiados mais 7 116 ha referentes a novos blocos de rega (Rio de Moinhos, com 3 986 ha, e Ermidas, com 932 ha) e à reabilitação e ampliação do Bloco 3 (2 198 ha), bem como mais 3 146 ha de reforço aos perímetros existentes de Daroeira (446 ha) e de Campilhas (2 700 ha), totalizando um perímetro de rega com 15 783 ha de área beneficiada – ver Quadro 1 e Figura 1.

Quadro 1 – Perímetro de rega existente e após conclusão das ampliações em curso e em estudo. Áreas beneficiadas

		Blocos em pressão (elevatória)	Blocos gravíticos com superfície livre	Blocos gravíticos em pressão	Total
Existente	Existente (excepto Bloco 3)	1 800 ha	2 403 ha	-	5 521 ha (excepto Bloco 3)
		(Montes Velhos)			
Ampliação em curso (EFMA)	Ampliação em curso (EFMA)	1 318 ha	-	-	
		(Aljustrel)			
Em estudo	Sistema Roxo-Sado	3 108 ha (Rio Moinhos, zona Z1)	-	878 ha (Rio de Moinhos, zonas Z2 e Z3)	7 116 ha (inclui reabilitação do Bloco 3)
	Sistema de Morgavél	-	-	932 ha (Ermidas)	
	Reabilitação do Bloco 3 do Roxo	-	-	2 198 ha (Bloco 3, zonas Z1 e Z2)	
	Reforço a perímetros existentes	-	-	446 + 2700 ha (Daroeira + Campilhas e Alto Sado)	3 146 ha
Total		6 226 ha	2 403 ha	7 154 ha	15 783 ha

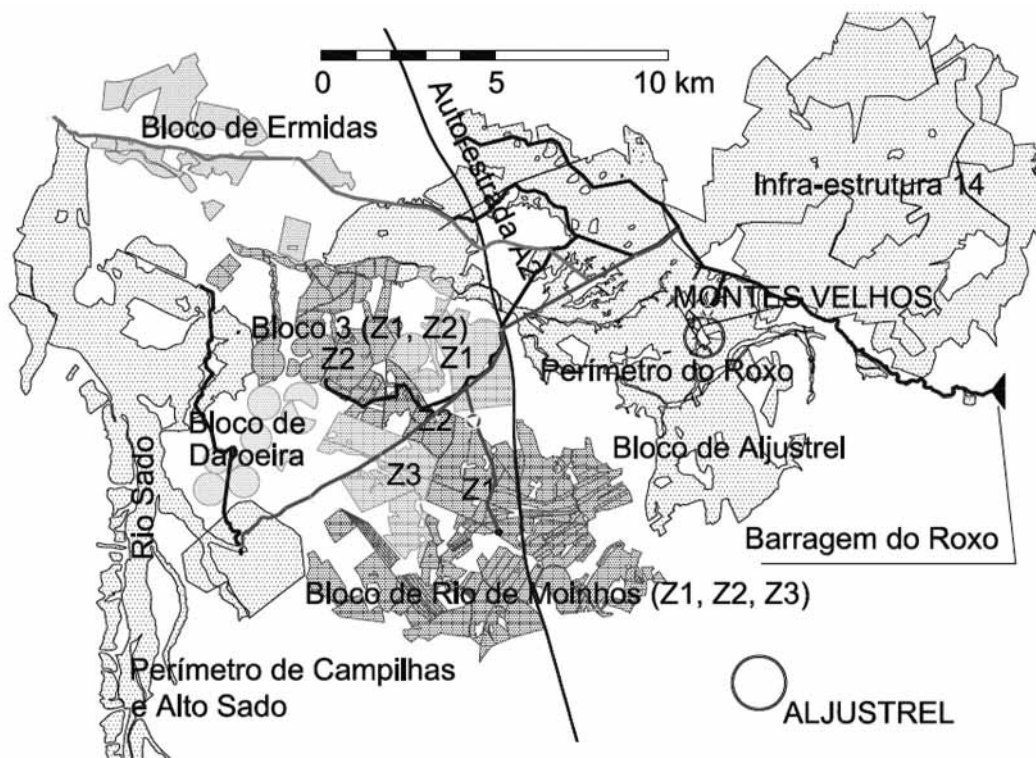


Figura 1 – Localização geral dos perímetros de rega existentes e dos novos blocos estudados. Implantação dos circuitos hidráulicos principais.

3. NECESSIDADES DE ÁGUA E VOLUMES A FORNECER PELA ALBUFEIRA DO ROXO

3.1. Necessidades hídricas e caudais de dimensionamento

A estimativa das necessidades de água para rega foi realizada tendo como referência o estudo efectuado pelo ex-IEADR em 1996, intitulado “Consumos de Água para Rega do Empreendimento de Alqueva”, utilizando o método de Penman modificado.

Para as áreas beneficiadas, adotou-se um modelo de ocupação cultural composto por: milho (21%) + girassol (14%) + trigo (14%) + culturas industriais (6,9% tomate + 6,9% beterraba de Primavera + 6,9% beterraba de Outono) + olival (30%).

A evapotranspiração de referência na região, ET_0 , calculada a partir de série de registos da Estação Meteorológica de Beja (período entre 1964 e 1993), varia entre 1 330,2 e 1 645,9 mm/ano e, no mês com maior evapotranspiração (Julho), varia entre 196,6 e 271,3 mm/mês (6,34 e 8,75 mm/dia).

Os valores de evapotranspiração cultural, ET_c , foram calculados por utilização do método dos coeficientes culturais, para cada cultura e ao longo dos meses do ano. Para o caso do olival, em que será utilizada a rega localizada gota-a-gota, aplicou-se adicionalmente um coeficiente de redução à evapotranspiração máxima da cultura, $K_f=0,80$, de acordo com metodologia proposta por Karmelli e Keller (FAO Irrigation Paper N° 36, 1980).

Para determinar a quantidade de água real a fornecer às culturas utilizou-se a eficiência global de utilização de água (E_p), a qual é obtida pela multiplicação dos seguintes três tipos de eficiência: eficiência da adução ($E_a=90\%$ para olival e 80% nas restantes culturas); eficiência da distribuição ($E_d=95\%$); e eficiência de aplicação na parcela, em função do sistema cultural ($E_c=98\%$). Considerando o modelo cultural atrás referido, obteve-se uma eficiência de projecto ponderada de 77,3%.

O horário de rega considerado no caso de rega por pressão gravítica foi de 6 dias/semana e 20 horas/dia durante o mês de ponta (Julho), isto é, um tempo máximo de utilização da rede, em período de ponta, de 540 horas/mês, correspondendo um rendimento de utilização de 72,6 % (540 / 744).

Determinou-se o caudal de dimensionamento das bocas de rega, em função das necessidades de água das culturas e do tempo máximo da sua utilização em período de ponta. No Quadro 2 apresentam-se os valores obtidos, para cada tipo de cultura e para cada mês, bem como os caudais fictícios, contínuos e específicos, obtidos para o modelo cultural adotado.

Quadro 2 – Caudais de dimensionamento na boca de rega, em ano crítico.

Culturas	Ocupação (%)	Dotação na boca de rega em ano crítico (m³/ha)											
		Jan	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez
Milho	21	0	0	0	0	804	2 087	3 730	2 928	692	0	0	0
Girassol	14	0	0	0	0	804	2 087	3 391	1 942	0	0	0	0
Trigo	14	18	21	135	1 074	1 495	1 438	782	0	0	0	0	0
Olival	30	0	0	0	146	533	953	1 206	877	473	0	0	0
Industriais	21	0	0	358	498	1 672	2 327	2 204	1 538	231	0	0	0
Total ponderado	100	3	18	217	350	977	1 591	2 051	1 451	341	0	0	0
Qfictício contínuo (l/s/ha)	100	0,00	0,01	0,08	0,14	0,36	0,61	0,77	0,54	0,13	0,00	0,00	0,00
Qespecifico (l/s/ha)	100	0,00	0,01	0,11	0,19	0,50	0,85	1,05	0,75	0,18	0,00	0,00	0,00

3. 2. Volumes a fornecer no Ano 0 e no Ano Horizonte de Projecto (HP)

A albufeira do Roxo serve de origem de água para rega, indústria e para abastecimento público, sendo as tomadas de água respectivas independentes da tomada de água para rega. Tendo por objectivo caracterizar as respectivas necessidades de água, analisaram-se os registos do volume de água fornecida pela albufeira do Roxo nos últimos oito anos (entre 2003 e 2010), tendo-se concluído que foi em Julho de 2004 que foram fornecidos os máximos volume e caudal para rega.

No Quadro 3 são apresentados os volumes a fornecer no início da exploração do sistema (Ano 0), englobando os volumes para rega, pecuária e indústria, para abastecimento público, para o Bloco de Aljustrel (tendo por base o máximo volume fornecido, em 2004), bem como os volumes para reforço a Morgavél e aos perímetros de Daroeira e de Campilhas. O volume para reforço a Morgavél havia já sido estabelecido anteriormente pelo EFMA, em 20 hm³/ano em ano seco e em 10 hm³/ano em ano médio, e a determinação da sua distribuição ao longo do ano foi definida no âmbito do estudo de simulação de exploração da albufeira do Roxo (ver Capítulo 4 deste artigo). Os volumes a fornecer aos perímetros de Daroeira e de Campilhas foram estabelecidos pelas respectivas entidades gestoras desses perímetros.

As necessidades de água adicionais, correspondentes à reabilitação do Bloco 3 e aos novos blocos de rega em estudo (Ermidas e Rio de Moinhos), apresentados no Quadro 4, foram determinadas tendo por base os consumos mensais, em m³/ha, apresentados no Quadro 2.

Pela análise dos Quadros 3 e 4, verifica-se que a albufeira do Roxo, em ano crítico, terá de fornecer cerca de 63 hm³, no ano de entrada em funcionamento do sistema Roxo-Sado, e cerca de 101 hm³, no ano horizonte de projecto.

Quadro 3 – Necessidades de água no início da exploração do sistema, Ano 0 (m³).

Mês	Rega, pecuária e indústria (Ano 2004)	Abastecimento público (Ano 2004)	Bloco de Aljustrel (Em execução)	Morgavél	Daroeira	Campilhas	TOTAL (Ano 0)
Janeiro	0	366 250	0	2 678 400	0	0	3 044 650
Fevereiro	0	355 150	0	2 419 200	0	0	2 774 350
Março	0	372 350	0	2 678 400	0	0	3 050 750
Abril	437 814	353 040	165 265	2 592 000	777 600	181 440	4 507 159
Maio	1 909 008	370 690	529 720	2 303 424	803 520	830 304	6 746 666
Junho	4 410 710	419 180	1 285 193	0	777 600	1 451 520	8 344 203
Julho	5 970 492	428 700	1 994 225	0	0	3 214 080	11 607 497
Agosto	4 377 924	378 240	1 761 392	0	803 520	2 892 672	10 213 748
Setembro	1 801 926	365 110	482 995	2 073 600	0	1 192 320	5 915 951
Outubro	437 328	351 050	154 278	2 678 400	0	294 624	3 915 680
Novembro	0	296 774	0	2 592 000	0	0	2 888 774
Dezembro	0	349 916	0	0	0	0	349 916
Total	19 345 202	4 406 450	6 373 068	20 015 424	3 162 240	10 056 960	63 359 344

Quadro 4 - Necessidades de água no ano horizonte de projecto, Ano HP (m³).

Mês	Consumos mensais (m ³ /ha)	Reabilitação do Bloco 3 (Consumos do bloco 3 total, Zonas 1 e 2 deduzindo o consumo existente) (2 198 ha)	Ermidas (932 ha)	Rio de Moinhos (Zonas 1, 2 e 3) (3 986 ha)	TOTAL ADICIONAL (ano HP)	TOTAL FINAL (ano HP)
Janeiro	3	5 315	2 255	9 400	16 970	383 220
Fevereiro	18	34 067	14 452	60 252	108 772	463 922
Março	217	406 061	172 262	718 160	1 296 483	4 079 393
Abril	350	549 015	277 471	1 156 778	1 983 264	6 490 423
Maio	977	1 488 702	774 390	3 228 427	5 491 519	12 613 161
Junho	1 591	2 154 787	1 260 677	5 255 757	8 671 221	19 348 224
Julho	2 051	2 564 223	1 625 564	6 776 968	10 966 755	22 574 251
Agosto	1 451	1 591 779	1 150 242	4 795 354	7 537 375	20 161 683
Setembro	341	329 426	269 993	1 125 599	1 725 018	8 159 369
Outubro	0	-98 064	0	0	-98 064	3 817 616
Novembro	0	0	0	0	0	2 629 574
Dezembro	0	0	0	0	0	349 916
Total		9 025 311	5 547 305	23 126 695	37 699 312	101 058 656

4. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DA ALBUFEIRA DO ROXO E DAS TRANSFERÊNCIAS DE ÁGUA A PARTIR DE ALQUEVA

4. 1. Afluências à albufeira do Roxo

Não existem estações hidrométricas na ribeira do Roxo, nem existem registos de afluências à albufeira da barragem do Roxo.

Deste modo, tomou-se por base as afluências naturais anuais determinadas no estudo da ProSistemas/Hidro4, 1999, a partir de precipitações e relações Precipitação – Escoamento, e os volumes interceptados pelas albufeiras de barragens existentes ou em fase de licenciamento (barragem de Faleira, de Levada e da Misericórdia). A tais afluências retirou-se o volume para caudal ecológico (1 hm³/ano), volume esse que será derivado a partir do momento em que o sistema de transferências de água a partir da barragem de Alqueva entrar em funcionamento.

Para desagregar os escoamentos anuais em escoamentos mensais, utilizaram-se os registos de escoamento médio mensal da estação hidrométrica de Monte da Ponte (localizada na ribeira de Terres, afluente da margem direita do rio Guadiana, subtendendo uma bacia hidrográfica com 719 km²), para a qual se determinou a distribuição percentual do escoamento anual em cada mês de cada ano hidrológico e se aplicou essa mesma distribuição aos escoamentos anuais. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 5.

O período utilizado para fazer o estudo das simulações da exploração da albufeira do Roxo foi condicionado pelos períodos de registos existentes. A série de escoamentos anuais compreende o período entre 1963/64 e 1995/96 (ProSistemas/Hidro4, 1999) e a estação hidrométrica compreende o período entre 1959/60 a 1987/88. Selecionou-se o período comum, entre 1963/64 e 1987/88, compreendendo uma série com 25 anos.

Quadro 5 - Escoamentos mensais afluentes à barragem do Roxo (dam³).

Ano hidrológico	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Anual
1963/64	0	28	24 819	1 775	8 120	10 434	492	17	3	0	0	0	45 686
1964/65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1965/66	5 511	9 288	2 912	15 578	30 175	1 045	348	22	2	0	0	0	64 881
1966/67	0	0	0	17	1 746	2 039	276	52	241	1	0	0	4 371
1967/68	1 901	3 537	219	76	7 434	6 891	156	16	0	0	0	0	20 230
1968/69	0	2 828	14 556	27 272	36 972	24 580	1 988	172	98	4	0	0	108 470
1969/70	353	5 494	4 688	50 115	1 263	356	795	25	97	0	0	0	63 186
1970/71	0	0	0	14 524	4 164	305	4 190	4 609	546	38	0	0	28 375
1971/72	0	0	0	649	5 210	4 204	95	28	0	0	0	0	10 186
1972/73	1 339	2 729	1 795	7 524	2 306	116	9	0	0	0	0	0	15 818
1973/74	0	0	310	285	2 808	904	1 904	360	2	0	0	0	6 573
1974/75	0	0	0	0	1 782	13 875	213	451	41	1	0	0	16 362
1975/76	0	0	7 388	361	13 748	3 434	254	428	7	0	0	5	25 624
1976/77	5	2 175	20 231	12 956	13 112	606	47	2	0	0	0	0	49 134
1977/78	0	1 068	30 624	5 389	10 219	13 481	270	2 320	41	1	0	0	63 413
1978/79	0	1 955	10 453	30 008	30 333	2 985	4 409	88	6	1	0	0	80 238
1979/80	17 707	653	327	541	644	3 088	4 963	327	9	0	0	0	28 258
1980/81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981/82	0	0	5 509	5 357	857	160	341	8	0	0	0	10	12 242
1982/83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983/84	0	19 232	10 102	706	151	674	1 470	65	3	0	0	0	32 403
1984/85	0	0	935	15 631	14 151	744	130	57	4	0	0	0	31 653
1985/86	0	0	0	309	6 049	3 138	464	21	0	0	0	31	10 012
1986/87	27	12	30	2 723	6 682	361	99	6	0	0	0	0	9 939
1987/88	88	4 066	22 916	6 979	1 904	164	12	143	12	0	0	0	36 283
média	1 077	2 123	6 313	7 951	7 993	3 743	917	369	44	2	0	2	30 533

4. 2. Precipitação e evaporação na albufeira

Para avaliar as perdas por evaporação em albufeira utilizaram-se os registos de evaporações mensais na estação climatológica da Barragem do Roxo (261/02C), em evaporímetro de Piche, utilizando-se a seguinte expressão para converter estes em valores de evaporação em Tina, proposta pela DGRAH (Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, atual INAG):

$$E_{Tina} = 915,245 + 0,422 * E_{Piche} \quad (1)$$

Para obter as evaporações na albufeira da barragem do Roxo, mês a mês, em ano médio, multiplicaram-se os valores médios mensais da evaporação em Tina por coeficientes de tina que permitem descontar o efeito de oásis, tomando-se os valores de 0,60 (Dezembro a Março), 0,70 (Outubro, Novembro, Abril e Maio) e 0,80 (restantes meses).

Nas simulações da exploração da albufeira considerou-se para todos os anos evaporações deduzidas a partir do ano seco com 20% de probabilidade de não ser ultrapassado, que corresponde ao ano hidrológico 1977/78. Nesse ano hidrológico a evaporação anual foi de 1 131,4 mm, à qual corresponde por aplicação da expressão anterior, uma evaporação em Tina de 1 392,7 mm e a uma evaporação na albufeira de 1 035 mm.

No entanto, estas evaporações (E) em albufeira são valores brutos, que não têm em conta as precipitações directas sobre a albufeira (P) e que as compensam parcialmente. Assim, foram determinadas, para o período de simulação da exploração da albufeira, as evaporações líquidas (E_L), que correspondem a $E_L = E - P$. Para o ano hidrológico de 1977/78, obteve-se uma evaporação líquida na albufeira de 504 mm.

4. 3. Volumes a fornecer pela albufeira de Alqueva

O sistema de adução que transporta a água da albufeira de Alqueva para a albufeira do Roxo tem capacidade para 5,7 m³/s. Assim, considerando que o sistema de adução funciona 24h por 24h e que a disponibilidade do sistema é 95%, o volume máximo aduzido da albufeira do Alqueva mensalmente será cerca de 14 hm³. Nas simulações da exploração da albufeira considerou-se que este sistema estaria a funcionar desde a data de início das transferências até ao final de Abril, deixando a albufeira no seu pleno armazenamento (96,3 hm³).

4. 4. Simulação da exploração da albufeira e seus resultados

Utilizando os valores de necessidades em ano seco no Ano 0 e no Ano HP, de afluências à albufeira do Roxo e de evaporações líquidas, atrás sumariamente apresentados, bem como as curvas de volumes armazenados na albufeira do Roxo, realizaram-se simulações da exploração da albufeira utilizando um modelo matemático de balanço quinzenal de volumes, com o objectivo de determinar o período em que se deverão fazer transferências de água a partir de Alqueva, de modo a que a garantia de fornecimento de água não inferior a: 80% (rega) e 100% (abastecimento urbano).

No Quadro 6 apresentam-se os resultados das simulações, assinalando-se a data em que deverão iniciar-se as transferências, em função da expectativa dos volumes de água anuais a fornecer.

Quadro 6 – Data de início das transferências de água a partir de Alqueva.

Início das transferências	Volume de água expectável de ser fornecido em 80% do tempo		
	Volume total (m ³)	Volume adicional em relação ao Ano 0 (m ³)	% do volume total no Ano HP
1 de Fevereiro	58 643 113	- 4 716 230	58,0
15 de Janeiro	65 470 506	2 111 161	64,8
1 de Janeiro	70 974 605	7 615 261	70,2
15 de Dezembro	76 139 411	12 780 067	75,3
1 de Dezembro	81 191 119	17 831 774	80,3
15 de Novembro	86 016 631	22 657 286	85,1
1 de Novembro	90 465 149	27 105 805	89,5
15 de Outubro	95 366 060	32 006 716	94,4
1 de Outubro	101 058 656	37 699 312	100,0

Como se pode concluir por análise do quadro anterior, para ter uma garantia mínima de 80%, será necessário iniciar as transferências em 15 de Janeiro, no ano em que se iniciar a exploração do sistema. Num ano intermédio, entre o Ano 0 e o Ano HP, se as expectativas de fornecimento de água forem de, por exemplo, 85 hm³, as transferências teriam que se iniciar a 15 de Novembro. No ano horizonte de projecto, será necessário iniciar as transferências a 1 de Outubro.

No Quadro 7, apresenta-se um balanço de volumes nos seguintes três anos: 1979/80 (ano médio), 1973/74 (ano seco com 80% de probabilidade de ser ultrapassado), 1982/83 (ano com afluência nula). Na Figura 2 exemplifica-se, em forma gráfica, o balanço de volumes para este último ano. Observa-se que, no final de Abril a albufeira atingiu o pleno armazenamento (96,3 hm³) e em Setembro desceu abaixo do volume mínimo de exploração para rega (13 hm³), não sendo possível fornecer a totalidade das necessidades de água para rega (falha no fornecimento).

Quadro 7 – Simulação da exploração da albufeira do Roxo. Balanço de Volume (hm³).

	1979/80 (ano médio)	1973/74 (ano seco com 80% de probabilidade de ser ultrapassado)	1982/83 (ano com afluência nula)
Afluências	+ 28,258	+ 6,573	+ 0,000
Transferências de Alqueva	+ 78,867	+ 98,000	+ 98,000
Necessidades de abastecimento público	- 4,406 (necessidades)	- 4,406 (necessidades)	- 4,406 (necessidades)
Necessidades totais de rega/industria/pecuária	- 96,652 (necessidades)	- 95,168 (fornecido)	- 93,839 (fornecido)
Evaporações líquidas	- 5,327	- 4,999	- 6,036
Volume descarregado	- 0,000	- 0,000	- 0,000
Volume inicial na albufeira (dia 1 de Outubro)	13,146	13,798	13,008
Volume final na albufeira (dia 31 de Setembro)	13,886	13,798	6,727

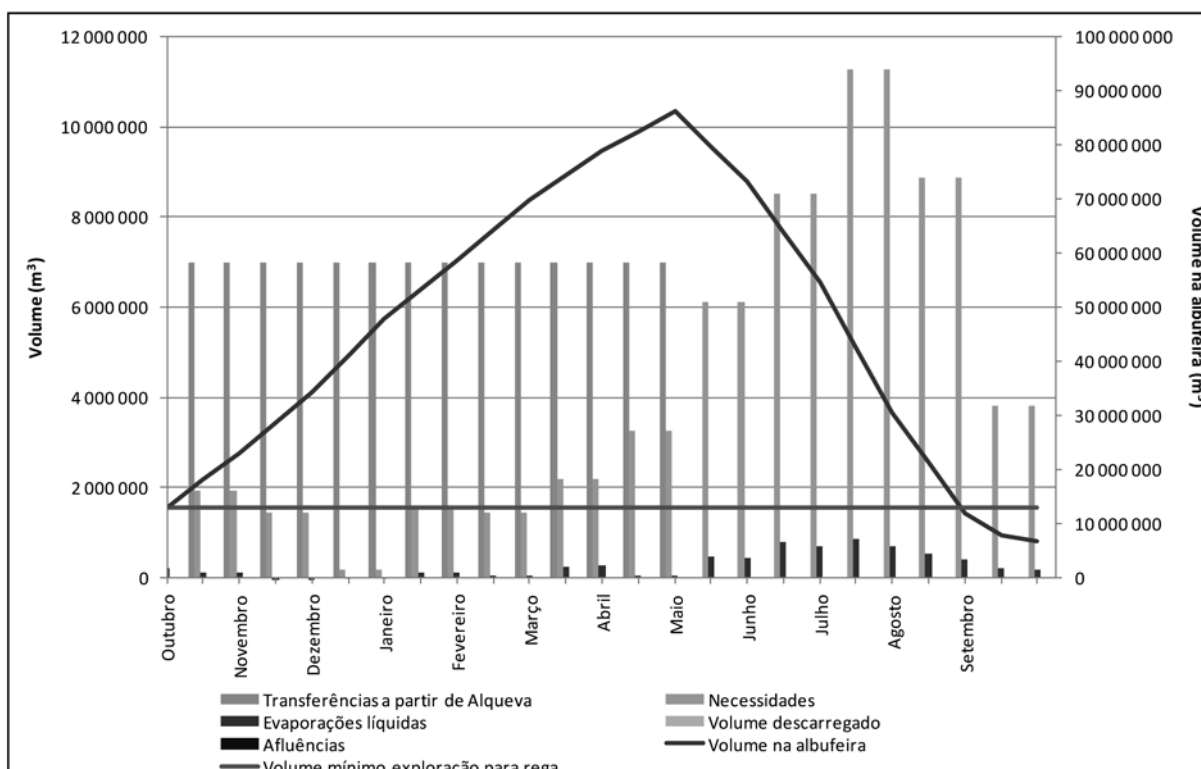


Figura 2 - Simulação da exploração da albufeira do Roxo. Balanço de Volumes – ano 1982/83 (Afluência anual = 0 hm³).

A tomada de água na barragem do Roxo e o Canal Conductor Geral, no troço entre a barragem e o Nó de Xacafre, foram dimensionados para o caudal de 12,6 m³/s. Com as ampliações estudadas, o caudal total de ponta passará dos actuais 3,58 para 11,48 m³/s, comprovando-se que a capacidade hidráulica dessas infra-estruturas existentes é suficiente face às ampliações estudadas.

5.3 Reabilitação do canal Conductor Geral do Roxo

Como se referiu atrás, o canal conductor geral tem capacidade hidráulica suficiente face às ampliações estudadas. Contudo, foram detectadas várias patologias no canal, ao longo da sua extensão total de cerca de 13 km, que levaram a que fossem definidas várias intervenções de reabilitação, que se sintetizam no quadro seguinte.

Quadro 8 – Intervenções estudadas para reabilitação do canal conductor geral do Roxo.

Estrutura do canal	Limpezas.
	Tratamento de juntas.
	Reparação de superfícies fissuradas.
	Revestimento com membranas.
	Reparação de impermeabilizações existentes pelo interior e, eventualmente, pelo exterior (em pontes-canal).
	Demolição e reconstrução de troços de canal.
	Limpeza dos sedimentos depositados sobre os tabuleiros de passagens superiores.
Taludes de escavação	Saneamento de detritos soltos.
	Abate de árvores nas proximidades da crista.
	Aplicação de vedação metálica na berma do talude.
Drenagem	Remodelação das estruturas de recolha de águas pluviais existentes, mediante construção de bacias de retenção de sólidos.
	Execução de valeta o longo dos troços de canal a reconstruir.
Equipamento hidromecânico	Substituição das válvulas de cunha manuais inseridas nos circuitos de descarga e regulação da câmara da válvula de disco autocentrada da tomada de água.
	Operação de manutenção da válvula de disco autocentrada da tomada de água.
	Beneficiação de comportas de regulação automática de nível.
	Substituição de comportas de descarga de fundo existentes no Canal Conductor Geral e construção de uma nova.
Reabilitação do caminho de acesso	Regularização do pavimento e aplicação de inertes na camada superior nas zonas mais danificadas.
	Construção de passagens a vau ("drifts") nas travessias de linhas de água mais importantes.
Órgãos e equipamentos de segurança	Construção de novo descarregador lateral de superfície.

A nível estrutural, as principais anomalias detectadas consistem na existência de fendas muito abundantes no revestimento de betão, destacando-se uma fissuração longitudinal generalizada entre metade e 1/3 da altura das espaldas do canal, na existência de infiltrações de água, tanto nas juntas entre os diferentes módulos como através de fendas, com proliferação de vegetação infestante, na ocorrência de destacamentos pontuais de betão e abatimentos do fundo ou das espaldas

do revestimento do canal. A origem da fissuração longitudinal que ocorre ao longo do canal deverá estar associada à presença de água no extradorso da secção do canal e de deformações no terreno de fundação. Em particular, as fendas observadas entre metade e 1/3 da altura das espaldas são muito comuns neste tipo de secção e costumam ocorrer devido à pressão exercida pela água no tardo ou a assentamentos diferenciais provocados por um distinto comportamento do terreno entre o fundo e as espaldas.

Tanto nas fendas existentes como nas juntas entre os diferentes módulos que constituem a secção do canal observa-se a existência de infiltrações de água e de vegetação infestante (Fotografias 1 e 2). Pontualmente ocorre o destacamento de betão do revestimento na zona das fendas ou das juntas (Fotografias 3 e 4). Em alguns troços verificou-se a existência de danos estruturais importantes que conduziram à rotura ou abatimento do fundo ou das espaldas do canal causadas por deformações do terreno ou pelo arrastamento de finos no tardo.



Fotografia 1 - Fissuração longitudinal entre metade e 1/3 da altura das espaldas do canal



Fotografia 2 - Infiltrações de água e vegetação infestante.



Fotografia 3 - Destacamento de betão junto às fendas.



Fotografia 4 - Destacamento de betão na zona das juntas entre painéis.

5. 4. Novo sistema Roxo-Sado

O principal circuito hidráulico é o do Sistema Roxo-Sado. Tem origem no Canal Condutor Geral, próximo do Nó de Xacafre, no Nó 1, a partir de onde será executado um canal para alimentação do Reservatório 1, dimensionado para o caudal máximo de ponta 7,90 m³/s.

Será a partir do Reservatório 1 que serão alimentados todos os adutores e redes de rega em estudo. O seu volume de regularização (55 000 m³ de capacidade total) permitirá compensação entre os consumos a jusante, a pedido, e os fornecimentos a montante, descarregados pela tomada de água do Roxo para o Canal Condutor Geral. O controlo dos caudais a descarregar será feito mediante automatismo de controlo, em função do nível de água no reservatório.

O adutor Roxo-Sado, com 15 553 m de extensão total, entre a tomada de água no Reservatório 1 (Nó 2) e o ponto de entrega mais distante (Canal do Alto Sado, no Nó 13), alimentará graviticamente, em pressão, vários pontos de entrega de caudal, todos eles dotados de limitadores de caudal, de automatismos e telemetria:

- Pontos de entrega para superfície livre (descargas para a atmosfera): canal da Barrada MD e ME (pontos de entrega de recurso, nos nós 3 e 5); albufeira de Daroeira (Nó 12); canal do Alto Sado (Nó 13).
- Derivação para rede de rega alimentada por estação elevatória (Zona 1 do Bloco de Rio de Moinhos): adutor de Rio de Moinhos, estação elevatória (Nó 7), conduta bidirecional e Reservatório 2 (Nó 8).
- Restantes pontos de entrega a redes de rega (pressão gravítica): Zonas 1 e 2 do Bloco 3 (nós 5 e 10); Zonas 2 e 3 do Bloco de Rio de Moinhos (nós 9 e 11).

Os pontos de entrega de caudal de recurso, no canal da Barrada, permitirão aumentar a eficiência da entrega de água aos blocos de rega existentes não incluídos no dimensionamento hidráulico do sistema adutor. Por esse motivo, os caudais a entregar não terão prioridade face aos restantes caudais a fornecer.

O adutor de Rio de Moinhos tem um comprimento total de 4 290 m, entre o ponto de derivação no adutor Roxo-Sado (Nó 6) e o Reservatório 2 (Nó 8), com 58 800 m³ de capacidade. No adutor de rio de Moinhos estará intercalada uma estação elevatória sobreprensa, (caudal de 2,56 m³/s, altura de elevação de 42 m e potência instalada de 1 500 kW), de alimentação ao Reservatório 2 mediante conduta bidirecional.

Para além do circuito hidráulico, foram estudadas as seguintes obras do Sistema Roxo-Sado:

- Rede de rega de Rio de Moinhos (com 33 083 m de condutas e 125 hidrantes, para uma área total beneficiada de 3 986 ha).
- Rede de drenagem (69 500 m de valas existentes; 160 m novas valas).
- Rede viária (numa extensão estudada de 64 594 m).

5. 5. Novo sistema de Morgavél

O adutor de Morgavél terá 17 154 m de extensão total, entre o ponto de derivação no adutor Roxo-Sado (Nó 4) e o ponto de entrega ao Sistema Adutor de Morgavél (Complexo Industrial de Sines). Para além do circuito hidráulico, foram estudadas as seguintes obras do Sistema de Morgavél:

- Rede de rega de Ermidas (com 9 180 m de condutas e 7 hidrantes, para uma área beneficiada de 932 ha).
- Rede de drenagem (14 600 m de valas existentes).
- Rede viária (numa extensão estudada de 14 210 m).

5. 6. Reabilitação do Bloco 3 do Roxo

A reabilitação do Bloco 3 do Roxo consistirá na construção de uma nova rede de rega, que funcionará em pressão gravítica, alimentada a partir do adutor Roxo-Sado, nos nós 5 e 10 (zonas 1 e 2, respectivamente). A rede de rega terá 19 302 m de condutas e 29 hidrantes, para uma área beneficiada de 2 198 ha.

5. 7. Monitorização e telegestão

Foram definidos os princípios gerais para monitorização e telegestão dos principais órgãos com função de controlo e gestão hidráulica: Reservatório 1; Nó de Xacafre; Pontos de entrega de caudal; Filtros; Sistema elevatório de Rio de Moinhos (estação elevatória e Reservatório 2); Hidrantes das redes de rega.

Para além da regulação do caudal nos pontos de entrega de caudal, preconizou-se, também, a instalação de várias válvulas de segurança motorizadas, ao longo dos adutores, que servirão para isolamento de troços (para operações de manutenção) ou para protecção contra sobrevelocidade (atuação em caso de acidente, por rotura da conduta).

Preconizou-se adaptar o sistema SCADA existente na Central de Comando (C.C.) da Associação de Beneficiários Roxo, que actualmente é utilizado para monitorizar e centralizar comandos manuais e automáticos remotos de equipamentos hidromecânicos do Canal Condutor Geral e dos módulos motorizados da tomada de água na albufeira do Roxo, por intermédio de sinais transmitidos via telefónica (GSM) ou rádio.

Tais adaptações compreenderão, essencialmente, o seguinte:

- Recolha de informações e sinais de funcionamento dos órgãos hidráulicos atrás referidos e dos respectivos autómatos de comando.
- Interligação da Central de Comando (CC) com o Sistema de Comando Geral do sistema de Alqueva (CCG).
- No Sistema de Comando Geral do sistema de Alqueva (CCG) será possível:
- Controlar a alimentação de água à albufeira do Roxo a partir do sistema de Alqueva, sempre que se preveja que as afluências naturais da albufeira não sejam suficientes para satisfazer os pedidos de água.
- Monitorizar o nível da albufeira do Roxo, o funcionamento dos principais órgãos hidráulicos do sistema, os caudais e volumes fornecidos pelos sistemas Roxo-Sado, de Morgavél e Reabilitação do Bloco 3.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer o incentivo e interesse demonstrado pela EDIA para a apresentação do presente artigo.

SIMBOLOGIA

E	Evaporação.
E_L	Evaporação líquida.
ET_0	Evapotranspiração de referência.
E_{Tina}	Evaporação em evaporímetro de Tina.
E_{Piche}	Evaporação em evaporímetro de Piche.
P	Precipitação.
K_r	Coeficiente de redução, aplicado à evapotranspiração máxima da cultura (olival regado gota-a-gota).

BIBLIOGRAFIA

CENOR/CINGRAL, 2011 – “Projecto de Execução e Estudo de Impacte Ambiental do Circuito Hidráulico Roxo-Sado e Respectivo Bloco de Rega”. Fase de Estudo Prévio. EDIA. Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.

ProSistemas/Hidro4, 1999 – “Reabilitação e Modernização do Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo. Relatório Final”. Associação de Beneficiários do Roxo.

CONTRIBUTO PARA A DISCUSSÃO DAS CONDIÇÕES DE SUSTENTABILIDADE DA COMPONENTE HIDROAGRÍCOLA DO EFMA

José F. G. SANTOS¹

José C. GOMES²

Inês FIALHO³

RESUMO

Com a implementação do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva e com o avanço claro da sua componente mais ligada ao regadio, têm de ser estabelecidas, no que concerne às suas valências hidroagrícolas, condições que permitam assegurar a sua sustentabilidade. Neste âmbito, as questões que se prendem com os encargos de exploração de Alqueva, nas suas diversas componentes, sejam elas de conservação, manutenção, energéticas e beneficiação, bem como as políticas de tarifação inerentes, revestem-se de importância estratégica.

Palavras-chave: agricultura, regadio, Alqueva, exploração, sustentabilidade

¹ Eng.º Agrónomo, EDIA, SA, Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, +351284315100, jsantos@edia.pt

² Eng.º Agrónomo, EDIA, SA, Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, +351284315100, cgomes@edia.pt

³ Eng.ª Agrónoma, EDIA, SA, Rua Zeca Afonso, 2, 7800-522 Beja, +351284315100, ifialho@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

Com a decisão, em 1993, de implementar o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), foram criadas as condições para a sua irreversibilidade, uma vez que o mesmo tinha sido suspenso durante a década de setenta.

Foi assim criada, em 1993, a Comissão Instaladora da Empresa do Alqueva, tendo a mesma dado origem, posteriormente, em 1995, à Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas de Alqueva (EDIA) no sentido de levar a cabo todas as acções necessárias para a implementação do EFMA, bem como à sua exploração global.

O objectivo final que presidiu à implementação do EFMA foi a promoção do desenvolvimento de uma região pobre e carenciada, quer a nível nacional, quer a nível europeu, por meio do desenvolvimento da agricultura de regadio, o abastecimento público de recursos hídricos, a produção de energia hidroelétrica e o desenvolvimento do turismo. A implementação destas componentes conjugadamente deveria assegurar a sustentabilidade do Empreendimento na fase de exploração.

Desde sempre foi assumido que seria a integração das diferentes valências do EFMA que asseguraria a sua sustentabilidade, e que o investimento inerente à sua implementação alavancaria o desenvolvimento económico e social da região, traduzindo-se num retorno elevado para a economia nacional e para a sociedade como um todo.

Desde 1993 que o EFMA tem sofrido constantes alterações, reflectindo a mudança contínua dos pressupostos originais aquando da decisão da sua implementação. As mesmas têm-se traduzido num desvirtuamento face ao projecto inicial e poderão colocar em causa a sua sustentabilidade futura.

O Estado Português, a União Europeia e a EDIA irão investir globalmente cerca de 2.500 milhões de euros no Empreendimento, pelo que têm vindo a ser definidas estratégias que possam contribuir para o seu aproveitamento de uma forma sustentável, quer ao nível da concepção, construção ou exploração.

Estes diferentes tipos de estratégias que possam assegurar e contribuir para a sustentabilidade do EFMA na sua componente hidroagrícola serão objecto da presente comunicação. As estratégias de sustentabilidade do EFMA a nível de concepção e construção serão abordadas na presente comunicação, só na medida em que forem relevantes para a mesma, devendo as mesmas ser objecto de maior detalhe noutras comunicações a apresentar neste Congresso.

Há no entanto que salientar o trabalho realizado pela EDIA em estreita colaboração com a DGADR (Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural), a entidade do Ministério da Agricultura que é a autoridade nacional do regadio, e que tem vindo a permitir uma racionalização dos sistemas hidráulicos e adaptação às condições existentes, o que se traduz numa melhoria das condições de eficiência do sistema.

2. O EFMA

2.1. Objectivos

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) situa-se no Alentejo, tendo como elemento base a Barragem de Alqueva, apresentando uma área de influência de cerca de 10 000 km², distribuídos por 19 concelhos e 4 distritos.



Os objectivos do EFMA, de seguida elencados aquando da decisão de avançar com a sua implementação, foram:

- Constituição de uma Reserva Estratégica de Água;
- Garantia de Abastecimento de Água;
- Alteração do Modelo Cultural de Agricultura;
- Produção de Energia Eléctrica não Poluente;
- Preservação do Ambiente;
- Contribuição para a Promoção de um Turismo de Qualidade;
- Criação de um Novo Clima Empresarial;
- Dinamização do Mercado de Emprego.

2. 2. Concepção do esquema hidráulico

As principais infra-estruturas Hidráulicas do EFMA são:

- Barragem e Central de Alqueva;
- Barragem e Central de Pedrógão;
- Sistema de Rega (Redes Primária e Secundária)

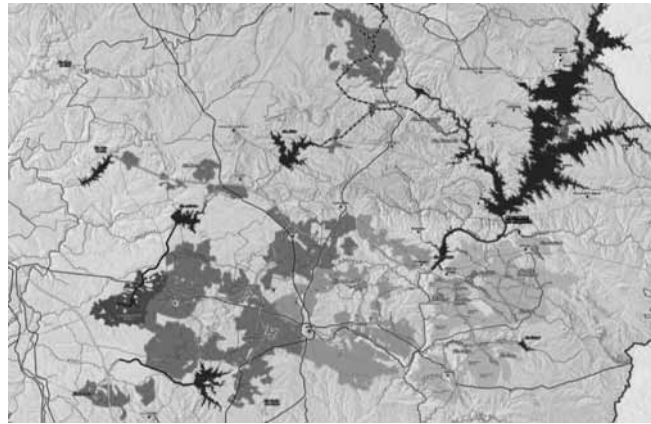
A decisão de avanço e construção do EFMA, em 1993, tinha por base uma área de regadio, de aproximadamente 110.000 hectares, situados essencialmente no Distrito de Beja, na margem direita do Rio Guadiana.

A adução de água seria feita unicamente através da Estação Elevatória dos Álamos situada num braço da Albufeira de Alqueva, no rio Degebe, para a Albufeira dos Álamos.

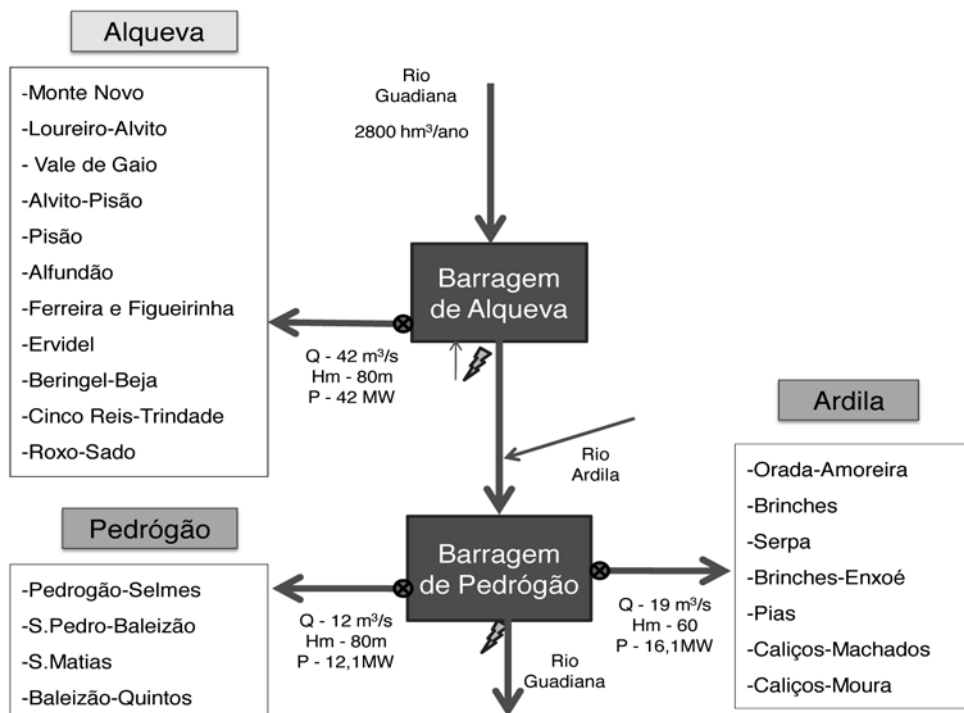
Posteriormente, tendo em conta que, por razões de índole ambiental, parte desta área inicialmente prevista foi excluída da beneficiação com o regadio, compensou-se a mesma através do alargamento da mancha de rega para a margem esquerda do Guadiana (Sub-sistema do Ardila) com uma área de cerca de 30.000 hectares e para os Blocos de Rega de Monte Novo, muito próximos de Évora, com uma área aproximada de 8.000 hectares.

Desta forma, o Sistema Global de Rega sofreu um reajustamento, tendo o mesmo sido articulado em três grandes sub-sistemas, cuja origem de água era distinta:

- Sub-sistema Alqueva – cerca de 60.000 hectares beneficiados a partir da albufeira de Alqueva;
- Sub-sistema Ardila – cerca de 30.000 hectares beneficiados a partir da margem esquerda da albufeira do Pedrógão;
- Sub-sistema Pedrógão – cerca de 20.000 hectares beneficiados a partir da margem direita da albufeira do Pedrógão.

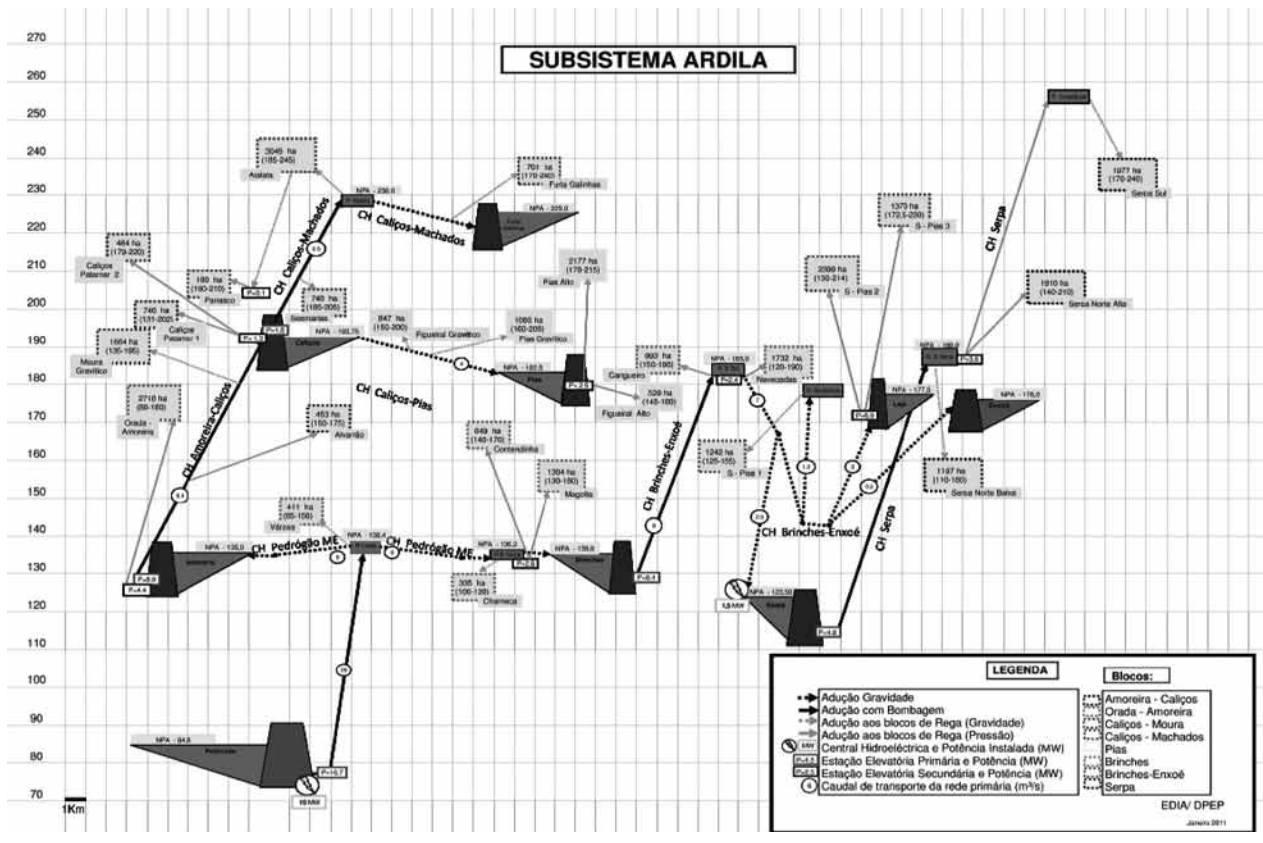
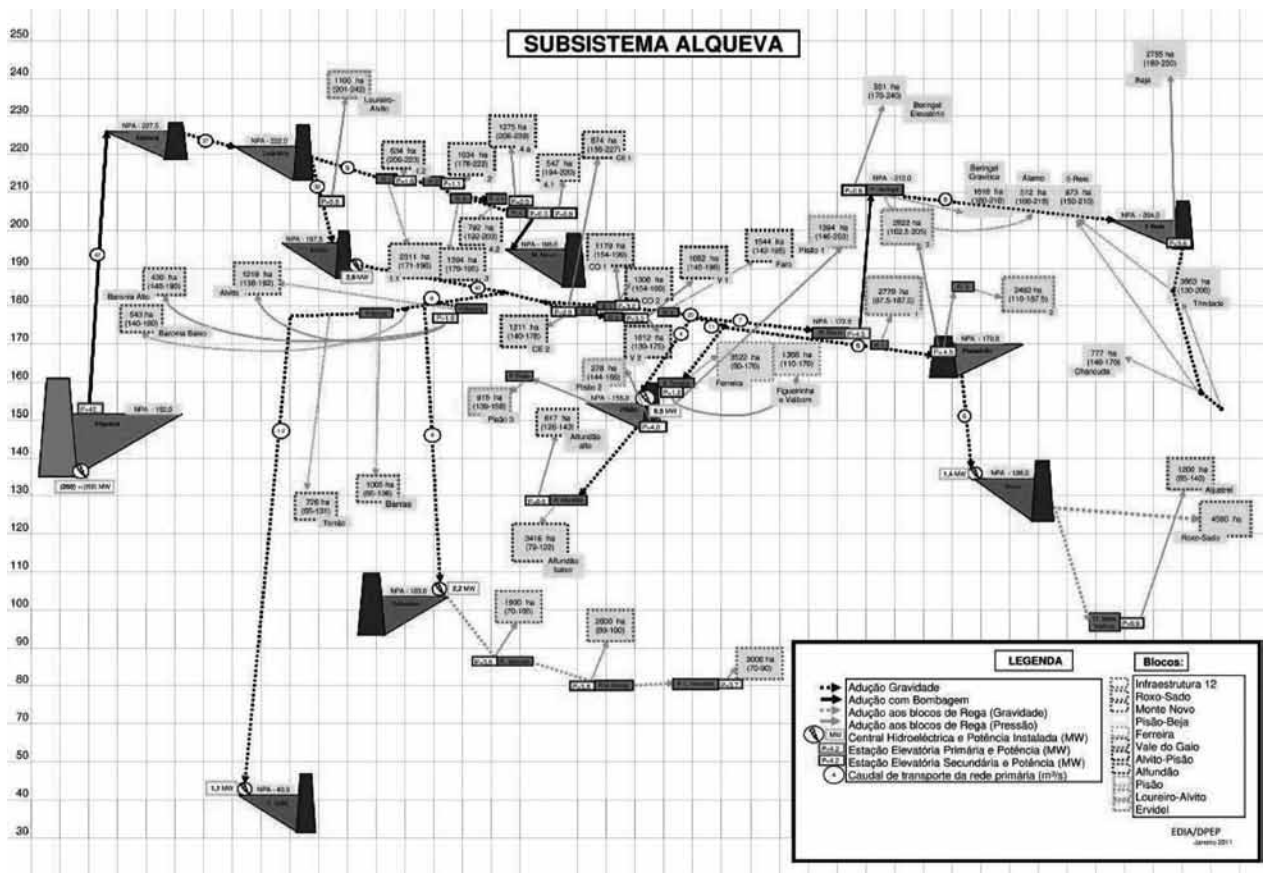


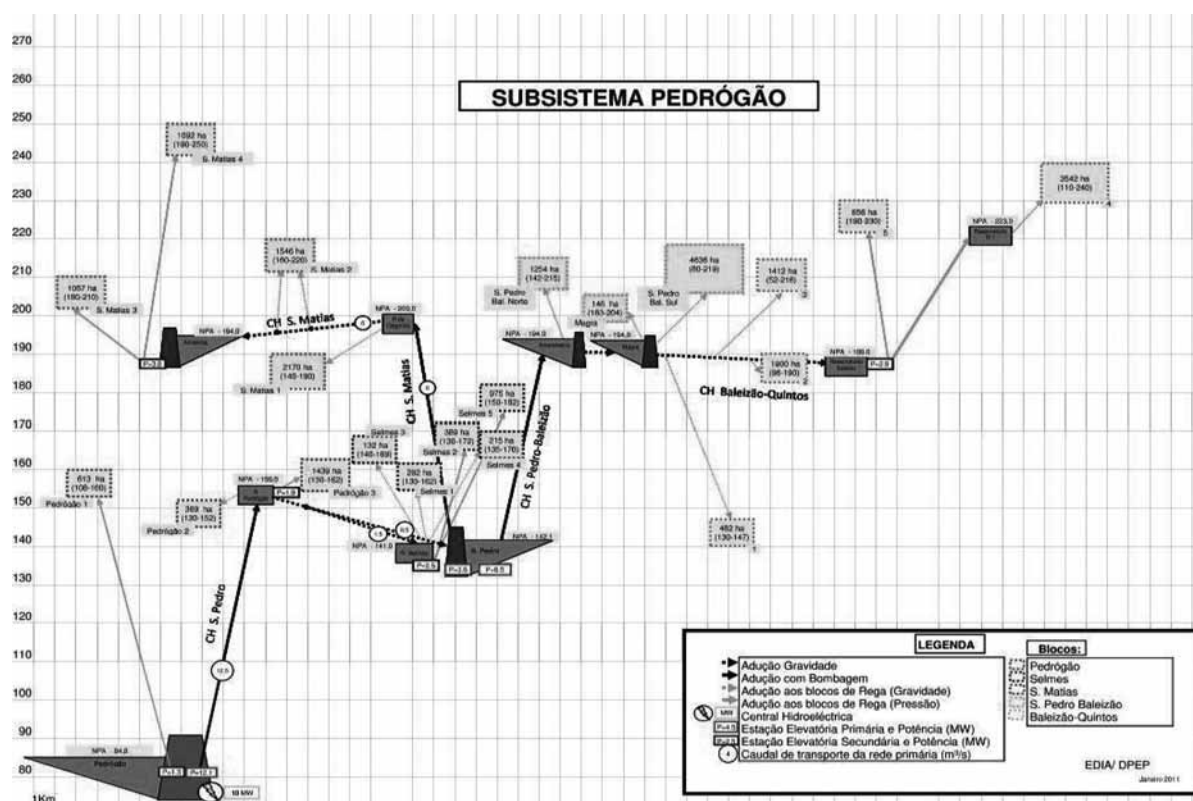
O esquema hidráulico dos sub-sistemas Ardila e Pedrógão com base na albufeira do Pedrógão como origem de água foi assumido partindo do pressuposto que parte da energia eléctrica produzida através do turbinamento de água da albufeira de Alqueva para a albufeira de Pedrógão serviria para compensar o acréscimo dos encargos energéticos resultante do aumento das alturas de elevação, que se traduziu numa altura de aproximadamente 68 m.



Cada um dos três sub-sistemas apresenta, na sua concepção, um esquema altimétrico e de adução complexo.

Os esquemas altimétricos dos três sub-sistemas são os seguintes:





Da análise dos esquemas altimétricos, constata-se a interlinearidade e a integração das diferentes albufeiras e estações elevatórias, especialmente concebidas para a fase de exploração.

Verifica-se também a preocupação que existiu em trazer a rede primária de rega para cotas mais elevadas, despenalizando assim a rede secundária de rega de alturas manométricas tão elevadas e de assimetrias tão grandes dentro destas.

2. 3. A adução em “alta” e “baixa” pressão

Os primeiros projectos desenvolvidos e implementados no EFMA para as redes secundárias de rega consideraram sempre a pressurização de toda a rede, com o recurso a grandes estações elevatórias colectivas, garantindo um valor mínimo de pressão da ordem dos 4kg nas explorações agrícolas integrantes dos perímetros de rega do empreendimento, bem como dentro das parcelas que compunham as explorações agrícolas.

Os resultados dos estudos entretanto desenvolvidos, ao introduzirem como factor de análise a estrutura fundiária, o relevo, a possibilidade de adução gravítica, os investimentos em infra-estruturas já existentes e os custos de investimento e exploração dos perímetros de rega concebidos segundo a forma tradicional, permitiram concluir que, numa área significativa, seria tecnicamente possível e economicamente mais favorável aduzir a água à entrada da exploração, com um valor de pressão muito inferior, desenvolvendo os agricultores, de acordo com o ordenamento cultural pretendido e a adequada forma de gestão e exploração, os seus investimentos no interior da exploração. Esta medida implicava o estabelecimento de uma tarifa de água diferenciada, bem como a adopção de medidas complementares de apoio aos agricultores aduzidos sob a forma de baixa pressão.

Assim, foram definidos blocos aduzidos segundo as duas tipologias, nos diferentes sub-sistemas de rega, tendo-se considerado para a baixa pressão o fornecimento de água com pressões inferiores a 3kg e para a alta pressão, acima deste valor.

As percentagens das áreas de alta e baixa pressão por sub-sistema são as seguintes:

Sub-Sistema	Área Regada (%)	
	Alta Pressão	Baixa Pressão
Sub-Sistema Alqueva	49%	51%
Sub-Sistema Ardila	64%	36%
Sub-Sistema Pedrógão	34%	66%
EFMA	50%	50%

O ordenamento cultural que foi utilizado para a determinação das necessidades hídricas culturais, e para o dimensionamento das redes de rega, reflectia o peso das culturas de regadio, que tinham mais expressão para a época (1994), tendo-se dado um especial ênfase às culturas arvenses, vulgarmente mais consumidoras de recursos hídricos.

Assim, a nível da parcela a dotação média por hectare considerada foi 6.000 m³/ha em ano médio.

3. CUSTOS DE ADUÇÃO DE ÁGUA PARA REGA E SISTEMA DE TARIFÁRIO

A determinação do custo médio de água para rega no EFMA tem vindo a ser efectuada desde o início da sua implementação, revelando-se um indicador técnico-económico determinante para, entre outros aspectos, aferir a sustentabilidade do projecto. As diversas análises que têm vindo a ser efectuadas reflectem os pressupostos técnico-económicos de base que tiveram na origem da implementação do EFMA.

Metodologicamente, a determinação dos diversos custos médios da água assentaram no escalonamento, ao longo do período de análise, de todos os encargos relacionados com a sua captação e transporte, como sejam os custos de funcionamento e manutenção (incluindo bombagem), custos de monitorização e compensação ambiental, os custos associados às grandes reparações e às Entidades Gestoras das redes, bem como no escalonamento dos volumes de água de rega distribuídos ao longo da vida útil do Empreendimento. Através da relação dos encargos e dos volumes de água actualizados, é possível estimar o custo médio de água para rega ao longo da vida útil do Empreendimento.

Como foi mencionado anteriormente, foram contabilizados unicamente os custos de exploração e conservação (bombagem, manutenção e conservação, grandes reparações e substituições, encargos estruturais das Entidades Gestoras, e encargos ambientais), não tendo sido levados em linha de conta os custos de primeira instalação (investimento), bem como os encargos financeiros decorrentes das operações de financiamento dos investimentos.

Os resultados obtidos reflectem vários pressupostos base, tal como foi mencionado anteriormente, dos quais salientamos a dotação média de água para rega por hectare, que foi estimada em 6.000 m³, bem como o seguinte cenário de adesão dos agricultores ao regadio, após a beneficiação de um bloco de rega:

1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano
30%	50%	65%	80%	90%	100%

Por outro lado, considerou-se que apenas 90% da área equipada será efectivamente regada todos os anos.

O custo de água calculado é um custo de água médio tendo por base a vida útil do Empreendimento (30 anos). É assim importante ressaltar que nos primeiros anos de vida da exploração do projecto, este custo será consideravelmente superior, não cobrindo os encargos dos primeiros anos de exploração e conservação, criando, assim, um deficit de exploração a suportar pelas Entidades Gestoras das Redes.

A determinação deste custo terá inevitavelmente de ter em linha de conta as duas situações distintas de fornecimento de água aos utilizadores finais: a alta e a baixa pressão. Para além disso o custo determinado deverá reflectir de uma forma diferenciada a adução nas redes primárias e secundárias de rega.

Com base nos valores dos custos médios de água para rega, foi fixado, através do Despacho 9000/2010, o sistema tarifário para a água de rega fornecida no final da rede primária e da rede secundária (com e sem pressão), com os seguintes valores a preços de 2010.

Preço Total – Ano 2010 (€/m³)		
Rede Primária		0,042
Rede Secundária	Alta Pressão	0,047
	Baixa Pressão	0,011
Total	Alta Pressão	0,089
	Baixa Pressão	0,053

Por outro lado, por uma questão de incentivo ao regadio e por decisão do MADRP, a tarifa de água para rega em Alqueva ficou sujeita a um período transitório de 8 anos, sendo cobrado apenas 30% do valor referido inicialmente no primeiro ano de exploração de cada bloco. Este valor crescerá anualmente 10%, até atingir no 8º ano os 100% da tarifa estabelecida.

Como se pode constatar, pelo facto da tarifa preconizada reflectir os encargos de exploração e conservação médios ao longo da vida útil do Empreendimento, ir-se-á assistir, nos primeiros anos, a um deficit na sua exploração. Esta situação é agravada pelo facto da tarifa apresentar um desconto nos sete primeiros anos de funcionamento de cada perímetro de rega.

Independentemente de poderem ter sido utilizados outros critérios para a fixação do tarifário de água para rega, nomeadamente o recurso a cenários menos optimistas de consumo e de venda de água para rega e que inclusivamente provocariam um aumento substancial da tarifa final ao agricultor, o valor do preço de água a pagar no final das redes secundárias de rega em Alqueva dificilmente poderia ser superior ao fixado.

A não adopção de um sistema de tarifário que possa equilibrar o prato da balança entre a sustentabilidade do empreendimento e das suas entidades gestoras, por um lado, e a viabilização das culturas de regadio em Portugal, por outro, poderá sair caro ao projecto. A procura de água é tendencialmente rígida até um determinado valor a partir do qual aumenta significativamente a sua elasticidade. Entendeu-se que acima do valor de tarifário aprovado grande parte dos sistemas de agricultura de regadio poderão apresentar graves problemas de competitividade, levando inclusivamente ao abandono e não adesão ao regadio.

Assim, a viabilização de toda a componente hidroagrícola de Alqueva deverá ter como pressuposto base esta equação, de equilíbrio entre o custo da gestão das infra-estruturas versus a rentabilidade das culturas de regadio.

O consumo actual dos perímetros de rega de Alqueva no arranque da sua fase de exploração aponta para um consumo médio de 3000m³/ha. Este valor está intimamente interligado com a expressão que algumas culturas permanentes têm vindo a ter em Alqueva, como é o caso do olival, que ocupa já cerca de 35% da área de regadio, e que apresenta consumos de água muito baixos por hectare, da ordem dos 1500 a 2000m³/ha. Muitas das culturas arvenses de regadio, com destaque claro para o milho, não têm apresentado nos últimos anos (até 2010) as rentabilidades suficientes, fruto de preços de mercado manifestamente baixos, para se poderem apresentar como uma alternativa rentável aos agricultores. É convicção que este cenário irá mudar, considerando a reviravolta que os preços de alguma matéria primas têm apresentando no último ano, com especial ênfase das culturas arvenses (cereais e oleaginosas).

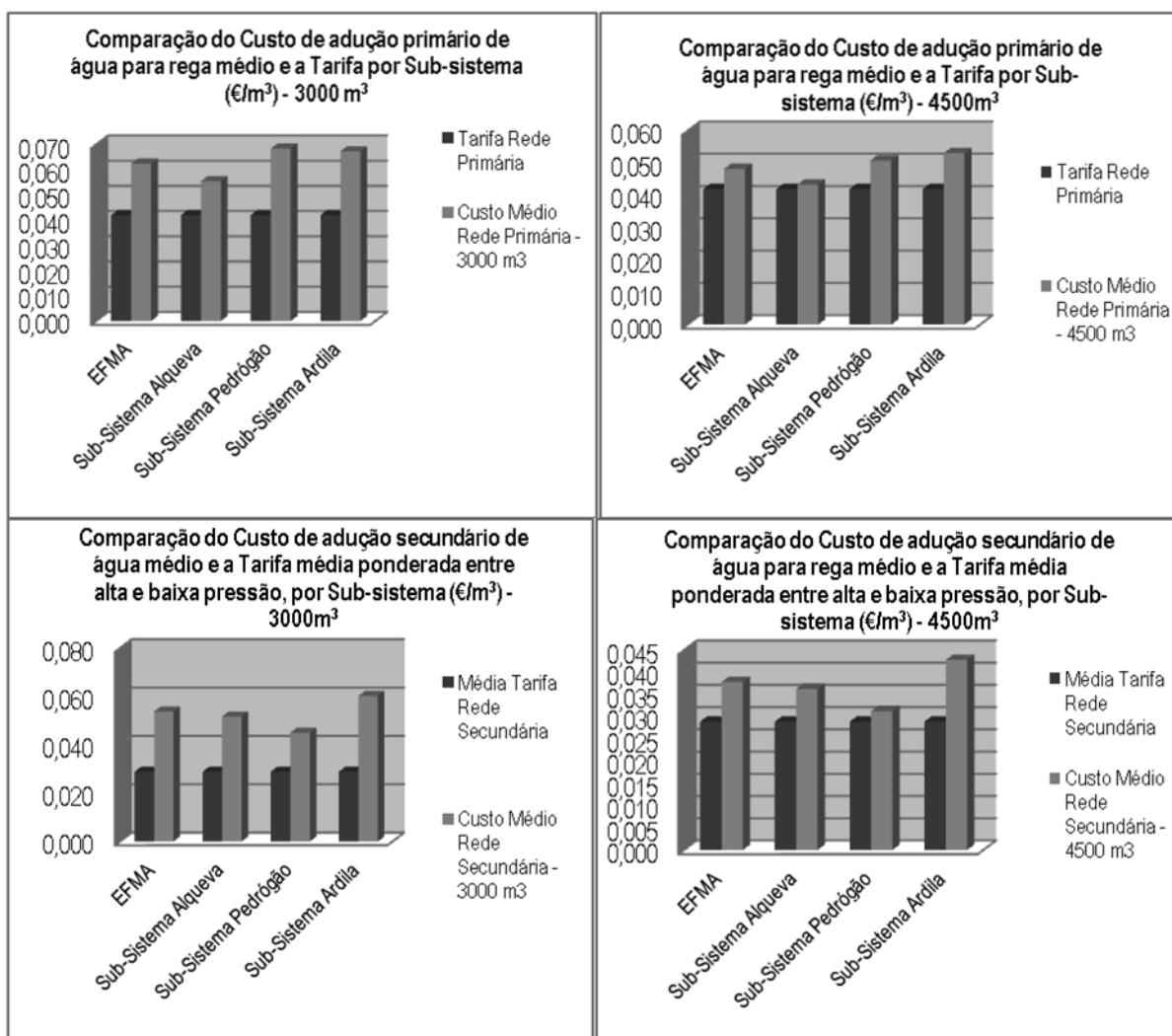
Face ao exposto têm vindo a ser trabalhados, pela EDIA, dois cenários de custos de adução de água para rega e sua comparação com a tarifa da água, um dos quais para consumos de referência de 3000m³/ha e outro intermédio entre este e o que originou o sistema de tarifário. Alteraram-se também alguns dos pressupostos de base, nomeadamente a adesão dos agricultores ao regadio que passa de seis para dez anos, bem como a área efectivamente regada que decresce de 90% para 80%.

<i>1º Ano</i>	<i>2º Ano</i>	<i>3º Ano</i>	<i>4º Ano</i>	<i>5º Ano</i>	<i>6º Ano</i>	<i>7º Ano</i>	<i>8º Ano</i>	<i>9º Ano</i>	<i>10º Ano</i>
25%	40%	50%	60%	70%	80%	85%	90%	95%	100%

O cenário de 4500m³/ha assenta numa rotação de culturas de regadio, em que o olival continua a representar 35%, mas onde o milho pode ascender a 20%. Cerca de 15% da área será ocupada com culturas hortícolas, horto-industriais e frutícolas, existindo ainda uma área significativa de forragens e cereais regados de Outono-Inverno.

É convicção generalizada que o desenvolvimento agrícola do Alqueva é irreversível e que a produção de bens essenciais está e estará na ordem do dia. Poder-se-á assim apontar que o cenário dos 4500 m³/ha de consumo de água para rega possa ser um cenário real no curto/médio prazo nos regadios de Alqueva.

Os resultados dos custos de distribuição de água para os dois cenários, face ao tarifário, são apresentados nos quadros seguintes:



Os resultados obtidos demonstram o diferencial actual existente entre o custo médio de adução nas redes primárias e secundárias de rega e o valor da tarifa cobrada, bem como a heterogeneidade dos custos de distribuição da água entre sub-sistemas e blocos de rega. A adopção, em Alqueva, de uma tarifa única para a adução primária e para a secundária, consoante o tipo de adução, aliás de elementar justiça e reflectindo os pressupostos base da construção e implementação do projecto, não se coaduna com a utilização de um modelo de gestão pulverizado, onde algumas das zonas são altamente prejudicadas face a outras, para além de que, de uma forma isolada, a componente hidroagrícola dificilmente poderá ser considerada um negócio per si.

Constata-se também facilmente a melhoria dos resultados do cenário de consumo expectável da água de 3000m³/ha para 4500m³/ha, onde o valor do custo de distribuição da água se começa a aproximar do valor da tarifa. Aliás estes cenários demonstram claramente a necessidade de utilização plena do projecto para se conseguirem alcançar valores globais com alguma rentabilidade na exploração da componente hidroagrícola do mesmo.

4. A EXPLORAÇÃO DOS PERÍMETROS DE REGA

As empreitadas de construção das Redes Secundárias de Rega, tiveram início em 2000, com a implementação da denominada Infra-estrutura 12 adjacente a Ferreira do Alentejo, a qual ficou concluída em 2004. Esta infra-estrutura é beneficiada com cerca de 5.900 hectares, tendo sido concessionada a sua exploração à Associação de Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO).

Nos últimos anos tem-se assistido a uma intensificação clara do ritmo de construção da Rede Secundária, estando concluído à data cerca de metade da área beneficiada do Empreendimento:

Concluídas até Abril 2011			
Infra-estruturas	Data de Início	Data de Conclusão	Área
Perímetro da Luz	Julho/2003	Abril/2005	591 ha
Infra-estrutura 12	Dezembro/1999	Agosto/2004	5.980 ha
Bloco Monte Novo	Setembro/2005	Outubro/2008	7.714 ha
Bloco Pisão	Dezembro/2006	Junho/2008	2.588 ha
Bloco Alvito-Pisão	Junho/2007	Dezembro/2009	8.452 ha
Bloco Ferreira, Figueirinha e Valbom	Outubro/2008	Dezembro/2010	5.118 ha
Bloco Alfundão	Maio/2009	Dezembro/2010	4.216 ha
Bloco Orada-Amoreira	Agosto/2008	Dezembro/2009	2.522 ha
Bloco Brinches	Agosto/2008	Dezembro/2009	5.463 ha
Bloco Serpa	Fevereiro/2009	Novembro/2010	4.400 ha
Bloco Brinches Enxoé	Março/2009	Dezembro/2010	4.698 ha
		Total	51.742 ha

Em curso ou em início de construção estão empreitadas para a beneficiação de mais cerca de 15.679ha (Bloco Loureiro-Alvito, Ervidel, Aljustrel, Pedrógão e Selmes), faltando lançar concursos para mais 44.454ha (Bloco Vale de Gaio, Cinco Reis-Trindade, Beringel-Beja, Roxo-Sado, Pias, Caliços-Machados, Caliços-Moura, São Matias, S. Pedro-Baleizão e Baleizão-Quintos).

Actualmente a EDIA encontra-se a explorar cerca de 50.000 hectares, assegurando as inscrições dos beneficiários, disponibilizando água, cobrando as diversas taxas, tendo para isso desenvolvido uma série de ferramentas informáticas e de apoio à decisão, só possíveis pela dimensão do EFMA.

Analisando alguns dados referentes à exploração dos Blocos de Rega para a campanha de 2010, podem-se apresentar os seguintes resultados, sendo no entanto importante ressaltar que, no início da campanha não ter sido anunciado aos beneficiários o sistema de tarifação de água para rega, o ano de 2010 ter sido extremamente chuvoso, e terem sido efectuados ensaios de recepção de condutas e Estações Elevatórias:

Aproveitamento Hidroagrícola	Área Regada (ha)	% Área Regada/Beneficiada
Monte-Novo	3.078	39,27%
Alvito-Pisão	3.081	36,08%
Pisão	615	23,84%
Total	6.774	35,73%

Os Blocos de Rega do Monte Novo iniciaram seu funcionamento em 2008, tendo os restantes iniciado a sua exploração em 2010. No que diz respeito à dotação média por hectare utilizada, para a última campanha de rega (2010), verificaram-se os seguintes resultados:

Sub-Bloco	Volume (m ³)	Área Regada (ha)	Dotação (m ³ /ha)
Mt Novo 1	3.596.232	939	3.830
Mt Novo 2	513.406	214	2.399
Mt Novo 3	1.609.691	750	2.146
Mt Novo 4	3.365.462	1175	2.865
Cuba-Oeste	628.046	939	669
Faro	1.715.588	217	7.906
Cuba-Este	1.801.931	1061	1.698
Vidigueira	6.435.802	864	7.449
Pisão 1	181.992	85	2.143
Pisão 2	16.543	28	591
Pisão 3	433.673	502	864
Total	20.298.366	6.774	2.997

No que diz respeito à estrutura dos encargos de exploração, e dividindo os mesmos por fixos e variáveis (correspondendo estes últimos às componentes variáveis dos encargos energéticos), os resultados, por Aproveitamento Hidroagrícola e em termos gerais são os seguintes:

	Encargos Fixos	Encargos Variáveis	Total
Monte Novo	€ 381.918	127.657	509.575
	% 75%	25%	100%
Pisão	€ 248.259	30.946	279.205
	% 89%	11%	100%
Alvito-Pisão	€ 399.098	130.627	529.725
	% 75%	25%	100%
Total	€ 1.029.275	289.230	1.318.505
	% 78%	22%	100%

Se for efectuada a afectação dos encargos fixos e variáveis, por hectare beneficiado e por m³ consumido, obtêm-se os seguintes valores:

	Enc. Fixos (€/ha)	Enc. Variáveis (€/m³)
Monte Novo	48,73	0,014
Alvito-Pisão	46,74	0,012
Pisão (*)	96,26	-----
Média	54,30	0,013

(*) Como o AH do Pisão entrou em exploração em 2010, e parte da água consumida foi para testagem dos equipamentos, não se procedeu à análise de custos para este AH.

Tendo em conta estes valores de encargos, foi calculada a taxa de cobertura pelo valor das receitas cobradas. Assim, quer para uma situação em que se considera uma redução do valor da tarifa a praticar de 70% (Cenário 1), de acordo com decisão ministerial, até ao pagamento integral da tarifa (Cenário 2), constata-se que, para a campanha de rega de 2010, os encargos são significativamente superiores às receitas.

Tal como já foi mencionado anteriormente, nos primeiros anos de exploração, as receitas são inferiores aos encargos de exploração e conservação.

Independentemente de estarmos a analisar uma só campanha de rega, considerando a juventude do projecto, e que curiosamente coincidiu com um ano particularmente chuvoso, pode-se realçar o grande peso dos encargos de manutenção (que são fixos) na estrutura de custos dos aproveitamentos hidroagrícolas de Alqueva.

5. CONCLUSÕES

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva apresenta uma dimensão aos mais variados níveis e uma importância estratégica regional/nacional tal, para que não sejam acauteladas as condições necessárias à sua correcta sustentabilidade.

As razões que levaram à sua implementação mantêm-se perfeitamente actuais, não se devendo perder de vista todos os pressupostos que presidiram à decisão de avanço inequívoco do projecto.

A componente de investimento que tem vindo a ser realizada, a qual apresenta uma escala sem precedentes em Portugal para infraestruturas da mesma índole, bem como a antecipação da sua construção, têm sido possíveis, e têm avançado a um ritmo assinalável, mas não serão, concerteza, o objectivo final do empreendimento. Com efeito, se não se potenciar a utilização das infraestruturas implementadas, criando-se simultaneamente, condições para a sua sustentabilidade técnica, económica e ambiental, todo o esforço realizado vai-se revelar, em grande medida, infrutífero. A construção das infraestruturas é um meio, não um fim.

Estando desvirtuada, em parte, a lógica integradora que presidiu à decisão de avançar com o Alqueva, separando-se algumas das suas múltiplas componentes, de onde se destaca a hidroeléctrica, bem como a possível não integração das redes primárias e secundárias de rega sob gestão unívoca, seja qual for o melhor modelo a encontrar, a sustentabilidade do Projecto poderá ser posta em causa.

Importa assim, aos diferentes níveis da sua concepção e exploração, determinar as melhores soluções e as melhores práticas, de forma a criar condições para o seu pleno aproveitamento e rentabilização.

Ao nível da exploração, a sustentabilidade de Alqueva está dependente, em larga medida de factores externos que se prendem, por exemplo, com o sucesso da agricultura de regadio, consumo de água e adesão dos agricultores a um novo modelo cultural, mas também com a evolução de outros factores, de onde se podem destacar por exemplo a evolução dos preços da energia a médio e longo prazo. Como factores internos chave para o sucesso do empreendimento não podemos deixar de destacar o modelo de gestão, a estratégia da entidade gestora, e as políticas e acções por ela desenvolvidas.

Face ao exposto gostaríamos de tecer as seguintes considerações, as quais estão directamente relacionadas com o caminho que poderá e deverá ser trilhado, de forma a se encontrarem as melhores soluções de viabilização deste projecto sem paralelo no país:

- O Empreendimento de Alqueva tem características e uma escala únicas a nível nacional;
- A sua sustentabilidade assenta na integração das suas componentes, a qual poderá ter sido já em parte comprometida com a autonomização e separação de algumas das componentes;
- Além das diferentes medidas que têm vindo a ser adoptadas a nível de projecto, sob a égide de um esforço contínuo de aperfeiçoamento, é necessário e imperativo adoptar medidas ao nível da fase de exploração;
- A gestão global do Empreendimento nas suas diversas componentes deverá ser assumida por uma única entidade, de forma a permitir a sua integração, independentemente do caso particular de alguns modelos de gestão referentes a algumas das componentes do projecto, que devam ser equacionados e redesenhados, se no entanto comprometerem a unicidade do empreendimento;
- Sempre foi assumido, desde o início do projecto, que a componente hidroagrícola per si e isoladamente dificilmente poderia apresentar indicadores de rentabilidade financeira directa. O mesmo não se passa com os indicadores de rentabilidade geral do projecto, sendo o esforço financeiro do Estado necessário para desenvolver a componente de regadio mais do que compensado com os impactos positivos na economia regional, nacional e nos impostos cobrados;
- Da mesma forma, no que diz respeito à componente hidroagrícola, existe uma tipologia completamente díspar de esquemas altimétricos, de redes e de adução e fornecimento de água, que se traduzem em encargos de exploração e conservação muito diferenciados ao longo dos vários sub-sistemas e entre blocos de rega. Por outro lado, e como se constata nos esquemas altimétricos apresentados dos diferentes sub-sistemas, as redes primária e secundária de rega estão fortemente interligadas. Assim, é urgente encontrar um modelo de gestão integrador e não parcelar, quer em termos geográficos, quer em termos sectoriais, de forma a permitir uma maior racionalização dos recursos já empregues e dos necessários, melhor operacionalidade e uma redução de encargos.
- O sistema tarifário terá de ser continuamente ajustado e adaptado às condições de exploração dos aproveitamentos hidroagrícolas devendo mesmo evoluir para formas menos conservadoras à semelhança do que acontece em outros sectores de actividade;
- Tendo em conta o peso dos encargos fixos nos Aproveitamentos Hidroagrícolas de Alqueva, dever-se-á, a par da diminuição dos encargos variáveis unitários, promover ao máximo a

dinamização de todo o negócio de venda de água. Isto significa que é premente a dinamização de todo o sector agrícola beneficiado pelo regadio de Alqueva, mas não só. Dever-se-á voltar a olhar para o projecto como uma grande reserva de água a sul do país, procurando novos clientes nos mais variados sectores de actividade, mas não excluindo também a expansão da área de regadio. Encontram-se já identificados alguns milhares de hectares onde é possível realizar esta expansão, com custo muito controlados, com forte procura de água expectável e com custos de exploração reduzidos, aproveitando o excesso de energia na rede que o actual sistema possui;

- A manutenção da sustentabilidade de Alqueva é um processo contínuo, que passa pela gestão integrada das diversas componentes e pela busca pró-activa de soluções técnico-economicamente equilibradas que permitam criar condições para desenvolver uma região do País tão carenciada e rentabilizar um projecto que mudará a face do Alentejo.

CONTRIBUIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE DO SUBSISTEMA DO ARDILA

Vazquez, J.¹

Miranda, J. C.²

Cabral, M.³

Batista, R.⁴

RESUMO

O subsistema Ardila, tal como se encontrava configurado, sobretudo dadas as suas condicionantes particularmente gravosas, em termos altimétricos e ambientais, implicava elevados custos, quer de investimento inicial, quer de exploração. Este facto, obrigou, no desenvolvimento dos estudos de maior pormenor, a uma profunda reflexão sobre as respectivas premissas de base, o que levou a algumas alterações substantivas dos circuitos hidráulicos e do modo de beneficiação dos blocos respectivos.

As alterações tiveram em conta a evolução da ocupação cultural e a dimensão predial e visaram, essencialmente, obter um melhor aproveitamento dos recursos hídricos endógenos da área abrangida e a optimização dos diversos órgãos de elevação, adução, e regularização que integram o sub-sistema. Procedeu-se, em paralelo, à optimização dos adutores e da potência das estações elevatórias e ao faseamento do equipamento electromecânico destas.

A revisão efectuada reforçou a versatilidade do sistema adutor, no sentido de melhorar a qualidade e a fiabilidade do serviço prestado e minimizou encargos de infra-estruturação e de consumo energético. Não obstante, este subsistema tem indicadores de simulação de consumo energético globais ainda relativamente elevados.

Palavras-chave: Circuitos hidráulicos, Regadio, Concepção de Projectos, Alqueva

ABSTRACT

The Ardila Subsystem, in its initial configuration, presented high initial investment needs and high operation costs, given the difficult topographic and environmental constraints. This fact motivated further studies and an intensive analysis on the initial base assumptions, which resulted in significant changes to the hydraulic circuit and to how irrigated areas were to be served. These changes took into account the evolution of crop patterns and property size distribution, and aimed mainly at getting the most from local water resources while optimizing all substructures in this subsystem. These efforts resulted in improved versatility of the main distribution network, with better quality and reliability, and minimized construction costs and operating power use. Nevertheless, total energy consumption estimates are still significantly high.

Keywords: Hydraulic circuits, Irrigation, Hydraulic engineering, Alqueva

¹ Eng.º Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100,jvazquez@edia.pt

² Eng.º Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100,josecostamiranda@gmail.pt

³ Eng.º Agrícola, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100,mcabral@edia.pt

⁴ Eng.º Recursos Hídricos, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100,rbatista@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

O subsistema do Ardila localiza-se na margem esquerda do Guadiana, interessando uma área de beneficiação de cerca de 30 000 ha, delimitada a Norte por Moura, a Sul por Serpa e envolvendo, ainda, Pias e Brinches.

A área em equação interessa uma zona deprimida, com uma população envelhecida, na qual a agricultura de regadio corresponde a uma bolsa de expectativa para um futuro melhor.

Este subsistema do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), na configuração aproximada actual, vem sendo estudado há mais de uma década, e tem como origem de água a albufeira de Pedrogão.

A área de benefício interessada sobe da cota 85 (junto ao Guadiana) até cerca da (240) junto a Serpa e Moura, é atravessada por uma rede hidrográfica com alguma expressão, como é o caso das linhas de água de Amoreira, Pias, Brenhas e Serpa e tem uma hidrogeologia rica e complexa, de que é exemplo o aquífero Moura-Ficalho.

O património arqueológico e edificado está muito presente na região e constitui um constrangimento significativo à implantação de obras em linha, sendo que as questões ambientais têm também muito enfoque e condicionaram a delimitação das próprias áreas a beneficiar.

Nos estudos iniciais, a adução era feita essencialmente em alta pressão (cerca de 3,5 bar) a partir da instalação de grandes estações elevatórias a jusante de barragens e reservatórios criteriosamente localizados junto aos diferentes Blocos de Rega.

O desenvolvimento dos estudos e o natural avanço do conhecimento relativamente à zona em estudo levou à constatação de se estar em presença de um subsistema interessando áreas de assinalável potencial agrícola, mas penalizante em termos da infra-estruturação hidráulica necessária ao regadio e, sobretudo, no que concerne à potência instalada/consumo energético, implicando a necessidade de um novo “olhar” para as soluções inicialmente previstas, no sentido de permitir a sua optimização e de contribuir para a sustentabilidade deste subsistema.

2. ESTUDO PRÉVIO

O subsistema do Ardila, tal como delimitado no Estudo Prévio (Figura 1), teve por base a avaliação de dez alternativas de adução que traduziram a inclusão de sucessivas melhorias no sistema adutor ao longo do desenvolvimento do mesmo.

Assim, inicialmente, as áreas de rega foram delimitadas com base nos seguintes pressupostos de base: tipo de solos, declive do terreno, dimensão e cadastro predial (Quadro 1), limites físicos naturais e artificiais existentes, identificação de zonas ocupadas com montado e áreas classificadas com interesse para a conservação da natureza.

No Estudo Prévio equacionaram-se quatro diferentes origens de água, nomeadamente, Horta da Vargem e Orada (localizadas na albufeira do Pedrogão), albufeira de Brenhas (como sistema independente) e Estação Elevatória (EE) Serpa (localizada na margem esquerda do rio Guadiana). Avaliadas as alternativas, tomou-se a decisão de concentrar o pedido de água de todo o Subsistema, com excepção de Brenhas, na Estação Elevatória do Pedrogão (pé de jusante da barragem do Pedrogão, junto a Orada - Alternativa VIII). Esta alternativa, por eliminar duas origens de água (Horta da Vargem e EE Serpa), simplifica a gestão/exploração do subsistema, diminuindo os custos

associados. Por outro lado, aproveita o potencial energético do caudal transferido para a albufeira de Serpa na mini hídrica de Serpa e flexibiliza a adução às áreas a sul da albufeira de Brinches, tornando possível a continuidade do serviço numa eventualidade de avaria/suspensão de fornecimento a montante, através do recurso à bombagem de caudais a partir da albufeira de Serpa.

A alternativa então escolhida, era constituída pelos seguintes circuitos hidráulicos (Figura 1 e Quadros 2,3 e 4):

- **Circuito hidráulico do Pedrógão:** Tinha como origem principal um sistema elevatório instalado a jusante da barragem do Pedrógão. O objectivo principal era reforçar as disponibilidades hídricas nas albufeiras de Brinches e da Amoreira, beneficiando directamente 1525 ha.
- **Circuito hidráulico da Amoreira:** Tinha como origem principal o sistema elevatório a instalar a jusante da albufeira da Amoreira. Beneficiava aproximadamente 14.170 ha, que se localizam na zona central do subsistema Ardila.
- **Circuito hidráulico de Brinches:** Tinha como origem principal uma tomada de água a instalar na albufeira de Brinches. Beneficiava aproximadamente cerca de 8.095 ha, na zona Oeste e Sul do subsistema.
- **Circuito Hidráulico de Serpa:** Tinha como origem principal um sistema elevatório a instalar a jusante da albufeira de Serpa. Beneficiava directamente aproximadamente 3.745 ha nas imediações de Serpa, sendo a albufeira de Serpa reforçada pelos caudais provenientes da albufeira de Brinches.



Figura 1 – Subsistema Ardila – Estudo Prévio Alternativa VIII

Quadro 1 – Análise dos prédios beneficiados no subsistema Ardila por classe de áreas

Nº de Prédios	Classes	Área_ha	%
5718	<10ha	8867	28%
139	>50ha	14857	47%
189	10ha-20ha	2681	8%
161	20ha-50ha	5285	17%

Quadro 2 – Principais características das Barragens (Estudo Prévio - Alternativa VIII)

Parâmetro	Amoreira	Brenhas	Brinches	Calços	Laje	Pias	Serpa
Altura Max. do terreno (m)	24,0	33,0	32,0	14,0	20,3	11,5	29,1
Cota do coroamento	137,50	153,00	137,50	198,00	179,80	192,00	126,50
Comprimento do coroamento (m)	790	281+583	550+425	412	433	450	431
Volume do aterro (m)	570000	441000	-	101000	191200	120000	448000
Nível de máxima cheia (NMC)	136,50	151,50	136,33	196,50	178,30	190,50	125,20
Nível de pleno armazenamento (NPA)	135,00	150,00	135,00	196,00	177,50	190,00	123,50
Nível mínimo de exploração (NmE)	125,00	135,00	121,25	194,00	174,50	184,00	105,00
Área inundada (km ²)	1,50	1,38	1,41	0,26	0,67	0,33	1,52
Volume Útil da albufeira (hm ³)	9,2	10,3	9,6	0,5	1,6	0,7	9,9

Quadro 3 – Características dos Reservatórios de Regularização (Estudo Prévio - Alternativa VIII)

Reservatório	Tipo	Volume Útil (m ³)	Volume Total (m ³)
Atalaia	Semi-escavado	14 000	160 000
Brinches-Este	Pequena barragem	38 000	
Brinches-Norte	Pequena barragem	21 500	
Machados	Semi-escavado	16 500	
Montinhos	Semi-escavado	6 000	
Moura	Semi-escavado	14 000	
Serpa-Norte	Semi-escavado	36 000	
Serpa-Sul	Semi-escavado	14 000	

Quadro 4 – Estações Elevatórias Principais (Estudo Prévio - Alternativa VIII)

Circuito Hidráulico	Estações Elevatórias	Caudal (m ³ /s)	Altura manométrica (m)	Potência (Mw)
Pedrógão	EE Pedrógão	18,67	62,24	16,3
Brinches	EE Brinches	7,95	57,55	6,4
Amoreira	EE Amoreira	10,85	75,25	11,4
	EE Calços	3,09	16,97	0,8
Serpa	EE Serpa 1	4,29	82,95	5,0
	EE Serpa 2	1,25	70,65	1,2

PROJECTO DE EXECUÇÃO

3.1. Princípios base da evolução verificada no subsistema

Na alternativa seleccionada no Estudo Prévio, a partir da qual o subsistema evoluiu, a dependência energética era elevada, em parte por a origem de água do subsistema estar situada à cota (80) -albufeira de Pedrogão - mas também, devido ao facto de as albufeiras a cotas mais altas não terem capacidade de armazenamento suficiente e, por outro lado, por parte das áreas beneficiadas interessarem cotas altas e serem abastecidas em alta pressão, através de estações elevatórias secundárias.

Estas questões estão bem presentes nos blocos já em exploração – Orada-Amoreira, Brinches, Serpa e Brinches-Enxoé - cujo circuito hidráulico tem um tronco comum cerca da cota (130) materializado pelas albufeiras e adutores respectivos às barragens de Amoreira, Brinches e Serpa que interessam uma área de cerca 18 000 ha.

Acresce que os restantes blocos são abastecidos através de circuitos hidráulicos com origem na barragem de Caliços cujo plano de água se situa acima da cota (190) e interessam áreas a cotas sistematicamente elevadas – como é o caso dos blocos de Pias, Caliços-Machados e Caliços-Moura, totalizando uma área de cerca 12 000 ha.

Assim sendo e no sentido de minimizar encargos de infra-estruturação e de exploração, diminuir as potências instaladas e os consumos energéticos associados, houve a preocupação de ponderar **i) as dotações de referência**, face à nova realidade cultural (assumindo-se, designadamente, nalguns blocos mais de 30% de ocupação com olival) e de origens próprias existentes nas propriedades, o que implicou uma redução sensível daquelas, **ii) o aproveitamento da melhor forma dos recursos hídricos existentes a cotas mais altas**, aumentando a capacidade de armazenamento e regularização das albufeiras respectivas, **iii) A redução dos caudais de dimensionamento/ secção útil dos adutores e órgãos acessórios** (tendo-se considerado nalguns casos caudais específicos da ordem de 0,7 l/s/ha) e **da potência das EEs associadas**, **iv) as condições de abastecimento em função da estrutura predial**, assumindo abastecimento em baixa pressão (cerca de 1 bar a montante do hidrante) à grande propriedade, tendo em consideração o facto que em boa parte estas explorações já estavam infraestruturadas e tentando tanto quanto possível adoptar soluções gravíticas e/ou que minimizassem encargos energéticos, **v) a evolução gradual da adesão e o interesse em se fasear a instalação do equipamento electromecânico das estações elevatórias**, minimizando os encargos de potência instalada e de manutenção associada a equipamentos com pouca utilização na 1ª fase do horizonte de projecto – o que levou em diversos casos à instalação em primeira fase de cerca de 50% do equipamento.

Através de um diálogo próximo dos agricultores, foi ainda possível agregar algumas áreas limítrofes à mancha a regar, rentabilizando as infra-estruturas primárias projectadas e optimizando encargos de instalação.

O Subsistema Ardila, na sua configuração actual, é composto por seis grandes circuitos hidráulicos, que se descrevem sucintamente.

Circuito Hidráulico de Pedrógão Margem Esquerda - este circuito corresponde ao início do subsistema, no qual, a partir de uma tomada de água na barragem (margem esquerda) e de um troço de conduta metálica de 4 m de diâmetro, é captado o caudal necessário aos mais de 30.000 ha beneficiados. Estes caudais são elevados através da EE de Pedrógão ME (com uma potência global de 16,7

MW) e de uma conduta elevatória DN 2500 (com 1,7 km), para o reservatório da Orada. A partir deste reservatório (materializado por uma barragem de aterro, com 350 000 m³ de volume útil armazenado) desenvolvem-se as infra-estruturas que permitem o abastecimento global das áreas de rega do Subsistema Ardila, sendo responsável também pela adução às albufeiras de Brinches e Amoreira através de canais adutores, com uma extensão de 8 km.

Circuito Hidráulico Brinches-Enxoé - este Circuito que beneficia uma área de 7.736 ha (parte dos Blocos de Brinches e os Blocos de Brinches-Enxoé), desenvolve-se a partir da estação elevatória de Brinches (situada no pé desta barragem e com 8,4 MW de potência) e estende-se para Sul, abastecendo as albufeiras da Laje, Enxoé e Serpa e sendo constituído por uma estação elevatória (Brinches), conduta Elevatória (DN 2250 e uma extensão de 4,4 km), dois reservatórios de regularização (Brinches Sul e Montinhos), e condutas de adução entre estes elementos.

Na ligação deste circuito à albufeira de Serpa, encontra-se a central hidroeléctrica reversível de Serpa, com uma potência instalada de 1,5 MW.

Circuito Hidráulico de Serpa - este circuito beneficia, através de EE de Torre do Lóbio (4,8 MW) e uma conduta elevatória (DN 1800 e extensão de 4 km), uma área de 5084 ha, a partir da albufeira de Serpa, sendo elevado o caudal até ao reservatório de Regularização (Serpa Norte). A área a sul do bloco é abastecida através da estação elevatória de Serpa Norte e, por intermédio da conduta elevatória da Guadalupe é aduzida a água ao reservatório da Guadalupe, a partir do qual é abastecida graviticamente uma área de 1 977 ha.

Circuito Hidráulico Amoreira-Caliços - com início na albufeira da Amoreira, este circuito hidráulico é responsável pela adução das áreas de rega dos dois circuitos hidráulicos que se encontram a jusante (Caliços-Pias e Caliços-Machados), Blocos de Moura e Bloco do Alvarrão que representam uma área total de 12 605 ha. A EE da Amoreira, localizada no pé desta barragem (com uma potência global de 8,9 MW) eleva os caudais através de conduta elevatória (em aço, com DN 2300 e uma extensão de 6,6 km) para a Albufeira dos Caliços. Da conduta elevatória da Amoreira, distribuem-se os caudais para os blocos do Alvarrão e Moura Gravítico.

Circuito Hidráulico Caliços-Pias - este circuito beneficia uma área de 4613 ha. Inicia-se na albufeira dos Caliços, a partir da qual são aduzidos graviticamente os caudais à albufeira de Pias por intermédio de uma conduta gravítica (DN 1800/1200 e uma extensão de cerca de 7,1 km) e de onde são derivados caudais para uma área de cerca de 1 900 ha.

Circuito Hidráulico Caliços-Machados - As áreas a Este do Subsistema Ardila são beneficiadas por este circuito hidráulico, interessando cerca de 4 665 ha. Este circuito hidráulico tem início na albufeira dos Caliços, de onde são elevados os caudais na estação elevatória de Caliços (1,8 MW), e por intermédio da conduta elevatória (DN 1800 e com uma extensão 3,6 km) são entregues no reservatório da Atalaia, permitindo a partir deste reservatório a adução gravítica a jusante ao sub-bloco da Atalaia e o reforço à albufeira de Furta Galinhas.

Sistematizando o acima exposto, apresenta-se nas Fig.2 e 3 a planta e o esquema altimétrico do subsistema e nos Quadros 5 a 7, as principais características das barragens, dos reservatórios e das estações elevatórias primárias deste subsistema.

Quadro 5 – Principais características das Barragens (Projecto de Execução)

Parâmetro	Amoreira	Furta Galinhas	Brinches	Caliços	Laje	Pias	Serpa
Altura Max. do terreno (m)	24	16,5	32	16,7	21,5	16	28,6
Cota do coroamento	137,50	227	137,50	195,25	180,50	185,00	126,50
Comprimento do coroamento (m)	792	810	550+425	472,8	475	530	430,8
Nível de máxima cheia (NMC)	136,50	226,01	136,33	194,25	178,90	183,52	125,20
Nível de pleno armazenamento (NPA)	135,00	225,00	135,00	193,75	177,50	182,50	123,50
Nível mínimo de exploração (NmE)	125,00	219,00	121,25	190,00	170,00	177,50	105,00
Área inundada (km ²)	1,49	0,80	1,41	0,24	0,67	1,30	1,52
Volume Útil da albufeira (hm ³)	9,0	3,08	9,57	0,63	3,37	4,2	9,92

Quadro 6 – Características dos Reservatórios de Regularização (Projecto de Execução)

Reservatório	Tipo	Volume Útil (m ³)	Volume Total (m ³)
Orada	Pequena barragem	354000	1.129.000
Atalaia	Semi-escavado	126000	
Brinches Norte	Semi-escavado	70000	
Brinches Sul	Semi-escavado	322000	
Montinhos	Semi-escavado	147000	
Serpa-Norte	Semi-escavado	110000	

Quadro 7 – Estações Elevatórias Primárias (Projecto de Execução)

Estações Elevatórias	Caudal (m ³ /s)	Altura manométrica (m)	Potência (MW)
EE Pedrógão	19,80	61,70	16,8
EE Brinches	9,10	68,50	8,4
EE Amoreira	8,4	79	11,9
EE Caliços	3,5	43	2,1
EE Torre do Lóbio (Serpa)	4,2	76,40	4,8

3.2. Mapeamento Geral das Áreas Beneficiadas e Constrangimentos Ambientais e Patrimoniais

Uma referencia tem de ser feita a que este subsistema está particularmente condicionado por questões de índole ambiental e patrimonial, associada à hidrogeologia rica da região (que urge preservar), ao valor inestimável do património arqueológico, edificado e cultural presente e ainda dos valores ambientais endógenos reconhecidos, que levam, designadamente, a que a área esteja confinada, na sua maior parte por Rede Natura e ZPEs.

Estas questões são de difícil compatibilização com as expectativas dos agricultores e implicam a necessidade de uma aferição muito criteriosa das áreas a beneficiar, levando mesmo à exclusão de áreas de interesse agrícola – aspectos que claramente dificultam a viabilidade de

alguns dos blocos - pensando-se que, ainda assim, se obteve um compromisso satisfatório face aos interesses e expectativas, em parte contraditórias, em equação.

3. 3. Algumas intervenções específicas da revisão/ otimização do Projecto

Nos itens seguintes apresenta-se de modo sumário algumas das principais intervenções efectuadas nos órgãos constituintes deste subsistema, e que se crê serem paradigmáticas da ponderação e aplicação dos pressupostos acima referenciados na revisão/otimização do subsistema.

3.3.1. Circuito hidráulico de Pedrógão (margem esquerda)

A estação elevatória de Pedrógão é uma grande infra-estrutura de elevação de todos os caudais necessários ao benefício assumido no subsistema do Ardila, como aliás a potência instalada (16,8 MW) e o caudal a bombear (cerca de 20 m³/s) expressam.

Ponderada a evolução gradual do pedido, e a própria aleatoriedade dos pressupostos assumidos na sua definição (dotação, adesão, capacidade própria instalada) e tendo também em conta a grande especificidade, dimensão, custo e encargos de manutenção dos grupos em equação, assumiu-se o faseamento do equipamento de bombagem previsto, instalando-se na 1ª fase 3 dos 6 grupos previstos.

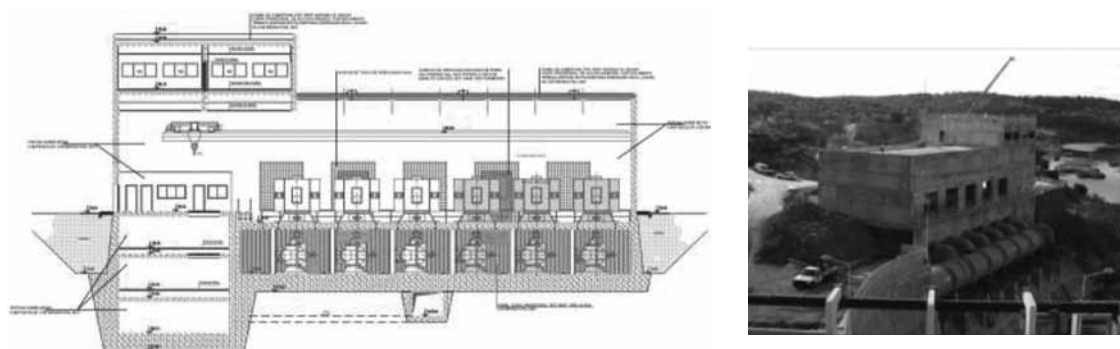


Figura 4 – Estação Elevatória de Pedrógão. Corte Longitudinal e Vista da Obra.

No que concerne à conduta elevatória EE de Pedrógão/ Reservatório de Orada, a reflexão relativamente aos caudais de dimensionamento/ dotações e à exploração integrada dos armazenamentos criados neste subsistema, levou a que se reduzisse o diâmetro de DN 2800 para DN 2500, possibilitando a utilização de tubagem de betão com alma de aço “standard”.

O reservatório da Orada - que recebe os caudais elevados a partir de Pedrógão e que os deriva para as albufeiras da Amoreira e de Brinches - foi criado, já em fase avançada dos estudos, pelo aproveitamento de uma depressão natural nas cabeceiras de uma linha de água incipiente, permitindo, através da construção de uma barragem de pequena dimensão, encaixar um volume útil de cerca de 350.000 m³, regularizando ainda o pedido do sub-bloco da Várzea (Blocos de Brinches) e contribuindo para a simplificação das infra-estruturas hidráulicas de adução respectiva.

O reservatório da Orada, com o NPA à cota (138,00), é uma infra-estrutura fundamental de transferência de água, dotada de importantes órgãos hidráulicos anexos - dado que recebe os caudais elevados a partir da EE de Pedrógão, e através dos adutores Orada-Amoreira e Orada-Brinches circularão todos os caudais de benefício dos cerca de 30.000ha do subsistema do Ardila

– sendo que o seu volume útil, já relativamente importante, possibilita pois uma reserva importante para a regularização do pedido e exploração integrada e fiável destas infra-estruturas.

No que concerne aos canais adutores, teve-se em devida consideração, nos caudais de dimensionamento, os argumentos acima já referenciados (item 3.1) e que contribuíram para a diminuição dos valores iniciais de trabalho – permitindo otimizar a secção útil dos mesmos.

3.3.2. Central Hidroeléctrica de Serpa

A central hidroeléctrica de Serpa (que é um órgão reversível) já equacionada em estudos anteriores, foi objecto de um aumento da potência instalada (para uma potência de 1,5 MW), para permitir o enchimento mais rápido desta albufeira e proporcionar uma resposta mais eficaz em caso de impedimento do circuito hidráulico a montante, possibilitando que a barragem de Serpa possa facilitar a satisfação do pedido das áreas situadas a jusante (bloco de Brinches Enxoé).

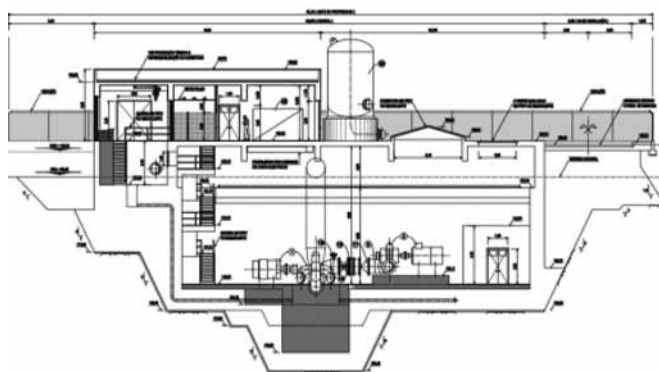


Figura 5 – Central Hidroeléctrica de Serpa. Corte Longitudinal e Vista da Obra.

3.3.3. Barragem da Laje

Esta barragem, que tem imediatamente no pé de jusante a estação elevatória do mesmo nome (Figura 6), foi objecto de estudos de alternativas de implantação, no sentido de se maximizar o seu armazenamento (que agora atinge cerca de 3,4 hm³) visto que os escoamentos disponíveis na linha de água respectiva o justificavam e de modo a permitir maior capacidade de regularização dos pedidos.

O pedido a jusante desta barragem interessa cerca de 3 800 ha que ficam assim com alguma autonomia, essencialmente nos meses de menor pedido, relativamente ao circuito a montante – podendo esta “reserva” contribuir para minimizar encargos de bombagem.



Figura 6 – Vistas da Barragem e da EE da Laje.

3.3.4. Circuito Hidráulico Amoreira - Caliços

Este circuito hidráulico que integra a EE da Amoreira, a conduta elevatória Amoreira - Caliços e a Barragem de Caliços, foi também objecto de optimização, que começou pela redução sensível do seu caudal de dimensionamento (que passou de 11 m³/s para 8,5 m³/s) e por uma redistribuição dos locais de ligação às redes de rega secundárias.

A EE da Amoreira (Figura 7) foi dimensionada para o novo caudal nominal, o que permitiu uma economia sensível, a que acresce o facto de se ter faseado o seu equipamento electromecânico (prevendo-se instalar apenas 3 dos 6 grupos) para atender à evolução do pedido e também dispor de alguma flexibilidade complementar de rectificação do equipamento, em função da realidade constatada, no futuro.

A conduta elevatória Amoreira - Caliços, face ao novo caudal de dimensionamento, foi assumida com um diâmetro menor (DN 2 300). A esta conduta ficaram directamente ligados os Sub - blocos de Alvarrão (com cerca de 600 ha, que serve uma única exploração agrícola) e de Moura Gravítico (bloco com cerca de 1 530 ha e que com esta ligação ficou abastecido com uma melhor cota piezométrica). Com esta alteração possibilitou-se, ainda, a diminuição sensível dos circuitos hidráulicos e das perdas de adução /distribuição respectivas.

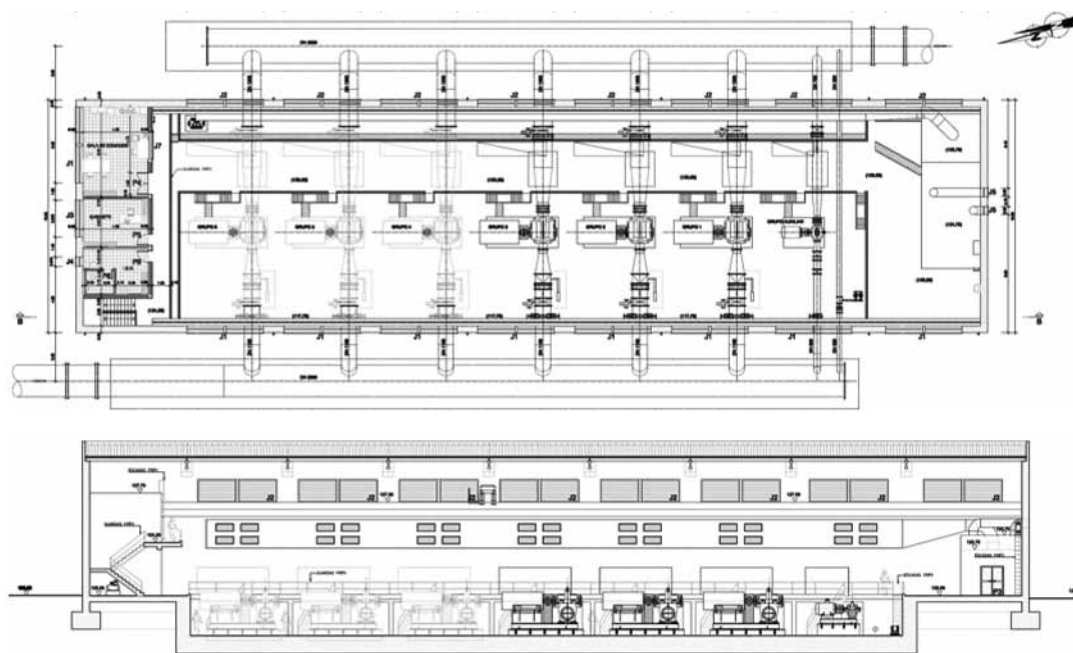


Figura 7 – Central da Amoreira. Planta e Corte Longitudinal

3.3.5. Circuito Hidráulico Caliços - Pias

Este circuito hidráulico inclui a ligação da albufeira de Caliços à albufeira de Pias. O local de implantação desta barragem foi alterado, em fase de estudos de pormenor, no sentido de se conseguir captar recursos hídricos disponíveis, de aumentar a capacidade de armazenamento e regularização e de melhorar as condições piezométricas de ligação das albufeiras Caliços-Pias. A capacidade útil de armazenamento é actualmente de cerca de 4 hm³ e o NPA encontra-se à cota (182,5).

A ligação entre as albufeiras de Caliços e de Pias, na localização inicial da barragem de Pias, estava muito condicionada pela grande extensão deste adutor e pela proximidade de cotas dos dois planos de água – sendo significativamente onerosa.

A nova implantação da barragem de Pias permitiu ainda a definição de um circuito adutor bem mais económico e totalmente integrado no Bloco que serve, tendo diversas derivações para benefício em baixa pressão de áreas importantes.

3.3.6. Bloco Pias

O bloco de Pias tinha, na sua configuração inicial, uma área de cerca de 6 000 ha, que estava previsto ser beneficiada essencialmente através de pressurização da rede secundária, sendo um caso paradigmático de alteração de pressupostos e de metodologias de abordagem da sua infra-estruturação.

De facto, não só se baixaram as dotações de referência e se delimitaram áreas importantes a ser beneficiadas “em baixa” face à realidade constatada (olival, dimensão predial, áreas já equipadas e recursos próprios) como se reviu e se ampliou a rede primária interessando cotas altas, de modo a se ter uma rede secundária mais expedita, aferida à realidade local, de encargos de exploração minimizados e de mais fácil e atraente gestão do bloco - no sentido de assim contribuir para induzir o efectivo sucesso da agricultura de regadio nesta região.

O bloco de Pias foi redimensionado através de uma nova delimitação de áreas e de ligação à rede primária, tendo, na sua versão final, ficado com uma área beneficiada total de cerca de 4600 ha, pela passagem de parte da sua área para o bloco de Caliços -Machados.

O bloco foi sub-dividido entre uma zona (com uma área de cerca de 1 932 ha) que é servida graviticamente pelo adutor Caliços – Pias e uma outra zona (inicialmente com cerca de 3 700 ha) que é servida pela Estação Elevatória de pé de barragem de Pias – zona esta que foi substancialmente reduzida pela passagem da área envolvente à barragem para o Bloco de Caliços - Machados – através de uma rede de distribuição secundária gravítica.

Efectivamente, através de sucessivas iterações de estudos de mapeamento de áreas beneficiadas e de optimização das redes de distribuição inerentes, foi possível dotar a estação elevatória de pé de barragem de Pias com dois patamares de alturas manométricas relativamente moderadas, de 48 e 73 mca, beneficiando uma área de cerca de 2.700 ha.

3.3.7. Bloco Caliços - Moura

Este bloco foi dividido em duas áreas, uma servida pela EE a construir junto à barragem de Caliços (Moura Pressão) e outra (Moura Gravítico) servida por uma derivação da conduta elevatória Amoreira-Caliços (já atrás referenciado).

Os pressupostos mais modestos assumidos de dotações e o tratamento de pormenor da dimensão predial, possibilitaram a delimitação de uma área, entre Caliços e o Ardila que pode ser servida por “gravidade”, através de uma conduta de derivação DN 1600 (assegurando o benefício de cerca de 1 660 ha).

No que respeita ao sub-bloco Moura Pressão, através de um zonamento criterioso das áreas servidas e da rede associada foi possível anular um dos dois escalões de bombagem previstos inicialmente e reduzir a altura de elevação em cerca de 15 m, sendo a altura manométrica final de 55 mca e correspondendo ao benefício de 1 065 ha.

3.3.8. Barragem de Furta Galinhas e Bloco Caliços-Machados

Na ribeira de Brenhas previa-se a construção de uma “grande” barragem a implantar junto a Moura. Dadas as dificuldades geológicas e hidrogeológicas e os constrangimentos patrimoniais existentes, optou-se por estudar outras alternativas, a montante, entretanto também abandonadas por motivos da mesma índole.

No decurso dos estudos do Bloco de Caliços - Machados foram analisados alguns locais para implantação de uma barragem que pudesse contribuir para a disponibilidade de aflúncias regularizadas a cotas altas e assim otimizar o benefício hidroagrícola, o que levou à selecção do local de Furta Galinhas, que permitirá criar o armazenamento útil de cerca de 3 hm³, com NPA à cota (225).

Foi assim possível criar uma sub-origem de água, complementada sempre que necessário com caudais elevados a partir do circuito hidráulico primário, a montante, possibilitando que a rede de distribuição a jusante desta barragem e do reservatório da Atalaia se faça essencialmente de modo gravítico (4 150 ha) e tendo apenas uma sobreprensa para cerca de 370 ha.

3. BALANÇOS ENERGÉTICOS

Assumindo uma dotação de 4 500m³/ha⁵, numa análise de sensibilidade para o ano cruzeiro, a estimativa de consumo energético global para o subsistema é de 84 GWh.

No que respeita a consumos da rede primária, o valor estimado é de cerca de 62 GWh, apresentando-se, na Figura 8, a distribuição de consumo energético na rede primária por hectare beneficiado para os diferentes blocos.

Da análise desta Figura, verifica-se a grande disparidade existente entre o consumo do bloco Orada-Amoreira, a ser inferior a 1/3 do que se verifica nos blocos de Caliços-Machados e Serpa, sendo este o que exige maior consumo energético - reflectindo bem as condicionantes altimétricas/energéticas gravosas de blocos na envolvência de Moura e Serpa (blocos Caliços- Machados e Serpa), com cotas com alguma sistemática acima da (200) que, exclusivamente na adução primária, implicam diversos escalões de grande elevação - contrastando com blocos como o Orada - Amoreira que interessa cotas bem mais baixas, em parte sobranceiras á albufeira de Pedrogão.

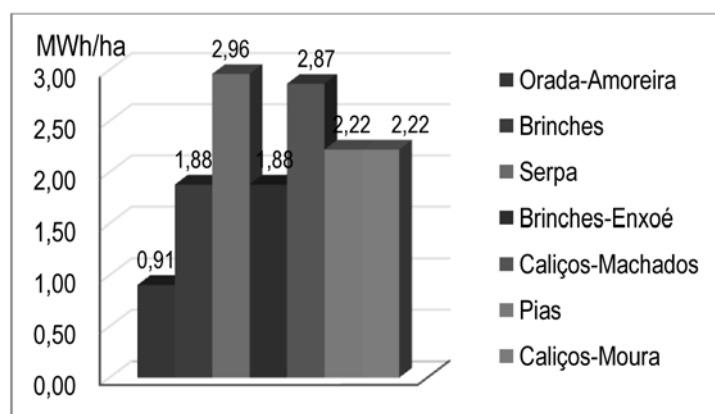


Figura 8 - Valores específicos em Ano Cruzeiro (Rede Primária) (MWh/ha)

⁵ O cenário de 4 500m³/ha assenta numa rotação de culturas de regadio, em que o olival representa 35% e o milho 20%. Nesta, cerca de 15% será ocupada com culturas hortícolas, horto-industriais e frutícolas, existindo ainda uma área significativa de forragem e cereais regados de Outono-Inverno. Assumiu-se uma eficiência na rede primária de 85% e na rede secundária de 95 %, sendo a % de área regada anualmente de 80%.

Na análise destes valores, deve-se ter em consideração que toda a água consumida no bloco de Serpa é previamente turbinada na respectiva Mini-hídrica ($H_u = 63$ m). Tendo em consideração este facto, verifica-se que é o bloco Caliços-Machados, o que nitidamente implica um maior desequilíbrio energético para a rede primária.

Refira-se, aliás, que se procurou estender a rede primária até cotas relativamente altas e locais estrategicamente colocados nas áreas a beneficiar, de modo a que os consumos/encargos energéticos e de exploração na rede secundária fossem mais equitativos e aliantes e a que gestão da rede secundária seja apelativa e induza ao sucesso do regadio nesta região tão carenciada.

No que respeita a consumos da rede secundária, para ano cruzeiro, o valor global consumido é de 22 GWh, apresentando-se na Figura 9 a sua distribuição para os diferentes blocos. Verifica-se uma disparidade - encontrando-se valores sensivelmente mais baixos nos blocos mais recentes, nos quais houve oportunidade de ter mais enfoque nos pressupostos de revisão e optimização do subsistema (Pias, Caliços-Machados e Caliços-Moura).

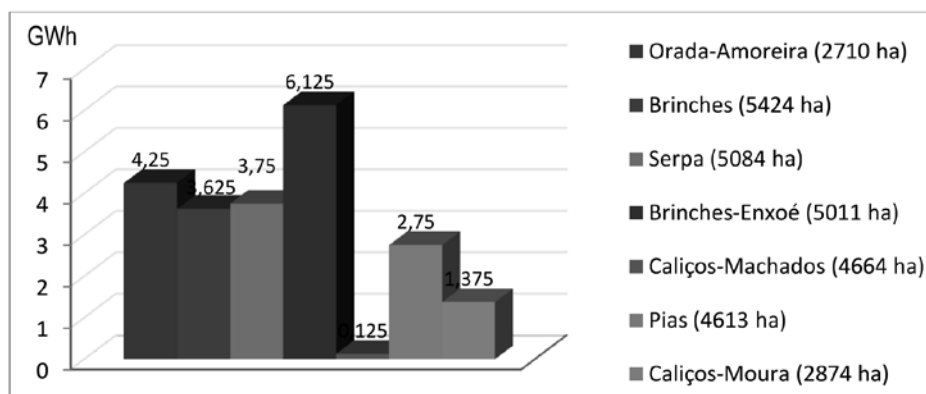


Figura 9 - Valores Totais em Ano Cruzeiro (Rede Secundária) (GWh)

Para melhor analisar estas variações, apresentam-se na Figura 10 os consumos verificados nos diferentes blocos por hectare regado. A informação constante da figura encontra-se referenciada primeiro à área que é directamente beneficiada pela estação elevatória secundária e na seguinte, apresenta-se o valor correspondente à sua divisão pela totalidade da área do bloco.

Como se pode constatar, obtêm-se valores desde pouco menos de 700 kWh/ha (Bloco de Caliços-Machados), abastecido na sua maior parte de modo gravítico, até um pouco mais do dobro (Bloco de Brinches-Enxoé).

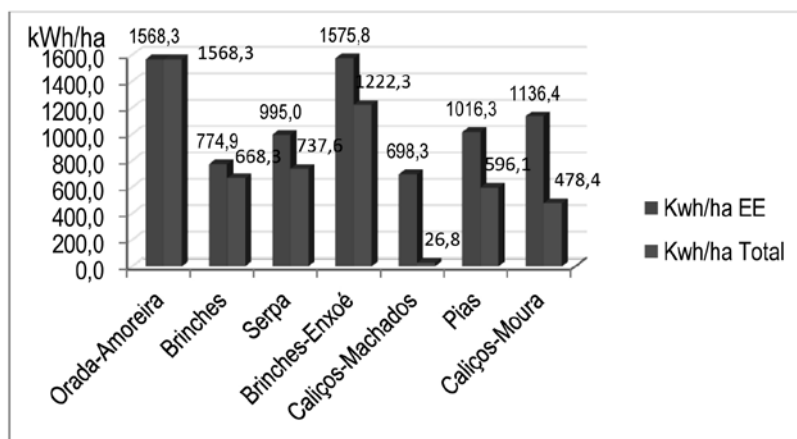


Figura 10 - Valores Específicos na Rede Secundária e em Ano Cruzeiro (kWh/ha)

Uma outra análise possível é verificar qual o valor da energia que se gasta em cada bloco para pressurizar um m³ de água para rega. Na Figura 11 apresenta-se a referente distribuição que mais uma vez indica uma relação de cerca de 1 para 2, entre o bloco que carece de menos energia e o que é energeticamente mais exigente, respectivamente, Caliços-Machados e Brinches Enxoé.

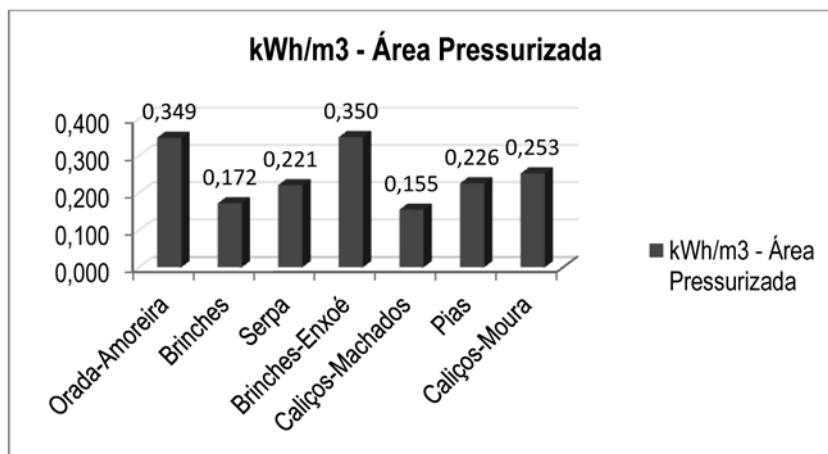


Figura 11 - Valores Específicos na Rede Secundária e em Ano Cruzeiro (kWh/m³)

Tendo em consideração os valores acima apresentados, verifica-se que, em todo o subsistema Ardila, é bem visível a sua dependência energética.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O subsistema Ardila é constituído actualmente por seis circuitos hidráulicos: Pedrógão; Brinches-Enxoé e Serpa – estes três já construídos e em exploração, beneficiando já cerca de 18.000 ha – e Amoreira-Caliços; Caliços-Pias e Caliços-Machados; estes com o projecto de execução já concluído e interessando uma área de cerca de 12.000 ha.

As condicionantes altimétricas, hidrogeológicas, ambientais e patrimoniais deste subsistema são muito importantes e gravosas para a sua sustentabilidade, pelo que a EDIA assumiu o carácter prioritário de estudos de revisão/optimização que possibilitassem uma melhoria das condições técnico-económicas de infra-estruturação e sobretudo de exploração.

A revisão/optimização efectuada relativamente à configuração de Estudo Prévio incidiu, como se explicitou e exemplificou desenvolvidamente nos pontos anteriores, em questões como:

- o mapeamento criterioso das áreas a beneficiar, com ponderação da dimensão predial e da infra-estruturação terciária, a delimitação de áreas com condições de abastecimento em baixa pressão, a aferição das dotações de referência à realidade que se vem constatando, sem, naturalmente esquecer perspectivas futuras.
- a captação de recursos hídricos endógenos a cotas altas e a criação de armazenamentos, possibilitando a regularização das pontas e a satisfação de alguns pedidos, diminuindo a dependência/encargos inerentes ao transporte e elevação dos caudais em equação nos circuitos hidráulicos a montante

- a optimização do desenvolvimento e da secção-tipo dos adutores e da potência das estações elevatórias e o faseamento do equipamento electromecânico destas.

A simulação apresentada, apenas para uma primeira análise de sensibilidade, dos consumos energéticos expectáveis, reflecte a importância destas temáticas e explicita bem a importância acrescida que se põe na rede primária⁶ (de concepção necessariamente mais integradora, estruturante e regrável) face a uma rede secundária, necessariamente mais dependente de um pedido variável e algo aleatório de jusante. Do mesmo modo, constata-se que blocos que à partida tinham condicionantes altimétricas (áreas acima da cota (200) planimétricas), (áreas distantes da origem de água) e ambientais e patrimoniais desfavoráveis, como o Caliços-Machados ou o Pias, poderão ter condições relativamente equitativas de gestão e exploração.

Ainda assim, não obstante o esforço de melhoria das condições técnico-económicas, e pese embora se tenham, estrategicamente, aligeirado os encargos associados à rede secundária e procurado criar condições mais interessantes para a sua exploração, globalmente o subsistema tem um ónus energético pesado - como, designadamente, é bem explícito nas estações elevatórias de Pedrogão, Brinches e Amoreira.

Os estudos efectuados no subsistema do Ardila envolveram a equipa técnica da EDIA, as equipas dos Projectistas e da DGADR, sendo de elementar justiça deixar aqui uma palavra de reconhecimento para o entusiasmo e qualidade posto nestas prestações e colaborações -que foram uma mais-valia para o Empreendimento e que permitem que já mais de 18 000 ha deste subsistema estejam em condições de ser irrigados - contribuindo, de modo incontornável - para o crescimento sustentável da região.

⁶ Com maior extensão e interessando cotas mais elevadas.

BIBLIOGRAFIA

- Aqualogus (2004). Estudo Técnico-Económico Comparativo de Alternativas de Adução às Manchas de Rega do Subsistema do Ardila.
- Aqualogus (2006). Projecto de Execução da Estação Elevatória e do Adutor do Pedrógão – Margem Esquerda.
- Aqualogus /Tetraplano, (2007). Projecto de Execução da Barragem de Amoreira e Bloco de Rega Orada-Amoreira.
- Aqualogus /Campo d'Água (2010). Projecto de Execução do Circuito Hidráulico Caliços-Machados e Blocos de Rega.
- Aqualogus (2010). Projecto de Execução do Circuito Hidráulico Caliços-Pias.
- Campo d' Água/Euroteam (2008).Projecto de Emparcelamento Integrado dos Coutos de Moura.
- Coba (2004). Projecto de Execução da Barragem de Brinches.
- Coba/ProSistemas (2009). Projecto de Execução do Bloco de Rega Moura-Gravítico.
- Coba/ProSistemas (2006). Projecto de Execução do Adutor Brinches Enxoé e Respectivo Bloco de Rega.
- DGADR (2004 - 2011). Pareceres e Notas Técnicas relativos aos Projectos do Subsistema Ardila.
- Hidroprojecto (2006). Projecto de Execução do Adutor de Serpa e Respectivo Bloco de Rega
- Hidroprojecto (2006). Projecto de Execução dos Blocos de Rega de Brinches.
- Hidroprojecto/Campo d'Água (2010). Projecto de Execução e Estudo de Impacto Ambiental dos Blocos de Rega de Pias.
- Procesl/Gibb (2010). Projecto de Execução do Circuito Hidráulico Amoreira Caliços.
- ProSistemas (2004).Projecto de Execução da Barragem de Serpa.

TEMA 3

ORIGENS DE ÁGUA.

BARRAGENS E REDE PRIMÁRIA

BARRAGEM DO ARNÓIA

Aspectos Construtivos - Melhoria da Fundação

Eduardo Pedro Matos GOMES¹

RESUMO

A vila de Óbidos, situada a cerca de 80 km a norte de Lisboa, é rodeada por várzeas muito férteis onde o Ministério da Agricultura reconheceu haver grande necessidade e interesse na intervenção ao nível da melhoria das infra-estruturas hidroagrícolas, decidindo realizar o Aproveitamento Hidroagrícola das Baixas de Óbidos que abrange as freguesias de São Pedro, Santa Maria, Vau, Sobral da Lagoa, Amoreira e Olho Marinho do concelho de Óbidos; Roliça e Pó do concelho de Bombarral.

Obra central do perímetro, a Barragem do Arnóia localiza-se no rio com o mesmo nome, a cerca de 1,5 km a montante da Vila de Óbidos. A albufeira destina-se fundamentalmente a criar uma reserva de água que garanta a rega de uma área com 1 100 ha, de forma a desenvolver uma agricultura mais competitiva e sustentável com base no regadio, particularmente no que respeita às culturas hortícolas e frutícolas, para as quais a região está particularmente vocacionada.

A barragem permite ainda atenuar a acção destruidora das cheias no período chuvoso, bem como criar condições mais favoráveis à exploração agrícola num período significativamente mais alargado.

PALAVRAS CHAVE: Barragem, Fundação, Tratamento, Colunas, Vibrosubstituição.

¹ Eng.º Civil, DGADR, Av. Afonso Costa, 1949-002, Lisboa, +351.21.844.23.67, egomes@dgadr.pt

1. DESCRIÇÃO GERAL

A barragem (Figura 1) tem uma altura máxima acima do terreno natural de 21,00 m, o coroa-mento está à cota 34,50 m, tem um desenvolvimento de 150,00 m e uma largura de 7,00 m, o Nível de Pleno Armazenamento situa-se à cota 32,50 m, a que corresponde uma área inundada de cerca de 97 ha e uma capacidade útil de $5,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, o Nível de Máxima Cheia atinge a cota 33,60 m, para uma cheia com um período de retorno de 5 000 anos.

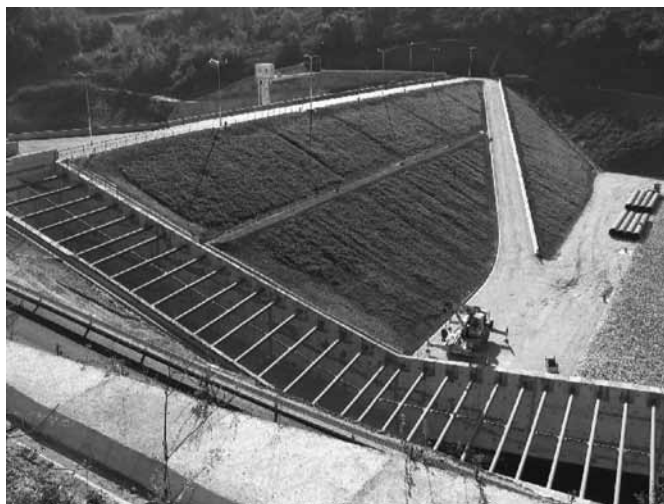


Figura 1 – Barragem do Arnóia, paramento de jusante.

A barragem é dotada de um tapete impermeável argiloso com 3,00 m de espessura ao qual está ligada uma tela de polietileno de alta densidade com 1,5 mm de espessura, coberta com uma camada de 1,00 m de solo argiloso que se prolonga para o interior da albufeira ao longo de 60 m a toda a largura do vale.

2. FUNDAÇÃO

A secção do rio Arnóia onde foi construída a barragem, é um vale aberto e sensivelmente simétrico (Figura 2), com um leito menor de cerca de 5 m e um leito de cheia aluvionar, que atinge os 70 m de largura e que possui espessuras variáveis entre 2 e 13 m, constituídas por areias finas e médias, normalmente siltosas ou argilosas, de baixa compactidade, intercaladas por argilas siltosas ou arenosas.



Figura 2 – Secção do vale.

Dadas as características de baixa resistência mecânica do material aluvionar identificado, verificou-se que havia necessidade de um tratamento da fundação de modo a aumentar a sua capacidade de carga e evitar a sua liquefacção no caso de ocorrência de um sismo, pelo que foram estudadas várias hipóteses para solucionar o problema, tais como:

- Escavar totalmente a fundação aluvionar para fundar o corpo do aterro nas formações subjacentes aos depósitos aluvionares de resistência mecânica mais elevada;
- Tratamento por vibrocompactação, sem a adição de material granular;
- Inclusão de material granular por vibrosubstituição.

Em face da elevada percentagem das aluviões, com uma percentagem de finos entre 26% e 45%, da sua baixa resistência mecânica, do nível freático situado praticamente à superfície e da própria dimensão da barragem, verificou-se que o tratamento da fundação por vibrosubstituição com a inclusão de colunas de brita, através da utilização de vibradores em profundidade, seria a solução que técnica e economicamente se afigurava mais adequada.

Com este método consegue-se um aumento do módulo de deformabilidade e do ângulo de atrito do “novo solo” de fundação, melhorando assim as suas características mecânicas com a diminuição dos assentamentos e diminuindo o risco de liquefacção em caso de ocorrência de um sismo. Por outro lado, este modo de tratamento da fundação por vibrosubstituição provoca também um aumento da sua permeabilidade.

As colunas de brita, com comprimentos entre os 13,00 m, na zona central do vale, e os 3,00 m, junto às margens, têm 0,80 m de diâmetro e foram distribuídas segundo uma malha triangular com espaçamento de 2,00 m entre os eixos (Figura 3).

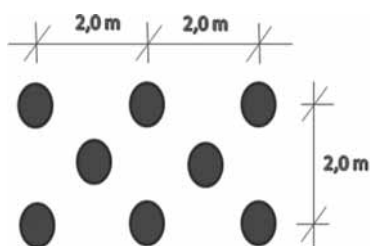


Figura 3 – Distribuição das colunas de brita, planta.

Antes do início do trabalho foi realizado um bloco de ensaio, onde foram feitos ensaios de penetração estática (CPT), tendo-se verificado que o valor de $R_p = 7$ MPa, para o qual se considerava eficiente o tratamento, era atingido, na maior parte dos ensaios, entre os 7 a 8 metros de profundidade, enquanto que no primeiro metro, aquele valor, se situava entre 0 e 5 MPa. Perante estes valores o projectista, no âmbito da assistência técnica à obra, considerou que a malha prevista atingia os objectivos pretendidos.

Para a execução das colunas foi utilizada, na maior parte da área tratada, a via húmida em que a “consolidação” é conseguida com o auxílio de um vibrador em forma de tubo cilíndrico, com cerca de 3,0 m de comprimento e 0,40 m de diâmetro, suspenso numa grua (Figura 4).



Figura 4 – Grua e vibrador.

No seu interior, um motor eléctrico movimenta várias massas excêntricas que produzem as vibrações necessárias à destruição da estrutura do solo e à consequente execução do furo. Jactos de água sob pressão são injectados através de vários orifícios existentes na ponta do vibrador, de modo a facilitar o aprofundamento do mesmo no terreno (Figura 5).



Figura 5 – Pormenor da ponta do vibrador.

Para se alcançar a profundidade necessária à consolidação são acoplados ao vibrador vários tubos de suspensão.

A profundidade atingida pelo vibrador é controlada externamente por intermédio de uma escala inscrita no corpo do vibrador e nas extensões a ele acopladas, sendo igualmente registada automaticamente por um computador que regista também a compactação atingida pela brita, como adiante se descreve.

O vibrador suspenso, penetra no solo pela acção conjunta do seu peso próprio, cerca de 80 kN, e da injeção de água que sai pelos orifícios do elemento cónico da sua extremidade e, ainda, das

vibrações originadas pelo movimento das massas excêntricas. O furo assim realizado mantém-se aberto pela carga hidráulica existente no interior.

Após se ter atingido a profundidade máxima, o vibrador é, de uma forma alternada, completamente retirado e recolocado dentro do furo 2 ou 3 vezes, a fim de alargar o espaço anelar entre o vibrador e as suas paredes. É então lançada para o seu interior, a partir da superfície da cavidade aberta pelo vibrador, brita com $D_{max} = 7$ cm, que, por gravidade, vai preenchendo a partir do fundo, substituindo assim localmente o material arenoso original pelo material britado.

Simultaneamente o vibrador vai sendo elevado cerca de 0,50 m de cada vez, e após a queda da brita, torna a ser descido, sendo assim a mesma compactada e embutida nas paredes do furo por intermédio da vibração e do peso próprio do equipamento. À medida que o vibrador perde o seu “grau de liberdade” durante a compactação, exigirá uma maior potência eléctrica, traduzindo-se isto num aumento directo da intensidade da corrente necessária ($I=P/U$), uma vez que a tensão U se mantém constante. Este processo que é controlado através da leitura directa de um amperímetro, localizado junto ao operador, é também registado automaticamente por um computador ligado a este amperímetro. Assim que a intensidade da corrente aumenta e atinge um determinado valor, o vibrador é elevado, lançando-se novamente brita para o interior do furo. Inicia-se assim um novo estágio de compactação, e todo este procedimento é repetido até se completar a coluna de brita.

O controlo do diâmetro médio de cada coluna é aferido indirectamente através da quantidade de brita consumida em cada furo.

O tratamento efectuado abrangeu uma área total de $70,0 \times 250,0$ m², com mais de 4.000 colunas de 0,80 m de diâmetro, executadas até profundidades máximas da ordem de 13,0 m, o que representa um comprimento total de colunas de brita de cerca de 50 km.

Ao tratamento seguiu-se o saneamento da fundação, de modo a prepará-la para início da execução das primeiras camadas de aterro. Embora o projecto previsse uma escavação média de 3,0 m, verificou-se no local que, após o primeiro metro, as colunas estavam perfeitamente definidas, não se justificando aprofundar essa escavação (Figura 6).



Figura 6 – Aspecto das colunas após saneamento.

Após o tratamento foram realizados ensaios de permeabilidade “in situ” (Figura 7), de modo a aferir se as premissas de projecto relativas à permeabilidade se confirmavam ou não. Caso os valores fossem muito elevados ponderava-se então a construção de uma cortina de impermeabilização, encastrada no substrato jurássico mais compacto, numa faixa de 8,0 m de largura, onde não tinha sido ainda realizado o tratamento.



Figura 7 – Ensaio de permeabilidade.

Os ensaios de permeabilidade confirmaram os elevados valores previstos após o tratamento com colunas de brita, sendo inclusivamente o coeficiente de permeabilidade horizontal (fundamentalmente a componente da permeabilidade que é medida nos ensaios de bombagem) 2 a 3 vezes superior ao adoptado no projecto, ou seja, da ordem dos 3×10^{-4} m/s.

Perante este resultado, foi feita uma nova avaliação dos caudais percolados através da barragem e fundação e da respectiva segurança hidráulica, tendo por base um modelo hidráulico mais detalhado e tendo em atenção a informação entretanto obtida já na fase de obra. Nesta avaliação estimou-se um caudal total da ordem de 11 l/s, que em termos práticos e tendo em atenção as simplificações inerentes ao modelo considerado, os caudais percolados são da mesma ordem de grandeza dos obtidos no projecto que eram de cerca de 8 l/s.

Mesmo assim foi ainda estudada a hipótese de se prolongar o tapete impermeável de polietileno de alta densidade para montante, por mais 30,0 m, passando este a ter um comprimento de 90,0 m, verificando-se no entanto que a melhoria não seria muito significativa, passando o caudal total de 11 l/s para 8 l/s (valor estimado no projecto), pelo que se considerou que a solução de tratamento da fundação e construção do tapete impermeabilizante, inicialmente preconizada no projecto, era adequada do ponto de vista da segurança e para o controlo da percolação na barragem e fundação.

No entanto, e por segurança, optou-se mesmo assim pela construção de uma plataforma no maciço de montante, a uma cota superior à do nível mínimo de exploração, permitindo a construção de uma cortina de impermeabilização, caso, eventualmente, na fase de exploração, se vier a verificar que os caudais percolados e as pressões intersticiais excedem largamente o previsto.

3. ATERRO

O corpo da barragem é do tipo “aterro zonado” (Figura 8), com um núcleo central argiloso e filtro chaminé inclinado, os maciços estabilizadores de montante e jusante, são constituídos por solo arenoso protegido por geotêxtil/enrocamento e cobertura vegetal, respectivamente (Figura 9). O núcleo prolonga-se para montante, sob o maciço estabilizador de montante, até ligar ao tapete impermeável (Figura 10).

PERFIL TIPO DA BARRAGEM DE ÓBIDOS

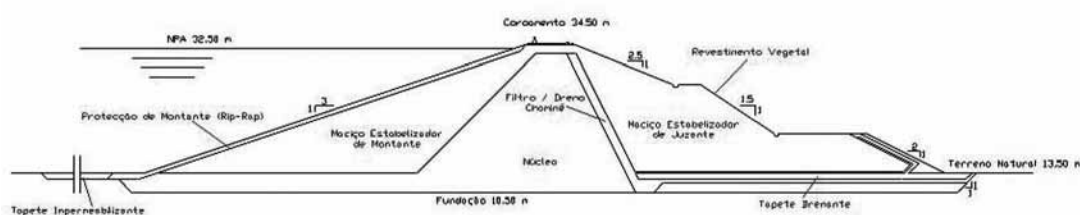


Figura 8 – Perfil tipo.

O volume do corpo da barragem, incluindo o filtro chaminé em areia e o tapete drenante de brita, é de cerca de 163 000 m³.



Figura 9 – Aterro, maciço de montante e núcleo.



Figura 10 – Protecção do tapete impermeável.

4. DESCARREGADOR DE CHEIAS

O descarregador de cheias permite o escoamento de um caudal de 609 m³/s, está implantado na margem direita (Figura 11), é do tipo frontal e tem dois vãos equipados com comportas de segmento com 9,00 m de largura por 6,00 m de altura. O seu accionamento é automático, quer hidráulicamente por um sistema de flutuador e contrapeso, quer electricamente através motores comandados por um autómato que recebe informação de dois sensores de nível redundantes.

A energia eléctrica para os motores é proveniente de duas fontes distintas, a rede pública e um grupo gerador diesel local. Em caso de emergência, e numa situação em que todos os sistemas de accionamento falhem, as comportas podem ainda ser actuadas manualmente por uma manivela que é acoplada aos motores eléctricos.



Figura 11 – Descarregador de cheias montante.

5. TOMADA DE ÁGUA E DESCARGA DE FUNDO

A tomada de água e a descarga de fundo é feita através de uma torre situada junto à margem esquerda, e liga a esta por um passadiço, com 19,00 m de altura e 2,00 m de diâmetro, com entradas de água a dois níveis, equipadas com grades e comportas de vagão, accionadas por dois guinchos eléctricos de cremalheira e comandados localmente a partir do topo da torre ou à distância a partir do posto de comando na margem direita junto ao descarregador de cheias, o caudal de dimensionamento da tomada de água é de $1,11 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 12). No topo da torre está situada uma estação meteorológica, que comunica em tempo real com a sede da DGADR.

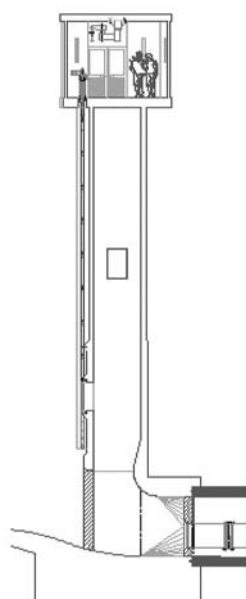


Figura 12 – Tomada de água

A água para rega é conduzida a uma futura Estação Elevatória, através de uma conduta em aço de 1,00 m de diâmetro, instalada numa galeria circular em betão armado sob o aterro com início na base da torre.

A descarga de fundo é realizada pela mesma conduta de tomada de água através de uma válvula de jacto oco com 0,80 m de diâmetro (Figura 13).



Figura 13 – Descarga de fundo, válvula de jacto oco.

6. CONCLUSÃO

A Barragem do Arnóia surgiu como uma necessidade de aumentar e regularizar ao longo do ano a disponibilidade de água para rega, minimizando assim a variabilidade das condições climáticas, tornando-se deste modo, após a construção da futura Estação Elevatória e da respectiva Rede de Rega, como um elemento capaz de alterar positivamente a actividade agrícola, bem como o desenvolvimento económico, social e as condições de vida da região.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Eng.ª Maria Manuela MATOS, co-autora com Eduardo Matos GOMES, da versão original do texto *“Barragem do Arnóia - Tratamento da Fundação por Vibrosubstituição”*, na qual se baseou a presente comunicação.

BIBLIOGRAFIA

- CENOR – CONSULTORES, LDA – Empreitada de Execução da Barragem de Óbidos - Relatórios Mensais
- CENOR – CONSULTORES, LDA – Empreitada de Execução da Barragem de Óbidos - Boletins Informativos
- FCC - CONSTRUCCION, S.A., Barragem de Óbidos, Proposta, Setembro de 2001

FCC - CONSTRUCCION, S.A., Barragem de Óbidos, Vibrosubstituição / Colunas de Brita – Processo de Execução, Março de 2003

HIDROPROJECTO ENGENHERIA E GESTÃO, S.A., Aproveitamento Hidroagrícola das Baixas de Óbidos – Barragem, Projecto de Execução (Versão Reformulada), Maio de 2001

HIDROPROJECTO ENGENHERIA E GESTÃO, S.A., Assistência Técnica para a Empreitada de Execução da Barragem de Óbidos, Nota Técnica n.º 6 – Caracterização dos Terrenos de Fundação. Captação de Pesquisa e Ensaios de Caudal, Janeiro de 2004

HIDROPROJECTO ENGENHERIA E GESTÃO, S.A., Assistência Técnica para a Empreitada de Execução da Barragem de Óbidos, Nota Técnica n.º 7 – Estudo de Percolação. Controlo dos Caudais Percolados, Janeiro de 2004

KELLER GRUNDBAU GmbH– Barragem de Óbidos, Vibrosubstituição / Colunas de Brita – Execução de Colunas de Brita Trecho Experimental, Março 2003

KELLER GRUNDBAU GmbH – Barragem de Óbidos, Vibrosubstituição / Colunas de Brita – Relatório Final, Março de 2004

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL – Barragem de Óbidos, Plano de Observação, Versão Actualizada, Julho de 2004

CONCEPÇÃO DOS GRANDES CANAIS DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA

Pedro MARQUES¹

Sérgio COSTA²

Bruno FONSECA³

Alexandra CARVALHO⁴

RESUMO

A AQUALOGUS foi responsável pela concepção e projecto de cerca de 120 km de rede primária de adução do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), dos quais se destacam mais de 60 km de canais de grande dimensão.

No presente artigo pretende efectuar-se uma caracterização dos principais canais de adução que constituem a rede primária do EFMA, projectados pela AQUALOGUS, sendo abordados alguns aspectos inovadores relacionados com a concepção em termos hidráulicos, ambientais, estruturais e de automação e regulação destas infra-estruturas. Assim, apresentam-se os canais Álamos-Loureiro, Alvito-Pisão e Pisão-Roxo, pertencentes ao subsistema de Alqueva, e o canal que constitui o adutor do Pedrógão - Margem Esquerda, do subsistema de Ardila.

Apresentam-se os critérios de concepção hidráulica e de controlo dos canais, as soluções mais relevantes que permitem a mitigação dos impactes ambientais decorrentes, as soluções estruturais adoptadas, designadamente quanto ao revestimento do canal com betão reforçado com fibras de aço, os sistemas de automação dos canais, bem como as principais características das soluções adoptadas.

São ainda abordadas as questões relacionadas com as propostas de medidas de reforço especificamente do canal Pisão-Roxo junto a uma pedreira em exploração existente nas proximidades de Ferreira do Alentejo. As medidas de protecção foram estudadas com base na análise das medições das velocidades de vibração no troço de canal junto à pedreira decorrentes dos rebentamentos efectuados na pedreira.

Por fim, apresentam-se algumas considerações sobre a adequabilidade das soluções adoptadas, tendo em conta que todas as obras já foram concluídas e ter havido já um curto período de exploração da obra.

Palavras-chave: canal de adução; EFMA; aproveitamento hidroagrícola; betão reforçado com fibras de aço; regulação hidráulica.

¹ AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda. geral@aqualogus.pt

² AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda. geral@aqualogus.pt

³ AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda. geral@aqualogus.pt

⁴ EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, SA. acarvalho@edia.pt

1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) permitirá beneficiar uma área com cerca de 118 mil hectares. O EFMA é constituído por três sub-sistemas, de acordo com as diferentes origens de água:

- o subsistema de Alqueva, com origem de água na albufeira de Alqueva, beneficiará uma área de cerca de 63 500 ha, entre Évora e Beja e a Oeste de Beja;
- o subsistema de Pedrógão, com origem de água na albufeira de Pedrógão beneficiará uma área total de cerca de 24 500 ha, localizada a Este de Beja até ao rio Guadiana;
- o subsistema do Ardila, com origem de água, igualmente, na albufeira de Pedrógão beneficiará uma área total de cerca de 30 000 ha, constituída pelas áreas da margem esquerda do Guadiana nos concelhos de Moura e Serpa.

Em termos de infra-estruturas de adução e rega, o EFMA será constituído por 15 barragens, 255 km de adutores dos quais 72 km em canal, 10 estações elevatórias principais, 6 centrais hidroeléctricas, 32 reservatórios de regularização; 32 estações elevatórias secundárias, 1100 km de condutas, cerca de 3120 hidrantes e cerca de 700 km de rede viária e redes de drenagem.

A AQUALOGUS foi responsável pela concepção e projecto de cerca de 120 km de rede primária do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) dos quais se destacam cerca de 60 km de canais de adução de grande dimensão, localizados nos subsistemas de Alqueva e Ardila. Seguidamente apresenta-se uma breve caracterização dos principais canais, designadamente os canais ÁlamosLoureiro e Alvito-Pisão-Roxo e o adutor do Pedrógão – Margem Esquerda, cujos traçados se representam na Figura 1.

O sub-sistema de Alqueva desenvolve-se a partir da Estação Elevatória dos Álamos, localizada na albufeira de Alqueva, elevando os caudais para as barragens dos Álamos, ligadas à barragem do Loureiro através de um adutor com cerca de 11 km de extensão, na maioria do traçado constituído por um canal trapezoidal. O canal Álamos-Loureiro tem as seguintes características:

Caudal de dimensionamento 37 m³/s
Perfil-tipo..... trapezoidal com taludes a 1V/1,3H
Largura da soleira / altura 3,00 m / 4,50 m
Sifões..... 5 num total de cerca de 2 km
Número de condutas por sifão... 3 x DN2800

Na barragem do Loureiro tem origem um túnel que permite a adução de água à barragem de Alvito, onde tem início um adutor que liga esta à barragem do Roxo (passando junto à barragem do Pisão), numa extensão total de cerca de 60 km – 36 km entre Alvito e Pisão e 24 km entre Pisão e Roxo -, a maior parte em canal trapezoidal O canal Alvito-Pisão-Roxo tem as seguintes características:

Caudal de dimensionamento ... 40,6 (início do sistema) a 5,9 m³/s (adução ao Roxo)
Perfil-tipotrapezoidal com taludes a 1V/1,3H
Largura da soleira / altura3,00 a 2,00 m / 4,30 a 1,90 m
Sifões..... 7 num total de 15 km
Número de condutas por sifão. 3xDN2500 (Alvito -Pisão) e 2xDN2500 (Pisão-Roxo)

No canal Alvito-Pisão têm origem dois adutores (circuito hidráulico de Odivelas e adutor Cuba Vidigueira, também representados na Figura 1), parcialmente em canal trapezoidal, mas com menores dimensões, pelo que se dispensa a sua apresentação nesta comunicação.

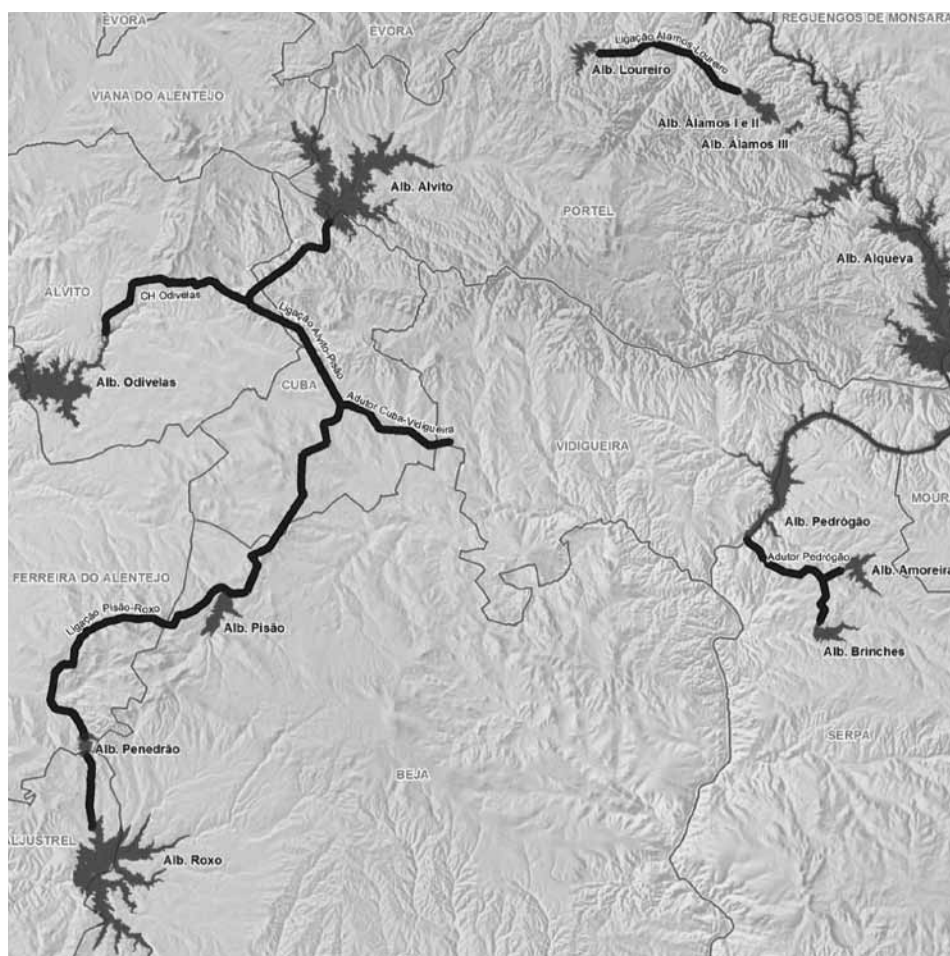


Figura 1 – Traçado dos canais Álamos-Loureiro, Alvito-Pisão-Roxo e Pedrógão - Margem Esquerda.

O subsistema do Ardila tem origem na barragem de Pedrógão, mais concretamente na Estação Elevatória do Pedrógão – Margem Esquerda, a qual permite elevar os caudais captados nessa albufeira até ao reservatório de Orada onde tem início um canal, o adutor do Pedrógão – Margem Esquerda. Esta infraestrutura, com cerca de 8 km, permite a adução dos caudais às albufeiras da Amoreira e de Brinches. Este canal apresenta as seguintes características principais:

- Caudal de dimensionamento 19,5 a 8,2 m³/s
- Perfil-tipo trapezoidal com taludes a 1V/1,3H
- Largura da soleira / altura 2,50 a 2,00 m / 3,00 a 2,30 m

2. CONCEPÇÃO DE CANAIS TRAPEZOIDAIS

2. 1. Concepção geral dos canais

A implantação de cada canal trapezoidal foi efectuada tendo por base preocupações de minimização dos seguintes principais factores:

- custos de execução e impacte ambiental dos troços de canal implantados a meia-encosta, por diminuição das zonas em escavação e em aterro;
- dimensão das grandes obras de betão armado, como sifões, e zonas de canal coberto, evitando locais de topografia acidentada;

- volumes de escavação ou de aterro nos troços de transposição de elevações do terreno ou linhas de água;
- desequilíbrio global entre os volumes de escavação e de aterro, reduzindo a dimensão dos locais de depósito ou de manchas de empréstimo.

Assim, em termos de traçado do canal, foram tidos em conta os seguintes critérios, os quais permitem otimizar a implantação das obras e que, em parte, resultam das principais preocupações atrás identificadas:

- seguir, na medida do possível, o traçado das curvas de nível, de modo a minimizar em cada secção o balanço entre escavação e aterro;
- diminuir o comprimento do canal e, conseqüentemente, aumentar a sua inclinação, reduzindo a dimensão da secção transversal;
- otimizar a dimensão e, sobretudo, o número de estruturas de controlo e regulação (comportas);
- minimizar a dimensão e o número de outras obras singulares (transições, descargas de fundo, sifões);
- proporcionar (com base no estudo do traçado) condições geológicas e geotécnicas equilibradas, tendo em conta o balanço entre características geotécnicas dos terrenos e dimensão das obras de fundação;
- integrar critérios funcionais, de segurança e económicos, bem como a programação de execução da própria obra (ex. localização e dimensão do estaleiro) na análise do traçado da obra.

Tendo, também, em conta o conhecimento das características do equipamento usualmente utilizado na execução de canais trapezoidais, bem como as condições impostas pelo referido equipamento, estabeleceram-se os seguintes critérios para definição do traçado:

- raio mínimo de curvatura em planta de 50 m, admitindo-se em casos excepcionais o raio de 30 m;
- definir troços em canal coberto (cut-and-cover) quando a altura de escavação máxima, acima do bordo do canal, fosse superior a cerca de 10 m;
- definir obras em aterro para a transposição pelo canal de linhas de água, com altura não superior a 10 m, medida entre o talvegue da ribeira e o bordo do canal;
- nas zonas de vale aberto (zonas planas) implantar o canal coberto ou em sifão invertido, de modo a atenuar o efeito de obstrução à passagem de pessoas, animais e máquinas agrícolas e atenuar o impacte visual da obra.

2. 2. Secção trapezoidal a céu aberto

2.2.1. Considerações prévias

A definição das principais características do perfil-tipo do canal precedeu as restantes actividades, uma vez que condiciona a definição do próprio traçado da obra e influencia os volumes de escavação e aterro necessários e, conseqüentemente, o custo das obras.

Por outro lado, é necessário ter em conta os processos construtivos que se prevê venham a ser adoptados. Tendo em conta o conhecimento que se tem sobre o equipamento que é usualmente utilizado em canais deste tipo, é possível estabelecer dimensões limite para o perfil do canal, nomeadamente no que se refere à largura mínima da soleira e à inclinação dos taludes.

Assim sendo, nos projectos desenvolvidos estabeleceram-se as dimensões e características para o perfil-tipo do canal trapezoidal que se apresentam de seguida.

2.2.2. Largura da soleira

A determinação da largura da soleira é efectuada com base numa análise técnico-económica, tendo em conta o processo construtivo utilizado e a necessidade de manutenção periódica do canal, em que deverá ser permitida a circulação de máquinas para a sua limpeza.

Neste sentido, tendo em consideração a largura necessária para o trânsito de máquinas durante a construção e posteriormente para manutenção, estabeleceu-se uma dimensão mínima para a largura da soleira de 2,00 m.

2.2.3. Inclinação dos taludes

Atendendo às características dos equipamentos disponíveis para construção de canais deste tipo, seria possível no limite adoptar uma inclinação dos taludes de 45° (1V/1H). No entanto, face à altura das secções e às características dos materiais para aterro (que constituem efectivamente a estrutura resistente da secção do canal), considerouse uma inclinação de 1V/1,3H.

2.2.4. Largura da banquetta exterior

Nos perfis a meia encosta (perfil misto com escavação e aterro), a banquetta exterior situa-se do lado contrário à encosta e destina-se à implantação do caminho de serviço.

A largura desta banquetta é condicionada pela utilização como faixa de rodagem do caminho de serviço, de manutenção e conservação, paralelo ao canal, assim como pela sua utilização durante a construção da obra.

A largura total da faixa de rodagem (largura da área pavimentada) para o trânsito de veículos de manutenção foi fixada em 3,50 m. A estes valores acresce a largura de 0,50 m correspondente ao extremo da laje de betão do canal e a berma de 0,50 m de largura do lado oposto ou a valeta triangular, consoante a banquetta se encontre em aterro ou em escavação.

2.2.5. Largura da banquetta interior

A banquetta interior é definida como a que se situa do lado da encosta nos perfis a meia encosta (perfil misto com escavação e aterro), ou a que se situa do lado contrário da banquetta com faixa de rodagem (perfis só em escavação ou só em aterro).

Nas zonas em escavação, a banquetta interior tem sobretudo a função de permitir a implantação de uma valeta de drenagem longitudinal dos taludes de escavação, protegendo o canal da queda de material das encostas. Pode ainda servir como pista para o trânsito pedonal afecto à manutenção e conservação do canal. Nas zonas em aterro terá apenas como função o trânsito pedonal.

Fixou-se em 2,00 m a largura total disponível nas zonas em que seja necessária a implantação de uma valeta e em 1,50 m a largura da banquetta nas zonas em aterro (sem valeta de drenagem).

2.2.6. Drenagem da fundação do canal

Nos troços em escavação ou a meia encosta, preconizou-se a colocação de uma geogrelha sob a base e sob os taludes até cerca de meia altura do canal (meia encosta) ou cerca de dois terços da altura do canal (escavação), a fim de garantir que não se desenvolvam subpressões sob a soleira e taludes (Figura 2).

As águas recolhidas são conduzidas a drenos longitudinais, colocados sob a laje de fundo do canal, constituídos por geodrenos colocados numa caixa de gravilha, envolta em geotêxtil. Estes drenos têm saída directa para o talude de aterro, quando as cotas altimétricas o permitem.

No entanto, em caso extremos, em trechos em que não é possível efectuar a descarga dos drenos, foram instaladas condutas sob a laje de fundo que colectam os caudais drenados e conduzem estes caudais, nalguns casos, até cerca de 2 km.

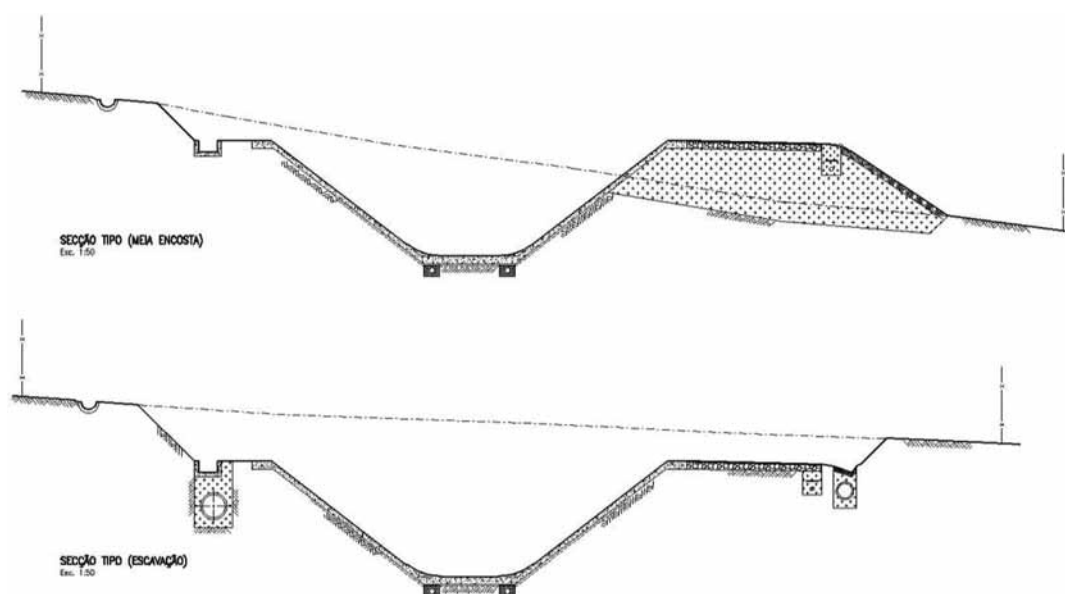


Figura 2 – Perfis transversais tipo dos canais. Secção em escavação e a meia encosta.

2.2.7. Folga

A folga de um canal é a distância vertical medida entre a superfície livre e o bordo, nas condições de dimensionamento, ou seja para o escoamento do caudal máximo derivável. O valor da folga a adoptar deve ser suficiente para que flutuações do nível no canal não conduzam ao seu transbordamento.

De modo geral, o valor da folga depende da velocidade, da altura do escoamento e da secção transversal do canal. Tendo em conta critérios habitualmente utilizados e que constam da bibliografia disponível, as folgas adoptadas nos vários casos são da ordem de 0,8 m.

2.2.8. Dimensionamento estrutural

O dimensionamento estrutural do canal inclui o dimensionamento das escavações e dos aterros que materializam a obra bem como das lajes de betão que assumem as funções de revestimento e impermeabilização.

Para dimensionamento estrutural das lajes de betão de revestimento dos canais, admitiram-se as acções do peso próprio, da pressão hidrostática, da variação diferencial de temperatura

entre as faces superior e inferior ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$), dos veículos que eventualmente possam circular no interior do canal para acções de manutenção ou de reparação (veículo da Classe II definida no RSA – 100 kN/eixo) e da retracção ($\epsilon_{cs} = -300 \times 10^{-6}$).

O dimensionamento conduziu a uma espessura tipo das lajes de betão de 0,12 m para os taludes que não estarão sujeitos a esforços estruturais e de 0,20 m para a laje de fundo (soleira).

Quanto às armaduras das lajes, admitiu-se a execução de duas hipóteses alternativas:

- betão armado com malhasol colocada a meio da espessura da laje;
- betão reforçado com fibras de aço.

Em todos os canais e para a grande maioria das secções, optou-se pela adopção de lajes de betão reforçadas com fibras de aço, devido ao seu menor custo, resultante sobretudo da maior facilidade e rapidez de execução.

2.2.9. Concepção e tratamento das juntas de construção e dilatação

Ao longo de todo o canal previu-se a execução de juntas esquadreladas, espaçadas de 4 m no sentido longitudinal do canal, bem como de duas juntas longitudinais nos taludes, situadas na generalidade 1,20 m acima da laje de fundo (Figura 3).



Figura 3 – Juntas nos canais. Aspecto do funcionamento do equipamento de betonagem, vibração e execução das juntas.

Nos troços em aterro, em que é necessário evitar fissurações que venham a permitir a passagem de água para o aterro e mitigar os efeitos dos assentamentos que se vierem a verificar, preconizou-se a construção de juntas totais de dilatação com colocação da membrana de estanquidade, afastadas transversalmente de 12, 24 ou 36 m, consoante a variação longitudinal da altura do aterro. Para permitir um apoio mais resistente às juntas, preconizou-se a colocação sob a junta de lajetas de betão armado, pré-fabricadas, com 5 cm de espessura.

Nas juntas de construção resultantes da suspensão da betonagem contínua do canal, previu-se a instalação de um perfil hidroexpansivo após tratamento da junta.

2.3. Automação e regulação

O esquema de regulação dos canais foi definido de modo a que proporcione uma capacidade de resposta adequada às necessidades de derivação de água ao longo dos canais. A regulação dos caudais derivados será efectuada com controlo por montante, embora com base nos níveis a

jusante. O controlo dos caudais nas secções finais e intermédias dos vários troços de canal é efectuado através de comportas planas com servomotor hidráulico.

O dimensionamento das comportas de regulação instaladas no final de cada trecho de canal foi efectuado tendo em consideração o caudal máximo a derivar, a carga máxima a montante e o desnível mínimo admissível entre os planos de água respectivamente a montante e a jusante das comportas. As comportas deverão funcionar afogadas por jusante. As comportas estão instaladas em estruturas de regulação, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4 – Estrutura de regulação do canal Písão-Roxo.

Para regulação do funcionamento do canal, preconizou-se a instalação de sistemas de medição de nível e de caudal a montante das estruturas de regulação e de medição de nível a montante dos sifões.

Para a avaliação do estado de colmatção das grelhas na entrada dos sifões e nas derivações para a rede secundária de rega, preconizou-se a instalação de sistemas de medição de nível a montante e a jusante de tais grelhas.

Os sistemas de medição de nível são essencialmente constituídos por uma sonda do tipo hidrostática adequada para uma medição em superfície livre, constituída por um sensor de pressão e por um transdutor instalado no interior do respectivo corpo.

Para a medição de caudais, previu-se a instalação de um sistema de medição adequado para instalação em canal aberto, esporadicamente com águas muito carregadas, com quatro planos colocado a montante das comportas de regulação e com dois planos instalado a jusante das comportas das derivações. O equipamento de medição de caudal utilizará a tecnologia ultra sónica para a medição do tempo de trânsito de um sinal, em múltiplos percursos, tendo em vista uma medição de caudal com precisão requerida para o controlo do canal.

2. 4. Obras acessórias

2.4.1. Descargas de fundo

O canal tem descargas de fundo instaladas junto às estruturas de regulação ou obras de entrada dos sifões que permitirão, sobretudo, a descarga de sedimentos acumulados na zona

baixa do canal situada junto às referidas estruturas. Permitem, ainda, em caso de necessidade, o esvaziamento do canal, nomeadamente dos troços situados a montante de cada descarga.

Estas descargas são constituídas por uma comporta de corrediça instalada no muro lateral do canal, por uma tubagem de Ferro Fundido Dúctil (FFD) DN 300 mm e uma estrutura de dissipação de energia por impacto, situada na extremidade de jusante da tubagem. A restituição à linha de água mais próxima será efectuada por um canal escavado. O tabuleiro será manobrado por um volante apoiado numa peanha instalada superiormente à comporta.

2.4.2. Passagens superiores

De forma a permitir o atravessamento de pessoas, animais e veículos em condições de segurança e restabelecendo caminhos existentes ou permitindo o traçado de novos caminhos, foram previstas diversas passagens superiores ao longo dos canais (Figura 5).



Figura 5 – Passagem superior.

De um modo geral, a solução estrutural das passagens superiores é constituída por um tabuleiro de um só vão que apoia em encontros betonados *in situ*. Transversalmente, o tabuleiro apresenta uma plataforma de 6,50 m de largura total que comporta uma faixa de rodagem de 6,00 m e duas vigas de bordadura de 0,25 m, que suportam os guarda-corpos.

2.4.3. Rampas de salvamento e acesso

Estas rampas permitem a saída de animais e pessoas que involuntariamente caem no canal quando houver escoamento. Previu-se a instalação transversal ao canal de cabos de salvamento com bóias, de modo a facilitar a aproximação e o acesso à rampa a partir do interior (Figura 6). As rampas permitem também o acesso ao interior da obra de máquinas e viaturas afectas a serviços de manutenção e limpeza.



Figura 6 – Rampa de salvamento e acesso ao canal.

A generalidade dos troços tem, para além de uma rampa junto ao extremo de jusante do troço, também uma junto à respectiva extremidade de montante, de modo a permitir que o acesso de máquinas e viaturas possa ser efectuado pelos dois extremos. Previu-se a instalação de rampas a montante de qualquer estrutura singular no canal, como sifões, comportas ou troços de canal coberto.

2.4.4. Escadas de salvamento e acesso

Este tipo de escadas permite a saída de pessoas que involuntariamente caem no canal. Foram instalados cabos com bóias transversalmente ao canal que facilitem a aproximação e o acesso à escada quando exista escoamento. As mesmas escadas permitirão o acesso ao interior do canal de pessoal para efeito de manutenção e limpeza, quando este estiver a seco.

As escadas serão construídas com perfis de aço galvanizado. A sua fixação ao talude do canal é efectuada por aparafusamento após a respectiva betonagem. A concepção das escadas metálicas teve em conta o objectivo de não perturbação do escoamento no canal e, conseqüentemente, de minorar a possibilidade de fixação de material transportado pelo escoamento.

2.4.5. Descarregadores de segurança

Tendo por objectivo a minimização das descargas dos canais para as linhas de água adjacentes, não só para diminuição de perdas operacionais mas também para redução do risco da mistura das águas, foi implementado um adequado sistema de automação, controlo e regulação hidráulica (mecânico e eléctrico) em cada canal.

No entanto, em situação excepcional (de emergência) em que o volume excessivo de água possa levar a uma ruptura local ou geral das obras, será necessário efectuar o fechamento rápido e simultâneo das comportas de montante e jusante de cada trecho, havendo por isso a necessidade de prever a existência de descarregadores para escoar para fora do canal os caudais em excesso.

Os descarregadores foram localizados a montante das comportas de regulação e seccionamento existentes. Para a sua materialização, foram instaladas estruturas em sifão (do tipo SAFETY SIPHONS® – ALSTOM), dimensionados de forma a poder descarregar o excesso de caudal em caso de acidente (ex. rotura do canal) ou funcionamento deficiente das comportas (Figura 7).



Figura 7 – Descarregador de segurança.

2. 5. Medidas Ambientais

2.5.1. Considerações prévias

Em termos ambientais, os projectos dos canais previram a implementação de medidas que permitem mitigar os impactes negativos decorrentes dos efeitos barreira e armadilha associados a uma obra linear deste tipo. Para além disso, foram adoptadas medidas para reduzir o risco da mistura das águas de diferentes bacias hidrográficas.

Estas tipologias de impacte são, de resto, consensualmente consideradas como as afectações potencialmente mais gravosas que os canais em fase de exploração poderão representar para o ambiente e, mais concretamente, para a Biota.

2.5.2. Atenuação do efeito barreira - Passagens para fauna

Para a atenuar o efeito barreira provocado pela existência dos canais a céu aberto, foram previstas passagens específicas para fauna (tipo passagem hidráulica – que permite a travessia sob o canal, ou tipo passagem superior, em áreas de maior relevância faunística) que permitirão o atravessamento de animais de médio porte.

Para os animais de pequeno porte e para espécies mais tolerantes à perturbação de origem antrópica, foram previstas zonas específicas de circulação nas passagens superiores (Figura 8).



Figura 8 – Zonas de passagem para fauna nas passagens superiores.

2.5.3. Redução do efeito armadilha - Vedações

A fim de reduzir o efeito armadilha e impedir o acesso fácil de pessoas e animais ao canal, previu-se a colocação de uma vedação em rede progressiva de arame, com prumos de madeira impregnados em autoclave, afastados de 4 m, com arame farpado no topo e na base.

A altura da vedação acima do solo será de 1,50 m, ficando a fiada de arame farpado e o extremo superior da rede, respectivamente 5 cm e 15 cm abaixo do topo dos postes. Previu-se, ainda a instalação de uma rede adicional com 1,00 m de altura para impedir a passagem de pequenos animais, quer através, quer por baixo da vedação, que deverá ter uma malha 2'5 cm e será enterrada cerca de 0,4 m – Figura 9.

As vedações são interrompidas por portões metálicos de duas folhas com 4 m de largura, nas zonas de acesso a veículos, e por portões de madeira com 0,80 m de largura, nas zonas em que apenas se permita o acesso a peões.



Figura 9 – Vedações.

2.5.4. Minimização do risco da mistura das águas de diferentes bacias hidrográficas - Bacias de retenção de caudais nos descarregadores de segurança

Tendo por objectivo a minimização das descargas dos canais para as linhas de água adjacentes, não só para diminuição de perdas operacionais mas também para redução do risco da mistura das águas de diferentes bacias hidrográficas, foi implementado um adequado sistema de automação, controlo e regulação hidráulica (mecânico e eléctrico) em cada canal.

No entanto, em situação excepcional (de emergência) em que o volume excessivo de água no canal possa levar a uma ruptura local ou geral das obras, será necessário efectuar o fechamento rápido e simultâneo das comportas de montante e jusante de cada trecho, havendo por isso a necessidade de prever a existência de descarregadores de segurança para escoar para fora do canal os caudais em excesso.

Os caudais descarregados poderão não ser compatíveis com a capacidade das linhas de água adjacentes, pelo que foi necessário elaborar um projecto de infra-estruturas para mitigação do impacto das descargas dos descarregadores de segurança.

Pretendeu-se que o projecto indicasse a melhor solução possível, dos pontos de vista técnico, financeiro e ambiental para que, na eventualidade da entrada em funcionamento dos descarregadores de segurança, os caudais descarregados provoquem o menor impacto negativo possível a jusante, tendo em conta as questões relativas aos fenómenos de erosão, de alagamento de terrenos e de mistura de águas.

Sendo os caudais descarregados elevados (uma vez que os volumes são descarregados em curtos períodos de tempo), optou-se por criar pequenos reservatórios (ou bacias de retenção) – Figura 10 – que colectam os volumes máximos que é previsível descarregar, sendo estes posteriormente escoados para jusante com pequenos caudais, consentâneos com a capacidade das linhas de água que lhes estão mais próximas. Pretende-se, ainda, que os reservatórios estejam vazios quando ocorrerem as descargas de segurança.



Figura 10 – Bacia de retenção.

3. REFORÇO DE CANAIS. CASO DE ESTUDO: TROÇO DO CANAL PISÃO-ROXO JUNTO À PEDREIRA DE BERINGEL

O troço Pisão-Roxo encontra-se implantado, numa extensão de cerca de 1 km, numa zona anexa à pedreira existente entre Beringel e Ferreira do Alentejo. Nesta zona, o traçado foi condicionado quer pela orografia do terreno quer pelo traçado do futuro IP8 junto à estrada EN121 existente. Encontrando-se a pedreira em exploração, e antes da construção do canal, procedeu-se a medições das velocidades de vibração resultantes dos trabalhos de desmonte com explosivos efectuados na pedreira por forma a avaliar as implicações na estrutura do canal.

De acordo com a NP 2074, de 1983, o valor limite da velocidade de vibração é função do produto de três coeficientes. Um coeficiente que tem em conta as características do terreno de fundação (no presente caso foi adoptado o valor 2 correspondente a rochas e solos coerentes rijos), um coeficiente que tem em conta o tipo de construção (0,5 no presente caso tratando-se de uma construção que exige cuidados especiais) e um coeficiente que tem em conta o número médio de solicitações (no presente caso assumiu-se o valor 1 tendo em conta que o número médio de solicitações diárias será inferior a 3).

Por aplicação da referida expressão verifica-se que para a estrutura do canal, a velocidade máxima de vibração deverá ser de 10 mm/s. Este valor não deverá ser excedido sob pena de poder ocorrer fendilhação, que no caso de um canal poderá conduzir a perdas de água e à consequente inoperacionalidade. Refira-se que, caso se considerasse o canal como uma construção corrente, o valor limite da velocidade de vibração passaria a ser de 20 mm/s.

De forma a verificar as velocidades de vibração no troço de canal junto à pedreira, efectuou-se o registo das velocidades de vibração decorrentes dos rebentamentos efectuados na pedreira entre os dias Julho e Setembro de 2008. No Quadro 1 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 1 – Resumo dos registos das velocidades de vibração.

Data	Local	Distância ¹ (m)	Altura bancada (m)	Carga total (kg)	Velocidade de vibração ² (mm/s)
31-07-2008	Piso 4	315	7	1 050	13.4
07-08-2008	Piso 2	368	11	1 750	4.03
11-08-2008	Fundo da pedreira	210	Piso térreo	1 400	18.9
14-08-2008	Fundo da pedreira - Piso n.º 5	202	11	1 475	5.7
18-08-2008	Fundo da pedreira - Piso n.º 5	202	11	1 500	6.27
04-09-2008	Fundo da pedreira - Piso n.º 5	202	11	1 900	9.04
16-09-2008	Fundo da pedreira - Piso n.º 5	202	12.5	1 800	3.35

Notas:

¹ Distância entre a zona do rebentamento e o ponto de medição da vibração; o ponto de medição não se localiza exactamente no eixo do canal mas a cerca de 100 m; Assim, a distância entre a zona de rebentamento e o canal é a que consta do quadro anterior acrescida de cerca de 100 m.

² A velocidade de vibração indicada corresponde à resultante das componentes transversal, vertical e longitudinal da velocidade de vibração.

Na Figura 11 apresenta-se a localização do canal bem como do local onde foram efectuados os registos de vibrações. Dos resultados obtidos constata-se que dos sete registos disponíveis, apenas em dois rebentamentos as velocidades de vibração excedem o limite admissível. No entanto, verificase que, em qualquer desses dois casos, o valor obtido não excede o limite para construções correntes [20 mm/s]. Com base na análise dos valores do Quadro 1 verificou-se não ser possível obter uma relação directa entre a velocidade de vibração e a carga total ou a distância ao ponto de registo. Por exemplo no rebentamento de 11/08/2008 realizado no fundo da pedreira (piso térreo), a cerca de 300 m do canal, com uma carga de 1 400 kg obteve-se uma velocidade de vibração duas vezes superior à obtida no rebentamento de 04/09/2008 realizado no fundo da pedreira (piso n.º 5) a uma distância igualmente de cerca de 300 m, mas com uma carga de 1 900 kg.



Figura 11 – Canal Pisão-Roxo, na zona da Pedreira. Traçado, localização do ponto de registo de vibrações e limites da zona de reforço do canal.

Em face dos resultados obtidos, entendeu-se prudente proceder à protecção/reforço do canal no troço entre os km 4+850 e km 6+300. Tendo em vista evitar fissurações excessivas, a solução proposta para o reforço do canal passou pelo aumento da densidade das fibras em 50%. Para além disso, propôs-se, ainda, a colocação de uma geomembrana de PVC sobre o betão de forma a garantir a impermeabilização do canal em caso de fissuração excessiva do betão.

4. MONITORIZAÇÃO DA ADEQUABILIDADE DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS

Todas as estruturas descritas nesta comunicação estão já construídas, não se tendo verificado problemas relevantes na execução das respectivas obras.

A generalidade destas obras está em fase de exploração apenas há cerca de dois anos, pelo que os caudais aduzidos estão distantes dos de dimensionamento (actualmente estará a funcionar cerca de 50% da área de rega prevista).

No entanto, há desde já a destacar o seguinte:

- veio a confirmar-se em obra que a opção por lajes de betão reforçadas com fibras de aço facilitou bastante a execução do canal, permitindo rendimentos de trabalho impossíveis de alcançar caso fosse utilizada uma solução tradicional de betão armado; verifica-se, também, que em termos de resistência e impermeabilidade, esta solução tem vindo a confirmar-se adequada durante o (curto) período de exploração que entretanto decorreu;
- o sistema de drenagem da fundação das lajes, com complexidade bastante superior ao utilizado em casos análogos, revelou-se indispensável tendo em conta os elevados níveis freáticos existentes e as características geométricas das obras;
- tendo em conta o período que já decorreu desde a conclusão das obras, parece confirmar-se a adequabilidade e a importância do sistema de juntas transversais e longitudinais adoptado, designadamente para fazer face aos (previsíveis) assentamentos, com especial relevo nas zonas de aterro;
- o sistema de automação e regulação do funcionamento dos canais foi totalmente instalado e encontra-se pronto para funcionar; no entanto, tem-se verificado instabilidades na regulação de níveis e caudais, pelo que, aliás como previsto, exige-se a sua aferição e calibração durante a exploração de modo a melhorar o seu funcionamento;
- especificamente em relação ao sub-sistema de Alqueva, dever-se-á articular eventuais futuros ajustes nos autómatos com os resultados do modelo de simulação e optimização do funcionamento do sub-sistema, o qual a AQUALOGUS está actualmente a desenvolver;
- relativamente às medidas ambientais, refere-se que está a ser implementado o Programa de Monitorização da Eficácia das Medidas de Minimização do Efeito Barreira e do Efeito Armadilha nos troços de ligação definidos no âmbito do referido programa, o qual tem demonstrado que as passagens superiores e inferiores são frequentemente utilizadas por animais domésticos e por diferentes espécies de fauna silvestre.

Os aspectos que agora se destacam terão que continuar a ser acompanhados durante a fase de exploração das obras, de modo a confirmar a adequabilidade das soluções adoptadas e a avaliar a necessidade de eventuais ajustes.

A PROBLEMÁTICA DAS CAPTAÇÕES DIRECTAS EM ALBUFEIRAS O CASO DO SISTEMA ALQUEVA-PEDRÓGÃO: CONDICIONANTES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Ana ILHÉU¹

Margarida BRITO²

David CATITA³

RESUMO

No âmbito da assinatura do Contrato de Concessão relativo à utilização dos recursos hídricos no Sistema Primário do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) entre a EDIA e o Estado Português, a 17 de Outubro de 2007, a EDIA assumiu as prerrogativas de autoridade e respectivas competências que lhe dão corpo relativamente quer à emissão dos títulos de utilização privativa do domínio público hídrico do EFMA para captação de água para rega e produção de energia eléctrica, quer no que respeita à fiscalização do exercício por terceiros desses mesmos direitos de utilização privativa.

O Sistema Alqueva-Pedrógão constitui a origem de água do EFMA, permitindo a beneficiação de cerca de 119 000 ha a jusante do mesmo, pelo que a existência de captações directas neste Sistema, não pode constituir uma condicionante à exploração do mesmo, quer ao nível de quantidade quer ao nível de qualidade da água. Assim, a EDIA, desde logo, procedeu à análise e ponderação de um conjunto de condicionantes associadas à localização, exploração e manutenção deste tipo de captações. Neste contexto foram definidas um conjunto de directrizes a observar na análise dos pedidos, bem como tipologia de soluções a implementar no terreno, tendo para o efeito realizado um balanço técnico-ambiental das mesmas. Foi ainda desenvolvida internamente e de raiz uma aplicação informática, com suporte em informação geográfica para apoio à análise dos pedidos.

Palavras Chave: Albufeira, Captação, Agricultura, Ambiente, Rega

¹ Eng.ª do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, ailheu@edia.pt

² Eng.ª do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, mbrito@edia.pt

³ Ciências do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, dcatita@edia.pt

1. ENQUADRAMENTO

No âmbito do disposto na Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro e respectivo quadro legal a 17 de Outubro de 2007 a EDIA e o Estado Português assinaram um Contrato de Concessão relativo à utilização dos recursos hídricos no Sistema Primário do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA). Neste Contrato foram ainda atribuídas à EDIA as prerrogativas de autoridade e respectivas competências que lhe dão corpo relativamente quer à emissão dos títulos de utilização privativa do domínio público hídrico do EFMA para captação de água para rega e produção de energia eléctrica, quer no que respeita à fiscalização do exercício por terceiros desses mesmos direitos de utilização privativa. Neste contexto a EDIA tem procedido à atribuição de títulos de utilização privativa dos recursos hídricos, cujo fim é a captação de água para rega, de acordo com a legislação em vigor nesta matéria, designadamente o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.

O Sistema Alqueva-Pedrogão constitui a origem de água do EFMA, permitindo a beneficiação de cerca de 119 000 ha a jusante do mesmo, pelo que a existência de captações directas neste Sistema, não pode constituir uma condicionante à exploração do mesmo, quer ao nível de quantidade quer ao nível de qualidade da água. Assim, a EDIA, desde logo, procedeu à análise e ponderação de um conjunto de condicionantes associadas à localização, exploração e manutenção deste tipo de captações.

2. CONDICIONANTES TÉCNICO-AMBIENTAIS

As condicionantes em equação e associadas ao processo de análise dos pedidos de captação de água para regar directamente do Sistema Alqueva-Pedrogão prendem-se com:

- O tipo de captação a instalar, a qual deve ser viável tecnicamente face ao regime de exploração das albufeiras, especialmente da albufeira de Pedrogão com variações de cota diárias;
- O volume solicitado pelo requerente considerando a cultura e área a instalar;
- O volume de água disponível, atendendo aos consumos previstos para os blocos de rega do EFMA e de forma a não condicionar a sua exploração;
- A existência de captações directas a partir do rio Guadiana previamente ao enchimento do Sistema Alqueva-Pedrogão e à assinatura do contrato de concessão referido anteriormente;
- As disposições resultantes do Plano de Ordenamento das Albufeiras de Alqueva e Pedrogão (POAAP), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 94/2006, de 4 de Agosto;
- A sobreposição das áreas a regar com áreas definidas em instrumentos de gestão territorial como sejam a Rede Natura 2000 ou a Reserva Ecológica Nacional.
- A interferência ou não com projectos da EDIA de minimização e compensação de impactes ambientais, nomeadamente ao nível do património cultural e de projectos de beneficiação do coberto vegetal;
- A inclusão ou não da área a regar em futuros blocos do EFMA;
- A adopção de boas práticas agrícolas e ambientais, por forma a não comprometer a qualidade de água das albufeiras.

Com base nestas condicionantes a EDIA definiu um conjunto de directrizes internas para análise e instrução dos processos, as quais foram agrupadas nas seguintes tipologias:

- Volumes de água;
- Tipos de captação;

- Instrumentos de gestão territorial;
- Interferências com o EFMA;
- Boas práticas agrícolas e ambientais.

Durante o processo de análise dos pedidos é devidamente ponderado se a captação em análise é prévia ou não à assinatura do Contrato de Concessão, no qual ficaram salvaguardadas as captações existentes em 2007, sendo que algumas captavam do rio Guadiana, previamente ao enchimento das albufeiras de Alqueva e Pedrógão. Estas foram assumidas como um compromisso prévio, no entanto todo o processo de análise do pedido obedece aos mesmos requisitos elencados ao longo da comunicação.

2. 1. Volumes de Água

Na fase de análise do pedido de captação de água para rega são considerados os seguintes aspectos:

- Volume de água solicitado quer em ano médio, quer em ano seco;
- Área a regar na fase inicial do pedido e no horizonte de projecto;
- Cultura(s) a instalar e respectiva dotação cultural;
- Disponibilidade de água face aos consumos previstos para os blocos de rega do EFMA, para que a exploração destes últimos não seja condicionada;
- Se a captação constitui a principal origem de água para a área a regar ou se constitui um reforço ou uma reserva de água.

Numa primeira fase é efectuada uma análise do pedido face à área a regar e a dotação da (s) cultura(s) a instalar, bem como do mapa de exploração fornecido pelo requerente, de forma a avaliar se o volume solicitado é excessivo ou não atendendo às características do pedido. Esta análise é efectuada para a fase inicial do projecto e para o horizonte do mesmo.

Caso o volume solicitado seja considerado adequado proceder-se-á a avaliação da disponibilidade de água existente no Sistema Alqueva-Pedrógão. Quando em 2007 a EDIA iniciou o processo de atribuição de títulos de utilização privativa dos recursos hídricos para a captação de água para rega foi efectuada um estudo interno de um conjunto de pressupostos que visava definir qual a disponibilidade de água existente no Sistema Alqueva-Pedrógão para as captações directas. Para o efeito foram considerados os seguintes pressupostos:

- Evolução do início do funcionamento dos blocos de rega do EFMA;
- Taxa de adesão dos agricultores ao regadio;
- Taxa de ocupação das áreas regadas;
- Dotação média de rega por hectare;
- Área já beneficiada com regadios individuais;
- Critérios de dimensionamento.

Na sequência desse estudo foi determinado um volume de água para o período compreendido entre 2008 e 2013/2014. Assim, os volumes solicitados pelos requerentes são analisados dentro do valor estimado em 2008 e em função dos volumes já atribuídos, com o objectivo de avaliar a disponibilidade de água existente e que não comprometa a exploração dos blocos de rega associados ao EFMA.

2.2. Tipo de captação

Ao nível de tipologia de captação a instalar pelos requerentes existem diferentes hipóteses, com vantagens e desvantagens:

- As captações directas podem ser realizadas através de bombas submersíveis, instaladas em rampas fixas na margem, sendo esta tipologia de captação apenas possível antes do enchimento das albufeiras, uma vez que exige que o sistema de captação possa descer abaixo do nível mínimo de enchimento, geralmente através de um sistema de calhas ancoradas numa rampa de betão, o que é tecnicamente inviável após a existência do plano de água;
- A captação de água pode também ser realizada através de bombas instaladas em poços drenantes, localizados abaixo da cota mínima de enchimento, que recebem a água por percolação através de uma zona com maior porosidade. Este tipo de captação exige um elevado esforço construtivo na margem, com inevitáveis impactes negativos associados, resultando contudo numa solução técnica pouco duradoura, já que pode ocorrer a deposição de sedimentos dentro do poço, impedindo o adequado funcionamento da bombagem, situações de entupimento ao longo do sistema de rega e obrigando a uma limpeza constante dos filtros, à qual estão associados custos energéticos significativos;
- As captações de água podem ainda ser realizadas através de sistemas de bombagem instalados em plataformas flutuantes (jangadas), as quais acompanham as variações de cota das albufeiras, captando em permanência a água no ponto mais elevado da coluna de água, e como tal, mais isenta de sedimentos, favorecendo a durabilidade do sistema de rega e a redução dos custos de desgaste e limpeza do sistema. Este tipo de captação possibilita eventuais acções de manutenção, uma vez que se trata de um sistema com elevada mobilidade.



Figura 1 - Captação em jangada com um gerador instalado na margem.

A fonte energética que alimenta cada bombagem é também crucial para a conformidade ambiental de todo o sistema de captação, uma vez que se for necessário recorrer à produção local de energia, com gerador alimentado a combustíveis fósseis, resulta num elevado risco ambiental,

resultante por um lado, da proximidade da massa de água, e por outro à elevada quantidade de combustíveis armazenados e à reduzida qualidade deste tipo de sistemas. Neste ponto importa referir que o POAAP prevê que as captações de água para rega devem ser constituídas por grupos de bombagem alimentados através de energia eléctrica, sempre que tecnicamente viável. No entanto, existem algumas excepções nomeadamente o caso das moto-bombas, sendo apenas admitida quando não existe outra alternativa viável como é o caso dos pequenos horticultores em parcelas arrendadas.

2. 3. Instrumentos de Gestão Territorial

Na análise do pedido é devidamente ponderada a localização da captação a instalar, bem como a localização da área a regar, à qual é dada uma especial atenção. Os aspectos considerados são:

- As disposições resultantes do POAAP, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 94/2006, de 4 de Agosto;
- A sobreposição das áreas a regar com áreas definidas em instrumentos de gestão territorial como sejam a Rede Natura 2000.

No caso do POAAP é analisado se a área a regar abrange a zona reservada da albufeira (faixa de 50 m) ou se abrange a zona de protecção da albufeira (faixa de 500 m) e qual a classificação dessa zona, nomeadamente se abrange áreas de conservação ecológica, áreas de especial interesse cultural, áreas de valorização ambiental e paisagística e áreas agrícolas e florestais. Mediante a localização da área são definidas medidas distintas, em consonância com o estabelecido no POAAP. Em alguns casos em que se pretende instalar novas culturas na zona reservada é articulado com o requerente a retirada dessa área, especialmente quando a mesma abrange áreas classificadas como áreas de conservação ecológica.

Outro aspecto considerado é a sobreposição das áreas a regar com áreas classificadas no âmbito dos diferentes instrumentos de gestão territorial. Na área de influência do Sistema Alqueva-Pedrogão existem três zonas classificadas, no âmbito da Rede Natura 2000: Zona de Protecção Especial Moura-Mourão-Barrancos, Zona de Protecção Especial de Reguengos e o Sítio de Interesse Comunitário Guadiana/Juromenha. De acordo com o Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de Abril, republicado através do Decreto-Lei n.º 49/2005 sempre que se verifique uma alteração do uso do solo em áreas contínuas superiores a 5 ha e integradas na Rede Natura 2000 é necessário solicitar parecer ao Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade, sendo esse requisito assegurado.

2. 4. Interferências com o EFMA

Neste domínio, durante a fase de análise do pedido é analisado se este interfere de alguma forma com o EFMA quer ao nível de medidas de minimização e compensação implementadas pela EDIA, quer ao nível de exploração do Empreendimento. Assim, verifica-se se a instalação da captação e da área a regar se sobrepõe as áreas onde estão registados vestígios arqueológicos e/ou elementos com interesse patrimonial, sendo que caso se verifique esta situação é solicitado parecer às entidades com competência na matéria. Nesta fase verifica-se ainda se o pedido não interfere com outras medidas de minimização e compensação, promovidas pela EDIA, como seja a instalação de projectos de beneficiação do coberto vegetal.

Nesta fase é analisado se a área a regar poderá estar ou não incluída em blocos de rega do EFMA, sendo que esta situação é particularmente relevante na albufeira de Pedrogão, sendo este

assunto desenvolvido no número 4, de forma mais aprofundada. Caso se verifique esta situação no título emitido é, desde logo, salvaguardado que após a entrada em exploração dos blocos, este será revisto de forma a contemplar este aspecto e a área beneficiada pelo bloco deixa de ser considerada no título.

2. 5. Boas Práticas Agrícolas e Ambientais

A EDIA, na fase inicial de análises dos pedidos, definiu um conjunto de boas práticas agrícolas e ambientais com base nos seguintes princípios:

- Conservação e promoção da galeria ripícola e da estrutura sinuosa e natural de linhas de água e ribeiras, sem aplicação de herbicidas em taludes ou margens;
- Minimização ou eliminação de fenómenos erosivos e de perda de solo, através da recuperação da adequada estrutura e características químico-biológicas deste;
- Protecção e promoção da biodiversidade, potenciando o mosaico rural, as culturas intersticiais ou intercaladas, os bosquetes, as galerias ripícolas, as zonas de rochas, as pequenas massas de água e a diversidade dentro da exploração;
- Fertilização através da reutilização e valorização de subprodutos da exploração ou de explorações próximas, reduzindo os resíduos produzidos e as necessidades de novos factores de produção e respectivo transporte;
- Correcto armazenamento, gestão e aplicação de factores de produção e resíduos, reduzindo a aplicação da água, adubos e produtos fitofarmacêuticos ao mínimo necessário e indispensável a uma gestão agronómica sustentável.

As medidas são definidas e adaptadas consoante o pedido apresentado, sendo que as diferentes medidas que constam dos títulos visam a protecção e conservação dos recursos hídricos e do solo, uma vez que estes são factores chave para o sucesso do EFMA.

3. GESTÃO DE LICENCIAMENTO DE CAPTAÇÕES

A EDIA desenvolveu uma aplicação de suporte aos processos de decisão e gestão relativos ao licenciamento de captações de água para rega denominada de “Gestão de Licenciamento de Captações”, a qual permite a visualização da informação geográfica relevante para o processo de análise, integrada com a informação alfanumérica produzida durante todo o ciclo de vida dos requerimentos e licenciamentos, desde a entrada do requerimento à fiscalização de campo após o licenciamento. Esta ferramenta permite ainda recolher, reunir e sistematizar toda a informação associada ao processo de licenciamento, nomeadamente a informação resultante dos formulários, preenchidos pelo requerente, a análise das condicionantes, os vários pareceres necessários à decisão final, a recolha de registos fotográficos, relatórios de fiscalizações e notas de liquidação referentes à Taxa dos Recursos Hídricos.

Esta aplicação (Vd. Figura 2) permite, assim, a compilação da informação referente aos diferentes pedidos, bem como o acompanhamento dos mesmos de forma sistematizada, ao longo de todo o processo, desde a fase de instrução do pedido até ao expirar da validade do título.

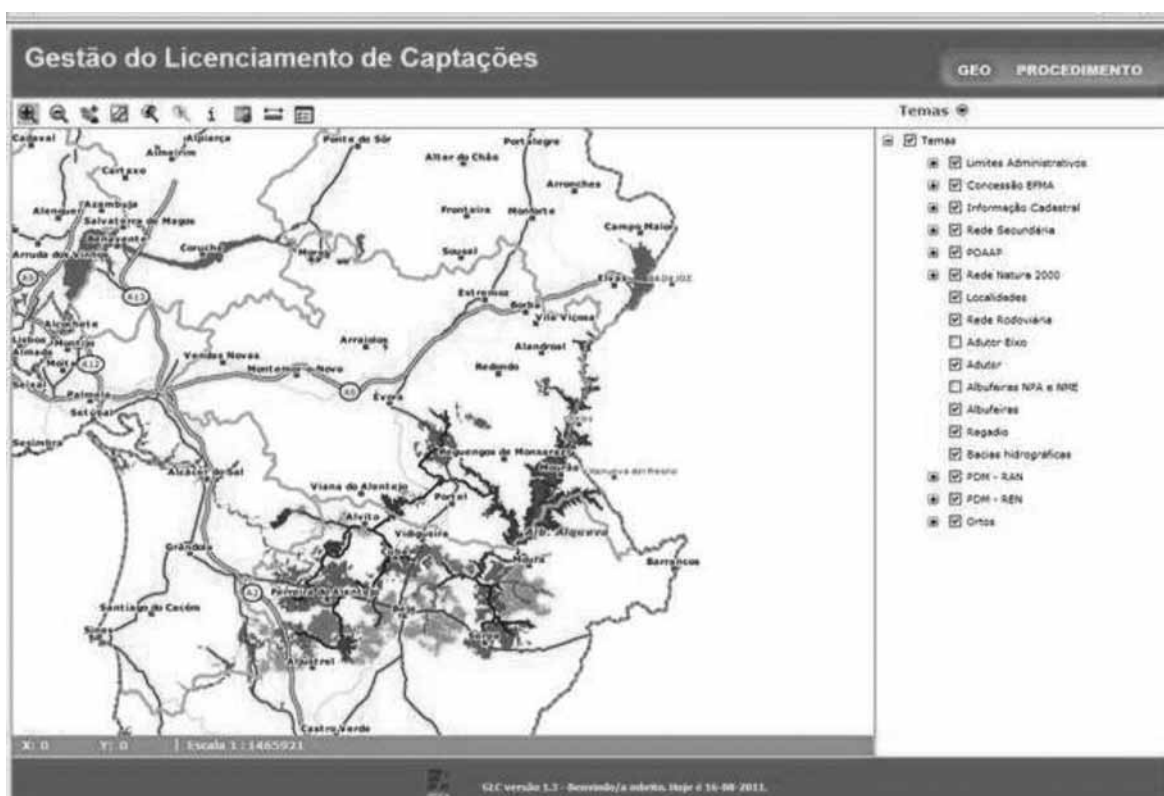


Figura 2 - Aplicação informática – Gestão de Licenciamento de Captações.

4. ANÁLISE DO PROCESSO

Desde a assinatura do Contrato de Concessão, em 2007, que se verificou um elevado número de pedidos para instalar captações directas do Sistema Alqueva-Pedrógão, sendo que alguns desses pedidos referiam-se a captações pré-existent ao enchimento das Albufeiras e outros casos transitaram da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo, onde os processos tinham sido inicialmente instruídos. Actualmente, e à medida que os títulos têm sido emitidos, bem como com a entrada em exploração dos blocos de rega do EFMA verifica-se uma diminuição do número de pedidos.

No final do mês de Julho de 2011 o número de pedidos efectuados até à data era de 96, sendo que alguns foram indeferidos, outros referem-se a pedidos cuja validade dos títulos é inferior a 1 ano, uma vez que se referem a culturas anuais. Existem ainda alguns pedidos para captar água directamente de outras albufeiras integradas no EFMA como sejam as albufeiras dos Álamos e do Penedrão. Em relação ao Sistema Alqueva-Pedrógão o ponto de situação, no final de Julho de 2011, é o apresentado no Quadro 1 e no Quadro 2.

Quadro 1 – Síntese dos processos de captação de água para rega por estado do processo – Sistema Alqueva-Pedrógão

Estado do processo	Deferido	Em apreciação	Total
N.º de processos	33	25	58
Volume licenciado (m³)	16 419 954	7 487 757	23 907 711
Área (ha)	5 134	2 411	7 545

Quadro 2 – Síntese dos processos de captação de água para rega - Sistema Alqueva-Pedrógão

Origem de água	N.º processos	Volume (m³)	Área (ha)
Alqueva	38	16 294 885	5 385
Pedrógão	20	7 612 826	2 160
Total	58	23 907 711	7 545

Na Figura 3 é apresentada a distribuição do volume solicitado/atribuído por origem de água: albufeira de Alqueva e albufeira de Pedrógão. Verifica-se que cerca de 68% do volume solicitado para rega tem origem na albufeira de Alqueva.

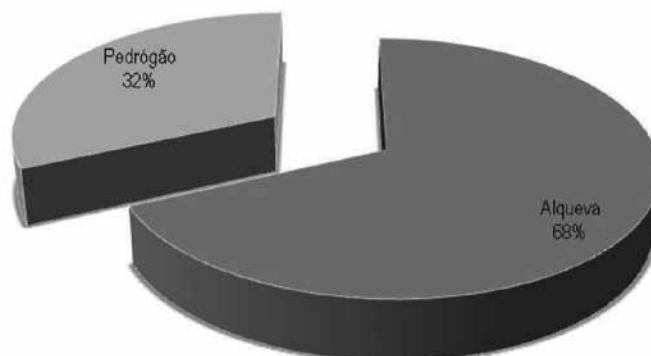


Figura 3- Distribuição do volume (m3) solicitado/atribuído por origem de água.

Em relação a área a regar/regada com origem de água no Sistema Alqueva-Pedrógão verifica-se que cerca de 71% dessa área é beneficiada com água proveniente da albufeira de Alqueva.

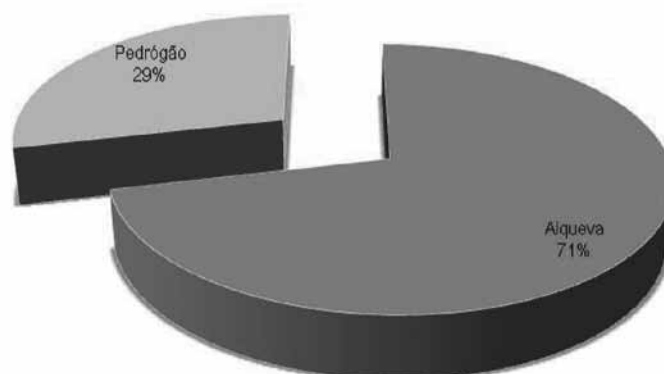


Figura 4- Distribuição da área (ha) a regar/beneficiada por origem de água.

Uma análise mais pormenorizada dos pedidos referentes a captações de água para rega com origem de água no Sistema Alqueva-Pedrogão permite constatar que em algumas áreas específicas existe um número elevado deste tipo de captações e conseqüentemente de áreas regadas. Um dos casos refere-se à albufeira de Alqueva, na zona correspondente à ribeira do Alcarrache. (Vd. Figura 5).

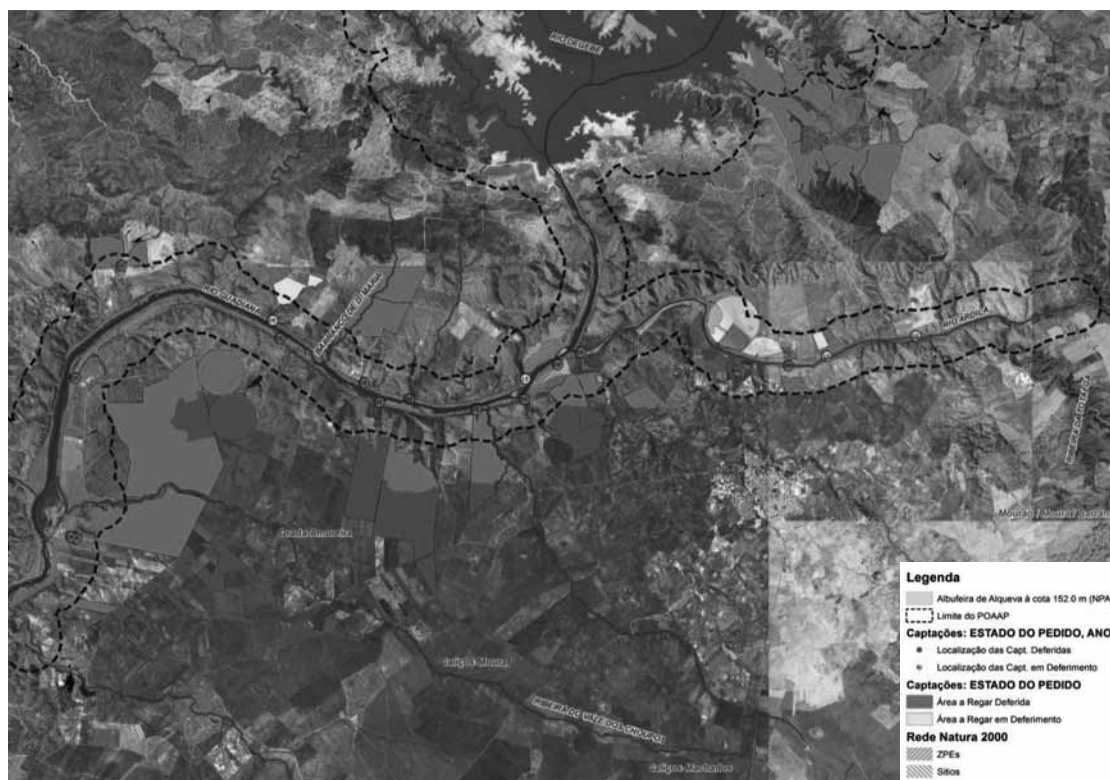


Figura 5- Ribeira do Alcarrache – localização das captações directas e respectivas áreas beneficiadas.

Na zona correspondente à Figura 5 existem 8 pedidos, sendo que 4 têm título emitido. Estes pedidos correspondem a 21% dos processos existentes em Alqueva. Em relação ao volume solicitado/atribuído este corresponde a 32% do volume a captar directamente da albufeira de Alqueva. No caso das áreas a regar/regadas estas correspondem a cerca de 30% da área beneficiada na envolvente da albufeira de Alqueva (Vd. Quadro 3).

Quadro 3 – Caracterização da zona da ribeira do Alcarrache versus a albufeira de Alqueva.

	Alcarrache	Alqueva
N.º processos	8	38
Volume (m³)	5 169 790	16 294 885
Área (ha)	1 620	5 385

Da análise do Quadro 3 e da Figura 5 constata-se uma concentração de captações e das respectivas áreas a regar numa área circunscrita. Em casos análogos em que se verifica um interesse dos proprietários em captar água para rega, directamente das albufeiras, deverá ser equacionada

uma abordagem diferente para este tipo de pedido, nomeadamente através da instalação de uma captação única que permita simultaneamente a beneficiação de uma área alargada e a salvaguarda de forma sistematizada dos recursos naturais, em consonância com os instrumentos de gestão territorial.

No número 2 refere-se que um dos pontos a considerar a análise dos pedidos são as interferências com o EFMA, designadamente a sobreposição de áreas a regar com os blocos de rega do Empreendimento. Estes casos verificam-se essencialmente na albufeira do Pedrógão em que existe um conjunto de áreas actualmente regadas, cuja origem de água é a referida albufeira e que são abrangidas pelos blocos da Orada-Amoreira e do Caliços-Moura (Vd. Figura 6).

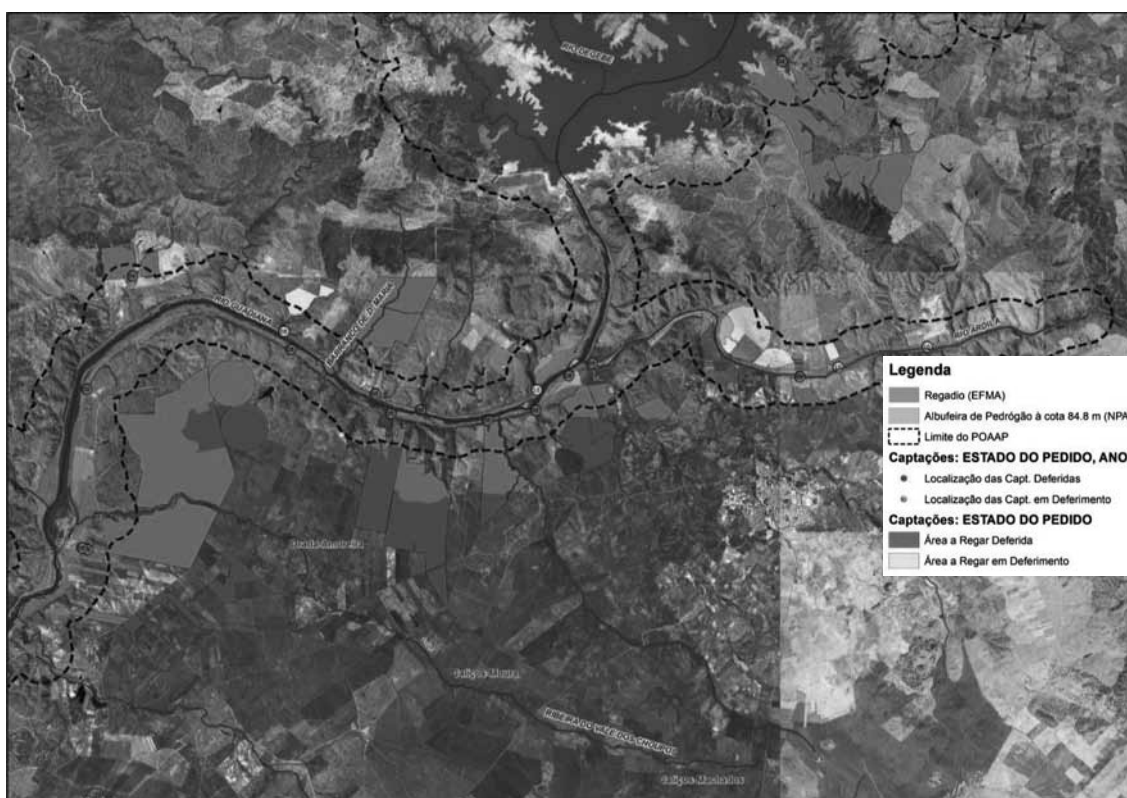


Figura 6 - Albufeira do Pedrógão – áreas beneficiadas através de captações directas e sobreposição com os blocos do EFMA.

No Quadro 4 são apresentadas o número de processos, em que parte da área a regar está incluída no Empreendimento. Estes processos representam 45% dos processos referentes a albufeira de Pedrógão. O volume solicitado/atribuído corresponde a 49% do volume em análise para a referida albufeira e a área a regar associada a estes processos representa cerca de 63% da área beneficiada directamente pela albufeira de Pedrógão.

No caso destes processos a área abrangida pelos blocos da Orada-Amoreira e Caliços-Moura é de 515 ha e representa cerca de 38% da área associada aos referidos processos. Conforme referido anteriormente à data de emissão dos títulos é salvaguardada a necessidade de rever os mesmos com a entrada em funcionamento dos blocos de rega do EFMA, o que inclui uma revisão dos títulos no que respeita aos volumes atribuídos e às áreas a regar.

Quadro 4 – Caracterização dos pedidos existentes na albufeira do Pedrógão e cujas áreas a regar são abrangidas por blocos do EFMA.

	Áreas abrangidas EFMA	Pedrógão
N.º processos	9	20
Volume (m ³)	3 707 696	7 612 826
Área (ha)	1 369	2 160

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Actualmente a área regada através de captações directas do Sistema Alqueva-Pedrógão é de 7 545 ha, sendo que 71% da área corresponde à envolvente da albufeira de Alqueva e 29% corresponde à envolvente da albufeira de Pedrógão. A dispersão associada a estas utilizações, que se desenvolvem ao longo de uma margem global com mais de 1 000 km de extensão, associada à elevada proximidade de todas as áreas cultivadas à origem de água, acrescenta complexidade ao processo de decisão, sendo crucial para o sucesso do mesmo as directrizes técnicos-ambientais definidas pela a EDIA, na fase inicial do referido processo. Importa ainda referir que o bom desempenho da generalidade dos casos apenas foi possível através de um esforço conjunto entre a EDIA e os requerentes, com o objectivo de integrar proactivamente as condicionantes definidas ao longo da comunicação.

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO VALE DO LIS

Reabilitação dos açudes do Arrabalde e das Salgadas

Pedro Faria Pereira BRITO¹

RESUMO

Nos anos 40 e 50 do século XX, o Estado Novo deu prioridade à execução de um plano geral de intervenções na bacia do rio Lis, do qual se deve relevar a Obra do Lis, um aproveitamento hidráulico de fins múltiplos, envolvendo obras de hidráulica fluvial e marítima, novas vias de comunicação, trabalhos de adaptação ao regadio, redes de drenagem agrícola e rega. O Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis, que integra componentes dessa obra na área directamente beneficiada, nomeadamente parte do sistema de defesa contra cheias, redes colectivas de rega e drenagem agrícola e de caminhos, encontra-se em exploração desde 1957.

Recentemente, o ex-Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente, que antecedeu a Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, organismo do Ministério da Agricultura que tutela os regadios públicos, promoveu obras de reabilitação dos dois principais órgãos de captação para o sistema colectivo de rega – os açudes do Arrabalde e Salgadas.

Apresenta-se uma descrição geral das obras originais, das suas funções e enquadramento e das soluções adoptadas no processo de reabilitação.

Palavras Chave: Regadio do Lis, Açude Insuflável, Automatização.

¹ Eng^o Agrícola, DGADR, Av. Afonso Costa, 3, 1949-002 Lisboa, +351 218 442 365, pbrito@dgadr.pt

1. 1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Nos anos 40 e 50 do século XX, o Estado Novo deu prioridade à execução de um plano geral de intervenções na bacia do rio Lis, envolvendo obras de vulto de diferentes ramos da engenharia – a hidráulica fluvial e marítima, a correcção torrencial e conservação do solo, a drenagem e rega das terras baixas do vale e a implantação de novas vias de comunicação.

A Obra do Lis constituiu o primeiro aproveitamento hidráulico de fins múltiplos, com um relevante impacto económico, social e no ordenamento da região de Leiria. A obra foi determinada através do Decreto-Lei n.º 35 559, de 28 de Março de 1946, que reconhece a importância da abordagem integrada na resolução dos graves problemas de funcionamento do rio Lis e entrega a responsabilidade da sua execução à Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos [Prosistemas (2004)].

Nos campos baixos, anteriormente alagadiços, da área defendida pela Obra do Lis foi delimitado o Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis (AHVL), que beneficia 2145 ha, sistematizados em 2 subperímetros (ver figura 1).

Foram posteriormente definidos e equipados os blocos de rega com redes de baixa pressão, cujas principais origens da água são obtidas em açudes no rio Lis e no rio de Fora. No entanto, o facto de se tratar de um regadio a fio-de-água, isto é, sem reservatórios e estritamente dependente das afluências estivais, constituiu sempre um dos principais condicionalismos ao regular funcionamento das campanhas de rega, principalmente nos anos menos pluviosos.

Estas condições conduziram à instalação de dezenas de pequenas estruturas de reforço do caudal dos canais de rega em locais onde estes se aproximam de valas de drenagem, ou de secções do rio e de ribeiras ou colectores do sistema de defesa. Nestas condições, em parte ocorrem ao longo do vale sucessivas reutilizações da água captada nos açudes das cabeceiras do Aproveitamento.

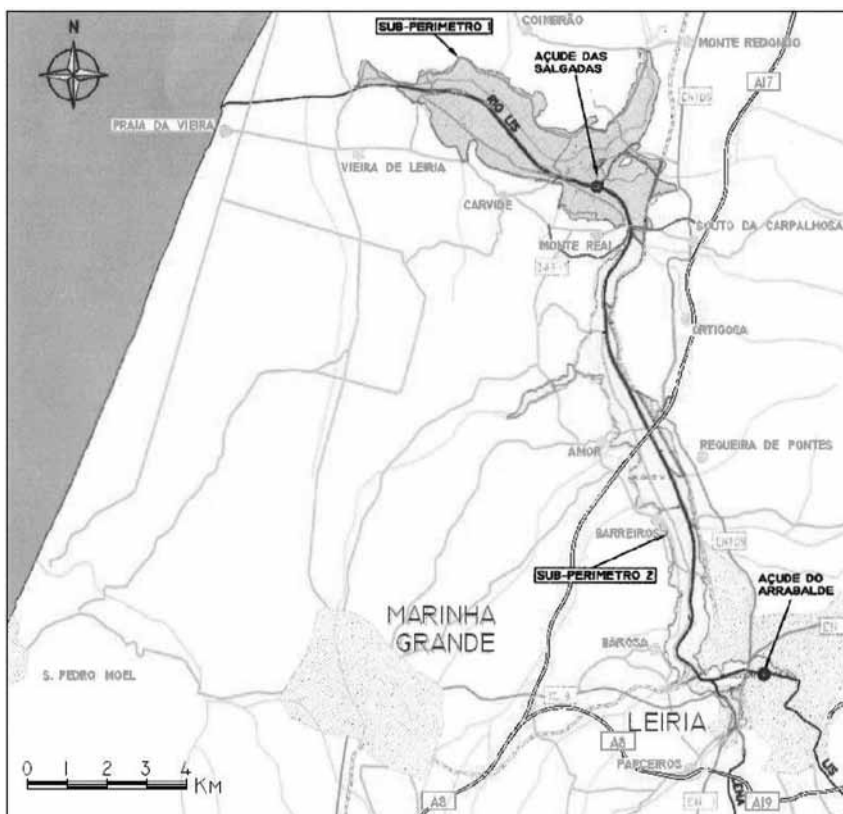


Figura 1 – Localização do Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis.

Volvidos cinquenta anos de exploração, os organismos que antecederam a Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), iniciaram os estudos com vista à reabilitação das principais infraestruturas dos sistemas colectivos de rega e de drenagem, ajustando a concepção original às actuais condições técnicas e de exploração, com introdução de novas soluções tecnológicas.

Em 2001, no âmbito das acções de reabilitação de regadios colectivos dos programas comunitários PAMAF e AGRIS, o ex-Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente promoveu a substituição dos dois principais açudes.

2. AÇUDE DO ARRABALDE

2.1. Sistema anterior à reabilitação

O Açude do Arrabalde constitui um dos órgãos de regularização dos volumes afluentes ao AHVL (volume no NPA=34x10³ m³). Está implantado na secção do rio Lis defronte do estádio de Leiria, dentro do perímetro urbano desta cidade. De referir que à época da construção da Obra do Lis, esta era a zona de grandes quintas do arrabalde da cidade, que hoje está quase totalmente urbanizada.

Neste açude têm origem os Canais I e II do sistema de rega, que dominam a quase totalidade do dos solos beneficiados do subperímetro 2 (ver figura 2).

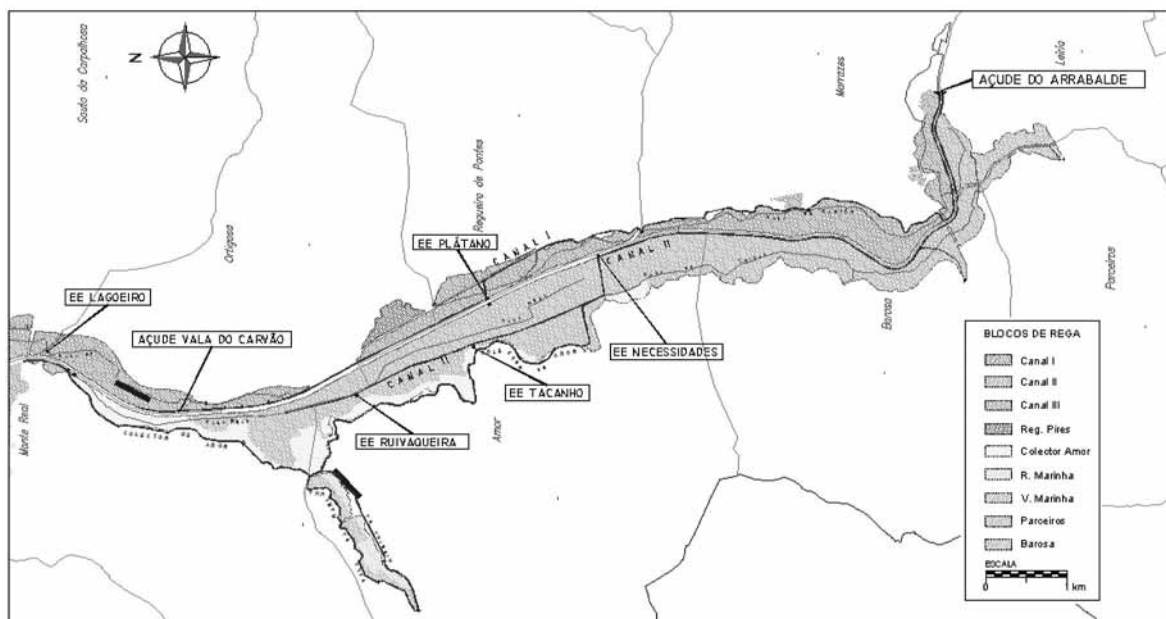


Figura 2 – Blocos de Rega do subperímetro 2

Este açude integrava-se numa obra de arte constituída pelo degrau que faz a transição do 1.º troço regularizado do rio, com secção simples (trapezoidal), para o 2.º troço de secção composta [Prosistemas (2004)].

A obra de arte era no seu conjunto constituída por:

- Um degrau com 2,35m de altura, executado com soleira descarregadora rectangular, sem contracção, com perfil de lâmina aderente, definido por muros de suporte e soleira em betão simples;

- Um tanque de dissipação de energia com taludes e rasto em betão;
- Uma estrutura integrada no degrau e bacia de dissipação, com função de “escada de peixes”;
- A concordância da secção a montante (trapezoidal) para a secção rectangular; executada em betão;
- A concordância da bacia para o canal de fuga que liga à secção menor do rio a jusante, incluindo rampas para acesso a ambas as margens, executada em betão;
- Uma série de 10 prumos de ferro, implantados com uma equidistância de 1,5m, para permitir a montagem do açude; os prumos articuláveis mantinham-se rebatidos para a soleira do rio durante o Inverno e no início de cada campanha de rega eram erguidos e fixados contra fortes de forma a permitirem o encaixe de pequenas vigotas de madeira, que preenchendo os 11 vãos, originavam o represamento até à cota máxima de 27,25m.

Durante 54 anos, procedeu-se à montagem e desmontagem anual deste açude de vigotas, operações que envolviam graves riscos de acidentes, dadas as deficientes condições de segurança em que os trabalhos eram executados (ver figura 3).

A regulação das válvulas murais das tomadas de água era feita de forma manual, exigindo a mobilização diária de um cantoneiro para o local em horários fora da norma – regulação inicial do dia às 4h00 e encerramento/redução às 22h00.



Figura 3 – Trabalhos de montagem do açude do Arrabalde inicial, realizados no início de cada campanha de rega

2. 2. Açude Reabilitado

2.2.1. Objectivos

A reabilitação teve como objectivo principal a construção de um novo açude e tomadas de água com funcionamento automatizado em função das necessidades das culturas e dos caudais afluentes.

A operação das comportas é feita por intermédio de um autómato, no qual se controla a cota de água na represa a montante, com vista à alimentação das tomadas dos dois canais de rega e a prevenção de acidentes. De facto, caso ocorram precipitações extemporâneas na bacia hidrográfica dominada e o caudal afluente e a cota de água no rio cresçam a uma taxa superior à estabelecida

da no sistema, o autómato provoca a abertura das comportas para prevenir a inundação das áreas urbanizadas adjacentes. Este processo de abertura das comportas realiza-se de forma lenta para evitar a produção de uma súbita onda de cheia no troço a jusante, minimizando efeitos destrutivos e riscos para a segurança de eventuais utilizadores do leito do rio.

Adicionalmente, o sistema permite a operação das válvulas das tomadas de alimentação dos canais, a qual é feita no modo manual ou programado. No modo automático, a regulação das válvulas motorizadas cumpre um plano horário que é revisto regularmente pelo operador no sistema central, de forma a enquadrar a disponibilidade com procura de água pelos agricultores.

Deve-se ainda relevar a importância do açude para a cidade, ao criar um espelho de água com extensão razoável, elemento que foi obviamente considerado no projecto de requalificação e valorização do rio Lis, recentemente executado no âmbito do Programa "Polis em Leiria".

2.2.2 Descrição sumária da obra do açude

Os trabalhos de reabilitação desenvolveram-se no período de 2000-2001. Obrigaram à demolição e reconstrução das paredes e da soleira do rio, com construção de um pilar central para divisão da secção em dois vãos e instalação de duas comportas. Esta intervenção realizou-se em ambas as margens, com cravação de cortinas de estacas-prancha no tardo dos encontros, para garantir a estabilidade da obra e dos terrenos envolventes, durante a demolição da soleira e das paredes existentes.

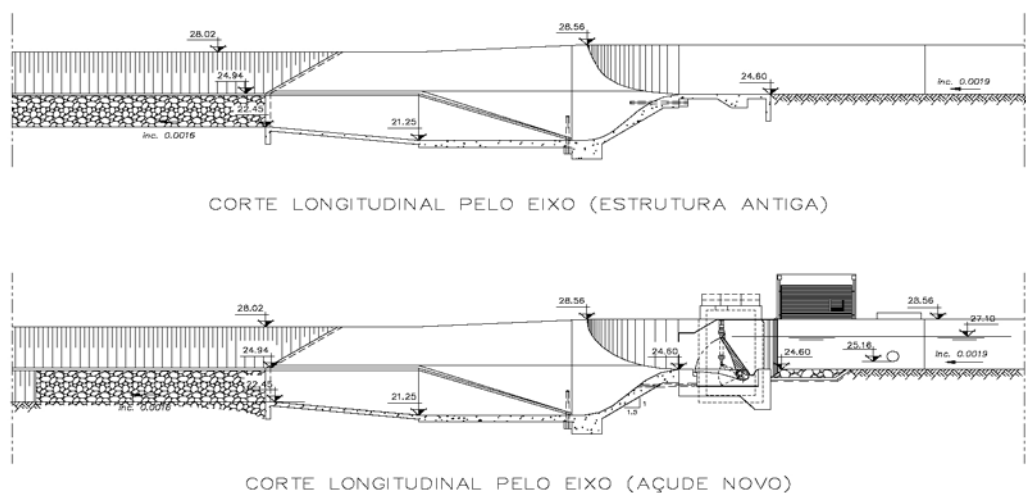


Figura 4 – Cortes do Açude do Arrabalde antes e depois da reabilitação, conforme desenhos da Hidroprojecto (1999).

As comportas instaladas são do tipo basculante, cujo eixo de rotação funciona na aresta do lado inferior dos tabuleiros, junto ao talvegue do rio (cota 24,60). O vão obturado por cada comporta é de 7,75m x 2,50m (largura x altura) e o pilar central ocupa uma largura de 1,0 m.

Os órgãos de manobra das comportas são constituídos por um servo-motor montado na vertical e instalado no interior do poço de cada margem (ver figura 4).

A percolação na fundação foi controlada através da instalação de duas cortinas de estacas-prancha em secções imediatamente a montante e a jusante da obra.



Figura 5 – Açude do Arrabalde reabilitado em plena carga: efeito dos arejadores montados na soleira do descarregador para evitar sub-pressões na face jusante das comportas.

Relativamente às tomadas de água dos canais de rega I e II, substituíram-se as anteriores válvulas murais de operação manual, por válvulas de borboleta motorizadas e automatizadas, conforme a descrição apresentada no ponto 4.2. O Quadro 1 apresenta as características principais das tomadas de água do Arrabalde e dos troços de restituição às condutas dos canais pré-existentes.

Quadro 1 - Características principais das tomadas do açude do Arrabalde

Tomada	Localização	Condutas de ligação	Válvulas	Caudal máximo (l/s)	Área Benef (ha)
Canal I ¹	Margem Dta. do rio	PEAD Ø 800 PN 6	Borboleta Ø 600	360	295,0 ha
Canal II ²	Margem Esq. ^a do rio	PEAD Ø 900 PN 6	Borboleta Ø 900	660	428,7 ha

¹ O canal I tem instaladas 3 estruturas de reforço do caudal: no Açude e estação elevatória do Plátano (rio Lis, Regueira de Pontes), no Açude da vala do Carvão (junto à confluência no rio Lis, Ortigosa) e na Estação elevatória do Lagoeiro (sifão da vala do Lagoeiro sob a rib^a das Várzeas, Ortigosa).

² O canal II tem instaladas 4 estruturas de reforço do caudal: no Açude e estação elevatória das Necessidades (rio Lis, Barreiros), estação elevatória do Tacanho (vala Real, Barreiros), Açude e grupo motobomba móvel do Plátano (rio Lis, Amor), estação elevatória da Ruivaqueira (vala Real, Amor).

3. AÇUDE DAS SALGADAS

3. 1. Sistema anterior à reabilitação

Este açude está implantado na secção menor do rio Lis, no limite das Freguesias da Carreira, e Monte Real, imediatamente a jusante da confluência do Colector da Carreira/Monte Redondo. Tem como funções principais o armazenamento dos volumes afluentes do rio Lis e do referido Colector (volume no NPA 50x10³ m³), e a elevação da cota de água para permitir a sua derivação para o canal de rega VII e, a partir desse, para o canal VIII e colector do Boco, dominando 370 ha de solos do regadio (ver figura 6).

No espelho de água criado pelo açude, está instalada a *Pista de Pesca de Monte Real/Carreira*, na qual a Freguesia da Carreira promove regularmente torneios e convívios.

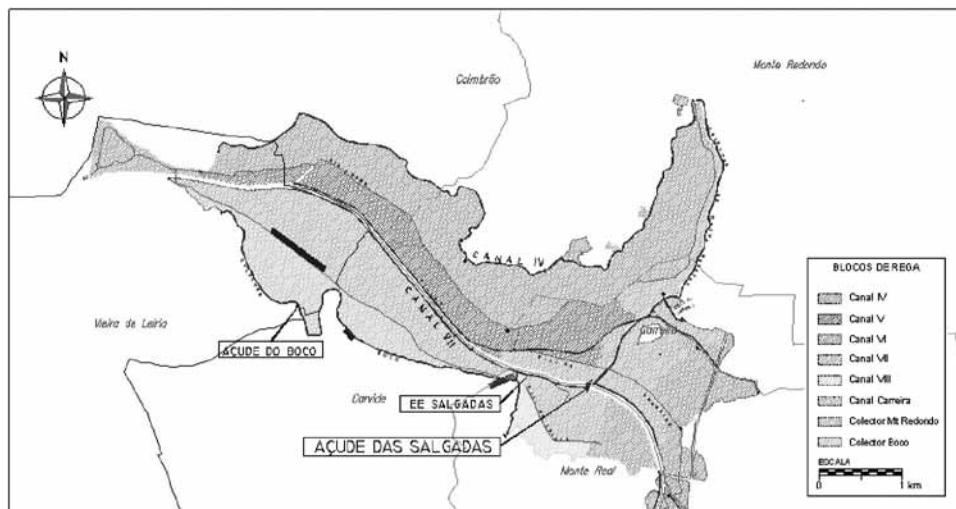


Figura 6 – Blocos de rega do subperímetro 1

Na figura 7, é apresentado um corte do açude inicial e na figura 8, uma vista do açude a partir da secção do rio a jusante, na posição de Inverno, isto é com a secção de vazão do rio livre.

A estrutura hidráulica, que foi projectada pela empresa NERPIC-SOREFAME, pode-se descrever da seguinte forma:

- Uma secção estrangulada do leito menor do rio Lis, de perfil rectangular definida por muros de suporte e soleira de betão armado;
- Quatro superfícies empenadas de concordância entre a secção rectangular e a secção trapezoidal normal do leito regularizado, para jusante e para montante em betão;
- Dois pilares para apoio de duas chumaceiras dos balanceiros da comporta;
- Uma bacia de dissipação de energia obtida por rebaixamento do leito a jusante da secção estrangulada, revestida em betão;
- O tabuleiro da comporta articulado segundo um eixo fixo na soleira de secção estrangulada; o tabuleiro da comporta era preso junto ao bordo superior por dois tirantes, que por sua vez eram suspensos nos dois balanceiros apoiados no topo dos pilares; estes balanceiros suspendiam na outra extremidade (de montante) um contrapeso com uma carga variável (depósito cilíndrico abastecido de água, com capacidade para 30m³).

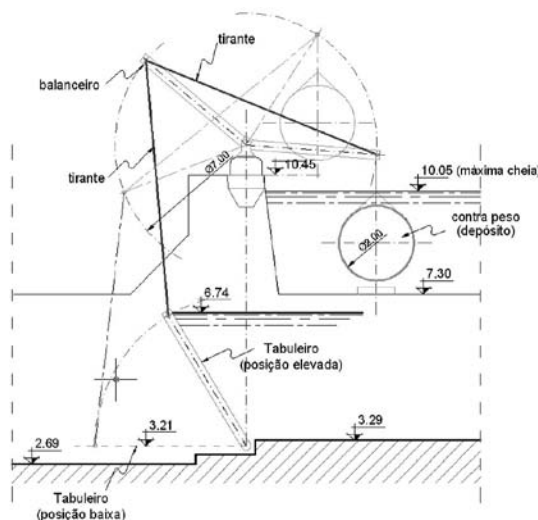


Figura 7 – Corte esquemático do Açude das Salgadas anterior à reabilitação [conforme desenho da Nerpic-Sorefame de 1951]

A regulação do açude era feita enchendo ou esvaziando o depósito de água:

- O fecho do açude era obtido com o enchimento do depósito, que provocava o movimento do tabuleiro, elevando crista do açude até à cota de água pretendida (no máximo 6,74m), permitindo a derivação de água para a tomada do canal VII, inserida no talude da margem esquerda do rio.
- Para a abertura do açude procedia-se ao esvaziamento do depósito, que levava ao rebatimento do tabuleiro até que assentando na soleira do rio, deixava a secção de vazão completamente livre.
- O enchimento do depósito era feito por bomba manual, instalada num poço lateral; existia também um sistema de válvula que originava o escoamento da água do depósito sempre caudal no rio atingisse 10 m³/s.

O açude, à data da sua construção, oferecia boas condições de montagem e operação, possuindo até um sistema de segurança para abertura automática em situações críticas de chuvadas e cheias extemporâneas.

No entanto, considerou-se necessária a sua substituição dada a idade e conseqüente estado de degradação, com diversas deficiências de reparação inviável. Por outro lado, ocorriam importantes perdas de água por dificuldade de vedação da comporta, as quais eram gravosas nos períodos críticos da campanha de rega, exigindo à gestão do regadio o accionamento de meios alternativos de recarga do canal, que resultavam em encargos acrescidos – foram instalados num anexo à estação elevatória de drenagem das Salgadas 3 grupos electrobomba que faziam esse reforço.



Figura 8 – Vista do açude das Salgadas anterior à reabilitação; aspecto do escoamento normal do rio no Inverno.

3. 2. Açude reabilitado

Tal como no açude do Arrabalde, o funcionamento do novo açude é totalmente automático, controlando quer os níveis de inundação quer os níveis exigidos para que a derivação de caudais de rega se processe de acordo com as necessidades.

Na nova concepção, a água é represada por uma “barragem insuflável”, inovadora no nosso país tal como a anterior estrutura o foi na sua época de construção.

A câmara de ar, dimensionada para suportar uma pressão interna de 0,35 bar, é conseguida por uma peça de dois panos, de borracha sintética reforçada com tela, colados por vulcanização

longitudinal num dos lados e, no outro lado, entalados em duas barras de aço, com dois frisos, a inferior ancorada no betão e a segunda de aperto, o que garante quer a selagem da câmara quer a respectiva fixação.

A fixação da barragem insuflável é feita numa soleira em betão com perfil trapezoidal, que está fundada em oito estacas de betão com Æ 60 cm e profundidades entre 18 e 24 m. A largura do rasto é de 7,0 m e a largura da boca é de 13,5 m; a altura total da barragem em funcionamento é de 3,25 m.

O enchimento da câmara é feito a partir de um compressor (bomba de ar) dotado de um filtro. O esvaziamento realiza-se por acção do peso da água sobre a câmara quando se abre a electroválvula.

Quando o açude está em carga, a pressão atingida no interior da câmara insuflável varia entre 280 e 300 mbar. O caudal afluyente é então descarregado numa lâmina arejada devido à saliência na junta vulcanizada da câmara insuflável, a qual funciona como deflector (ver figura 9).



Figura 9 – Açude das Salgadas (após a reabilitação): em plena carga para abastecimento do canal VII

Numa situação de não funcionamento, a câmara está vazia e a tela de borracha completamente aderida ao fundo e espaldas, deixando a secção trapezoidal totalmente livre para o escoamento do caudal afluyente (ver figura 10).



Figura 10 – Açude das Salgadas (após a reabilitação): no Inverno a tela fica aderida à secção menor do rio

No início e no final da campanha de rega é feita uma comunicação aos serviços florestais, para que acompanhem as operações de encerramento e abertura do açude e alertem eventuais utilizadores do rio.

Sempre que possível, recorre-se ao modo de operação automático, com o qual se garante que o enchimento da barragem é feito de forma lenta (cerca de 3 a 4 horas) para não introduzir alterações bruscas no escoamento do rio. Também aquando do encerramento da campanha se adopta o modo automático de esvaziamento da barragem insuflável. Assim, a operação manual da válvula do circuito de ar só deve ocorrer em situações muito particulares e devidamente vigiadas, nomeadamente aquando dos trabalhos de revisão e manutenção do açude.

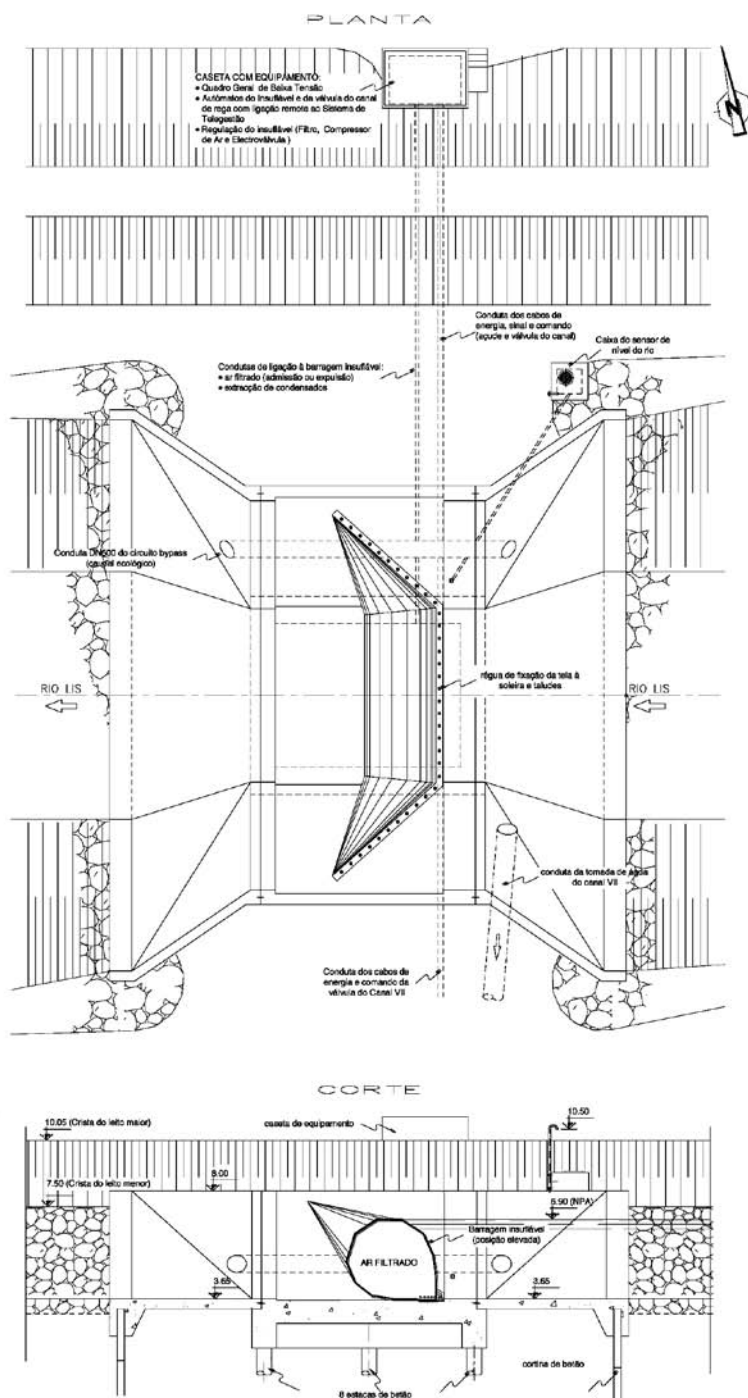


Figura 11 – Planta e corte do Açude das Salgadas após a reabilitação (baseado nos desenhos da Hidroprojecto, 1999).

A admissão de água ao canal de rega é feita através de uma válvula motorizada. O quadro 2 apresenta as características principais da tomada de água.

A sua operação em modo manual é feita no comando existente na própria caixa da válvula, ou numa botoneira do quadro do autómato na caseta de equipamento. Em modo automático, a válvula é actuada conforme o calendário inserido no sistema de telegestão que se descreve no ponto 4.2.

Quadro 2 - Características principais da tomada do açude das Salgadas

Tomada	Localização	Condutas de ligação	Válvulas	Caudal máximo (l/s)	Área Benef (ha)
Canal VII ¹	Margem Esq ^a do rio	PEAD Ø 630 PN 6	Borboleta Ø 600	456	370 ha

¹ Neste valor incluem-se as áreas directamente abastecidas pelo canal VII, mas também as do canal VIII e do colector do Boco; em toda esta área apenas se mantém a possibilidade de 1 reforço do caudal na Estação Elevatória das Salgadas (vala da Boiça, Monte Real); no período de Junho-Setembro as afluências próprias do colector do Boco (ribeiras da Granja e dos Moinhos da Barosa), são quase nulas, ficando o abastecimento das redes de rega exclusivamente dependente da transferência de caudais do açude das Salgadas.

4. AUTOMATIZAÇÃO DOS AÇUDES E TOMADAS DE ÁGUA

4. 1. Aspectos da gestão dos açudes e canais

Antes da reabilitação, a possibilidade de operação dos açudes ao longo da campanha de rega era muito reduzida. O açude do Arrabalde não possuía qualquer sistema automático de protecção contra inundações provocadas precipitações extemporâneas que ocorressem na bacia do Lis no período da campanha de rega, pelo que eventuais cheias inundariam solos urbanos, através da soleira do descarregador lateral implantado na margem direita do rio. O próprio açude das Salgadas, apresentava avarias no sistema de segurança que fora inicialmente instalado para permitir a rápida abertura da comporta em situações de cheia.

No que respeita ao funcionamento dos canais, havia que acompanhar a evolução das afluências na represa e os consumos de água, regulando manualmente, ao longo do dia, a abertura das comportas murais de cada tomada.

No período de rega é imperioso proceder ao encerramento ou redução do caudal admitido ao sistema durante a noite, para evitar perdas excessivas no final dos canais, sob pena de se esgotar a pequena reserva obtida nas represas dos açudes.

O facto de se tratar de sistemas de distribuição primários com extensões razoáveis, como é o caso dos canais I e II, impõe um prazo razoável para o processo de enchimento/transporte da água desde a tomada inicial até à primeira estação elevatória de recarga. Para esse efeito, e para que o regante disponha de um horário mínimo de rega de 16h/dia, o cantoneiro responsável pela gestão da água de cada canal era destacado para proceder à regulação da tomada com o encerramento no final de cada dia às 22h00 e reabertura às 4h00, isto é, fora do horário normal de trabalho.

No período crítico da campanha de rega (Junho-Julho), em termos de consumos e disponibilidades de água, é necessário restringir os horários de rega e os caudais fornecidos nas tomadas de água durante o fim-de-semana, pretendendo-se dessa forma repor o pleno armazenamento da represa em cada 2^a feira.

Antes da reabilitação, a possibilidade de operação dos açudes ao longo da campanha de rega era muito reduzida. Havia sobretudo que acompanhar diariamente a evolução das aflúncias e do consumo de água, gerindo a abertura manual das comportas nas tomadas iniciais dos canais.

4. 2. Descrição geral do sistema de automatização

Tendo em conta o funcionamento automático dos equipamentos instalados nos açudes, para além da capacidade de resposta às situações naturais que se vão colocando, foi necessário considerar um sistema de telegestão, monitorização e supervisão dos parâmetros de funcionamento, que permita a operação adequada dos açudes, em regime de abandono.

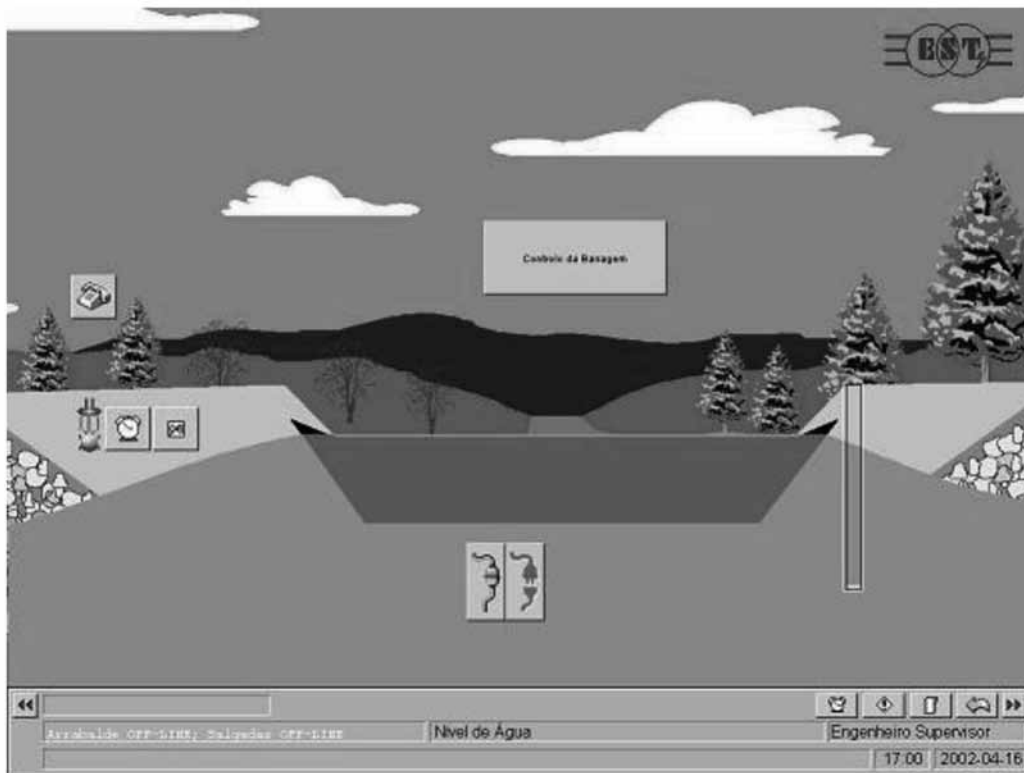


Figura 10 – Écran do programa informático do sistema central de supervisão.

Assim, a Associação de Regantes ficou assim dotada de um sistema de telegestão que controla quer os níveis de inundações, quer o horário e percentagem de abertura das tomadas de água dos canais de rega que neles têm origem. Concretamente o sistema permite:

- consultar e guardar o histórico dos níveis de água medidos nas secções dos açudes,
- definir as cotas de soleira dos açudes ou do regolfo de água normal pretendido,
- evitar inundações, através de um programa de abertura automática e controlada das comportas ou do insuflável, minimizando os prejuízos na passagem das cheias,
- regular a abertura dos açudes e das respectivas tomadas de água, estabelecendo a programação horária para a percentagem de abertura das válvulas,
- receber e reconhecer alarmes e alertas de avarias ou outros incidentes (incluindo intrusão nas instalações) e
- alterar, sempre que necessário, os parâmetros de operação.

Os recursos de automatização ampliaram significativamente a capacidade de gestão dos açudes e canais, centralizando decisões e libertando meios humanos para outras tarefas.

O sistema foi inicialmente concebido com unidades locais instaladas junto a cada açude e uma unidade central de comando e supervisão instalada na sede da Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis. O sistema contempla ainda a transmissão de alarmes via SMS para dois telemóveis de operadores.

Com a automatização dos açudes, obtiveram-se resultados interessantes:

- A instituição de uma programação semanal do funcionamento automático dos canais;
- Novas capacidades de implementação de planos de rateio;
- Redução de encargos e melhoria nas condições de trabalho, com a minimização das prestações de trabalho extraordinário;
- Redução dos tempos de resposta às solicitações não programadas;
- Conhecimento imediato de avarias ou situações anómalas, através de alarmes emitidos pelo autómato para o computador sistema central na sede e para telemóveis;
- Arquivo dos registos históricos de níveis de água no rio.

Em 2004, já em plena exploração dos açudes, tornou-se evidente a necessidade de ampliar as possibilidades de utilização do sistema de telegestão. De facto, com a entrada em funcionamento dos novos modos de operação, verificavam-se solicitações constantes e emergências, muitas vezes fora dos horários normais de serviço (à noite e fim-de-semana). Assim, tornava-se inviável continuar a depender de uma única unidade central instalada em Monte Real, justificando-se a ampliação do sistema.

Actualmente o sistema inclui um computador portátil, devidamente equipado com meios de comunicação com o computador central (placa de ligação à internet G3). Dessa forma, é possível replicar as principais funções do sistema de supervisão em qualquer ponto do vale, ou até na residência do técnico, permanecendo a gestão de históricos e relatórios no computador fixo da sede.

A utilização de sistemas da automação na gestão da rega do AHVL revelou-se importante. Por um lado, sistematizou e racionalizou procedimentos, concentrou responsabilidades e exigiu maior qualificação técnica, mas por outro lado melhorou as condições de trabalho das equipas técnicas de campo, libertou meios para outras tarefas, permitiu uma maior eficiência de distribuição de água ao nível das redes primárias e maior celeridade na resposta às solicitações dos regantes.

BIBLIOGRAFIA

Hidroprojecto (1999). "Projectos de Execução da Reabilitação do Açude do Arrabalde e das Salgadas". Lisboa. Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis.

Prosistemas (2004). "Nota Técnica 1 - Estudos de Caracterização do Vale e da Obra do Lis, Evolução Histórica do Vale do Lis" do "Estudo do Modelo de Gestão da Obra do Lis e da Viabilidade Económica do Aproveitamento Hidroagrícola". Lisboa. Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica.

A LIGAÇÃO LOUREIRO-ALVITO. SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA A RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES TÉCNICAS E AMBIENTAIS ESPECÍFICAS

Luísa PINTO¹

M^a. Isabel VALENTE²

David CUBAIXO³

RESUMO

O Troço de Ligação Loureiro-Alvito consiste num conjunto de infra-estruturas hidráulicas de adução que se enquadra na rede primária do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva. O Troço de Ligação Loureiro-Alvito corresponde a uma das principais componentes do Subsistema Alqueva, já que é através dele que será realizada a transferência de água da bacia hidrográfica do Guadiana para a bacia hidrográfica do Sado, nomeadamente através da ligação hidráulica entre as albufeiras do Loureiro (bacia do Guadiana) e de Alvito (bacia do Sado). Este transvase é feito através do maior túnel hidráulico português, com cerca de 11Km e uma secção útil circular de 3,70m de diâmetro para um caudal nominal de 32m³/s. A albufeira de Alvito garante o abastecimento de todas as albufeiras do EFMA a jusante, na bacia do Sado, as quais, por via das afluições próprias, armazenarão água de mistura de ambas as bacias. Ao garantir caudal ecológico nestas condições, estar-se-ia a pôr em causa a integridade ecológica dos meios hídricos naturais da bacia do Sado, no que à ictiofauna diz respeito, uma vez que existe a hipótese de ocorrer a transferência de espécimes através da adução entre as duas bacias hidrográficas. Como medidas preventivas foram definidas diversas soluções técnicas que garantissem o controlo da passagem de peixes da bacia do Guadiana para a bacia do Sado, ao nível da albufeira do Loureiro, bem como nas diferentes albufeiras a construir na bacia do Sado. Foram também adoptadas outras medidas de cariz especificamente ambiental numa área na bacia do Sado de protecção e preservação da identidade genética da ictiofauna nesta bacia.

Palavras-Chave: Troço de Ligação Loureiro-Alvito, Bacia Hidrográfica Guadiana e Bacia Hidrográfica Sado, Transvase, Ictiofauna

¹ Eng.º Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100, lpinto@edia.pt

² Eng.º Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100, mvalente@edia.pt

³ Eng. Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100, dcubaixo@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

Os antecedentes do aproveitamento hidroagrícola do rio Guadiana reportam a estudos realizados na década de 50, materializados no Plano de Rega do Alentejo, que determinou as possibilidades de rega para todo o Alentejo, em função da natureza do solo, relevo e respectiva utilização à época.

Na prossecução deste muito ansiado propósito, o Sistema Global de Rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), tem como objectivo genérico a utilização da água armazenada em Alqueva com vista à beneficiação de cerca de 112 000 ha de terrenos para práticas de agricultura de regadio, bem como para reforço do abastecimento público e industrial de água e a produção de energia hidroeléctrica. A principal origem de água de todo o empreendimento corresponde à já concluída barragem de Alqueva, sendo que a área do Empreendimento se estende maioritariamente pela região do Baixo Alentejo e marginalmente no Alto Alentejo. Ao todo o EFMA englobará 19 barragens, além das de Alqueva e Pedrógão, 13 das quais propositadamente concebidas para o EFMA e 6 pré-existentes. A rede primária de adução possuirá uma extensão com mais de 300km. O empreendimento encontra-se subdividido em 3 subsistemas de rega, com origens de água distintas: Subsistema de Alqueva, com origem de água na albufeira de Alqueva, Subsistema de Pedrógão, com origem na margem direita da barragem de Pedrógão e Subsistema do Ardila, com origem na margem esquerda da barragem de Pedrógão.

O Troço de Ligação Loureiro-Alvito integra-se no âmbito do Subsistema de Rega de Alqueva, assegurando o abastecimento para rega do Bloco do Baixo Alentejo, que visa a beneficiação de cerca de 52 000 ha. Além de permitir a adução de água para rega, este troço permitirá ainda o reforço do abastecimento público de água a vários concelhos do Alentejo, nalguns dos quais, actualmente, se verificam condicionalismos de escassez do recurso água com relativa frequência, como Aljustrel, Alvito, Beja, Cuba, Ferreira do Alentejo, Portel, Vidigueira, entre outros. O projecto permite ainda o abastecimento de água para fins industriais, dos quais de destaca o abastecimento ao Pólo Industrial de Sines.

O EFMA foi sujeito na sua globalidade a processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) em 1995, tendo deste resultado parecer positivo ao Empreendimento, condicionado à adopção de uma gestão ambiental do mesmo. De entre os requisitos a assegurar salienta-se a necessidade de elaborar Estudos de Impacte Ambiental (EIA) específicos relativos às infra-estruturas do sistema de rega, uma vez que os elementos disponíveis à data não permitiam avaliar com rigor o sistema de rega nas suas várias componentes.

Consciente das implicações ambientais inerentes à concretização do EFMA, a EDIA (Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.) assumiu uma Política de Ambiente assente numa estratégia que se traduz na minimização e compensação dos impactes negativos do projecto, monitorização dos impactes durante o período de construção e exploração das infra-estruturas, aumento do conhecimento e redução do grau de incerteza dos impactes ambientais e potenciação dos impactes positivos gerados pelo Empreendimento.

De acordo com esta política e enquadrado no Programa de Gestão Ambiental do EFMA (2005), a EDIA, enquanto entidade proponente do EFMA, promove a realização de diversos Estudos de Impacte Ambiental (EIA) para os vários projectos que constituem o EFMA.

Neste contexto, a EDIA sujeitou a procedimento formal de AIA o Projecto do Troço de Ligação Loureiro-Alvito tendo a respectiva Declaração de Impacte Ambiental (DIA) sido emitida como Favorável Condicionada ao cumprimento das condicionantes e medidas nela estipuladas, em Fevereiro de 2005.

2. A LIGAÇÃO LOUREIRO-ALVITO

A água que será transferida para a bacia hidrográfica do Sado terá a sua origem na albufeira de Alqueva e será captada na sub-bacia do Rio Degebe (Estação Elevatória dos Álamos). Daí a água será encaminhada para as albufeiras dos Álamos (conjunto de 2 albufeiras formadas por 3 barragens: Álamos I, II e III) e posteriormente para a albufeira do Loureiro. A barragem do Loureiro situa-se na ribeira com o mesmo nome e representa o “último” reservatório na bacia do Guadiana. A partir desta albufeira a água aí armazenada será transportada, através da ligação Loureiro-Alvito, para a albufeira do Alvito, cuja barragem se encontra construída desde 1979 na ribeira de Odivelas, bacia hidrográfica do Sado. Assim, aquando da entrada em funcionamento de todo o sistema que permitirá esta transferência de água, a albufeira do Alvito, bem como todas as albufeiras que integram o subsistema Alqueva a jusante desta e localizadas na bacia hidrográfica do Sado, armazenarão água de mistura das duas bacias. A albufeira de Alvito corresponderá assim ao grande centro distribuidor do Bloco do Baixo Alentejo do subsistema de rega do Alqueva, a partir do qual será derivada água através de uma rede de infra-estruturas hidráulicas de armazenamento e transporte.

O Troço de Ligação Loureiro – Alvito é uma infra-estrutura hidráulica de transporte que se desenvolve ao longo de uma distância total de aproximadamente 11 Km, com uma secção útil circular de 3,70m de diâmetro, estando dimensionada para permitir a transferência de caudais nominais que variam entre um mínimo de 16 m³/s e um máximo de 32 m³/s. Esta infra-estrutura é constituída pelos seguintes três componentes principais:

- Tomada de água na albufeira da barragem do Loureiro;
- Túnel, em escavação subterrânea e em “cut & cover”, numa extensão aproximada de 10 Km;
- Obra de saída para a albufeira da barragem do Alvito, com cerca de 900 m de extensão.

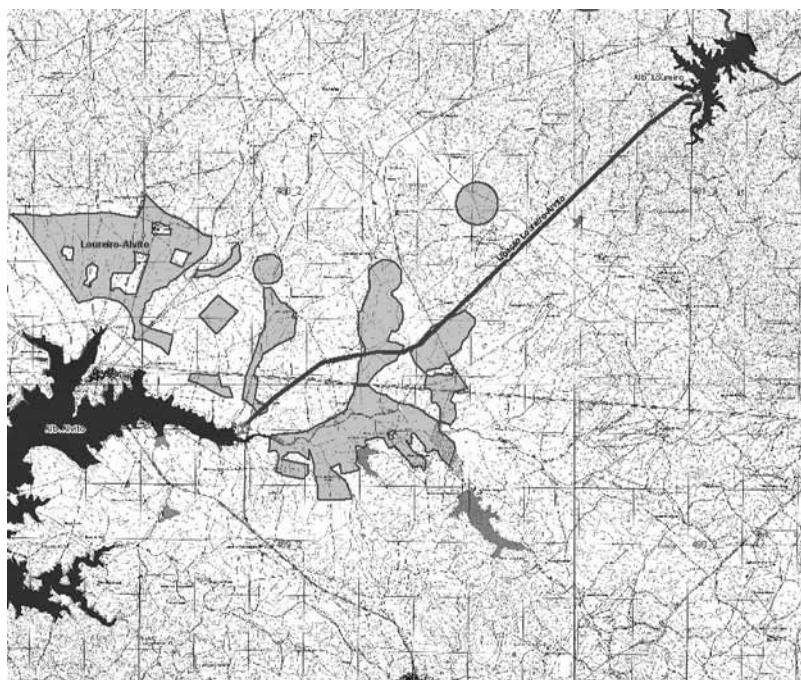
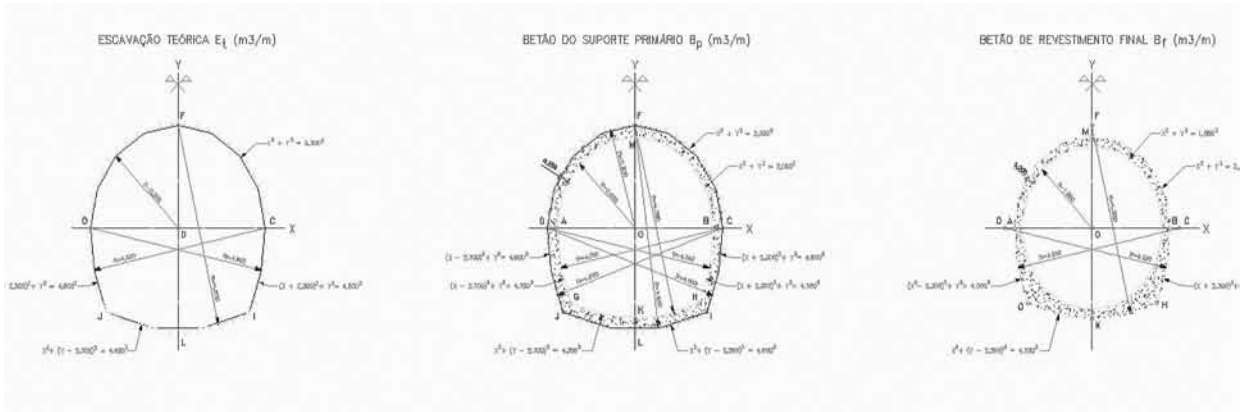


Figura 1 – Enquadramento da Ligação Loureiro-Alvito

O funcionamento hidráulico do troço de ligação Loureiro-Alvito será comandado, integralmente, na sua obra de entrada (tomada de água na albufeira do Loureiro). Nesta o caudal a captar será regulado por duas comportas de segmento, cada uma obturando a saída de uma conduta de secção rectangular com 2,25 x 2,0 m².

O nível na albufeira variará entre o mínimo de 219,00 (Nme) e o máximo de 223,10 (NMC). Assim, as comportas de segmento e as condutas que as mesmas obturam foram dimensionadas e posicionadas por forma a permitirem, cada uma, a admissão de 16 m³/s com abertura total e com o Nme na albufeira. Nestas condições, fica garantida a capacidade de derivação de um total máximo de 32 m³/s, desde que o nível na albufeira seja superior a 219,00.



O túnel funcionará com superfície livre em toda a sua extensão, sendo o escoamento encaaminhado em regime lento por um canal trapezoidal largo e pouco declivoso (no qual, portanto, a velocidade de escoamento será baixa) até ao interior da albufeira do Alvito.

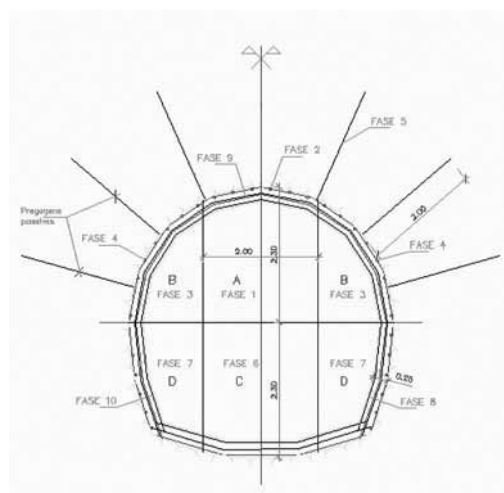


Figura 2 – Secção do Túnel da Ligação Loureiro-Alvito

3. O TRANSVASE

O Projecto do Troço de Ligação Loureiro-Alvito representa a infra-estrutura do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) através da qual se concretiza a transferência de água da bacia hidrográfica do Guadiana para a bacia hidrográfica do Sado, entre as barragens do Loureiro e do Alvito.

A construção de barragens acarreta impactes ambientais sobre os recursos hídricos e ecossistemas associados, entre os quais se encontram os impactes nas bacias a jusante, por alteração do regime de escoamento natural. O procedimento ambiental a seguir para minimização destes impactes será a garantia de débito de um caudal mínimo para manutenção das condições ecológicas de referência, designado como regime de caudais de manutenção ecológica. Este regime pode ser definido como um valor de caudais mínimos a assegurar, com vista à subsistência e conservação dos ecossistemas aquáticos e ripícolas (podendo igualmente incluir outros valores como os paisagísticos, científicos e/ou culturais).

Sendo que a albufeira de Alvito garante o abastecimento de todas as albufeiras do EFMA a jusante, na bacia do Sado, tem-se que todas estas massas de água, por terem afluências próprias, armazenarão água de mistura de ambas as bacias. Assim, ao tentar garantir caudal ecológico nestas condições, estar-se-ia a pôr em causa a integridade ecológica dos meios hídricos naturais da bacia do Sado, no que à ictiofauna diz respeito, uma vez que não é de descurar a hipótese de ocorrer a transferência de espécimes através da adução que tem como origem primária a albufeira de Alqueva (no rio Guadiana).

Os impactes associados a esta transferência de água já foram alvo de várias análises e estudos relacionados com diferentes infraestruturas do EFMA, nomeadamente ao nível do Estudo Preliminar de Impacte da Barragem do Loureiro e do Troço de Ligação Loureiro-Alvito (Nemus, 1998), do Estudo Preliminar de Impacte Ambiental do Subsistema de Rega de Alqueva – Bloco do Baixo Alentejo (FBO, 2001) e no relatório “Mitigação de impactes e gestão de ecossistemas aquáticos do sistema de transferência de água entre as bacias hidrográficas do Guadiana e do Sado” (Ferreira *et al.*, 2003), cujos resultados foram incorporados no EIA do Projecto de Execução do Troço de Ligação Loureiro-Alvito.

De acordo com o conteúdo desses estudos, e de forma sintética, o principal impacte sobre os ecossistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Sado, decorrentes da transferência de água, é a possibilidade de passagem de espécies animais e vegetais aquáticas entre as bacias do Guadiana e do Sado. Esta possibilidade aplica-se a vários grupos biológicos, incluindo plâncton, macrófitos, macroinvertebrados, ictiofauna e mesmo vectores de doenças da ictiofauna.

Assim:

- A microvegetação aquática apresenta um relativo cosmopolitismo e uma distribuição de escala espacial ampla, nomeadamente o fitoplâncton e o fitobentos, pelo que a passagem de propágulos não coloca problemas, antes se processa naturalmente a uma escala regional;
- Semelhantemente, a componente macrofítica das bacias do Guadiana e do Sado, bem como a restante vegetação aquática e ribeirinha, apresenta grandes similaridades, pelo que a sua eventual passagem não é considerada problemática, incluindo se se considerar apenas a componente de espécies exóticas da bacia do Guadiana, que podem igualmente ser encontradas na bacia do Sado;
- Nos macroinvertebrados bentónicos, também se constata uma diferença pouco expressiva entre a fauna das duas bacias, pelo que também aqui não se prevê a ocorrência de impactes significativos;
- No que diz respeito à ictiofauna, no entanto, e ao contrário das outras comunidades aquáticas, como o plâncton, macrófitos e macroinvertebrados, compostas maioritariamente por espécies de distribuição regional alargada, o elenco ictiofaunístico das duas bacias é substancialmente diferente, dada a sua evolução em condições de isolamento geográfico. Em termos teóricos e tendo por base o que é conhecido sobre as características comportamentais e ecológicas das espécies em questão é possível que os representantes, das duas ba-

cias, dos géneros *Barbus* e *Chondrostoma* possam hibridizar entre si. Esta situação poderá ser mais relevante no que se refere a *Chondrostoma lusitanicum* (*Boga Portuguesa*) (Bacia do Sado) – cuja espécie congénere mais próxima se encontra na ribeira do Loureiro (Bacia do Guadiana), *Chondrostoma lemmingii* (*Boga-de-boca-arqueada*), e menos para *Barbus bocagei* (*Barbo-do-Norte*) e para *Chondrostoma polylepis* (*Boga-comum*), dadas as grandes áreas de distribuição que apresentam em Portugal. Além das duas bogas de boca curva (*Chondrostoma lusitanicum* e *C. lemmingii*), o *Squalius alburnoides* (*Bordalo*) também pode representar problema por apresentar diferenças genéticas significativas entre os congéneres das duas bacias;

Face à avaliação dos impactes negativos (em termos de magnitude e incerteza) sobre os ecossistemas aquáticos identificados e avaliados, foi definido um conjunto de medidas de minimização e compensação, numa primeira fase no EIA e posteriormente consagradas na DIA, com vista à mitigação dos impactes identificados sobre as comunidades ictiofaunísticas do meio hídrico natural a jusante, das quais se dá conta no capítulo seguinte.

4. COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA E AS QUESTÕES AMBIENTAIS

A EDIA, por forma a minimizar os impactes ambientais negativos sobre os ecossistemas aquáticos e meios hídricos naturais, decorrentes da transferência de água da bacia hidrográfica do Guadiana para a bacia hidrográfica do Sado, preconizou uma estratégia assente num conjunto de medidas de minimização e compensação que se fizeram sentir quer no sistema dador (albufeira do Loureiro), quer no sistema receptor (albufeira do Alvito e restantes albufeiras do EFMA situadas na bacia hidrográfica do Sado).

Sistema Dador:

Na albufeira do Loureiro as medidas assentam, por um lado, na *redução das probabilidades de ocorrência das espécies-alvo* nesta massa de água (espécies de peixes autóctones da bacia hidrográfica do Guadiana) e, por outro, na *redução das probabilidades de passagem das espécies-alvo* para o sistema receptor.

a) Redução das probabilidades de ocorrência das espécies-alvo:

- 1) Criação de condições inóspitas para a ictiofauna autóctone na albufeira do Loureiro, proporcionadas pela instabilidade hidráulica, que decorre do sistema previsto de exploração e transferências de água, que originará grandes flutuações anuais no nível de água da albufeira e grande turbulência na massa de água.

b) Redução das probabilidades de passagem das espécies-alvo:

- 1) Construção da tomada de água em área longe da margem e a meia profundidade, por forma a que a probabilidade de ocorrência das espécies-alvo junto deste órgão seja diminuta, o que se traduz numa redução do risco de entrada destes organismos no túnel que liga esta albufeira à do Alvito;
- 2) Instalação de barreira acústica (infra-sons) que funciona como dissuasor, junto da tomada de água, afastando as espécies-alvo desta infra-estrutura.

Sistema Receptor:

Na albufeira do Alvito as medidas assentam, por um lado, na *redução das probabilidades de sobrevivência e estabelecimento de populações das espécies-alvo* nesta massa de água (espécies

de peixes autóctones da bacia hidrográfica do Guadiana e do Sado), à semelhança do previsto para o sistema dador e, por outro, na *redução das probabilidades de dispersão das espécies-alvo* para os meios hídricos naturais da bacia hidrográfica do Sado.

- a) Redução das probabilidades de sobrevivência e estabelecimento de populações das espécies-alvo:
 - 1) Criação de condições inóspitas para a ictiofauna autóctone na albufeira do Alvito, proporcionadas pela instabilidade hidráulica, que decorre do sistema previsto de exploração e transferências de água, que originará grandes flutuações anuais no nível de água da albufeira e grande turbulência na massa de água (o que, de resto, também acontecerá nas restantes albufeiras do EFMA situadas na bacia hidrográfica do Sado);
- b) Redução das probabilidades de dispersão das espécies-alvo:
 - 2) Instalação de um dispositivo de segregação de águas (DSA) que, através de sistema de *bypass* à albufeira, permitirá assegurar os caudais de manutenção ecológica a jusante das barragens exclusivamente com água da bacia hidrográfica do Sado, aduzida directamente de uma linha de água do sistema receptor a montante, evitando assim a circulação de água da bacia do Guadiana na rede hidrográfica natural do Sado. Impede-se desta forma, nos meios lóticos naturais do Sado a disseminação de eventuais organismos do Guadiana, que possam alcançar a albufeira do Alvito.

Adicionalmente, foi desenvolvido um Programa de Medidas Compensatórias para a Ictiofauna Autóctone e Continental da Bacia Hidrográfica do Sado (de natureza diferente das medidas anteriores por ser a título compensatório, como o próprio nome indica) que determinou um conjunto de acções e tarefas a desenvolver nas várias áreas (bacias/linhas de água) onde os eventuais efeitos negativos da transferência de água possam nenhuma ou reduzida probabilidade de ocorrência, permitindo assim a criação de condições adequadas à sobrevivência e conservação de populações das espécies ícticas autóctones daquela bacia. Este estudo está actualmente em fase de implementação das várias medidas nele preconizadas as quais, refira-se, mereceram a aprovação de todas as entidades competentes na matéria.

4.1. Medidas implementadas no sistema dador

Na albufeira do Loureiro as medidas assentam por um lado na *redução das probabilidades de ocorrência das espécies-alvo* nesta massa de água (espécies de peixes autóctones da bacia hidrográfica do Guadiana) e, por outro, na *redução das probabilidades de passagem das espécies-alvo* para o sistema receptor.

- 1) *Redução das probabilidades de ocorrência das espécies-alvo:*
 - a) Criação de condições inóspitas para a ictiofauna autóctone.

Esta medida está assegurada pelo normal funcionamento do sistema, uma vez que o regime de exploração da albufeira do Loureiro tem um comportamento em nada homogéneo. As grandes flutuações no nível de água da albufeira, que decorrem do sistema de exploração e transferências de água, proporcionam instabilidade hidráulica o que origina situações pouco favoráveis à presença e desenvolvimento das espécies.

2) *Redução das probabilidades de passagem das espécies-alvo:*

- a) Construção da tomada de água em área longe da margem e a meia profundidade, por forma a que a probabilidade de ocorrência das espécies-alvo junto deste órgão seja diminuta, o que se traduzirá numa redução do risco de entrada destes organismos no túnel que liga esta albufeira à do Alvito.

A implementação desta medida resultou no reposicionamento do local onde a água é captada. A nova localização ajustou-se aos seguintes critérios:

- Afastamento das margens, uma vez que as espécies piscícolas autóctones, quando presentes em albufeiras, encontram-se geralmente associadas às margens e locais pouco fundos;
- Afastamento de relevos submersos (elevações na batimetria ou ressaltos do talude), assim como de relevos emersos (ilhas), que possam servir de ligação lateral às margens;
- Localização em profundidade inferior ao limite da zona trofógena, uma vez que nessa zona se concentra a maior parte da actividade biológica que serve de suporte à cadeia trófica e consequentemente proporciona alimento às espécies-alvo.

Tendo como premissas estes critérios, a tomada de água na albufeira do Loureiro passou a localizar-se na zona central da albufeira, sendo a captação de água efectuada entre as cotas 209 e 213 m (ver figuras 3 e 4).

Este reposicionamento consiste na manutenção das infra-estruturas da obra de entrada inicial (tomada de água original) com a introdução de ligeiras alterações necessárias à mesma, e na implantação de uma conduta com 316 m de extensão, até à torre onde se processará a adução de água (actual tomada de água). A torre tem uma secção quadrada de 9 x 9 m, com duas entradas de 3,375 m de largura por 4 m de altura. Cada entrada encontra-se protegida por um conjunto de 4 pilaretes verticais de 0,25 m de diâmetro, espaçados entre si de 0,60 m, constituindo uma das grelhas de protecção de entrada (ver figura 5).

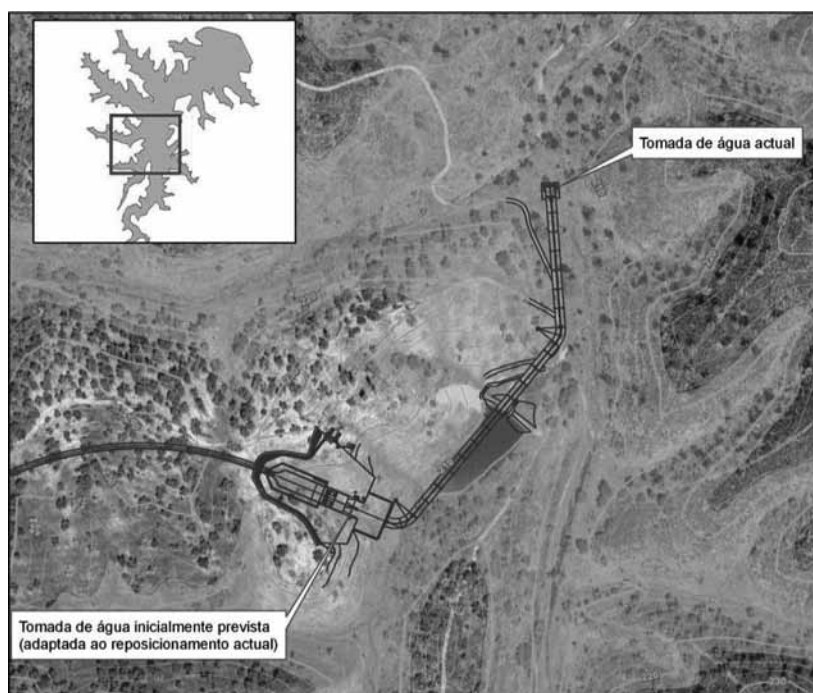


Figura 3 – Tomada de água da albufeira do Loureiro (s/ escala)

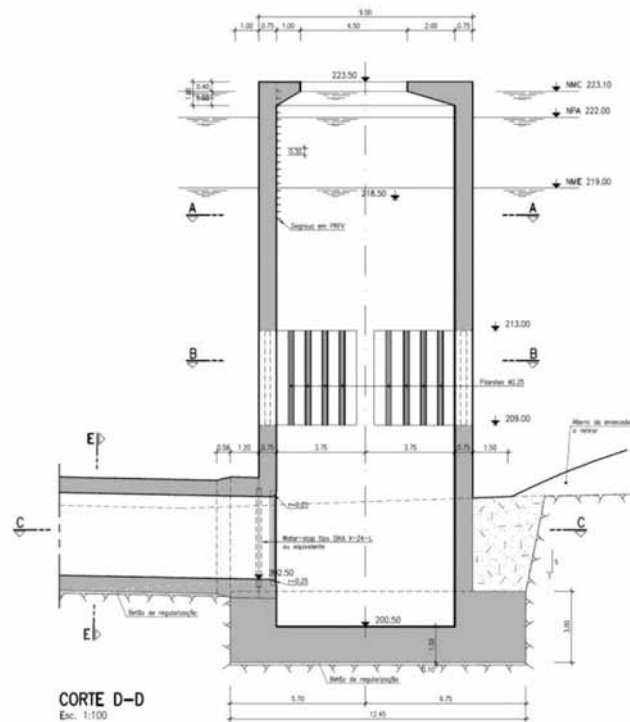


Figura 4 – Esquema em corte da torre de tomada de água (retirado do projecto de execução; sem escala; unidades em metros).

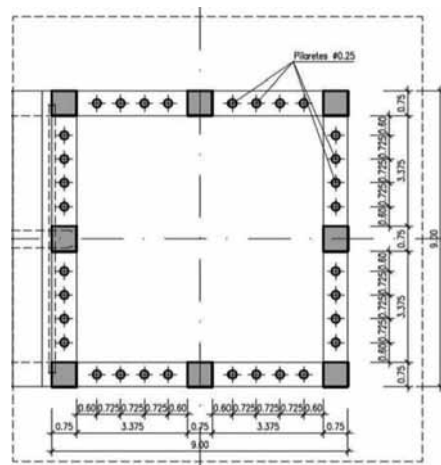


Figura 5 – Esquema em planta da torre de tomada de água (retirado do Projecto de Execução; s/ escala).

b) Instalação de barreira acústica (infra-sons) que funciona como dissuasor, junto da tomada de água, afastando as espécies-alvo desta infra-estrutura.

Para a concretização do projecto de instalação de uma barreira de infra-sons a EDIA realizou uma busca de mercado a fim de encontrar fornecedores especializados, que pudessem estudar e projectar a melhor solução para este dispositivo. Foi assim contactada e contratada a empresa *Fish Guidance Systems* (FGS, <http://www.fish-guide.com>), com sede no Reino Unido, com um vasto *curriculum* em acções semelhantes, em diversos países do mundo. A instalação do dispositivo foi efectuada em articulação com uma barreira de rede, sob a supervisão da empresa fornecedora.

Desde 1994, a FGS tem vindo a desenvolver sistemas acústicos subaquáticos que direccionam os peixes para longe de tomadas de água, tendo a empresa desde a sua formação, desenvolvido uma vasta gama de sistemas de direccionamento e protecção de peixes, que se baseiam em princípios comportamentais das espécies, e que têm vindo a ser optimizados ao longo da sua experiência de actuação.

O sistema que a FGS considerou como o mais adequado para a situação específica da tomada de água da albufeira do Loureiro foi o sistema "SPA" (do inglês *SOUND PROJECTOR ARRAY*). Os sistemas SPA são usados para bloquear/deflectir os movimentos de peixes à entrada de uma tomada de água, sendo inofensivos para os animais. Este sistema é análogo a um sistema convencional de alta-fidelidade e utiliza projectores de som subaquáticos equipados com amplificadores e geradores electrónicos de sinais, que criam um campo acústico repelente antes da tomada de água. O sinal é gravado num chip EPROM e o gerador de sinal pode conter vários destes, que podem ser manualmente seleccionados ou emitidos de forma aleatória ou rotativa.

Após a selecção do sistema, a FGS aconselhou a EDIA a promover a realização de uma modelação acústica para se poderem definir de forma sustentada, todas especificações óptimas do SPA a implementar. Tal prendeu-se com a necessidade de o campo sonoro a gerar ter de ser claramente redireccionador num ponto onde os peixes tenham capacidade de fuga. Para isso é necessário conhecer precisamente como se vai processar a propagação das ondas sonoras em função das características das estruturas do projecto e do sistema SPA.

Na modelação foram testados vários cenários possíveis para diferentes variáveis: frequência e intensidade sonoras, profundidade, número e arranjo espacial dos altifalantes e nível da albufeira. Os resultados permitiram definir as seguintes características ideais para o sistema: Número de altifalantes: 8; Intensidade sonora média: 150 dB e 1 μ Pa; Frequência sonora: 25 Hz; Distância de actuação do campo sonoro, com os efeitos desejados sobre os peixes: raio de 40 metros em torno da tomada de água. A modelação foi também realizada para um sistema composto por 12 altifalantes, tendo-se concluído que, em condições normais de funcionamento, este não difere do cenário com 8 altifalantes. No entanto, caso haja uma avaria num dos altifalantes, o sistema fica com uma capacidade reduzida, que no caso dos 12 altifalantes não acontece. Face às conclusões deste estudo, a EDIA optou pela instalação do sistema equipado com 12 altifalantes. Os resultados da modelação permitiram também a definição do arranjo espacial dos altifalantes. O sinal a emitir será constituído por 8 tipos de sinais distintos, que serão gerados e emitidos aleatoriamente, impedindo assim o efeito de habituação por parte dos peixes. A manutenção do sistema será feita a cada 12 meses. Os materiais do sistema fornecidos pela FGS incorporam dois conjuntos de componentes internos dos altifalantes, de modo a que todos os anos sejam substituídos pelos suplentes. Os componentes retirados são posteriormente alvo de revisão e manutenção, por técnicos especializados, de forma a serem montados novamente no ano seguinte.

4. 2. Medidas implementadas no sistema receptor

Na albufeira do Alvito as medidas assentam por um lado na *redução das probabilidades de sobrevivência e estabelecimento de populações das espécies-alvo* nesta massa de água (espécies de peixes autóctones da bacia hidrográfica do Guadiana e do Sado), à semelhança do previsto para o sistema dador, e por outro na *redução das probabilidades de dispersão das espécies-alvo* para os meios hídricos naturais da bacia hidrográfica do Sado.

1) *Redução das probabilidades de sobrevivência e estabelecimento de populações das espécies-alvo:*

- a) Criação de condições inóspitas para a ictiofauna autóctone.

A forma de criar condições pouco favoráveis ao desenvolvimento de espécies autóctones em termos de colonização, alimentação e recrutamento é a potenciação da instabilidade hidráulica, que decorre do sistema previsto de exploração e transferências de água. Este originará grandes flutuações anuais no nível de água da albufeira, o que, de resto, também acontecerá nas restantes albufeiras do EFMA situadas na bacia hidrográfica do Sado.

2) *Redução das probabilidades de dispersão das espécies-alvo:*

- a) Instalação de um Dispositivo de Segregação de Águas (DSA) que, através de sistema de *by-pass* à albufeira, permitirá assegurar os caudais de manutenção ecológica a jusante das barragens exclusivamente com água da bacia hidrográfica do Sado, evitando assim a circulação de água da bacia do Guadiana na rede hidrográfica natural do Sado, reduzindo desta forma a probabilidade de disseminação de organismos vivos da bacia do Guadiana nos meios lóticos naturais do Sado.

A concepção dos projectos dos DSA passa em primeira instância pela pré-existência ou não de uma barragem. A solução habitualmente preconizada para o dispositivo de segregação de águas para barragens ainda não construídas passa pela construção de um açude na principal linha de água a montante da albufeira (abrangendo assim aquela que é a principal bacia da albufeira) e pela adução dos caudais aí armazenados através de uma conduta ao longo da albufeira até jusante da barragem. No caso das barragens já em exploração, esta solução não é viável uma vez que, por um lado, tal obra implicaria o esvaziamento das albufeiras e, por outro, as obras necessárias no corpo da barragem poderiam interferir com a segurança das mesmas. Assim, as soluções possíveis para o dispositivo de segregação de águas nas barragens já construídas passam pela criação de uma reserva de água através da construção de um ou mais açudes na principal linha de água a montante da albufeira ou noutra linha de água afluente à albufeira, a partir da qual se derivam os volumes de água necessários ao caudal de manutenção ecológica, que posteriormente são transportados através de um circuito hidráulico que pode ser gravítico ou integrar uma estação elevatória.

A emissão da DIA referente ao EIA do Troço de Ligação Loureiro-Alvito que concluiu o processo de AIA deste projecto, veio no entanto impor quer a adopção de um regime de caudais ecológicos para a barragem do Alvito, diferente daquele que foi proposto no EIA, em função dos resultados do estudo desenvolvido, quer uma alternativa diferente de *by-pass* para a segregação de caudais. Uma vez que o caudal ecológico estabelecido pela DIA difere substancialmente do que resultou do estudo realizado (volumes a debitar representam um acréscimo na ordem das 2,5 vezes), acarretando volumes de grandeza maior, as infra-estruturas de *by-pass* que permitem o débito desse regime teriam obrigatoriamente de diferir das alternativas apresentadas no EIA, já que as mesmas foram concebidas e dimensionadas para valores inferiores de caudais.

Tais decisões implicaram a inevitável reanálise, por parte da EDIA, da medida de minimização relativa ao regime de caudais ecológicos a jusante de Alvito em função das directrizes da DIA. Esta análise permitiu a constatação de condicionantes significativas ao estrito cumprimento da DIA, sem que tal acarretasse consequências de outra natureza.

Tendo em conta todos os constrangimentos associados à implementação da solução imposta na DIA para o DSA de Alvito, a EDIA optou por promover, internamente, a concepção de uma nova alternativa para o DSA.

Numa primeira fase foi equacionada a hipótese da criação de apenas uma reserva de água, mas que posteriormente foi abandonada, dadas as dimensões da barragem que teria de ser construída a fim de se armazenar numa única albufeira os volumes necessários ao caudal ecológico. Desta forma, reequacionou-se a solução, tendo-se assim definido a implementação de dois açudes de menor dimensão.

Para a selecção dos locais de implantação dos dois açudes foi realizada uma análise da topografia e da morfologia dos vales da margem esquerda da albufeira de Alvito, onde se encontram, os cursos de água com melhores condições para a criação de açudes de retenção, dominando bacias hidrográficas com maiores áreas drenantes e, conseqüentemente com maiores afluências naturais, bem como melhor topografia para a implantação dos circuitos hidráulicos de restituição à ribeira de Odivelas. Com base nestes critérios foi seleccionado um primeiro local, situado no barranco de Vale do Carro, com um talvegue sensivelmente à cota 193 m, dominando uma bacia hidrográfica com cerca de 11,7 km² de área. A localização do segundo açude foi definida no ribeiro de Marruais, que corresponde ao afluente da margem esquerda mais próximo do corpo da barragem de Alvito. Neste local, o talvegue da linha de água está próximo da cota 192,5 m e a bacia dominada possui cerca de 12,2 km² de área. Assim e no total, verificou-se que as duas bacias ascendem a 23,9 km².

A concepção geral do novo circuito possui a capacidade total de armazenamento suficiente para garantir os volumes necessários inerentes ao caudal ecológico e cujos açudes apenas permitem a passagem de água de montante para jusante, de forma a garantir que a água armazenada por estas estruturas corresponde unicamente a afluências da bacia do Sado e nunca a água de mistura armazenada em Alvito. A partir das albufeiras cria-se um circuito de condutas gravíticas composto por três troços, dois que partem de cada uma das albufeiras e um terceiro que transportará a água aduzida pelos outros dois até ao descarregador de superfície da barragem de Alvito.

A gama preferencial de cotas para a instalação das tubagens é a faixa entre as cotas 190 e 192,5 m, a fim de permitir que a adução se concretize na totalidade por gravidade, já que a restituição se processa aproximadamente à cota 193,5 m.

Optou-se pela travessia de algumas zonas da albufeira, em alternativa ao contorno das margens, diminuindo assim a extensão total do circuito. Nestes trechos em profundidade, as condutas desenvolvem-se apoiadas no terreno, já que as cotas são demasiado baixas, para que as condutas possam ser enterradas. Nestas situações a conduta possuirá uma instalação semelhante à dos emissários submarinos, ou seja será envolvida por contrapesos. Por questões de segurança, a instalação foi realizada de forma diferente consoante a profundidade. Entre as cotas 188 e 190 m, a extensão total das condutas será protegida com enrocamento e colocação espaçada de 3 metros de contrapesos. Nas zonas mais profundas, abaixo da cota 188, apenas se procedeu à colocação dos contrapesos de 3 em 3 metros.

Nos trechos emersos, a conduta foi instalada em vala enterrada, com um recobrimento mínimo de 1,0 m. Para as situações em que a tubagem se encontra implantada acima da cota do NPA de Alvito e que a altura do recobrimento seja inferior a 1,0 m, procedeu-se à execução de um aterro, de forma a garantir a protecção mínima de 1,0 m sobre a conduta.

A tubagem a instalar será do tipo PEAD pela sua resistência à água e flexibilidade, características essenciais pelo facto de a tubagem se encontrar praticamente sempre e em toda a sua extensão submersa e por ser necessário o desenvolvimento de vários trechos em curva.

O circuito é composto por três troços:

- Troço 1: da tomada de água do açude de vale do carro até à caixa de junção, onde se processa a intersecção com o troço 2;
- Troço 2: da tomada de água do açude de Marruais até à caixa de junção, onde se processa a intersecção com o troço 1;
- Troço 3: da caixa de junção até ao descarregador de cheias da barragem de Alvito, onde se procede à restituição dos caudais para jusante da barragem.

O circuito é ainda provido de ventosas e descargas de fundo.

A concepção do projecto definida nos moldes descritos, permite mimetizar por completo, a jusante de Alvito, o escoamento que se verifica naturalmente nas duas bacias onde se criarão os açudes e cuja percentagem cumulativa de aflúncias próprias, relativamente à bacia da barragem de Alvito, ascende a 11,5%.

Esta solução, por ser constituída por um conjunto de infra-estruturas de menor complexidade e também pela sua configuração, possui algumas vantagens pertinentes relativamente à solução preconizada na DIA, nomeadamente:

- Implica menores impactes ambientais decorrentes da fase de construção;
- Implica custos de implementação e de exploração significativamente mais reduzidos;
- Não implica a indemnização e/ou expropriação de proprietários, uma vez que se prevê interferir exclusivamente com áreas já associadas à albufeira do Alvito;
- Acarreta menores riscos de mau funcionamento;
- Proporciona a criação de duas pequenas massas de água com menores oscilações, as quais através de acções de potenciação das suas margens e respectivo espelho de água, poderão funcionar como zonas húmidas de interesse ecológico.

5. MEDIDA COMPENSATÓRIA

A DIA do projecto estipulou uma condicionante na qual a EDIA tinha como responsabilidade a definição de um programa de medidas compensatórias dirigido para os seguintes taxa piscícolas:

- a pardelha (⁴*Iberochondrostoma lusitanicum*);
- a boga (⁵*Pseudochondrostoma polylepis*);
- o barbo (*Barbus bocagei*);
- o escalo (*Squalius pyrenaicus*); e
- o bordalo (*Squalius alburnoides*).

Por forma a dar cumprimento ao requerido, a EDIA procedeu à realização de um Concurso Público para a elaboração do *Programa de Medidas Compensatórias para a Ictiofauna Autóctone e Continental da Bacia Hidrográfica do Sado (PMC-Sado)*.

⁴ Anteriormente classificado como *Chondrostoma lusitanicum*;

⁵ Anteriormente classificado como *Chondrostoma polylepis*.

O PMC-Sado abrange uma área total de 8 341 km², dos quais 7 692 km² correspondem à Bacia Hidrográfica do Rio Sado propriamente dita e os restantes 649 km² aos cursos de água da plataforma litoral. Em termos de enquadramento regional, refere-se que a área de estudo abrange 19 concelhos (Palmela, Setúbal, Vendas Novas Montemor-o-Novo, Alcácer do Sal, Viana do Alentejo, Alvito, Portel, Vidigueira, Cuba, Ferreira do Alentejo, Santiago do Cacém, Sines, Aljustrel, Castro Verde, Ourique e Odemira) dos distritos de Setúbal e Beja.

O PMC-Sado tem como objectivos elementares os seguintes:

Objectivo 1: promover a recuperação populacional das espécies, listadas anteriormente, e da integridade biótica dos sistemas fluviais abrangidos pelo programa;

Objectivo 2: manter o estado das associações piscícolas nos locais onde estas apresentam uma melhor integridade biótica e valor de conservação.

Os principais critérios de selecção foram:

- Distância entre a confluência de uma linha de água com o rio Sado e a barragem do Alvito;
- Existência de barreiras físicas nas linhas de água;
- Exclusão dos troços da rede com menor resistência à contaminação.

O Plano definiu sete (7) Unidades de Intervenção (UI) que se representam na figura seguinte.

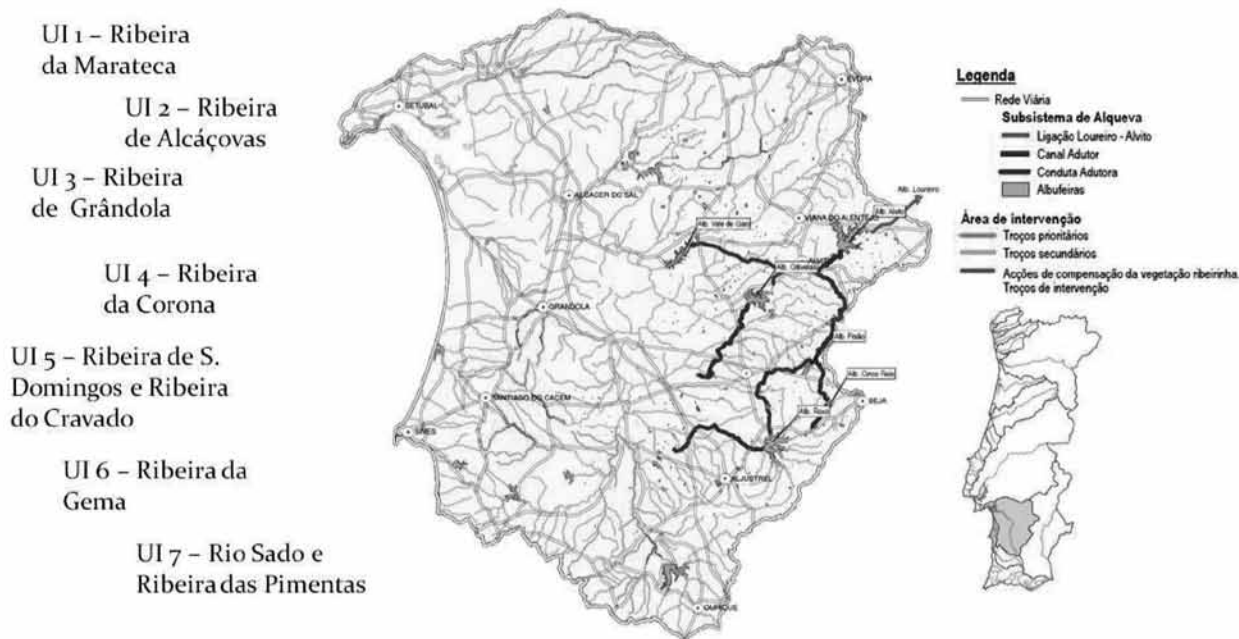


Figura 6 – Enquadramento geográfico

Para as 7 unidades de intervenção previstas foram desenvolvidas diferentes acções, as quais podem ser aplicadas cumulativamente.

Genericamente definiram-se as seguintes acções que se indicam no quadro seguinte.

Quadro 1 – Síntese de Actividades

Acções	Unidades de intervenção associadas
Acções de gestão relacionadas com os peixes	
- Acção 1: Controlo directo de espécies exóticas	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira da Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5), Ribeira da Gema (UI6), Rio Pimentas (UI7)
Acções de gestão relacionadas com o habitat, troço e bacia de drenagem	
- Acção 2: Criação de bypass a obstáculos transversais	Ribeira da Marateca (UI1)
- Acção 3: Controlo da pressão humana	Ribeira de Grândola (UI3), Ribeira de Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5)
- Acção 4: Consolidação das margens	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira de Alcáçovas (UI2), Ribeira de Grândola (UI3), Ribeira de Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5), Barranco do Cravado (UI5), Rio Sado (UI7)
- Acção 5: Promoção da continuidade das formações ribeirinhas (arbóreas e arbustivas)	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira de Alcáçovas (UI2), Ribeira de Grândola (UI3), Ribeira de Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5), Barranco do Cravado (UI5), Rio Sado (UI7)
- Acção 6: Promoção da complexidade estrutural das formações arbóreas ribeirinhas (amiais e freixiais)	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira de Alcáçovas (UI2), Ribeira de S. Domingos (UI5), Rio Sado (UI7)
- Acção 7: Controlo de espécies vegetais exóticas com carácter invasor	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira de Alcáçovas (UI2), Ribeira de Grândola (UI3), Ribeira de Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5), Rio Sado (UI7)
Acções de gestão relacionadas com o Homem	
- Acção 8: Acções de sensibilização sobre o valor patrimonial das espécies piscícolas nativas e respectivas ameaças	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira de Alcáçovas (UI2), Ribeira de Grândola (UI3), Ribeira de Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5), Barranco do Cravado (UI5), Ribeira da Gema (UI6), Rio Sado (UI7)
- Acção 9: Instituição de defesos à captura das espécies objecto do PMC-Sado. Estabelecimento de zonas de protecção	(a definir, dentro da área de estudo, com as entidades competentes)
- Acção 10: Liberalização das dimensões capturáveis das espécies exóticas e eliminação do seu defeso	(a definir, dentro da área de estudo, com as entidades competentes)
- Acção 11 - Implementação do sistema de capturar e libertar para espécies-chave do PMC-Sado	(a definir, dentro da área de estudo, com as entidades competentes)
Acções integradas e de âmbito legal	
- Acção 12: Estabelecimento de áreas com estatuto de protecção	(a definir, dentro da área de estudo, com as entidades competentes)
- Acção 13: Monitorização dos resultados do PMC-Sado, em particular sobre as espécies-chave	Ribeira da Marateca (UI1), Ribeira de Alcáçovas (UI2), Ribeira de Grândola (UI3), Ribeira de Corona (UI4), Ribeira de S. Domingos (UI5), Ribeira da Gema (UI6), Rio Sado (UI7)

A EDIA, após a devida aprovação do Plano pelo Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade (ICNB), encontra-se actualmente a implementar as acções constantes do plano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Face ao exposto na presente comunicação, considera-se que a interacção sustentável entre a engenharia e ambiente é exequível e vantajosa para ambas as temáticas.

Esta relação frutuosa e proactiva permite a salvaguarda de um conjunto de valores ambientais, através da definição atempada e estratégica de medidas que visem a salvaguarda dos vários interesses do projecto e do ambiente, retirando desta forma mais valias das obras de engenharia em prol de uma sustentabilidade que se torna cada vez mais pertinente.

Apenas como curiosidade, os custos financeiros das medidas que se expõem na presente comunicação, até à data e sem contabilizar os valores de exploração dos sistemas, das medidas que se expõem na presente comunicação foram aproximadamente de 5.500.000,00€.

BIBLIOGRAFIA

WS Atkins; DHV FBO (2005). Projecto de Execução do Troço de Ligação Loureiro-Alvito.

AQUALOGUS (2009). Programa de Medidas Compensatórias para a Ictiofauna Autóctone e Continental da Bacia Hidrográfica do Sado

Ferreira *et al.*, (2003). Mitigação de impactes e gestão de ecossistemas aquáticos do sistema de transferência de água entre as bacias hidrográficas do Guadiana e do Sado

Nemus (1998). Estudo Preliminar de Impacte da Barragem do Loureiro e do Troço de Ligação Loureiro-Alvito

FBO. (2001) Estudo Preliminar de Impacte Ambiental do Subsistema de Rega de Alqueva – Bloco do Baixo Alentejo

TEMA 4

**ESTAÇÕES DE BOMBAGEM
E MINI-HÍDRICAS**

ESTAÇÕES DE BOMBAGEM DE PRESSURIZAÇÃO/DISTRIBUIÇÃO EM APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS

Alberto F. FREITAS¹

1. INTRODUÇÃO

A presente comunicação tem como objectivo apresentar a experiência da DGADR e dos organismos que lhe antecederam, enquanto entidade com a competência para a elaboração dos estudos prévios e dos projectos de execução e para a construção das obras em Aproveitamentos Hidroagrícolas, focando-se na vertente das Estações de Bombagem.

É esse o caso das obras classificadas como sendo de grupo I (interesse nacional) e grupo II (interesse regional) e realizadas nos últimos 25 anos, excluindo-se porém as respeitantes ao Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) onde a responsabilidade pertence à EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva. No entanto, os projectos de execução relativos às redes secundárias deste empreendimento são também acompanhados pelos técnicos da Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, que elaboram Parecer técnico com vista à fundamentação de suporte para a aprovação formal pelo respectivo órgão de Tutela.

A experiência da DGADR com estações de bombagem baseia-se ainda no trabalho realizado com algumas Associações de Beneficiários quer no apoio à exploração quer na realização de intervenções técnicas que visaram a reparação de equipamentos ou reabilitação de instalações.

2. HISTÓRICO

Associado a sociedades que demonstravam já um elevado grau de desenvolvimento económico que lhes permitiu a realização de obras com algumas dimensão, datam de há cerca de cinco mil anos os primeiros grandes empreendimentos hidroagrícolas. São disso exemplo as civilizações suméria, babilónica e assíria, na Mesopotâmia, a egípcia, no vale do Nilo, Harappa e Mohenjo-Daro, na bacia do Indo e a civilização chinesa, no vale do Rio Amarelo (RAPOSO, 1994)

No nosso país, a prática da agricultura de regadio poderá estar directamente ligada à chegada dos Celtas à Península Ibérica (RAPOSO, 1994), a partir do séc. VI a.C., quando esta se encontrava ainda na Idade do Bronze.

A utilização da água na agricultura desde sempre fez uso de utensílios que facilitaram a sua disponibilização às plantas. Dispositivos do tipo cabaço, com os quais a água era lançada directamente sobre as plantas terão sido, se aceitarmos usar critérios bastante alargados, as primeiras máquinas elevatórias usadas no regadio no território português.

Muito possivelmente, terá sido através dos Cartagineses que os primeiros regadios foram introduzidos no sul de Portugal, os quais terão feito uso de aparelhos para elevação de água como a nora e a picota. Estes aparelhos, de origem mediterrânica, tiveram entre nós uma ampla divulgação, muito particularmente durante o domínio árabe da península, sendo já bastante utilizados desde os tempos do domínio romano (CASTRO CALDAS, 1987 in RAPOSO, 1994).

¹ Eng.º Agrónomo, DGADR, Av. Afonso Costa, 1949-002, Lisboa, +351.21.844.24.45,afreitas@dgadr.pt

Associado ao legado árabe, é ainda possível encontrar em Portugal noras em bom estado de conservação e funcionamento graças aos esforços dos seus proprietários em assim mantê-las, pelo papel histórico que representaram, pelo aspecto didáctico e, por muitas delas se enquadrarem em termos arquitectónicos numa paisagem rural que a custo se vai tentando manter. Porém, mais frequentemente, o que ocorre é a sua degradação, encontrando-se muitas já em ruínas, abandonadas ou semi-abandonadas, já que, a utilização generalizada de bombas para elevação de água dos respectivos poços, tornou obsoleto os mecanismos utilizados até há algumas dezenas de anos. Na figura 1 podem ser observadas algumas reproduções de máquinas antigas.

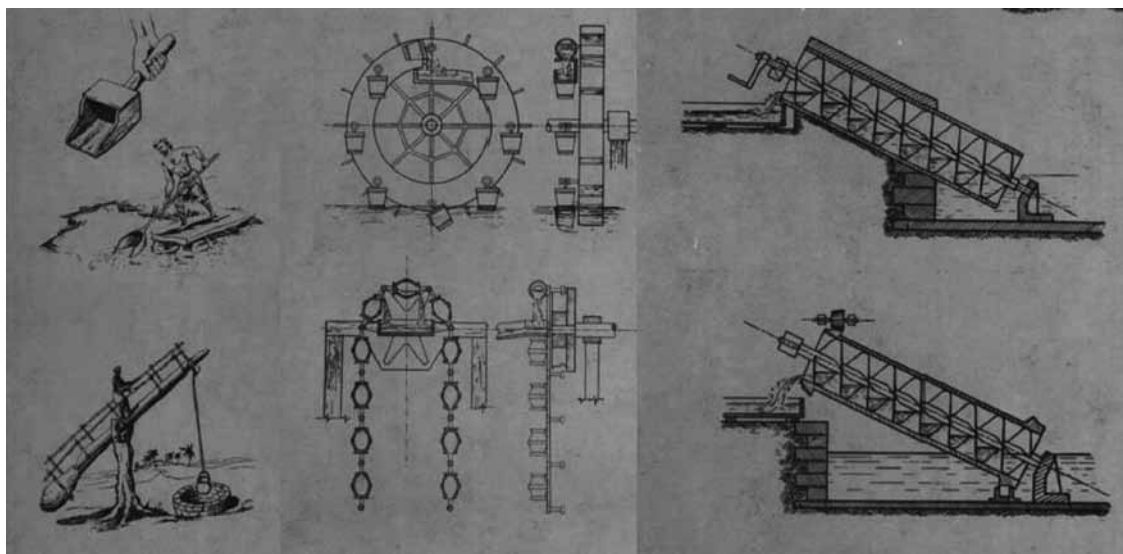


Figura 1 – Máquinas elevatórias primitivas
(extraído de poster publicado pela ex-Direcção Geral dos Recursos Naturais)

Com um papel relevante na história das máquinas elevatórias não pode deixar de ser feita referência ao parafuso de Arquimedes e ao carneiro hidráulico.

Apesar de poder ser considerada uma máquina primitiva o parafuso de Arquimedes (287 a.C.- 212 a.C.) continua a ser amplamente utilizado nos nossos dias já que, devidamente motorizado, permite transportar com eficiência volumes de água significativos, entre pequenos desníveis, e inclusivamente carregados com partículas sólidas como por exemplo esgotos ou lamas resultantes do seu tratamento em estações de águas residuais.

A definição geometria do parafuso de Arquimedes tem em consideração alguns parâmetros externos tais como o raio externo, o comprimento e a inclinação e alguns internos como o raio interno, o número de voltas e o passo da espiral. Os parâmetros externos são habitualmente determinados pela localização do parafuso e pelo volume do fluido que vai ser elevado. Os parâmetros internos podem ser escolhidos de forma a otimizar a performance do parafuso.

Do ponto de vista histórico o carneiro hidráulico poderá ser considerada uma máquina dos tempos modernos. Com a sua autoria atribuída ao francês Joseph Michel Montgolfier (mais conhecido pela invenção do balão de ar quente) em 1796 o carneiro hidráulico consegue elevar água a partir de um determinado nível, a outro mais elevado, com redução do caudal inicial recorrendo ao efeito do golpe de aríete para criar uma pressão que “empurra” parte do fluxo de água.

Trata-se de um mecanismo de funcionamento muito simples e com pouca manutenção e que, não obstante a sua baixa eficiência, por não necessitar de outra fonte de energia para além da pró-

pria energia cinética do fluido, continua a ter ampla utilização. Porquanto exista caudal disponível a montante o carneiro hidráulico pode funcionar indefinidamente.

As máquinas elevatórias são designadas de uma forma geral por bombas e podem ser classificadas pela forma como transmitem energia ao fluido, em bombas volumétricas e bombas cinéticas. As máquinas anteriormente mencionadas pertencem ao grupo das bombas volumétricas em que volumes isolados de fluido são deslocados para outro local através da aplicação de uma força. Uma das principais limitações deste tipo de bombas prende-se com o facto de não permitirem a pressurização de tubagens.

As máquinas que equipam as estações de bombagem dos aproveitamentos hidroagrícolas pertencem, porém, ao grupo das bombas cinéticas ou bombas de turbina. Apesar de somente no séc. XIX terem começado a ser construídas para uso real, o conceito era já bastante antigo tendo Leonardo da Vinci sido autor de um projecto de um vaso giratório que aplicava força centrífuga a um líquido que assim se elevava a um plano superior. Contudo, segundo WIJDIEKS e BOS (1981) a primeira bomba de turbina terá sido usada em minas de cobre em Portugal no séc. V.

A utilização de bombas para elevação de água surgiu principalmente pela necessidade de transporte de água para irrigação, recorrendo primitivamente à força humana e força animal. Nos nossos dias recorre-se a motores térmicos ou motores eléctricos para fornecer às bombas a força motriz necessária ao desempenho das suas funções. No essencial, as estações de bombagem são sistemas elevatórios que têm como equipamento principal um ou mais grupos de bombagem (bomba acoplada a um motor) associados a outros equipamentos auxiliares para comandar, supervisionar e proteger o funcionamento da instalação.

Em 1930 foi criada em Portugal a Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola (JAOHA) com o objectivo de concretizar o conjunto de empreendimentos hidráulicos pensados para concretizar a política do governo da altura, destinada ao aumento da capacidade produtiva do país. O primeiro aproveitamento hidroagrícola construído durante a vigência da JAOHA foi o aproveitamento do Paul de Magos, concluído em 1938.

Muitos dos aproveitamentos hidroagrícolas que foram sendo construídos desde então pelos vários organismos a quem foram atribuídas as competências da JAOHA foram equipados com estações de bombagem quer destinadas à rega (por ex. Mira) quer destinadas à drenagem (por ex. Cela) ou até com ambas as funcionalidades (Conchoso, Lezíria de Vila Franca).

Pelos desafios específicos que se prendem com a questão da regulação automática das estações o tema aqui apresentado incidirá sobre as estações de bombagem destinadas à pressurização e distribuição de água para rega em sistemas de condutas. A primeira experiência data da década de 1980 com a construção da estação de bombagem do aproveitamento hidroagrícola da Vigia, no Alentejo.

3. O PROJECTO

3. 1. Desafios

Os desafios colocados pelas estações de bombagem iniciam-se desde logo na fase de projecto e abarcam áreas tão diversas como hidráulica, mecânica, electrotecnia, construção civil, etc. Proporcional ao número de valências envolvidas é o número de soluções que por essa mesma razão

se depara a quem tem que coordenar um projecto multidisciplinar como o que está em causa. Nos últimos anos, os projectos desenvolvidos no âmbito do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva têm mostrado isso mesmo. Situações com dados iniciais semelhantes tiveram soluções finais bastantes diferentes.

3. 2. Das bombas

As primeiras estações de bombagem destinadas à rega através da distribuição de água em pressão foram a Vigia e o Lucefecit. Ambas as instalações são, pela sua localização, estações de pé de barragem, captando água a partir das respectivas albufeiras. Se nestes casos não se levantam dúvidas quanto ao tipo de bombas a instalar, o mesmo não poderá ser dito quando a captação se faz a partir de um reservatório semi enterrado como é o caso da estação de bombagem de Montes Velhos no Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo onde foram instalados grupos de coluna vertical, com bomba imersa e motor à superfície. Neste último caso, como em alguns dos projectos para o EFMA a escolha já não é, porém, tão óbvia.

O mercado não apresenta actualmente muitas alternativas no caso dos grupos de coluna vertical, com motor à superfície pelo que a opção que se depara ao projectista é a instalação de grupos em câmara seca. Neste caso será necessário ponderar os custos associados à construção civil já que, para garantir o NPSH (acrónimo em língua inglesa para net positive suction head) requerido pela instalação, as bombas deverão ter que ser colocadas a cotas que obriguem à execução de grandes volumes de escavação e à conseqüente necessidade de reforço da estrutura de betão armado do edifício.

Nos projectos do EFMA onde esta questão se pôs, a opção recaiu quase sempre no recurso às bombas submersíveis.

Seja qual for o tipo de bomba que esteja em causa, os parâmetros fundamentais, quando se trate de dimensionar os equipamentos, é o caudal e a altura manométrica. O caudal de dimensionamento depende, naturalmente, do nº de grupos a instalar e, para a sua determinação não existe o conceito de solução correcta. Antes porém, deveremos falar de solução de compromisso.

Tratando-se de bombagem para rega, não existe, em princípio, necessidade de se montar na instalação grupos de reserva já que o caudal máximo é raramente atingido e, mesmo quando seja necessário proceder à reparação de um grupo, a probabilidade de os restantes continuarem a assegurar o caudal requerido pela rede é muito grande. Além disso, e porque a gama de caudais numa rede de rega vai do caudal nulo até ao caudal máximo, recorre-se à introdução de um ou mais grupos auxiliares (de menor caudal que os grupos principais) que podem também funcionar como reserva aos grupos principais.

Assim, a determinação do número de grupos de uma instalação, passa mais por ser uma escolha onde são ponderadas questões como eficiência, custos de manutenção, flexibilidade de caudais, etc. Em grande parte dos blocos de rega do EFMA onde é possível atingir potências próximo de 1GW há ainda que ter em conta a tensão nos motores. Tendo em conta os equipamentos normalizados no mercado o número de grupos principais nas estações de bombagem varia, normalmente, entre 3 e 5.

Observados os critérios técnicos coloca-se ao projectista, por vezes e perante os catálogos dos fabricantes, a dúvida da escolha em função de um custo de aquisição das bombas já que este,

por regra, só é obtido através de consulta. Esta questão foi tema de reflexão quando, para determinadas gamas de caudais e alturas manométricas, houve que decidir entre bombas centrífugas de voluta simples e bombas centrífugas de câmara bipartida. Com a colaboração de um fabricante, foi possível elaborar o quadro de duas entradas que a seguir se apresenta (quadro 1).

O quadro apresenta o quociente entre o preço de aquisição dos dois tipos de bombas que mais se adequam para o mesmo binómio caudal/altura manométrica. Considerando que a eficiência é mais elevada nas bombas de câmara bipartida tomou-se o valor de 80% como o limiar a partir do qual se torna mais interessante a opção por este tipo de bombas (área amarela do quadro). Abaixo deste valor (relação de custos de aquisição inferior a 0,8) a opção mais indicada recai sobre as bombas de voluta simples (área verde do quadro).

No entanto, as opções tomadas a partir da consulta do quadro deverão ser encaradas simplesmente como um ponto de partida para o desenvolvimento do projecto.

Quadro 1 – Selecção de bombas

H (mc.a.)												
80-90		0,29	0,43	0,41	1,00	0,99	0,82	0,85	0,86	0,85	0,85	
70-80		0,27	0,39	0,39	0,78	0,96	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	
60-70		0,25	0,34	0,53	0,68	0,83	0,86	0,90	0,92	0,84	0,87	0,96
50-60		0,25	0,28	0,38	0,63	0,70	0,84	0,92	1,01	0,89	0,90	0,94
40-50		0,24	0,26	0,50	0,56	0,63	0,72	0,90	0,97	1,02	0,96	1,05
30-40		0,21	0,22	0,38	0,48	0,60	0,64	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91
20-30		0,19	0,30	0,41	0,40	0,42	0,67	0,77	0,68	0,74	0,77	0,78
		0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1100
		Q(M ³ /H)										

Tão importante como a escolha e o dimensionamento dos grupos principais, o dimensionamento dos grupos auxiliares é um factor chave no sucesso de uma instalação. O regime de exploração de um aproveitamento hidroagrícola possui particularidades muito próprias e que torna distintas de outras, as estações de bombagem que deles fazem parte. Em grande parte do tempo, o caudal na rede é tão baixo que durante esses períodos somente se torna necessário o uso dos grupos auxiliares.

Em estações como o Benaciate, que possuía somente um grupo auxiliar, e onde o caudal bombado foi sempre bastante inferior à capacidade instalada procedeu-se à substituição de um dos grupos principais por mais um grupo auxiliar. Conseguiu-se desta forma, para caudais mais baixos, e através da alternância do funcionamento dos grupos, duplicar o intervalo de tempo entre arranques sucessivos.

As configurações típicas apresentam um ou dois grupos auxiliares dimensionados normalmente para um valor de aproximadamente metade do caudal nominal dos grupos principais.

Com a evolução dos variadores de frequência, que permitem variar a velocidade de rotação dos motores dos grupos, tornou-se possível responder melhor à curva de funcionamento das ins-

talações. Enquanto a sua utilização nos grupos auxiliares tem sido adoptada de forma generalizada já no que respeita aos grupos principais a decisão quanto ao número de grupos a equipar com variadores de frequência nem sempre tem sido unânime.

De facto, a opção pela variação de velocidade passou, em muitos casos, a ser feita somente com base nas vantagens destes equipamentos. Não obstante os inegáveis aspectos positivos há que ponderar logo no estudo prévio de soluções, quer os custos de investimento quer os que advêm da manutenção por eles requerida.

3. 3. Da alimentação eléctrica

Em dependência directa da potência dos motores dos grupos electrobomba, a alimentação eléctrica das estações de bombagem é igualmente objecto de particular atenção. O carácter sazonal da actividade de regadio tem como consequência, na maior parte das instalações, a paragem quase total do seu funcionamento. Porém, os custos fixos associados à potência instalada e os custos da energia reactiva produzida nos períodos de baixo consumo de energia eléctrica obriga a adoptar soluções que possam favorecer a gestão da instalação.

A redução dos custos com energia reactiva pode ser conseguida através da utilização de motores com variador de frequência ou da colocação de condensadores na instalação. Se no primeiro caso a redução dos custos pode ser somente uma consequência positiva da opção do projectista pela utilização de inversores por outras razões que não a diminuição da energia reactiva, a colocação de condensadores deverá ser encarada como um equipamento previsto no projecto de execução.

Não obstante o custo de um condensador, pela redução de custos que promove, ser rapidamente amortizado, o seu elevado valor de aquisição dificulta que este investimento venha a ser feito posteriormente, já durante a fase de exploração da obra.

A instalação de transformadores de tensão capazes de suportar a potência máxima da instalação é uma inevitabilidade porquanto há que assegurar o funcionamento de todos os equipamentos. Para procurar minimizar os custos de exploração é possível recorrer da instalação de dispositivos que permitam uma gestão do uso dos transformadores, adequada ao regime de consumos associado à rega dos aproveitamentos hidroagrícolas portugueses, tais como os sistemas de interbarras.

No entanto, e apesar das limitações impostas pela entidade fornecedora dos serviços de energia, que não permitem ir tão longe quanto seria desejável, o tema da alimentação eléctrica, pelas fortes consequências económicas que acarreta, a manutenção da sua discussão continua a revelar-se de especial interesse.

3. 4. Da construção civil e ambiente

Um aspecto que parece ter-se mantido inalterado nos últimos trinta anos diz respeito à arquitectura das estações de bombagem. Mais ou menos integrado nas paisagens onde se inserem, os edifícios são no geral compostos por uma nave suficientemente grande para albergar os grupos electrobomba e um equipamento para a sua movimentação (ponte rolante ou pórtico) e um conjunto de salas que podem fazer ou não parte do edifício principal.



Figura 2 – Edifícios das estações de bombagem do Benaciate (esq.) e Minutos (dir.)

Naturalmente, respeitando aspectos que se prendem com a conformidade ambiental da construção, o edifício de uma estação de bombagem deve acima de tudo ser tecnicamente funcional. E, neste sentido, vários aspectos são particularmente estudados tendo em vista a protecção ambiental dos equipamentos.

Localizados normalmente fora de zonas arborizadas tem havido a preocupação de estudar a orientação geográfica mais conveniente para os edifícios de modo a que a sua construção garanta a exposição a Norte das suas zonas mais sensíveis e que são as áreas onde vão ficar localizados os quadros eléctricos.

A complexidade em termos eléctricos e electrónicos que actualmente pode ser encontrada numa estação de bombagem exige a montagem de um elevado número de quadros eléctricos para a protecção, comando e supervisão desses equipamentos. Nos projectos mais recentes procurou-se assegurar a existência de um sistema que promova a ventilação adequada do espaço onde se encontram instalados esses quadros e garantindo, além disso, que estes tenham o índice de protecção ajustado às condições a que se encontram sujeitos. A humidade e consequente condensação de vapor de água e a existência de poeiras atmosféricas têm sido apontadas como causas de algumas anomalias graves em estações de bombagem.

Sobretudo quando se trate de instalar variadores de frequência, pelo calor que irradiam, torna-se apropriada a climatização dessas salas através de aparelhos de ar condicionado, estendendo essa utilização igualmente à sala do operador.

Pela sua dimensão, sobretudo devido ao elevado pé direito, o ar quente gerado na nave das bombas tenderá naturalmente a subir. Através de aparelhos de extracção de ar conjugados com grelhas de ventilação é possível aproveitar esse movimento ascensional e promover a saída do ar quente provocado pelos motores em funcionamento.

A cobertura da nave deverá acima de tudo garantir a estanqueidade do edifício permitindo o escoamento das águas pluviais de forma a não pôr em causa a restante estrutura. Em termos de isolamento térmico o material usado deverá garantir que o calor provocado pela exposição solar não seja transmitido ao interior do edifício ou às camadas mais internas da estrutura.

Um outro aspecto a que temos prestado particular atenção é à segurança dos transformadores quando estes são colocados no edifício da estação. Em alguns casos, para garantir a ventilação do local, os portões colocados não cobrem todo o vão e mesmo quando o fazem são usadas redes que permitem a passagem de aves e insectos. Em consequência disso, quer o local quer o próprio

equipamento acumula rapidamente sujidade. A solução que tem sido preconizada passa pela colocação de portões com dois níveis de protecção; um com grelha que garanta a ventilação e impeça a entrada de água e outro com rede de malha fina para evitar a entrada dos animais.

Considerando o nível de vandalismo a que se vai assistindo nos últimos anos nas zonas rurais, há que ponderar também, para além dos sistemas de CCTV e alarmes de intrusão, o reforço da segurança das entradas das instalações.

3. 5. Da supervisão

O conhecimento dos parâmetros de funcionamento de uma estação de bombagem, quer em tempo real quer o seu histórico sempre foi, e continua a ser, uma preocupação de quem projecta, de quem constrói e de quem explora.

Os quadros eléctricos desde sempre serviram para o comando e controlo dos equipamentos funcionando perfeitamente para esse fim através das botoneiras e lâmpadas de aviso instaladas nas suas portas, sendo a monitorização do funcionamento dos motores eléctricos feita através de voltímetros e amperímetros. São disto exemplo as estações de bombagem da Vigia e Benaciate, ainda que esta última tenha sofrido algumas actualizações.

Em termos hidráulicos os manómetros de pressão instalados em picagens feitas nas condutas continuam a ser equipamentos essenciais nas instalações. Também os caudalímetros são equipamentos essenciais ao funcionamento das estações de bombagem. Na Vigia, porque o modo de regulação da estação não requeria o conhecimento do caudal, este equipamento não foi instalado. Porém, porque a experiência o indica e porque alguns problemas têm ocorrido, está prevista a instalação de caudalímetros em intervenção a efectuar no âmbito da sua reabilitação.

A vontade de reunir num único local todos os comandos, sinais e avisos referentes ao sistema de bombagem levou à introdução dos painéis de controlo centralizado à semelhança do que já existia na indústria. O painel de controlo que equipou a estação do Lucefecit permitia ainda proceder ao registo em papel de alguns parâmetros de funcionamento.

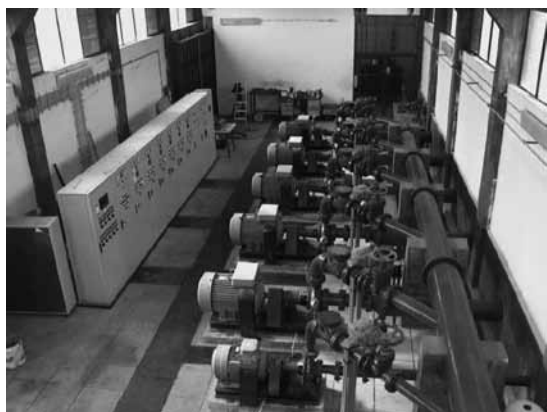


Figura 3 – Quadros de comando da estação de Bombagem do Benaciate (esq.)

O desenvolvimento da electrónica e dos autómatos programáveis (PLC) e a generalização do uso de computadores veio permitir a evolução dos sistemas de supervisão até atingir o ponto que hoje se conhece.

Os limites do que é possível fazer actualmente prende-se mais com aspectos de ordem financeira do que de ordem técnica. Mais, a aplicação das tecnologias pode fazer parte de acções de reabilitação sem que seja necessário proceder a modificações vultosas. E, se há alguns anos atrás era imperativo que existisse uma grande uniformidade entre os equipamentos destinados à área da supervisão para que fosse possível garantir a comunicação entre eles, actualmente, as linguagens de programação usadas recorrem a protocolos abertos que tornam viável a sua perfeita integração.

Os PLCs constituem o verdadeiro cérebro de uma estação de bombagem actual. Através destes é feita a integração de todos os sinais (entradas) produzidos pelos equipamentos. Após o processamento, o PLC envia outros sinais ou ordens (saídas) repetindo este ciclo indefinidamente. A complexidade destes sistemas pode crescer tanto quanto for necessário.

De facto, através de programação de autómatos é possível idealizar um sistema que responda a todas as exigências de uma instalação deste tipo. Contudo, e não obstante todo o esforço de testagem desenvolvido durante e após a fase de obra, não é possível prever todas as situações que ocorrem ao longo da sua exploração devido ao regime de funcionamento tão variado e que tanta influência exerce nos sistemas de regulação. Além disso, uma vez desenvolvido o programa, do ponto de vista da sua exploração, tornou-se um produto final.

Nas estações de bombagem actuais o computador pessoal tornou-se o verdadeiro interface entre o operador e os equipamentos. A experiência que o operador adquire tem que poder ser transmitida ao sistema. A partir da análise da lista exaustiva dos sinais e comandos que entram e saem do autómato programável (que deve constar logo do projecto de execução) é possível, durante a fase de desenvolvimento do software, prever quais os parâmetros que podem vir a ser alterados, durante a exploração, dentro de intervalos previamente definidos. A inclusão desta valência num sistema de supervisão dá ao operador a capacidade para afinar o sistema de acordo com a situação presente.

Os sistemas de supervisão possibilitam, remotamente e em tempo real, conhecer em cada instante o funcionamento da instalação. Permitem ainda proceder ao registo de diversos parâmetros, emitir alarmes e manter o histórico de todos os eventos mais ou menos relevantes. Por tudo isto, as estações de bombagem são frequentemente designadas por instalações abandonadas.

Parece-nos mais adequada a designação de estações de funcionamento automático. Apesar disso, as estações devem permitir a intervenção de um operador quer a partir dos quadros de comando quer a partir de consolas localizadas junto aos grupos. Este modo de funcionamento manual deve, no entanto, continuar a ser gerido pelo PLC de forma a salvaguardar contra possíveis acções que possam colocar em risco, quer a estação, quer os equipamentos individualmente.

Em 30 anos evoluímos de uma situação de estações operadas sob supervisão quase constante por parte de um operador, para instalações que, pelos automatismos que a compõem é criada a sensação de que este poderá ser dispensado. Nada é menos verdadeiro. O factor humano é essencial e imprescindível, e o grau de sofisticação que se atingiu só torna mais exigente a qualificação do operador.

3. 6. Dos sistemas de regulação

Os sistemas de distribuição de água para rega devem ser concebidos para fornecer água, sempre que haja solicitação, pressupondo que o caudal na rede varia com o tempo de forma considerável. Para isso é necessário que as estações de bombagem possuam os dispositivos de regulação que, em qualquer momento, garantam as exigências de caudal e pressão. As modernas estações de bombagem em redes de rega pressurizadas estão equipadas com tais dispositivos e que asseguram a regulação automática do sistema.

Um dos métodos de regulação com bastante utilização nos nossos aproveitamentos hidroagrícolas recorre a um reservatório colocado numa posição elevada em posição intermédia ou no final da rede. O arranque e paragem dos grupos é comandado a partir dos níveis de água registados no reservatório

Este método de regulação apresenta as seguintes vantagens genéricas:

- A carga na rede varia muito pouco e, no caso do reservatório se encontrar colocado em ponto intermédio da rede, as bombas podem funcionar praticamente sempre no mesmo ponto de rendimento óptimo da sua curva característica;
- Não é necessária carga extra para o reservatório de regulação o que torna os custos de bombagem mais atractivos, quando comparados com os de um sistema com reservatório hidropneumático;
- O volume do reservatório de regulação é mínimo e a ausência de equipamento sofisticado garante a fiabilidade do sistema;
- É um sistema barato quando o reservatório de regulação se encontra próximo da estação elevatória, uma vez que envolve simplesmente a instalação de um cabo eléctrico para a transmissão de sinais.
- Apresenta as seguintes desvantagens:
 - O sistema torna-se caro se o reservatório se situa longe da estação;
 - É necessário que o reservatório seja instalado em local elevado, nem sempre existente nas áreas regadas. Quando inexistentes têm de ser construídos reservatórios sobre-elevados de custo relativamente alto. Dado o custo da torre ser mais elevado que o do reservatório, este sistema é adequado para perímetros com grandes áreas mas proibitivo para os pequenos perímetros a não ser que exista um local elevado que dispense a construção da torre;
 - Todo o caudal tem que ser bombado para a cota máxima;

O sistema tem particular interesse quando se trate de estações de bombagem cujo regime de funcionamento seja muito pouco variável. No caso particular dos Minutos onde a regulação é feita a partir de um reservatório colocado em posição intermédia e em que todos os grupos instalados inicialmente eram iguais e com velocidade fixa, existia um regime de paragens e arranques demasiado frequentes.

Não porque o dimensionamento dos grupos ou do reservatório estivesse errado. O que acontece neste como noutros sistemas é a necessidade de dimensionar toda a estação para a situação hidraulicamente mais desfavorável (nível mínimo na albufeira, caudal máximo, perdas de cargas máximas) e, no entanto, ter que continuar a responder a toda a gama de caudais em que o caudal máximo é o que, na maioria das vezes, ocorre menos frequentemente.

Esta estação de bombagem sofreu alterações recentes com a substituição dos grupos electrobomba por outros de menor dimensão, equipados com variação de velocidade.

O outro método de regulação mais usado em de estações de bombagem em redes de rega é a regulação manodebitométrica. A regulação manodebitométrica baseia-se no conhecimento, em cada instante dos parâmetros pressão e caudal. A pressão em causa é a que ocorre num reservatório hidropneumático (RH) a jusante dos grupos e o caudal é obtido a partir da leitura de um caudalímetro colocado no início da rede.

Uma vez que o princípio de funcionamento se baseia no binómio caudal/pressão da rede torna-se primordial que exista um perfeito conhecimento destes parâmetros.

A localização do caudalímetro deverá ser a jusante do reservatório hidropneumático. De outra forma a programação torna-se bastante mais complexa já que, para pequenos caudais fornecidos pelo RH o caudalímetro registará um valor nulo e dará uma indicação de valor de caudal mesmo que esteja somente a repor o nível no RH. Este aspecto não se torna particularmente relevante quando se trate de caudais mais elevados. Porém, considerando que durante grande parte do tempo a estação esteja a funcionar num regime de baixos caudais este aspecto reveste-se de importância primordial.

A grande vantagem face ao anterior método mencionado é a que não necessita de reservatório de regulação (não nos referimos aqui aos reservatórios de alimentação construídos a montante da estação) para assegurar a necessária resposta às exigências da rede.

Para cada uma das bombas é definida uma gama de caudais e pressões que através da selecção adequada à curva de exploração da rede é possível, para além de uma redução da potência consumida, manter os grupos em funcionamento contínuo quando o consumo de água é constante. Este aspecto tem a vantagem de reduzir os custos de manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. As bombas que melhor se adaptam a este tipo de funcionamento são as que apresentam curvas características mais "deitadas".

A introdução no sistemas dos variadores de frequência veio permitir ajustar de forma ainda mais eficiente a curva da instalação à curva característica da rede. A variação de frequência trás maior flexibilidade mas torna também mais exigente a programação sobretudo quando se trate de ajustar a velocidade das bombas de forma a responder aos pequenos caudais. A um pequeno incremento da frequência do variador, o sistema deverá observar não só a leitura obtida a partir do caudalímetro mas ter também em conta o caudal que contribui para o enchimento do reservatório hidropneumático.

Em estações de bombagem em que todos os grupos sejam equipados com variadores de frequência a resposta ao pedido da rede pode fazer-se com todos os grupos a modular caudal ou, alternativamente, um dos grupos faz os ajustamentos enquanto os restantes funcionam à sua velocidade nominal. A solução mais eficiente será função das características dos grupos e deverá ser estudada em colaboração com o fabricante quer dos motores quer das bombas.

Ainda que a responsabilidade pela programação da estação pertença ao empreiteiro é fundamental que os projectos contenham uma descrição do algoritmo de funcionamento tão objectiva quanto possível. A regulação manodebitométrica, sem dúvida mais exigente, requer um maior empenho em todas as partes envolvidas e, por isso, o dono de obra será o primeiro a assumir a sua responsabilidade através da apresentação de um projecto de execução tão detalhado quanto possível.

4. CONCLUSÕES

Não foi intenção desta comunicação tratar aspectos de detalhe no que respeita à elaboração do projecto de execução das estações de bombagem, mas antes transmitir à comunidade, em aspectos pontuais, um conjunto de experiências, nem sempre com resultados positivos, mas que, acreditamos, podem contribuir para uma exploração mais eficaz das instalações.

Uma estação de bombagem actual é uma instalação repleta de tecnologia. Os dispositivos que a constituem e os automatismos que regulam o seu funcionamento existem para a tornar mais eficiente. No entanto, tal grau de sofisticação exige uma manutenção cara e conhecimentos especializados nem sempre disponíveis pelos responsáveis pela gestão que, recorde-se, diz respeito à actividade agrícola.

A formação de pessoal e o acompanhamento dos primeiros anos de exploração é essencial. Tão importante como resolver problemas é saber identificar a sua origem o que só é possível alcançar com a experiência. O operador da estação não poderá ser somente o técnico que, do posto de comando, interage com os equipamentos. Ao operador deve exigir-se que possua conhecimentos mínimos de electrotecnia e mecânica.

Somente a dimensão poderia permitir a existência de uma equipa com técnicos especializados em várias valências. A contratação externa desse tipo de serviços será inevitável mas mesmo assim é necessário assegurar por parte da exploração o domínio de uma linguagem comum com as várias áreas.

Muitas das ideias que se procurou transmitir atrás têm vindo a ser sendo aplicadas nos últimos anos quer nos projectos da responsabilidade da DGADR quer nos projectos desenvolvidos pela EDIA para o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva. A redução do prazo para a sua conclusão não vai permitir avaliar o trabalho aí realizado para continuar a evoluir o conhecimento e poder corrigir ou melhorar soluções através da sua aplicação em projectos posteriores.

Dado o elevado número de estações elevatórias a construir pela EDIA nos próximos anos, o EFMA será um verdadeiro laboratório de observação onde podemos e devemos continuar o nosso trabalho de apoio na gestão dos aproveitamentos hidroagrícolas e, acima de tudo, a retirar ensinamentos que, desejamos, continuem a ser de utilidade ao desenvolvimento do regadio em Portugal.

AGRADECIMENTOS

Quero publicamente agradecer ao Eng.º João Campos a paciência e disponibilidade com que nos últimos 4 anos me transmitiu alguma da sua experiência, sem o que esta comunicação não teria sido escrita.

BIBLIOGRAFIA

RAPOSO, J.R.(1994) História da Rega em Portugal, Lisboa, Instituto da Água;

WIJDIEKS, J e BOS M.G., 1981 Twentieth International Course on Land Drainage, Pumps and Pumping Stations, Wageningen;

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

António PINHEIRO¹

António MOISÉS²

Carlos GASPAR³

O escalão 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 hidroeléctrica do empreendimento.

Para satisfazer o segundo objectivo, no que se refere à margem esquerda do rio Guadiana, foi projectada uma estação de bombagem dimensionada para um caudal de 19,6 m³/s, com uma altura de elevação de 65 m. Tendo em atenção o regime de caudais ecológicos, analisou-se viabilidade de construir um reforço de potência da mini-hídrica existente.

No presente artigo são apresentados os principais condicionamentos do projecto da estação elevatória e da conduta elevatória, bem como do reservatório de Orada, que serve de estrutura de armazenamento de água e de transição entre a conduta elevatória e o canal do Pedrógão-Margem Esquerda, bem como as características mais relevantes deste conjunto de obras.

São apresentadas as principais características dos equipamentos hidromecânicos instalados na estação elevatória, bem como os condicionamentos à sua definição.

A barragem do Pedrógão incorpora uma central mini-hídrica, que compreende dois grupos Kaplan de eixo vertical dimensionados para um caudal de 25 m³/s cada e potência unitária de cerca de 5 MW. No que respeita ao reforço de potência desta mini-hídrica, são brevemente descritos o procedimento de análise da viabilidade técnico-económica, salientando as hipóteses consideradas, e o regime de exploração conjunta da mini-hídrica existente com a central de reforço de potência.

Palavras-chave: barragem do Pedrógão; reforço de potência; estação elevatória.

¹ CEHIDRO, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa apinheiro@civil.ist.utl.pt

² AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda. geral@aqualogus.pt

³ EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, SA. cgaspar@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), que permitirá beneficiar uma área com cerca de 118 000 ha, é constituído por três subsistemas, de acordo com as diferentes origens de água: Alqueva, Pedrógão e Ardila.

O subsistema do Ardila, com origem de água na albufeira do Pedrógão, beneficiará uma área total de cerca de 30125 ha, situados na margem esquerda do Guadiana, entre as povoações de Moura, Brinches, Pias e Serpa.

Uma das obras mais significativas deste subsistema é a Estação Elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda (EEP-ME) e o conjunto de obras relativas ao respectivo circuito hidráulico, que, no seu conjunto, se designarão por Sistema Elevatório do Pedrógão-Margem Esquerda (SEP-ME). O SEP-ME tem como objectivo proceder ao reforço das aflúências às albufeiras de Brinches e da Amoreira. A partir destas albufeiras, é, posteriormente, efectuado o reforço das restantes albufeiras do subsistema do Ardila: Serpa, Lage, Enxoé, Caliços e Pias.

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 e 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].

Em 2003, por solicitação da EDIA, a EDP, Produção EM elaborou um estudo de viabilidade técnico-económica do reforço de potência daquela mini-hídrica (EDP, 2003). O estudo pretendia que, no curto prazo, a EDIA pudesse decidir sobre a realização de obras preliminares e sobre a instalação de equipamentos que fossem indispensáveis à criação de condições adequadas e vantajosas para a construção da central de reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão. Nesse estudo, foram consideradas duas alternativas de reforço de potência: 5 MW ($Q_{\max} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$) e 10 MW ($Q_{\max} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$). Decidiu-se também, que no caso de se construir a nova central, esta se realizaria na margem esquerda do rio Guadiana.

Tendo por base os pressupostos adoptados na realização desse estudo preliminar da EDP, Produção EM (EDP, 2003), verificou-se que os indicadores económicos obtidos eram significativamente inferiores aos habitualmente pretendidos.

Posteriormente, no contexto do Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 16 de Fevereiro de 2005, com a possibilidade dos produtores independentes instalarem potências até 30 MW, e com base no estudo de exploração conjunta dos dois aproveitamentos e no conhecimento mais rigoroso dos consumos de água a partir da albufeira do Pedrógão, mostrou-se pertinente reavaliar a viabilidade técnico-económica do reforço de potência da central mini-hídrica existente.

O presente artigo aborda os aspectos mais relevantes da concepção do SEP-ME e o estudo de viabilidade do reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão.

2. REFORÇO DE POTÊNCIA DA MINI-HÍDRICA DO PEDRÓGÃO

2.1. Enquadramento

A barragem do Pedrógão (Figura 1) tem as características principais que se apresentam no Quadro 1. O regime de exploração da respectiva albufeira tem que satisfazer vários objectivos que, conseqüentemente, condicionam os caudais disponíveis para turbinar na central hidroeléctrica de reforço de potência da mini-hídrica existente. 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 do Pedrógão em regime concentrado;
- garantir os caudais ecológicos a jusante da barragem;
- otimizar os benefícios associados à componente hidroelétrica do empreendimento.

Quadro 1 – Barragem do Pedrógão – Características principais

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



Figura 1 – Barragem do Pedrógão. Vista lateral.

Em Aqualogus (2005) e (2007), partindo dos dados disponíveis em EDP (2003) e tendo em consideração o regime de caudais ecológicos entretanto definido e a actualização dos consumos de rega, bem como a sua previsível evolução no tempo, foram determinados os caudais turbináveis no reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão, para diferentes potências instaladas.

2. 2. Soluções analisadas

O regime de caudais ecológicos aprovado para a barragem do Pedrógão, prevê caudais mínimos não inferiores a 3 m³/s. Assim, julgou-se pertinente considerar a hipótese de turbinar os caudais ecológicos com um dos grupos da mini-hídrica do Pedrógão, mesmo que para tal, nos meses em que tal caudal fosse de 3 m³/s, se turbinasse um caudal ligeiramente superior (5 m³/s), compatível com as possibilidades dos grupos instalados na central no Pedrógão. Esta hipótese mostrou ser economicamente mais aconselhável do que incluir no reforço de potência em apreço um grupo específico para turbinar caudais pequenos.

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 m³/s ($P \approx 20$ MW), embora tal obrigasse a adaptações mais profundas na obra de tomada de água na albufeira do Pedrógão, de modo a não ter perdas de carga excessivas na grelha de protecção do circuito hidráulico.

Assim, analisaram-se caudais de dimensionamento de 50, 70 e 100 m³/s, correspondentes a potências de 10, 14 e 20 MW, aproximadamente. O caudal de 70 m³/s foi considerado por, face aos elementos disponíveis, se afigurar ser o limite correspondente a utilização de grupos Kaplan em cotovelo, de maior simplicidade que outros tipos de grupos de maior potência.

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 alterado pelo DL n.º 33-A/2005 de 16 de Fevereiro).

2. 3. Equipamentos preconizados para a central e equipamentos comuns à EEP-ME

2.3.1. Equipamento hidromecânico e electromecânico

Para a alimentação da turbina do reforço de potência, foi considerada a instalação de um trecho de conduta em aço a jusante da conduta de adução à estação elevatória do Pedrógão-Margem Esquerda (EEP-ME) de dimensões adequadas ao caudal turbinado (50 a 100 m³/s).

Tendo em consideração as potências do grupo em análise, foi prevista a instalação de uma turbina do tipo Kaplan em caixa espiral, de eixo vertical, para a potência de 20 MW (Figura 2) e de grupos Kaplan em cotovelo para as restantes potências (10 e 14 MW).

Dada a simplicidade associada aos grupos Kaplan em cotovelo, preconizou-se que o equipamento associado às instalações complementares de produção (auxiliares do grupo e da central) venha a apresentar características semelhantes ao utilizado em pequenas centrais hidroeléctricas, afastando-se assim do modelo normalmente adoptado para centrais hídricas de média e de elevada potência.

2.3.2. Ligação à rede receptora

O grupo do reforço de potência do Pedrógão deveria ser ligado à rede receptora através da subestação já prevista para a EEP-ME. No caso de o grupo ser adequado para a potência de 20 MW, haveria que proceder à substituição do transformador preconizado no projecto da EEP-ME, cuja potência nominal é de 18,5 MVA, o que representaria um custo adicional para o grupo de 20 MW.

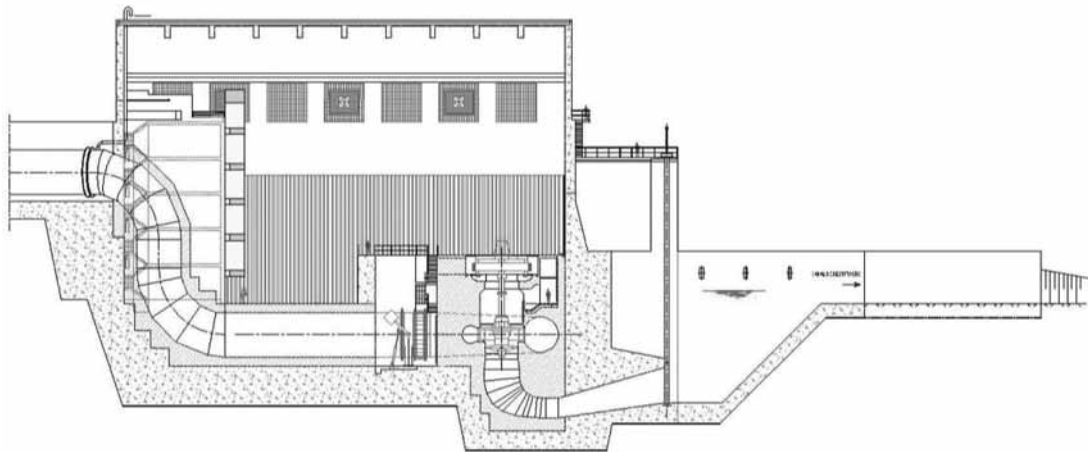


Figura 2 – Reforço de potência da mini-hídrica do Pedrógão. Corte esquemático para a solução de 20 MW

O equipamento exterior localizado na subestação de 60/11 kV, comum às instalações da estação elevatória e da central hidroelétrica, foi considerado como sendo essencialmente constituído pelo pórtico de amarração final da linha da interligação com o Sistema Eléctrico Público, pelo seccionador de isolamento da instalação, descarregadores de sobretensões, transformadores de medida e disjuntor de corte e protecção da alimentação da instalação. Seria implantado numa plataforma exterior, próxima dos edifícios da estação elevatória e do reforço de potência.

O equipamento interior de média tensão, à tensão de 11 kV, deveria ser instalado no edifício de comando, sendo essencialmente constituído por um conjunto de celas modulares para a tensão de 11 kV, pelo transformador de neutro e pelo transformador de alimentação dos serviços auxiliares, além dos armários de alimentação dos auxiliares e de comando e automação.

2. 4. Análise de viabilidade económica

Foi com o objectivo de optimizar os benefícios associados à componente hidroelétrica do EFMA, que se efectuou um estudo de viabilidade técnico-económica do reforço da capacidade de turbinamento de Pedrógão.

A análise efectuada foi de base mensal, por serem esses os dados de hidrológicos disponíveis, pelo que se considerou que os volumes disponíveis para turbinar se distribuíam uniformemente ao longo do mês. Esta situação é a mais favorável para a produção energética. De facto, caso ocorra uma cheia com duração inferior a um mês, em que o caudal médio disponível para turbinar no reforço de potência exceder o caudal de dimensionamento do grupo que vier a ser instalado, ocorrerá descarregamento do caudal em excesso, aspecto este que é atenuado ou mesmo eliminado, quando se considera o volume de cheia disponível ao longo de um período superior (um mês).

Conforme anteriormente referido, as condições de construção duma nova central hidroelétrica, que turbinasse parte dos caudais não utilizáveis na mini-hídrica existente, diferiam das adoptadas em EDP (2003). Com efeito, a construção da EEP-ME alteraria as condições em que se efectuou o referido estudo de viabilidade técnico-económica, já que a nova central hidroelétrica beneficiaria, a nível de custos, de reduções decorrentes da utilização da conduta de adução à estação elevatória e da partilha da subestação.

Assim, na estimação dos custos imputáveis à nova central hidroelétrica tiveram-se em conta as referidas reduções de custos, mencionadas nas alíneas 2.3.1. e 2.3.2.

Face à especificidade dos equipamentos em causa, salienta-se ainda a dificuldade de obtenção de estimativas de custo fiáveis para os equipamentos electromecânicos e hidromecânicos por parte de potenciais fornecedores.

Os resultados obtidos permitiram verificar que, embora todas as hipóteses de reforço de potência se tenham mostrado viáveis para a taxa de actualização de 6%, a instalação de uma potência de 20 MW se encontrava no limiar da rentabilidade, pelo que, sendo o reforço de potência essencialmente justificado pelo melhor aproveitamento de caudais de cheia, se considerou que, face à aleatoriedade da sequência de anos húmidos e à necessidade desses anos para rentabilizar o reforço de potência, a instalação da potência mais elevada se revestiria de risco económico acrescido relativamente aos dois outros valores considerados.

Em relação às hipóteses de instalação de 10 ou 14 MW, verificou-se que, nas condições do estudo, qualquer delas seria viável. No entanto, a hipótese de instalar 10 MW apresentou uma TIR mais favorável. Tendo em atenção que para esta gama de potências se admite, com base em dados de fabricantes, que o tipo de grupo a instalar seria do mesmo tipo (turbina em S), julga-se que uma futura decisão sobre a potência a instalar se deverá basear numa consulta mais detalhada ao mercado sobre as características dos grupos (e.g. cotas de instalação, rendimentos) e respectivos custos.

No entanto, 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 da central da Aguieira, já implementado posteriormente à conclusão do estudo de viabilidade efectuado.

3. SISTEMA ELEVATÓRIO DO PEDRÓGÃO-MARGEM ESQUERDA. CARACTERIZAÇÃO GERAL

3. 1. Concepção geral das obras

Na concepção geral do sistema elevatório do Pedrógão – Margem Esquerda (SEP-ME) atenderam-se aos seguintes aspectos principais:

- O edifício da EEP-ME foi localizado tão próximo da barragem do Pedrógão quanto possível, tendo em consideração os aspectos operacionais de circulação de veículos e de inserção da conduta de adução, de modo a reduzir o comprimento desta conduta (Figuras 3 e 4).
- A cota de acesso ao edifício da EEP-ME (79,00) foi condicionada pelo elevado nível de cheia que ocorre aquando do escoamento do caudal de dimensionamento do descarregador de cheias da barragem do Pedrógão.
- O muro de suporte de terras que delimita, à esquerda, o canal de restituição da barragem do Pedrógão inclui uma banquetta, inicialmente pensada para suportar a conduta de adução à EEP-ME (Figura 4). Tal banquetta apresenta uma largura reduzida em relação à dimensão da conduta de adução, na medida em que o elevado caudal de dimensionamento desta conduta apenas foi estabelecido no âmbito do estudo de viabilidade técnico-económica do reforço de potência atrás referido. Este aspecto condicionou as soluções adoptadas para apoiar a conduta sobre a banquetta.
- 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.



Figura 3 – Estação Elevatória do Pedrógão - Margem Esquerda. Vista geral, com o acesso à mini-hídrica do Pedrógão a montante (foto cedida pelo Eng.º Morim Oliveira).



Figura 4 – Estação Elevatória do Pedrógão - Margem Esquerda. Vista geral a partir da margem direita.

O sistema elevatório do Pedrógão-Margem Esquerda é essencialmente constituído por:

- tomada de água para a estação elevatória num orifício existente no corpo da barragem do Pedrógão dotada de uma grelha fina, uma comporta ensecadeira e uma comporta de secionamento;
- conduta de adução, em aço, DN 4000, e desenvolvimento de cerca de 100 m, que liga a barragem do Pedrógão à estação elevatória;
- estação elevatória a equipar com seis grupos electrobomba, sendo três grupos instalados numa primeira fase;
- conduta elevatória de betão armado com alma de aço DN 2800 e desenvolvimento de cerca de 1 675 m, que liga a estação elevatória ao reservatório de Orada;
- quatro reservatórios unidireccionais (RUD) instalados a jusante da estação elevatória à distância de 115, 445, 845 e 1 195 m da mesma, com capacidade para 100 m³ cada, colocados em pontos altos da conduta elevatória.

A EEP-ME é 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 destinada a albergar os equipamentos para a ligação à rede do Sistema Eléctrico Público.

3. 2. Tomada de água na albufeira do Pedrógão

A tomada de água na albufeira do Pedrógão, definida no âmbito do projecto de execução da barragem do Pedrógão, é essencialmente constituída por:

- orifício de entrada com $6,50 \times 7,70 \text{ m}^2$ e eixo à cota 71,50 m;
- transição para conduta com secção transversal rectangular de $3,20 \times 4,40 \text{ m}^2$;
- transição para secção transversal circular DN 4400;
- transição para secção transversal circular DN 4000 (conduta de adução).

Nesta tomada de água, com uma extensão total aproximada de 13 m, encontra-se instalado o seguinte de equipamento hidromecânico:

- grelha móvel, para a retenção de detritos de pequena dimensão, protegendo um vão com $6,50 \times 7,70 \text{ m}^2$;
- comporta ensecadeira, do tipo corrediça, protegendo um vão com $3,20 \times 4,40 \text{ m}^2$;
- comporta de serviço, do tipo vagão, protegendo um vão com $3,20 \times 4,40 \text{ m}^2$.

3. 3. Conduta de adução

O traçado da conduta de adução foi condicionado pela localização da tomada de água existente na barragem do Pedrógão e pela localização da banquetta existente ao longo do muro de suporte que delimita o canal de restituição da central hidroeléctrica associada à barragem, banquetta esta que foi concebida para suportar a conduta de adução.

A conduta de adução, em aço, DN 4000, tem cerca de 105 m de extensão, desde a tomada de água na albufeira do Pedrógão até à estação elevatória. Dado que o traçado proposto para a conduta de adução intercepta o caminho de acesso à barragem do Pedrógão e uma estrutura de drenagem de águas pluviais (canal com soleira em degraus), estas obras foram adaptadas à passagem de tal conduta, tendo sido demolidas (parcial ou totalmente) e reconstruídas durante a instalação da conduta.

Nos 60 m imediatamente a jusante da tomada de água, até à intercepção do muro de suporte do acesso à barragem do Pedrógão, a conduta de adução encontra-se enterrada. Nos 45 m seguintes, após atravessar o muro de suporte e até à estação elevatória, a conduta encontra-se à superfície, apoiada na banquetta concebida para o efeito e amarrada com cintas de aço a berços espaçados de 9,50 m (Figura 4).

O arejamento da conduta de adução é efectuado através de uma tubagem DN 800 instalada no corpo da barragem, cuja boca de admissão se situa num orifício localizado na plataforma do coroamento da barragem, à cota 93,00 m, devidamente protegido por uma grelha.

3. 4. Estação elevatória

3. 4.1. Edifício

O edifício proposto para a estação elevatória é de cariz industrial e caracteriza-se, do ponto de vista formal, por um jogo simples de volumes perfeitos e linhas rectas, no qual os acabamentos

assumem um papel fundamental na composição arquitectónica. O edifício cumpre as exigências programáticas e funcionais aplicáveis a um edifício desta natureza, nomeadamente as imposições relacionadas com operacionalidade, acessibilidade, manutenção e relação com a envolvente.

O edifício ocupa uma área de cerca de 42 x 16 m² e tem uma altura máxima de 22,30 m. Interiormente, o edifício da estação elevatória é composto por duas zonas distintas:

- zona técnica, constituída pelo átrio de descarga (79,10 m), três pisos inferiores (76,10; 72,70 e 69,10 m) e um piso superior (87,60 m); a zona técnica engloba a sala de reuniões, a sala de comando, um gabinete de apoio, instalações sanitárias e compartimentos para arrumos, para o grupo de emergência, para os quadros eléctricos e para o sistema de filtragem do circuito de refrigeração dos grupos electrobomba;
- nave, constituída por dois pisos (74,00 e 78,20 m) de acesso aos grupos electrobomba.
- A nave do edifício destaca-se pela sua grande dimensão e volumetria cega, trabalhada do ponto de vista da iluminação e ventilação naturais ao nível do piso térreo, compreendendo o acabamento de algumas paredes exteriores, a utilização de blocos de tijolo de vidro, incolores, intercalados por grelhas metálicas verticais.

O controlo da luz interior é garantido por uma estrutura de betão armado balanceada sobre as superfícies verticais de tijolo de vidro, que serve, também, como varandim de circulação pedonal para controlo visual da envolvente exterior e para instalação de equipamentos.

Em termos de acabamentos interiores, dada a natureza do edifício, especificaram-se materiais de elevada resistência e reduzida manutenção, nomeadamente: pavimentos contínuos revestidos à base de resinas de poliuretano, paredes rebocadas e pintadas com tinta plástica e superfícies de betão pintadas com betoncolor.

As salas de reuniões e de comando e o gabinete de apoio foram objecto de tratamento particular ao nível dos acabamentos interiores, tendo-se previsto a aplicação de tectos falsos metálicos e o revestimento das paredes com forras de tijolo.

3.4.2. Circuitos de aspiração e de compressão

O edifício da estação elevatória foi projectado para albergar seis grupos electrobomba e respectivos circuitos individuais de aspiração e de compressão, sendo previsto na primeira fase a instalação de apenas três grupos.

Os circuitos individuais de aspiração são constituídos por dois trechos em aço carbono DN 1500 e DN 1100, com cerca de 11 e 5 m de extensão, respectivamente. Os circuitos individuais de compressão são constituídos por seis condutas DN 1100, com cerca de 9 m de extensão.

Os circuitos individuais são equipados, a montante, com válvulas de guilhotina (DN 1500) dotadas de abertura e fechamento realizados por meio de um actuador accionado por um servomotor hidráulico e a jusante, com válvulas de borboleta (DN 1100) com função anti-retorno para isolamento e protecção dos grupos electrobomba, cuja abertura é efectuada por meio de um servomotor hidráulico e o fechamento por um sistema de contrapeso, de forma a garantir tal manobra na ausência de energia eléctrica.

O esvaziamento da conduta de compressão de cada um dos grupos é realizado através de uma picagem DN 100 dotada de duas válvulas de isolamento do tipo borboleta, que descarrega para o poço de drenagem do edifício da estação.

3.4.3. Grupos electrobomba

Tal como anteriormente referido, encontram-se actualmente instaladas na estação elevatória três bombas de eixo vertical, do tipo voluta bipartida, para uma velocidade de rotação de 596 rpm e uma potência nominal no veio de 2,11 MW, estimando-se uma potência máxima de 2,35 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, altura de projecto, é de 3,3 m³/s, estimando-se os caudais de funcionamento para as alturas de elevação máxima (63,5 m) e mínima (48,3 m) em 3,1 m³/s e 4,1 m³/s, respectivamente. A altura de elevação máxima refere-se à situação de seis grupos em funcionamento.

Os motores associados às bombas (Figura 5) 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. Os motores são dotados de uma chumaceira superior do tipo guia-impulso e de uma chumaceira inferior do tipo guia, ambas arrefecidas por água em circuito aberto.

Não foi necessário aplicar volantes de inércia, sendo a protecção contra o golpe de aríete assegurada por quatro RUD, conforme se refere em 3.5.2.

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. A hipótese de arranque dos grupos através da ligação directa dos motores sobre a instalação de 11 kV da estação foi abandonada tendo em consideração o sobredimensionamento que seria necessário efectuar, quer para os diversos elementos de MT da estação, quer para o transformador AT/MT da subestação, além das perturbações que tal poderia vir a causar nos equipamentos associados à rede local de AT de alimentação da estação.



Figura 5 – Grupos electrobomba. Vista dos motores (foto cedida pelo Eng.º Morim Oliveira)

3.4.4. Circuitos acessórios

O arrefecimento dos enrolamentos dos motores é efectuado por ar em circuito fechado, no qual são inseridos permutadores de calor do tipo ar-água, acoplados ao corpo do motor, que funcionam em circuito aberto de água.

A água necessária para o arrefecimento dos grupos é derivada a partir de duas picagens realizadas respectivamente na conduta de adução ao grupo 1 e ao grupo 2, sendo depois bombeada e filtrada. O seu retorno é realizado ou para uma caixa localizada no exterior do edifício, ou para o poço de drenagem da estação, através de condutas de descarga.

Para bombagem das águas de fugas e infiltrações do edifício, foram preconizadas três bombas centrífugas idênticas, do tipo submersível, dimensionadas para um caudal total de 45 l/s, instaladas num poço localizado num compartimento adjacente à nave de instalação dos grupos.

3.5. Conduta elevatória

3.5.1. Conduta

O traçado da conduta elevatória, quer em planta, quer em perfil, teve em consideração a redução do número de curvas (acessórios) a instalar e a necessidade de garantir um recobrimento mínimo da conduta, procurando, simultaneamente, evitar alturas de aterro excessivas.

A conduta elevatória é constituída pelos seguintes dois trechos, separados por uma junta elástica, instalada no interior de uma caixa de visita prevista para o efeito:

- trecho inicial em aço, DN 2800, com cerca de 45 m de extensão, desde a estação elevatória até à zona de transição com junta elástica;
- trecho em betão com alma de aço, DN 2800, com cerca de 1675 m de extensão desde a junta elástica até à entrada na albufeira de Orada.

O diâmetro adoptado para a conduta elevatória resultou de um estudo económico, realizado numa fase anterior do projecto, em que foram analisados diâmetros compreendidos entre DN 2150 e DN 3000. Nesse estudo concluiu-se ser o DN 2800 mm, o valor que conduz ao melhor compromisso entre o custo da tubagem (directamente relacionado com o diâmetro) e o custo da energia consumida pelos grupos electrobomba (inversamente relacionado com o diâmetro), embora com pequena diferença para o diâmetro de 2500 mm. Face ao faseamento de instalação dos grupos, optou-se pelo diâmetro menor.

A junta elástica de ligação dos dois tipos de tubagem encontra-se instalada numa caixa de visita, que também alberga uma entrada de homem da conduta elevatória.

3.5.2. Reservatórios unidireccionais

De forma a minorar os efeitos de regimes transitórios, previram-se quatro reservatórios unidireccionais (RUD) localizados cerca de 115 , 445 , 845 e 1195 m a jusante da estação elevatória, nos pontos a conduta elevatória apresenta pontos elevados mais significativos.

O compartimento principal dos RUD apresenta uma área interior de 12,5 m² (2,5 x 5,0 m²). Durante o funcionamento normal do sistema elevatório a altura de água no interior dos RUD será de 8 m, resultando um volume de água disponível para fornecimento à conduta elevatório de 100 m³, aproximadamente.

Os circuitos de ligação aos RUD, DN 800, dispõem do seguinte equipamento hidromecânico:

- válvula de borboleta (DN 800) com função anti-retorno;
- válvula de cunha (DN 250) para seccionamento do circuito de alimentação;
- válvula de nível (DN 250) para controlo automático do caudal afluente.

3.5.3. Descarga de fundo

De forma a possibilitar o esvaziamento da conduta elevatória, para a realização de trabalhos de manutenção ou de reparação, previu-se uma descarga de fundo localizada na extremidade de montante, no seu ponto mais baixo.

O circuito hidráulico da descarga de fundo é essencialmente constituído por uma conduta em aço DN 300, com cerca de 36 m de extensão. É equipado com uma válvula de segurança do tipo cunha DN 300 a montante, e uma válvula de jacto oco DN 300 a jusante, com saída à cota 68,40 m, cujo jacto atinge o canal de restituição da mini-hídrica do Pedrógão. A incidência temporária do jacto na parede esquerda do canal foi considerada admissível pela EDP.

A entrada e saída de ar durante as operações de esvaziamento e enchimento da conduta elevatória são garantidas através dos reservatórios unidireccionais (RUD) implantados ao longo do seu traçado, pelo que não se previram outros dispositivos para este efeito.

4. RESERVATÓRIO DA ORADA

4.1.1. Concepção geral

O reservatório de Orada efectua a transição entre a conduta elevatória e o canal de adução às albufeiras de Brinches e da Amoreira, assegurando ainda um pequeno armazenamento que permitirá flexibilizar o funcionamento da estação elevatória e fazer face a eventuais interrupções de funcionamento desta. 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, e por um pequeno dique a montante. O aterro principal apresenta perfil homogéneo constituído por materiais oligocénicos, com matriz de areia siltosa e argilosa, com um filtro subvertical a jusante para protecção do aterro.

O reservatório de Orada, construído sobre uma linha de água de reduzida expressão, apresenta uma bacia hidrográfica muito reduzida, constituída pela área delimitada pelo aterro principal, pelo dique de montante, pela estrada de acesso ao coroamento e descarga de fundo e pela linha de cumeeada situada entre a tomada de água para o canal e o aterro principal.

O reservatório de Orada terá uma capacidade de $354 \times 10^3 \text{ m}^3$ e área de 9,76 ha, para o Nível de Pleno Armazenamento (NPA).

Não sendo necessário prever um descarregador de cheias com dimensão significativas (poder-se-ia recorrer a uma obra do tipo “trop-plein” em poço), 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 encontrasse no seu NPA. O descarregador está localizado na margem esquerda, que apresentava melhores condições para a sua inserção. Este descarregador serve também para descarregar caudais mais reduzidos decorrentes, essencialmente, de precipitações intensas ocorridas sobre o reservatório e sobre a pequena área que drena para dentro do reservatório.

A torre de manobra dos equipamentos da tomada de água e da descarga de fundo está localizada na margem direita, face à implantação da conduta elevatória nesta mesma margem. O acesso à torre de tomada de água/descarga de fundo é efectuado por um passadiço, a partir do coroamento do aterro.

4.1.2. Órgãos hidráulicos de segurança

Os órgãos hidráulicos de segurança associados ao reservatório da Orada são o descarregador de emergência e a descarga de fundo, equipada com válvula de jacto oco na extremidade de jusante.

O descarregador de emergência (Figura 6), localizado na margem esquerda, que apresentava melhores condições para a sua inserção, é essencialmente constituído por:

- soleira descarregadora em labirinto, com 5 módulos;
- canal colector lateral rectangular;
- canal de encosta;
- trampolim terminal.

O descarregador de emergência foi dimensionado para o caudal máximo de $19,6 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente ao caudal de dimensionamento da EEP-ME, de modo a fazer face a uma eventual avaria no sistema de comando dos grupos electrobomba, que não permitisse a paragem destes quando o nível no reservatório ultrapassasse o nível de paragem estipulado.

Este descarregador servirá também para descarregar caudais mais reduzidos decorrentes, essencialmente, de precipitações intensas ocorridas sobre o reservatório e sobre a pequena área que drena para dentro do reservatório.

4.1.3. Tomada de água e descarga de fundo

A torre de manobra dos equipamentos da tomada de água, que permite também a manobra dos equipamentos da descarga de fundo do reservatório, está localizada na margem direita, onde também se encontra implantada a conduta elevatória.



Figura 6 – Reservatório de Orada. Vista do descarregador de emergência (soleira em labirinto e canal colector) e do paramento de montante do aterro.

O equipamento hidromecânico instalado na torre de manobra, em orifícios localizados a cotas distintas, consoante se trate da tomada de água ou da descarga de fundo, é essencialmente constituído por:

- estrutura terminal da conduta de abastecimento com funções de tomada de água; soleira à cota 129,30, equipada com comporta vagão de 2,00 x 2,80 m² accionada por servomotor; grelha metálica amovível, com 3 vãos de 2,00 x 3,20 m², podendo ser instalada uma comporta ensecadeira de iguais dimensões;
- conduta de arejamento a jusante da comporta de seccionamento, constituída por tubagem em aço DN 600, com instalação embebida no interior da torre de manobra, cuja boca de admissão se situará sob a laje superior da torre;
- descarga de fundo com soleira à cota 127,50, dotada de comporta vagão de 0,80 x 0,80 m² accionada por servomotor; grelha metálica amovível de 0,80 x 1,10 m² com espaçamento livre de 50 mm, podendo ser instalada no seu lugar uma comporta ensecadeira de iguais dimensões;
- conduta circular em betão DN 800 e 156 m de extensão;
- guincho diferencial manual amovível, a instalar na estrutura porticada existente na plataforma superior da torre, adequado para a manobra dos painéis das grelhas e dos elementos das eventuais comportas ensecadeiras.
- O equipamento hidromecânico associado à estrutura de restituição da descarga de fundo é essencialmente constituído por:
 - válvula de jacto oco do tipo Howell-Bunger motorizada, DN 400 mm;
 - válvulas esféricas DN 100 (duas), no circuito DN 100 destinado ao esvaziamento da conduta DN 800.

4.1.4. Tomada de água para o sub-bloco de rega da Várzea

A tomada de água para o sub-bloco de rega da Várzea é essencialmente constituída pelo equipamento hidromecânico seguinte:

- comporta do tipo vagão adequada para obturar um orifício rectangular com as dimensões de 2,00 x 1,50 m²;
- grelha de protecção contra a entrada de detritos na estrutura onde se insere o sistema de filtragem (tamisador);
- tamisador do tipo “outside to inside flow” para a filtragem da água proveniente do reservatório, adequado para um caudal máximo de 483 l/s.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam o seu reconhecimento ao Eng.º Jorge Vazquez pelas sugestões apresentadas sobre o conteúdo da comunicação e ao Eng.º Morim Oliveira pelas fotos cedidas. A ambos são também devidos agradecimentos pelas esclarecedoras discussões havidas durante as fases de elaboração dos estudos e do projecto e pelas sugestões que então apresentaram.

BIBLIOGRAFIA

- Aqualogus. 2005. Central Hidroeléctrica do Pedrógão. Reforço de Potência. Estudo de Viabilidade Técnico-Económica.
- Aqualogus. 2007. Estação Elevatória e Adutor do Pedrógão – Margem Esquerda. Reforço de Potência da Mini-Hídrica do Pedrógão com a Estação Elevatória Independente. Estudo de Viabilidade Técnico-Económica.
- EDP. 2003. Central Hidroeléctrica do Pedrógão. Estudo Preliminar do Reforço de Potência.

AS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DO SUB-SISTEMA DE PEDROGÃO (EFMA)

Alexandra BRAGA DE CARVALHO¹

Jorge VAZQUEZ²

José COSTA MIRANDA³

RESUMO:

Na presente comunicação começa-se por se apresentar as principais características do Sub-sistema de Pedrógão e a evolução verificada nos respectivos pressupostos de base, sendo referenciadas sinteticamente as principais modificações que foram introduzidas no âmbito dos diversos circuitos hidráulicos do Sub-sistema, visando, na comunicação, integrar e localizar as Estações Elevatórias em equação. De seguida, caracteriza-se cada uma destas estações elevatórias e apresentam-se e discutem-se os aspectos mais relevantes associados aos critérios de escolha do tipo de estação e de grupo, apontando-se algumas questões específicas mais importantes para o bom desempenho e a garantia da eficiência energética destas infra-estruturas hidráulicas.

Palavra-chave: estação elevatória, bombas, circuito hidráulico, eficiência.

ABSTRACT:

This article presents the main characteristics of Pedrógão Sub-system and the evolution of its base assumptions through time, briefly describing the main changes introduced in its several hydraulic circuits, illustrating also the location and integration of the subsystem's pumping stations. Following, the pumping stations are characterized and the most relevant aspects associated to the choice criteria of the type of pumping station and group installed are discussed, pointing out some questions which were relevant in order to assure a good performance and energy efficiency of these hydraulic infra-structures.

Keywords: pumping stations, hydraulic circuit, efficiency.

¹ Eng.ª Agrícola, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100, acarvalho@edia.pt

² Eng.Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100, jvazquez@edia.pt

³ Eng.Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100, josecostamiranda@gmail.pt

1. INTRODUÇÃO

O Sub-sistema de Pedrógão, que é parte integrante do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA), tem a sua principal origem de água na Albufeira de Pedrógão (NPA – 84,80) e visa, essencialmente, efectuar a rega de uma área útil de cerca de 24 000 ha – área essa que se localiza na bacia hidrográfica do Guadiana, margem direita, sensivelmente entre a Serra de Portel e um alinhamento definido por Vidigueira/Beja/ Salvada (Figura 1)



Figura 1- Subsistema de Pedrógão (Projecto 2010)

A delimitação da área a regar e a definição das principais infra-estruturas a construir, efectuada no âmbito do Estudo Prévio (1996) elegia uma área de intervenção com cerca de 21000 ha e apontava três circuitos hidráulicos principais (Pedrógão, S. Pedro e S. Matias) e uma plêiade de 15 “áreas de rega”, servidas por um conjunto numeroso de estações elevatórias secundárias.

A evolução verificada nos cenários da possível ocupação cultural, nas tecnologias de regadio e na infra-estruturação dos terrenos, a consideração de novos condicionamentos ambientais (designadamente, com a criação da ZPE Cuba-Piçarras) e de novas regras de exploração e, ainda, a conveniência de integrar áreas marginais ao Guadiana (que actualmente são servidas por captações directas no troço do Guadiana, imediatamente a jusante de Pedrógão) e outras áreas limítrofes (que levaram a uma área total beneficiada de cerca de cerca de 24000 ha) e a necessária ponderação aprofundada dos custos energéticos associados, implicaram o reequacionamento de algumas das características deste Sub-sistema e a revisão das soluções encontradas para os seus circuitos hidráulicos fundamentais.

Neste contexto, as estações elevatórias adquirem, quer pelos elevados investimentos iniciais de instalação inerentes mas, sobretudo pelos encargos permanentes de exploração associados, importância dominante, pelo que as soluções encontradas e seleccionadas para estas grandes infra-estruturas elevatórias exigem uma ponderação devidamente sustentada.

Assim sendo, faz-se nos dois pontos seguintes uma síntese de enquadramento das principais questões e soluções encontradas que levaram à adopção dos circuitos hidráulicos em equação e descrevem-se resumidamente estes circuitos, visando também integrar e localizar nestes as estações elevatórias deste Sub-sistema.

Seguidamente, caracteriza-se cada uma das estações elevatórias, apresentam-se os critérios de escolha mais substantivos assumidos para cada uma delas e referem-se alguns aspectos mais específicos nalgumas das situações tratadas, para, por último, tecer algumas considerações finais de síntese relativamente ao leque de situações e problemáticas analisadas.

2. PRINCIPAIS ASPECTOS EQUACIONADOS E SOLUÇÕES ENCONTRADAS

O Sub-sistema de Pedrógão, no âmbito do desenvolvimento e pormenorização dos Projectos respectivos, foi alvo de um conjunto de iterações, visando a sua optimização técnico-económica e a sua adequação à efectiva realidade da área a ser beneficiada que alteraram sensivelmente as soluções inicialmente previstas. Dos aspectos equacionados e das soluções encontradas há a destacar os seguintes itens:

- i) Ocupação cultural – no que se refere à ocupação cultural e ao mapeamento dos terrenos com aptidão para as diversas culturas, vem se constatando a necessidade de ponderar o incremento sensível de áreas já ocupadas com olival (que implicam, também a óbvia consideração de terrenos menos habilitados, onde esta cultura pode ser praticada com sucesso). Este facto levou a que fosse considerada uma rotação nos projectos, que incluía de 30% de olival e 70 % de rotação com culturas anuais;
- ii) Dotações - a evolução da ocupação cultural, supra-citada, implicou a necessidade de uma ponderação do valor da dotação média a considerar, tendo levado a adopção de valores inferiores aos iniciais - 5 950 m³/ ha/ano, em ano médio e de 6 900 m³/ ha/ano, em ano seco – ponderação esta que teve ainda em consideração as tendências de evolução actual e a natural incerteza relativamente à situação a longo prazo;
- iii) Áreas adicionais - na periferia dos blocos, procedeu-se a uma aferição junto dos proprietários destas áreas do interesse de serem beneficiadas no sentido de uma melhor rentabilização da rede de adução e distribuição, e também para ir, tanto quanto fosse viável, ao encontro de expectativas dos agricultores interessados. Foi, assim, possível sem alteração da rede primária incluir algumas áreas marginais ao Guadiana, que se pretendia beneficiar a partir de captações directas no Rio, e integrar algumas outras áreas com declive desfavorável e aptidão moderada, mas já com ocupação de olival;
- iv) Infra-estruturação actual - na área em estudo e, refira-se, em boa parte da área interessada pelo EFMA, tem-se constatado que, sobretudo, ao nível das grandes propriedades, existe já um conjunto de infra-estruturas, por vezes com alguma complexidade e dimensão, que lhe permite uma disponibilidade de água já significativa em anos favoráveis. Este aspecto tem naturalmente de ser equacionado no balanço hídrico e levou a que se procurasse soluções que dotassem o sistema da flexibilidade necessária ao atendimento de um pedido que, à data, não pode ser regrado com a fiabilidade desejada;

- v) Faseamento - na linha do explicitado no item anterior, foi assumido que em algumas estações elevatórias se procederia ao faseamento da instalação dos grupos electro-bomba, possibilitando a aferição ulterior, face à real situação/evolução constatada;
- vi) Infra-estruturas de regularização - foi aumentada, sensivelmente, a capacidade de regularização do sistema, seja para permitir amortecer as pontas do pedido, seja de modo a satisfazer pedidos localizados e moderados, através do volume armazenado nessas infra-estruturas e sem recurso a novos arranques das grandes estações ;
- vii) Abastecimento em alta e baixa pressão - a consideração do fornecimento em baixa pressão à grande propriedade, sempre que possível, possibilitou a redução significativa do balanço energético, mantendo-se apenas 20% da área, com fornecimento em alta pressão;
- viii) Caudal, altura de elevação e potência nominais das estações elevatórias - através da diminuição das dotações e da regularização dos caudais de ponta foi possível diminuir sensivelmente os caudais nominais das EE. Conseguiu-se também reduzir, em boa parte dos casos em cerca de 10%, as alturas geométricas de elevação, o que globalmente possibilitou uma diminuição sensível das potências instaladas – aspecto crucial no que concerne aos investimentos iniciais, mas sobretudo nos encargos de exploração;
- ix) Optimização do lay-out dos circuitos hidráulicos - através da redução dos caudais de adução e pela revisão do traçado, reduziu-se a secção e o desenvolvimento dos adutores, tendo-se anulado a maior parte dos trechos em canal e diminuindo, pois, os custos de infra-estruturação;
- x) Condicionantes e impactes ambientais - foram devidamente atendidas as preocupações ambientais, tendo sido possível compatibilizar as condicionantes inerentes à ZPE (que afectaram sensivelmente o bloco de S. Matias) e minimizar as captações directas no Guadiana, integrando as áreas a beneficiar por estas;
- xi) Optimização técnica-económica – através de uma ponderação integrada levada a cabo com a valiosa e imprescindível contribuição dos diversos Projectistas intervenientes, foi possível otimizar sensivelmente as diversas infra-estruturas dos circuitos hidráulicos em estudo, permitindo ainda um acréscimo de área a ser beneficiada de cerca de 17%. Embora os estudos iniciais gerais, conduzam habitualmente a estimativas por defeito, para o Sub-sistema do Pedrógão, reduziu-se globalmente sua estimativa em cerca de 10%. Pode-se ainda afirmar que se terá conseguido uma economia significativa nos encargos energéticos associados à exploração.

Apresenta-se na Figura 2, o esquema altimétrico do Sub-sistema de Pedrógão que traduz as várias cotas de implantação das infra-estruturas primárias e dos respectivos blocos de rega e onde são bem explícitas as difíceis condições altimétricas deste Sub-sistema - a que acresce o facto de não possuir recursos hídricos endógenos significativos ou a cotas interessantes o que agrava os inerentes gastos com energia.

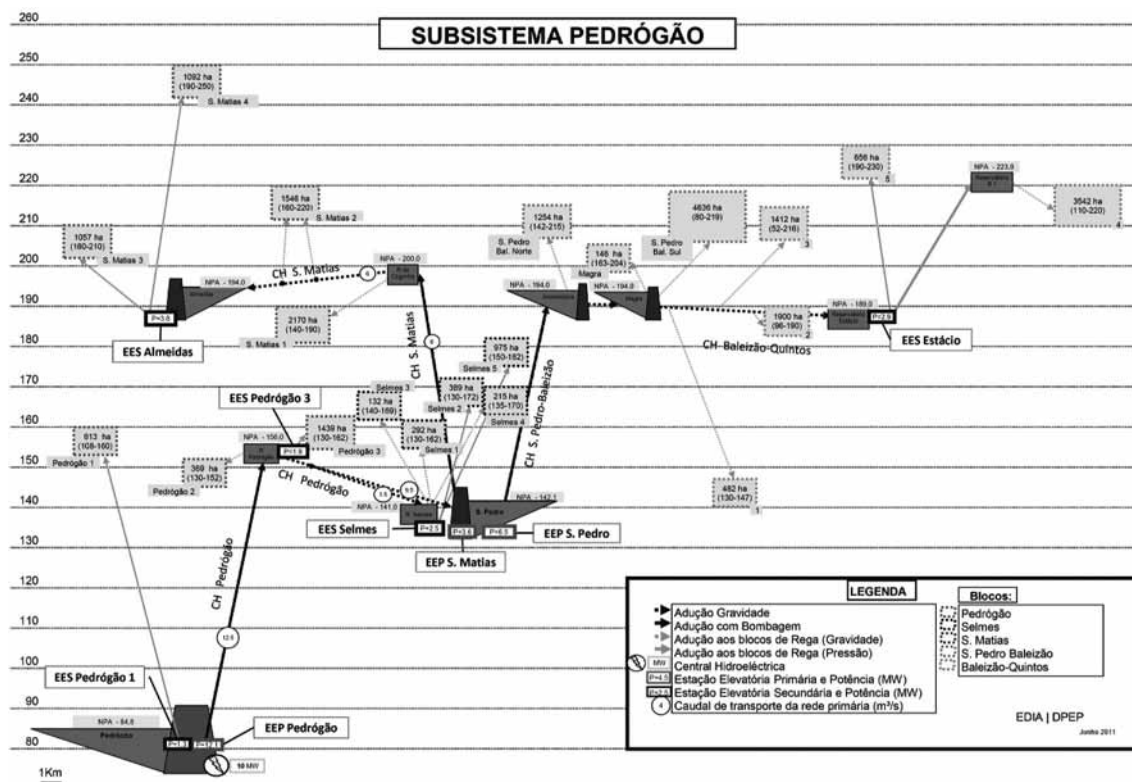


Figura 2 – Sub-sistema de Pedrógão. Esquema Altimétrico

3. BREVE DESCRIÇÃO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DO SUB-SISTEMA DE PEDRÓGÃO

No desenvolvimento da elaboração dos Projectos das infra-estruturas do Sub-sistema, pre- viu-se que para servir esta área do EFMA (24473 ha) deverá ser construído um vasto conjunto de órgãos hidráulicos, que agora se encontram agrupados em quatro circuitos, integrando diversas estações elevatórias primárias e secundárias, os quais se apresentam resumidamente.

3. 1. Circuito Hidráulico de Pedrógão

Este circuito que integra a tomada de água na albufeira da barragem de Pedrógão que é a ori- gem de água de todo o Sub-sistema, permitirá o benefício de 4661 ha (dos quais 3385 ha, em alta pressão, e 1276 ha, em baixa pressão).

Os estudos efectuados permitiram diminuir o caudal de Projecto da Estação Elevatória prin- cipal (EE. de Pedrógão que eleva os caudais para o reservatório do mesmo nome) - passando-o de 17 m³/s para 12,5 m³/s.,sendo que ao lado desta estação, servindo directamente e com percurso optimizado uma área especifica, ficará a E.E. de Pedrógão 1 (com um caudal nominal de 0,64m³/s).

Esta estação elevatória primária, com seis grupos situa-se imediatamente a jusante da Bar- ragem de Pedrógão e eleva os caudais necessários ao abastecimento das áreas a beneficiar pelo subsistema de Pedrógão (cerca de 24000 ha)

O reservatório de Pedrógão foi, na solução final, projectado em linha, possibilitando função de regularização para a rede primária e a rede secundária. Por outro lado, a escolha criteriosa do local de barragem e a subida das cotas de exploração da albufeira da barragem de S. Pedro, per- mitiram diminuir as alturas de elevação das EEs dos circuitos hidráulicos a jusante, mantendo-se a ordem de grandeza do volume útil.

Ao longo do circuito, bombeando directamente para a rede de rega e imediatamente a jusante de armazenamentos de regularização criados para o efeito, existem mais duas Estações Elevatórias, a EE de Pedrógão 3 (implantada no reservatório de Pedrógão) e a EE de Selmes (jusante do Reservatório de Selmes).

Os caudais de dimensionamento das infra-estruturas de transporte - que no Estudo Prévio, se projectaram em canal e que no Projecto passaram, na maior parte dos troços, para conduta - diminuíram-se sensivelmente, melhorando a eficiência de transporte e, ainda, causando menor impacto ambiental.

3. 2. Circuito Hidráulico de S. Matias

Na sequência da delimitação regulamentar da ZPE de Cuba-Piçarras (Fev.2008), parte significativa da área a integrar no Bloco de S. Matias ficou limitada, tendo a EDIA procedido a uma ponderação e reconhecimento prévio de zonas limítrofes que permitiu encontrar outras áreas adjacentes passíveis de ser objecto de beneficiação, o que levou à redefinição do bloco - Fig. 4 - que permitiu, na sua nova configuração, beneficiar 5 865 ha (1092 ha, são em alta pressão e 4773 ha, em baixa pressão).

As infra-estruturas de adução tiveram também de ser alteradas em consonância e de modo a que não interferissem com a ZPE. Este circuito foi totalmente revisto, não só no seu traçado - devido à alteração substantiva das áreas a regar - mas, sobretudo, visando a optimização hidráulica e energética do bloco.

Assim, este circuito hidráulico inicia-se na Estação Elevatória de S. Matias, estação de pé de barragem de S. Pedro que permite a elevação para o reservatório da Cegonha cujo NPA foi ligeiramente descido, para minimizar encargos energéticos de elevação. No final do circuito primário, nas cabeceiras de uma linha de água e aproveitando um pequeno vale a cotas altas, foi criada uma nova barragem (barragem dos Almeidas), onde será instalada a Estação Elevatória dos Almeidas que fornecerá água em pressão á zona de pequena propriedade e, também, água em baixa pressão ás zonas de grande propriedade. No percurso da adução á albufeira das Almeidas serão fornecidos caudais, em baixa pressão, às áreas adjacentes ao adutor, eliminando-se as estações elevatórias para pressurizar a rede secundária, diminuindo assim os custos de investimento e de exploração.

Neste circuito, embora se tenha aumentado a área a regar em cerca de 17%, também se diminuiu o caudal de dimensionamento e a altura de elevação da EE principal.

3. 3. Circuito Hidráulico de S. Pedro-Baleizão

Este circuito hidráulico permite beneficiar 5 895 ha, em baixa pressão e inicia-se na tomada de água da Estação Elevatória de S. Pedro, Esta estação que é a única do bloco, será localizada na margem direita da albufeira, alterando assim a sua localização inicial - que era no pé de jusante da barragem de S. Pedro e possibilitando uma importante redução de comprimento da conduta de elevação. O caudal e a altura nominais da estação elevatória foram também reduzidos (tendo o caudal nominal passado de 14 para 8,5 m³/s).

Para além destas alterações, a jusante, utilizando dois pequenos vales a cotas altas, foram criadas duas albufeiras, que funcionam em vasos comunicantes e estão alinhadas com o traçado

do circuito de adução, encurtando-o sensivelmente, permitindo a regularização do caudal de bombagem e o do fornecimento de água à rede secundária. A barragem de montante (Amendoeira) para além de receber os caudais elevados da E.E. de S. Pedro vai ser origem de água para rega, em baixa pressão, de toda a zona perto do Guadiana (que atrás foi referenciada, prevenindo captações a jusante de Pedrógão) e a albufeira de jusante (Magra) vai permitir regar uma vasta área em baixa pressão, pois a sua localização a cotas elevadas assim o permite - eliminando a construção de vários reservatórios e estações elevatórias e diminuindo os custos de investimento e de exploração.

3. 4. Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos

Este circuito hidráulico - que serve as áreas mais afastadas da origem de água e que se situam, na generalidade a cotas altas, que permite beneficiar 8000 ha, dos quais 4100 ha são beneficiados com recurso a uma EE secundária e os restantes são abastecidos graviticamente. A rede secundária, que na sua maior parte passou de alta pressão a baixa pressão, em relação ao Estudo Prévio, pois foram eliminados vários reservatórios e estações elevatórias, diminuindo os investimentos e os encargos de exploração.

O caudal de dimensionamento da rede primária também baixou consideravelmente, diminuindo, assim, o custo de investimento. O adutor principal - que tem derivações para adução gravítica - dispõe no seu final de uma Estação Elevatória Primária (EE do Estácio) que eleva, em parte, directamente para a rede e, em parte, para um reservatório a partir do qual se desenvolve a restante rede secundária.

4. AS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DO SUB-SISTEMA.

Neste ponto faz-se a caracterização sintética de cada uma das estações elevatórias do sub-sistema, explicitando-se alguns argumentos mais substantivos que estiveram na base das opções tomadas e referindo-se aspectos mais específicos nalguns dos casos tratados. Para melhor enquadramento de cada situação, sistematiza-se a apresentação das estações por circuito hidráulico.

4. 1. Estações Elevatórias do C. H. de Pedrógão

A Estação Elevatória principal deste circuito e do Sub-sistema - E.E. de Pedrógão Margem Direita - eleva o caudal de 12,5 m³/s, da albufeira de Pedrógão para o reservatório do mesmo nome (tendo uma altura de elevação de 81 m e uma potência global de 12 MW),

Esta estação elevatória primária está equipada com seis grupos centrífugos de evoluta dupla e eixo vertical com um caudal de dimensionamento de 2,083 m³/s. A selecção do tipo de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação (tipo de grupo) e às limitações de espaço existentes no local de implantação (eixo vertical) - Figuras 3, 4 e 5. Todos os grupos estão equipados com arrancadores progressivos.

Dada a relativamente lenta evolução espectável dos volumes a elevar, numa 1ª fase serão instalados unicamente 3 grupos.

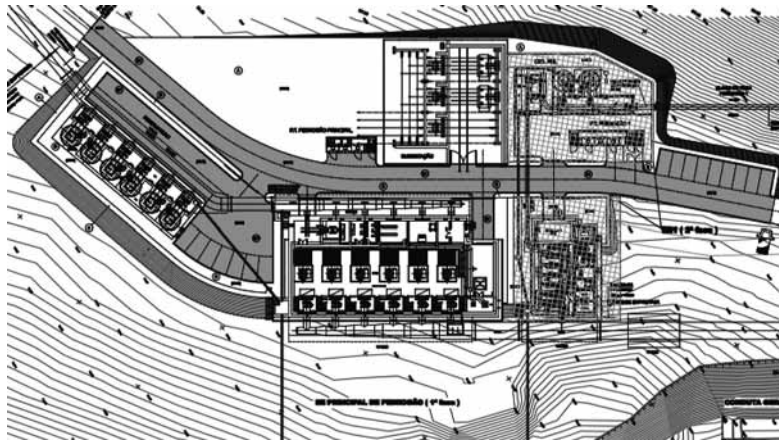


Figura 3 - EE do Pedrógão Margem Direita e da EE Pedrógão 1. Implantação

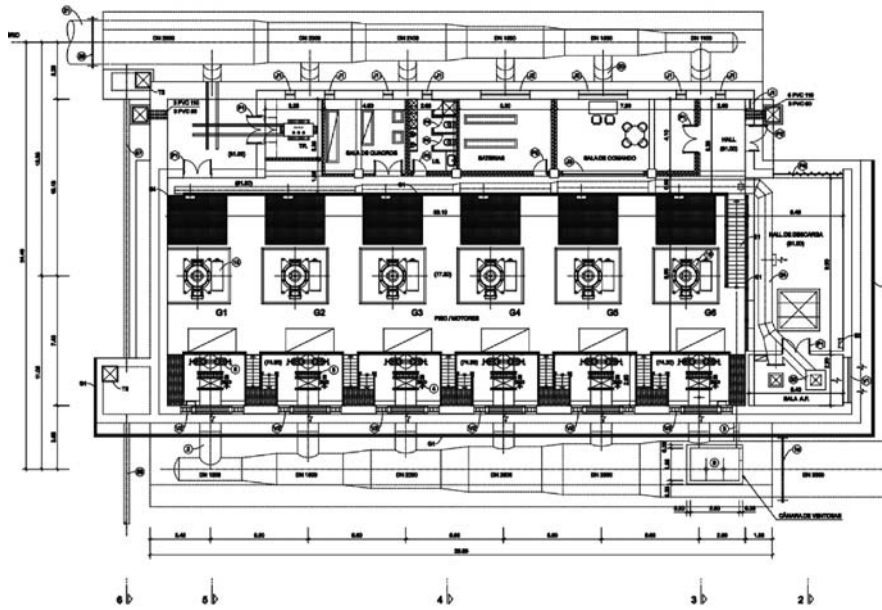


Figura 4 - Estação Elevatória de Pedrógão M. Direita. Corte Longitudinal

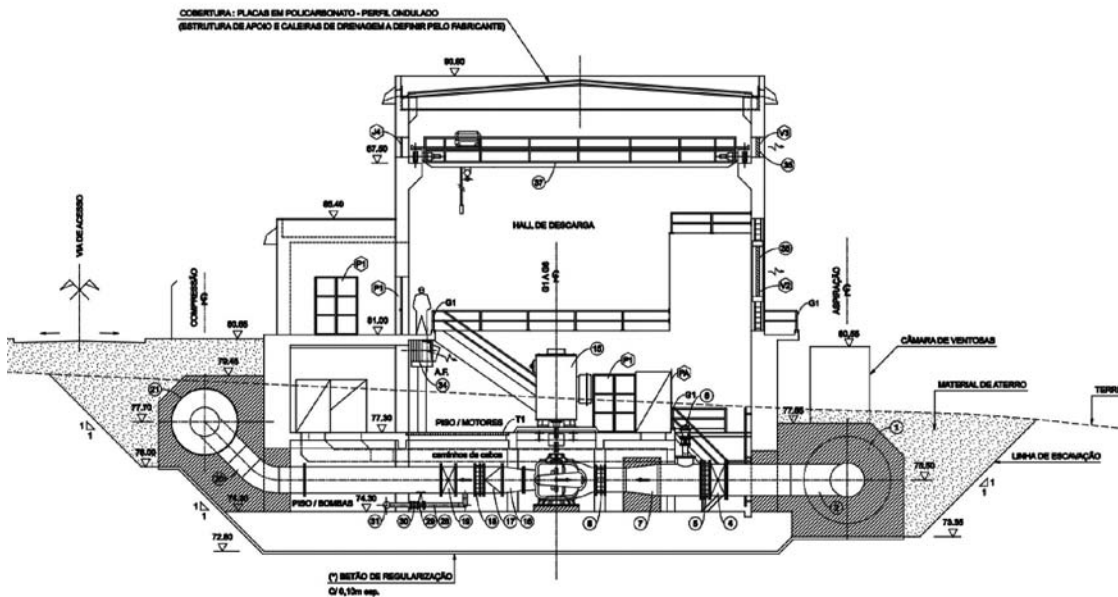


Figura 5 - Estação Elevatória de Pedrógão M. Direita. Cortes Transversal

O numero de grupos adoptado deveu-se à relação entre:

1. os caudais previstos actualmente e no ano de horizonte de projecto;
2. ao faseamento efectuado (inicialmente instalaram-se só metade dos grupos previstos);
3. à relação entre as necessidades do mês de maior consumo e as necessidades dos restantes meses.

Ao lado desta estação (Estação Elevatória de Pedrógão M. Direita), servindo directamente o Bloco de Pedrógão I (cerca de 600 ha), ficará a EE de Pedrógão 1, que tem um caudal nominal de $0,64\text{m}^3/\text{s}$ e que bomba da albufeira de Pedrógão directamente para a rede. A máxima altura de elevação destes grupos é de 113 m e a potência total instalada é de 1,2 MW

A localização desta EE, (junto à EE primária) permitiu a optimização do traçado da rede de rega e a minimização da altura de elevação e, naturalmente, ainda, a diminuição caudal de dimensionamento do circuito primário.

Esta estação elevatória secundária, está equipada com seis grupos centrífugos de roda múltipla (4 andares), evoluta simples e eixo vertical. A selecção do tipo de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação (tipo de grupo) e às limitações de espaço existentes no local de implantação (eixo vertical) – Figura 6.

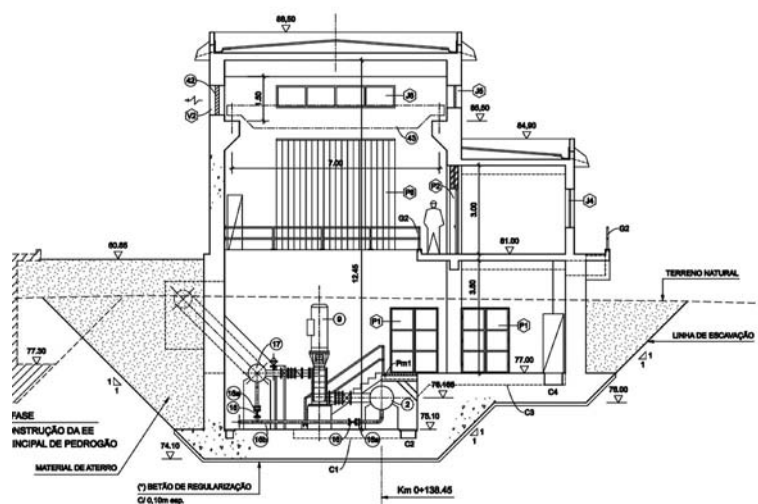


Figura 6 – Estação Elevatória de Pedrógão 1. Corte Transversal

Também nesta estação se previu uma 1ª fase de implementação do equipamento de bombagem, em que se instalou 3 grupos, dois dos quais com velocidade fixa e um com variador de velocidade (proporção que se manterá nos grupos a instalar na 2ª fase).

A EE de Pedrógão 3, que se encontra implantada no reservatório de Pedrógão e serve directamente o Bloco de Pedrógão III (cerca de 1430 ha), tem um caudal nominal de $1,65\text{m}^3/\text{s}$. A máxima altura de elevação destes grupos é de 70 m e a potência total instalada é de 1,9 MW.

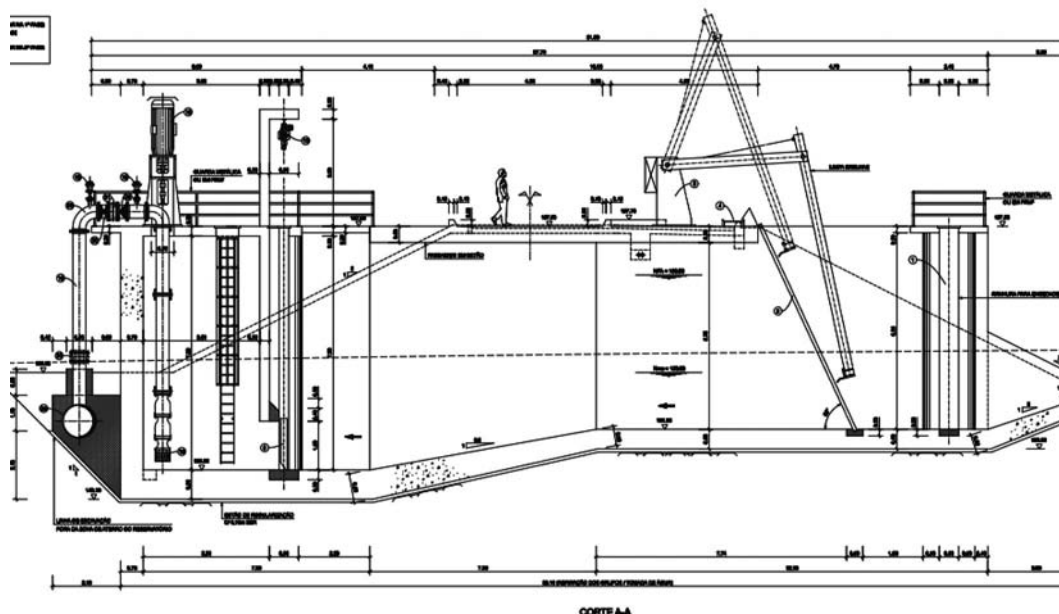


Figura 7- Estação Elevatória de Pedrógão 3. Corte Longitudinal

Serão instalados 5 grupos principais (dois de velocidade variável) com um caudal de dimensionamento de $0,330 \text{ m}^3/\text{s}$ e 2 grupos auxiliares (ambos de velocidade variável) com um caudal de dimensionamento de $0,165 \text{ m}^3/\text{s}$. Na **1ª Fase** (objecto da presente Empreitada) serão instalados 3 grupos principais (2 de velocidade variável) e os 2 grupos auxiliares. Com esta concepção garante-se cerca de 80% do caudal de dimensionamento.

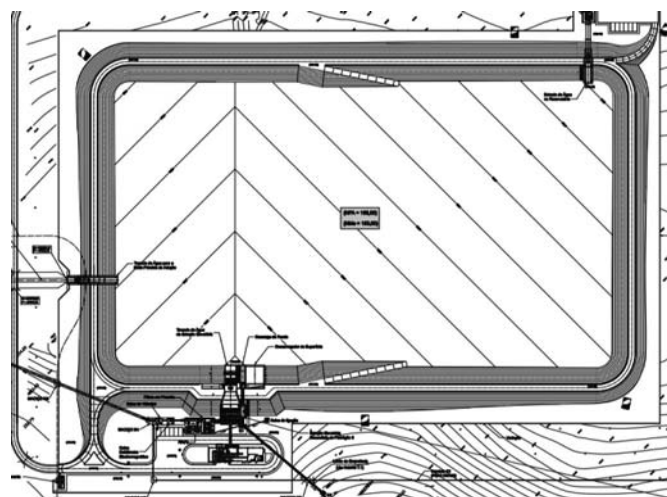


Figura 8 - Reservatório de Pedrógão e respectiva Estação Elevatória (EE Pedrógão 3)

Esta estação elevatória secundária, está equipada com quatro (5+2) grupos centrífugos de eixo vertical. Optou-se tanto para os grupos principais como para os auxiliares, por este tipo de grupos submersos de coluna vertical, do tipo de custo mais baixo de utilização durante o ciclo de vida útil, devido ao seu elevado grau de optimização, padronização e robotização no fabrico, inclusive com a diminuição de custos globais em virtude dos menores custos de construção civil agregados.

Dada a localização prevista para a Estação, decidiu-se que esta seria dotada de uma sistema de limpeza automática da grelha de entrada e que os equipamentos eléctricos ficariam instalados em local distinto dos equipamentos mecânicos. Face a esta concepção de base previu-se que os

equipamentos mecânicos seriam instalados a “céu aberto” e os equipamentos eléctricos em edifício próprio.

A EE de Selmes, que se encontra implantada a jusante do Reservatório de Selmes, serve directamente o Bloco de mesmo nome (cerca de 1359 ha). Nesta estação elevatória secundária, devido à diferença de estrutura cadastral (zonas com pequena propriedade e zonas de grande propriedade) e topográfica, da área servida, previu-se a existência de dois patamares de bombagem distintos. O primeiro andar de bombagem (Selmes 2), serve área essencialmente de grande propriedade e tem um caudal nominal de $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$, a máxima altura de elevação de 70 m. O segundo andar (Selmes 5), serve área essencialmente de pequena propriedade e tem um caudal nominal de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$, a máxima altura de elevação de 90 m. A potência total instalada é de 2,5 MW.

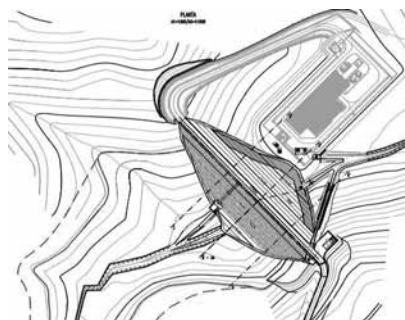


Figura 9 - Barragem e Estação Elevatória de Selmes

Esta estação, de concepção um pouco mais tradicional, encontra-se equipada em ambos os andares com grupos com bombas centrífugas de eixo horizontal (que permitem bombear os caudais de dimensionamento) complementadas por grupos verticais com capacidade total igual a um dos restantes grupos (os quais vão funcionar como “Joker” face aos restantes).

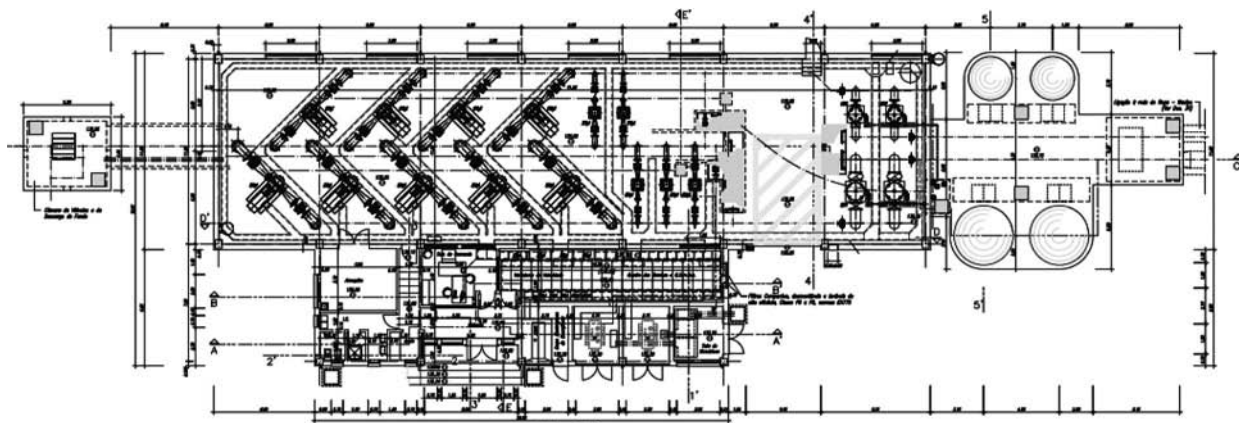


Figura 10 - Estação Elevatória de Selmes .Planta

Assim, no primeiro andar de bombagem (Selmes 2) instalaram-se 4 grupos com bombas centrífugas de eixo horizontal ($0,13 \text{ m}^3/\text{s}$), sendo 2 destes com velocidade variável, complementadas por dois grupos verticais ($0,04 \text{ m}^3/\text{s}$) também com velocidade variável. No segundo andar de bombagem (Selmes 5) instalaram-se 5 grupos com bombas centrífugas de eixo horizontal ($0,24 \text{ m}^3/\text{s}$), dois dos quais com velocidade variável, complementadas por três grupos verticais ($0,05 \text{ m}^3/\text{s}$), todos de velocidade variável.

No estabelecimento do número de grupos principais também a:

1. os caudais previstos actualmente e no ano de horizonte de projecto;
2. ao faseamento efectuado (instalou-se agora só metade dos grupos previstos);
3. à relação entre as necessidades do mês de maior consumo e as necessidades dos restantes meses;

sendo que o estabelecimento do número de grupos secundário foi feito de modo a utilizar grupos semelhantes nos dois andares.

4. 2. Estações Elevatórias do C.H. de S.Matias

Tal como já atrás referido, este circuito hidráulico inicia-se na Estação Elevatória de S.Matias, que se encontra implantada junto ao pé de barragem de S.Pedro e que permite a elevação dos caudais necessários à rega dos Sub-blocos S. Matias 1 a 4 (6035 ha), para o reservatório da Cegonha.

Esta estação elevatória primária está equipada com seis grupos centrífugos de voluta bipartida e eixo horizontal. A selecção do tipo e o número de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação e à disponibilidade de grupos para se obter um bom rendimento na sua operação – Figura 11 e 12.

Esta estação que tem um único patamar de bombagem, tem um caudal nominal de 4,5 m³/s e a máxima altura de elevação de 65 m, sendo a potência total instalada de 3,6 MW.

O número de grupos adoptado deve-se à conveniência de obter bombas com caudal unitário facilmente satisfeito pelo “mercado” (0,75 m³/s) e em virtude da repartição adoptada considerou-se aceitável a não existência de grupo de reserva (se qualquer grupo não funcionar fica unicamente prejudicada a hipótese de se fornecer 1/6 (~16%) do caudal requerido no mês de maior consumo do ano critico).

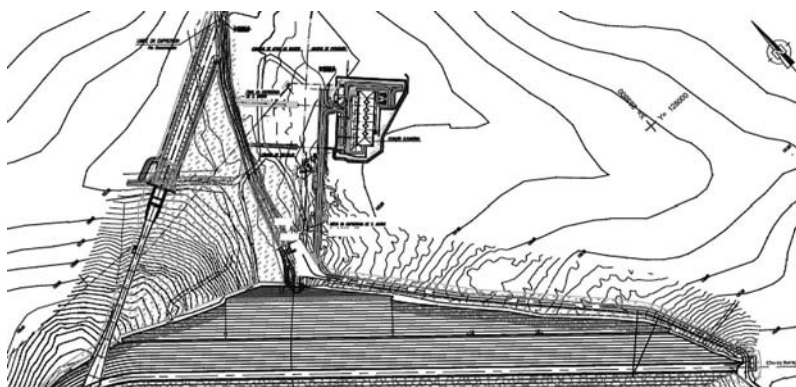


Figura 11 - Estação Elevatória de S. Matias. Implantação

Foi assumido o faseamento da EE, tendo sido considerado na 1ª fase a instalação de 3 unidades duas das quais com velocidade variável, prevendo-se em 2ª fase a instalação dos restantes grupos, todos com velocidade fixa.

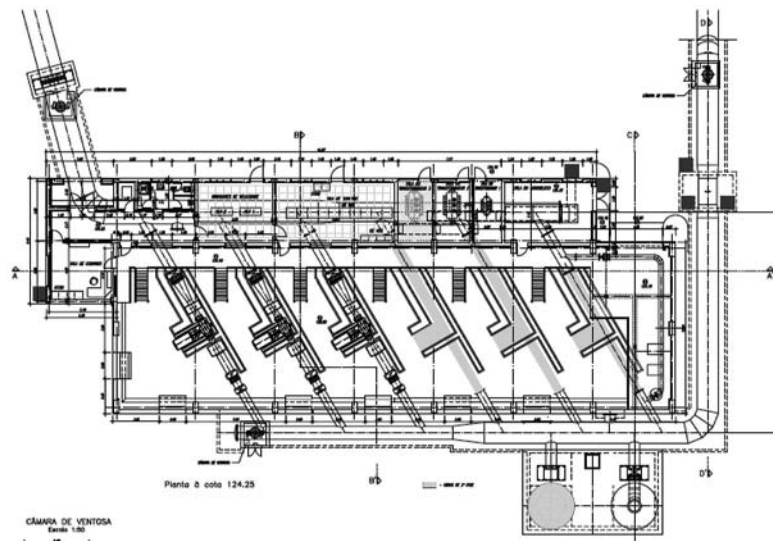


Figura 12 - Estação Elevatória de S. Matias.Planta

A Estação Elevatória das Almeidas, que se encontra implantada na margem do reservatório/ barragem das Almeidas, serve directamente os Sub-blocos 3 e 4 de S. Matias. Nesta estação elevatória secundária, devido à diferença topográfica das áreas servidas, previu-se a existência de dois patamares de bombagem distintos.

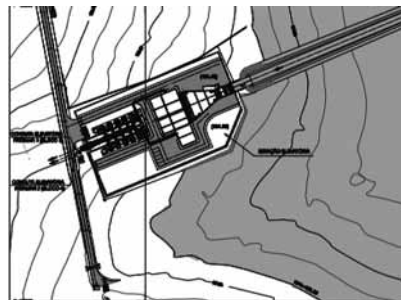


Figura 13 - Estação Elevatória das Almeidas. Implantação

O primeiro andar de bombagem (Sub-bloco 3), serve uma área de 1057 ha e tem um caudal nominal de 1,4 m³/s, a máxima altura de elevação de 47,9 mca. O segundo andar (Sub-bloco 4), serve uma área de 1092 ha e tem um caudal nominal de 1,3 m³/s, a máxima altura de elevação de 84,3 m. A potência total instalada é de 8 MW.

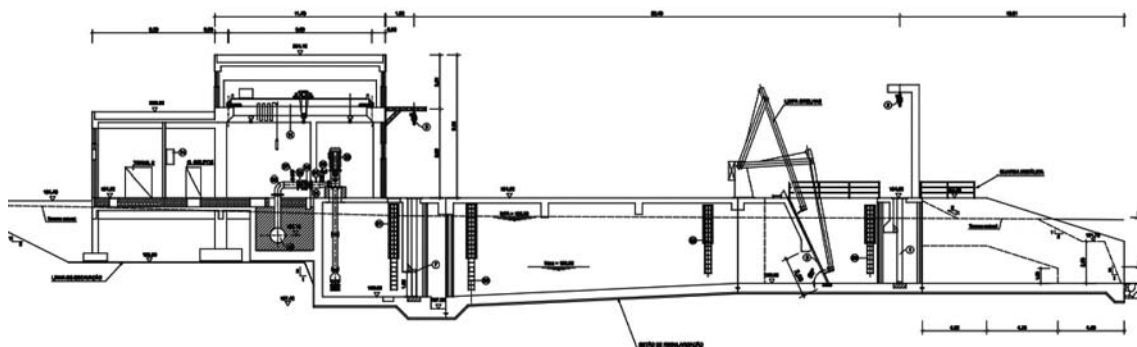


Figura 14 - Estação Elevatória das Almeidas. Corte Longitudinal

Em resumo apresenta-se o quadro seguinte com as principais características da EE das Almeidas

Estação	Bloco de rega	Caudal total (m ³ /s)	Número de grupos	Caudal por grupo (m ³ /s)
Estação Elevatória dos Almeidas	Bloco 3	1,312	3 principais	0,438
			2 auxiliares	0,219
	Bloco 4	1,470	4 principais	0,368
			2 auxiliares	0,184

Os sistemas elevatórios dos Blocos 3 e 4 são do tipo bombagem directa para a rede de rega, com grupos de velocidade variável, com condutas em pressão, com regulação mano-debitométrica.

Os grupos em serviço trabalharão todos com a mesma velocidade de rotação. Neste regime de funcionamento, os grupos electrobomba operam com o objectivo de garantir à saída da estação elevatória uma determinada pressão exigida, correspondente à cota piezométrica indicada pela curva característica da rede de rega para o caudal a fornecer.

O valor da pressão medida à saída da estação elevatória será comparado com o valor da pressão exigida, guardado no autómato e correspondente ao caudal a fornecer. Se a pressão medida for superior à pressão exigida, deverá reduzir-se a velocidade de rotação dos grupos. No caso inverso, a velocidade dos grupos deverá ser incrementada. Em alternativa, a velocidade de rotação dos grupos poderá ser ajustada continuamente através de uma função de controlo do tipo PID por parte do autómato, com o objectivo de garantir directamente uma determinada pressão na rede. A pressão a garantir é obtida a partir da curva característica da rede de rega (pressão = cota piezométrica – cota da conduta), sendo portanto variável com o caudal. Para assegurarem aqueles valores de pressão, os grupos electrobomba funcionarão na gama compreendida entre as curvas máxima e mínima da instalação. O ajuste do funcionamento dos grupos, nomeadamente do número de grupos em serviço e da sua velocidade de rotação, deverá processar-se tendo em consideração intervalos de tolerância admissíveis para as diversas variáveis.

4. 3. Estação Elevatória do C. H.de S.Pedro-Baleizão

Este circuito hidráulico que permite beneficiar 5.900 há do bloco de S.Pedro-Baleizão, inicia-se na tomada de água da Estação Elevatória de S.Pedro. Esta estação primária, encontra-se implantada na margem direita da albufeira de S. Pedro e destina-se a efectuar a transferência entre esta e a albufeiras da Amendoeira dos caudais necessários a jusante - que incluem também os caudais para satisfazer o bloco de Baleizão-Quintos, num total de cerca de 13900 ha.

A estação elevatória de S.Pedro tem um caudal nominal de 8,5 m³/s, a máxima altura de elevação é de 60 m e a potência total instalada de 7,2 MW e está equipada com seis grupos centrífugos de eixo vertical. A selecção do tipo e o número de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação, à variação expectável do plano de água na albufeira de S. Pedro e, ainda, à disponibilidade “comercial” de grupos deste tipo, para se obter um bom rendimento na sua operação – Figura 15 e 16. Acresce que o canal de tomada implica escavações apreciáveis que são sensivelmente minimizadas com o tipo de bomba utilizada.

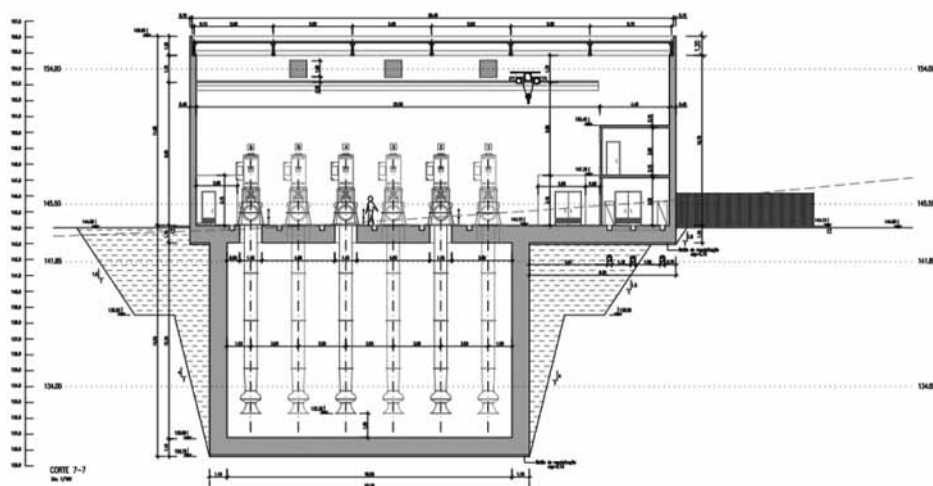


Figura 15 – Estação Elevatória de S. Pedro. Corte Transversal

Também, neste caso, o aparentemente elevado número de grupos adoptado deve-se à conveniência de obter bombas com caudal unitário facilmente disponível no mercado ($1,42 \text{ m}^3/\text{s}$), sendo que, em virtude da existência de um volume significativo de armazenamento a jusante, considerou-se aceitável a não existência de grupo de reserva.

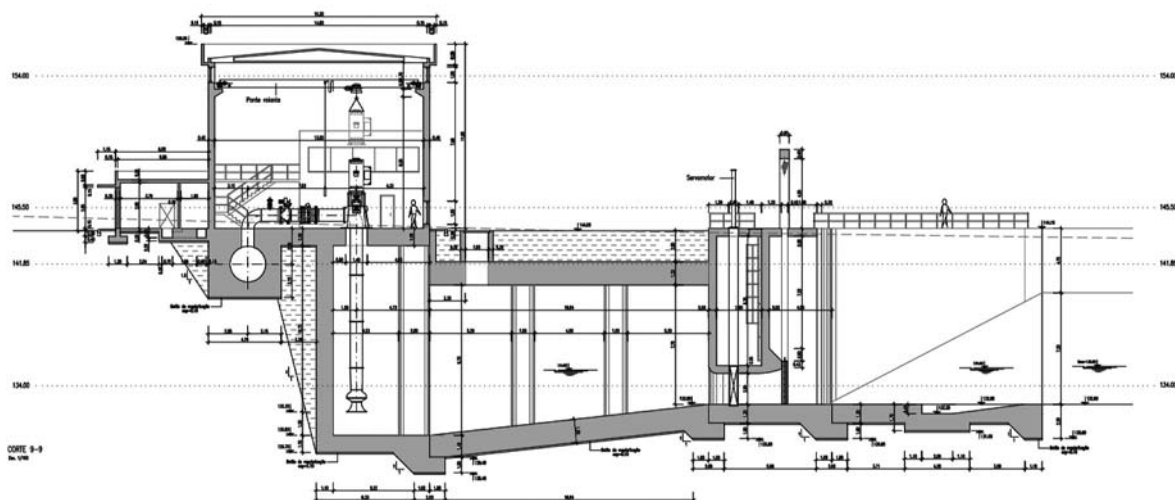


Figura 16 – Corte Longitudinal da Estação Elevatória de S. Pedro

4. 4. Estação Elevatória do C. H. de Baleizão-Quintos

No extremo de jusante deste circuito, em anexo ao reservatório do Estácio, prevê-se a construção da Estação Elevatória do Estácio. Esta estação secundária, que serve os Sub-blocos 4 (3542 ha) e 5 (656 ha), bomba parte dos caudais para a rede e parte para um pequeno reservatório apoiado e tem um caudal nominal de $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo a máxima altura de elevação de 52,7 mca e a potência total instalada de 3,15 MW.

A estação elevatória, de cariz bastante tradicional, está equipada com 4 grupos principais ($0,96 \text{ m}^3/\text{s}$) e 2 grupos auxiliares ($0,480 \text{ m}^3/\text{s}$) centrífugos de eixo horizontal. A selecção do tipo e o número de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação e à forma que se prevê para o seu funcionamento.

Sendo de prever uma adesão progressiva dos agricultores, prevê-se que numa primeira fase a estação fique equipada para 60% do caudal total de dimensionamento; desta forma serão, mais tarde, instalados 2 grupos principais.

5. NOTAS FINAIS

Em resumo, o Subsistema do Pedrógão que faz parte integrante do Sistema Global de Rega de Alqueva, tem como origem de água a albufeira do Pedrógão e visa essencialmente beneficiar uma área de cerca de 24500 ha, que se situam na margem direita do Rio Guadiana.

No desenvolvimento da elaboração dos Projectos das infra-estruturas do Sub-sistema – que levou a uma profunda evolução e optimização da situação inicial – previu-se que para servir esta área irá ser construído um vasto conjunto de órgãos hidráulicos, dos quais se destacam as estações elevatórias, que foram sistematizados em quatro circuitos principais, associados aos respectivos blocos de rega:

- Circuito Hidráulico de Pedrogão;
- Circuito Hidráulico de S. Matias;
- Circuito Hidráulico de São Pedro- Baleizão;
- Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos.

Nestes circuitos hidráulicos existem várias estações elevatórias, tanto primárias que bombeiam para reservatórios da rede primária, como secundárias que pressurizam directamente a rede de rega. A evolução verificada nas premissas e nas soluções assumidas nos diversos circuitos hidráulicos envolveu necessariamente as estações elevatórias – que foram minimizadas em número e dimensão hidráulica, energética e estrutural mas que, ainda assim, são grandes e, por vezes, pouco habituais estações elevatórias.

Estas estações elevatórias foram, pois ponderadas, definidas e optimizadas, tendo presente os requisitos do circuito hidráulico em que se integram mas também discutindo e aprofundando questões de eficácia e de eficiência hidráulica e energética num leque diversificado de soluções possíveis e adoptadas.

A diversidade da tipologia de bombas e das estações elevatórias respectivas assumidas neste subsistema, resulta directamente do estudo integrado de optimização dos circuitos hidráulicos em equação e do tratamento de pormenor subsequente, relativamente a cada infra-estrutura.

Como podemos verificar, e se sistematiza no quadro seguinte, existem na rede primária estações para caudais e alturas de elevação importantes, sendo que as estações da rede secundária têm caudais bem mais pequenos, com alturas manométricas bastante diferentes, em função da área a beneficiar. Nalguns casos, as estações elevatórias têm dois patamares de elevação de modo a optimizar a própria estação.

A potência total prevista nas estações elevatórias do subsistema é de 35,4 MW dos quais 22,8 MW correspondem às 3 estações primárias e os restantes 12,6 MW às 5 estações secundárias.

Quadro 1 - Estações Elevatórias do Subsistema de Pedrógão. Características

Estação Elevatória	Localização	Tipo de bombas	Caudal (m³/s)	Altura manométrica (m)	Potência (MW)	Rede
Pedrógão	Pé de barragem	Horizontais	12,5	81	12	Primária
Pedrógão	Pé de barragem	Horizontais	0,64	113	1,2	Secundária
Pedrógão 3	Reservatório	Verticais	1,65	70	1,9	Secundária
Selmes	Pé de barragem	Horizontais	0,52 1,2	70 90	2,5	Secundária
S.Matias	Pé de barragem	Horizontais	4,5	65	3,6	Primária
Almeidas	Albufeira	Verticais	1,3 1,47	48 84	3,8	Secundária
S.Pedro	Albufeira	Verticais	8,5	60	7,2	Primária
Estácio	Reservatório	Horizontais	4,8	53	3,15	Secundária

Nesta comunicação procurou-se, pois, sistematizar e caracterizar, ainda que de modo necessariamente sintético, todas as estações elevatórias do Sub-sistema de Pedrógão e os seus aspectos fundamentais mais específicos, referenciando-se os critérios e as condicionantes técnico-económicas, que levaram à adopção das soluções consideradas para cada caso concreto – que tiveram em devida atenção a eficiência energética e hidráulica do sistema, designadamente, no que concerne às especificações de rendimento dos equipamentos mecânicos e eléctricos.

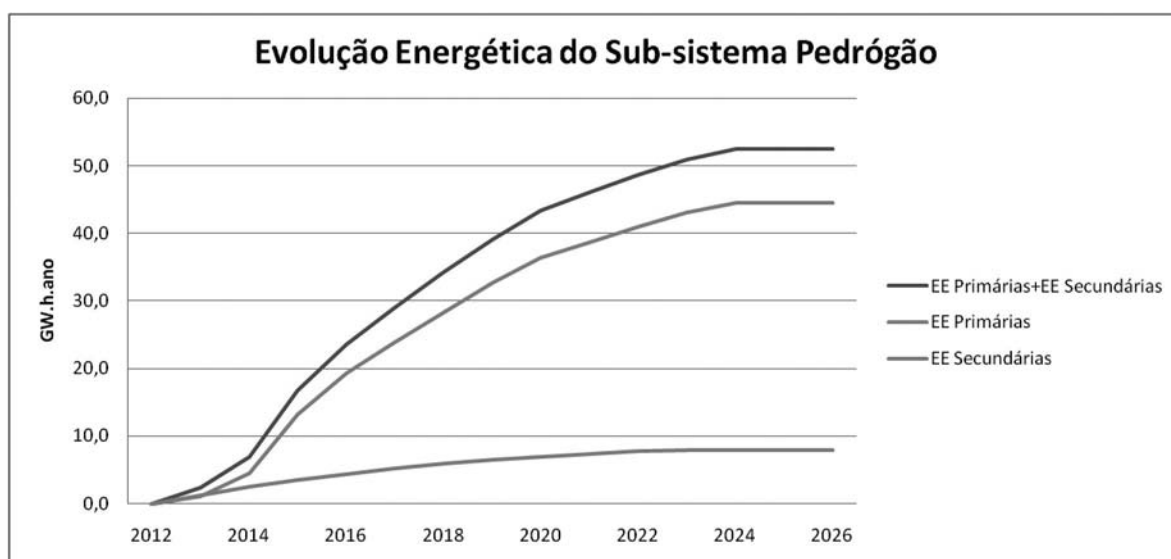


Figura 17 – Evolução do consumo energético do Sub-sistema de Pedrógão

Na Figura 17 apresenta-se ainda uma análise de sensibilidade de estimativa dos consumos energéticos em equação para uma dotação de 4500 m³/ha.ano, estando-se perante valores globais superiores a 52 GWh.ano dos quais 44,5 GWh.ano relativos à rede primária e cerca de 8 GWh.ano à rede secundária. Estes valores são ainda bastante elevados, explicitando que se procurou amenizar os encargos da rede secundária, no sentido de que a gestão dos perímetros seja compatível

com o objectivo nacional de se conseguir o sucesso efectivo do regadio – no qual, necessariamente, as estações elevatórias, face à geografia da zona, têm um papel incontornável.

Os estudos efectuados no sub-sistema do Pedrógão envolveram a equipa técnica da EDIA, as equipas dos Projectistas e da DGADR, sendo de elementar justiça deixar aqui uma palavra de reconhecimento para o entusiasmo e qualidade posto nestas prestações e colaborações - que foram uma mais-valia para o Empreendimento.

BIBLIOGRAFIA:

Aqualogus/Campo d'Água, (2009). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de S. Pedro-Baleizão e Respectivo Bloco de Rega.*

Aqualogus/Hidroprojecto (2005). *Estudo Comparativo das Alternativas para a Adução às Manchas de Rega do Sub-sistema de Pedrogão.*

Coba/Prosistemas, (2008). *Projecto de Execução da Estação Elevatória e do Circuito Hidráulico de Pedrogão e Respectivo Bloco de Rega.*

Coba/Prosistemas, (2009). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de S. Matias e Respectivo Bloco de Rega.*

Coba/Prosistemas, (2009). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos e Respectivo Bloco de Rega.*

DGADR-MADRP (2009/10). Pareceres e Notas Técnicas (Vários).

IEADR-MADRP (1996). *Consumo de Água para Rega do Empreendimento de Alqueva.*

PROJECTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA PRINCIPAL DE PEDRÓGÃO, NA PERSPECTIVA DOS EQUIPAMENTOS

Pedro SANTOS¹

Luís GUSMÃO²

António CAPELO³

RESUMO

A estação elevatória principal de Pedrógão faz parte do eixo principal do circuito hidráulico primário do sub-sistema de Pedrógão, que se encontra localizado na margem direita do Guadiana e que beneficia uma área total de cerca de 24 822 ha. Permite a adução de um caudal de 12,5 m³/s desde a albufeira da barragem de Pedrógão, com o pleno armazenamento à cota (84,80), até ao reservatório de regularização de Pedrógão, com o plano máximo de água à cota (256,00), através de uma conduta com 2,5 m de diâmetro e 2750 m de desenvolvimento. O reservatório tem um volume total de cerca de 132 000 m³.

A estação é equipada com seis grupos electrobomba, cada um com capacidade para um caudal de 2,083 m³/s, uma altura de elevação de 80 m e uma potência nominal de 2000 kW. A alimentação eléctrica é assegurada pela rede de média tensão a 60kV, estando prevista a construção de uma subestação. A potência total instalada ascende a 18 MVA.

A presente comunicação apresenta uma descrição da estação elevatória, abordando alguns dos aspectos mais relevantes relacionados com os seus equipamentos: a selecção do número e tipo de grupos de bombagem, a definição do sistema de regulação dos grupos, o estudo económico da conduta elevatória, a definição da implantação dos circuitos de aspiração e de compressão, a análise das condições de aspiração, o estudo dos regimes transitórios hidráulicos e a definição das instalações eléctricas.

Palavras-chave: estação, bombagem, conduta, reservatório, regulação.

¹ Eng.º Mecânico, COBA, Av. 5 de Outubro, 323, 1649-011 Lisboa, +351210125000, pgs@coba.pt

² Eng.º Mecânico, COBA, Av. 5 de Outubro, 323, 1649-011 Lisboa, +351210125000, l.gusmao@coba.pt

³ Eng.º Agrónomo, COBA, Av. 5 de Outubro, 323, 1649-011 Lisboa, +351210125000, ajc@coba.pt

1. LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO

A estação elevatória principal de Pedrógão faz parte do eixo principal do circuito hidráulico primário do sub-sistema de Pedrógão, que se encontra localizado na margem direita do Guadiana e que beneficia uma área total de cerca de 24 822 ha. Permite o transporte de água desde a albufera criada pela barragem de Pedrógão – com o pleno armazenamento à cota (84,80) – até ao reservatório de regularização – com o plano máximo à cota (256,00).

A Figura 1 mostra a localização do sistema elevatório.

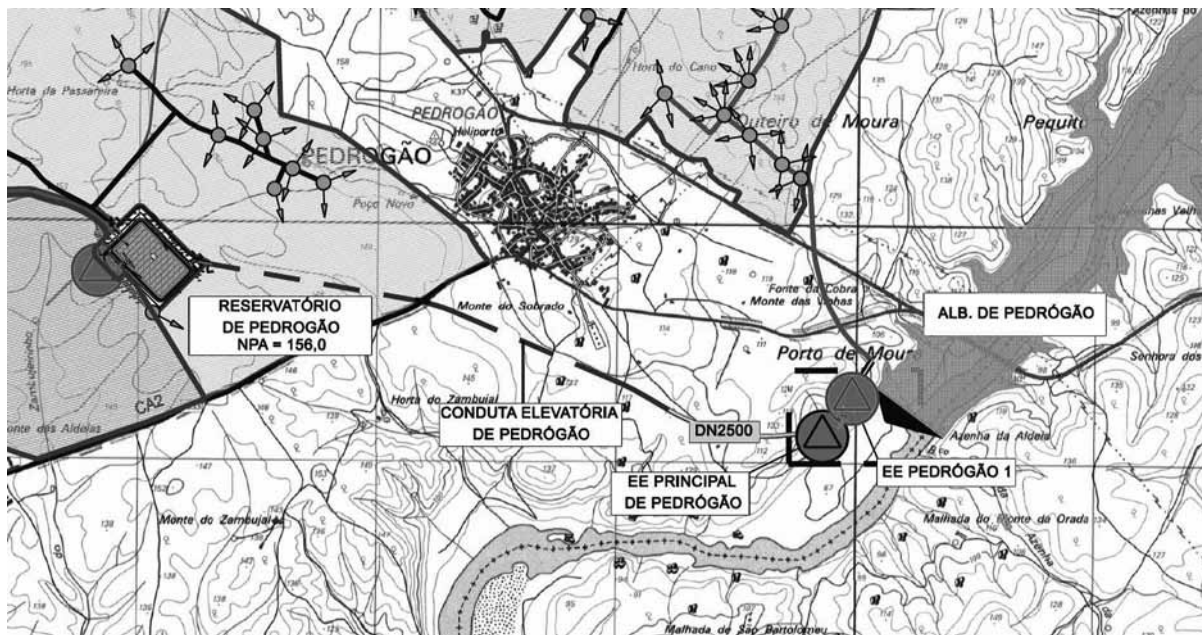


Figura 1 – Localização do sistema elevatório

A estação fica implantada numa plataforma sensivelmente à cota (81,0), ao abrigo da máxima cheia a jusante – cota (80,04), e ocupa uma área com dimensões máximas aproximadas de 93 m x 58 m, a sudoeste da barragem de Pedrógão.

O reservatório de regularização está localizado a 1,5 km a este da vila de Pedrógão e tem uma capacidade útil de armazenamento de cerca de 132 000 m³. É construído por modelação do terreno, em escavação e aterro, com geometria adaptada ao relevo natural.

Entre a estação e o reservatório desenvolve-se a conduta elevatória, com 2,5 m de diâmetro e cerca de 2750 m de comprimento.

Em linhas gerais, a estação é formada por um edifício principal, com dimensões em planta de 40,7 m x 19,5 m e altura de 18,0 m, pela sub-estação de 60 kV, que ocupa uma área de 24,0 m x 24,0 m, e pela plataforma dos reservatórios hidropneumáticos, com 30,4 m x 9,2 m.

Na Figura 2 pode ver-se a implantação geral da estação.

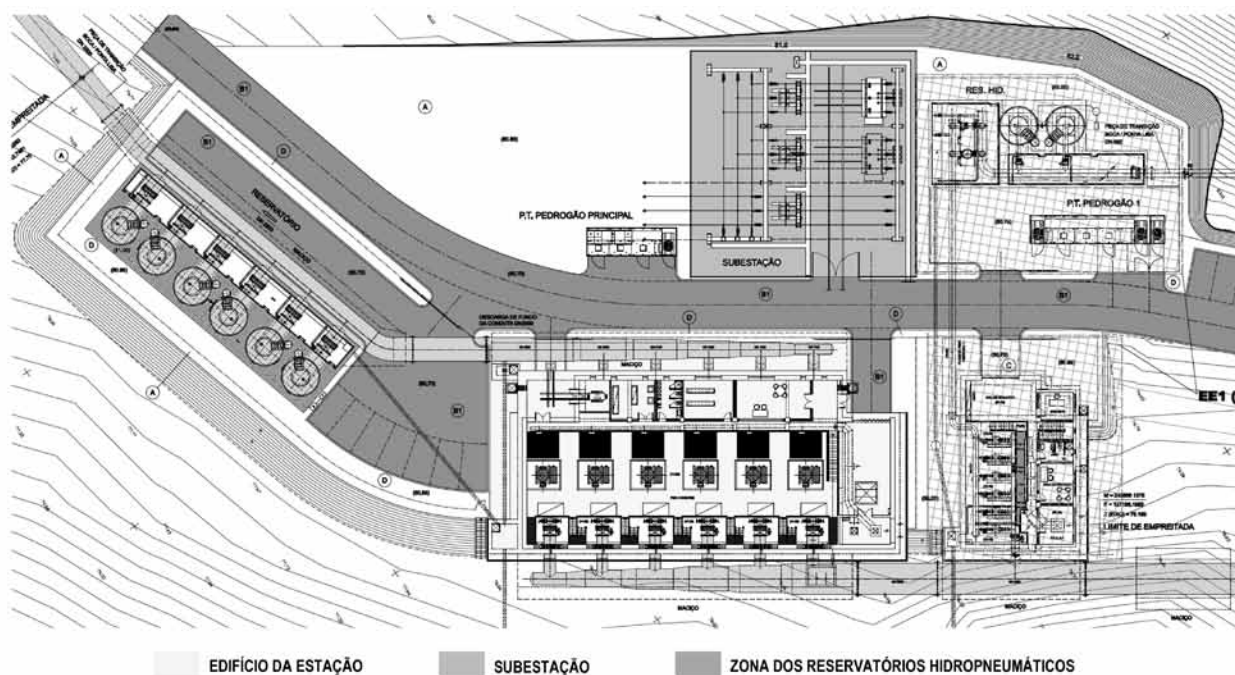


Figura 2 – Implantação geral da estação elevatória

2. CAUDAL E DESNÍVEL

O sistema de bombagem tem capacidade para elevar um caudal máximo de 12,5 m³/s, sujeito aos seguintes níveis de água a montante e a jusante:

Níveis na albufeira de Pedrógão:

- nível mínimo de exploração (Nme): (79,00)
- nível de pleno armazenamento (NPA): (84,80)
- nível de máxima cheia (NMC): (91,80)

Níveis no reservatório de regularização de Pedrógão:

- nível máximo: (156,00)
- nível mínimo: (153,00)
- cota da soleira da estrutura de descarga: (153,80)

A altura geométrica de elevação, varia assim, entre os seguintes valores:

- altura geométrica máxima: 77,0 m
- altura geométrica média: 72,6 m
- altura geométrica mínima: 69,0 m
- altura geométrica mínima excepcional: 62,0 m

3. CONDOTA ELEVATÓRIA

Tendo em conta os diâmetros e as pressões envolvidas, a opção recaiu em tubagem de betão com alma de aço que se considera tecnicamente adequada e economicamente competitiva face a outros materiais.

Para a selecção do diâmetro mais apropriado, procedeu-se a uma análise técnico-económica que envolveu a estimativa dos custos de investimento inicial para vários diâmetros, assim como os respectivos custos de exploração englobando os encargos de manutenção e as despesas com a energia.

Os pressupostos assumidos são os seguintes:

- Dado o caudal máximo de dimensionamento de 12,5 m³/s, foram analisados diâmetros entre 1,800 m e 3,250 m.
- Nos custos de investimento foram considerados os preços da tubagem de um fornecedor consultado e preços unitários de instalação de conduta em vala, em trabalhos similares.
- Para contabilização dos custos energéticos foi considerada a bombagem dos volumes de água necessários para satisfazer os consumos mensais em ano médio, que são reproduzidos no Quadro 1. Durante os primeiros anos os volumes consumidos não atingirão previsivelmente estes valores, no entanto, visto que a análise é efectuada para um espaço de tempo alargado, optou-se, por simplificação, por considerar aqueles volumes médios durante todo o período.
- As perdas de carga são as resultantes da fórmula de Manning-Strickler, com um coeficiente Ks de 90 m^{1/3}/s, acrescidas de 10% para ter em conta as perdas localizadas. Considerou-se uma altura geométrica média de 72,6 m.

Quadro 1 – Volumes mensais consumidos em ano médio

Mês	Volume consumido (hm ³)
Jan	0,11
Fev	0,18
Mar	5,58
Abr	9,48
Mai	17,35
Jun	25,28
Jul	37,14
Ago	27,32
Set	4,83
Out	1,01
Nov	0,22
Dez	0,01

- Na determinação dos custos anuais de manutenção, assumiu-se que estes correspondem a uma percentagem de 2% do investimento inicial.
- O custo total actualizado da conduta, para cada diâmetro, foi calculado para um período de vida útil de 50 anos, utilizando uma taxa de actualização de 4%, através da expressão:

$$C_{ta} = C_i + \sum_{i=1}^{50} \frac{(C_e + C_m)}{(1+t)^i} \quad (1)$$

em que:

C_{ta} – custo total actualizado;

C_i – Investimento inicial;

C_e – Custo anual de energia;

C_m – custo anual de manutenção;

t – taxa de actualização (4%)

No Quadro 2 são apresentados os valores dos custos obtidos para cada diâmetro da conduta.

Quadro 2 – Análise económica da conduta - custos obtidos

Diâmetro (m)	Investimento inicial	Custo anual de energia	Custo anual de manutenção	Custo total actualizado
1,800	3.884.267 €	3.609.721 €	77.685 €	83.097.806 €
2,000	4.634.354 €	3.249.996 €	92.687 €	76.442.489 €
2,150	5.110.331 €	3.097.321 €	102.207 €	73.843.167 €
2,500	6.799.486 €	2.918.052 €	135.990 €	72.406.973 €
2,800	8.156.721 €	2.852.225 €	163.134 €	72.933.232 €
3,000	9.588.567 €	2.827.815 €	191.771 €	74.455.874 €
3,250	11.296.152 €	2.808.745 €	225.923 €	76.487.460 €

Na Figura 3 estão representadas graficamente as curvas de evolução dos custos em função do diâmetro da conduta.

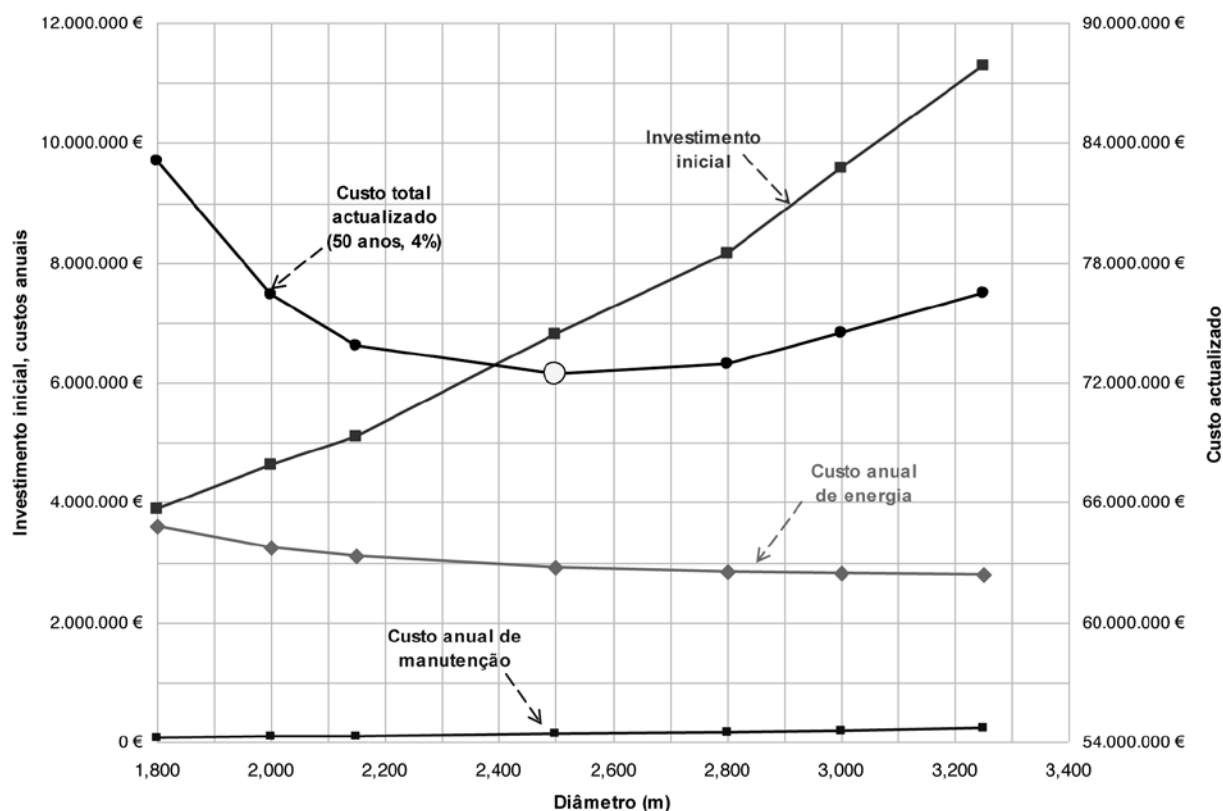


Figura 3 – Dimensionamento económico da conduta

A análise efectuada permitiu concluir que o diâmetro 2,500 m se revela globalmente mais vantajoso, ainda que com uma diferença pouco significativa para o 2,150 m (+1,98%) e o 2,800 m (+0,73%).

4. GRUPOS ELECTROBOMBA, ASPIRAÇÃO E COMPRESSÃO

A estação é equipada com seis grupos electrobomba, com caudal unitário de 2,083 m³/s, altura de elevação de 80 m e potência nominal unitária de 2000 kW.

Este número de unidades de bombagem resultou de uma análise comparativa que englobou soluções entre três e seis grupos e que evidenciou as vantagens desta opção:

- custos de investimento dos equipamentos mais reduzidos;
- maior predisposição para o faseamento da instalação – três grupos na primeira fase e outros três na segunda;
- possibilidade de montagem vertical dos grupos, reduzindo a área ocupada e a volumetria do edifício;
- maior número de fabricantes com capacidade de resposta.

As bombas são do tipo monocelular, com voluta bipartida axialmente e impulsor radial de dupla entrada, com eixo vertical. Trabalham à velocidade nominal de 750 r.p.m., possuem impulsor com diâmetro de 1050 mm, entrada e saída em linha com diâmetros de 900 mm e 800 mm, respectivamente, e com o eixo posicionado à cota (75,50).

Os motores de accionamento são eléctricos, trifásicos, com rotor em curto-circuito, com potência unitária de 2000 kW, alimentados a 11 kV. Dada a sua dimensão, são montados sobre uma laje superior de betão armado, 3,0 m acima da bomba.

A Figura 4 mostra um corte transversal do edifício.

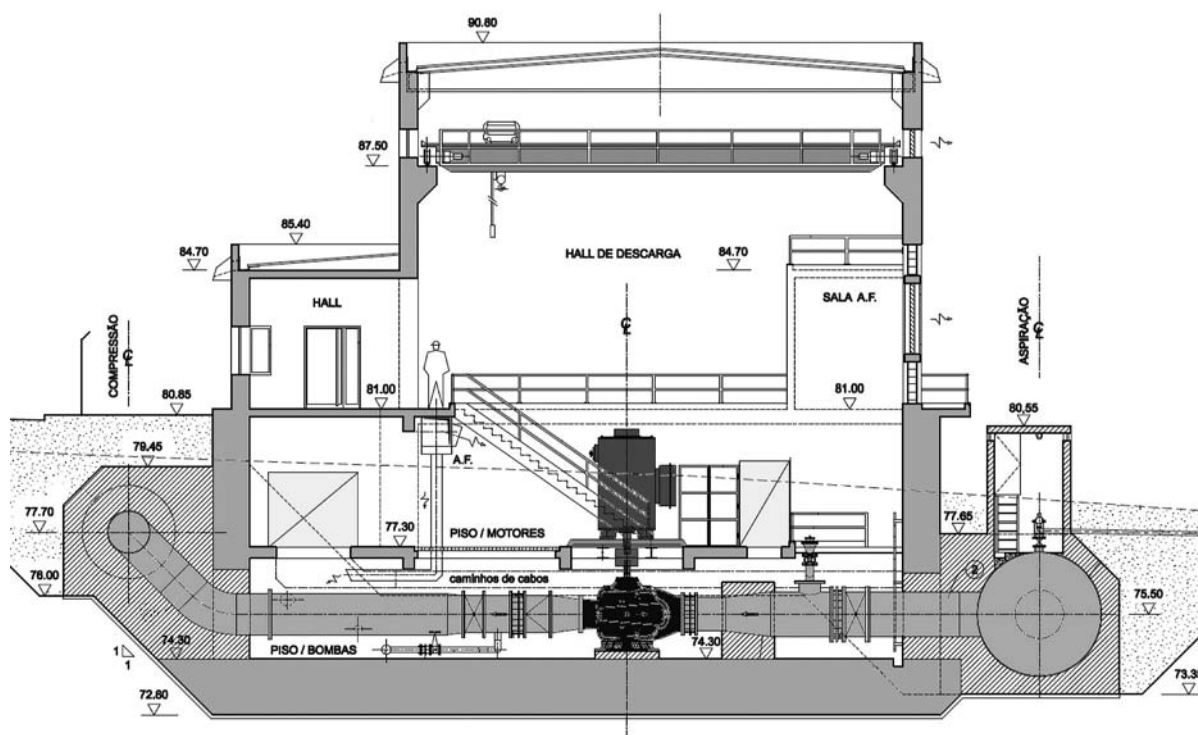


Figura 4 – Corte transversal do edifício

Os diâmetros seleccionados para as condutas dos circuitos hidráulicos conduzem a velocidades usuais neste tipo de instalações e são os seguintes:

- aspiração geral: DN 3,3 m ($v = 1,5$ m/s)

- aspiração individual: DN 1,2 m ($v = 1,8$ m/s)
- compressão individual: DN 1,0 m ($v = 2,7$ m/s)
- compressão geral: DN 2,5 m ($v = 2,5$ m/s)

5. CURVAS DE FUNCIONAMENTO

Para a construção das curvas características da instalação foram consideradas as alturas geométricas referidas no capítulo 2 e as perdas de carga no circuito hidráulico, estimadas através das expressões:

- $\Delta h = 0,369 Q^2$, para um grupo em serviço;
- $\Delta h = 0,136 Q^2$, para dois grupos em serviço;
- $\Delta h = 0,085 Q^2$, para três grupos em serviço;
- $\Delta h = 0,065 Q^2$, para quatro grupos em serviço;
- $\Delta h = 0,055 Q^2$, para cinco grupos em serviço;
- $\Delta h = 0,050 Q^2$, para seis grupos em serviço.

A altura de elevação nominal das bombas foi fixada considerando a altura geométrica média entre a albufeira de Pedrógão e o reservatório e as perdas de carga no circuito hidráulico para o caudal máximo:

$$H = 72,6 + 7,8 = 80,4 \text{ m} \rightarrow H = 80 \text{ m}$$

A Figura 5 mostra as curvas características da instalação para um, dois, três, quatro, cinco e seis grupos em paralelo, e as curvas de funcionamento das bombas de um fabricante seleccionado.

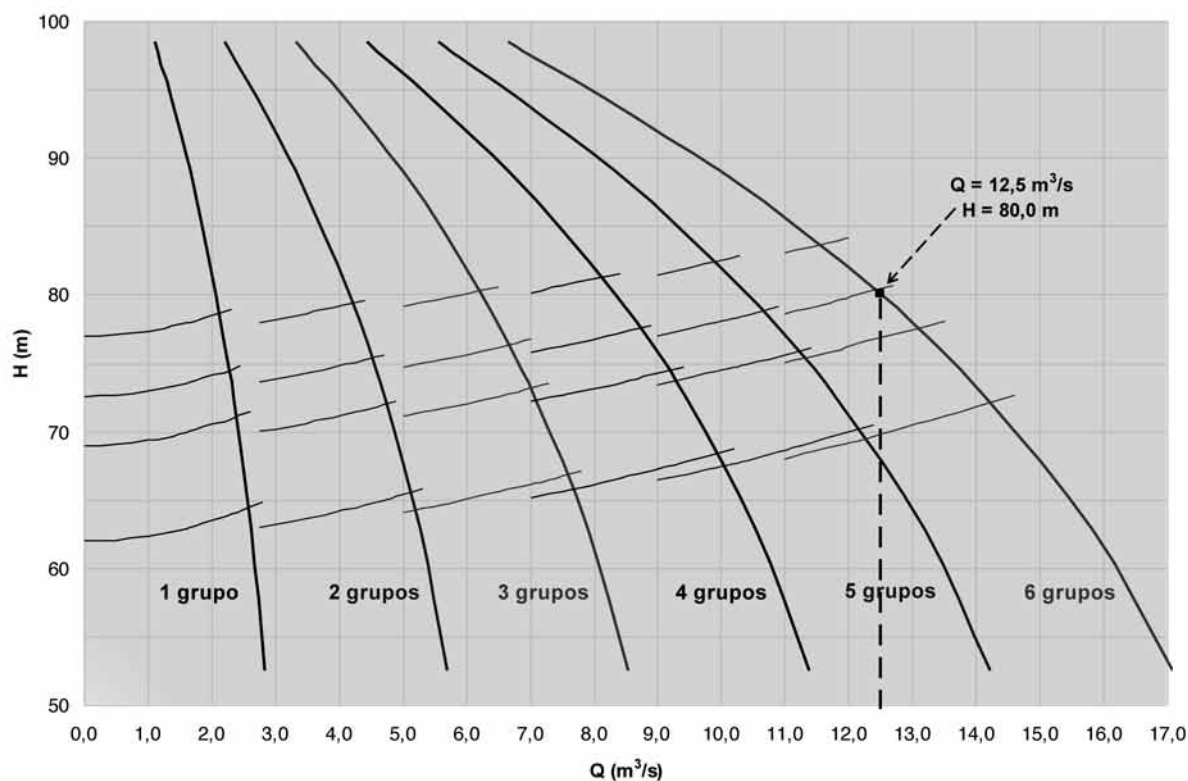


Figura 5 – Curvas de funcionamento do sistema elevatório

6. CONDIÇÕES DE PRESSÃO NA ASPIRAÇÃO

As bombas foram posicionadas com a linha de centro do impulsor à cota (75,50), de modo a garantir uma pressão adequada na aspiração.

O estudo das condições de pressão na aspiração contemplou três cenários distintos, representados na Figura 6, no que respeita ao nível de água a montante – Nme, nível médio e NPA. Para cada um destes casos, foi avaliada a margem de segurança S do NPSH nos dois estados extremos do reservatório de jusante – cheio (ponto A da Figura 6) e vazio (ponto B) – sendo:

$$S = \text{NPSH}_{\text{disp}} - \text{NPSH}_{\text{req}} \approx (h_{\text{atm}} - h_v - \Delta h_{\text{asp}} + Z) - \text{NPSH}_{\text{req}} \quad (2)$$

em que:

h_{atm} – pressão atmosférica em m c.a.;

h_v – pressão de vapor da água;

Δh_{asp} – perda de carga na aspiração;

Z – carga estática em relação à linha de centro do impulsor.

Foi considerado o funcionamento de apenas um grupo electrobomba, o que conduz às condições mais gravosas – o efeito favorável de uma menor perda de carga na aspiração é superado pelo efeito desfavorável de um maior NPSH requerido pela bomba em pontos de maior caudal.

A margem de segurança mínima obtida é de aproximadamente 1,7 m, que, como seria de esperar, se verifica no seguinte cenário:

- nível mínimo de exploração (Nme) na albufeira do Pedrógão;
- nível mínimo (Nme) no reservatório de jusante;
- apenas um grupo em serviço.

A Figura 6 mostra, graficamente, o estudo efectuado.

7. SISTEMA DE REGULAÇÃO DOS GRUPOS

O funcionamento dos grupos electrobomba é comandado automaticamente em função dos níveis de água medidos no reservatório de regularização.

Por intermédio de uma medição contínua de nível no reservatório, associa-se a cada grupo um nível de arranque e um nível de paragem. Os níveis de arranque serão escalonados na parte inferior da altura útil de funcionamento e os níveis de paragem na parte superior.

O volume mínimo do reservatório é definido de forma a garantir três condições principais:

1. o volume de água compreendido entre o nível de arranque e o nível de paragem da mesma bomba é suficiente para garantir que não se ultrapassa um determinado número de arranques por hora;
2. os níveis consecutivos de arranque e os níveis consecutivos de paragem estão suficientemente distanciados entre si de modo a evitar manobras intempestivas dos grupos;
3. o volume de segurança alta é suficiente para evitar a perda de água pelo descarregador de superfície do reservatório; o volume de segurança baixa é suficiente para evitar o esvaziamento do reservatório.

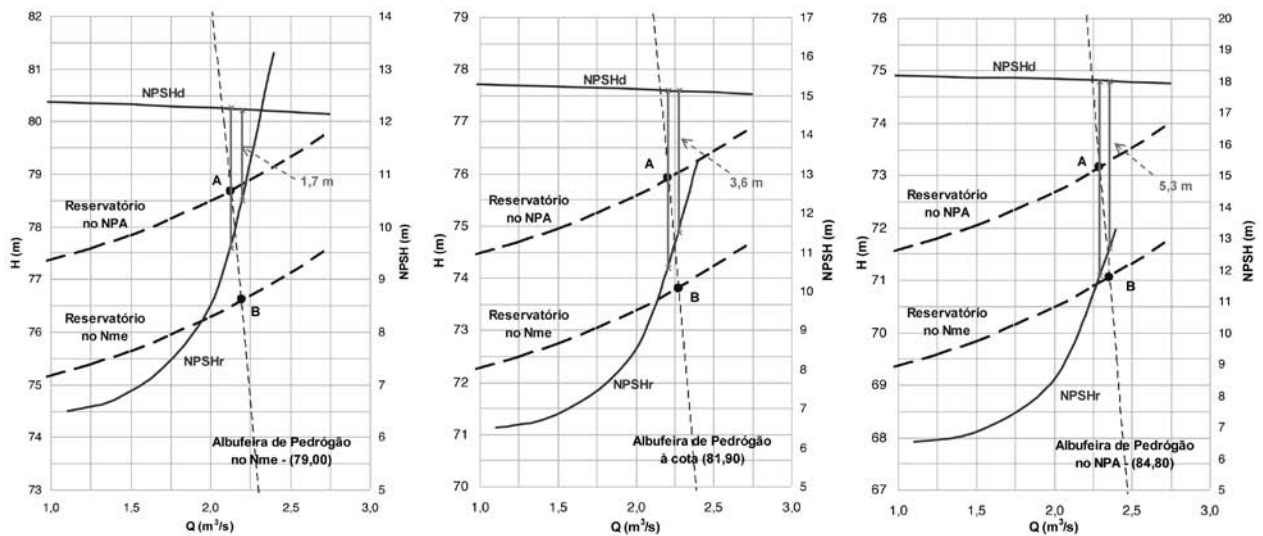


Figura 6 – Curvas de NPSH requerido e NPSH disponível, para três situações de nível de água na aspiração:
 1) Nme (79,00); 2) nível médio; 3) NPA (84,80).

1. Volume de regulação

O volume mínimo necessário entre a ordem de arranque e a ordem de paragem da mesma bomba é dado por:

$$V_R = \frac{T \times Q_u}{4} \quad (3)$$

em que:

T – tempo entre arranques consecutivos do mesmo grupo (3600 s, correspondente a 1 arranque/h)

Q_u – caudal de um grupo (2,083 m³/s)

2. Volumes de escalonamento das ordens

Os volumes de água que separam as ordens de arranque consecutivas e as ordens de paragem consecutivas dos vários grupos são dados, respectivamente, por:

$$V_{arr_{(i-1)-i}} = \frac{1}{2} Q_u T_a + [n - (i - 1)] \cdot Q_u \cdot T_a \quad (4)$$

$$V_{par_{i-(i-1)}} = Q_u T_p + (i - 1) \cdot Q_u \cdot T_p \quad (5)$$

em que:

$V_{arr_{(i-1)-i}}$ – volume compreendido entre o nível de arranque do grupo (i-1) e o nível de arranque do grupo i, variando i entre 2 e n;

$V_{par_{i-(i-1)}}$ – volume compreendido entre o nível de paragem do grupo i e o nível de paragem do grupo (i-1), variando i entre 2 e n;

n – número máximo de grupos (6);

T_a – tempo que um grupo demora a atingir o caudal máximo (200 s);

T_p – tempo de anulação do caudal máximo de um grupo (200 s);

Estas expressões têm em conta o volume de encaixe necessário para a paragem ou para o arranque de cada grupo e ainda um acréscimo de volume suficiente para prevenir manobras intempestivas na sequência de uma variação instantânea significativa do consumo de água do reservatório.

3. Volumes de segurança

Os volumes de segurança baixa e alta são dados, respectivamente, por:

$$V_{\text{seg_baixa}} = \frac{1}{2} Q_u T_a \quad (6)$$

$$V_{\text{seg_alta}} = Q_u T_p \quad (7)$$

No Quadro 3 estão indicados os vários níveis de regulação definidos e respectivos volumes.

Quadro 3 – Níveis de regulação e volumes no reservatório

Níveis de regulação	Volumes mínimos (m ³)	Desníveis adoptados (m)	Volumes finais (m ³)	Cotas (m)
Nível de alarme alto				156,05
	417	0,05	2170	
Paragem da bomba 1				156,00
	833	0,20	8680	
Paragem da bomba 2				155,80
	1250	0,20	8680	
Paragem da bomba 3				155,60
	1667	0,20	8680	
Paragem da bomba 4				155,40
	2083	0,20	8680	
Paragem da bomba 5				155,20
	2500	0,20	8680	
Paragem da bomba 6				155,00
	0	0,50	21700	
Arranque da bomba 1				154,50
	2292	0,20	8680	
Arranque da bomba 2				154,30
	1875	0,20	8680	
Arranque da bomba 3				154,10
	1458	0,20	8680	
Arranque da bomba 4				153,90
	1042	0,20	8680	
Arranque da bomba 5				153,70
	625	0,20	8680	
Arranque da bomba 6				153,50
	208	0,50	21700	
Nível de alarme baixo				153,00
Total:	16250	3,05	132370	-

De acordo com a metodologia seguida o reservatório necessita de um volume de 16250 m³.

Dada importância do reservatório, localizado à cabeça do circuito hidráulico primário do sub-sistema de Pedrógão, optou-se por dotá-lo de uma capacidade de armazenamento muito superior à estritamente necessária, constituindo-o assim como ponto de reserva de água.

8 - ESTUDO DOS REGIMES TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

Para o estudo do comportamento deste sistema em regime transitório procedeu-se à sua modelação em computador utilizando o programa ERTEP, desenvolvido pela COBA, que recorre ao método das características para a modelação de escoamentos variáveis.

Para sistemas de bombagem deste tipo a situação mais desfavorável, no que respeita ao comportamento em regime transitório, é geralmente a saída de serviço não programada e simultânea dos grupos electrobomba quando estes se encontram a funcionar à sua máxima capacidade.

Como dispositivo de protecção foi previsto um sistema de seis reservatórios hidropneumáticos, com volume de 120 m³ cada um. Os reservatórios contêm água e ar em pressão, permitindo a entrada ou a saída de água, em função da pressão que se verifica na secção de conduta a que estão ligados, atenuando assim a variação das pressões na instalação durante a ocorrência dos regimes transitórios.

As simulações efectuadas visaram a verificação dos seguintes aspectos principais:

- volume de ar máximo atingido no interior dos reservatórios hidropneumáticos;
- pressões máximas e mínimas na estação elevatória.
- pressões máximas e mínimas ao longo da conduta elevatória.

As condições iniciais consideradas são as seguintes:

- volume de ar inicial: 396 m³
- cota piezométrica inicial: 160,2 m

Na Figura 7 estão representadas as envolventes das cotas piezométricas máximas e mínimas ao longo do sistema.

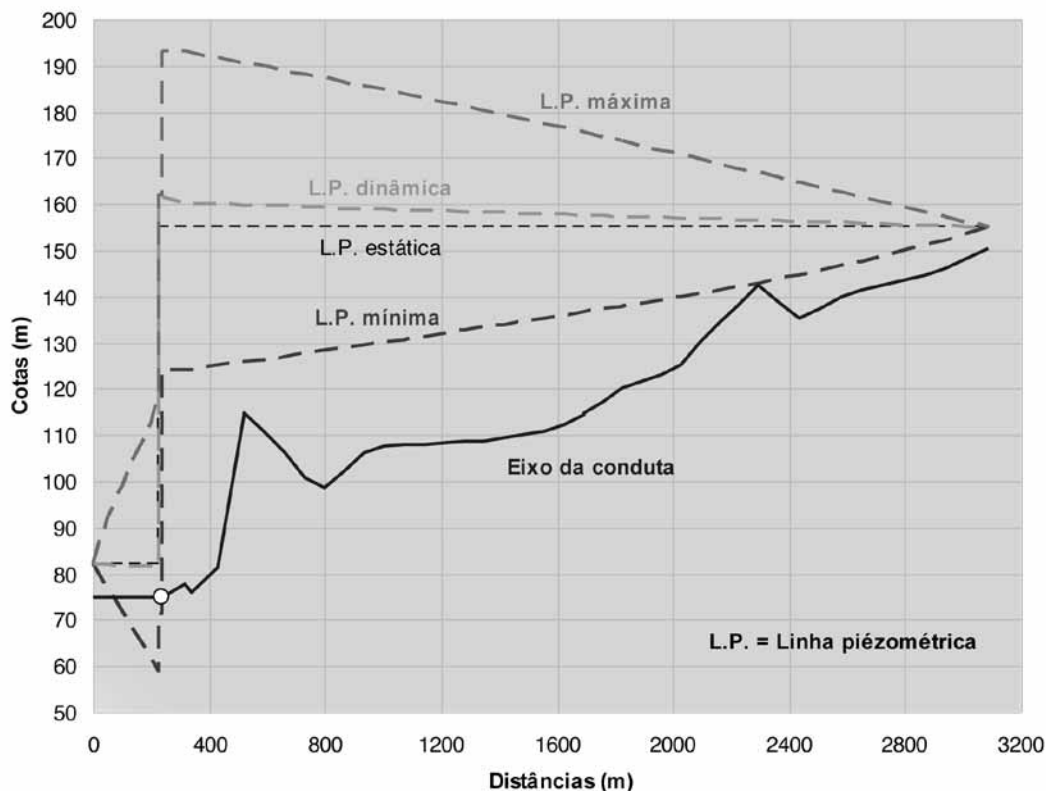


Figura 7 - Regime transitório. Envolventes das piezométricas máximas e mínimas

Os principais resultados obtidos são os seguintes:

Na estação elevatória:

- pressão máxima: 118,2 m
- pressão mínima: 46,3 m

Na conduta:

- pressão máxima: 116,8 m
- pressão mínima: 0,3 m

Nos reservatórios hidropneumáticos:

- caudal máximo de saída: 12,1 m³/s
- caudal máximo de entrada: 9,2 m³/s
- volume de ar máximo: 597 m³

Os reservatórios hidropneumáticos são cilíndricos, com eixo vertical, diâmetro de 4,0 m e altura de cerca de 10 m. São equipados com um sistema de ar comprimido que faz o controlo do volume de ar no seu interior.

O Quadro 4 mostra a variação do nível de água e do volume de ar com a cota piezométrica nos reservatórios hidropneumáticos, assumindo um comportamento segundo a lei:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \quad (8)$$

Quadro 4 – Níveis, volumes e pressões nos reservatórios hidropneumáticos

	Cota piezométrica (m)	Nível de água (m)	Volume de ar (m ³)	Pressão relativa do ar (m.c.a.)
Alarme alto	---	4,90	350,55	---
	161,2	4,34	392,77	74,3
	160,2	4,29	396,84	73,4
	159,0	4,21	402,57	72,2
	158,0	4,15	407,10	71,3
	157,0	4,09	411,62	70,4
	156,0	4,03	416,15	69,5
	155,0	3,96	421,42	68,5
	153,8	3,88	427,45	67,4
Alarme baixo	---	3,25	474,96	---

O sistema de ar comprimido promove a entrada e a saída de ar dos reservatórios, consoante o nível de água se torna superior ou inferior ao nível esperado.

9. EQUIPAMENTOS MECÂNICOS AUXILIARES

A montagem e manutenção dos equipamentos no interior do edifício são efectuadas com auxílio de uma ponte rolante, com capacidade de carga de 20 t, vencendo um vão de 12,0 m.

Para ventilação da sala dos grupos são instalados dois arrefecedores evaporativos no interior do edifício, com um caudal de 15 000 m³/h cada um, e condutas de insuflação de ar. A captação

de ar novo é efectuada através de grelha de entrada de ar colocada na fachada de nordeste. O ar quente de exaustão da sala sairá por grelhas de exterior colocadas na parte superior da fachada sudeste do edifício.

10. INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

A estação elevatória será alimentada pela rede eléctrica de média tensão, através de uma linha aérea à tensão nominal de 60 kV.

Para a alimentação dos serviços auxiliares, em situações em que a estação elevatória se encontra fora de serviço, existe um posto de seccionamento / contagem e transformação com ligação à rede de média tensão de 30 kV.

Os motores dos grupos são alimentados à tensão de 11 kV, sendo o seu arranque realizado por arrancador progressivo.

Resumidamente, as instalações eléctricas compreendem:

- uma subestação de 60 kV, equipada com dois painéis de transformador e um painel de linha;
- dois transformadores 60/11 kV de 9 MVA para alimentação dos grupos;
- instalação de 11 kV para alimentação dos grupos;
- arrancadores progressivos de 11 kV;
- um posto de seccionamento e contagem / transformação para alimentação dos serviços auxiliares;
- transformadores dos serviços auxiliares de 11/0,4 kV e 30/0,4 kV;
- transformadores de medida e equipamento de contagem de energia;
- quadro dos serviços auxiliares de c.a. e c.c.;
- quadros eléctricos parciais (baixa tensão);
- sistema de compensação de energia reactiva;
- sistemas de alimentação em corrente contínua a 24 V e 110 V;
- sistema de automação e supervisão;
- iluminação e tomadas;
- sistema de protecção contra descargas atmosféricas;
- protecção contra sobretensões; rede de terras;
- protecção contra contactos directos e indirectos;
- sistema de detecção de intrusão e roubo;
- sistema automático de detecção de incêndio e sistema de CCTV.

A Figura 8 mostra o esquema geral unifilar da estação elevatória.

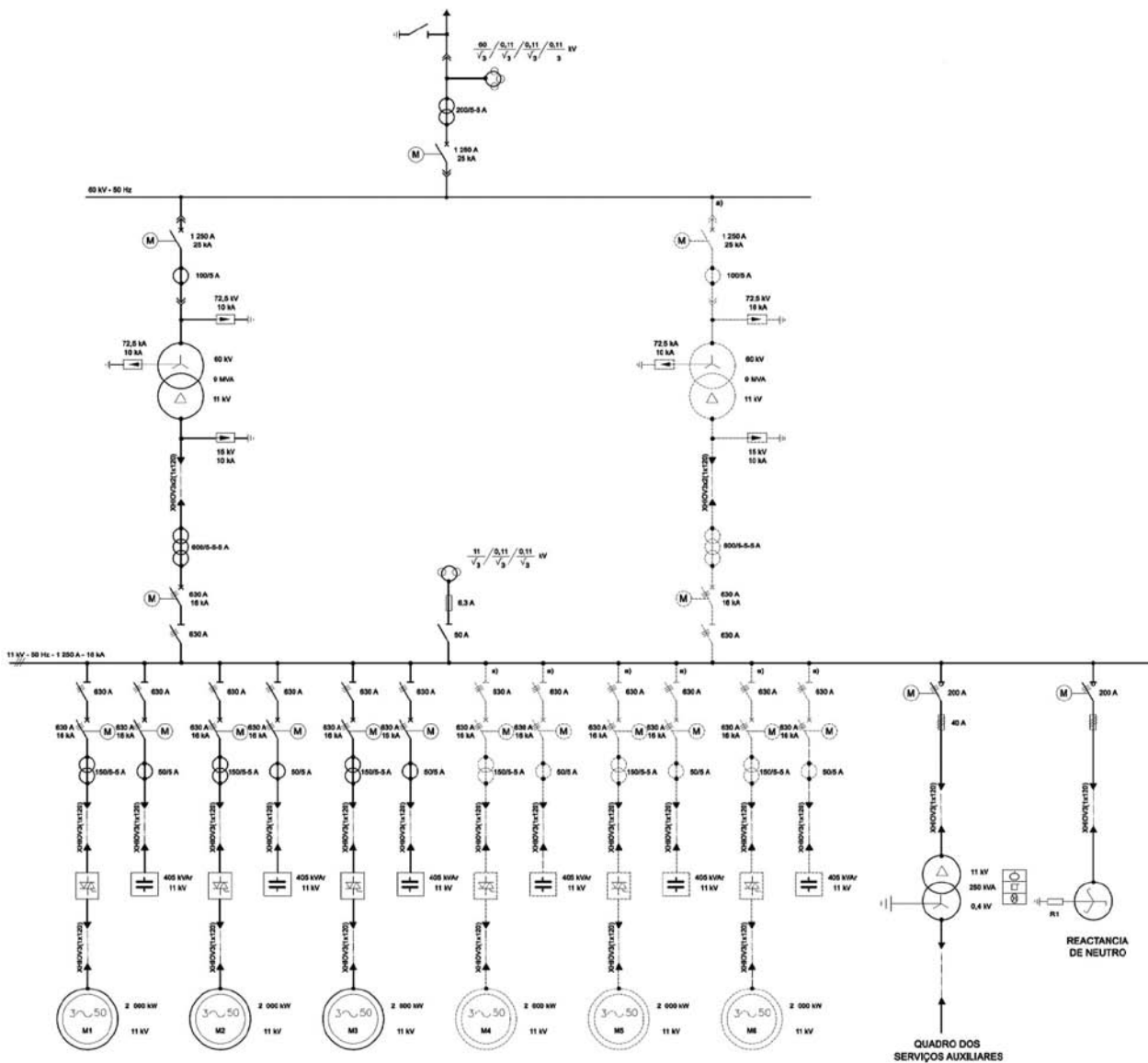


Figura 8 – Esquema geral unifilar

BIBLIOGRAFIA

COBA (2006). Projecto de Execução da Estação Elevatória e Circuito Hidráulico do Pedrógão. Nota Técnica n.º 5: Estudo Prévio da Estação Elevatória, Central Hidroelétrica e Conduto Elevatória.

COBA (2008). Projecto de Execução da Estação Elevatória e Circuito Hidráulico do Pedrógão. Volume 2: Estações Elevatórias de Pedrógão. Volume 2.1 – Estação Elevatória Principal de Pedrógão e Conduto Elevatória.

CRITÉRIOS GERAIS DE PROJECTO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS PARA REGA.

Aplicação à estação elevatória do Alfundão.

Sofia AZEVEDO¹

Vitor PAULO²

RESUMO

O perímetro de rega do Alfundão, faz parte do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, e tem uma área beneficiada de 4 017 ha. É abastecido a partir de um adutor (adutor do Alfundão) com início na tomada de água da barragem do Pisão.

Neste perímetro foram aplicados dois conceitos distintos de abastecimento actualmente utilizados no Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva: baixa pressão na zona de grande propriedade, e alta pressão na zona de pequena propriedade, sendo a rede pressurizada a partir de uma estação elevatória.

O sistema de rega em pressão é constituído por um pequeno reservatório que abastece a estação elevatória. Esta é constituída por uma nave dos grupos e edifício de apoio, e uma estação de filtração a jusante dos grupos elevatórios.

Neste artigo são apresentadas as várias soluções alternativas estudadas a nível do projecto de execução e definidos os critérios gerais de projecto actualmente utilizados na concepção e dimensionamento das estações elevatórias e de filtração para rega.

Serão apresentados ainda exemplos das soluções projectadas uma vez que o bloco de rega se encontra actualmente construído, e já em início de exploração.

Palavras chave: perímetros colectivos, estação elevatória, critérios de dimensionamento

¹ Ph.D., Agricultural Engineering & Water Resources, Campo d'Água, Engenharia e Gestão, Rua do Miradouro - 18C, 2610-276 Alfragide, +351.21.4704270, sazevedo@campodagua.pt

² MSc. Hidráulica e Recursos Hídricos, Campo d'Água, Engenharia e Gestão, Rua do Miradouro - 18C, 2610-276 Alfragide, +351.21.4704270, vpaulo@campodagua.pt

1. SOLUÇÕES DE ABASTECIMENTO AOS BLOCOS DE REGA

Existem actualmente dois conceitos distintos de abastecimento de água aos blocos beneficiados pelo Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA): baixa pressão na zona de grande propriedade; e alta pressão na zona de pequena propriedade.

Deste modo, segundo a metodologia preconizada pela EDIA, e sempre que possível, nas zonas dominadas pela grande propriedade, o abastecimento será gravítico, com a pressão disponível, cabendo aos agricultores a pressurização necessária de acordo com o método de rega que vier a seleccionar. Este conceito permite o uso dos investimentos já realizados pelos agricultores, nomeadamente em pequenos reservatórios/barragens e estações de bombagem.

Na pequena propriedade, ou seja com áreas inferiores a 8 - 10 ha, torna-se difícil e oneroso ser o próprio agricultor, individualmente, a solucionar o problema da bombagem. Por este motivo, nos blocos de rega, onde predomina a pequena propriedade optou-se por definir soluções colectivas de bombagem.

Estas estações de bombagem colectivas, localizam-se normalmente a jusante de uma pequena barragem ou reservatório, e abastecem em pressão todo o bloco de rega. Estes reservatórios têm as seguintes funções:

- armazenamento de um volume de água suficiente para algumas horas de funcionamento, o que permitirá, em caso de anomalia no sistema de adução a sua colocação fora de serviço, sem interromper imediatamente o fornecimento de água aos regantes;
- minimizar os efeitos dos regimes transitórios a montante da estação elevatória face aos arranques e paragens dos grupos elevatórios;
- permitir a decantação do material sólido que eventualmente seja transportado nos sistemas de adução.

Nos dois tipos de abastecimento, torna-se necessário a construção de estações de filtração, para protecção dos equipamentos (ventosas, hidrantes), ou seja para garantia do funcionamento da rede de rega.

2. O PERÍMETRO DE REGA DO ALFUNDÃO

O perímetro de rega do Alfundão, localiza-se na margem direita do Guadiana, sendo a maior parte localizada no concelho de Ferreira do Alentejo, e a restante no concelho do Alvito, ambos no distrito de Beja.

Na fase de projecto de execução, este perímetro foi definido com uma área beneficiada de cerca de 4 017 ha, fazendo parte do sistema do Alqueva. É abastecido a partir de um adutor (adutor do Alfundão) com início na tomada de água da barragem do Pisão.

O nível de água na barragem do Pisão varia entre a cota 155 (NPA) e 150 (NME). O adutor do Alfundão, com um comprimento de 4,4 km, foi projectado em betão pré-esforçado com alma de aço com um diâmetro de 2 000 mm, até à derivação para a estação elevatória, tendo sido substituído por tubagem em aço, na fase de construção.

Nessa derivação faz-se a divisão para a rede de baixa pressão (Alfundão Baixo), e para a estação elevatória que pressurizará a rede de alta pressão (Alfundão Alto). A mancha de rega encontra-se localizada entre as cotas 79 m nas margens da ribeira do Alfundão, na zona Noroeste do bloco de rega e a cota 143 m junto à povoação de Peroguarda.

O bloco de baixa pressão (Alfundão Baixo) tem uma área de 3407,6 ha e domina toda a zona de grande propriedade, sendo o abastecimento efectuado graviticamente directamente a partir da barragem do Pisão através do adutor do Alfundão.

No início da rede de rega do Alfundão Baixo, junto à estrada de ligação entre Peroguarda e Cuba, foi localizada uma estação de filtração em pressão que permitirá a eliminação de partículas sólidas para protecção dos equipamentos colectivos da rede de rega.

O bloco de alta pressão (Alfundão Alto) tem uma área de 609,2 ha englobando toda a zona de pequena propriedade junto às povoações de Peroguarda e Alfundão. É pressurizado a partir da estação elevatória do Alfundão, que por sua vez é abastecida a partir de um reservatório semi-escavado localizado na extremidade do adutor do Alfundão. A jusante dos grupos elevatórios da estação elevatória localizou-se uma estação de filtração em pressão, que terá o mesmo objectivo que a anterior.

Na figura seguinte é apresentado o esquema altimétrico da solução adoptada para abastecimento ao bloco de rega do Alfundão.

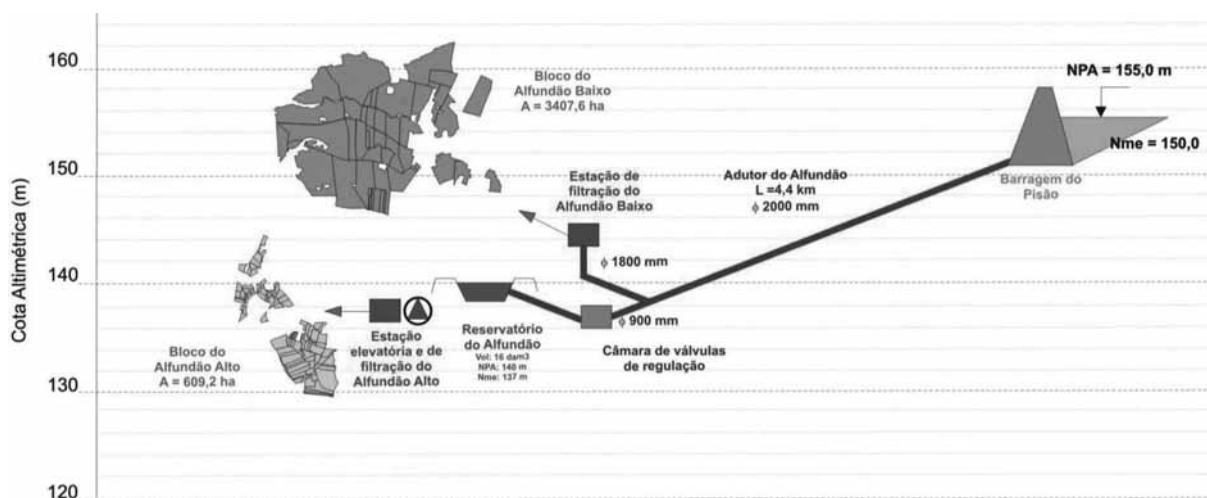


Figura 1 – Esquema altimétrico do perímetro de rega do Alfundão.

3. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS PARA REGA

As estações elevatórias para rega, caracterizam-se pelas suas elevadas potências de funcionamento, uma vez que os caudais a elevar para rega são muito elevados, quando comparados com os sistemas de abastecimento urbano.

O dimensionamento de uma rede de rega é efectuado para o mês de ponta em ano seco. Nas condições climáticas do Alentejo, o mês de ponta ocorre em Julho. Ou seja, a estação elevatória apenas funcionará na sua totalidade, durante alguns meses do Verão. Desde logo, e pelo seu modo de funcionamento não permanente, não se afigura necessária a colocação de grupos electrobomba de reserva. Assim, o sistema elevatório é dimensionado apenas para o caudal total de dimensionamento da rede de rega.

Outra particularidade neste tipo de estações elevatórias, diz respeito ao regime de utilização da água pelos agricultores. Tratando-se de um sistema de rega a pedido, em que não se verificam restrições aos respectivos utilizadores, o sistema terá de ter capacidade para disponibilizar, em qualquer instante e de forma automática, o caudal requerido pela rede de rega, desde o caudal

nulo ao caudal máximo, função do número de bocas de rega em funcionamento simultâneo em cada instante.

Nos primeiros anos de instalação do perímetro de rega, quando ainda poucos agricultores aderiram à rega, e nos meses intermédios, quando as necessidades de água são baixas, torna-se necessário definir normas de funcionamento para o sistema elevatório, bastante exigentes.

No que diz respeito ao sistema de regulação podem ser adoptados dois tipos distintos: bombagem para um reservatório elevado; ou bombagem directa para a rede de condutas em pressão.

Quando existem locais elevados próximos das áreas a regar, poder-se-á optar pela utilização de um reservatório elevado para regulação do funcionamento dos grupos elevatórios através dos níveis de água nesse reservatório. Neste caso, normalmente, os grupos electrobomba funcionarão com velocidade constante. A rede de condutas é abastecida graviticamente a partir do reservatório.

No caso do bloco do Alfundão Alto, uma vez que na zona não se encontraram locais favoráveis para a construção de um reservatório que pudesse abastecer, em pressão, a rede secundária de rega servida, optou-se pela bombagem directa para a rede de condutas em pressão que abastece as áreas a regar.

Neste caso serão utilizados pelo menos alguns grupos electrobomba funcionando com velocidade variável. O sistema de regulação do funcionamento dos grupos electrobomba será do tipo manodebimétrico em que, para cada solicitação de caudais na origem pela rede corresponderá um determinado ponto característico (H,Q), correspondente ao funcionamento de um ou vários grupos elevatórios funcionando em paralelo.

4. CARACTERISTICAS GERAIS DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO ALFUNDÃO

A estação elevatória do Alfundão, foi dimensionada para um caudal de 740 l/s. Tal como se referiu anteriormente, é alimentada a partir de um reservatório localizado a montante da estação cujos níveis de exploração serão variáveis entre a cota 140,00 m (nível de pleno armazenamento) e a cota 137,00 m (nível mínimo de exploração).

Uma vez que para o caudal de dimensionamento, a cota piezométrica a garantir à cabeça da rede de rega será de 187 m, corresponderá a uma altura geométrica máxima de elevação de 50 m. Admitindo uma perda de carga total da ordem dos 8 m (5 m no circuito hidráulico e 3 m nos filtros) considerou-se, na análise comparativa do tipo de grupos a instalar, uma altura manométrica total de elevação da ordem dos 58 m.c.a.

O sistema de regulação adoptado deverá permitir que o caudal a fornecer em dado momento será ajustado ao requerido pela rede através de um sistema de regulação, que fará a gestão do número de grupos que deverão estar em funcionamento e as condições que deverão cumprir.

Assim, o sistema deverá permitir de forma automática, determinar o número de grupos em funcionamento, e ajustar em cada instante o caudal fornecido pelas bombas ao caudal solicitado pela rede, respeitando as condições de pressão necessárias para garantir o bom funcionamento das instalações de rega.

Desta forma, preconiza-se um sistema de regulação do tipo manodebimétrico, com a utilização de um conjunto de grupos electrobomba em que pelo menos dois possuirão velocidade variável. O sistema de regulação assenta na leitura dos seguintes parâmetros:

- detecção de níveis no reservatório de regularização;
- detecção de níveis nos reservatórios hidropneumáticos;

- detecção de pressão e caudal à saída da estação.

O sistema de regulação dos grupos electrobomba prevê dois regimes de funcionamento distintos consoante o caudal solicitado pela rede de rega seja superior ou inferior a um valor mínimo pré-estabelecido.

Para caudais compreendidos entre o caudal mínimo de um só grupo a velocidade reduzida e o caudal máximo da instalação, o sistema funciona em regime contínuo, isto é, a cada caudal solicitado pela rede corresponde um determinado ponto característico H-Q, que é satisfeito por um ou vários grupos funcionando em paralelo.

Para caudais pedidos pela rede inferiores ao caudal mínimo, o sistema funciona em regime intermitente (não contínuo). Ou seja, neste caso o caudal solicitado pela rede será garantido pelo sistema de reservatórios hidropneumáticos, conjugado com o funcionamento intermitente de apenas um grupo electrobomba a velocidade variável.

5. SELECÇÃO DOS GRUPOS ELECTROBOMBA DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

5. 1. Soluções analisadas

Na análise comparativa para a selecção dos grupos electrobomba da estação elevatória do Alfundão foram analisados dois tipos distintos de grupos:

- Alternativa A: bombas de voluta bipartida e com impulsor radial de dupla entrada;
- Alternativa B: bombas centrífugas monocelulares de entrada simples, do tipo Etanorm ou equivalente.

Para ambos, foram analisadas duas soluções:

- Solução 1: quatro grupos electrobomba iguais, associados em paralelo, sendo dois deles equipados com variação de velocidade (variadores de frequência) e os restantes com arrançadores suaves;
- Solução 2: quatro grupos electrobomba, dois de maior capacidade e dois mais pequenos com metade da capacidade dos anteriores, associados em paralelo, sendo todos equipados com variação de velocidade.

As duas opções apresentadas arrastam consigo, não só aspectos técnicos como económicos, nomeadamente quanto ao custo adicional dos variadores de frequência.

5. 2. Alternativa A: bombas de voluta bipartida e com impulsor radial de dupla entrada

Relativamente ao tipo de instalação dos grupos electrobomba, vertical ou horizontal, é do conhecimento geral que a solução dos grupos horizontais se evidencia mais vantajosa, quer em termos técnicos quer económicos, comparativamente à dos grupos verticais, nomeadamente:

- o custo de investimento inicial para os grupos horizontais é sempre inferior aos verticais;
- a instalação horizontal possibilita uma manutenção menos dispendiosa e mais facilitada comparativamente à instalação vertical.

A instalação de grupos verticais permite, no entanto, a utilização de um espaço mais reduzido. No caso da estação elevatória do Alfundão não existiam constrangimentos a nível do espaço disponível pelo que se optou pela utilização de grupos horizontais.

No quadro seguinte apresentam-se as características dos grupos na Alternativa A, ou seja bombas com voluta bipartida e com impulsor radial de dupla entrada:

Quadro 1 – Características dos grupos electrobomba. Alternativa A

	Solução 1	Solução 2	
	Grupos Principais	Grupos Principais	Grupos Auxiliares
Modelo	Omega 200-420 A	Omega 250-480 A	Omega 150-460 A
Caudal – m ³ /h (l/s)	666 (185)	889 (247)	443 (123)
Altura de elevação (mca)	58	58	58
Velocidade de rotação (rpm)	1490	1485	1485
Rendimento (%)	86	84	82
Potência do motor (kW)	160	200	110
Preço total (€)	90 032	100 804	

Em termos económicos, e tendo em conta apenas o investimento inicial para o conjunto dos grupos electrobomba, incluindo o respectivo meio de arranque/accionamento, a segunda alternativa representa um acréscimo de cerca de 23% relativamente à primeira.

Na presente situação, face ao caudal total a elevar, verifica-se que a primeira solução, não só é mais económica, como apresenta melhores rendimentos. Para o ponto de funcionamento considerado, o rendimento apresentado pelas bombas da solução dos grupos todos iguais (aproximadamente 86%), é cerca de 2% superior às bombas de maior capacidade da segunda alternativa e cerca de 4% superior às bombas de menor capacidade da referida alternativa. Embora as potências em jogo não sejam muito elevadas, esta diferença de rendimentos irá reflectir-se seguramente nos custos de exploração da instalação.

Para além dos aspectos já evidenciados, a segunda solução apresenta ainda algumas desvantagens quanto à conjugação dos diversos grupos em funcionamento. Ou seja, devido ao carácter assimétrico dos grupos que compõe esta solução, torna-se mais complexo, mesmo em termos de programação de automatismos, o encadeamento dos diversos grupos para o cumprimento de determinado ponto de funcionamento.

5. 3. Alternativa B: bombas centrífugas monocelulares de entrada simples

No quadro seguinte apresentam-se as características dos grupos na Alternativa B, ou seja bombas centrífugas monocelulares de entrada simples:

Quadro 2 – Características dos grupos electrobomba. Alternativa B

	Solução 1		Solução 2			
	Grupos Principais		Grupos Principais	Grupos Auxiliares	Grupos Principais	Grupos Auxiliares
Modelo	Etanorm RM 200-500	NK 150- 400/435	Etanorm RM 250-500	Etanorm RM 150-500.1	NK 150- 250/260	NK 150- 250/260
Caudal – m ³ /h (l/s)	666 (185)	666 (185)	889 (247)	443 (123)	889 (247)	443 (123)
Altura de elevação (mca)	58	58	58	58	58	58
Velocidade de rotação (rpm)	1486	1480	1486	1488	2970	1490
Rendimento (%)	75	86	83	77	76	86
Potência do motor (kW)	160	160	200	132	200	110
Preço total (€)	78 720	92 793	77 520		82 790	

Verificou-se, no entanto, que a curva característica das bombas do tipo Etanorm, funcionando na velocidade nominal, não intersectava a curva característica da instalação quando o reservatório se encontra no nível de pleno armazenamento e os filtros estão limpos, pelo que a opção seleccionada não deverá passar por este tipo de grupo electrobomba.

De notar ainda, que na Solução 2, para esta gama de caudais, alguns fabricantes só disponibilizam bombas que funcionam com velocidades de rotação de 2970 rpm, ou seja com maior desgaste e menor durabilidade.

Caso fosse possível utilizar este tipo de grupo electrobomba, verifica-se que na Solução 1 (4 grupos iguais), e considerando o mesmo fabricante, o custo dos grupos seria cerca de 14% inferior no caso da Alternativa B. No caso da Solução 2 (2 grupos principais e 2 grupos auxiliares), o custo dos grupos seria cerca de 30% inferior nesta alternativa.

No entanto, na Alternativa A, os rendimentos apresentado pelas bombas da solução dos grupos todos iguais, é da ordem dos 86%, enquanto que na Alternativa B é da ordem dos 75%, ou seja bastante mais reduzido.

Os rendimentos apresentados pelas bombas da Solução 2, é da ordem dos 84/82 % (grupos principais/grupos auxiliares), na Alternativa A, enquanto que na Alternativa B é da ordem dos 83/77 %. Estas diferenças de rendimentos irão reflectir-se seguramente nos custos de exploração da instalação, ao longo dos anos.

5. 4. Condicionamentos na nave dos grupos

Uma vez que os grupos electrobomba têm uma montagem distinta nas duas alternativas analisadas, foram estudados diferentes layouts possíveis para a estação elevatória. Na figura seguinte mostra-se uma instalação possível para os grupos electrobomba analisados na Alternativa A.

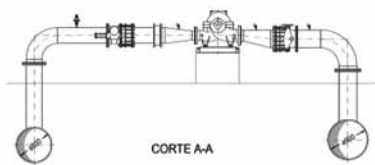
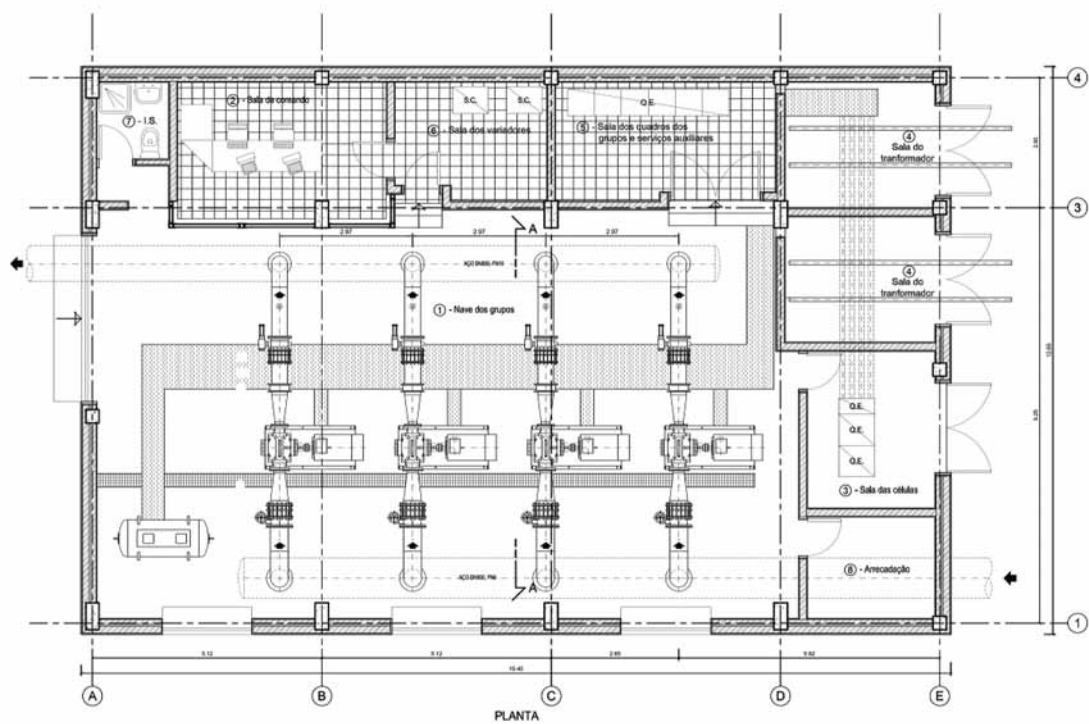


Figura 2 - Layout da estação elevatória - Alternativa A.

No caso da Alternativa B, as bombas centrífugas monocelulares de entrada simples podem ser montadas de várias formas possíveis, tendo sido estudadas 3 montagens distintas. Na figura seguinte é apresentada uma instalação possível para estes grupos, com o circuito hidráulico de compressão sobre o da aspiração.

primeira solução admitem um caudal mínimo de 45 l/s, enquanto os grupos de menor capacidade da segunda alternativa admitem um caudal mínimo de 28 l/s.

Para a velocidade máxima de funcionamento, correspondente à situação mínima de pressurização a garantir pela rede, com alimentação dos motores a 46,5 Hz, os grupos da primeira solução admitem um caudal mínimo de 57 l/s, enquanto os grupos de menor capacidade da segunda alternativa admitem um caudal mínimo de 38 l/s.

Durante o referido processo de enchimento/rearme da rede, o grupo a velocidade variável da primeira solução irá funcionar com rendimento entre os 74 e 67%, enquanto o grupo (menor capacidade) a velocidade variável da segunda alternativa irá ter rendimento entre os 79 e 74%.

No funcionamento em regime intermitente, e admitindo um rendimento mínimo admissível de 70%, o grupo da primeira alternativa disponibilizará um caudal de 95 l/s para uma margem de regulação de aproximadamente 10 m.c.a. O grupo de menor capacidade da segunda solução debitará um caudal 72 l/s para uma margem de regulação de 6 m.c.a. A relação caudal/margem de regulação da primeira alternativa permite um menor volume do reservatório hidropneumático comparativamente com a segunda solução.

Apresenta-se em seguida as curvas características dos grupos electrobomba para o caudal máximo de dimensionamento, com todos os grupos em paralelo:

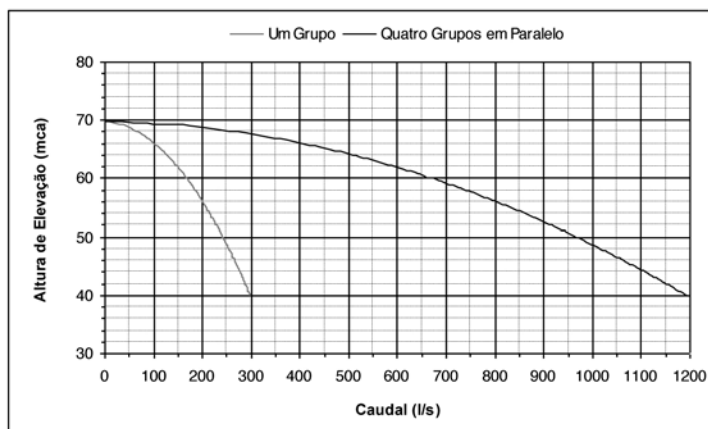


Figura 4 – Grupos electrobomba em paralelo para a Solução 1

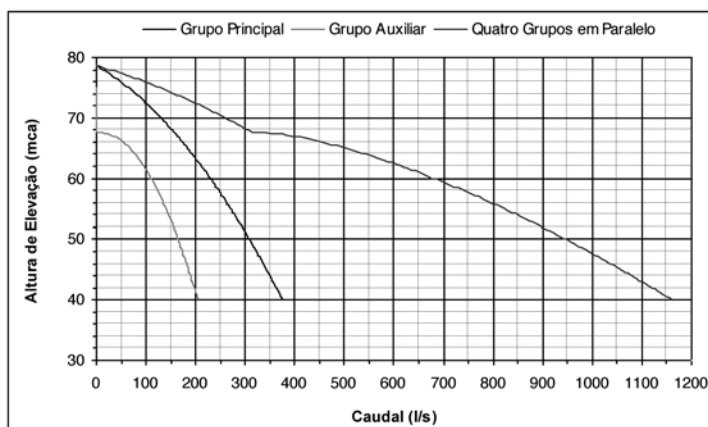


Figura 5 – Grupos electrobomba em paralelo para a Solução 2

Exceptuando o funcionamento para rearme/enchimento da rede, a primeira alternativa apresenta para a maioria dos pontos de funcionamento melhores resultados que a segunda, diminuindo assim os custos de exploração.

Atendendo ao atrás exposto, considerou-se que a primeira solução apresenta melhores vantagens técnico-económicas para a situação em estudo, tendo sido a seleccionada para esta estação elevatória.

6. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS ESTAÇÕES DE FILTRAÇÃO PARA REGA

A jusante dos grupos electrobomba será instalada uma estação de filtração que possibilite o correcto funcionamento dos equipamentos hidráulicos instalados na rede de rega. Neste ponto pretende-se apenas indicar os critérios de dimensionamento normalmente utilizados nas estações de filtração para rega.

Relativamente ao caudal a filtrar, foi considerado cerca de 120% do caudal de dimensionamento da rede de rega. No caso de avaria de um filtro, o caudal a garantir pelos outros filtros será da ordem dos 100% do caudal de dimensionamento, embora com uma perda de carga ligeiramente maior.

A estação tem como objectivo reter as partículas sólidas em suspensão na água de rega, de origem mineral ou orgânica, de dimensões superiores aos admitidos pelos equipamentos instalados na rede secundária (ventosas e hidrantes). A filtração necessária ao nível da rede de rega terciária, ou seja, a jusante da boca de rega será da responsabilidade do agricultor. De acordo com este conceito, afigura-se necessário assegurar apenas um grau de filtração igual ou inferior a 1,5 mm, tendo sido esse o valor adoptado na estação elevatória do Alfundão.

Nesta estação elevatória, optou-se por instalar os filtros na nave dos grupos electrobomba, de modo a ficarem protegidos dos agentes atmosféricos.

7. CONCEPÇÃO GERAL DAS INSTALAÇÕES

Com base nos grupos electrobomba seleccionados (4 grupos electrobomba iguais) e pelo facto de se ter optado pela colocação dos filtros na nave dos grupos, o layout final da estação elevatória do Alfundão é o apresentado na figura seguinte:

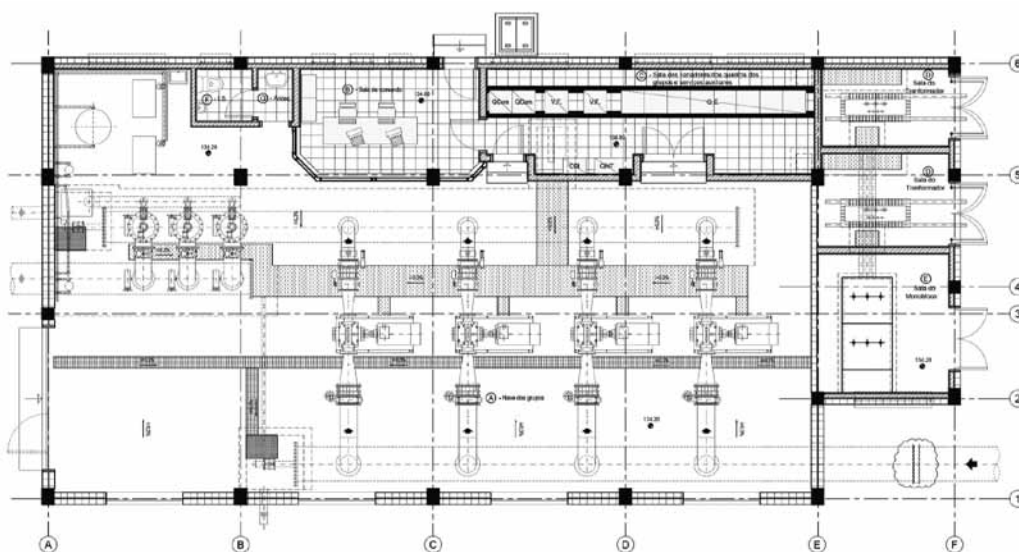


Figura 6 – Layout final da estação elevatória.

O edifício da estação elevatória é composto por dois módulos distintos, tendo o mais alto, que alberga os grupos electrobomba um pé direito máximo de 5,60 m. Nesta nave, para além dos grupos electrobomba, e tubagens associadas, estão instalados os filtros e a unidade de produção e tratamento do ar comprimido.

O módulo mais baixo que alberga a sala de comando, a sala dos quadros e variadores, a dos transformadores, e as instalações sanitárias tem um pé direito de 3,0 m. A sala de comando fica localizada a meio da nave, com o piso sobrelevado relativamente à nave dos grupos, permitindo uma boa visualização de toda a nave e de todos os grupos electrobomba.

Desta forma, a estação elevatória do Alfundão apresenta uma estrutura muito compacta, mas permitindo também uma grande funcionalidade.

Optou-se ainda por uma arquitectura simples, sendo as paredes da nave dos grupos e do módulo inferior em alvenaria de blocos de betão split com acabamento rugoso na cor lioz, o que, para além de se tornar mais barato na fase da construção, tem uma manutenção muito mais reduzida.



Figura 7 – Vista geral da estação elevatória.



Figura 8 – Vista geral da nave dos grupos.



Figura 9 – Pormenor da sala de comando.

8. CONCLUSÕES

Nos blocos de rega com predomínio da pequena propriedade, onde o abastecimento é feito em pressão, é necessária, na maioria das situações, a construção de estações elevatórias. Estas estações elevatórias para rega, em geral, caracterizam-se pelas suas elevadas potências de funcionamento, e pela grande variabilidade do regime de utilização.

Estas potências elevadas conduzem a gastos energéticos muito significativos, pelo que a optimização do sistema estação elevatória/rede de rega, é de extrema importância.

Por este motivo, tem-se privilegiado soluções onde alguns hidrantes poderão não ter as condições óptimas de pressão em todos os cenários de funcionamento.

Outro aspecto de grande relevância na redução dos gastos energéticos prende-se com a selecção de grupos de elevados rendimentos. Existem vários tipos de bombas disponíveis no mercado, embora, para algumas gamas de caudais e pressões, a escolha seja limitada.

Como se mostra no estudo apresentado, é possível a adopção de layouts compactos para a estação elevatória sem comprometer a funcionalidade desta, reduzindo-se simultaneamente o custo global das instalações.

RECUPERAÇÃO DE ENERGIA EM APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS: O CASO DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA

Pedro MARQUES¹

Francisco F. CARVALHO²

RESUMO

A maior parcela de utilização de energia em aproveitamentos hidroagrícolas corresponde usualmente à operação dos sistemas elevatórios. Estes últimos são necessários para compensar as perdas energéticas por atrito nos circuitos hidráulicos e para vencer desníveis altimétricos adversos, sendo por vezes viável proceder à recuperação parcial da energia neste último caso.

Tal acontece na rede primária do EFMA, em que seis centrais hidroeléctricas permitem a recuperação deste tipo de perdas, contribuindo deste modo para uma maior eficiência energética global de todo o sistema.

Na sequência de um estudo de viabilidade técnica e económica realizado pela AQUALOGUS em 2005, em que foram analisadas 20 localizações para aproveitamentos hidroeléctricos, a EDIA decidiu desenvolver os seguintes seis projectos: Alvito, Odivelas, Pisão, Roxo, e Vale do Gaio, do subsistema de Alqueva, e Serpa, do subsistema do Ardila. Destas centrais, apenas a de Vale do Gaio ainda não se encontra construída.

Na presente comunicação apresenta-se o esquema geral de operação das referidas centrais bem como o seu contributo para o balanço energético do EFMA.

Este conjunto de aproveitamentos representa uma potência total de 11,2 MW, a que corresponde uma produção anual média estimada de até cerca de 43 GWh (ano horizonte de projecto).

Faz-se notar que nenhum dos aproveitamentos referidos implicou alterações com significado dos circuitos hidráulicos projectados a montante e a jusante dos mesmos, pelo que a ponderação de benefício-custo cinge-se praticamente à instalação de cada central.

Conclui-se que o reaproveitamento da energia do escoamento em aproveitamentos hidroagrícolas pode constituir uma medida relevante de eficiência energética, que deve ser ponderada e implementada sempre que exista fundamentação técnica e económica para tal.

Palavras-Chave: Aproveitamentos hidroeléctricos, caudais derivados, produção energética, indicadores económicos, viabilidade.

¹ AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda, Rua da Tóbis Portuguesa - Esc. 3, 1750-292 Lisboa, geral@aqualogus.pt

² AQUALOGUS – Engenharia e Ambiente, Lda, Rua da Tóbis Portuguesa - Esc. 3, 1750-292 Lisboa, geral@aqualogus.pt

1. INTRODUÇÃO

Entre os diferentes objectivos do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), inclui-se o reforço da capacidade instalada para a produção de energia eléctrica através da construção e entrada em funcionamento das centrais hidroeléctricas de Alqueva e, também, de Pedrógão. No entanto, para além destas, a EDIA desenvolveu um conjunto de actividades que concorrem para o aproveitamento do potencial energético endógeno na região de influência do EFMA. As diversas fontes energéticas renováveis estão incluídas nestes propósitos, através de projectos específicos, designadamente de produção de energia em aproveitamentos mini-hídricos.

Os estudos desenvolvidos pela AQUALOGUS desde 2005 tiveram por objectivo a identificação de locais nos circuitos hidráulicos de adução dos sub-sistemas de Alqueva, de Ardila e do Pedrógão para a construção de aproveitamentos hidroeléctricos, a análise da sua viabilidade económica e, posteriormente, a realização dos projectos de execução de cinco dos seis aproveitamentos que foram considerados viáveis.

2. TIPOS DE APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS

No âmbito do estudo efectuado, procedeu-se ao agrupamento dos aproveitamentos hidroeléctricos (AH) em três tipos que a seguir se descrevem.

AH do Tipo I (**Figura 1**) em que são turbinados os caudais a derivar das infra-estruturas de transporte para os reservatórios e albufeiras aproveitando o desnível geométrico entre as infra-estruturas de adução (canais) e de armazenamento (albufeiras).

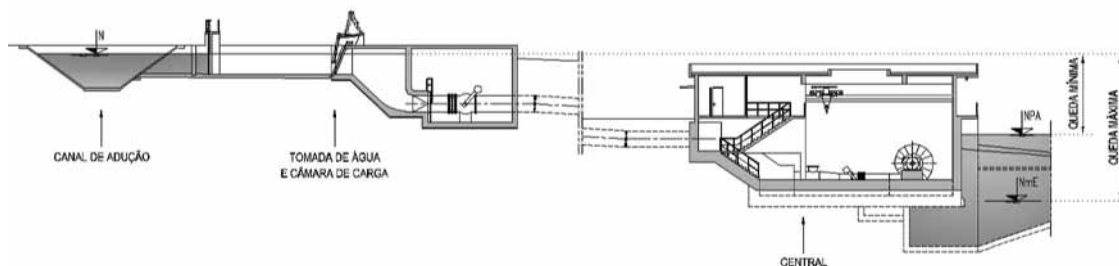


Figura 1 – Aproveitamentos do tipo I.

AH do Tipo II (**Figura 2**) em que são turbinados os caudais a derivar das infra-estruturas de adução para os reservatórios e albufeiras, aproveitando a queda variável à entrada da albufeira, função do desnível entre o nível de pleno armazenamento (NPA) e o Nível mínimo de Exploração (NmE) das albufeiras. Nestes aproveitamentos, quando o nível na albufeira coincidir com o NPA, a queda disponível é nula ou praticamente nula.

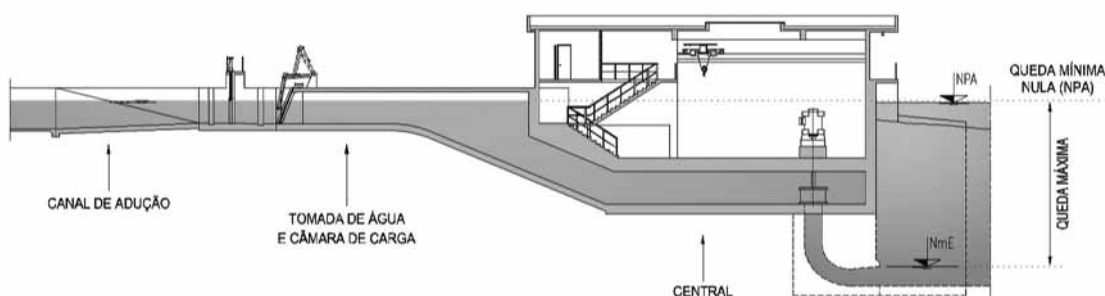


Figura 2 – Aproveitamentos do tipo II.

Relativamente aos volumes a turbinar, nos aproveitamentos hidroeléctricos do tipo I e II todo o volume transferido das infra-estruturas de adução para os reservatórios e albufeiras é turbinável. Apenas nos casos em que as centrais estiverem fora de serviço para acções de reparação ou manutenção é que os caudais transferidos serão derivados a montante da central por um circuito de “by-pass” e restituídos directamente às albufeiras.

Nos aproveitamentos hidroeléctricos do tipo II, para os quais o nível na secção terminal das infra-estruturas de adução é próximo do nível de pleno armazenamento das albufeiras, o turbinamento dos caudais transferidos está condicionado à queda disponível, que terá que ser superior a 1 m, para turbinas Crossflow, ou 2 m, para os restantes tipos de turbinas.

No caso dos aproveitamentos hidroeléctricos dos tipos I e II, as centrais hidroeléctricas localizam-se no limite das albufeiras.

Finalmente, AH do Tipo III (**Figura 3**) em que são turbinados parte dos volumes excedentários relativos às afluências próprias, que previsivelmente seriam descarregados para jusante das barragens.

Para os aproveitamentos do tipo III, sendo variável o volume descarregado diariamente, foi analisada uma gama de caudais máximos turbináveis com vista à análise do custo/benefício de cada um deles. O aumento do caudal máximo turbinável conduz ao aumento da produção energética correspondente a um maior aproveitamento dos caudais descarregados mas não de forma proporcional com o caudal devido à diminuição do tempo de funcionamento.

As centrais hidroeléctricas dos aproveitamentos do tipo III situam-se a jusante de barragens.

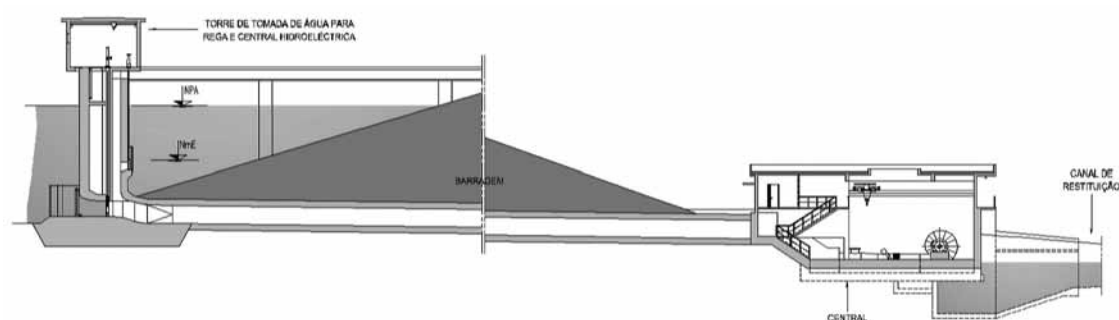


Figura 3 – Aproveitamentos do tipo III.

Para cada um dos tipos de aproveitamentos hidroeléctricos definidos estabeleceu-se, no âmbito do estudo efectuado, um primeiro critério de selecção dos aproveitamentos identificados para os quais se efectuou a análise da viabilidade.

Assim, no caso dos aproveitamentos dos tipos I e II foram analisados os aproveitamentos identificados com queda bruta máxima superior a 5 m. Para os aproveitamentos do tipo III, foram analisados os aproveitamentos cujo volume médio anual descarregado fosse superior a 5 hm³.

3. IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS

No âmbito do estudo efectuado foram identificados 48 locais possíveis para a construção ou instalação de aproveitamentos hidroeléctricos dos tipos I, II e III no conjunto dos três sub-sistemas do empreendimento de fins múltiplos de Alqueva, sub-sistemas de Alqueva, Pedrógão e Ardila.

No sub-sistema de Alqueva foram identificados 22 locais possíveis para a construção de aproveitamentos hidroeléctricos. Da aplicação do critério estabelecido para a selecção dos aproveita-

mentos identificados resultou a análise da viabilidade de onze aproveitamentos deste sub-sistema, a localizar nos reservatórios R3, R4 e de Ferreira, nas barragens do Monte Novo, do Pisão, do Roxo, dos Cinco Reis, de Odivelas, de Vale do Gaio e do Alvito (tomada de água para o canal Alvito-Pisão) e na secção terminal do túnel de ligação entre as barragens do Loureiro e do Alvito.

No sub-sistema do Ardila foram identificados catorze locais possíveis para a construção de aproveitamentos hidroeléctricos nos circuitos hidráulicos do Pedrógão, da Amoreira, de Brinches e de Brenhas, tendo resultado do critério estabelecido a análise da viabilidade de sete aproveitamentos incluídos neste sub-sistema, designadamente nas barragens de Brinches, da Amoreira (Tipos II e III), de Pias, de Serpa (Tipos I e III) e do Enxoé.

Finalmente, no sub-sistema do Pedrógão foram identificados doze locais possíveis para a construção de aproveitamentos hidroeléctricos, tendo sido seleccionados de acordo com o critério adoptado no estudo, dois aproveitamentos localizados nas barragens de Selmes e de S. Pedro, sobre os quais se efectuou a análise de viabilidade.

A distribuição dos vinte aproveitamentos hidroeléctricos analisados por cada um dos tipos atrás definidos é, assim, de onze para o tipo I, seis do tipo II e três do tipo III.

4. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA E CÁLCULO DOS INDICADORES ECONÓMICOS

A avaliação da produção energética dos aproveitamentos hidroeléctricos analisados foi efectuada por simulação diária da exploração das respectivas centrais com base nas séries de caudais transferidos a partir das infra-estruturas de adução e considerando os níveis médios nas albufeiras, devidamente ponderados em função dos volumes transferidos. No caso dos aproveitamentos do tipo III, foi determinado para cada caudal máximo turbinável o volume diário turbinável tendo em conta os volumes diários descarregados. Em todos os casos, a determinação da produção energética foi efectuada para as condições previstas no ano horizonte de projecto, designadamente admitindo o funcionamento em pleno dos sistemas de adução e de rega e a adesão dos regantes aos sistemas de rega de acordo com o previsto na concepção dos sistemas.

As receitas energéticas foram obtidas de acordo com a legislação em vigor à data e considerando um rendimento médio das centrais de cerca de 85%. No caso dos aproveitamentos hidroeléctricos em que se previu a instalação de turbinas Crossflow considerou-se um rendimento médio dos grupos de 80%.

Para a análise da viabilidade económica dos aproveitamentos foram calculados os indicadores económicos mais relevantes, designadamente taxa interna de rentabilidade (TIR), valor actualizado líquido (VAL), índice benefício/custo (B/C), período de retorno (recuperação do capital) e custo do kW instalado.

Considerou-se um período de análise de 35 anos tendo-se adoptado taxas de actualização de 4, 5 e 6%.

O montante total dos custos de investimento foi baseado nos custos relativos às centrais hidroeléctricas, designadamente dos trabalhos de construção civil, fornecimento e montagem do grupo turbina-gerador, equipamentos hidromecânicos e eléctricos, e da linha de ligação da central ao ponto de interligação. Foi, ainda, considerado um valor global relativo a estaleiro, obras não medidas e imprevistos.

Como custos anuais de exploração foram consideradas as parcelas relativas a encargos de operação, custos administrativos do dono da obra e encargos de utilização e licenciamento.

5. CONCLUSÕES DO ESTUDO DE VIABILIDADE

No estudo efectuado foram identificados 48 locais potenciais para a construção ou instalação de aproveitamentos hidroeléctricos nos sub-sistemas do Alqueva, do Ardila e do Pedrógão. Da aplicação do critério estabelecido para a selecção dos aproveitamentos identificados resultou a análise da viabilidade de 20 aproveitamentos hidroeléctricos.

Para estes últimos, apresenta-se no **Quadro 1** a potência a instalar, P, o custo do kW instalado, a produção anual média, a remuneração total média nos 35 anos, a taxa interna de rentabilidade, TIR, o valor actualizado líquido, VAL e a relação benefício/custo. Os valores apresentados são relativos a uma taxa de actualização de 5%.

Dos 20 aproveitamentos analisados, verificou-se que seis – barragens de Alvito (na tomada de água para o canal Alvito-Pisão), barragens de Odivelas, Vale do Gaio, Pisão, Roxo e Serpa (aproveitamento da queda à entrada da albufeira) - apresentam indicadores económicos francamente positivos denotando viabilidade económica. A energia anual média produzida pelo conjunto destes seis aproveitamentos (todos do tipo I), no horizonte de projecto, é de cerca de 43 GWh.

Os restantes catorze aproveitamentos analisados apresentam indicadores negativos não sendo, à partida, economicamente viáveis.

Quadro 1 – Principais indicadores económicos dos aproveitamentos analisados.

Localização (tipo)	P	Custo de kW inst.	Prod. anual média	Remun. total (35 anos)	TIR	VAL	B/C
	(kW)	(€/kW)	(GWh)	(10 ³ €)	(%)	(10 ³ €)	(-)
B. Alvito ¹ (I)	3 500	1007	8,5	10 215	15,8	5 409	2.3
B. Odivelas (I)	2 615	585	14,72	18 776	72,4	16 800	10.5
B. Vale do Gaio (I)	2 230	530	10,58	13 270	66,0	11 700	9.5
B. Pisão (I)	640	1 117	2,05	2 581	19,6	1 551	2.9
B. Roxo (I)	1 600	971	4,45	5 746	18,2	3 219	2.7
B. Serpa (I)	660	1 250	2,39	3 022	20,1	1 850	2.9
R. Ferreira (I)	450	1 778	0,85	1 044	4,0	-99	0.9
B. Mte Novo (I)	200	2 175	0,45	567,7	3,7	-71,5	0.85
B. S. Pedro (II)	750	1 367	1,1	1 387	4,6	-61	0.95
R. R3 (II)	100	3 750	0,1	127,5	-	-455	-0.06
R. R4 (II)	50	5 000	0,1	124,6	-	-282	0.0
B. de Pias (II)	120	4 167	0,19	244	-12,2	-475	0.2
B. Alvito ² (III)	1 300	1 750	0,99	1 257	-8,6	-2 113	0.3
B. Cinco Reis (II)	180	3 056	0,24	307	-7,6	-481	0.2
B. Brinches (II)	500	1 650	0,64	797	0,5	-382	0.9
B. Amoreira (II)	550	1 636	0,86	1 084	3,4	-174	0.8
B. Enxoé (III)	8	21 875	0,01	12	-	-301	-0.5
B. Amoreira (III)	200	2 400	0,07	89	-	-559	-0.2
B. Serpa (III)	1 040	890	0,39	495	-13,4	-862	0.2
B. Selmes (III)	1 500	795	0,61	778	-6,3	-942	0.3

¹ canal Alvito-Pisão

² túnel Loureiro-Alvito

6. APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS CONSTRUÍDOS

Na sequência do estudo de viabilidade técnica e económica realizado para os 20 locais referidos, a EDIA decidiu desenvolver os seis projectos que apresentavam indicadores económicos francamente positivos denotando viabilidade económica: barragem de Alvito (na tomada de água para o canal Alvito-Pisão), barragens de Odivelas, Vale do Gaio, Pisão, Roxo e Serpa (aproveitamento da queda à entrada das albufeiras). Destas centrais, apenas a de Vale do Gaio ainda não se encontra construída.

Seguidamente apresenta-se uma breve caracterização dos cinco aproveitamentos hidroeléctricos (AH) projectados pela AQUALOGUS: Alvito, Odivelas, Vale do Gaio, Pisão e Roxo.

AH de Alvito

O Aproveitamento Hidroeléctrico de Alvito aproveita o desnível geométrico existente entre a albufeira da barragem do Alvito e o canal Alvito-Pisão, da rede primária de rega. A produção energética é conseguida com a queda máxima de cerca de 10 m existente entre o nível de pleno armazenamento da albufeira do Alvito e o nível no canal de adução para o caudal máximo de dimensionamento.

A central hidroeléctrica, localizada entre a margem esquerda da ribeira de Odivelas e a margem direita do canal de adução Alvito-Pisão, está equipada com dois grupos turbina-gerador do tipo Kaplan de eixo vertical com potência instalada de 3 700 kVA, correspondente a um caudal máximo derivável de 40,6 m³/s e uma queda útil de dimensionamento para o caudal máximo e NPA de 9,6 m.

O volume anual médio turbinado, correspondente ao volume de transferência previsto, é de 512 hm³. A produção anual média é estimada em cerca de 8 GWh.

Nas **Figuras 4 e 5** apresentam-se algumas fotos do AH de Alvito.



Figura 4 – AH de Alvito. Vista geral da central na zona de restituição ao canal.

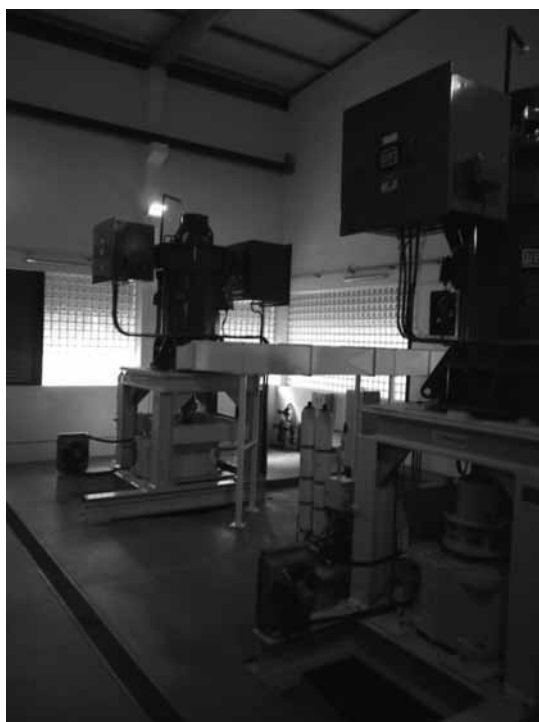


Figura 5 – AH de Alvíto. Vista do interior da central.

AH de Odivelas

O Aproveitamento Hidroelétrico de Odivelas aproveita o desnível geométrico existente entre o canal de derivação Alvíto-Pisão, da rede primária de rega, e a albufeira da barragem de Odivelas.

O circuito hidráulico é constituído por uma conduta na maioria do traçado de betão armado pré-esforçado com alma de aço e um troço final em aço, com cerca de 5,2 km de extensão e diâmetro variável entre 1200 mm (troço final) e 2 000 mm (troço inicial).

A central hidroelétrica localiza-se na margem direita da ribeira de Odivelas e está equipada com um grupo turbina-gerador Francis de eixo horizontal, com uma potência instalada de 2 500 kW.

A produção energética é conseguida com a queda máxima de 83 m existente entre o nível de água no canal e o nível mínimo de exploração da albufeira. O volume anual médio turbinado, correspondente ao volume de transferência previsto, é de 64 hm³. A produção anual média é estimada em 11,5 GWh.

Nas **Figuras 6 e 7** apresentam-se algumas fotos do AH de Odivelas.



Figura 6 – AH de Odivelas. Edifício da central.



Figura 7 – AH de Odivelas. Vista geral da restituição na albufeira de Odivelas.

AH de Vale do Gaio

O Aproveitamento Hidroelétrico de Vale do Gaio desenvolve-se entre as cotas 179,0 (NPA no reservatório da Barras) e 35,5, nível mínimo de restituição na albufeira de Vale do Gaio (Nmr). O desnível geométrico varia entre 143,5 m [relativo ao NPA no reservatório da Barras e ao Nmr na albufeira de Vale do Gaio] e 131,0 m [relativo ao NmE no reservatório da Barras e ao NPA na albufeira de Vale do Gaio].

O circuito hidráulico tem origem na câmara de derivação para os blocos de rega do Torrão e desenvolve-se em conduta de aço DN 700 numa extensão de cerca de 3,4 km até à central, que se situará na margem esquerda da albufeira de Vale do Gaio, cerca de 7 km a montante da barragem.

A central hidroelétrica será equipada com um grupo turbina-gerador do tipo Francis com potência instalada de 1,3 MVA, dimensionado para um caudal de 1,15 m³/s e uma queda útil máxima de aproximadamente 116 m.

O volume anual médio turbinado, correspondente ao volume transferido para a albufeira, é de 21,5 hm³ e a produção anual média é de 10,6 GWh.

AH do Pisão

O Aproveitamento Hidroeléctrico do Pisão aproveita o volume de água derivado do canal Alvito-Pisão para a albufeira do Pisão e o desnível geométrico entre as duas infra-estruturas. O desnível geométrico varia entre 27,0 m, relativo ao NmE na albufeira do Pisão, e 22,0 m, relativo ao NPA.

O esquema hidráulico previsto compreende a tomada de água no canal, câmara de carga (capacidade de 100 m³), conduta de derivação de aço DN 1 200 com 200 m de extensão e central hidroeléctrica.

A central foi equipada com um grupo turbina-gerador do tipo Francis com potência instalada de 700 kVA e dimensionado para um caudal de 2,85 m³/s e uma queda útil máxima de 25,5 m.

O volume anual médio turbinado, correspondente ao volume transferido para a albufeira, é de cerca de 37 hm³. A produção anual média estimada é de 2,1 GWh.

Nas **Figuras 8 a 11** apresentam-se algumas fotos do AH do Pisão.



Figura 8 – AH do Pisão. Vista a partir da albufeira do Pisão.



Figura 9 – AH do Pisão. Edifício da central.



Figura 10 – AH do Pisão. Vista geral do grupo turbina-gerador.



Figura 11 – AH do Pisão. Canal de restituição à albufeira do Pisão.

AH do Roxo

O Aproveitamento Hidroeléctrico do Roxo situa-se junto ao limite da albufeira do Roxo e tira proveito da queda disponível entre esta e a albufeira do Penedrão.

O circuito hidráulico é constituído pela tomada de água na albufeira do Penedrão e por uma conduta gravítica DN2000 com uma extensão de cerca de 4,8 km até à central hidroeléctrica do Roxo.

A Central hidroeléctrica, localizada junto à albufeira do Roxo, está equipada com um grupo turbina-gerador do tipo Francis de eixo horizontal com uma potência de 1,6 MW, correspondente a um caudal máximo derivável de 5,7 m³/s e uma queda útil de dimensionamento de 33 m.

O volume anual médio turbinado é de 80,7 hm³ e a produção anual média é de 4,7 GWh.

Nas **Figuras 12 e 13** apresentam-se algumas fotos do AH do Roxo.



Figura 12 – AH do Roxo. Vista geral da central.



Figura 13 – AH do Roxo. Vista da restituição na albufeira do Roxo.

7. 7 – CONCLUSÕES

No estudo de viabilidade técnica e económica realizado pela AQUALOGUS em 2005 foram identificados 48 locais potenciais para a construção ou instalação de aproveitamentos hidroelétricos nos sub-sistemas do Alqueva, do Ardila e do Pedrógão. Da aplicação do critério estabelecido para cada um dos tipos de aproveitamento para a selecção dos aproveitamentos identificados resultou a análise da viabilidade de 20 aproveitamentos hidroelétricos.

Para cada um dos 20 aproveitamentos estudados foi determinada a potência a instalar, P , o custo do kW instalado, a produção anual média, a remuneração total média nos 35 anos, a taxa interna de rentabilidade, TIR, o valor actualizado liquido, VAL e a relação benefício/custo.

Dos 20 aproveitamentos analisados, verificou-se que seis – Barragens de Alvito (na tomada de água para o canal Alvito/Pisão), barragens de Odivelas, Vale do Gaio, Pisão, Roxo e Serpa (aproveitamento da queda à entrada da albufeira) - apresentavam indicadores económicos francamente positivos denotando viabilidade económica tendo a EDIA decidido desenvolver esses projectos. Destas centrais, apenas a de Vale do Gaio ainda não se encontra construída.

A estimativa da energia anual média produzida pelo conjunto destes 6 aproveitamentos ascende a cerca de 43 GWh.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Consórcio HIDROPROJECTO/AQUALOGUS, *Projecto de Execução do Circuito de Adução à Barragem de Odivelas. Nota Técnica n.º 1 - Caudais de Dimensionamento do Circuito Hidráulico de Barras*, Maio de 2004, Lisboa.
- [2] AQUALOGUS, *Nota Técnica do Troço de Ligação Pisão-Roxo*, Março de 2004, Lisboa.
- [3] AQUALOGUS, *Estudo Prévio do Troço de Ligação Pisão-Roxo*, Setembro de 2004, Lisboa.
- [4] Consórcio HIDROPROJECTO/AQUALOGUS, *Projecto de Execução do Troço de Ligação Alvito-Pisão e Respectiveiros Blocos de Rega. Estudo Técnico-Económico Comparativo de Alternativas de Adução às Manchas de Rega do Sistema Primário Alvito-Roxo*, Julho de 2004, Lisboa.
- [5] AQUALOGUS, *Relatório Final do Estudo Técnico-Económico Comparativo de Alternativas de Adução às Manchas de Rega do Sub-sistema do Ardila*, Junho de 2004, Lisboa.
- [6] Consórcio AQUALOGUS/HIDROPROJECTO, *Relatório Intercalar n.º 2 - Estudo Técnico-Económico Comparativo das Alternativas II e III do Estudo Comparativo das Alternativas para a Adução às Manchas de Rega do Sub-sistema do Pedrógão*, Julho de 2004, Lisboa.

CENTRAL MINI-HÍDRICA DO MEIMÃO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA COVA DA BEIRA

Silvério RAMALHO¹

João ORNELAS²

RESUMO

A central mini-hídrica do Meimão é uma infra-estrutura de produção de energia hidroelétrica. A produção de energia é realizada através da turbinagem do caudal de água, transferido da albufeira da barragem do Sabugal para a albufeira da barragem da Meimoa, aproveitando o desnível médio de cerca de 215m existente entre as duas albufeiras.

A sua construção foi adjudicada em 2008, pela Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural ao consórcio Efacec Engenharia SA (Efacec)/Chupas e Morrão SA, com um prazo de execução de 540 dias. A Efacec foi responsável pela engenharia, fornecimento, montagem e comissionamento dos equipamentos eléctricos e electromecânicos da central.

A conversão da energia é realizada por uma turbina do tipo Francis, de eixo horizontal, acoplada a um gerador síncrono com uma potência de 6270kVA e tensão de produção de 6kV. A emissão para a rede eléctrica nacional é feita a 15kV, através de um transformador elevador de potência. A central é totalmente automatizada, com supervisão remota, permitindo, à excepção da realização das rotinas de manutenção programada, um regime de funcionamento "abandonado".

Toda a engenharia do sistema de comando e controlo e das instalações eléctricas foi desenvolvida pela Efacec e traduz a sua experiência, ao longo de mais de 30 anos de actividade, nesta área. Os equipamentos eléctricos de Média Tensão são também de tecnologia Efacec e fabricados em Portugal.

No que diz respeito ao desenvolvimento da empreitada, utilizaram-se procedimentos e metodologias recomendadas pelo *Project Management Institute* ©, o que permitiu a conclusão da obra dentro do prazo e no orçamento previsto.

Palavras-Chave: energia hidroelétrica, mini-hídrica, Meimão, Efacec

¹ Eng.º Electrotécnico, Direcção de Produção – Centrais Hídricas, Efacec Engenharia e Sistemas SA, Carnaxide, Portugal, sramalho@efacec.com

² Eng.º Mecânico, Gestão de Projectos – Centrais Hídricas, Efacec Engenharia e Sistemas SA, Carnaxide, Portugal, joao.ornelas@efacec.com

1. INTRODUÇÃO

A central mini-hídrica do Meimão é a infra-estrutura de produção de energia hidroeléctrica do aproveitamento hidroagrícola da Cova da Beira. A empreitada de construção da central foi promovida pela Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural e os trabalhos foram consignados em Maio de 2008, ao agrupamento de empresas formado pela Efacec Engenharia SA e Chupas e Morrão SA. A Efacec Engenharia SA foi o líder do consórcio e a empresa responsável pelo fornecimento dos equipamentos da central.

Esta comunicação pretende, sob ponto de vista do âmbito de fornecimento da Efacec, apresentar os principais equipamentos fornecidos e respectivos sistemas envolvidos na produção energia da mini-hídrica do Meimão. Também se aborda sumariamente as principais fases deste projecto.

2. CENTRAL MINI-HÍDRICA

A central mini-hídrica localiza-se na margem direita da ribeira da Meimoa, junto à albufeira da barragem com o mesmo nome. Pertence à freguesia de Meimão, concelho de Penamacor no distrito de Castelo Branco. Esta infra-estrutura insere-se no aproveitamento hidroagrícola da Cova da Beira e a sua principal função é fazer o proveito dos caudais transferidos da albufeira da barragem do Sabugal para a albufeira da barragem da Meimoa.

A central recebe a água de um circuito hidráulico constituído essencialmente por uma tomada de água e respectiva torre de manobra, um túnel com cerca de 4km de comprimento e uma conduta forçada de aproximadamente 550m de extensão e um diâmetro no troço final de 1200mm. À saída do túnel existe uma chaminé de equilíbrio para protecção do túnel, contra variações excessivas de pressão. O circuito-hidráulico inclui ainda uma derivação na sua parte final, para uma válvula dispersora do tipo jacto-oco. Esta válvula permite fazer a transferência de água em caso de indisponibilidade da central.



Figura 1 – Mini-hídrica do Meimão - Conduta, Central e Válvula de Jacto-Oco

2. 1. Edifício

O edifício da central está dividido em quatro zonas principais: átrio de descarga de equipamentos, zona equipamentos eléctricos, sala de comando e controlo, zona do grupo e equipamentos auxiliares. O edifício está ainda equipado com instalações sanitárias e uma sala para arrumos. No exterior fica o parque do transformador elevador de potência.

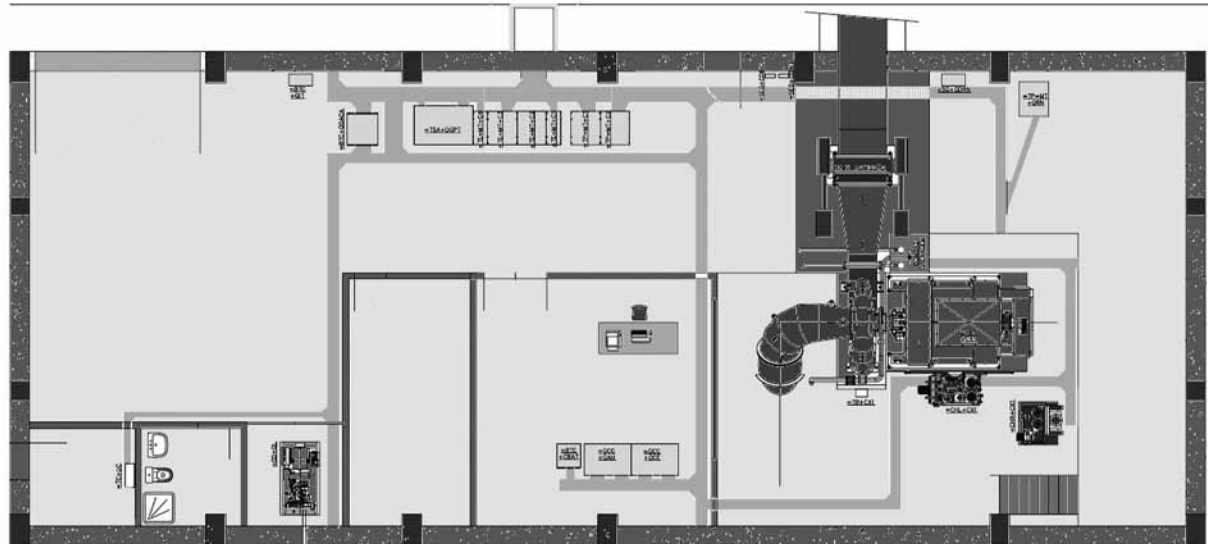


Figura 2 – Planta do edifício

2. 2. Grupo

A central produz energia eléctrica a partir de um grupo horizontal, constituído por uma turbina de reacção, do tipo Francis e um gerador síncrono trifásico.



Figura 3 – Turbina e gerador

A função da turbina é converter a energia potencial da água em energia mecânica. Neste caso, a turbina aproveita uma queda bruta que varia entre 205,5m e 221,5m. Está dimensionada para uma condição nominal de funcionamento com 213,2m de queda e 3m³/s de caudal, desenvolvendo neste ponto uma potência no veio de 5800kW. A sua velocidade nominal é de 1000rpm.



Figura 4 - Roda da turbina (690mm de diâmetro)

A montante da turbina foi instalada uma válvula de guarda do tipo borboleta, com fecho por contra-peso, cuja função é o isolamento da turbina e órgão de protecção em caso de falha no fecho do distribuidor. A válvula dispõe de by-pass para equilibragem de águas na manobra de abertura.

A conversão da energia mecânica em energia eléctrica é feita num gerador síncrono com uma tensão de produção de 6000V. A roda da turbina encontra-se acoplada directamente no veio do gerador, suportando a chumaceira do lado do ataque o impulso hidráulico da turbina. Para evitar variações bruscas de velocidade e consequentes variações de pressão, e para facilitar o controlo da unidade, o gerador está equipado com volante de inércia.

A regulação da tensão do gerador, na fase de sincronização com a rede, é feita por um regulador de tensão automático, através do ajuste da corrente de excitação do rotor do gerador. Após o paralelo com a rede, o regulador de tensão controla o factor de potência do gerador.

2. 3. Equipamento Eléctrico de Média Tensão

Os equipamentos eléctricos de média tensão funcionam como interface entre a energia produzida no gerador e a rede ou entre a rede e a central. Os principais são os quadros de média tensão de 6kV e 15kV, o transformador elevador de potência e o transformador dos serviços auxiliares.

Estes equipamentos garantem a ligação ou saída (voluntária ou devido a actuação de protecção) do gerador da rede, permitem a transformação da tensão para emissão, possibilitam que seja feita a contagem da energia e a transformação de energia eléctrica para utilização dos serviços auxiliares de baixa tensão da central.



Figura 5 – Quadros de média tensão de 15kV e 6kV

A saída de potência do gerador está ligada a um quadro de 6kV. Este quadro contém a cela do disjuntor de grupo, que possibilita a sua sincronização com a rede, a sua saída ou o seu isolamento. A saída deste quadro está por sua vez ligada a um transformador elevador 6/15,75kV, com 6MVA de potência. Este transformador eleva a tensão de geração para a tensão da rede para que esta possa ser transferida para esta. Antes de ser colocada na rede, a energia produzida, já com a tensão de emissão, passa ainda por um quadro de média tensão de 15kV, onde é feita a contagem de energia e são verificados se os parâmetros eléctricos da rede estão dentro dos limites definidos. Este quadro está também equipado com uma cela para a protecção do transformador dos serviços auxiliares e uma cela com disjuntor para ligação/fecho/isolamento do transformador elevador no patamar de tensão de 15kV.

Todo o equipamento eléctrico de média tensão instalado foi desenvolvido e fabricado pela Efacec em Portugal.

A central está ainda equipada com o grupo diesel de emergência para fornecer energia eléctrica em caso de falha da rede.

2. 4. Sistema de Automação e Supervisão

O sistema de automação implementado possibilita que a exploração da central seja feita de forma automática, em regime de abandono. A operação automática é controlada por um autómato programável e pode ser telecomandada remotamente. Apesar de automatizada, existem contudo, comandos que podem ser realizados manualmente para operações de manutenção ou de ensaio de equipamentos.

No sistema de supervisão além da visualização em tempo-real da instalação, é feita a recolha e armazenamento numa base de dados dos parâmetros mais relevantes de funcionamento, para posterior avaliação do desempenho do sistema ou despiste de defeitos. São recolhidos os parâmetros eléctricos das protecções de grupo e de linha e dos analisadores de energia (potências, tensões, correntes, etc.), e os parâmetros mecânicos a partir da instrumentação de campo instalada (temperaturas, níveis, pressões, etc.).

O sistema também prevê, na presença de um defeito, o envio de uma ou mais mensagens SMS para o telemóvel do operador/supervisor.

Toda a lógica do sistema de comando e controlo da central foi desenvolvido pela EFACEC, e é fruto de uma experiência acumulada de cerca de 30 anos de actividade.

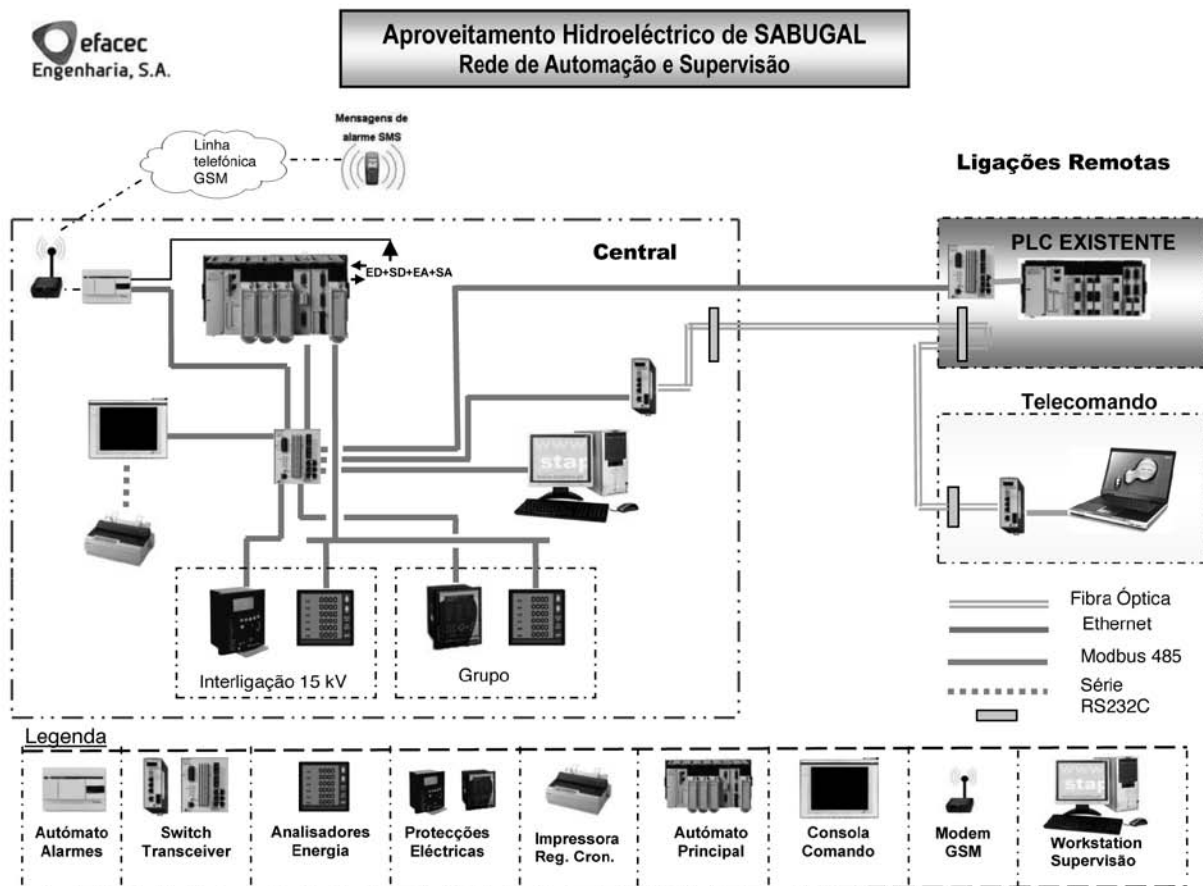


Figura 6 – Arquitectura do Sistema de Automação e Supervisão

3. GESTÃO DO PROJECTO

A empreitada de construção da central hidroelétrica é um projecto chave-na-mão, incluindo construção civil e equipamentos.

A Efacec foi responsável pela engenharia, fornecimento, montagem e comissionamento dos equipamentos eléctricos e electromecânicos da central, fazendo também a coordenação e integração da engenharia e controlo do programa de trabalhos global.

Este projecto, no que diz respeito ao fornecimento dos equipamentos, dividiu-se em quatro fases distintas: Estudos, Aprovisionamentos, Montagem e Ensaios, que se abordam seguidamente.

3. 1. Estudos

Esta fase engloba todos os estudos, projectos dos equipamentos e sistemas e análises de integração dos mesmos. É também elaborado o programa de trabalhos base e preparados os contratos de aquisição dos equipamentos e serviços a fornecer.

Das análises realizadas, salienta-se a análise de risco do projecto, onde é feito o levantamento dos riscos e são previstas as respectivas acções mitigadoras ou supressoras. Esta análise é fundamental e o seu objectivo é prever os possíveis problemas que possam ocorrer durante o projecto.

Fundamental nesta fase é também perspectivar a fase de montagem e planear em detalhe os seus procedimentos, de forma a antever possíveis conflitos entre os requisitos necessários e os previstos. Por exemplo, deve ser observadas se as dimensões dos acessos são compatíveis com as dimensões dos transportes, o mesmo acontecendo com espaços para descarga e montagem e dimensões dos equipamentos.

Neste projecto em concreto, foi de grande importância a conclusão dentro do prazo dos planos guia para a construção civil dos equipamentos, para a elaboração do projecto de execução do betão de 1ª fase. São estes desenhos que definem a geometria dos maciços necessários para os equipamentos, em particular para o grupo gerador, transformadores e as dimensões das caleiras para passagem de cabos eléctricos. O cumprimento do prazo desta entrega era fundamental devido ao constrangimento imposto pela necessidade de realizar as fundações antes do início do Inverno. Um pequeno atraso nesta tarefa poderia implicar vários meses de atraso nesta empreitada.



Figura 7 – Maciço do grupo – 1ª fase

3. 2. Aprovisionamento

O aprovisionamento diz respeito essencialmente à fase de fabrico dos equipamentos. Esta fase pode sobrepor-se em parte à anterior, caso existam alterações de projecto. Durante este período é feito o acompanhamento do fabrico com o controlo do fornecimento, montagens em branco e ensaios em fábrica.

Na empreitada em questão o aprovisionamento dos equipamentos decorreu em paralelo com a execução do betão de 1ª fase do edifício. Existiu nesta fase uma coordenação de trabalhos com metas muito objectivas, para ter o edifício com as condições indispensáveis à instalação dos equipamentos, assim que estes fossem chegando à obra.

O caminho crítico passou pelo aprovisionamento da turbina, com um prazo de produção de dez meses, tendo-se neste caso uma especial atenção ao seu fabrico e fazendo-se um acompanhamento muito próximo, de forma a se detectar precocemente desvios ao programa de trabalhos e ser possível ainda a sua correcção.

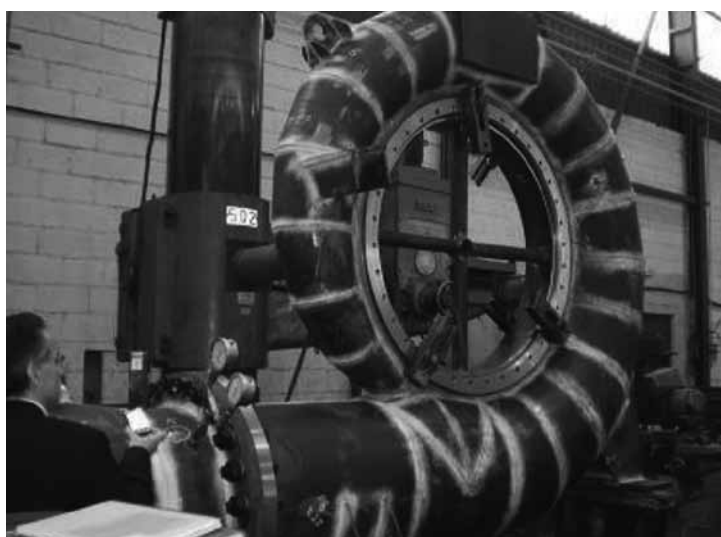


Figura 8 – Ensaio de pressão da câmara espiral da turbina

3.3. Montagem

Nesta etapa é feita a instalação física dos equipamentos no seu local definitivo e a montagem de todas as instalações complementares de produção. Antes da chegada dos equipamentos à obra, há que avaliar as condições locais e garantir que estão reunidos os requisitos necessários para o início da montagem, sobretudo no que diz respeito à fronteira com a construção civil. Destes salientam-se por exemplo, o estado do edifício que deve encontrar-se seco, limpo e protegido, os acessos sem condicionamentos para o transporte dos equipamentos e a betonagem de 1ª-fase concluída, com eixos dos equipamentos principais localizados.

No caso em análise, o primeiro equipamento a ser instalado e ensaiado foi a ponte rolante, já que seria o meio utilizado para descarregar, movimentar e posicionar os restantes equipamentos.

A montagem dos equipamentos e instalações eléctricas foi feita em paralelo com a montagem dos equipamentos mecânicos. A duração total foi cerca de três meses, sendo a montagem do grupo feita em quatro semanas.



Figura 9 – Posicionamento da turbina

3. 4. Ensaaios

Esta é a fase final do projecto e corresponde à verificação do funcionamento e desempenho dos equipamentos e à confirmação de que os mesmos atingem os requisitos contratuais. É testado o funcionamento global da instalação, fazendo-se, em caso de necessidade, o ajuste de parâmetros e correcções na instalação. Após esta fase a instalação deverá estar pronta para ser entregue ao cliente.

No caso de uma mini-hidráulica, os ensaios realizados ao grupo subdividem-se habitualmente nas seguintes sequências:

3.4.1. Verificações prévias

São feitas logo após a montagem e antes do enchimento da conduta forçada. Consistem sobretudo em inspecções visuais, verificação de ligações eléctricas, medida de parâmetros eléctricos como resistências de isolamento de máquinas eléctricas, afinação de tempos de abertura/fecho de órgãos de manobra, verificação das sinalizações de protecção e medida, parametrização de alarmes, ensaio dos sistemas auxiliares (unidades de regulação, unidades de lubrificação, sistema de drenagem). Após o enchimento da conduta é observada a existência de fugas de água.

3.4.2. Primeira rotação

Resume-se ao primeiro movimento das peças rotativas após a montagem. Sob controlo manual, procede-se à abertura da válvula de guarda e distribuidor até o grupo atingir a velocidade mínima de funcionamento contínuo permitida. Procuram-se neste passo, ruídos, vibrações ou anormais.

3.4.3. Ensaaios de Funcionamento

Estes ensaios dividem-se em Ensaaios em Vazio e Ensaaios em Carga. Nos ensaios em vazio, com o grupo fora da rede e sob controlo manual, na velocidade mínima verifica-se a evolução da temperatura nas chumaceiras. Aumenta-se posteriormente em patamares predefinidos a velocidade do grupo até à nominal, observando-se a taxa de elevação da temperatura nas chumaceiras, ruídos, deformações ou vibrações anormais, fugas, etc. É também observado o desempenho e boa operação dos sistemas auxiliares. São também testadas as protecções mecânicas do grupo.

Os ensaios em carga são ensaios realizados com o grupo na rede, com objectivo de verificar o seu comportamento nesta situação (instabilidade, ruídos vibrações, temperaturas, variações de pressão causadas nos transitórios). Este ensaio é feito em patamares de carga normalmente 25%, 50%, 75% e 100% da nominal. Em cada patamar é feito o respectivo ensaio de rejeição, que consiste em provocar uma paragem de emergência a partir da actuação das protecções eléctricas. São observados os valores de sobrevelocidade e sobrepressão e se necessário ajustam-se os tempos de fecho para que a sobrevelocidade seja a menor possível, dentro dos limites permitidos de aumento de pressão.

No fim, é realizado o ensaio de estabilização de temperaturas do grupo, ficando este a funcionar à carga nominal até as temperaturas se manterem constantes. Consideram-se estabilizadas quando o seu aumento é inferior a 1°C em 30 minutos. Ajustam-se se necessário as protecções de temperatura para alarme e disparo dos equipamentos, com base nos resultados obtidos.

3.4.4. Ensaio de Operação

Neste ensaio testam-se as diversas situações de operação da instalação global, em modo de comando automático.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Actualmente o principal desafio que se coloca neste tipo de projecto é encontrar uma solução que permita diferenciar e tornar mais competitiva a construção de uma mini-hídrica.

Uma gestão de projecto rigorosa e bem planeada permite que sejam optimizados custos. Para o sucesso de um projecto é ainda fundamental a realização da análise de risco do mesmo. As surpresas e o imprevisto devem ser evitados. Também muito importante é fazer o acompanhamento activo de fornecedores e consorciados, e promover uma comunicação eficaz com o cliente e seus representantes.

BIBLIOGRAFIA

PENCHE, C. (1998). "Electromechanical Equipment" in Layman's Handbook on How to Develop a Small Hydro Site, Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy, Bruxelas (Bélgica), pp.153-198

IEC Technical Committee N. 4, (1976) IEC-545 Guide for Commissioning, Operation and Maintenance of Hydraulic Turbines, International Electrotechnical Commission, Geneve (Suiça),

AS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DA LIGAÇÃO PISÃO-BEJA

Alexandra BRAGA DE CARVALHO¹

Carlos GASPAR²

RESUMO

A presente comunicação pretende ser uma “visita guiada” a alguns aspectos mais relevantes das estações elevatórias da Ligação Pisão-Beja, actualmente em fase avançada de construção. É caracterizada a área a beneficiar e o circuito hidráulico respectivo e, após algumas notas genéricas sobre estações elevatórias faz-se o tratamento individualizado e mais desenvolvido de cada uma das três estações em equação – Estação Elevatória do Álamo (rede primária), e Estações Elevatórias de Beringel e de Beja (rede secundária).

¹ Eng^o Agrónoma, EDIA, Beja, +351. 284 31 51 00, acarvalho@edia.pt

² Eng^o Mecânico, EDIA, EDIA, Beja, +351. 284 31 51 00, cgaspar@edia.pt

1. BREVE CARACTERIZAÇÃO DO PROJECTO DE REGA

Na concepção de projectos colectivos de rega estão subjacentes duas perspectivas principais: a do projecto de desenvolvimento económico e social, assente no desenvolvimento agrícola, e a do projecto de infra-estruturação hidráulica. A estas perspectivas, e de forma integrada, deve juntar-se a influência dos reflexos directos das políticas agrícolas nacionais e comunitárias.

Neste sentido existem sempre soluções técnico-económicas que obrigam a um complexo processo de decisão e que, em toda a sua evolução são influenciadas pela própria fase do processo (que compreende essencialmente as fases de Estudo Prévio, Projecto Base, Projecto de Execução), pelos técnicos e donos de obra e pelas decisões políticas.

Esta comunicação, baseada em estudos e trabalhos anteriores, retoma as conclusões dos mesmos e visa apresentar os aspectos mais relevantes que se prendem com o circuito hidráulico e sobretudo com as estações elevatórias que o integram o Projecto da ligação Pisão - Beja e dos blocos de rega respectivos.

O perímetro de rega Pisão-Beja beneficia uma área de cerca de 11 000 ha, que se localiza entre Beringel e a zona Oeste da cidade de Beja até às cabeceiras da albufeira do Roxo. Esta área é confinada pelo limite das bacias hidrográficas do Sado e Guadiana. O perímetro apresenta um relevo com cotas ascendentes a partir da albufeira do Roxo, desde os valores mais baixos (130), até atingir a cidade de Beja, zona mais alta (240). O perímetro está integrado no circuito hidráulico de Pisão-Beja, que tem início no canal Alvito - Pisão, sub-sistema de Alqueva.

Além das características referidas, o perímetro apresenta um conjunto de especificidades que permitem considerá-lo como paradigmático da complexidade dos projectos do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, nomeadamente:

- Predomínio de grande propriedade, no entanto, coexistindo em algumas zonas com manchas interiores de pequena propriedade;
- Localização da pequena propriedade na envolvente dos tecidos urbanos: Beja, Beringel e Santa Vitória;
- Existência de prédios com infra-estruturas particulares de rega, nomeadamente, origens de água próprias (furos, charcas e barragens), sistemas elevatórios e de filtragem;
- A coexistência na zona de cotas mais elevadas, na envolvente de Beja, de pequena propriedade e sujeita a pressão urbanística.

Contexto e principais desafios

A área a beneficiar, com cerca de 11 000ha, localiza-se no concelho de Beja (freguesias de Albernoa, Beringel, Mombeja, São Brissos, Santa Clara de Louredo, Santa Vitória, Santiago Maior (Beja), São Jorge Baptista (Beja), Trigaches e Trindade) conforme se pode verificar na Figura 1, entre Beringel e a zona Oeste da cidade de Beja até às cabeceiras da albufeira do Roxo. A Este, área em estudo, é confinada pelo limite das bacias hidrográficas do Sado e Guadiana.

O perímetro apresenta um relevo com cotas ascendentes a partir da albufeira do Roxo, onde

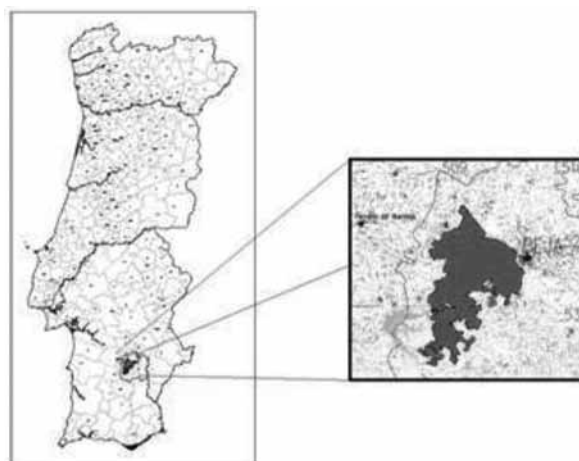


Figura 1 – Localização

se encontram os valores mais baixos (130), até atingir a cidade de Beja, zona mais alta (240), resultando uma variação altimétrica de cerca de 110 metros. No entanto, cerca de 80% da área encontra-se no intervalo altimétrico 150-210m. Na Figura 2 apresenta-se esquematicamente a variação altimétrica da área a beneficiar.

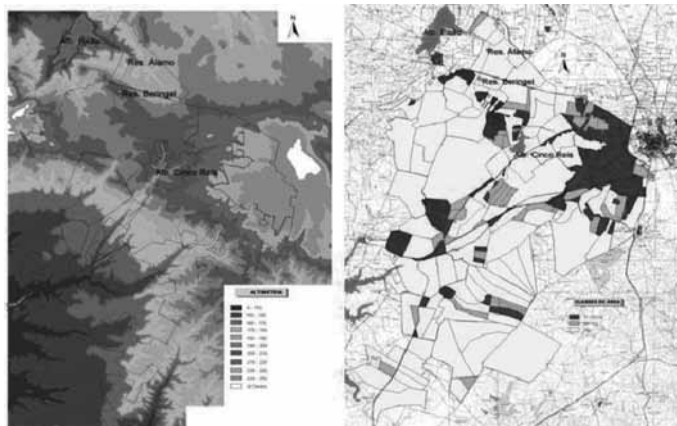


Figura 2 – Altimetria e Cadastro

De acordo com a Figura 2 verifica-se um predomínio da grande propriedade, no entanto, coexistindo em algumas zonas com manchas interiores de pequena propriedade de localização preferencial na envolvente dos tecidos urbanos: Beja, Beringel e Santa Vitória. A estrutura da propriedade caracteriza-se por a grande propriedade representar 79% da área, cerca de 9 550ha, contudo, corresponde a 7% do total de prédios, ou seja, 61 prédios.

De uma forma geral, a área a beneficiar caracteriza-se por zonas suavemente onduladas e aplanadas, com declives predominantes no intervalo de declives 0-5%, sendo que este representa cerca de 95% da área.

De forma a otimizar o sistema e tendo também em devida conta que a Câmara Municipal de Beja manifestou interesse de se considerar a existência de uma área de possível expansão urbana na zona em equação, retiraram-se do perímetro de rega as áreas na envolvente da cidade de Beja, pois apresentam um cadastro relativamente fraccionado e cotas bastante elevadas - que onerariam significativamente os custos do seu benefício

2. REDE DE REGA

A optimização efectuada no sistema resultou da conjugação de cinco grupos de questões que a seguir se apresentam.

2. 1. Dotações

Tendo em consideração a evolução da ocupação cultural ocorrida nos últimos anos na área a beneficiar, com um reforço da cultura do Olival, procedeu-se à correcção das necessidades de água para rega no mês de ponta. Neste sentido estas foram definidas em 2 020 m³/ha.mês. Refira-se que no âmbito das Estudo Prévio (2007) estas foram fixadas em 2 250 m³/ha.mês. A este novo valor corresponde a um caudal fictício contínuo de 0,754 l/s.ha.

2. 2. Caudais nominais nas bocas de rega

O horário médio de funcionamento da rede de rega é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Horário de rega

PROPRIEDADE	HORÁRIO DE REGA	%
Pequena (≤ 20 ha)	6 dias/semana 16 horas/dia	57,1
Grande (> 20 ha)	6 dias/semana 20 horas/dia	71,4

Da aplicação dos valores indicados anteriormente ao caudal fictício contínuo resultaram valores de caudal específico de 1,37 l/s.ha e 1,10 l/s.ha, respectivamente, na pequena e grande propriedade.

2. 3. Pressão de serviço

A pressão mínima de serviço a montante dos hidrantes foi diferenciada em função do tipo de propriedade, de acordo com os seguintes critérios:

- Na pequena propriedade (área ≤ 20 ha) a pressão mínima é definida em função dos sistemas de rega que se prevê que venham a ser dominantes no futuro;
- Na grande propriedade (área > 20 ha) a pressão mínima é definida em função da pressão mínima de funcionamento dos hidrantes e bocas de rega.

No Quadro 2 apresentam-se os valores da pressão mínima de serviço a jusante dos hidrantes em função do tipo de propriedade.

Quadro 2 - Pressão mínima de serviço

PROPRIEDADE	PRESSÃO MÍNIMA (kg/cm ²)
Pequena (≤ 20 ha)	3,5
Grande (> 20 ha)	$> 0,2$

2. 4. Ordenamento do território

Tal como já acima referido, no decorrer dos estudos, e em reunião havida, a Câmara Municipal de Beja manifestou interesse de se considerar a existência de uma área de possível expansão urbana nesta zona. Assim a área a beneficiar sofreu uma diminuição significativa que foi devidamente compatibilizada com documentos preparatórios do Plano Director de Beja.

2. 5. Traçado da rede

O traçado da rede proposto foi otimizado tendo como base a implantação dos hidrantes e das bocas de rega onde se adoptaram os seguintes critérios:

- Os hidrantes foram posicionados procurando servir o maior número de unidades de rega possível, com vista à redução dos custos de investimento;
- Localização em locais de fácil acesso, sempre que possível, junto à rede viária do aproveitamento, existente ou em projecto;

- Localização junto a charcas;
- Nos hidrantes com mais do que uma boca de rega ,estes foram localizados nos limites comuns das unidades terciárias de forma a permitir o fácil acesso aos diversos utilizadores.

3. CIRCUITO HIDRÁULICO

O troço de ligação Pisão – Beja (Figura 3) tem a sua origem no Nó de Trigaches, localizado cerca do quilómetro 35, do Canal Alvito – Pisão.

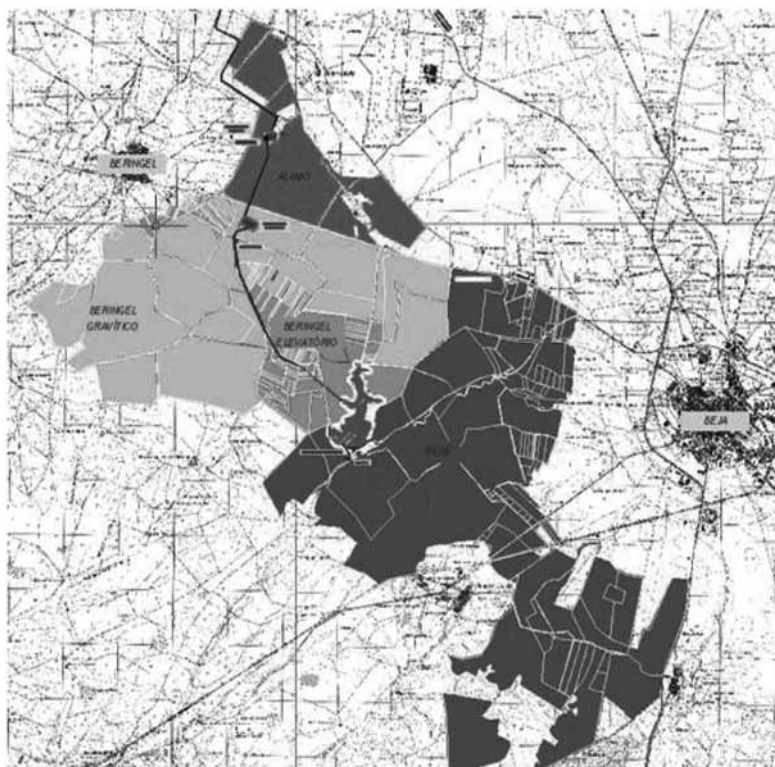


Figura 3 – Planta de Localização da Ligação Pisão-Beja e Respetivos Blocos de Rega

O sistema de adução é constituído pelas seguintes infra-estruturas principais:

1. Tomada de Água de Trigaches e conduta Adutora Trigaches – Álamo. A tomada de água e a conduta adutora têm a função de captar o caudal do Canal Alvito – Pisão e transportá-lo até ao Reservatório de Álamo. A tomada de água tem a capacidade de captar até $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$. A conduta adutora, de betão armado com juntas abocardadas, tem cerca de 3122m de comprimento e diâmetro DN2500.

2. Reservatório de Álamo. O Reservatório de Álamo tem como função regularizar o caudal captado em 24 horas e permitir que este seja elevado em 22 horas. As suas principais características são um volume de cerca de 50.000 m^3 , com NPA à cota (172.50).

3. Estação Elevatória de Álamo e Conduta Elevatória. No Reservatório de Álamo será instalada a Estação Elevatória, cuja função é elevar água deste reservatório para o Reservatório de Beringel. Nesta estação serão instaladas 6 bombas com uma capacidade total de $7.46 \text{ m}^3/\text{s}$. As principais características da conduta elevatória, de betão armado com alma de aço e juntas soldadas topo a topo, são: diâmetro DN2500 e cerca de 1500 m de comprimento, e uma altura manométrica de 46,4 m.

4. Reservatório de Beringel. Este reservatório destina-se a regularizar o caudal bombeado da Estação Elevatória do Álamo, destinado à rega dos blocos situados a jusante, e permitir a adução desta a partir do próprio reservatório, que tem o NPA à cota (213) e um volume armazenado de 97.000 m³.

5. Condução Adutora Beringel – Cinco Reis. Esta condução destina-se ao transporte gravítico do caudal entre o Reservatório de Beringel e a albufeira de Cinco Reis. A condução adutora, de betão armado com juntas abocardadas, tem cerca de 4060 m de comprimento e diâmetro DN2000. O caudal de dimensionamento é de 5.20 m³/s.

6. Barragem de Cinco Reis. A barragem localizada no Barranco do Curral, afluente da ribeira da Chaminé, tem essencialmente, como função a regularização dos caudais necessários à rega dos blocos situados a jusante. A barragem tem uma altura de cerca de 18 m com um volume útil de 1.38 hm³, NPA à cota (204) e NmE à cota (197.50).

7. Condução Adutora Cinco Reis. Esta condução com início na tomada de água na barragem desenvolve-se ao longo de cerca de 3 km, ligando graviticamente este circuito ao bloco de rega de Cinco Reis- Trindade. A condução, de betão armado com junta abocardada, com diâmetro DN 2500 e com um caudal de dimensionamento é de 6.00m³/s.

Quadro 3 - Adução Pisão Beja – Caudais por infra-estrutura

INFRAESTRUTURA	CAUDAL DE DIMENSIONAMENTO (m ³ /s)
Tomada de Água / Condução Trigaches - Álamo	6,84
Condução Álamo - Beringel	7,46
Condução Beringel - Cinco Reis	5,20
Ligação Cinco Reis - Blocos de Beja	4,55
Ligação Cinco Reis - Blocos de Cinco Reis	6,03

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Neste ponto, apresentam-se um conjunto de aspectos gerais a atender na concepção e pormenorização de estações elevatórias e que no caso particular da ligação Pisão-Beja e dos seus blocos de rega, se procurou ter em devida conta.

4. 1. Critérios de Localização das Estações Elevatórias

A selecção do local de implantação e das dimensões da Estação Elevatória deverão satisfazer às necessidades presentes e atender a uma eventual expansão futura face à evolução do pedido, procurando conciliar um conjunto de valências, entre as quais se podem citar:

- Integração adequada da estação no sistema hidráulico
- Condições Topográficas da área adequadas / Menor desnível geométrico
- Condições de fundação fiáveis e facilidade de implantação de taludes estáveis.
- Trajecto mais curto da tubagem de aspiração
- Minimização de interferências com outras infra-estruturas ou circuitos
- Menor movimentação de terras
- Segurança contra assoreamento

- Disponibilidade de energia eléctrica ou facilidade de acesso a uma linha adequada da rede eléctrica nacional
- Harmonização/integração da obra com o ambiente circundante

4. 2. Selecção de grupos electrobomba

A classificação das Estações Elevatórias poderá estar associada ao posicionamento e tipologia das bombas centrífugas e respectivo grupo electrobomba. Assim, quanto à trajectória do fluido podemos considerar:

- Bombas radiais ou centrífugas: a sua característica básica é trabalhar com pequenos caudais a grandes alturas, com predominância de força centrífuga.
- Bombas axiais: trabalham com grandes caudais a pequenas alturas.
- Bombas diagonais ou de fluxo misto: caracterizam-se pela elevação de caudais médios a médias alturas, sendo um tipo combinado das duas anteriores.

Quanto ao posicionamento do eixo:

- Bombas de eixo vertical: utilizadas em poços profundos.
- Bombas de eixo horizontal: é o tipo construtivo mais usado.

Quanto à posição do eixo da bomba em relação ao nível da água:

- Bombas de aspiração positiva, quando o eixo da bomba se situa acima do nível do reservatório.
- Bombas de aspiração negativa quando o eixo da bomba se situa abaixo do nível do reservatório.

Atendendo à natureza das infra-estruturas de rega do EFMA, iremos dar especial enfoque aos seguintes grupos electrobomba:

- Horizontais, em poço seco, com bombas de aspiração axial e compressão radial (Fig. 4.a);
- Horizontais, em poço seco, com bombas de dupla aspiração e de câmara partida axialmente (Fig. 4.b);
- Verticais, com impulsor submerso e motor eléctrico à superfície (Fig. 4.c).

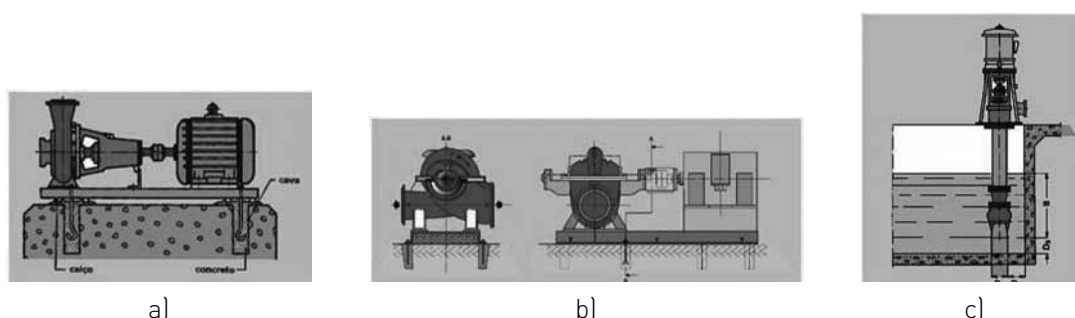


Figura 4 – a) Eixo horizontal de aspiração axial, descarga radial; b) Eixo horizontal de dupla aspiração e câmara bi-partida; c) Eixo e coluna vertical

Na solução apresentada na Figura 4.a, o grupo electrobomba é formado por uma **bomba centrífuga de aspiração axial e descarga radial**, que é vulgarmente designada por bomba tipo “norma”, uma vez que, praticamente todos os fabricantes têm estes equipamentos na sua gama de produção.

De salientar que estas bombas apresentam a vantagem de serem intermutáveis, ou seja é possível a substituição de uma bomba de um fabricante por outra de fabrico diferente, uma vez que, em termos de atravancamento. Estas bombas apresentam uma boa performance para pequenos/médios caudais e alturas pequenas/médias.

Relativamente às bombas de dupla aspiração e câmara bi-partida, representadas na figura 4.b, o desempenho hidráulico é claramente superior às bombas tipo "norma", para caudais médios/altos e alturas médias. Por outro lado, estas bombas apresentam uma robustez superior, por se tratar de uma máquina rotativa bi-apoiada em duas chumaceiras, lubrificadas com óleo ou massa consistente.

Finalmente, o terceiro exemplo que consideramos aplicável no caso do EFMA, são as bombas de eixo vertical com impulsor submerso, que se representa na figura 4.c (Tipo VTP-Vertical Turbine Pump).

Estes conjuntos elevatórios, constituídos por corpo de impulsores (mono ou multicelulares), coluna de compressão, veio de transmissão, cabeça de descarga e chumaceira de absorção de esforços axiais, são uma boa solução para comprimentos de coluna de compressão e corpo de impulsores até 15 m. O argumento técnico-económico decisório relativamente à opção a tomar deverá, pois, ser uma análise comparativa com os grupos de câmara bi-partida, em termos de desempenho hidráulico, perdas de potência nas respectivas transmissões de potência e impacto na construção do edifício da EE. Este último aspecto será detalhado no capítulo referente à EE do Álamo

4. 3. Controle com conversor de frequência

A utilização de conversores de frequência para controlo do processo de bombeamento permite manter constantes os parâmetros que devem ser controlados, a redução da potência absorvida pelo motor, a compensação da potência reativa do motor, a redução das falhas elétricas e mecânicas e a redução do custo da obra civil nos sistemas de bombeamento. Quando se varia a velocidade, o caudal, a pressão, a potência e a eficiência serão alteradas de acordo com as Leis dos Pontos Dinamicamente Equivalentes. Estas leis demonstram que o caudal é proporcional à velocidade, a pressão é proporcional ao quadrado da velocidade e a potência no eixo é proporcional ao cubo da velocidade.

A comparação das curvas de funcionamento do sistema elevatório com grupos de velocidade variável com a de grupos de velocidade fixa, demonstra que a solução de grupos de velocidade variável permite reduzir em cerca de 19 % os custos anuais de energia. Em regime contínuo, para caudais superiores ao mínimo, das bombas principais operarão um ou mais grupos principais em velocidade variável com valores de pressão adequados ao funcionamento da rede. Estes grupos permitem que a cada instante, o caudal pedido pela rede seja fornecido com a pressão estritamente necessária, e não com pressões excessivas. Deste modo, obtém-se uma economia significativa de energia relativamente às outras soluções com grupos de velocidade fixa.

Os conversores de frequência permitem pois melhorar sensivelmente as condições de arranque dos grupos (designadamente, obstando aos picos de tensão associados a estas operações, assumindo-se como uma alternativa aos arrancadores suaves neste âmbito), melhorar o seu rendimento associado a variações importantes de caudal e carga manométrica relativamente aos valores nominais de dimensionamento e minimizar consumos de energia activa e reactiva

No caso de aproveitamentos hidroagrícolas, em que o pedido de caudal é muito variável e pouco regrado e o número de arranques dos grupos pode ser elevado, os conversores de frequên-

cia, podem ter um papel fundamental de melhoria do funcionamento do grupo e de optimização do seu rendimento, sendo um argumento importante para a eficiência energética do sistema. Não obstante, o seu custo é significativo e - dada a sensibilidade destes equipamentos, designadamente a factores ambientais - haverá que respeitar um conjunto de requisitos, por vezes exigente e oneroso, na sua instalação, de modo a prevenir avarias que não são de todo compatíveis com os períodos de utilização em condições mais severas e que são os de maior pedido agrícola. Haverá, pois, que ponderar, com informação de base técnica e económica credível, as mais-valias e condicionantes associadas à sua utilização em cada caso concreto.








4. 4. Análise de Custo do Ciclo de Vida e Supervisão do Sistema

Os sistemas de bombagem existentes a nível mundial, nas suas mais variadas aplicações (abastecimento público e industrial; colecta, transporte e tratamento de águas residuais; instalações de rega; etc.), consomem cerca de 20% da energia eléctrica global. Valor este que cresce significativamente considerando-se unicamente os países desenvolvidos.

Estamos, pois, perante um consumo significativo, sobretudo, numa altura em que a questão energética assume um importante papel na economia mundial, sendo que a escolha criteriosa de todos os componentes de um sistema de bombagem se apresenta como uma oportunidade imperdível para uma redução nos custos globais de exploração, ao longo da sua vida útil.

O custo do ciclo de vida (CCV) de um sistema de bombeamento é habitualmente assumido como o custo total durante o seu período de vida útil. Representa assim os custos de aquisição, instalação, ensaios, energéticos, operação, manutenção (preventiva e correctiva), paragens, ambientais, desmontagem e desactivação do equipamento. A utilização do CCV como ferramenta de comparação de alternativas poderá permitir de modo objectivo a indicação da solução que apresenta menor custo global com base nos dados disponíveis.

Adicionalmente, todos os componentes do sistema deverão ser cuidadosamente seleccionados para combinarem entre si e manter no global, um conjunto fiável assegurando os mais baixos custos energéticos e de manutenção, assim como uma longa durabilidade (Figura 5).

Actividade		Eficiência
Transporte e Distribuição		94 a 97%
Transformação		97 a 99%
Conversão de Frequência		96 a 98%
Accionamento Eléctrico		94 a 98%
Bombas Centrifugas		80 a 90%
Supervisão		

Eficiência Energética

Manter sempre constante o parâmetro a ser controlado;

Redução da potência absorvida pelo motor em função da diminuição da velocidade da bomba;

Compensação da potência reactiva do motor;

Diminuição das falhas mecânicas e eléctricas.

Figura 5 – Estações Elevatórias. – Eficiências Parcelares

Uma ponderação sustentada de todos estes pormenores constitui uma oportunidade para a redução significativa dos custos energéticos, de exploração e de manutenção, factores determinantes no custo de ciclo de vida (CCV) da instalação. A redução e o desperdício energético representam ainda um papel importante em benefícios ambientais.

A EDIA tem, ainda, procurado incorporar, na fase de acompanhamento, aferição e validação da concepção, o desenvolvimento de modelos de gestão operacional dos circuitos hidráulicos, numa óptica de gestão integrada de recursos naturais, de utilização de boas práticas e das melhores tecnologias disponíveis

Assim para a monitorização e controlo dos circuitos hidráulicos tem-se vindo a utilizar Sistemas de Supervisão e Telegestão (SCADA - *Supervisory Control And Data Acquisition*) para uma gestão eficaz dos sistemas de regadio. Com estas ferramentas tecnológicas é possível monitorizar e manobrar remotamente as principais instalações hidráulicas que compõem o EFMA, permitindo melhorar a qualidade do serviço prestado e uma maior eficiência na sua gestão.

5. ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DA LIGAÇÃO PISÃO BEJA E RESPECTIVOS BLOCOS DE REGA

Neste ponto apresenta-se e faz-se o tratamento individualizado de cada uma das estações desta Ligação - estações estas que correspondem a situações de algum modo tipificáveis em grandes Aproveitamentos Hidroagrícolas - discutindo-se os principais aspectos e questões associadas às opções tomadas

5. 1. Estação Elevatória do Álamo

A estação elevatória da rede primária, situada no Álamo constitui a grande elevação do Circuito Hidráulico de Pisão-Beja. Para o caudal de dimensionamento de 7,46 m³/s a altura manométrica total de 46,4 m.c.a.foram consideradas duas alternativas:

Alternativa 1 Estação Elevatória com grupos de câmara bi-partida (Fig. 6)

Alternativa 2 Estação Elevatória com grupos verticais com impulsor submerso (Fig.7)

Esta estação elevatória constituiu um excelente caso de análise comparativa entre soluções construtivas com fortes impacto nas fases de construção e de exploração.

A favor da solução de Bombas de Câmara Bi-Partida pesaram os factores:

- Solução mais estudada pelos projectistas e implementada no EFMA;
- Grupo electrobomba com menos componentes e mais compacta;
- Edifício da EE melhor apetrechado.

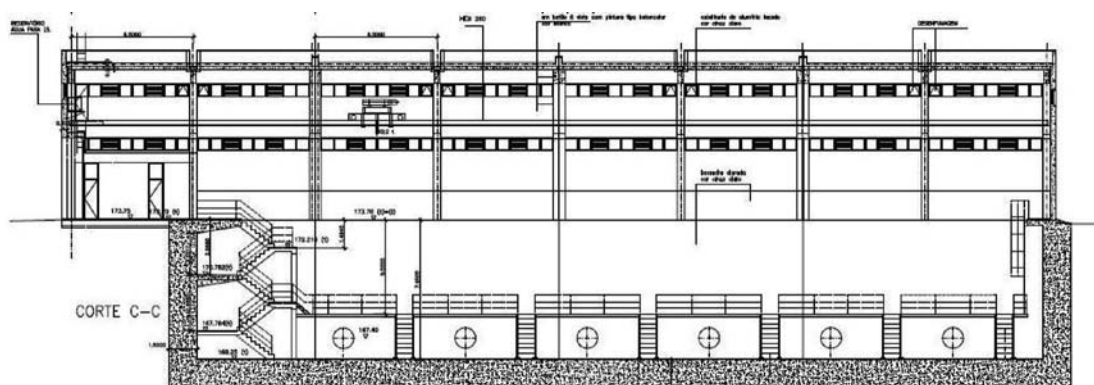


Figura 6 - Estação Elevatória do Álamo - Solução com grupos de câmara bipartida

A favor da solução de Bombas de impulsor submerso pesaram os factores:

- Diminuição considerável nos custos da construção civil;
- Melhores condições de aspiração;
- Redução da área de implantação.

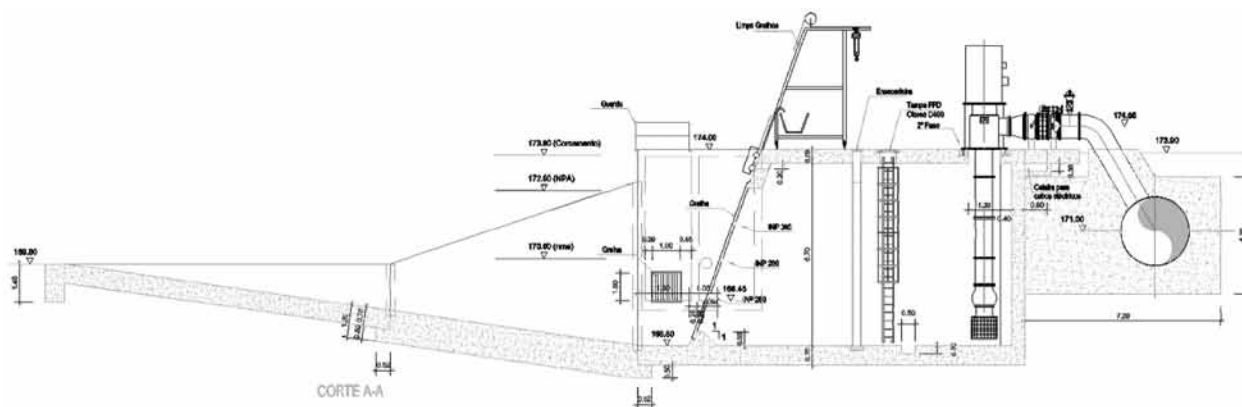


Fig. 7 - Estação Elevatória do Álamo – Solução com grupos verticais

Outros parâmetros de análise foram considerados, nomeadamente rendimento total, disponibilidade no mercado mundial de bombas de cada tipo, prazo de entrega, tendo nestes factores as duas soluções apresentado desempenho semelhante.

A opção da EDIA recaiu sobre a alternativa de estação elevatória com bombas verticais de impulsor submerso, que permitiu uma simplificação importante da infra-estrutura e uma economia clara dos custos associados.

A estação elevatória, dimensionada para um caudal de $7,46\text{m}^3/\text{s}$, está equipada com uma tomada de água no Reservatório de Álamo, onde serão instalados os grupos electrobomba, em número de seis com funcionamento em paralelo. Cada grupo terá capacidade para elevar $1,24\text{m}^3/\text{s}$ a $46,4\text{m}$.

Tendo em conta a variação de caudal, proveniente do facto da estação elevatória vir a abastecer directamente a rede secundária do Bloco do Álamo, por intermédio de uma derivação ligada directamente à conduta elevatória, para um melhor ajuste da pressão de serviço às necessidades efectivas, um dos grupos será dotado de velocidade variável. Adicionalmente, ponderando a necessidade destes grupos funcionarem contra uma pressão relativamente elevada, a fase inicial do enchimento da conduta será efectuada por um pequeno grupo submersível, instalado numa caixa anexa à tomada de água e com a capacidade de elevar $360\text{m}^3/\text{h}$ a $22,4\text{m}$.

O número de grupos electrobomba escolhido, corresponde à utilização de bombas de fabrico comercial *standard* que melhor cobre as flutuações mensais de consumos previstos, tendo em conta uma minimização dos consumos energéticos conseguida com uma maximização de rendimentos e minimização da potência máxima solicitada à rede.

De referir que a solução final encontrada para a estação elevatória, consiste num edifício com as funções de Sala de Comando, e incorporando os equipamentos eléctricos fundamentais, com a subestação anexa e os grupos electrobomba no exterior. Com esta solução, minimizou-se de forma substantiva a área construída, face às soluções tradicionais com elevadas áreas construídas.

5.1.1. Tomada de Água e Circuitos Hidráulicos

A tomada de água é constituída por uma estrutura de betão armado com 14,0m de largura, altura de 6,7m e soleira à cota 166,80. As suas dimensões permitem o funcionamento da estação elevatória entre o NPA (172,50) e o NmE (170,50).

Para se garantir adequadas condições de adução aos grupos electrobomba, com um escoamento afluente relativamente uniforme e tranquilo, previu-se uma ligação em rampa, entre o reservatório de Álamo e a tomada de água, com uma inclinação de cerca de 10°.

Para a definição dos atravancamentos considerados para a instalação dos grupos, seguiu-se o preconizado por fabricantes de equipamento e, ainda, o constante na bibliografia técnica especializada. De forma a evitar possíveis interferências entre as diversas aspirações individuais dos grupos e/ou formação de vórtices, criaram-se “células” individuais para cada um dos grupos electrobomba, com a interposição de paredes de betão. Estas células, de forma a permitir o isolamento individual de cada uma delas, são dotadas de ensecadeiras e acesso de homem por escada a partir da laje superior. São, também, dotadas de grelha a montante com sistema de limpeza.

Quanto à submergência mínima desejável na aspiração da bomba, esta deverá ser superior a um valor crítico para que não haja a formação de vórtices. Também no que concerne à altura livre sobre a soleira, relativamente à aspiração da bomba, teve-se em devida atenção, que uma altura livre muito reduzida pode conduzir à formação de vórtices submersos (sendo correntemente proposto um valor entre 0,4D e 0,75D).

Em cada conduta individual de compressão está prevista uma válvula de retenção, uma válvula do tipo borboleta com comando motorizado e uma ventosa de triplo efeito. O colector geral de compressão, será de aço DN2500, prolongado até aos reservatórios de ar comprimido para protecção contra o choque hidráulico, após o que se fará a transição para betão DN2500, com alma de aço e juntas soldadas topo a topo.

5. 2. Estação Elevatória de Beringel

A estação Elevatória de Beringel (Fig. 8) localiza-se a jusante do reservatório de Beringel e tem como objectivo a elevação de água armazenada no reservatório mencionado para a rede de rega do Bloco de Beringel Elevatório, partir da qual serão beneficiados cerca de 501 ha.

A dimensão relativamente moderada desta estação levou a que numa primeira fase se equacionou-se uma solução de sobressora visando uma abordagem expedita do problema. No entanto a dimensão e numero de grupos a que se chegou e a ponderação dos valores de rendimento associados, acrescida da necessidade de incorporação de um conjunto de equipamentos mecânicos eléctricos que permitisse condições de exploração e manutenção adequadas, levou a que se evoluísse para uma solução de estação elevatória tradicional ainda que com dimensões optimizadas.

A estação de Beringel foi dimensionada para uma altura de manométrica de 49 m e de forma a garantir um caudal de 0,485 m³/s, tendo-se preconizado a instalação de 4 grupos electrobomba com caudal unitário de cerca de 125 l/s.

A solução construtiva adoptada para a EE de Beringel recaiu sobre, essencialmente, grupos electrobomba horizontais equipados com bombas horizontais de câmara partida axialmente, por razões de rendimento hidráulico da turbomáquina e análise custo-benefício das soluções com bombas em poço seco e bomba com impulsor imerso.

Os circuitos hidráulicos são constituídos por condutas de aspiração individuais, soldadas a 90° na conduta geral de aspiração, a montante dos grupos elevatórios, e circuitos de compressão, que

se desenvolvem a jusante dos grupos, assegurando a ligação à conduta principal da rede de rega (conduta elevatória) por intermédio de um colectador geral de compressão.

Os circuitos gerais de aspiração-compressão serão ligados por um by-pass, para o enchimento ou para o esvaziamento dos circuitos da estação elevatória. Tendo em consideração que a presente estação elevatória pressuriza a rede de rega do bloco de Beringel Elevatório, desta forma, com grande variação de caudais solicitados, das soluções possíveis para o sistema de regulação da estação elevatória adoptou-se a "regulação em regime contínuo" com variador de velocidade em todos os grupos.

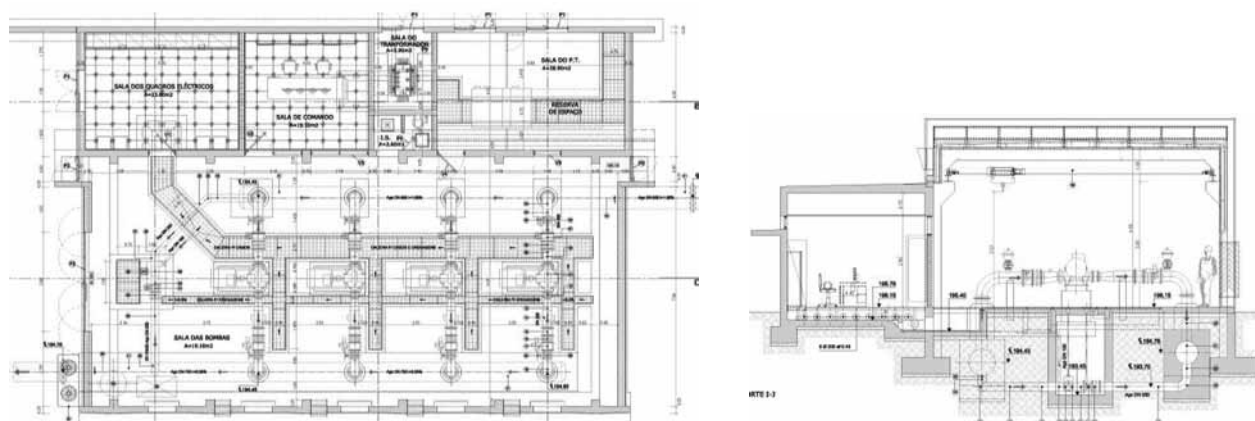


Figura 8 - Estação Elevatória de Beringel. Planta e Corte

5. 3. Estação Elevatória de Beja

A Estação Elevatória de Beja (Fig. 9) localiza-se junto do pé de jusante da barragem de Cinco Reis e tem como objectivo a elevação da água armazenada para rede de rega de Beja, a partir da qual se beneficiarão cerca de 2500 ha. Esta estação foi dimensionada para uma altura manométrica nominal (BEP) de 44,5 m de forma a garantir um caudal de transferência de 2,7 m³/s. Dados os elevados caudais a elevar, considerou-se adequado reparti-los por quatro grupos com um caudal de 0,54 m³/s e ainda, repartir um desses grupos por dois auxiliares com metade da capacidade de um principal (0,27 m³/s).

Para a EE de Beja optou-se por grupos electrobomba horizontais, equipados com bombas horizontais de câmara partida axialmente, por razões de rendimento hidráulico da turbomáquina e análise custo - benefício das soluções com bombas em poço seco e bomba com impulsor imerso. Uma vez que os caudais envolvidos nesta estação são elevados, quando comparados com a EE de Beringel (0,485 m³/s), adoptou-se um lay-out com as condutas de aspiração e compressão soldadas a 45°, para otimizar o circuito em termos de eficiência.

Os circuitos hidráulicos são constituídos por condutas de aspiração individuais, soldadas a 45° na conduta geral de aspiração, a montante dos grupos elevatórios, e circuitos de compressão, que se desenvolvem a jusante dos grupos, assegurando a ligação à conduta principal da rede de rega (conduta elevatória) por intermédio de um colectador geral de compressão. Para satisfazer os consumos de rega, previstos para o horizonte de projecto, com o grau de fiabilidade e economia do sistema pretendidos (minimização de investimentos, de custos de energia, de encargos de manutenção do equipamento, etc.) tornou-se necessário conceber um circuito que apresentasse uma grande versatilidade de operação/exploração de modo a adaptar-se, com elevados rendimentos, a uma alargada gama de condições de funcionamento.

Os equipamentos principais da estação, grupo tubagens e válvulas, ficarão instalados no interior do edifício da estação elevatória, ficando os reservatórios hidropneumáticos no exterior.

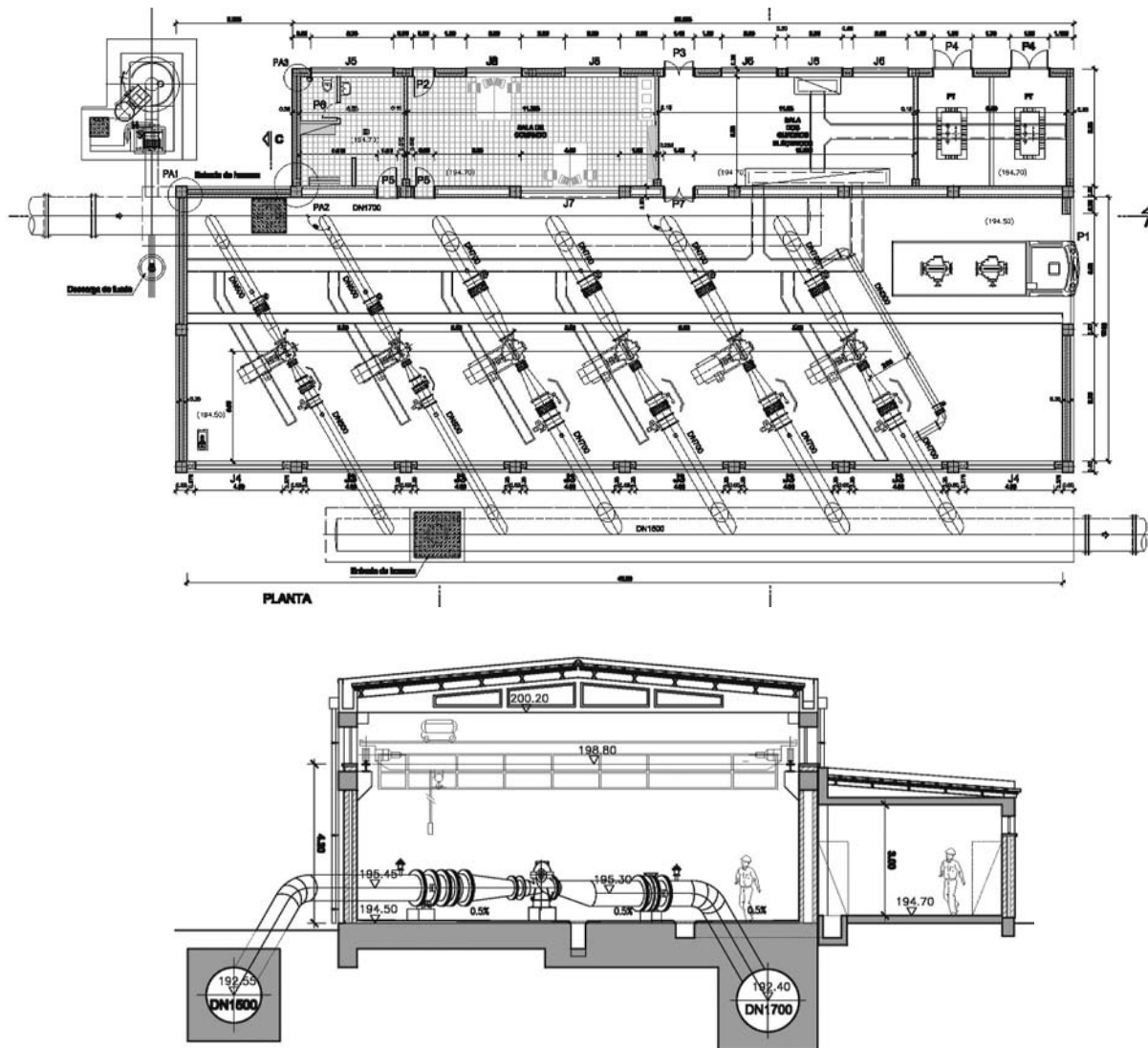


Figura 9 - Estação Elevatória de Beja. Planta e Corte

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O C.H. Pisão-Beja agrega um importante conjunto de infraestruturas hidráulicas associadas ao benefício de cerca de 11.000 ha, que nos estudos iniciais tinham indicadores técnico-económicos precários.

A revisão efectuada no mapeamento das áreas a beneficiar (com a devida ponderação de questões de ordenamento do território, ambientais e patrimoniais) e nos pressupostos de base (dotações, pressões do serviço em função da dimensão fundiária) contribuiu para uma melhoria sensível da situação, permitindo, designadamente, que mais de 70% das áreas seja abastecida de modo gravítico na rede secundária. As infra-estruturas fundamentais do próprio circuito hidráulico

foram profundamente revistas na passagem do Estudo Prévio a Projecto de Execução (designadamente, com alteração da adução Trigaches-Álamo de canal para conduta e consequente minimização de traçado, a eliminação da torre de pressão da Carlota, a mudança de local da barragem de Cinco Reis).

Neste contexto, toda a infra-estruturação elevatória foi revista e objecto de optimização, inerente ao carácter imperioso de minimizar encargos de infra-estruturação e, sobretudo de consumos energéticos e de manutenção associados - que agravavam sensivelmente os indicadores deste Aproveitamento.

As três estações elevatórias que integram o aproveitamento têm funções, tipo de localização, caudais e pressões nominais bem diferenciadas, como se pode constatar no Quadro 4 - o que conduziu a soluções específicas e que são paradigmáticas de cenários hidroagrícolas, justificando-se pois, o seu tratamento e discussão individualizados.

Quadro 4 – EEs da Ligação Pisão-Beja. Síntese das Características

Estação elevatória	Localização	Tipo de bombas	Caudal (m ³ /s)	Altura manométrica (m)	Potência (MW)	Rede
Álamo	reservatório	verticais	7,46	46,4	4,5	Primária
Beringel	reservatório	horizontais	0,48	49	0,36	Secundária
Beja	pé de barragem	horizontais	2,7	44,5	1,6	Secundária

No caso da E.E. do Álamo, estamos perante uma grande estação Primária, que terá de elevar todos os caudais do Aproveitamento de um reservatório (Álamo) para outro (Beringel) - e portanto com condições de exploração relativamente regradas - sendo que a solução assumida (seis grupos de corpo tubular, eixo vertical e impulsor submerso), tira partido da existência do reservatório e minimiza obras de construção civil, tendo tido em consideração as ofertas standard do mercado. Dado que esta EE satisfaz cumulativamente o pedido de um bloco (Álamo), um dos grupos foi dotado de variador de velocidade.

No caso da EE de Beringel, estamos tipicamente perante uma estação da Rede Secundária, junto a um reservatório, de moderada dimensão e bombeando directamente para a rede, portanto sujeita a responder aos pedidos algo aleatórios de jusante (dos beneficiários) - sendo que a solução encontrada - de consideração de quatro grupos horizontais de câmara partida axialmente e dotados de variadores de velocidade - correspondeu, sobretudo, á ponderação de questões de garantia de rendimento hidráulico e energético adequado, face á variabilidade do pedido, numa lógica de optimização técnico - económica do problema.

No caso da EE de Beja estamos no caso de uma grande estação elevatória da Rede Secundária de pé de barragem, bombeando para outro reservatório, com o pedido a jusante deste definido pela própria rede - tendo a solução encontrada, de consideração de grupos horizontais de câmara partida axialmente, quatro principais e dois auxiliares, tido em devida conta aspectos de rendimento hidráulico e energético, de oferta standard do mercado e técnico-económicos.

Na Figura 10 apresenta-se uma análise de sensibilidade de estimativa de consumos energéticos (assumindo-se uma dotação de 4.500m³/ha no bloco e 10 anos de período de adesão), associados ao benefício dos blocos servidos por este circuito hidráulico e por estas estações elevatórias, obtendo-se para consumos estimados em ano cruzeiro, totais 8,7 GWh.ano, na rede primária de

6,3 GWh.ano e na rede secundária de 2,4 GWh.ano podendo-se afirmar que, pese embora as dificuldades destas áreas, se conseguiu uma optimização significativa.

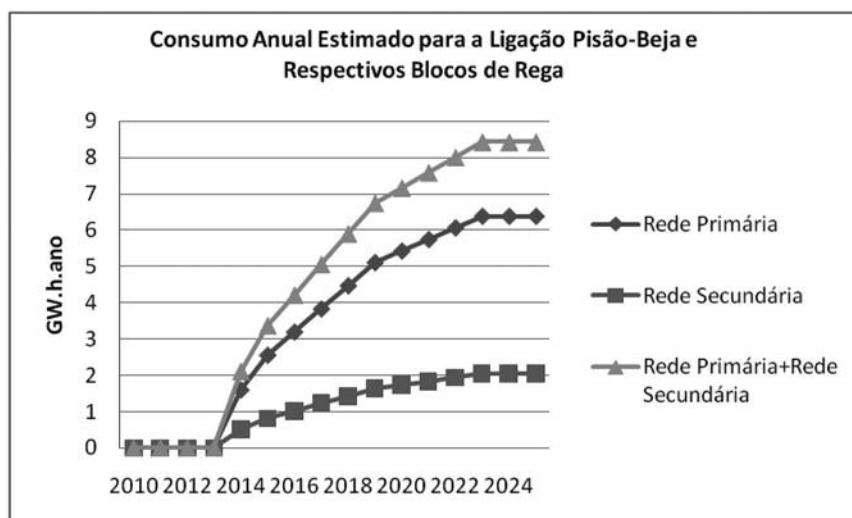


Figura 10 – Consumo energético anual estimado na Ligação Pisão-Beja

Os estudos efectuados para estes Projectos envolveram a equipa técnica da EDIA, as equipas dos Projectistas e da DGADR, sendo de elementar justiça deixar aqui uma palavra de reconhecimento para o entusiasmo e qualidade posto nestas prestações e colaborações - que foram uma mais-valia para o Empreendimento.

BIBLIOGRAFIA

Aqualogus (2005). *Estudo Prévio dos Troços de Ligação Pisão-Roxo e Pisão-Beja*

DGADR (2005/11). Notas e Pareceres relativos aos Estudos

MACINTYRE, A (1997). *Bombas e Instalações de Bombeamento*

Nelson Briso et al. *O Perimetro de Rega Pisão-Beja – Evolução de um Estudo. Caso Prático (2009).III Congresso de Rega e Drenagem, Beja.*

Procesl /GIBB /Prointec(2009). *Projecto de Execução da Ligação Pisão-Beja e Estudo Prévio das Alternativas da Rede de Rega, Drenagem e Viária dos Blocos de Rega Associados.*

Procesl (2011). *Projecto de Execução e Estudo de Impacte Ambiental dos Blocos de Rega Beringel – Beja.*

Procesl (2011). *Projecto de Execução e Estudo de Impacte Ambiental dos Blocos de Rega Cinco Reis-Trindade.*

TEMA 5

REDES DE REGA E DRENAGEM

OPTIMIZAÇÃO E ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA SECUNDÁRIO DE REGA.

Aplicação ao bloco do Alfundão Alto

Paula N. RODRIGUES¹

Sofia AZEVEDO²

Victor PAULO³

RESUMO

O dimensionamento de um sistema de rega pressurizado passa, obrigatoriamente, pela optimização económica da altura de elevação da estação de bombagem e dos diâmetros da respectiva rede de tubagens, tendo em conta a pressão que se pretende disponibilizar para o uso directo dos regantes.

O dimensionamento da rede deve ser feito tendo em consideração critérios de ordem económica, tendo por base os custos de investimento a realizar no sistema e os custos anuais correspondentes aos consumos de energia.

No âmbito dos estudos e projectos de execução do sistema de rega do Alfundão foram comparados dois métodos de optimização dos diâmetros das condutas da rede de rega do bloco de Alfundão Alto: a programação linear (algoritmo simplex modificado) e a programação dinâmica (algoritmo descontínuo de Labye). Este bloco faz parte do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, com uma área beneficiada aproximada de 609 ha.

Para a rede secundária de rega projectada apresenta-se resumidamente as características principais de projecto e os resultados da análise do funcionamento da rede, considerando o estabelecimento de vários regimes de caudal, embora os caudais de dimensionamento da rede tenham sido calculados através da primeira fórmula de Clément.

Concluiu-se que o método de programação linear conduz a uma solução ligeiramente mais económica, relativamente ao método de programação dinâmica. A análise do funcionamento da rede de rega mostra em geral um bom comportamento, com excepção de alguns hidrantes, cuja pressão disponível é ainda aceitável.

Palavras chave: projecto; rede de rega; optimização; análise do funcionamento.

¹ MSc. Engenharia da Rega e dos Recursos Agrícolas, Campo d'Água, Engenharia e Gestão, Rua do Miradouro - 18C, 2610-276 Alfragide, +351.214.704.270, prodrigues@campodagua.pt

² Ph.D., Agricultural Engineering & Water Resources, Campo d'Água, Engenharia e Gestão, Rua do Miradouro - 18C, 2610-276 Alfragide, +351.214.704.270, sazevedo@campodagua.pt

³ MSc. Hidráulica e Recursos Hídricos, Campo d'Água, Engenharia e Gestão, Rua do Miradouro - 18C, 2610-276 Alfragide, +351.214.704.270, vpaulo@campodagua.pt

1. DESCRIÇÃO GERAL DO PERÍMETRO DE REGA DO ALFUNDÃO

O perímetro de rega do Alfundão, recentemente construído, encontra-se actualmente em fase experimental de funcionamento. Faz parte do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, sistema do Alqueva (margem direita do Guadiana), estando a maior parte da área beneficiada situada no concelho de Ferreira do Alentejo, e a restante no concelho do Alvíto.

Na fase de projecto de execução, este perímetro foi definido com uma área beneficiada de cerca de 4 017 ha, tendo sido aplicados dois conceitos distintos de fornecimento de água aos regantes: fornecimento em baixa pressão, na zona de grande propriedade; e fornecimento em alta pressão na zona de pequena propriedade.

Assim, o perímetro de rega do Alfundão, abastecido a partir do adutor do Alfundão, com início na tomada de água da barragem do Pisão, foi dividido em dois blocos com redes de rega independentes.

O bloco de alta pressão (Alfundão Alto) tem uma área de 609,2 ha englobando toda a zona de pequena propriedade junto às povoações de Peroguarda e Alfundão. É pressurizado a partir da estação elevatória do Alfundão, que por sua vez é abastecida a partir de um reservatório semi-escavado localizado na extremidade do adutor do Alfundão. A jusante dos grupos elevatórios da estação elevatória localiza-se uma estação de filtração em pressão.

O bloco de baixa pressão (Alfundão Baixo) tem uma área de 3407,6 ha e domina toda a zona de grande propriedade, sendo o abastecimento efectuado graviticamente directamente a partir da barragem do Pisão através do adutor do Alfundão, com passagem também por uma estação de filtração.

Na Figura 1 apresenta-se o esquema geral do perímetro de rega do Alfundão. A mancha de rega de Alfundão Alto encontra-se localizada entre as cotas 95 m na margem da ribeira da Figueira, na zona Noroeste do perímetro de rega e a cota 143 m perto da povoação de Peroguarda.

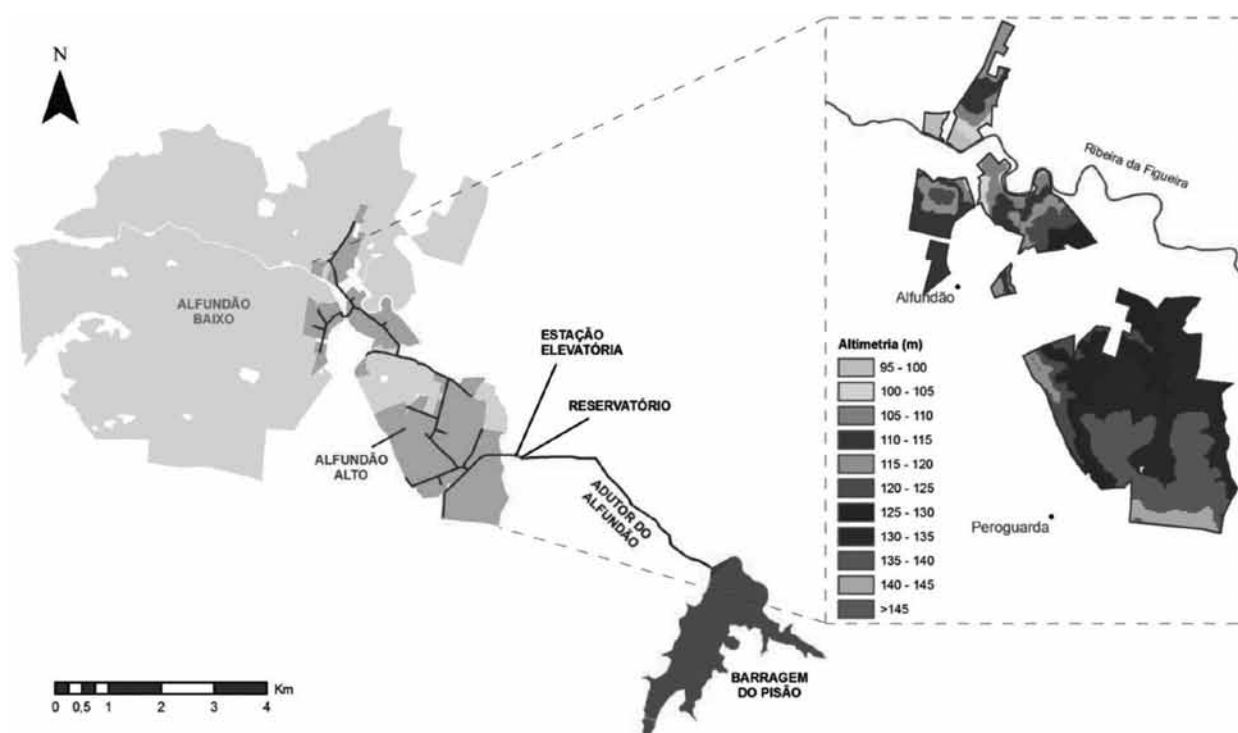


Figura 1 - Esquema geral do bloco do Alfundão

2. CARACTERÍSTICAS DE PROJECTO DA REDE DE REGA DO ALFUNDÃO ALTO

A presente Comunicação teve por base o projecto da rede de rega do Alfundão elaborado para a EDIA, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva (CAMPO D'ÁGUA, 2008), e que de seguida se apresentam as características principais consideradas na elaboração desse projecto.

2. 1. Traçado da rede de rega

A rede de rega é constituída por condutas ramificadas, cujo traçado em planta foi efectuado tendo por base a definição das unidades de rega (área beneficiada por uma boca de rega e que geralmente corresponde a um prédio) e a localização dos hidrantes.

A definição das unidades de rega baseou-se no cadastro dos proprietários e em ortofotomaps, tendo sido confirmada ou corrigida através de consultas aos agricultores interessados. Na grande propriedade, sempre que não existiam pontos de água (e.g. charcas) já materializados no terreno, concentrou-se o maior caudal possível em cada hidrante. Nas zonas de pequena propriedade procurou-se homogeneizar a área das unidades de rega, para que as bocas de rega sejam semelhantes, o que facilita a sua posterior manutenção ou substituição.

Os critérios adoptados na definição das unidades de rega foram, então, os seguintes:

- na grande propriedade - unidades com áreas máximas de 86 ha;
- na pequena propriedade – unidades com áreas mínimas de 7 a 8 ha, agrupando um máximo de 6 a 7 prédios.

Uma vez delimitadas as unidades de rega servidas por uma boca de rega, procedeu-se à sua agregação em unidades maiores servidas por um hidrante. A localização dos hidrantes foi efectuada essencialmente com base nos seguintes elementos: dimensão das unidades de rega, sua configuração e parcelas dominadas; acessos existentes; altimetria e tipos de instalações de rega a utilizar.

Por razões de ordem económica, procurou-se implantar as condutas sensivelmente no centro de gravidade dos consumos. Para as condutas de maior diâmetro, procurou-se desenvolvê-las essencialmente ao longo dos caminhos existentes, tendo em consideração a maior facilidade de acesso para execução das obras, bem como das condições de exploração e manutenção. Para os ramais de menores diâmetros, o traçado foi definido em função da localização dos hidrantes e atendendo aos seguintes critérios: aproveitamento do traçado de caminhos e outros limites físicos existentes; implantação ao longo dos limites de propriedade; aplicação da regra de 120° (quando possível) e redução ao mínimo do número de acessórios a utilizar. Por outro lado, o estudo de impacte ambiental, em particular as zonas de maior relevância arqueológica, foi tido em conta com vista à minimização dos impactes na fase de construção.

Em termos económicos pretendeu-se reduzir o comprimento da rede e minimizar o número de hidrantes a instalar. Assim, a rede de rega em análise apresenta um desenvolvimento de 15,1 km e uma densidade de 24,8 m/ha, encontrando-se equipada com 43 hidrantes e 86 bocas de rega.

2. 2. Materiais das condutas

A selecção dos materiais a utilizar nas condutas teve em consideração as características técnicas gerais das condutas (nomeadamente a sua pressão de serviço, durabilidade, tipo de instala-

ção, etc), o seu custo unitário e as características específicas da região. Assim, tendo em consideração as características do perímetro de rega do Alfundão seleccionou-se os seguintes materiais:

- PEAD com soldadura topo a topo, para diâmetros iguais ou inferiores a 500 mm;
- FFD com juntas automáticas, para diâmetros entre 600 a 900 mm;
- Betão pré-esforçado com alma de aço, para diâmetros iguais ou superiores a 1000 mm.

2.3. Caudais de dimensionamento

O caudal de dimensionamento das bocas de rega é função das necessidades de água das culturas e do tempo máximo da sua utilização em período de ponta.

Com vista ao cálculo das necessidades de água para rega, no perímetro de rega do Alfundão, adoptou-se o modelo de ocupação cultural constituído por 70 % da área com uma rotação de girassol-trigo-milho-culturas industriais e 30 % de olival (IEADR, 1996).

As necessidades de rega úteis adoptadas foram calculadas por IEADR (1996). Este estudo carece de actualização. Porém, e por uma questão de uniformidade com as outras infra-estruturas do EFMA já projectadas, a EDIA solicitou a manutenção dos valores aí propostos.

Os métodos de rega preconizados foram a rega por aspersão para as culturas de ciclo anual e a rega localizada para o olival.

As bocas de rega do bloco do Alfundão Alto foram dimensionadas para permitirem aplicar a dotação útil de 1672 m³/ha (dotação total na boca de rega de 2051 m³/ha) relativa ao modelo cultural estabelecido, no período de ponta (mês de Julho), no ano crítico e no tempo máximo utilizável de 540 horas (o horário de rega adoptado foi de 6 dias por semana e 20 horas por dia, sendo o rendimento de utilização da rede de rega de 72,6 %).

Com base nestes valores têm-se para toda a rede de rega o caudal fictício contínuo de 0,77 l/s/ha e o caudal específico de 1,05 l/s/ha. Assim, foram definidas várias classes de bocas de rega de acordo com os caudais nominais estabelecidos em função dos caudais específicos de dimensionamento e áreas dominadas correspondentes. No Quadro 1 indicam-se os caudais máximos de cada classe, as áreas dominadas correspondentes e o número de bocas de rega para o bloco de rega do Alfundão Alto.

Quadro 1 – Classes e número de bocas de rega no bloco de Alfundão Alto.

Classe	Caudal máximo		Área dominada (ha)	Grau de liberdade	Nº de bocas
	(m ³ /h)	(l/s)			
1	10	2,8	0 - 2,1	1,7	3
2	20	5,6	2,2 - 4,2		16
3	30	8,3	4,3 - 6,3		32
4	40	11,1	6,4 - 8,4		19
5	60	16,7	8,5 - 12,6		9
6	80	22,2	12,7 - 16,9		3
7	100	27,8	17,0 - 21,1		2
8	120	33,3	21,2 - 26,9	1,6	1
9	140	38,9	27,0 - 31,3		0
10	160	44,4	31,4 - 35,8		0
11	180	50,0	35,9 - 40,3		0
12	200	55,6	40,4 - 44,8		0
13	220	61,1	44,9 - 52,1		1,5

O dimensionamento da rede deve ser efectuado de modo a assegurar o transporte de determinados caudais que conduzam a uma solução global equilibrada, quer em termos de custo, quer do ponto de vista das condições de funcionamento.

No perímetro de rega do Alfundão preconiza-se a distribuição a pedido com restrição apenas do caudal máximo que poderá ser derivado na boca de rega. Nesta situação, os regantes têm total liberdade para a abertura das bocas de rega sem efectuar qualquer aviso prévio aos responsáveis pela gestão do perímetro.

O caudal máximo que poderá ser solicitado em cada troço da rede será igual à soma do caudal nominal de todas as bocas de rega que se encontrem a jusante. Contudo, o consumo deste caudal apenas se verificará se todas essas bocas se encontrarem em funcionamento simultâneo. Como a abertura das diversas bocas é independente, a probabilidade de tal acontecer diminui com o aumento do número de bocas de rega existentes na rede secundária de rega.

Assim, é razoável dimensionar as condutas para transportar um caudal correspondente a um determinado número de bocas de rega em funcionamento simultâneo e inferior ao número total de bocas instalado, de acordo com uma determinada probabilidade de ocorrência. Para o efeito, o caudal de dimensionamento associado a cada troço da rede, para determinada probabilidade de não ser ultrapassado, foi calculado pelo primeiro modelo de Clément (CLÉMENT e GALAND, 1997). Segundo esta metodologia, o número de bocas de rega operando ao mesmo tempo (N) é obtido através da expressão:

$$N = R p + U(P_q) \sqrt{R p (1 - p)} \quad (1)$$

sendo:

R - número de bocas de rega existente na rede;

p - probabilidade média de abertura das bocas;

$U(P_q)$ - variável normal reduzida correspondente à probabilidade acumulada P_q da distribuição normal.

A probabilidade média de abertura (p) de uma boca de rega é função do caudal fictício contínuo, da área de rega, do número total de bocas instaladas, do rendimento de utilização da rede e ainda do caudal nominal associado à boca.

Quando na rede de rega existem i classes de bocas de rega, com correspondentes caudais nominais d_i , o caudal de dimensionamento do troço t de tubagem (Q_t) é dada por:

$$Q_t = \sum_i R_i p_i d_i + U(P_q) \sqrt{\sum_i R_i p_i (1 - p_i) d_i^2} \quad (2)$$

Para troços que dominam até 5 bocas de rega considerou-se uma qualidade de funcionamento igual a 100 %, isto é, esses troços são dimensionados para a soma dos caudais de todas as bocas de rega instaladas a jusante. Para os restantes troços adoptaram-se valores de P_q entre 99 e 95 %.

A soma dos caudais máximos de todas as bocas instaladas na rede de rega do Alfundão Alto (fixadas por limitadores de caudal) é de 942 l/s. Contudo, a aplicação do primeiro modelo de Clément permitiu obter um caudal total de dimensionamento, no início da rede, de 740 l/s, conduzindo a uma relação entre caudal de dimensionamento e caudal total igual a 79 %.

2. 4. Pressões mínimas a garantir na parcela

As pressões mínimas a garantir a jusante das bocas de rega dependem dos métodos de rega a utilizar. No caso presente, e tendo em conta os sistemas de rega que se prevê serem adoptados, a pressão mínima a garantir à entrada do hidrante foi de 4,0 bar (ou 40 m.c.a.).

No entanto, em geral, considera-se aceitável que algumas das bocas de rega não tenham a carga mínima, de modo a não sobredimensionar toda a rede devido apenas a um reduzido número de hidrantes localizados em zonas topograficamente mais desfavoráveis. Estes hidrantes com pressão inferior ao mínimo estabelecido são identificados na análise do funcionamento da rede.

3. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE REGA

Para a optimização dos diâmetros a utilizar em cada troço da rede de rega e da altura manométrica de elevação foram adoptados dois métodos de programação: a programação linear e a programação dinâmica. Posteriormente, analisou-se também o desempenho do funcionamento da rede para a combinação de diâmetros resultantes da optimização, para múltiplos regimes de caudal.

3. 1. Método de programação linear

Do ponto de vista matemático um problema genérico de programação linear pode resumir-se à determinação do valor óptimo (mínimo ou máximo) de uma função objectivo, do tipo linear com n variáveis X_i sujeitas entre si a relações lineares de dependência, chamadas restrições do problema. Assim numa rede ramificada, procura-se minimizar a seguinte função objectivo:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (3)$$

que expressa o custo de uma rede ramificada de condutas, onde os coeficientes C_1, C_2, \dots, C_n representam os custos unitários da tubagem e as variáveis X_1, X_2, \dots, X_n são os comprimentos de cada diâmetro que minimizam a função objectivo sujeita às seguintes restrições:

$$\begin{cases} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1j}X_j (<,=,>) b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2j}X_j (<,=,>) b_2 \\ \dots \\ a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ij}X_j (<,=,>) b_i \end{cases}, \text{ com } X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots X_j \geq 0 \quad (4)$$

Para a resolução deste problema de programação linear utilizou-se o algoritmo simplex modificado, concretizado num programa computacional. A aplicação desta técnica a problemas hidráulicos está limitada às situações em que é possível estabelecer relações lineares entre todas as variáveis, quer na construção da função objectivo, quer nas restrições. Uma vez que as relações entre os diâmetros e os caudais ou as respectivas perdas de carga são do tipo exponencial, a determinação dos diâmetros que conduzem ao mínimo custo faz-se por um processo indirecto. Com efeito, geralmente consideram-se como incógnitas não os diâmetros, mas os comprimentos (X) aplicados a um conjunto de diâmetros candidatos.

Assim, na função objectivo, o custo do sistema é definido por uma relação linear das variáveis comprimentos, e as restrições de carga hidráulica, serão igualmente funções lineares das perdas de carga unitárias (J) e das variáveis comprimento ($L=X$) associadas aos diferentes diâmetros.

A título exemplificativo considere-se um sistema de condutas constituído por i troços e $i+1$ nós, sendo conhecido para cada troço o seu comprimento e caudal, e, para cada nó, a cota do terreno e a pressão mínima necessária.

Com base nos valores limite da velocidade de escoamento (valores mínimo e máximo) geralmente admissíveis, seleccionam-se, para cada troço, os diâmetros candidatos (D_{ij}) podendo obter-se j diâmetros para cada troço i .

Atendendo ao caudal de dimensionamento e aos diâmetros que poderão ser utilizados em cada troço, determinaram-se as respectivas perdas de carga unitárias (J_{ij} , m/m). A função objectivo a minimizar será então:

$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{1j}X_{1j} + C_{21}X_{21} + \dots + C_{2j}X_{2j} + \dots + C_{i1}X_{i1} + \dots + C_{ij}X_{ij} \quad (5)$$

As restrições relativas aos comprimentos são dadas pelas expressões seguintes, em que para cada troço i , a soma dos comprimentos associados aos diversos diâmetros em que o troço se considerou subdividido, terá de ser igual ao comprimento total do troço em causa. O número de restrições relativas aos comprimentos será igual ao número de troços do sistema:

$$\begin{cases} X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1j} = L_1 \\ X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2j} = L_2 \\ \dots \\ X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{ij} = L_i \end{cases} \quad (6)$$

As restrições hidráulicas relativas aos diversos nós no sistema são:

$$\begin{cases} H - J_{11}X_{11} - J_{12}X_{12} - \dots - J_{1j}X_{1j} \geq H_{\min 1} \\ H - J_{21}X_{21} - J_{22}X_{22} - \dots - J_{2j}X_{2j} \geq H_{\min 2} \\ \dots \\ H - J_{i1}X_{i1} - J_{i2}X_{i2} - \dots - J_{ij}X_{ij} \geq H_{\min i} \end{cases} \quad (7)$$

onde H representa a cota piezométrica disponível no início da rede e $H_{\min i}$ as cotas piezométricas mínimas necessárias nas diversas bocas de rega. Deste modo, o valor da carga hidráulica disponível subtraído do somatório das perdas de carga totais que se verificam nos troços da rede, terá necessariamente de conduzir a um valor de altura piezométrica, superior ou igual ao valor pretendido.

As inequações das restrições hidráulicas poderão transformar-se em equações adicionando-se variáveis de folga. Assim, obtém-se um sistema de m equações com n incógnitas, resolvido através de um processo iterativo, permitindo determinar os comprimentos dos diversos diâmetros da rede que minimizam a função objectivo.

3. 2. Método de programação dinâmica

O dimensionamento das tubagens da rede de rega, utilizando o método de programação dinâmica foi efectuada recorrendo ao algoritmo descontínuo de Labye para o regime de caudal de dimensionamento. Para o efeito recorreu-se ao modelo LIDM integrado no programa computacional COPAM proposto pela FAO (LAMADDALENA e SAGARDOY, 2000).

O algoritmo descontínuo de Labye desenvolve-se em duas fases distintas (LAMADDALENA, 1997).

Na primeira fase, uma solução inicial é estabelecida seleccionando, para cada troço k da rede, o diâmetro mínimo comercial (D_{\min}) que permite escoar o caudal de dimensionamento (Q_k) com a velocidade máxima do escoamento admissível (V_{\max}).

O diâmetro, para a secção k , é calculado pela relação:

$$(D_{\min})_k = \sqrt{\frac{4 Q_k}{\pi V_{\max}}} \quad (8)$$

Depois de conhecidos os diâmetros iniciais, calcula-se a cota piezométrica $(Z_0)_{in}$ a montante da rede, que satisfaz a carga ($H_{j,\min}$) mínima exigida na boca mais desfavorável (j):

$$(Z_0)_{in} = H_{j,\min} + ZT_j + \sum_{0 \rightarrow M_j} Y_k \quad (9)$$

Sendo $\sum_{0 \rightarrow M_j} Y_k$ e ZT_j respectivamente as perdas de carga e a cota do terreno no troço imediatamente a montante do hidrante mais desfavorável. A cota piezométrica inicial $(Z_0)_{in}$ relativa à solução inicial é calculada através da relação (9).

Na segunda fase do algoritmo, a solução óptima é obtida iterativamente diminuindo a cota piezométrica a montante $(Z_0)_{in}$ até se atingir o valor da cota piezométrica pretendida (Z_0) , seleccionando em cada iteração, os troços para as quais um aumento do diâmetro produz um aumento mínimo do custo da rede.

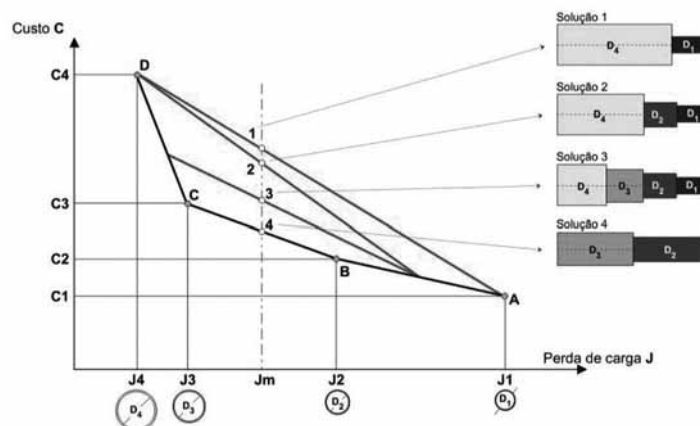
Para cada iteração, num troço de tubagem são seleccionados dois diâmetros comerciais candidatos (D_s e D_{s+1}) e define-se o parâmetro β_s , representado pela curva característica do troço (Figura 2):

$$\beta_s = \frac{C_{s+1} - C_s}{J_s - J_{s+1}} \quad (10)$$

onde

C_s – custo do troço da tubagem s ;

J_s - perda de carga unitária da tubagem s .



Como se observa na figura anterior para cada valor de perda de carga, existe uma combinação óptima de diâmetros correspondentes aos valores nominais inferior e superior, entre os quais se encontra o diâmetro teórico calculado.

3. 3. Aplicação dos métodos de optimização

Depois de definido o traçado da rede de rega caracterizaram-se todos os troços da rede, relativamente ao comprimento, caudal de dimensionamento, e cotas dos nós localizados a montante e a jusante.

As perdas de carga contínuas foram determinadas pela equação de Colebrook-White, na aplicação da programação linear, enquanto que na programação dinâmica se utilizou a equação de Darcy. No Quadro 2 mostram-se os valores utilizados para os coeficientes de rugosidade dos materiais previstos: a rugosidade equivalente (e) para a primeira equação e o parâmetro de Bazin (g) para a segunda equação.

Quadro 2 – Coeficientes de rugosidade.

Material	Diâmetros (mm)	e (mm)	g ($m^{0.5}$)
PEAD	90 - 500	0,05	0,00
FFD	600 - 900	0,1	0,07
Betão	1000-1800	0,3	0,07

Para a selecção dos diâmetros comerciais que poderiam ser utilizados em cada troço da rede, consideraram-se velocidades mínima e máxima admissíveis, respectivamente, igual a 0,25 e 1,80 m/s. No que se refere à pressão mínima a garantir a montante de cada hidrante, considerou-se um valor de 40 m.c.a.

Para a definição dos custos (Figura 3) considerou-se o custo da tubagem propriamente dita, incluindo os elementos das juntas, os custos do movimento de terras e também os custos de mão-de-obra para a sua instalação.

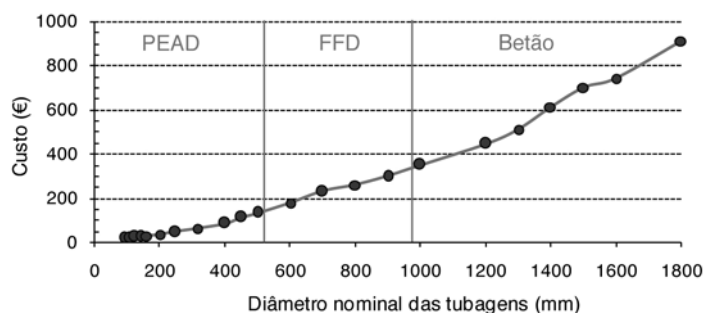


Figura 3 – Custo unitário das tubagens.

A optimização deverá ser feita para o conjunto estação elevatória e rede de rega. Com efeito, o aumento da altura de elevação proporciona a redução nos diâmetros das condutas (pelo aumento da disponibilidade de carga hidráulica) e conseqüentemente à redução do respectivo custo de ins-

talação. Porém, conduz também a um aumento do custo da estação elevatória e dos encargos de exploração com a energia eléctrica para funcionamento dos grupos electrobomba. Assim, a solução mais económica para o conjunto de valores dos diâmetros das condutas associada a uma altura de elevação, será aquela que conduz ao menor valor do somatório dos respectivos encargos globais.

A solução mais económica foi, deste modo, determinada com base em várias simulações de optimização da rede, segundo o algoritmo simplex modificado descrito anteriormente, para várias alturas de elevação, para as quais também se calcularam os custos totais associados, ou seja para além do custo de investimento da rede de rega, estimou-se o consumo médio anual de energia, correspondente a diferentes cotas piezométricas iniciais (e respectivas alturas de elevação) dos volumes bombados e do número de horas de funcionamento, em ano médio.

Para tal teve-se em conta as necessidades hídricas em ano médio (8018 m³/ha) e o nível médio de água no reservatório. Considerou-se ainda uma perda de carga total de 8 m no circuito da estação elevatória e sistema de filtragem, um rendimento dos grupos de 75 % e um custo médio de 0,10 €/kWh.

Actualizando os custos totais a 30 anos, a uma taxa de 5 %, admitindo que os custos de investimento ocorrem nos dois primeiros anos, seleccionou-se a cota piezométrica mais ajustada à rede de rega do Alfundão Alto. Assim, seleccionando-se a cota piezométrica de 187 m (altura manométrica de elevação de 58 m), que corresponde ao mínimo da curva de custos totais actualizados (Figura 4), define-se a rede com os menores custos de investimento, associada a um custo de consumo energético mais racional.

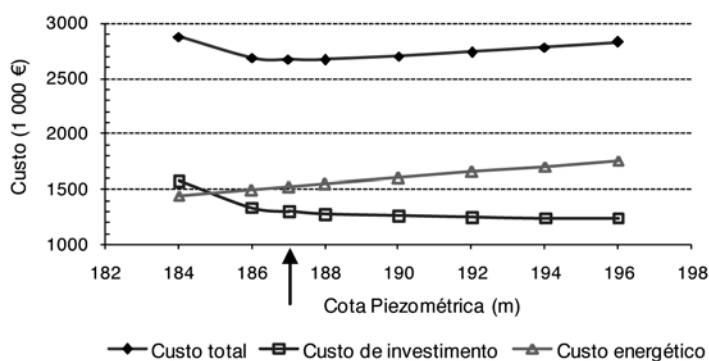


Figura 4 - Curvas de custos actualizados.

3. 4. Resultados obtidos

Visto que os programas de optimização utilizados, recorrem a diferentes formulações para o cálculo das perdas de carga, importa verificar as diferenças obtidas, para os troços com os mesmos diâmetros. Na Figura 5 apresentam-se as perdas de carga unitárias obtidas pelos dois métodos. Observa-se não existir qualquer diferença para as tubagens de FFD. No caso das condutas em PEAD a perda de carga unitária é relativamente superior no caso da utilização da equação de Darcy.

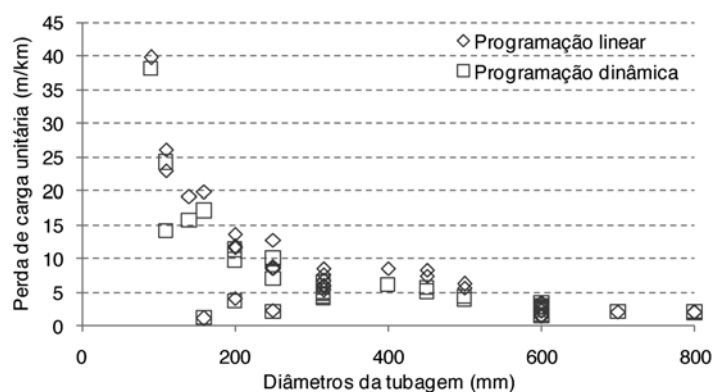


Figura 5 - Perdas de carga unitárias.

No Quadro 3 apresentam-se os comprimentos de tubagens para os diâmetros otimizados segundo os algoritmos utilizados, assim como o custo total associado com as tubagens. No Quadro 4 mostram-se as relações percentuais entre as tubagens de PEAD e de FFD em termos de comprimento e de custo.

Verifica-se que as optimizações efectuadas, pelos dois métodos de cálculo, resultam na selecção maioritária de tubagem em PEAD, ou seja por diâmetros inferiores a 600 mm. De facto, mais de 75 % do comprimento total da rede é constituída por este material. Embora o dimensionamento pelo método de programação linear tenha conduzido a um comprimento total de tubagens em PEAD superior em 3,5 %. A restante extensão da rede é formada por tubagens em FFD com diâmetros entre 600 e 800 mm.

Em termos de custos observa-se que a rede dimensionada pelo método de programação linear é apenas 1,5 % mais económica que a rede resultante da aplicação do algoritmo descontínuo de Labye. Este resultado está de acordo com LAMADDALENA (1997) que afirma que a diferença entre os resultados da programação linear e da programação dinâmica através do algoritmo de Labye é sempre inferior a 2,0 %.

Quadro 3 – Comprimentos e custos dos diâmetros seleccionados

Material	Diâmetro(mm)	Programação linear		Programação dinâmica	
		Comprimento (m)	Custo (x1000€)	Comprimento (m)	Custo(x1000€)
PEAD	90	735,7	12,510	755,2	12,838
	110	703,1	12,660	683,6	12,305
	125	0,0	0,0	352,9	7,412
	140	1128,7	25,960	496,2	11,412
	160	304,4	7,610	570,8	14,270
	200	1810,9	57,950	1387	44,383
	250	2012,4	90,560	2169,5	97,629
	315	2020,2	119,190	2298,9	135,634
	400	1024,8	87,110	1420,9	120,778
	450	728,9	80,910	334,0	37,074
FFD	500	1450,0	188,500	910,1	118,318
	600	1818,1	319,990	2510,9	441,912
	700	402,9	91,860	111,0	25,308
	800	960,0	246,720	1099,0	282,443
Total		15100	1341,530	15100	1361,716

Quadro 4 – Comprimentos e custos dos diâmetros selecionados

Material	Diâmetros (mm)	Programação linear		Programação dinâmica	
		Comprimento (%)	Custo (%)	Comprimento (%)	Custo (%)
PEAD	90 - 500	78,9	50,9	75,4	45,0
FFD	600 - 800	21,1	49,1	24,6	55,0
Total		100	100	100	100

4. ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DA REDE DE REGA

Tendo-se dimensionado a rede de rega pelos dois métodos de optimização, optou-se pela solução mais económica para concretizar em projecto, ou seja optou-se pelos diâmetros das tubagens calculados através do método de programação linear. Contudo, para simplificar a execução das condutas, a solução final foi ajustada de forma a que em cada troço da rede fosse instalada apenas um diâmetro comercial.

O estudo do sistema de rega (estação elevatória e rede de rega) deverá ser feito tendo em consideração a definição de várias configurações de rede. Por configuração de rede entende-se o conjunto de bocas em funcionamento simultâneo (número e sua posição na rede).

A cada configuração de rede corresponde um regime de caudal, que é dado pela soma dos caudais nominais de todas as bocas em funcionamento simultâneo.

O caudal de dimensionamento da rede, obtido pelo primeiro modelo de Clément corresponde apenas a uma determinada configuração da rede, representando de forma incompleta o funcionamento da rede para todas as possíveis configurações (CALEJO e COLAÇO, 2005). Deste modo, é vantajoso que se analise o desempenho hidráulico da rede, para múltiplos regimes de caudal.

Assim, para a análise do funcionamento da rede utilizou-se o modelo AKLA, também integrado no programa computacional COPAM (LAMADDALENA e SAGARDOY, 2000).

A avaliação efectuada pelo modelo baseia-se na geração aleatória de múltiplas combinações de bocas de rega a funcionar em simultâneo (designadas por configurações r da rede) e na comparação da carga disponível $(H_j)_r$ em cada boca j com o valor da carga mínima necessária para o bom funcionamento dos equipamentos de rega, H_{\min} . Assim, uma certa boca de rega está satisfeita, isto é apresenta um bom desempenho, sem falha, quando se observa a relação:

$$(H_j)_r \geq H_{\min} \quad (11)$$

A pressão disponível em cada nó da rede é determinada utilizando a equação de Darcy para o cálculo das perdas de carga.

Tendo em conta que o nível de água no reservatório a montante da estação elevatória pode variar entre o NmE e o NPA (ou seja entre as cotas 137 e 140 m), calcularam-se os indicadores diferença relativa de pressão e fiabilidade, gerando-se 1000 regimes de configurações de bocas de rega em funcionamento simultâneo para os seguintes valores de caudal bombado entre 10 e 740 l/s.

A diferença relativa de pressão é dada pela expressão $(H-H_{\min})/H_{\min}$, sendo H a pressão disponível numa certa boca para uma dada configuração da rede.

A fiabilidade é um indicador que quantifica a frequência em que a pressão em determinada boca é inferior à pressão mínima estabelecida, H_{\min} (no presente caso $H_{\min} = 40$ m.c.a.), para os regimes de caudais gerados.

Na Figura 6 apresentam-se as curvas de diferença de pressão relativa para 10 e 90 % dos regimes de caudal para os níveis extremos de água no reservatório. Na Figura 7 mostram-se os correspondentes valores de fiabilidade da rede para o conjunto de diâmetros de tubagem.

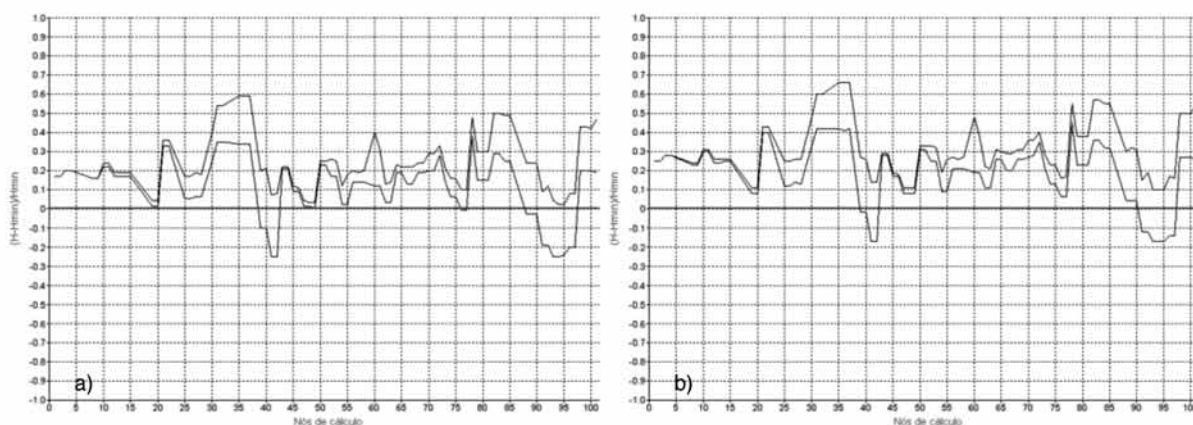


Figura 6 - Indicador diferença relativa de pressão para os níveis no reservatório às cotas 137 (a) e 140 m (b).

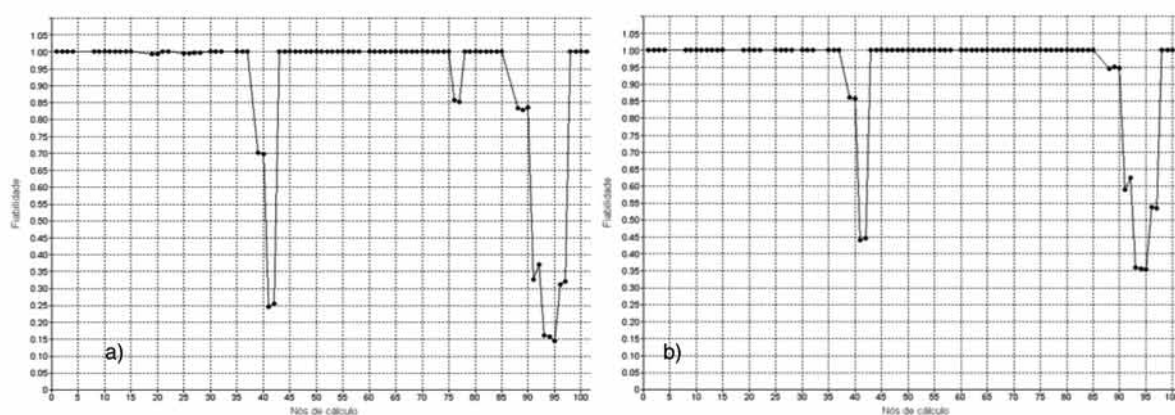


Figura 7 - Indicador de fiabilidade para os níveis no reservatório às cotas 137 (a) e 140 m (b).

Observa-se que 16 bocas de rega (das 86 instaladas, ou seja menos de 19 %), em algumas configurações da rede, apresentam falhas, ou seja têm uma carga disponível inferior a 40 m.c.a., quando a água no reservatório se situa no seu nível mínimo, situação mais desfavorável.

No Quadro 5 identificam-se essas bocas e quantificam-se os correspondentes valores mínimos de pressão das bocas de rega, que poderão ocorrer nos regimes de caudal mais desfavoráveis. Nota-se que alguns valores são relativamente baixos, face ao objectivo de se fornecer aos regantes uma pressão igual ou superior a 40 m.c.a. De facto, verifica-se a possibilidade de 10 % das bocas de rega poderem apresentar uma pressão a montante inferior a 35 m.c.a. (mas superiores a 30 m.c.a.) e com a agravante de apresentarem também fiabilidades reduzidas, inferiores a 50 %.

As diferenças de pressão relativa e correspondentes fiabilidades melhoram quando o nível de água no reservatório passa do NmE para o NPA, verificando-se que o aumento das pressões mínimas nas bocas de rega críticas varia entre 2,5 e 3,2 m.c.a. Quando o reservatório se encontra no seu nível máximo todas as bocas de rega apresentam uma pressão mínima superior a 33 m.c.a.

Quadro 5 – Bocas de rega com déficits de pressão

Conduta	Boca de rega	Nó de cálculo	H ₁₃₇ (m.c.a.)	H ₁₄₀ (m.c.a.)
CP	H14-1	39	36,0	39,1
	H14-2	40	36,0	39,1
	H15-1	41	30,0	33,2
	H15-2	42	30,0	33,2
C7	H7.3-1	76	39,5	42,5
	H7.3-2	77	39,5	42,5
C10	H10.3-1	88	38,8	41,5
	H10.3-2	89	38,8	41,5
	H10.3-3	90	38,8	41,5
	H10.4-1	91	32,5	35,2
	H10.4-2	92	32,5	35,2
C10-1	H10.5-1	93	30,0	33,3
	H10.5-2	94	30,0	33,3
	H10.5-3	95	30,5	33,3
C10-2	H10.6-1	96	32,0	34,5
	H10.6-2	97	32,0	34,5

5. CONCLUSÕES

O dimensionamento de uma rede de rega com bombagem de água deverá atender aos custos de investimento da rede, mas também aos custos energéticos inerentes ao funcionamento da estação elevatória. Assim, foi seleccionada a solução que conduz ao custo global (investimento e energia) mínimo.

A optimização da rede de rega do Alfundão Alto efectuada através dos métodos de programação linear pelo algoritmo simplex modificado e programação dinâmica pelo algoritmo descontínuo de Labye conduzem a resultados semelhantes, embora o método de programação linear defina uma solução ligeiramente mais económica.

Apesar de se ter constatado que o funcionamento hidráulico da rede de rega poderá apresentar algumas falhas, em alguns regimes de caudal, optou-se por não aumentar os diâmetros das condutas para não encarecer toda a rede, devido ao facto de apenas alguns hidrantes estarem instalados a cotas mais elevadas ou estarem mais afastados da estação elevatória. Igualmente, optou-se por não aumentar a altura manométrica, de modo a não aumentar os custos anuais de energia, a suportar por todos os regantes. Assim, pode concluir-se que o funcionamento da rede de rega é de um modo geral, aceitável. Esta opção é recomendada pela EDIA e tem também vindo a ser adoptada em outros regadios semelhantes.

Actualmente, a rede de rega encontra-se construída, tendo as tubagens de FFD sido substituídas por tubagens em PEAD, por proposta do empreiteiro. Como o coeficiente de rugosidade deste material é inferior ao do FFD, as perdas de carga da rede construída serão menores, pelo que os resultados do funcionamento da rede de rega serão ligeiramente melhores, relativamente aos apresentados.

BIBLIOGRAFIA

CALEJO, M.J.; COLAÇO, A. (2005), “*Simulação da Rede de Rega para Dimensionamento dos Grupos de Velocidade Variável do Bloco 3 da Rede de Rega da Vigia*”, in comunicações apresentadas no I Congresso de Rega e Drenagem, COTR, Beja (Portugal), 5 - 7 Dez.

CAMPO D'ÁGUA (2008). *Projecto de Execução do Bloco de Rega do Alfundão. Volume II – Projecto de Execução da Rede de Rega. Tomo II.1 – Memória Descritiva e Justificativa e Medições*, EDIA, Beja (Portugal), 82pp.

CLÉMENT, R.; GALAND, A.(1979). *Irrigation par Aspersion et Réseaux Collectifs de Distribution sous Pression*. Eyrolles Editeur, Paris (França).

GARCÍA, R.P.; LEDESMA, B.L.; SEBASTIÁN, J.I.; SOLANO, J.M. (2006). “*Método de la Pendiente Económica para el Diseño Óptimo de Redes*”, in comunicações apresentadas no VI SEREA – Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa (Brasil), 5 - 7 Jun.

IEADR (1996), *Consumos de Água para Rega do Empreendimento de Alqueva*, IEADR, Lisboa (Portugal).

LAMADDALENA, N. (1997) “*Integrated Simulation Model for Design and Performance Analysis of On-demand Pressurized Irrigation Systems*”. *Tese de doutoramento*, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, (Portugal).

LAMADDALENA, N.; SAGARDOY, J.A. (2000) “*Performance Analysis of On-demand Pressurized Irrigation Systems*”. *Irrigation and Drainage Paper n° 59*, FAO, Rome.

AUTOMATIZACION Y MONITORIZACION DE REDES HIDRAULICAS

David Olmo Díaz¹

RESUMEN

La importancia de los regadíos en la actualidad cobra una importancia muy alta, en cuanto que son los artífices de la fijación de población en determinados lugares donde la despoblación crecía, por falta de recursos económico. Los regadíos nos brindan la posibilidad de hacer cultivos con un valor añadido, más rentables y ayudan a dinamizar la economía de las zonas rurales.

Los recursos hídricos y energéticos limitados y la creciente demanda de estos, nos obligan a hacer nuestras instalaciones lo más eficiente posible. Para conseguir llegar a estos objetivos la tecnología actual nos brinda unas herramientas bastante potentes.

La automatización de las instalaciones de regadío nos permite poder aumentar la superficie regable con el consiguiente aumento del valor del terreno, aumentar la producción y controlar costes de producción con el consiguiente aumento de beneficios, controlar los recursos hídricos aumentando caudales ecológicos de nuestras cuencas, controlar los recursos energéticos minimizando las emisiones de CO2 a la atmosfera; en definitiva mejorar nuestras explotaciones agrarias y cuidar el entorno que las rodea.

Los sistemas de Motorola y Célula, nos permiten automatizar las instalaciones hasta un grado muy elevado, permitiendo una explotación rentable y sostenible. La fiabilidad contrastada con años de experiencia en el mercado y el desarrollo continuo de productos apoyados en los nuevos avances tecnológicos hacen que nuestros productos estén a la vanguardia de la automatización a nivel mundial.

AUTOMATIZACION, SOSTENIBILIDAD, RENTABILIDAD, FIABILIDAD, ROBUSTEZ.

RESUMEN ALARGADO

Para ver la importancia de la automatización de los sistemas de regadío, hay que ver la situación desde un paso más atrás del que normalmente solemos observar las instalaciones que proyectamos, instalamos y explotamos.

Sin ninguna duda en el sistema económico que tenemos actualmente, la obtención de beneficio y la rentabilidad de las explotaciones son muy importante, pero no debemos olvidar que esas explotaciones y el entorno que las rodea, forma parte de un ecosistema y todo ecosistema para su durabilidad en el tiempo tiene que guardar un equilibrio.

Las crecientes necesidades alimentaria de la población junto con una mayor competencia en los mercados globales, por un lado obliga a la producción de mas alimentos y por otro rentabilizar

¹ Técnico Especialista Electrónica Industrial, Avd Espartinas, 29, Parque Empresarial Pibo A49, 41110 Bollullos de la Mitación, Sevilla, España, +0034 605 84 54 61, david@regacom.net

al máximo las explotaciones, y teniendo en cuenta que los regadíos son actualmente la fuente de producción de alimentos con mayor crecimiento, los recursos hídricos y energéticos son vitales para el futuro.

Los regadíos necesitan de la tecnología para poder cumplir los objetivos de crecimiento y sostenibilidad.

La tecnología actual nos permite niveles de automatización de instalaciones bastante elevadas y la posibilidad de controlar de una forma muy fiable las explotaciones.

La elección de un sistema de automatización no siempre es fácil y conlleva la observación de parámetros económicos, orográficos, de recursos, etc....La flexibilidad de los sistemas, (en cuanto a las posibilidades que nos ofrezca de comunicación, programación, monitorización, tratamiento de la información, etc....) y la robustez, son vitales a la hora de elegir un sistema u otro.

Los sistemas de Motorola, nos ofrecen además de las características anteriormente mencionadas, la experiencia de 35 años en el mercado de la automatización de instalaciones, teniendo un especial cuidado en los productos desarrollados, compatibiliza los nuevos productos con los anteriormente desarrollados.

La apertura de los sistemas cada vez es una realidad y como pasa ya en el sector industrial, Motorola a lanzado el estándar OPC para sus aplicaciones software que le va a permitir la apertura hacia PLC de estaciones de bombeo, sistemas GIS, aplicaciones de facturación y demás sistemas o aplicaciones susceptibles de intercambio de información.

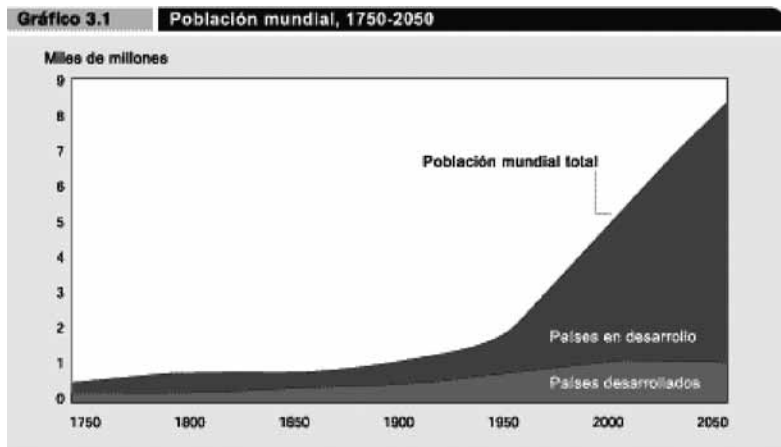
El hardware de Motorola, cuenta con unidades instaladas hace 35 años que actualmente siguen operativas y eso nos permita saber cuáles son las problemáticas del medio en el que son aplicados nuestros productos. Contamos con encapsulados de electrónica específicos, con grado IP adecuados, protocolos de comunicación redundantes y fiables, para poder ofrecer una información veraz.

El Sistema Célula, concebido para poder dar a las instalaciones la mayor flexibilidad posible en cuando a soluciones a medida, funciones datalogger, implementación de redes WI-FI, adquisición de datos y su posterior tratamiento.

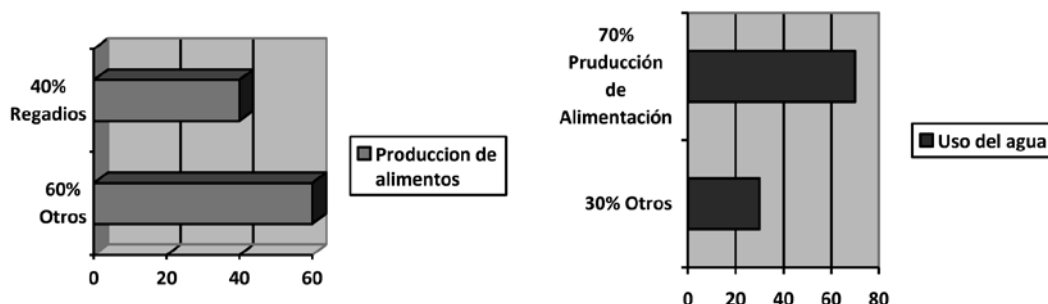
La optimización de los recursos hídricos y energéticos es una responsabilidad que tenemos en la actualidad y en la medida que nos concienciamos de ello, dependerá el futuro y la sostenibilidad de nuestras instalaciones; y para ello disponemos de la tecnología para poder dar respuestas.

INTRODUCCIÓN

En el informe “El uso sostenible del agua en el sector agrario: situación actual y perspectivas de futuro”, presentado el Día Mundial del Agua 2007, se reconoce según la FAO, la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial. En el año 2030 se espera que la población mundial alcance los 8.100 millones de personas y las necesidades de alimentos aumentaran un 55% respecto a 1998.



A nivel mundial, el 40% del total de alimentos se produce en regadío. El 70% del agua se utiliza para producir alimentos, llegando en algunos países hasta el 95%.



Por tanto, uno de los mayores desafíos mundiales del siglo actual es el uso sostenible del agua, como se ha reconocido en distintos foros internacionales en los últimos 10 años. Desde el punto de vista agrícola, como mayor demandante de agua, la satisfacción de las necesidades alimentarias de la población mundial frente a las previsibles restricciones hídricas pasa por la mejora en eficiencia y productividad del regadío, objetivo que solo será alcanzado mediante una mejora tecnológica del mismo. Sin duda, la aplicación de sistemas de automatización y control en todas las escalas de la distribución del agua de riego juegan un papel transcendental e la necesaria modernización tecnológica del regadío.

BREVE HISTORIA

1. INTRODUCCIÓN

Para tener conciencia de la importancia de los sistemas de automatización y control de regadíos que se aplican hoy en día en nuestra agricultura, es imprescindible reflexionar sobre la historia del regadío en la península.

Resulta aventurado precisar cuándo se empieza a hablar de regadío en nuestra península, pero es sabido que con anterioridad a la dominación romana ya existían sistemas de riego que se vieron evolucionados por su influencia en la economía romana y posteriormente en la cultura árabe. Ya desde esos tiempos se habla de la regulación y el aprovechamiento del agua. La implantación de acequias, molinos, azudes, presas, etc. son modelos de unos sistemas sociales en los que el agua tiene un papel primordial en la agricultura de la época.



Azud de los Piquillos, Valvona, Teruel
Origen Medieval



Acequias, Huerta de Pegalajar, Jaén
Origen Medieval

Durante la época de esplendor de la cultura árabe en la península es cuando realmente se realizan los grandes avances de los sistemas hidráulicos. A partir del siglo X es cuando se perfeccionan las técnicas de regadío, evolucionando propiciado por el cultivo de nuevas especies cuyo origen provenía de países tropicales y semitropicales que requerían más agua de la que se podía proporcionar sin la existencia de sistemas de riego.

Se pone de manifiesto durante toda la historia del regadío que la necesidad de regular y controlar el proceso de riego, ha sido una exigencia imperiosa para producir con éxito los productos agrícolas que demanda cada periodo.

2. EVOLUCIÓN.

La evolución de los sistemas de control y tele gestión en los últimos tiempos ha ido de la mano de los avances, siendo las primeras con mandos hidráulicos, donde se controlaban válvulas a distancia a través de mandos hidráulicos. Posteriormente con la evolución de la electrónica digital, se implementan procesos con puertas lógicas que nos permitían la realización de un control bastante avanzado comparado con los sistemas anteriores, y por último la llegada de los procesadores que nos abrió las puertas a procesos mucho más complejos.

3. PRESENTE

El presente de la automatización va en constantes cambios ya que va de la mano de los nuevos avances en el sector tecnológico. Por un lado las aplicaciones software que cada vez pueden procesar más información y nos permiten su manejo de una forma más intuitiva y gráfica, y por otro lado las diferentes posibilidades de medios de comunicación entre el puesto de control y cada uno de los elementos a gestionar.

4. FUTURO.

Es aventurado saber que nos depara el futuro, ¿sistemas autónomos de gestión?, pero lo que sí es cierto es que los procesos cada vez serán más avanzados para poder controlar y gestionar de una forma más responsable los recursos hídricos.

5. AUTOMATIZACIONES DE REDES EN PORTUGAL, EVOLUCIÓN Y MEJORA DE RENDIMIENTOS.

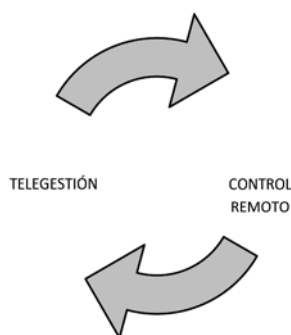
Las transformaciones y automatización de redes de riego en Portugal podemos afirmar de una forma evidente que ha afectado de una forma muy positiva de las que podemos destacar:

- Aumento del valor del suelo agrícola.
- La posibilidad de siembra de cultivos con mayor valor añadido.
- Creación de industria relacionada con la producción agrícola (almazaras, envasadoras,...).
- Fijación de población en lugares de creciente despoblación.
- Activación del sector servicios en las zonas de influencia.
- Mejora de medio ambiente al optimizar los recursos hídricos y mejora de caudales ecológicos.

EL TELECONTROL.

El concepto de telecontrol integra la tele gestión y el control remoto. Relaciona el control remoto de los elementos de campo, con la información transmitida por los diferentes sensores.

Como se puede ver, abarca el mayor grado de automatización y es el que más funcionalidades puede llevar a cabo sobre el hidrante.



Aplicaciones en regadío:

- Lectura de Contadores.
- Apertura y cierre de Válvulas mediante electroválvulas.
- Lectura de los sensores de caudal, nivel, presión, temperatura, detectores de flujo, etc.

FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE TELECONTROL.

Podríamos definir la funcionalidad de un sistema de Telecontrol como la capacidad que presenta dicho sistema para responder a las necesidades de los diferentes sistemas de riego:

1. Robustez.

El medio en el que se va a instalar el sistema es hostil para los elementos que lo componen (dispositivos electrónicos, radios, cables de comunicación, etc.), existen variaciones muy importantes de temperaturas, tanto estacionales como diarias, los elementos de control deben estar preparados para soportar niveles altos de humedad relativa, e incluso para mojaduras directas debidas al propio sistema de riego, el viento transporta mucho polvo y arenilla, y la atmosfera en zonas costeras produce depósitos de salitre en los equipos y

oxidación. Por ello es importante que los equipos estén preparados para trabajar en las peores condiciones.

2. Funcionamiento riguroso y seguro.

Las instalaciones de telecontrol de riego abarcan amplias superficies, dependiendo de las mismas un número de elevado de usuarios, es necesario que los fallos de funcionamiento de los equipos que se puedan producir no afecten a la totalidad de la red de riego, sino que sean limitados e identificables, para reducir al máximo su impacto y el tiempo necesario para el restablecimiento de la zona afectada.

3. Anti-vandalismo.

Los equipos que se instalan en campo no están normalmente vigilados, lo que facilita acciones vandálicas o de pillaje, por esto se hace necesario dificultar al máximo estas actuaciones, protegiendo convenientemente u ocultando los equipos, e intentando dentro de lo posible disminuir el atractivo visual de los mismos.

4. Ser configurado, modificado o ampliado sin que se altere su capacidad de trabajo, es muy habitual que se realicen cambios en el número de salidas a parcela, de hidrantes, etc., debe permitirse la ampliación o adaptación del telecontrol a las modificaciones que se puedan realizar en la red hidráulica.

5. Mantenimiento sencillo y económico.

El propio operario de la Comunidad de Regantes encargado del manejo del sistema, debe poder realizar las tareas de mantenimiento más habituales que garanticen la estabilidad de las funcionalidades de los elementos del telecontrol, sin tener que depender de la empresa instaladora, para ello, el manejo debe ser suficientemente sencillo y los diferentes dispositivos que forman los elementos de campo de fácil chequeo y sustitución.

6. Tener la posibilidad de admitir varios medios de comunicación, cable, radio UHF, tecnología móvil, para poder adaptarlo a diferentes situaciones que se puedan plantear.

7. Poder integrar dentro de su lógica de funcionamiento, rutinas de funcionamiento automáticas que coordinen los datos procedentes de sensores de clima, suelo y planta, para decidir cuándo y cuánto se debe regar.

OBJETIVOS DEL SISTEMA DE TELECONTROL DEL REGADÍO.

Los principales objetivos que se buscan cuando se implanta un sistema de telecontrol son:

- Facturación automática de los consumos.
- Telemando de la red de distribución sin necesidad de desplazar a los operadores.
- Detección rápida de averías y de fraudes.
- Conocimiento en tiempo real del estado de la red, de los hidrantes y del consumo en mapas o sinópticos situados en el centro de control.
- Ahorro de costes, optimización de consumos en función de los recursos hídricos y de la demanda.
- Gestión automática de turnos de riego en función de la demanda (riego "ordenado").
- Tele medida de caudales, presiones y consumos.
- Control administrativo en tiempo real.

MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

Uno de los aspectos más importantes en la planificación y ejecución de un sistema de telecontrol de regadíos es el sistema de comunicaciones empleado.

La principal diferencia existente con los sistemas de control industrial está en la gran dispersión de las localizaciones de las señales o puntos del sistema de riego a tele controlar. Un sistema de telecontrol de regadío puede supervisar un número similar de señales que un sistema de control industrial típico, pero los equipos se encuentran distribuidos en una superficie 10, 100 o 1000 veces mayor.

El medio de comunicación, actualmente es uno de los parámetros mas determinantes a la hora de elegir un telecontrol y su elección dependerá de la situación donde aplicar y necesidades de comunicación, además de algún factor más.

1. Cable, el sistema vía cable como medio de comunicación, fue el primero en implantarse y no por eso podemos afirmar que sea un sistema obsoleto, ya que tiene sus ventajas con respecto a los sistemas inalámbricos.

La solución cable se basa en las interconexiones físicas de cada estación remota mediante un cable de unas características apropiadas para este tipo de transmisiones. Dada que la instalación del cable es normalmente enterrada, las características del mismo deben ser apropiadas en cuanto a:

- Protección exterior.
- Rigidez mecánica.
- Aislamiento eléctrico.
- Atenuación de la señal.

Ventajas:

- Eliminación de sistemas de alimentación aislados (panel solar- batería o pila litio).
- Coste muy reducido por punto de control.
- Escaso impacto visual.
- No se ve afectado por interferencias de radio.
- Bajo coste si se instala aprovechando la zanja de las tuberías de distribución.

Inconvenientes:

- Coste del cable muy alto e instalación, en caso de tener que abrir zanja nueva.
- Puntos de control sin capacidad de proceso.
- En caso de rotura puede dejar sin servicio grandes zonas.
- Sensibles a descargas atmosféricas conducidas por el cable de alimentación.

2. Radio, en la banda tanto de 430-470 MHz, como en la banda de 868 MHz, son actualmente los más demandados, por su bajo coste de mantenimiento, ya que son redes de comunicación privadas y su fácil implantación.

Son dispositivos basados en microprocesadores comunicados vía radio. Están optimizados para bajo consumo alcanzando por lo general 2 y 3 años de autonomía.

Ventajas:

- Optimizado para bajo consumo: autonomía del orden de años.
- Requieren de paneles de reducidas dimensiones.

- También pueden alimentarse con pilas de litio.
- Envolvente estanca de reducidas dimensiones.
- Sustitución del equipo simple.
- Menor precio que los autómatas de uso general con radio.

Inconvenientes:

- Capacidad de ampliación menor con respecto a los autómatas de uso genera.
- Capacidad de proceso menor que un autómata.

3. GSM, los sistemas basados en la utilización de infraestructuras de comunicación de algún operador de telefonía móvil, son sistemas que en la actualidad tienen su función en sitios donde los sistemas radio tienen problemas de cobertura.

Ventajas:

- Fácil implantación.
- Optimizado para bajo consumo.
- Operatividad en zonas escarpadas y urbanas.

Inconvenientes:

- Escasa cobertura en zonas rurales.
- Dependencia de un operador de telefonía móvil.
- Coste elevado de mantenimiento respecto a servicios al operador.

4. WI-FI, algunos expertos lo sitúan como el futuro inmediato, nos permite hacer una red met, agilizando las comunicaciones, pero actualmente es aplicable en situaciones de corta distancia ya que emiten a baja potencia debido a su alto consumo energético.

Ventajas:

- Comunicación bidireccional y rápida.
- Sistema redundante auto redirigido.

Inconvenientes:

- Consumo actual de módulos excesivo.
- Corto radio de alcance.

SOLUCIONES HIDRENKI

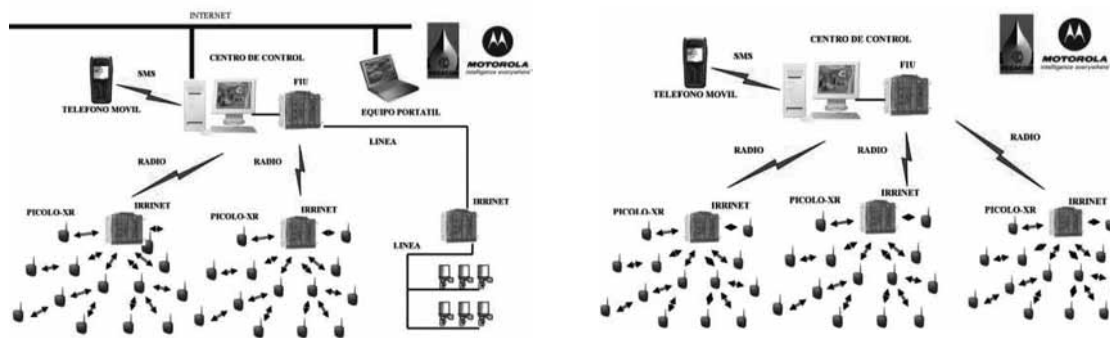
Sistema Motorola.

✓ **Medio de Comunicación.**

1. Cable, Motorola es una compañía con larga experiencia en el mundo de las comunicaciones y sus inicios en el control hidráulico comenzó con sistemas vía cable.

2. Radio, actualmente es el medio de comunicación mas demandado, Motorola cuenta con larga experiencia en radiofrecuencia y protocolos de comunicación.

3. Sistema Mixto, convivencia en el mismo sistema de los dos medios de comunicación.



✓ Centro de Control.

Aplicaciones software, IRRINET CONTROL CENTER ICC, es una aplicación software basada en los 40 años de experiencia en el control de fluidos, muy estable nos permite monitorizar y controlar de una manera intuitiva todos los elementos de una instalación.

El software nos permite:

- Monitorización, control y gestionar las comunicaciones con las unidades concentradoras, así como con los terminales remotos, en cuanto a la frecuencia de comunicaciones, como a los elementos a interrogar según la necesidad.
- Visualizar los datos aculados, en informes de una forma global o individual por boca, discriminando las horas de consumo (punta, valle y llano) incluso por día dentro del calendario anual.
- Visualiza cualquier fallo de comunicación con cualquier elemento del sistema, almacenando estos datos en unos ficheros que podrán ser consultados con posterioridad, para saber qué tipo de fallo, hora y fecha cuando ocurrió.
- Exportar los datos a diferentes formatos como, PDF, Crystal Report, EXCEL, HTML, Lotus 123, OBDC, Text, Word, XML,.....
- Comandos automáticos, sin presencia del operador, previamente programados.
- Recibir cualquier evento o alarma y actuar sobre el sistema desde un teléfono móvil.
- Copias de seguridad periódicas de los datos almacenados, eventos, alarmas, caudales o presiones.
- Protocolo de comunicación Modbus.

✓ Unidades Concentradoras.

IRRInet-XL-M-ACE, las unidades concentradoras están basadas en la tecnología moscad, unidades muy robustas.

Las unidades concentradoras IRRInet, es un PLC Motorola tipo Moscad, está equipado con un módulo CPU, módulo alimentación, PIU interface radio de comunicación con terminales remotos, salida Ethernet, equipo WI-FI banda ancha 2,4-5,7 GHz, antena parabólica en banda de frecuencia utilizada y armario de poliéster IP66. Es modular y nos permite poder emplear varias salidas.

✓ Terminales Remotos.

Las señales procedentes del emisor de impulsos serán procesadas por el terminal remoto y serán enviadas al centro de control y desde este podremos accionar la apertura y cierre de electroválvulas, posibilitando el control de la válvula.



En las situaciones que dispongamos de medidas analógicas (presión) se equipara al terminal de un convertor analógico digital para que el terminal remoto envíe los datos al centro de control.

Por cada boca de riego el terminal procesara los siguientes datos:

- Volumen suministrado en horas punta, valle y llano.
- Caudal instantáneo.
- Alarmas por límite inferior o superior.
- Estado de la salida.
- Alarma por desconexión o avería en la bobina de la electroválvula.
- Estado batería.
- Maniobra de cierre y apertura.

En el caso de las medidas analógicas procesara los siguientes datos:

- Medida de presión.
- Nivel superior de presión.
- Nivel inferior de presión.

Estos datos son recogidos por las unidades concentradoras y enviados al centro de control, donde son procesados y monitorizados.

1. Cable, los terminales cable con una arquitectura y bus de comunicaciones muy fiable, encapsulados específicos.

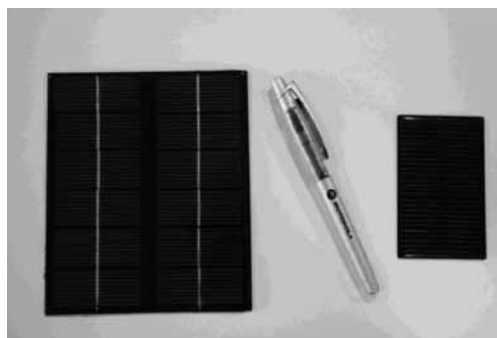
El terminal cable de Motorola va dotado de electroválvula latch 3 hilos, encapsulado de IP66 y con tarjeta electrónica con capacidad de una salida digital y dos entradas digitales.

2. Radio, terminales de bajo consumo y función repetidora.

Los terminales remotos de Motorola Piccolo XR, están equipados con un radio-modem UHF banda 430-470 MHz 12,5 KHz y una placa de entrada y salidas que pueden ser de 1 Salida digital (solenoide) y 1 Entrada digital (contador), 2 SD y 2 ED, 4 SD y 4 ED, y 1 SD y 7 ED. La envolvente de la electrónica es una caja estanca con IP67 y va provista de un conector engomado, la dirección de cada terminal ID viene configurada, con lo cual en ningún momento la electrónica queda al aire, ni siquiera en el proceso de instalación en el hidrante.



Para la alimentación del terminal se propone un sistema de alimentación solar aislado, compuesto por panel solar 6V, 2W y batería de plomo AGM sin mantenimiento 6V, 4,5 Ah.

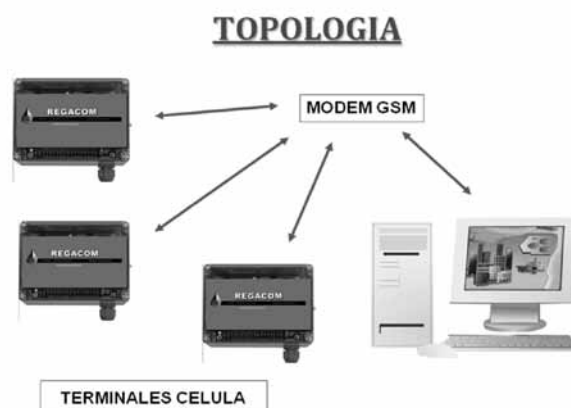


Sistema Célula.

Dentro de una red de distribución, los hidrantes son los elementos que controlan el caudal de entrada a las parcelas a regar. Disponen de un equipo para la medida de caudal y de una válvula de cierre. Para el control de estas funciones el telemando CELULA, disponemos del software para el tratamiento y monitorización de los datos.

En conjunto estos elementos nos proporcionaran un potencial, del que podemos destacar, una tele lectura del contador de agua, modificación de manera remota de consignas, programación horaria de acumulación, configuración de alarmas, tiempos de refresco de la información, nivel de carga de la pila o batería, nivel de cobertura, alarma de intrusismo a la arqueta o corte de cable del emisor de impulsos.

La Topología del sistema es de jerarquía simple, terminal remoto en el nivel bajo, Centro de Control en nivel superior y como medio de comunicación red GSM.



Los terminales están compuestos por un equipo CELULA, con modem GSM, una antena GSM y alimentación.

El Centro de Control, está compuesto de equipo informático, interface de comunicación y software CELULA.

✓ **Medio de Comunicación.**

1. GPRS, es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles para la transmisión de datos no conmutada (o por paquetes).

2. GSM, sistema global para las comunicaciones móviles, a través del cual podemos entablar conexiones a través de llamadas de datos.

3. SMS, el intercambio de información entre centro de control y terminal se realiza en formato texto con los 160 caracteres de un mensaje SMS.

✓ **Centro de Control.**

Aplicaciones Software, especifica adaptada a medida del cliente.

El Centro de Control está compuesto por Servidor estación de trabajo, interface de comunicación con terminales remotos, con dos modem Siemens MC52i.

✓ **Unidades Remotas.**

Terminal remoto modular, posibilidad de funciones dataloger.



Soluciones de alimentación aisladas.

- Pilas de litio, bajas auto descargas y alto rendimiento.
- Solar aisladas, solución operacional de alto uso.

CONCLUSIONES.

Justificación de lo implantación del telecontrol.

El telecontrol se está implantando para contar con información verídica y en "tiempo real" del uso que se hace del agua en el regadío. Si bien, este es el principal objetivo, según las características del regadío o del ente gestor puede justificarse por otros motivos no menos importantes que el principal.

En riegos bien dotados, a la demanda:

- Por la progresiva disminución y alto coste de la mano de obra.
- Envejecimiento de la población.
- Posibilita mantener la actividad del regadío.
- Permite la fijación de población.
- Conservación del paisaje, etc.
- En grandes Asociaciones de Beneficiarios:
- Permite la adjudicación analítica de costes vinculados al uso del agua.
- Ayuda a la mejora de competitividad.
- Facilita la planificación.
- Facilitar la ejecución del plan de mantenimiento de la infraestructura.
- En riegos infra dotados:
- Para poder optimizar el momento de disponibilidad de agua.
- Posibilidad de utilización de las 24 horas del día para regar.
- Cumplir el regadío sus propósitos de flexibilidad y equidad.
- Permite equilibrar las condiciones de trabajo, en principio más adversas que en los regadíos bien dotados.

Desde el punto de vista de las Administraciones del Estado:

- La aplicación de las Directivas comunitarias en materia de agua y medio ambiente, hace
- necesario contar con información verídica v en tiempo real del uso que se hace del agua en el regadío.
- Mejorar la calidad de vida del regante.
- Incorporación al sector del regadío de las nuevas tecnologías que propician lo que se denomina Sociedad de la Información, en un entorno tradicionalmente no tecnológico, como es el mundo rural.
-

BIBLIOGRAFÍA:

Olivares Ruiz, G., (2007). Generalidades y funcionamientos de los sistemas de telecontrol Jornadas técnicas sobre sistemas de telecontrol en redes de riego de telecontrol. 19, 20 y 21 de noviembre de 2007. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), San Fernando de Henares (Madrid).

Revuelta, J.L., (1999). Alternativas tecnológicas: Sistemas de comunicación en sistemas de telecontrol de regadíos. 29 y 30 de noviembre de 1999. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), San Fernando de Henares (Madrid).

Rincón García, I.L., (1999). Tecnologías de la telecomunicación en zonas regables. 29 y 30 de noviembre de 1999. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), San Fernando de Henares (Madrid).

Trompeta Zofio, J. L., (2007). Arquitecturas posibles y funcionalidades de los sistemas de telecontrol. Jornadas técnicas sobre sistemas de telecontrol en redes de riego de telecontrol. 19, 20 y 21 de noviembre de 2007. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), San Fernando de Henares (Madrid).

Trompeta Zofio, J.L., (2007). Generalidades y fundamentos de los sistemas de telecontrol. Jornadas técnicas sobre sistemas de telecontrol en redes de riego de telecontrol. 19, 20 y 21 de noviembre (de 2007. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), San Fernando de Henares (Madrid).

ESTACIONES DE FILTRADO EN REDES DE RIEGO

Ignacio ENCUESTRA¹

RESUMEN

En zonas como la península ibérica donde el agua es un bien escaso entre el 70 y el 80% del consumo de agua va destinado al regadío. Las redes de riego necesitan una protección para evitar que las partículas sólidas lleguen a bloquear los emisores. Dentro de los distintos sistemas de filtración convencionales se puede diferenciar entre la filtración en superficie, la filtración en profundidad y la separación centrífuga. Dentro de los sistemas de filtración en superficie se encuadrarían la filtración de malla y de anillas (o discos) cuya característica principal es que provocan un corte en el tamaño de filtración deseado. Los filtros de lecho realizan una filtración en profundidad donde se consigue una mayor retención en la cantidad de sólidos, pero no es posible determinar que tamaño tendrán las partículas que atravesarán el lecho. Los separadores por efecto centrífugo o hidrociclones se utilizan principalmente para filtraciones previas de aguas de pozo. Otra nueva vía de suministro de agua para riego que ha aparecido en los últimos años proviene de la reutilización de aguas residuales, que exige unos parámetros de calidad muy exigentes para permitir su utilización en distintos tipos de cultivos.

Palabras clave: Redes de riego, filtros de malla, filtros de arena, filtros de anillas, filtración en superficie.

¹ Eng. Químico, HIDRENKI/STF FILTROS, Pol. Armentera, Monzón, España, +34974401933, iencuentra@stf-filtros.com

ESTACIONES DE FILTRADO EN REDES DE RIEGO

El agua es cada día un bien más escaso. La evolución de las sociedades lleva consigo un incremento en el consumo de agua, pero el agua disponible en nuestro planeta es siempre la misma. En zonas como la península ibérica el consumo de agua destinado a la agricultura se encuentra entre el 70 y el 80% del consumo total, por lo que optimizar su uso es muy importante para evitar la escasez. Los sistemas de riego tradicionales comienzan a dar paso a las nuevas técnicas que reducen el consumo de agua y mejoran el rendimiento de los cultivos.

El buen funcionamiento de estos sistemas de riego está sujeto a la calidad del agua, ya que una mala calidad de agua provocará obturaciones en los emisores de la red, disminuyendo la eficiencia y uniformidad de esta, y resultando en un mal desarrollo del cultivo y una reducción en su rendimiento. Para evitar que las variaciones en la calidad del agua deriven en reducciones de productividad de los cultivos, es necesario proteger los emisores de las redes de riego mediante sistemas de filtración.



Imagen 1 – Riego por goteo

Se puede definir filtración como el proceso físico mediante el cual se extraen, retiran o eliminan partículas sólidas de un medio líquido o gaseoso, haciéndolas pasar por un elemento filtrante que se denomina filtro.

Dentro de los diferentes sistemas de filtración se pueden clasificar como filtración en superficie, filtración en profundidad y separación centrífuga.

Dentro de la filtración en superficie se encuadrarían los filtros de malla y los filtros de anillas. En los filtros de malla el elemento filtrante es un tamiz hecho con hilos que entrelazados entre sí formando un tejido con orificios iguales y calibrados, mientras que en los filtros de anillas el elemento filtrante está compuesto por coronas circulares con relieves calibrados, dispuestos uno sobre otro formando un cilindro. Ambos sistemas se caracterizan por retener todas las partículas superiores a su tamaño de filtración. No siendo significativa la eliminación de partículas de menor tamaño.

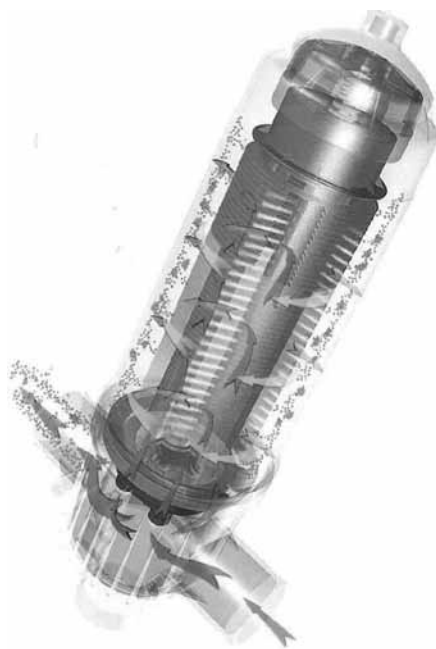


Imagen 2 – Filtro de anillas

Para sistemas de riego por goteo, se recomienda realizar la filtración a un tamaño no superior a 1/8 del diámetro del emisor, por lo que si el gotero tiene un tamaño de 1 milímetro la filtración se realizará a 0,125 milímetros (125 micras). En muchas ocasiones se toma como unidad de tamaño de filtración el mesh, número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del centro de un hilo. En la definición se puede observar que el número de mesh no se refiere en ningún caso al tamaño, sino al número de orificios. Dos cartuchos con el mismo número de mesh pueden presentar tamaños de orificio diferentes, en función del grosor de los hilos que forman la malla, por lo que es más recomendable la adopción de la luz de la malla (tamaño del orificio expresada en mm o micras) como parámetro para definir la capacidad de retención del filtro.

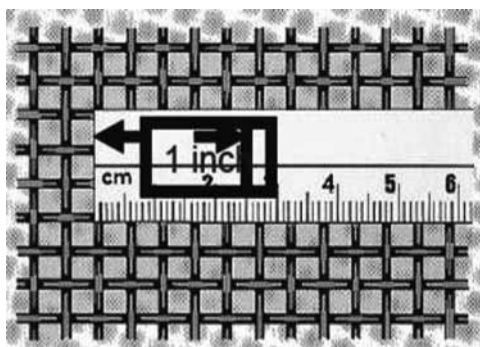


Imagen 3 – Diferencia entre mesh y micras

La variedad de filtros de malla automáticos en el mercado es muy amplia, pero en general el filtro consta de una carcasa exterior en la cual se alojan tres cámaras diferenciadas. Una primera cámara de desbaste que se utiliza como filtración gruesa donde la circulación del agua se produce desde fuera hacia el interior del filtro. Una vez en el interior del filtro entra en la segunda cámara, que llamaremos de filtrado. Es en esta cámara donde se aloja el elemento filtrante: MALLA DE FILTRACIÓN. En este caso el agua circula desde el interior del cuerpo del filtro hacia fuera. Quedando los sólidos en suspensión (suciedad) retenida en el elemento filtrante, es decir en la malla.

La suciedad retenida va formando una torta sobre la malla, que generará una pérdida de carga determinada. La limpieza del filtro se apoya en una tercera cámara, la cámara de LIMPIEZA, cuya salida está conectada a la VÁLVULA DE DRENAJE que permite la evacuación del agua de lavado cuando se genera el proceso de AUTOLIMPIEZA. La cámara de Limpieza se encuentra separada de la filtración mediante un sellado especial.

El elemento de succión ocupa la posición exacta que ocuparía el eje central de un cilindro, y se encuentra conectado hidráulicamente a la cámara de limpieza. A su vez, y en la zona que el mismo ocupa en la cámara de filtración se disponen perpendicularmente las BOQUILLAS DE SUCCIÓN, llegando a pocos milímetros de la malla. La situación de estas boquillas en el scanner de succión está estudiada para obtener un barrido de toda la superficie interior de la malla, gracias al movimiento en espiral que el motor eléctrico o hidráulico le proporcionan al scanner: al combinar longitudinal y de rotación. Durante el proceso de autolimpieza, el agua continua siendo filtrada y fluyendo hacia el sistema o aplicación.

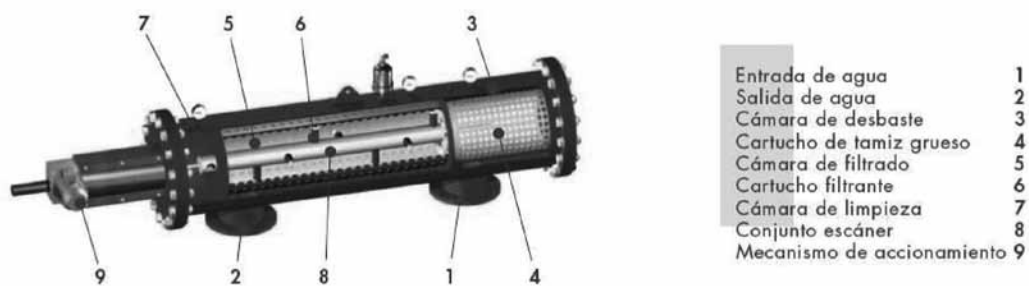


Imagen 4 – Filtro de malla autolimpiante

Los separadores por efecto centrífugo o hidrociclones se utilizan principalmente para filtraciones previas de aguas de pozo. El tamaño de las partículas retenidas por este sistema de filtración dependerá de la velocidad de paso del agua a través del equipo y de la densidad de estas partículas, por lo que es necesario que los equipos funcionen a un caudal constante. Un incremento de la velocidad de paso consigue que se retengan partículas de menor tamaño pero eleva de forma importante la pérdida de carga del equipo. Por otro lado una disminución de la velocidad de paso respecto a la de diseño deriva en una obtención de agua de menor calidad.

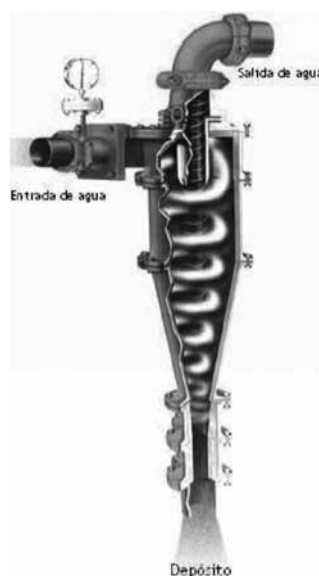


Imagen 3 – Hidrociclón

El sistema de filtración sobre lecho filtrante realiza una filtración en profundidad, y se aplica cuando la cantidad de materia que debe retenerse es grande y las partículas en suspensión contenidas en la misma son relativamente pequeñas.

Para que una filtración de este tipo sea eficaz, es preciso que las materias puedan penetrar en profundidad en el interior del lecho y no bloquearlo en su superficie. Por otra parte, es preciso que se elijan cuidadosamente los elementos que conforman el lecho, tanto en su granulometría, como en la altura de capa. Debido a todos los mecanismos que intervienen en la retención de partículas en un filtro de lecho (sedimentación, fuerzas centrifugas, fuerzas de Van der Waals etc.) es muy complicado determinar el tamaño de filtración de un filtro de lecho respecto a un filtro de filtración en superficie. Lo que si es claro, es que a diferencia de otros sistemas de filtración convencionales, es capaz de reducir la turbidez del agua.

El tamaño de la arena junto con la velocidad de filtración es lo que determina la calidad del agua filtrada. Los rangos de velocidad dependiendo de la aplicación varían entre $5 - 50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, mientras que en lo que respecta al tamaño de partícula, si hablamos exclusivamente de arena silíceo, se utilizan rangos de entre 0,4-0.6 hasta 1-2. Cuanto menor es la velocidad de filtración, mejor es la calidad del agua final (aunque siempre dentro de un rango), y cuanto menor es el tamaño de la arena silíceo menor es el tamaño de partícula y por tanto la concentración a la salida del filtro.

El dimensionamiento de un filtro de lecho para un sistema de riego por goteo se realizaría a una velocidad máxima de $35-45 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ de superficie de lecho, el lecho se compondría de arena silíceo de una granulometría comprendida entre 0,8 y 2 mm., y la altura mínima del lecho sería de unos 400 mm. Con este diseño se consigue una retención de partículas adecuada para la protección de una red de riego por goteo.



Imagen 4 – Corte filtro de lecho

Donde tanto los fabricantes como la bibliografía difieren más, es en la velocidad de lavado en contracorriente. Para limpiar los filtros de arena se debe esponjar el lecho entre un 15 - 25 %, esto es fluidizar el lecho para arrastrar las partículas que hayan quedado retenidas entre la sílice filtrante. Para conseguir este efecto algunos fabricantes hablan de entre 25 y 60 m/h de velocidad de circulación de agua en contracorriente, dependiendo del tamaño de partícula de arena silíceo que forman el lecho.

Tabla 1 – Velocidad de contralavado en filtros de lecho de arena

Talla efectiva arena (mm)	0,95	0,75	0,55	0,35
Velocidad limpieza (m/h)	70 – 90	55 – 70	40 – 50	25 – 35

Para las grandes redes de riego por aspersión derivadas de concentraciones parcelarias y asociaciones de regantes, se han desarrollado durante los últimos años sistemas de filtración para grandes caudales. Uno de ellos sería el filtro de malla de gran caudal para montaje en línea, cuya peculiaridad es que se acoplan directamente a la tubería por medio de bridas normalizadas, como un elemento más de la misma. No necesitan más instalación que la conexión de los elementos eléctricos y de control.

Al circular el agua por el filtro, va reteniendo las partículas en la malla superiores al grado de filtración, estas partículas van creando un aumento de la presión diferencial. Si este diferencial no supera un rango determinado de 0.8 m.c.a, el filtro realiza una operación de lavado según un intervalo de tiempo preseleccionado (de fábrica 8 horas, variable). Si supera el rango de 0.8 m.c.a., el sistema de presión diferencial detecta la misma y pone en marcha el ciclo de lavado.

El ciclo de limpieza comienza al detectarse la presión diferencial prefijada entre ambos lados de la malla. En ese momento, comienza a girar la corona hasta posicionar un sector justamente en la cámara de limpieza, acto seguido se procede a la apertura de la válvula de limpieza y a la puesta en marcha de la bomba para la inyección de agua a través de unas boquillas desde la cara de "aguas limpias" de la malla. Con estas boquillas lo que se consigue es una limpieza exhaustiva de la malla. La válvula de limpieza permanece abierta el tiempo establecido para la limpieza y se procede a su cierre. La corona se desplaza hasta el siguiente sector y comienza el ciclo de nuevo de abrir y cerrar la válvula de limpieza y la bomba de inyección de agua.



Imagen 5 – Filtro de malla automático en línea para gran caudal

En los últimos años y debido a la acuciante búsqueda de nuevas fuentes de agua está siendo habitual la reutilización de agua depurada para su uso en riego. Hasta hace unos años la referencia para exigir la calidad de agua era la ley de California para la reutilización de aguas. En el año 2007 en España se publicó el Real Decreto para reutilización de aguas depuradas donde se exigen distintas calidades de agua para cada aplicación, por lo que se requiere un tratamiento más o menos exhaustivo en función de la aplicación del agua de riego.

Tabla 2 – Ejemplo exigencia calidad reutilización RD 1620/2007

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				OTROS CRITERIOS
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	
2.- USOS AGRÍCOLAS¹					
CALIDAD 2.1² a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ³ con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a) Libro

ADIN, A. and ELIMELECH, M. (1989). Particle filtration for wastewater irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 115(3): 474-487.

b) Libro

ADIN, A Y ALON, G. (1986). Mechanisms and process parameters of filter screens. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 112(4): 293-304.

c) Artículo en revista

ARNÓ, J.; BARRAGÁN, J. y MONTSERRAT, J. (1991). Mecanismos del embozamiento de filtros de malla utilizados en riego por goteo. *Riego y Drenajes XXI* (51) 9-13.

d) Libro

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. (1979). Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. *Agricultural Water Management*, 2, 149-162.

d) Tesis doctoral

PUIG, J. (2003). Utilización de aguas residuales en los sistemas de riego localizado: embozamiento y filtración. Tesis doctoral. ETSEA.

COMPLEMENTO ÀS ORIENTAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJECTOS DE DRENAGEM DOS BLOCOS DE REGA DO EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA (EFMA). ACTUALIZAÇÃO

Maria de São José PINELA¹

RESUMO

Foi concluído em 2008 um documento designado “Orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva” no qual participaram várias entidades relacionadas com a aprovação dos projectos e dos estudos de impacte ambiental.

Neste documento, foram definidas as linhas orientadoras ao nível da tipologia de linhas de água a intervir, dos tipos de intervenção e das metodologias a utilizar no estudo hidráulico dos escoamentos nos projectos de drenagem dos blocos de rega na área do EFMA, tendo também sido definidos alguns critérios de dimensionamento.

Contudo, no âmbito do acompanhamento efectuado pela DGADR aos projectos de drenagem para os blocos de rega do EFMA, desenvolvidos nesta nova abordagem, à luz das linhas orientadoras, sentiu-se a necessidade de complementar as referidas orientações, com alguns critérios adicionais de concepção e dimensionamento que se apresentaram no artigo PINELA e FREITAS (2010), “Complemento às orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva”. Ao nível da definição de metodologias, apresentava-se naquele artigo a metodologia a utilizar no estudo hidráulico da protecção das curvas.

Posteriormente e na continuação do acompanhamento efectuado pela DGADR aos projectos de drenagem para os blocos de rega do EFMA, tornou-se evidente a necessidade de actualizar, em algumas áreas, o referido documento produzido inicialmente e o artigo PINELA e FREITAS (2010), num documento único, com o objectivo de uniformizar de forma abrangente critérios de concepção e dimensionamento assim como metodologias.

Palavras-Chave: Projectos de drenagem, critérios de concepção e dimensionamento, metodologias.

¹ Eng.ª Agrónoma, Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), Av. Afonso Costa, 3 - 1949-002 Lisboa, +351 218442200, mpinela@dgadr.pt

1. INTRODUÇÃO

Foi concluído em Maio de 2008 um documento designado “Orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva” no qual participaram as entidades a saber: o Instituto da Água, I.P. (INAG, I.P.), a Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR Alentejo), o Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade, I.P. (ICNB, I.P.) e a Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A. (EDIA).

Todas as entidades citadas, com excepção da EDIA, constituíam a Comissão para a Avaliação dos Estudos de Impacte Ambiental das Infra-estruturas do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), sendo a DGADR também a entidade que propõe para aprovação do Ministro da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território (MAMAOT) os projectos das infra-estruturas dos perímetros de rega na área do EFMA.

Neste documento, foram definidas as linhas orientadoras ao nível da tipologia de linhas de água a intervir, dos tipos de intervenção e das metodologias a utilizar no estudo hidráulico dos escoamentos nos projectos de drenagem dos blocos de rega na área do EFMA, tendo também sido definidos alguns critérios de dimensionamento.

Estas orientações visavam, assim, definir o âmbito de intervenção dos projectos e as metodologias a utilizar no estudo hidráulico dos escoamentos, assim como homogeneizar alguns critérios de concepção e de dimensionamento a adoptar nos projectos de drenagem. Para além disso, pretendia-se também minimizar os impactes ambientais negativos, decorrentes da implementação de projectos desta natureza.

Contudo, no âmbito do acompanhamento efectuado pela DGADR aos projectos de drenagem para os blocos de rega do EFMA, desenvolvidos nesta nova abordagem, à luz das linhas orientadoras, sentiu-se a necessidade de complementar as referidas orientações com alguns critérios adicionais de concepção e de dimensionamento da rede de drenagem, que se apresentaram no artigo PINELA e FREITAS (2010) “Complemento às orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva”. Ao nível da definição de metodologias, apresentava-se naquele artigo a metodologia a utilizar no estudo hidráulico da protecção das curvas.

Posteriormente e na continuação do acompanhamento efectuado pela DGADR aos projectos de drenagem para os blocos de rega do EFMA, tornou-se evidente a necessidade de actualizar os dois documentos referidos anteriormente, num documento único, por forma a ajusta-los, em algumas áreas ao que nos projectos tem vindo a ser aplicado, designadamente em virtude do recomendado nos pareceres da DGADR. A actualização dos documentos mencionados refere-se às condições relacionadas com o período de retorno a adoptar nos projectos das redes de drenagem, assim como no que respeita às metodologias a utilizar no cálculo hidráulico para análise das condições de escoamento em linhas de água, na situação actual e na situação com projecto, fazendo-se referência ao tipo de resultados que deverão ser obtidos com a sua aplicação.

2. 2 CRITÉRIOS DE CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO

2. 1. Considerações gerais

No âmbito do primeiro documento produzido foi estabelecido que:

- As linhas de água do tipo 1² de grande dimensão, serão apenas objecto, no interior do leito menor, de acções de remoção de resíduos, nos casos em que a EDIA considere pertinente, ou de vegetação que interfira significativamente com o escoamento, como sejam troncos caídos e árvores mortas. Excepcionalmente, preconiza-se a consolidação das margens nos locais onde haja lombos;
- As linhas de água do tipo 2³ e do tipo 3⁴, respectivamente de média e pequena dimensão, serão sujeitas a acções de limpeza, ou a reperfilamento nos casos em que não têm suficiente capacidade de vazão para o caudal de projecto, considerando a vazão máxima do leito (secção completamente cheia), e/ou quando o escoamento se processa de forma erosiva, isto é, quando as velocidades de escoamento na situação actual são superiores à velocidade máxima estabelecida cujo valor se apresenta no ponto 2.5.

Assim, para averiguar da necessidade ou não de se proceder ao reperfilamento das linhas de água do tipo 2 e do tipo 3 deve ser sempre avaliada a sua capacidade de vazão actual para o caudal de projecto.

2. 2. Períodos de retorno a adoptar para o cálculo do caudal de projecto em linhas de água

Quanto aos períodos de retorno dos caudais a considerar deve ser assegurado, como critério geral, uma capacidade de vazão para o caudal de ponta de cheia com $T=2$ anos, advertindo-se que, se existirem hidrantes localizados próximo das linhas de água, estes devem ser adaptados a essa circunstância, ou seja as bocas de rega e as unidades remotas dos sistemas de telegestão devem ser instaladas a uma dada altura do solo (valor indicativo 0,60 m) que lhes permita ficar ao abrigo da inundação.

Para além disso, deve ser feita uma verificação caso a caso para avaliar da necessidade de considerar o caudal de ponta de cheia com $T= 5$ anos.

Considera-se, contudo, que o caudal de dimensionamento para $T= 5$ anos deverá apenas ser assegurado, se em áreas adjacentes às linhas de água existirem infra-estruturas que possam ser postas em risco ou prejudicadas na sua funcionalidade pela inundação, como sejam troços paralelos de caminhos ou estações de filtragem (instaladas dentro de caixas em betão enterradas, cobertas com tampas que não são estanques em caso de inundação), localizadas próximo das linhas de água, isto é, a uma distância inferior a 100 m da berma das mesmas (nos casos de estudo analisados, esta largura de inundação não foi ultrapassada). Como medidas de segurança adicionais recomenda-se ainda, neste último caso:

- subir as paredes da caixa e a soleira para instalação dos quadros eléctricos, de modo a que a cota do topo da caixa e a cota da referida soleira fiquem 0,50 m acima da cota do topo do talude da linha de água em estudo;
- Localizar as estações de filtragem no mínimo a uma distância de 20 m do topo do talude das linhas de água em estudo.

² Cursos de água principais de 2ª ordem, com uma área de bacia hidrográfica igual ou superior a 50 km².

³ Cursos de água principais de 2ª ordem ou superior, cujas áreas das bacias hidrográficas sejam inferiores a 50 Km².

⁴ Cursos de água não incluídos no "Índice Hidrográfico e Classificação Decimal dos Cursos de Água de Portugal", DGRAH, 1981, e valas colectivas existentes.

2. 3. Períodos de retorno a adoptar para o cálculo do caudal de dimensionamento de passagens hidráulicas

Quanto aos períodos de retorno dos caudais de ponta de cheia a considerar no dimensionamento das passagens hidráulicas, deverão ser seguidos os recomendados no documento inicial das Orientações ALVES *et al.* (2008).

2. 4. Coeficientes de rugosidade para o leito menor de linhas de água

Na avaliação da capacidade de vazão das linhas de água do tipo 2 e do tipo 3 e no dimensionamento hidráulico das linhas de água a reperfilar, os valores do coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler (K_s) recomendados, no âmbito da presente comunicação, devem corresponder à situação expectável no pós-intervenção, considerada como sendo a mais frequente, ou seja, linhas de água com crescimento de vegetação limitado a moderado.

Admite-se no entanto que, quando existem troços de linhas de água do tipo 2 de grande extensão, que beneficiam um único proprietário e que na situação actual estão limpos, esta possa ser considerada a situação expectável no pós - intervenção.

Assim, com base nas informações recolhidas em VELDMAN *et al.* (2007), recomenda-se, tanto para avaliação da capacidade de vazão como para o dimensionamento hidráulico das linhas de água a reperfilar, a utilização dos valores dos coeficientes de rugosidade, apresentados no Quadro 1, correspondentes a diferentes cenários de vegetação, no pós-intervenção, e para linhas de água de média e pequena dimensão.

Quadro 1 - Coeficientes de rugosidade de Manning- Strickler para o leito menor de linhas de água

K_s ($m^{1/3}s^{-1}$)	Descrição
30	Linhas de água do tipo 2, limpas
25	Linhas de água do tipo 2, com crescimento de vegetação limitado a moderado
20	Linhas de água do tipo 2, com crescimento de vegetação limitado a moderado e com espécies arbóreas nos taludes ⁽¹⁾
20	Linhas de água do tipo 3, com crescimento de vegetação limitado a moderado

⁽¹⁾ Não havendo referência na fonte bibliográfica citada, a este cenário de vegetação, considera-se adequado, por analogia com o cenário de vegetação anterior, reduzir K_s para $20 m^{1/3}s^{-1}$.

Com o intuito de fundamentar melhor os coeficientes de rugosidade a aplicar, apresentam-se as fotografias seguintes (Figura 1), que ilustram secções representativas de troços de linhas de água do tipo 2 e do tipo 3, exemplificativas dos cenários de vegetação considerados.



Figura 1 – Linha de água do tipo 2 (a) limpa, (b) com crescimento de vegetação limitado e (c) linha de água do tipo 3, com crescimento de vegetação moderado (Fot.: cortesia de Campo d'Água).

Se as linhas de água do tipo 2 e do tipo 3 apresentarem, respectivamente, na situação actual, um grau de crescimento da vegetação significativo ou extremo (Figura 2), situação frequente, deve prever-se à partida a sua limpeza e depois avaliar a capacidade de vazão, com vista a averiguar da necessidade de se proceder ao reperfilamento, para as condições de grau de crescimento limitado a moderado, que é, como já referido, a situação expectável no pós-intervenção, considerada como sendo a mais frequente.



Figura 2 – Linha de água do tipo 2 (a) com crescimento de vegetação significativo, (b) com crescimento de vegetação extremo. Linha de água do tipo 3 (c) com crescimento de vegetação significativo, (d) com crescimento de vegetação extremo (Fot.: cortesia de Campo d'Água).

2. 5. Velocidade máxima permissível do escoamento

Por se considerar não ser expectável que ocorra uma manutenção sistemática das linhas de água, e de forma a evitar problemas de erosão, recomenda-se o estabelecimento do limite máximo da velocidade de escoamento de 1,5 m/s, segundo informação recolhida em VAN DORT e BOS (1980).

Para velocidades superiores, deve optar-se preferencialmente por uma protecção da linha de água com enrocamento simples, com excepção das quedas verticais onde se deve optar por utilizar revestimentos com colchões tipo “Reno”, devido às velocidades elevadas que podem ocorrer.

2. 6. Relações entre a largura do rasto e a altura do escoamento em linhas de água

No dimensionamento hidráulico das linhas de água, recomenda-se a utilização dos critérios segundo VAN DER MOLEN (1972) (in BELTRAN *et al.*, 1991/1992), que considera as relações entre a largura do rasto (b) e a altura do escoamento (y), apresentadas no Quadro 2, com vista a aproximar a secção obtida da hidraulicamente mais favorável.

Quadro 2 - Relações b/y segundo VAN DER MOLEN

Tipos de linhas de água	b/y
Linhas de água pequenas	1 - 2
$1 \text{ m} \leq y < 2 \text{ m}$	2 - 3
Linhas de água grandes	3 - 4

Para além disso, a adopção das relações b/y, apresentadas no Quadro 2, evitam a execução de aprofundamentos excessivos dos talvegues que, a efectivarem-se, conduzem:

- a reduções muito significativas dos declives nos troços terminais de jusante das linhas de água a reperfilarem, promovendo o seu assoreamento;
- a linhas de água estreitas mas profundas, que têm fortes flutuações dos níveis da água, em função dos diferentes caudais circulantes. Estas flutuações dos níveis da água podem

causar estragos nos taludes se ocorrem rapidamente, segundo BOS (1983), o que se afigura desvantajoso.

2. 7. Folgas em linhas de água

No documento inicial foi estabelecido que deve ser assegurada a capacidade de vazão para o caudal de projecto nas linhas de água do tipo 2 e do tipo 3, estando implícito que deve prever-se sempre uma folga de segurança, acima da linha de água calculada, no dimensionamento hidráulico das linhas de água sujeitas a reperfilamento.

Contudo, com o intuito de minimizar o aumento da largura da boca daquelas linhas de água, de forma a minimizar os impactes ambientais, preconiza-se que as folgas a considerar sejam reduzidas. Indicando-se, como valores adequados, uma folga mínima de 0,15 m, para as linhas de água do tipo 2 e 0,10 m, para as linhas de água do tipo 3.

2. 8. Profundidade mínima das linhas de água em zonas com deficientes condições de drenagem

Os valores mínimos, da geometria das secções hidráulicas das linhas de água, a garantir são um rasto de 0,50 m e uma profundidade de 0,80 m, tal como proposto no documento inicial. No entanto, nas situações em que seja recomendável a instalação de sistemas de drenagem terciários pelos agricultores, em zonas com condições de drenagem deficiente, a profundidade total mínima das linhas de água a reperfilarem deve ser de 1,20 m, desde que as cotas da rasante nas secções de ligação à rede hidrográfica natural ou já construída, o permitam sem haver necessidade de intervenção acessória generalizada.

2. 9. Extensão da intervenção a jusante do perímetro

Nas situações em que as linhas de água a limpar ou a reperfilarem se prolonguem para jusante, fora do perímetro, deve prever-se estender essa intervenção numa extensão de, pelo menos, 100 m, para jusante da área em estudo, de modo a que não haja estrangulamentos que causem sobre-elevação dos níveis da superfície livre nos troços a montante, dentro do perímetro.

3. METODOLOGIAS A UTILIZAR NO CÁLCULO HIDRÁULICO PARA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO EM LINHAS DE ÁGUA

3. 1. Regime permanente

A simulação das condições de escoamento, na situação actual e na situação com projecto, deve ter em consideração, nas linhas de água do tipo 2, o regolfo, recorrendo ao uso de modelos de simulação hidráulica de escoamentos, designadamente o HEC-RAS, River Analysis System, cujos resultados a apresentar nos projectos devem ser os seguintes:

a) Situação actual

- Apresentação gráfica das curvas de regolfo, para cada linha de água estudada, com a indicação designadamente das cotas atingidas pela água, dos talvegues e das cotas das margens do leito menor;
- Gráficos com as secções transversais da linha de água, espaçadas em média de 300 m e nos pontos singulares (passagens hidráulicas, mudanças nítidas de declive, confluências com linhas de água afluentes bem definidas e variações significativas de secção);

- Para cada linha de água estudada, preenchimento de um quadro, cujo título exemplificativo deverá ser “Linha de água.....Escoamento permanente do caudal de ponta de cheia T= 2 anos, com a geometria actual”, com os seguintes resultados:
 - Secções de cálculo;
 - Distância à secção de jusante (m);
 - Caudal total (m³/s);
 - Cota do leito (m);
 - Cota da superfície livre da água (m);
 - Altura da secção na margem esquerda e na margem direita (m);
 - Altura do escoamento no leito (m);
 - Folga na margem esquerda e na margem direita (m);
 - Largura da zona inundada total, na margem esquerda e na margem direita (m);
 - Largura da boca (m);
 - Cota da linha de energia (m);
 - Velocidade média do escoamento no leito (m/s);
 - N^o de Froude.

b) Situação com projecto

- Apresentação gráfica das curvas de regolfo, para cada linha de água estudada, com a indicação designadamente das cotas atingidas pela água, dos talvegues e das cotas das margens do leito menor;
- Gráficos com as secções transversais da linha de água, apresentados com um espaçamento médio de 25 m e nos pontos notáveis, ou seja passagens hidráulicas,
- início e fim de curvas e secções no início e fim de cada troço definido no perfil longitudinal (correspondente a mudanças de declive ou de caudal ou de ambos).
- Para cada linha de água estudada, preenchimento de um quadro, cujo título exemplificativo deverá ser “Linha de água.....Escoamento permanente do caudal de ponta de cheia T= 2 anos, com a geometria corrigida”, com os seguintes resultados:
 - Identificação do troço (com apresentação da distância à origem correspondente ao início e fim do troço definido no perfil longitudinal da linha de água) (m);
 - Secções de cálculo;
 - Distância à secção de jusante (m);
 - Caudal total (m³/s);
 - Largura do rasto (m);
 - Inclinação dos taludes (h:1);
 - Altura mínima da secção (m);
 - Cota do leito (m);
 - Cota da superfície livre da água (m);
 - Largura superficial do escoamento (m);
 - Largura da boca (m);
 - Altura da secção na margem esquerda e na margem direita (m);
 - Altura do escoamento (m);
 - Folga na margem esquerda e na margem direita (m);

- Cota da linha de energia (m);
- Nível da água do regime crítico (m);
- Velocidade média do escoamento (m/s);
- Relação b/y;
- N° de Froude.

Excepcionalmente, nos troços das linhas de água do tipo 1, onde seja manifestamente necessário consolidar as margens (rombos nas margens), a análise das condições de escoamento nesses troços, para a vazão máxima do leito regularizado (secção completamente cheia), também deve ter em consideração o estudo do escoamento em regime permanente, recorrendo ao uso de modelos de simulação hidráulica de escoamentos, designadamente o HEC-RAS.

3.2. Regime uniforme

Nas linhas de água do tipo 3 poderá proceder-se à avaliação da capacidade de vazão actual e ao dimensionamento hidráulico em regime uniforme, utilizando designadamente a equação de Manning-Strickler, segundo LENCASTRE (1983):

$$Q = K_s S R^{2/3} i^{1/2} \quad (1)$$

em que:

- Q - caudal (m³/s);
- K_s - coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler (m^{1/3}s⁻¹);
- S - área da secção molhada (m²);
- R - raio hidráulico (m);
- i - declive do fundo do canal (m/m).

a) Relativamente à capacidade de vazão actual de cada linha de água colectiva, deverá ser preenchido um quadro com os seguintes resultados:

- Designação da linha de água;
- Identificação do troço;
- Comprimento do troço (m);
- Caudal de projecto (m³/s);
- Declive natural do troço (m/m);
- Coeficiente de rugosidade, K_s (m^{1/3}s⁻¹);
- Largura do rasto (m);
- Inclinação dos taludes (h:1);
- Altura da secção (m);
- Largura da boca (m);
- Altura uniforme (m);
- Folga (m);
- Velocidade média do escoamento (m/s);
- N° de Froude.

b) No que diz respeito ao dimensionamento hidráulico de cada linha de água colectiva, deverá ser preenchido, um quadro com os seguintes resultados:

- Designação da linha de água;
- Identificação do troço (com indicação do perfil inicial e do perfil final) (m);
- Comprimento do troço (m);
- Caudal de projecto (m³/s);
- Declive do troço reperfilado (m);
- Coeficiente de rugosidade Ks (m^{1/3s-1});
- Largura do rasto (m);
- Inclinação dos taludes (h:1);
- Altura mínima da secção (m);
- Largura da boca (m);
- Altura uniforme (m);
- Altura critica (m);
- Largura superficial do escoamento (m);
- Folga (m);
- Energia especifica (m);
- Velocidade média do escoamento (m/s);
- N° de Froude;
- Relação b/y.

4. METODOLOGIA A UTILIZAR NO ESTUDO HIDRÁULICO DA PROTECÇÃO DE CURVAS

Para averiguar a necessidade ou não de se proceder ao revestimento das curvas em linhas de água, recomenda-se a utilização da metodologia preconizada em SAMORA (1993), onde se refere que para relações de $r/B \rightarrow 10$ (sendo r, o raio da curvatura no eixo da linha de água e B a largura superficial do escoamento) o efeito da curvatura é desprezável e, portanto, não há necessidade de proteger as curvas com enrocamento (ou proceder a um revestimento do extradorso da curva, mais forte do que no troço rectilíneo). Ao contrário, se $r/B \leftarrow 10$ deve-se continuar a averiguar a necessidade de se proceder ao revestimento (ou reforço do revestimento) do extradorso da curva.

Para o efeito, pode considerar-se, por simplicidade, que a tensão tangencial de arrastamento num ponto é directamente proporcional ao quadrado da velocidade média do escoamento na vertical desse ponto.

Partindo desta aproximação, pode concluir-se que o quadrado do factor de agravamento da velocidade, no extradorso das curvas, será aproximadamente igual a:

$$M_2^2 \cong M_1 \quad (2)$$

em que :

M_2 - factor de agravamento da velocidade;

M_1 - factor de agravamento da tensão tangencial.

Segundo SAMORA (1993), o factor de agravamento (ou de majoração) da tensão tangencial, de modo a ter em consideração o efeito da curvatura, é dado pela relação seguinte:

$$M_1 = \frac{3,2}{\sqrt{\frac{r}{B}}} \quad (3)$$

Conhecendo-se o factor de agravamento da tensão tangencial, o factor de agravamento da velocidade no extradorso da curva, é dado pela relação seguinte:

$$M_2 = \sqrt{M_1} \quad (4)$$

Sendo V_{med} a velocidade média no troço rectilíneo, a velocidade agravada (V_{ag}) no extradorso da curva é dada por:

$$V_{ag} = V_{med} \times M_2 \quad (5)$$

Se o valor da velocidade agravada no extradorso da curva for superior à velocidade máxima de 1,5 m/s, considerada como limite estável, deve-se proteger a curva com enrocamento e ainda o troço rectilíneo a jusante da curva ao longo de uma distância de, pelo menos, $5 \times B$ (sendo B a largura superficial do escoamento).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente comunicação visa, assim, actualizar num único documento, o documento produzido inicialmente por ALVES *et al.* (2008) e o artigo PINELA e FREITAS (2010) “Complemento às orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva”, com o objectivo de uniformizar de forma abrangente critérios de concepção e dimensionamento assim como metodologias em todos os projectos de drenagem para a área do EFMA e genericamente para a área de todos os Aproveitamentos Hidroagrícolas do território Português.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, M.H., FERREIRA, T., CAMPOS, J., PINELA, M.S.J., CUNHA, P., DIAS, H., PEREIRA, J., FRAZÃO, M., BARROS, M., MARTINS, C., ROCHA, P., VAZQUEZ, J., COSTA MIRANDA, J. e CARVALHO, A. (2008). “Orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva”.
- BELTRAN, J.M., SANCHEZ, I.G. e FRUK, M.P. (1991/1992). “Drenaje agrícola”. V Curso Internacional de Riego y Drenaje. IRYDA, Madrid (Espanha), 12.14 pp.
- BOS, M.G. (1983). “Main drainage systems”. Twenty-second International Course on Land Drainage. ILRI, Wageningen (Holanda), 21 pp.
- LENCASTRE, A. (1983). “Hidráulica geral”. Hidroprojecto, Lisboa (Portugal), 168 pp.
- PINELA, M.S.J. e FREITAS, A. (2010). “Complemento às orientações para a elaboração de projectos de drenagem dos blocos de rega do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva”. In: III Congresso Nacional de Rega e Drenagem, Beja (Portugal), 19-20 Maio.
- SAMORA, M.M.C.G. (1993). “Utilização de enrocamentos como protecção contra a erosão de canais”. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos. Instituto Superior Técnico (IST), Lisboa (Portugal), pp.165-168
- VAN DER MOLEN, W.H. (1972). “Water management”. M. Sc. Course on Soil Science and Water Management. Agricultural University, Wageningen (Holanda)^[*].
- VAN DORT, J. A. e BOS, M. G. (1980). “Main drainage systems” in *Drainage Principles and Applications. Design and management of drainage systems*. Publ. 16, Vol. IV. ILRI, Wageningen (Holanda), 172 pp.
- VELDMAN, W., AUGUSTIJN, D., HUTHOFF, F. e VISSER, M. (2007). “Effect of vegetation growth in drainage canals on water management.” In: Fifth International Symposium on Environmental Hydraulics, Tempe, Arizona (EUA), 4-7 Dezembro.

[*] Referência não consultada directamente.

AUTOMAÇÃO DOS ORGÃOS DE DISTRIBUIÇÃO (BOCAS DE REGA) DAS REDES DE REGA COLECTIVAS PRESSURIZADAS

A. CAVACO¹

M. NEVES²

J. RODRIGUES³

J. VIEGAS⁴

RESUMO ALARGADO

Os novos blocos de rega que se têm projectado e executado, para uso colectivo das infra-estruturas de rega, sobre a gestão do DGADR e da EDIA, preconizam e incluem a instalação de sistemas de telegestão. Estes têm como objectivo o comando e controlo dos órgãos de distribuição de água da rede colectiva para a rede privada do agricultor.

As potencialidades intrínsecas deste aporte tecnológico têm sido subaproveitadas, no que respeita à capacidade de utilização total pela gestão e controlo, verificando-se também dificuldades de adaptação e adopção das novas tecnologias por parte dos intervenientes na exploração e dos utilizadores das infra-estruturas de rega.

Apesar de alguns perímetros e blocos de rega realizados em Portugal terem infra-estruturas tecnológicas de ponta, verifica-se uma baixa eficiência na exploração das potencialidades que os equipamentos instalados permitem.

Na presente comunicação realizamos a inventariação das áreas de rega colectivas realizadas ou em execução e que dispõe de sistemas de automação das bocas de rega. Sendo que 79% da área beneficiada com distribuição em pressão está equipada com um sistema de telegestão para controlo da distribuição de água ao regante. Sendo atingido o pleno 100% nos novos blocos de rega do projecto de rega de Alqueva.

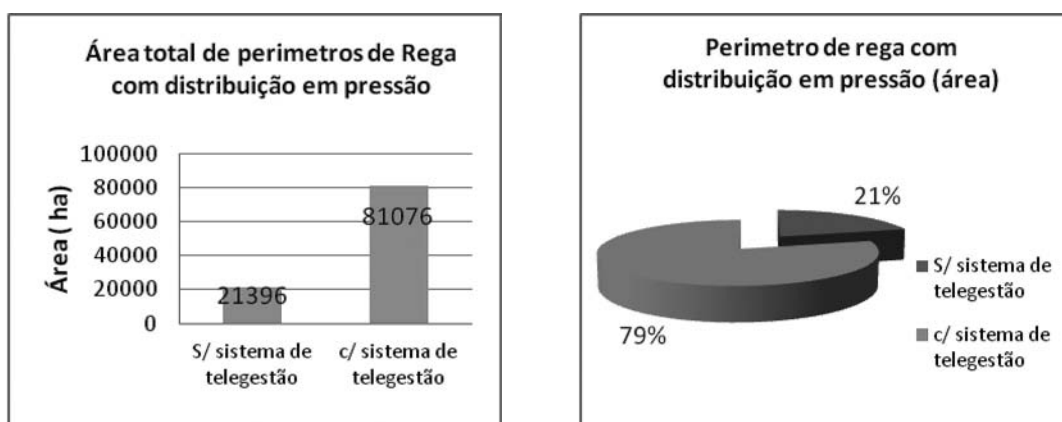


Figura 1 – Área e perímetros de rega com distribuição em pressão

¹ Hubel Indústria da Água- Parque Hubel – Olhão, alfredo@hubel.pt

² Hubel Indústria da Água- Parque Hubel – Olhão, mneves@hubel.pt

³ Hubel Indústria da Água- Parque Hubel – Olhão, jrodrigues@hubel.pt

⁴ Hubel Indústria da Água- Parque Hubel – Olhão, jviegas@hubel.pt

Nos gráficos seguintes apresenta-se uma análise comparativa dos sistemas de telegestão instalados nas mencionadas redes de rega colectiva, quanto: ao tipo de comunicação, sistemas de transmissão e arquitectura de rede, alimentação e autonomia energética, integração com os equipamentos hidráulicos da rede de rega, funcionalidade e desempenho.

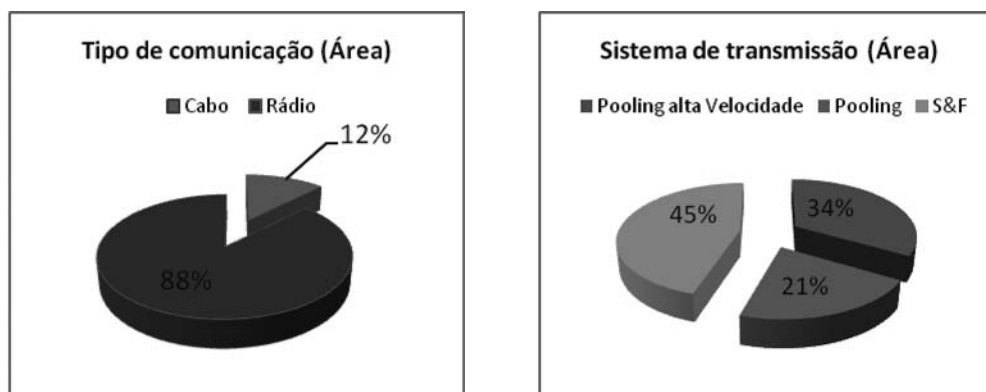


Figura 2 – Tipos de comunicação e sistemas de transmissão de dados

Do levantamento, avaliação e análise dos sistemas de telegestão dos perímetros e redes de rega estudados conclui-se que os mesmos são importantes instrumentos de apoio à gestão, possibilitando uma melhor optimização e ganhos na eficiência de exploração das redes de rega, com vantagens ao nível da redução das perdas de água e o aumento da eficiência energética.

A elevada adaptabilidade dos sistemas de telegestão, permite uma eficiente resposta, em caso de aumento da procura de recursos hídricos, que pode ser resultado da anexação de novas áreas de rega ou do incremento das necessidades de dotação unitária face às que tinham sido preconizadas no projecto base.

Assim os sistemas de telegestão são indispensáveis no apoio à decisão e gestão sendo instrumentos essenciais para a viabilidade económica das entidades responsáveis das redes de rega colectiva.

Tem que ser também valiosos instrumentos de informação para ajuda á produção agrícola e para a optimização dos diferentes recursos por parte do agricultor.

Numa abordagem e visão quanto ao futuro, apresentam-se as tendências e tecnologias do mercado, como a regulação dinâmica dos set points hidráulicos nos pontos (nós) de medição e controle, a identificação electrónica, quer pela utilização de terminais específicos para o efeito, quer pela utilização de aparelhos multifunções como os telemóveis ou “smarthphones”, o que possibilita a partilha da boca de rega por múltiplos utilizadores como a possibilidade de programação da rega. Incluímos também nesta comunicação alguns critérios e boas práticas a ter em termos de concepção e projecto, e soluções para a total interligação da rede colectiva com a do consumidor privado. Como a recomendação de frequências rádio exclusivas, que impossibilitam a interferência na rede de comunicação de outros equipamentos ou aparelhos que utilizem comunicação rádio.

A necessidade de passar de uma telegestão de monitorização para uma telegestão como ferramenta de suporte e instrumento de gestão, como ferramenta de interacção entre o agricultor e a equipa gestora operativa da rede de rega é o grande desafio para o futuro.

Actual

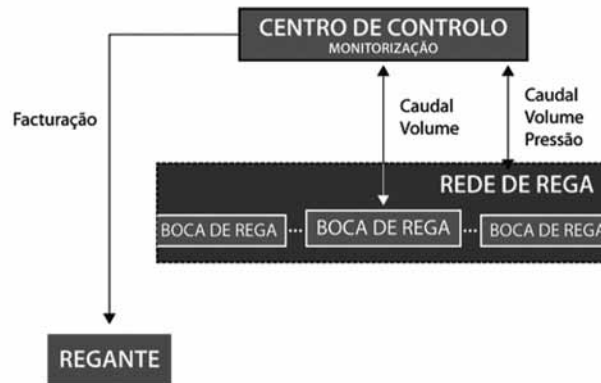


Figura 3 – Diagrama com o fluxo de troca de informação em sistemas de automação de redes de rega

A plena utilização dos instrumentos disponíveis para a racionalização (energia, água), integração (Gestão global, relação e envolvimento de todas as partes) e sustentabilidade (manutenção, vida útil, produtividade agrícola, mais valias para a gestão e agricultor, incremento do nº de utilizadores e área) dos recursos é o desafio para o qual as entidades gestoras e agricultores não podem permanecer alheios.

Futuro

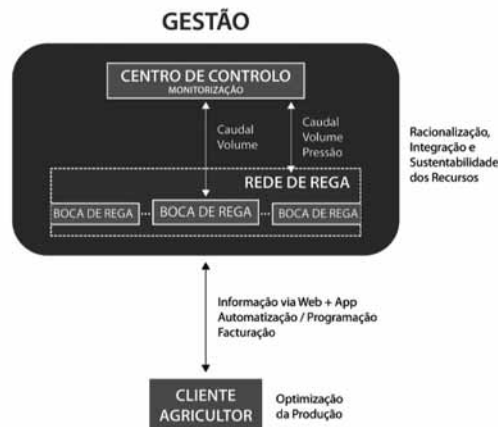


Figura 4 – Diagrama com o fluxo de troca de informação na gestão de sistemas de automação de redes de rega

A utilização de serviços para o regante, nomeadamente interfaces que a rede de automação instalada como a utilização de clientes servidor, portais Web com serviço de informação, disponibilização da informação on-line em smartphones e a interação com as necessidades de automação possibilita o uso pleno da rede de rega.

Tendo plena consciência que as propostas e soluções abordadas não só permitem a amortização dos custos dos investimentos realizados, como ganhos aliados à optimização dos recursos que são essenciais para a competitividade da "indústria agrícola".



Figura 5 – Hidrante equipado com sistema de emissão via rádio e sinópticos

Palavras-chaves: Telegestão, Comunicação via rádio, Aproveitamento Hidroagrícola, Hidrante

IMPACTES NA EXPLORAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS RESULTANTES DAS SOLUÇÕES ADOPTADAS NA FASE DE CONCEPÇÃO/CONSTRUÇÃO

Carlos Alberto Penetra Chibeles¹

Resumo

Neste trabalho aborda-se o faseamento do ciclo de vida dos Aproveitamentos Hidroagrícolas (AHs), propondo-se a metodologia do Custo do Ciclo de Vida como forma de analisar as soluções alternativas a adoptar durante a fase de Concepção/Construção. Neste âmbito são também tratados os impactes na fase de exploração das soluções adoptadas na fase de Concepção/Construção, nomeadamente, dado assumirem especial relevância os custos relacionados com a energia e os aspectos geradores de maior fiabilidade, robustez e flexibilidade dos sistemas, indutores de paragens não planeadas do durante a sua exploração. Faz-se também a apresentação não exaustiva de alguns aspectos relacionados com os impactes na exploração dos AH resultantes das soluções adoptadas na fase de Concepção/Construção.

Palavras-chave: Concepção/Construção, Exploração, Custo do Ciclo de Vida, Energia, Fiabilidade, Robustez e Flexibilidade

¹ Associação de Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas, Av. Gago Coutinho e Sacadura Cabral, s/n, 7900-562 Ferreira do Alentejo, cchibeles@aboro.pt.

1. FASEAMENTO DO CICLO DE VIDA DOS AHS

Os AHS são Obras cujo ciclo de vida é usualmente dividido em três fases: Concepção/Construção; Exploração; e Desactivação.

De acordo com a dimensão dos projectos a duração de cada uma das três fases varia, sobretudo a primeira e a última, todavia de acordo com a experiência portuguesa, é aceitável definir 5 anos como duração média da fase Concepção/Construção e 50 anos como horizonte da fase de Exploração. Relativamente à fase de Desactivação não existe suficiente experiência em Portugal, embora se possa considerar que prazos superiores a 1 ou 2 anos sejam pouco expectáveis.

Verifica-se assim que das três fases consideradas a Exploração representa cerca de 90% de ciclo de vida dos AHS, sendo por isso a sua fase mais importante, neste sentido é determinante para o sucesso de um AH que durante a sua exploração apresente um desempenho adequado e gerador de mais-valias socioeconómicas para os seus utilizadores e região onde está inserido.

O bom desempenho ao nível dos indicadores de fiabilidade, robustez e versatilidade dos sistemas é crucial para que durante a exploração dos AHS se possam atender as necessidades dos seus utilizadores, fornecendo um serviço com o nível de qualidade e custo adequado às condições de mercado onde os utilizadores competem. Refira-se que as necessidades dos utilizadores dos AHS sofrem inexoravelmente evolução ao longo do meio século estimado para a vida útil da instalação

Considerando este contexto, a análise do investimento nos AHS não pode nem deve ter apenas em consideração o custo da obra, visto que este investimento ocorre numa fase inicial e curta do seu ciclo de vida. Por outro lado se considerarmos os custos incorridos durante a fase de Exploração verifica-se que nesta fase ocorrem cerca de 50% a 60% dos custos globais do AH.

Neste sentido é de extrema importância atender aos aspectos relacionados com a concepção e construção da obra e que determinam o desempenho do AH durante a sua exploração, quer ao nível dos custos de operação e manutenção quer ao nível da fiabilidade, robustez e versatilidade do sistema.

2. ANÁLISE DE CUSTOS E ALTERNATIVAS

Quando, na fase de Concepção/Construção de um AH, se estudam e adoptam soluções, se ponderam os custos de investimento, é necessário considerar o Custo do Ciclo de Vida (CCV), incluindo os custos incorridos durante as várias fases do ciclo de vida e não apenas o investimento inicial na Obra.

Conceito de Custo do Ciclo de Vida (CCV)

O Custo do Ciclo de Vida ("Life Cycle Costing"- LCC) apresentado por Brown, Robert J. e Yanuck, Rudolph R. (1985), é definido como *"um método de calcular o custo total da propriedade durante toda a vida útil de um activo"*. Neste conceito considera-se que além do custo inicial, todos os subsequentes custos esperados, significantes, assim como o valor residual e quaisquer outros benefícios quantificáveis a serem derivados. Tendo em consideração o crescimento dos custos de energia, mão-de-obra, instalação, manutenção e operação, etc., trouxe, como consequência, a necessidade de maior atenção aos custos do ciclo de vida de um activo.

Assim, pode-se concluir que do ponto de vista económico, é preferível pagar um preço inicial mais elevado, porém incorrer em menores custos subsequentes durante a vida útil do activo se isso se traduzir num CCV mais vantajoso.

Existem várias abordagens ao conceito de CCV efectuados por inúmeros autores, cuja diferenciação normalmente está relacionada com os sectores ou área da economia onde se pretende aplicar esta metodologia.

Embora o objectivo deste trabalho não seja o estudo exaustivo da aplicação aos AHs do conceito de CCV, apresenta-se em seguida a metodologia proposta no *"Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems"* elaborado pelo Hydraulic Institute, Europump, and the US Department of Energy's Office of Industrial Technologies (OIT), adoptada pelo autor aos AHs.

$$CCV = C_{ci} + C_{en} + C_e + C_o + C_m + C_{pp} + C_a + C_d \quad (1)$$

Onde:

CCV - Custo do Ciclo de Vida

C_{ci} - Custos iniciais (custos de projectos, construção civil, equipamentos, serviços de apoio, etc.)

C_{en} - Custo de ensaios e testagem (arranque da instalação e formação do pessoal)

C_e - Custos energéticos (operação do sistema incluindo controlos e quaisquer serviços auxiliares)

C_o - Custos de operação (mão de obra, supervisão e gestão do sistema)

C_m - Custos de manutenção (actividades de manutenção planeada)

C_{pp} - Custos de paragens (perda de produção)

C_a - Custos ambientais

C_d - Custo de desactivação e desmantelamento (incluindo a restauração ambiental do local e serviços de destruição do equipamento)

Os custos estimados para as várias parcelas depois de somadas permitem uma comparação das diferentes soluções analisadas. Existem também factores financeiros a serem tomados em consideração no desenvolvimento do CCV.

Estes incluem:

- Preços actuais da energia;
- Actualização do valor anual da energia;
- Taxa de inflação;
- Taxa de juros;
- Vida útil esperada para o equipamento

De seguida apresenta-se uma breve descrição sobre cada uma das parcelas incluídas no cálculo do CCV.

Custos Iniciais

Nesta parcela estão incluídos os custos com estudos e projectos, obras de construção civil, aquisição e instalação de equipamentos. Note-se que nesta parcela são dominantes os custos relacionados com a construção civil em detrimento dos custos associados a equipamentos electro-mecânicos que aparecem diluídos no valor global da parcela, o que pode originar a que estes sejam menosprezados na sua importância final no CCV.

Custos de Ensaio e Testagem

As actividades de ensaio e testagem dos sistemas revestem-se de especial importância, sobretudo quando se trata de sistemas com complexidade funcional e tecnológica que requerem uma fase prolongada de afinação operacional e envolvem requisitos de operação e manutenção que terão que ser assegurados por pessoal devidamente qualificado.

Custos energéticos

O consumo energético é, nos sistemas em que a água se destina à rega pressurizada, uma parcela com um peso muito significativo no CCV, daí que seja extremamente importante, na análise de novos projectos, estimar com rigor o seu valor e avaliar várias alternativas, tendo em vista a escolha de soluções globalmente mais vantajosas.

Custos de operação

Incluírem-se nesta parcela os custos de operação, supervisão e gestão do sistema. Estes custos podem variar muito dependendo da complexidade, automatização, função e dimensão do sistema, níveis de atendimento e serviço, estrutura da entidade gestora, etc.

Custos de manutenção

A manutenção dos equipamentos e infra-estruturas dos AHs é crucial para obtenção de elevados níveis de fiabilidade e eficiência do sistema, reduzindo as paragens não planeadas. Os custos das actividades incluídas nesta parcela são variáveis e dependem do maior ou menor peso da componente hidromecânica do sistema e do plano de manutenção implementado. Nesta parcela devem ser também incluídos custos relativos a manutenção não planeada (avarias) e eventual substituição de equipamentos (grandes reparações). Embora as avarias não possam ser previstas, podem ser estimadas estatisticamente através de vários indicadores.

Custos de paragens

O custo de paragens imprevisíveis e de perdas de produção poderão ser uma parcela muito significativa no valor CCV, sobretudo se as soluções adoptadas na fase de concepção construção se vierem a traduzir no sistema pouco fiável e robusto. Frequentemente os custos de paragem são inaceitáveis por representarem custos superiores à instalação de um equipamento de substituição, de reserva ou redundante. Se for utilizado um equipamento de reserva, o custo inicial será mais elevado mas os custos de manutenção não programada incluirão apenas os custos da reparação.

Custos ambientais

O âmbito e natureza dos custos ambientais imputáveis a um AH é dificilmente consensualizável entre as várias sensibilidades, todavia em Portugal os custos da vertente ambiental na construção de AH são bastante significativos, compreendendo acções de caracterização do meio, minimização e compensação de impactes, monitorização e condicionantes ao uso dos solos.

Custo de desactivação e desmantelamento

Na maioria dos casos, o custo da desactivação de um sistema tem variações em relação a diferentes concepções, contudo existem procedimentos legais e regulamentares que deverão ser observados e que poderão ter um peso significativo no CCV, tornando-se neste caso particularmente sensível a vida útil do equipamento ou infra-estrutura.

3. IMPACTES NA EXPLORAÇÃO DAS SOLUÇÕES ADOPTADAS NA FASE DE CONCEPÇÃO/CONSTRUÇÃO

Dado assumirem especial relevância os custos relacionados com a energia e os aspectos geradores de maior fiabilidade, robustez e flexibilidade dos sistemas, indutores de paragens não planeadas durante a sua exploração, neste ponto far-se-á a abordagem destes temas, nomeadamente no que se refere ao seu impacte na exploração dos AHs em função das soluções adoptadas na fase de Concepção/Construção

3. 1. Energia

A promoção da eficiência energética na agricultura de regadio, nomeadamente nos aproveitamentos hidroagrícolas colectivos, envolve vários factores e entidades. Desde logo, na fase de projecto, são adoptadas soluções decisivas para o futuro desempenho energético da instalação, sendo por isso crucial que nesta fase se tomem decisões que tenham em conta o desempenho energético da instalação durante a sua vida útil e não apenas o critério do menor investimento inicial em prejuízo de maiores custos de exploração.

A promoção da eficiência energética, por ter a ver com a sustentabilidade dos recursos, deve ser um desígnio de todos e assumida pelo Estado. Não cabendo apenas dos agricultores e às entidades gestoras dos AHs.

É importante verificar que o balanço global da utilização de energia e da água no regadio é mais vantajoso quando é controlado de forma colectiva em detrimento do controlo individual².

Durante a fase de exploração dos AHs, em especial daqueles em que existem bombagens de água o peso do custo da energia é muito significativo sendo por isso imprescindível que as entidades gestoras adoptem medidas que promovam a eficiência energética e a redução de custos associados à energia sob pena de a exploração do sistema se tornar economicamente insustentável ou resultar no acréscimo de custos para os regantes que tornará inviável a sua actividade agrícola de regadio.

A título de exemplo, refira-se que cerca de 65% da estimativa dos custos de operação e manutenção previstos para o Sistema Global de Rega no EFMA se referem a energia consumida nas estações elevatórias, sendo que estes custos representam cerca de 31% do CCV³ do Sistema Global de Rega

Neste âmbito é igualmente de extrema importância promover a eficiência na utilização da água, quer ao nível da rede colectiva dos aproveitamentos hidroagrícolas quer nas parcelas dos agricultores, visto que o consumo de energia está directamente ligado ao consumo de água, pelo que uma gestão adequada e concertada da água na rede de distribuição e no sistema de rega é decisivo para uma utilização economicamente e ambientalmente sustentável dos recursos.

De seguida far-se-á a apresentação não exaustiva de alguns aspectos relacionados com soluções adoptadas na fase de Concepção/Construção, na área da energia, com impacte significativo na exploração dos AHs.

² "Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes" editado pelo Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, Espanha

³ Valor calculado a preços constantes sem ter em conta os custos de desmantelamento e paragens

3. 1.1. Medidas a Adohtar na Fase de Concepção/Construção

- a) Instalação de estações de bombagem com funcionamento automatizado e regulação manodebitimétrica (pressão e caudal) para os casos de bombagem directa para a rega, de forma a permitir um maior ajuste relativamente à curva de funcionamento da rede, promovendo assim a eficiência do sistema de bombagem;
- b) Instalação de grupos de bombagem, em paralelo, de capacidades diferenciadas (grandes e pequenos) tendo em vista um maior ajuste da instalação relativamente à procura, possibilitando assim uma resposta adequada e eficiente da estação a pequenos, médios e grandes caudais.
- c) Instalação de grupos com variação de velocidade que permitem ajustar a rotação dos grupos e logo o consumo energético às necessidades reais do sistema em cada momento, permitindo assim menores consumos de energia, promovendo a eficiência energética e o menor desgaste mecânico dos grupos.
- d) Instalação do sistema interbarras de forma a permitir a comutação dos grupos de bombagem entre os eventuais transformadores existentes na instalação, possibilitando assim o desligamento de transformadores durante um período do ano com a consequente diminuição do custo da energia reactiva produzida pela instalação;
- e) Instalação de arrancadores que permitam o arranque suave dos grupos de bombagem de velocidade fixa, que para além de promover a eficiência energética minimiza o desgaste mecânico dos grupos durante o arranque dos mesmos;
- f) Instalação de baterias de condensadores para compensar a energia reactiva produzida pela instalação, o que levará a uma diminuição do custo da factura energética;
- g) Optimizar o algoritmo das estações e redes de rega no sentido de minimizar o numero de arranques dos grupos de bombagem e suprimir pressurizações desnecessárias, ou ainda evitando paragens da estação que originem a esvaziamento de condutas com consequente necessidade de reenchimento das mesmas, levando à ocorrência de perdas de água e energia;
- h) Adoptar soluções e equipamentos que possibilitem um funcionamento eficiente da instalação incluindo a definição de um *layout* da rede de forma a minimizar as perdas de carga geradoras desperdícios de energia.
- i) Dividir a área de rega por patamares de bombagem, evitando elevações desnecessárias;
- j) Monitorizar a pressão da rede em vários pontos, utilizando esses dados no comando da estação elevatória de forma evitar a pressurização da rede para além do efectivamente necessário, em função do(s) local(ais) onde de facto se verifica pressões abaixo dos *set points* definidos, promovendo assim a eficiência e a redução da factura energética.

3. 2. Fiabilidade, Robustez e Flexibilidade do Sistema

A manutenção dos equipamentos e infra-estruturas dos AHs é crucial para obtenção de elevados níveis de fiabilidade e eficiência do sistema, aumentar a vida útil dos equipamentos, mantendo a qualidade do serviço e reduzindo as paragens não planeadas.

O custo de paragens não planeadas e de perdas de produção poderão ser uma parcela muito significativa no valor CCV, sobretudo se as soluções adoptadas na fase de concepção construção se vierem a traduzir no sistema pouco fiável e robusto.

As paragens não planeadas dos sistemas induzem à perda de confiança dos utilizadores e à consequente redução da adesão ao regadio bem com, frequentemente se traduzem em prejuízos inaceitáveis por representarem custos superiores à instalação de um equipamento de substituição, de reserva ou redundante.

A título de exemplo, refira-se que na rede secundária de Alqueva se estima que cerca de 10% do CCV⁴ seja proveniente dos custos de manutenção.

Tendo em consideração que o ciclo de vida dos AHs é extremamente longo, existem Obras em Portugal que estão a funcionar desde a década de 40 do século passado, é certo que as necessidades dos utilizadores do sistema e o ordenamento cultural se alteram mais ou menos radicalmente, durante a exploração, daí que seja fundamental dotar os AHs de flexibilidade adequada de modo a poder dar resposta à normal evolução da actividade agrícola que lhe está associada.

De seguida far-se-á a apresentação não exaustiva de alguns aspectos relacionados com soluções adoptadas na fase de Concepção/Construção, na área fiabilidade, robustez e flexibilidade dos Sistemas, com impacte significativo na exploração dos AHs.

3.2.1. Medidas a Adoptar na Fase de Concepção/Construção

- a) Prever a instalação do sistema interbarras de forma a permitir a comutação dos grupos de bombagem entre os eventuais transformadores existentes na instalação, o que para além de possibilitar o desligamento de transformadores, permite, em caso de avaria deste equipamento, poder manter a operacionalidade dos grupos durante o período de reparação da avaria.
- b) Prever a possibilidade de comutação dos grupos relativamente aos variadores de velocidade existentes, isto é permitir que o gestor da instalação defina o grupo de bombagem associado a cada variador de velocidade, de forma a harmonizar as horas de trabalho entre os grupos que compõem a instalação, esta operação permite ainda aumentar a flexibilidade e fiabilidade sistema para além de garantir ao gestor da instalação a possibilidade de dispor dos equipamentos que em dado momento apresentam maior qualidade de desempenho;
- c) Prever a instalação de grupos de bombagem de reserva o que permite, em caso de avaria destes equipamentos, poder manter a capacidade de projecto para o fornecimento de água;
- d) Equipar grupos de bombagem com motores preparados para velocidade variável para além do estritamente necessário para o funcionamento do algoritmo da estação de bombagem, constituindo assim uma reserva relativamente a estes equipamentos vitais para o funcionamento do sistema;
- e) Implementar algoritmos de funcionamento que permitam funcionamentos alternativos em caso de avaria de um equipamento;
- f) Prever a leitura redundante de dados de campo imprescindíveis para o funcionamento do algoritmo (e.g., pressões, níveis, etc.);
- g) Implementar sistemas de supervisão que permitam aos responsáveis pela exploração a definição de alguns parâmetros de funcionamento dos sistemas;
- h) Ter em consideração que em projectos com uma vida útil muito alargada como é o caso dos AHs é expectável que as respostas para as necessidades de “hoje” não sejam adequadas para a evolução futura da Obra, nomeadamente em termos de ordenamento cultural, pelo que caudais de projecto baixos certamente irão limitar leque de culturas possíveis no futuro, embora diminuam os custos iniciais.

⁴ Valor calculado a preços constantes em ter em conta os custos de desmantelamento e paragens

- i) Adoptar soluções construtivas e materiais de qualidade e que ofereçam garantias de durabilidade e baixos custos de manutenção/substituição (e.g. condutas);
- j) Adoptar equipamentos de reconhecida, qualidade, robustez e fiabilidade, com reconhecimento no mercado, tendo em consideração a assistência pós venda e os custos de manutenção;
- k) Adaptar a complexidade tecnológica da Obra de acordo com o meio socioeconómico onde AH irá ser implementado, considerando nomeadamente os recursos humanos existentes, o nível de especialização da agricultura de regadio, a qualidade do fornecimento de energia, a possibilidade de aceder a assistência técnica e peças de reserva atempadamente, etc.
- l) Prever a constituição de um conjunto de peças de reserva que, integrando especialmente aquelas cujos tempos de aprovisionamento sejam incompatíveis com os tempos de paragem de admitidos para a instalação;

4. CONCLUSÕES

- A fase de Exploração de um AH é sem dúvida a fase mais importante do seu ciclo de vida, sendo aqui que se concentra a mais de 50% do CCV.
- A análise do investimento num AH dever ser efectuada na óptica da avaliação de alternativas com base no CCV e não apenas com base no investimento inicial;
- Não é certo que a premissa, muitas vezes utilizada, “A um investimento inicial menor corresponde a melhor opção”, esteja correcta. Numa análise deste tipo, sem ter em conta CCV da obra, seguramente o desempenho do sistema durante a fase de exploração irá ser penalizado e dificilmente cumprirá os seus objectivos.
- O peso da energia no CCV é muito significativo, cerca de 31%⁵, pelo que é imprescindível adoptar soluções na fase de Concepção/Construção que sejam potenciadores da utilização eficiente de energia e redutoras da factura energética.
- Tendo em consideração que o ciclo de vida dos AHs é extremamente longo, é fundamental dotar os AHs de flexibilidade adequada de modo a poder dar resposta à normal evolução da actividade agrícola que lhe está associada.
- As paragens não planeadas dos sistemas induzem à perda de confiança dos utilizadores e à consequente redução da adesão ao regadio bem como, frequentemente se traduzem em prejuízos, para os regantes e entidades gestoras dos AHs, inaceitáveis por representarem custos superiores à instalação de um equipamento de substituição, de reserva ou redundante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, Robert J. & YANUCK, Rudolph R. (1985) - *“Introduction to Life Cycle Costing”* – The Fairmont Press, Inc. e Prentice-Hall, Inc., USA.

Hydraulic Institute, Europump, and the US Department of Energy’s Office of Industrial Technologies (OIT) (2001) - *“Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems”*, Bruxelas, Bélgica.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2008) - *“Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes”*, Madrid, Espanha.

KPMG (2011) - *“Uma visão estratégica para um desenvolvimento sustentável do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA)”*, EDIA, Beja, Portugal.

⁵ Valor calculado para o Sistema Global de Rega do EFMA a preços constantes, sem ter em conta os custos de desmantelamento e paragens

TEMA 6

**CONSTRUÇÃO, REABILITAÇÃO
E MODERNIZAÇÃO**

APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA COVA DA BEIRA

Processo construtivo do túnel do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa

Maria M. MATOS¹

1. RESUMO

Nesta comunicação faz-se uma breve apresentação de uma das obras mais emblemáticas realizadas no Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira, nomeadamente quanto ao processo construtivo utilizado na escavação túnel do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa.

Durante muitos anos, as obras de hidráulica agrícola foram por muitos consideradas de menor importância, pelo que não eram utilizados processos construtivos avançados ou inovadores.

Foram construídos túneis em diversos aproveitamentos, nomeadamente na 1ª fase do Canal Condutor Geral da Cova da Beira, mas sempre com recurso a escavação por métodos tradicionais.

O túnel do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa foi uma das primeiras obras desta natureza, em que a escavação foi efectuada com a utilização de tuneladora.

Para esta decisão, muito contribuiu a preocupação na qualidade final da obra e na segurança durante a sua execução, factores que têm sido uma prioridade no trabalho realizado na DGADR.

2. INTRODUÇÃO

O Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira é um aproveitamento de fins múltiplos destinado à rega, ao abastecimento público e à produção de energia eléctrica.

É constituído por infra-estruturas de armazenamento (barragens e reservatórios), de transferência (circuito hidráulico Sabugal-Meimoa), de distribuição primária (canais) e de distribuição secundária (condutas enterradas equipadas com hidrantes).

No que respeita às barragens, foi construída nos anos 80, a barragem da Meimoa, na bacia hidrográfica do Tejo, cuja capacidade não era suficiente para fornecer água para regar toda a área de 14400 ha que se previa beneficiar.

Mais recentemente, entre 1997 e 2000, foi construída a barragem do Sabugal, localizada na bacia do Douro, no Alto-Côa, com a finalidade principal de reforçar as afluições à albufeira da Meimoa.

Para se dispor do reforço que a albufeira do Sabugal veio permitir, tornou-se necessário transferir a água entre as duas albufeiras através do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa.

A obra em questão é constituída por um conjunto de infra-estruturas, nomeadamente um túnel, cuja metodologia de construção vai ser abordada em seguida.

¹ Eng.ª Civil, INAG, Av. Gago Coutinho, 30 1049-066 Lisboa, manuela.matos@inag.pt

3. CIRCUITO HIDRÁULICO SABUGAL-MEIMOA

O Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa, destina-se portanto à transferência de água da albufeira do Sabugal para a da Meimoa, vencendo um desnível de 211,50 m.

Tem uma extensão total aproximada de 5,1 km, e é constituído por várias estruturas desde a tomada de água até à estrutura de derivação.

A estrutura de derivação permite que a água seja libertada directamente para a albufeira da Meimoa (através de uma válvula dispersora) ou que seja turbinada na Central do Meimão.

Esta última opção permite que todo o volume transferido seja turbinado, dando origem à produção de energia eléctrica, rentabilizando o desnível natural existente ao longo deste circuito.

As obras de montante estão localizadas no concelho do Sabugal e as de jusante no concelho Penamacor.

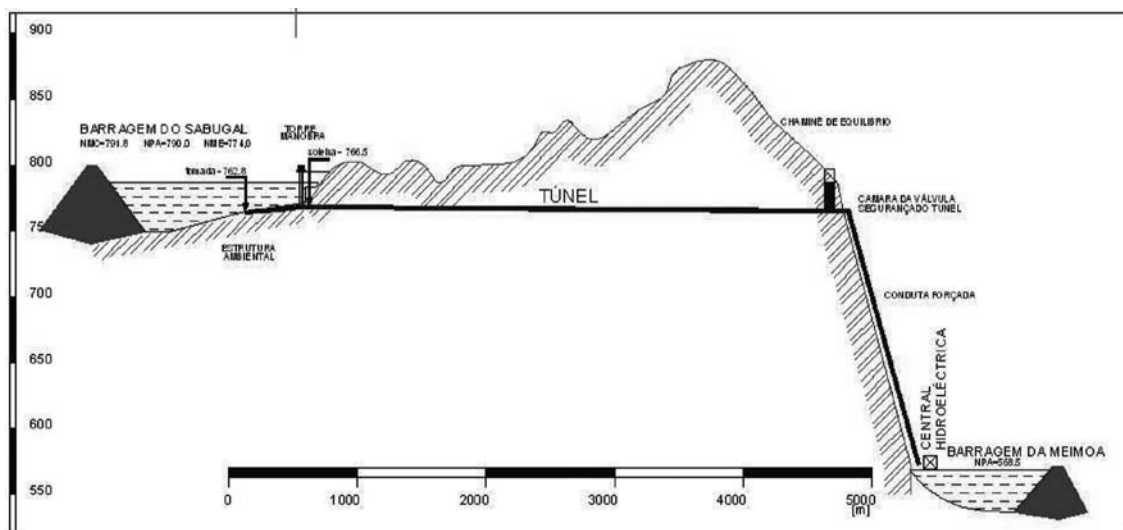


Figura 1 – Representação do Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa

Na globalidade, a obra é constituída pelas seguintes infra-estruturas, referidas de montante para jusante:

- Tomada de água submersa na albufeira do Sabugal, dispendo de uma estrutura ambiental, dotada de 12 entradas equipadas com grades finas e comportas de maré, dimensionada para um caudal de 8 m³/s;



Figura 2 – Estrutura ambiental

- Conduto de betão de 2,50 m de diâmetro com 360 m de comprimento que estabelece a ligação entre a tomada de água e a torre de manobra;
- Torre de manobra com 30 m de altura, equipada com uma comporta vagão, situada junto à povoação da Malcata;



Figura 3 – Torre de manobra

- Túnel de derivação, de secção circular com 3,00 m de diâmetro e 4122 m de extensão, escavado sob a Reserva Natural da Serra da Malcata, com emboquilhamento de montante junto à aldeia da Malcata e de jusante na encosta sobre a aldeia do Meimão;



Figura 4 – Emboquilhamento de montante do túnel

- Chaminé de equilíbrio, a cerca de 93 m a montante do emboquilhamento de jusante, com 5,00 m de diâmetro e 47,75 m de profundidade;



Figura 5 – Chaminé de equilíbrio

- Conduto forçada em aço, com diâmetro variável entre 1,60 e 1,20 m e 556 m de desenvolvimento, apoiada sobre 34 berços e seis maciços de ancoragem nos vértices, que estabelece a ligação entre o emboquilhamento de jusante e a estrutura de derivação, na albufeira da Meimoa;
- Estrutura de derivação equipada com uma válvula dispersora de DN 700mm, situada na albufeira da Meimoa;



Figura 6 - Camara da válvula dispersora



Figura 7 - Conduto forçada e Central do Meimão

A central mini - hídrica do Meimão, estando directamente ligada ao Circuito Hidráulico Sabugal Meimoa, foi construída numa empreitada autónoma realizada posteriormente (2008 – 2010).

4. CARACTERÍSTICAS DO MACIÇO A ATRAVESSAR E DO TÚNEL

4. 1. Características do maciço

O maciço atravessado pelo túnel era constituído por alternâncias de xistos e rochas grauva-cóides.

Apresentava-se *decomposto a muito alterado*, da superfície até 5 a 10 metros de profundidade, evoluindo progressivamente para *medianamente alterado* e apresentando-se *são* na maior parte da zona interessada pelo túnel ou seja em profundidades de 30 ou 40 metros. Na zona de emboquilhamento, nos primeiros 5 metros, o maciço era *bastante alterado* evoluindo rapidamente para um maciço *são*.

4. 2. Características do túnel

O projecto original, nas disposições gerais, definia que a construção do túnel englobava maioritariamente os seguintes trabalhos:

- Escavação a céu aberto ou em galeria;
- Colocação de suportes primários;
- Construção do revestimento final.

A secção corrente do túnel foi definida, por razões construtivas, com um diâmetro final de 3,00m a que corresponde uma secção de escavação com um diâmetro de 3,60m.

Em desenvolvimento, o túnel tem 3 troços rectos, separados por dois troços com desenvolvimento circular (R=100m). A inclinação do túnel é de 0,3265%, com pendente constante para jusante.

O empreiteiro escolheria os meios de escavação mais adequados, responsabilizando-se pela aplicabilidade e segurança desses meios, garantindo a viabilidade da reutilização dos materiais escavados nos aterros e do transporte, colocação e arrumação em depósito dos materiais não utilizados.

O suporte primário previsto, consistia na aplicação de betão projectado com ou sem armadura e, nalguns troços, pregagens e cambotas metálicas.

Para cada secção do túnel estavam definidas duas linhas "A" e "B".

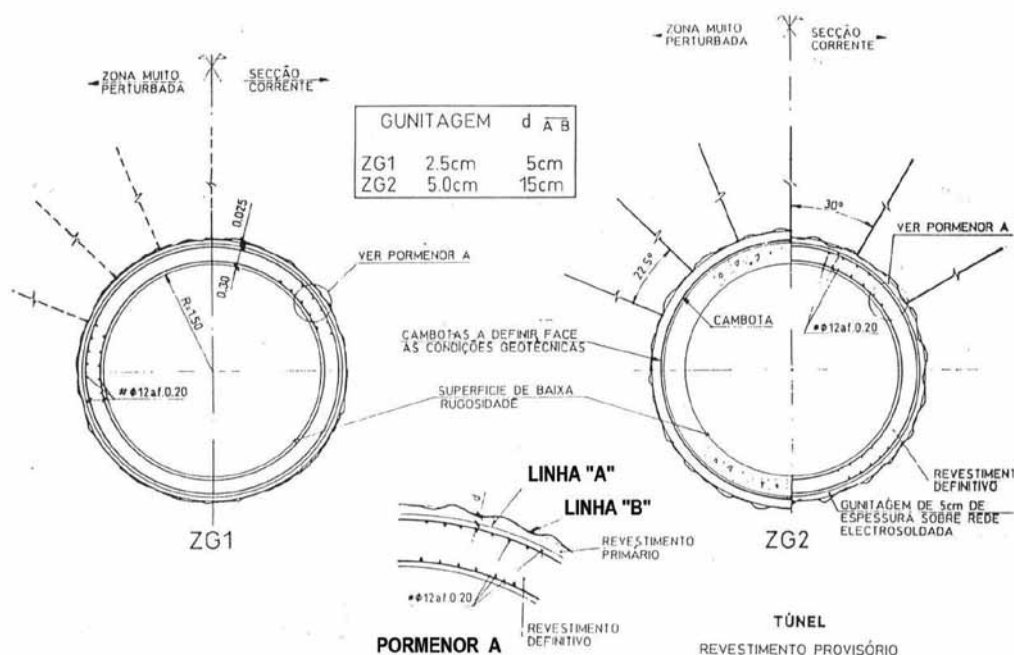


Figura 8 - secção tipo do túnel

A linha "A", coincidente com o limite exterior teórico do revestimento definitivo, era a linha dentro da qual não era permitido permanecer qualquer material não escavado, nem entivações. A linha "B" constituía o limite exterior, segundo o qual seria feita a medição das escavações para efeito de pagamento. A sobreescavação além desta linha seria da responsabilidade do empreiteiro.

Previa-se no projecto, que as escavações seriam realizadas com equipamento adequado e, no caso de aplicação de explosivos, seria aplicada a técnica de pré-corte de contorno para não conturbar o meio circundante e reduzir ao mínimo o volume de escavação.

Tendo em consideração a metodologia de cálculo foi previsto para que o revestimento definitivo seria realizado com 0,30m de espessura de betão armado.

5. ALTERAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESCAVAÇÃO DO TÚNEL DO CIRCUITO HIDRÁULICO SABUGAL-MEIMOA

Por vicissitudes administrativas o Circuito Hidráulico Sabugal-Meimoa foi construído em duas empreitadas em que o processo de escavação foi alterado da 1ª para a 2ª empreitada.

5. 1. Processo construtivo da 1ª empreitada – escavação tradicional, com explosivos e duas frentes de ataque

A primeira obra foi adjudicada em 1999 a um consórcio liderado pela empresa Somague.

Por vicissitudes meramente administrativas a empreitada foi iniciada mas acabou por não ter sequência, tendo sido construídos, para além dos emboquilhamentos de entrada e saída, uma escavação em cerca de 100m do lado de montante (Sabugal) e de 50m do lado de jusante (Meimoa).

Tendo em conta o volume de trabalhos, essencialmente o volume de escavação e os rendimentos previstos a escavação do túnel, previa-se que a obra seria realizada com duas frentes de trabalho, uma em cada extremidade. Nesta solução os materiais escavados seriam transportados através dos caminhos existentes, sendo obrigatório atravessar a zona da Reserva Natural da Serra da Malcata para os depositar fora desse parque, nas manchas previstas (locais de depósito) e já aprovadas.

A escavação como previsto, foi realizada com recurso a explosivos, tendo-se verificado após as detonações, que o maciço se apresentava muito desagregado, com blocos de dimensões apreciáveis em risco de queda.

Face a essa situação, a aplicação de sistemas de contenção, nomeadamente rede malhasol, betão projectado, pregagens e cambotas, apesar de previstas, iriam superar largamente as quantidades estimadas.

O Dono de Obra estava ainda com grande dificuldade em encontrar locais para depósito do material resultante da escavação, fora do Parque Natural onde se desenvolvia a obra.

Devido a questões administrativas a empreitada terminou, tendo sido lançado um novo concurso público internacional, em 2001, para realização dos restantes trabalhos que constituíam efectivamente a maior parte da obra.

5. 2. Processo construtivo da 2ª empreitada – escavação com recurso a uma tuneladora e apenas uma frente de ataque

No período que mediou entre ambas as empreitadas, foi alterado o projecto da tomada de água, tendo esta sido prolongada para montante e passando a prever a construção de uma estrutura ambiental, submersa.

A segunda empreitada foi adjudicada à empresa Zagope, SA.

Após a adjudicação da empreitada, na sequência de diversas reuniões entre os vários intervenientes, a metodologia de escavação do túnel foi reavaliada no sentido de ser alterada a escavação com recurso a métodos tradicionais para escavação com tuneladora.

A empresa apresentou uma proposta variante que englobava a escavação e o sustimento primário efectuado pelo mesmo equipamento, por uma tuneladora, mantendo o mesmo preço e prazo de execução.

Nesta solução os trabalhos eram realizados numa mesma sequência, com uma única frente de trabalho, localizada na albufeira do Sabugal, onde teria início a escavação do túnel e também onde seria instalado o estaleiro, a central de betão e a fossa para descarga do material resultante da escavação.

Esta proposta foi cuidadosamente analisada, pelo Dono de Obra, em conjunto com o Projectista e com a Fiscalização, tendo sido considerada viável porque o equipamento proposto apresentava características adequadas à secção a escavar (3,6m de diâmetro) e à extensão contínua de mais de 4000m de secção corrente e ao maciço a escavar.

Como principais vantagens, foram enunciadas, a menor perturbação do maciço a atravessar, uma secção de escavação praticamente igual à teórica, menor necessidade de utilização de revestimento provisório.

Esta opção oferecia ainda várias vantagens, quer a nível de segurança, quer a nível da diminuição de impactes ambientais, uma vez que a escavação se fazia apenas pelo lado montante, minimizando os impactos na zona de jusante, inserida na Reserva Natural da Serra da Malcata.

6. SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA E PROCESSO DE ESCAVAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DE TUNELADORA

6. 1. Ensecadeira

A obra teve início com a construção de uma ensecadeira de protecção à obra com coroamento à cota (773), na albufeira do Sabugal, que permitiu a realização de trabalhos mesmo com eventuais subidas controladas do nível de água na albufeira da barragem do Sabugal. Imediatamente a jusante construiu-se a plataforma de apoio às vagonetas e a fossa para lançamento do material proveniente das escavações.



Figura 9 – Zona de acesso à entrada do túnel com a máquina já instalada

6. 2. Emboquilhamento de montante e plataforma de apoio

De modo a que a entrada do túnel ficasse a uma profundidade adequada, conseguindo-se a sua inserção no maciço menos alterado, foi realizada uma escavação para criação do emboquilhamento de montante, local onde foi montada a tuneladora. Nessa zona foi necessário utilizar betão projectado para garantir a estabilidade dos taludes.

De seguida construiu-se a plataforma de apoio às vagonetas e a fossa para depósito do material resultante da escavação.



Figura 10 - Construção da enscadeira e da plataforma de apoio

6. 3. Escavação com recursos a tuneladora

Para escavação do túnel foi utilizada uma tuneladora da marca Wirth, modelo TB 360 H, que permitiu uma escavação em secção total com um diâmetro de 3600 mm, em avanços de 1200 mm.

Esta máquina tinha um comprimento total de 135 m, incluindo cabeça, grippers de apoio e back-up, onde estavam instaladas as plataformas dos elementos eléctricos, hidráulicos e de comando e os tapetes para evacuação dos escombros.

O back-up era constituído por 9 plataformas que atingem cerca de 100m de comprimento e onde se localizavam entre outros, o robot de perfuração para as pregagens, o robot de betão projectado, a cabine do piloto, os reboques hidráulico, eléctrico, do transformador, do compressor e do reservatório de água.



Figura 11 - Montagem da tuneladora na boca de montante

A opção pela utilização da uma tuneladora, levou a que a escavação do túnel se efectuasse apenas com uma frente de trabalho pelo que, todos os trabalhos de escavação no interior do túnel foram realizados apenas no sentido de montante para jusante.

O material escavado foi transportado nos tapetes rolantes, sobre o back-up da tuneladora, após o que era descarregado nas vagonetas que o transportavam até à superfície, na extremidade de montante.

A escavação era conseguida através de uma força de empurre de 4,9 MPa e da rotação da cabeça da tuneladora e dos 34 roletes, com 12" e 14" de diâmetro e com velocidade regulável entre 0 e 12 rpm. Para apoio ao terreno circundante contribuía os 8 *grippers* cada um com uma força aproximada de 2 MPa.

O processo de escavação foi efectuado em trabalho contínuo, durante as 24 horas diárias e 30 dias por mês, em regime de 3 turnos, sendo que dois turnos realizavam trabalho de escavação propriamente dito e actuavam durante a tarde e noite, o terceiro turno realizava todos os trabalhos complementares e trabalhava essencialmente durante a manhã.

Para efectuar o avanço diário da tuneladora, era necessário proceder ao acrescento de todos os equipamentos, nomeadamente das tubagens de água, de ar e instalação eléctrica bem como colocação de carris para permitir o avanço seguinte.

O guiamento da máquina era efectuado através de raio laser incorporado no próprio back-up da tuneladora.

O material proveniente da escavação era conduzido até ao exterior por um comboio com 8 vagonetas, existindo ainda 2 outras vagonetes para transporte de materiais de construção, como por exemplo betão para projecção, e uma outra para pessoal.

O rendimento médio de escavação foi de 10,2 m/dia e no dia de melhor rendimento atingiu-se 36,2 metros. A escavação de toda a extensão do túnel demorou em tempo efectivo 166,3 dias.

Logo após o início dos trabalhos verificou-se que esse material constituído por xistos e grauvaques apresentava boas características para aplicação como camada de revestimento em caminhos rurais. Inicialmente aplicado pelo Dono de Obra para melhorar os caminhos existentes entre as duas frentes de trabalho passou a ser solicitado por muitas das juntas de freguesias e Câmaras desta zona que pediam a cedência deste material para aplicação nos caminhos existentes na respectiva área de influência. Assim um dos problemas existentes aquando da realização do túnel pela metodologia tradicional transformou-se numa vantagem nesta nova solução.



Figura 12 - Comboio de apoio à tuneladora

6.3.1. Acompanhamento geológico e geotécnico

Os trabalhos de escavação foram efectuados com acompanhamento geológico-geotécnico do maciço atravessado, tendo em vista a definição e validação do sustimento provisório aplicado.

O maciço atravessado pela escavação do túnel era constituído essencialmente por sequência de xistos e grauvaques intercalados e alternados.

Foram definidas 4 zonas geotécnicas:

- ZG1,
- ZG2,
- ZG perturbada
- ZG falha,

sendo as zonas ZG1 e ZG2 as mais resistentes.

Sempre que em determinadas zonas, a geologia local assim o aconselhava, logo após a escavação com a tuneladora era aplicado o revestimento provisório. Consoante a situação encontrada efectuavam-se pregagens e/ou procedia-se à colocação de armadura e de betão projectado. Estes trabalhos eram realizados com o equipamento próprio englobado no back-up da tuneladora. Nas secções em que se atravessava maciço *são*, o que ocorreu numa percentagem muito significativa, não foi colocado qualquer tipo de revestimento provisório, porque a estabilidade e qualidade dessas secções estavam garantidas.

6.3.2. Acidente geológico

Durante os trabalhos de escavação do túnel verificou-se a ocorrência de um condicionalismo geológico não previsto e do qual resultou a ruína do maciço que estava a ser escavado.

O projecto indicava algumas zonas de falha que foram atravessadas sem qualquer problema de maior, não existindo no entanto qualquer referência relativamente a esta secção. Neste caso verificou-se que a tuneladora deixou de ter condições de suporte no maciço que se encontrava a escavar, tendo sido obrigatório suspender os trabalhos.

Realizados alguns ensaios e sondagens a partir da frente de trabalho, verificou-se que se tratava de uma descontinuidade geológico-geotécnica de grandes proporções com uma afluência de água muito elevada, preenchida com material sem qualquer consistência e que para agravar a situação apresentava uma direcção sub-paralela ao eixo do túnel.

O atravessamento deste acidente obrigou a uma sequência de trabalhos para dar consistência ao maciço. As primeiras tentativas para sustimento do maciço revelaram-se infrutíferas com a queda permanente de material sobre a tuneladora e o consequente soterramento da mesma e paragem de todos os trabalhos.

Para ultrapassar a situação anormal e imprevista foi necessário recorrer a consultas a especialistas nestes trabalhos tendo-se então adoptada uma solução que incluiu um tratamento do maciço com injeção de espuma de poliuretano para o estabilizar. Foram ainda realizados diversos furos de drenagem para aliviar a pressão que se verificava no maciço. Todas as soluções adoptadas tiveram como finalidade criar condições para o avanço dos trabalhos sem esquecer a segurança de todos os que trabalhavam na frente de obra, nomeadamente na cabeça da tuneladora.

As dificuldades sentidas nesta zona obrigaram a uma paragem de quase três semanas e a um atraso global de 2 meses no prazo da empreitada.

6. 4. Betonagem

Após a conclusão da escavação do túnel, que terminou com a chegada da tuneladora ao emboquilhamento de jusante e com a sua posterior desmontagem nesse local, deu-se início ao revestimento definitivo em betão de toda a secção do túnel, trabalho que se realizou em sentido oposto, ou seja de jusante para montante.

Este trabalho previsto inicialmente realizar com cofragem metálica constituída por 4 troços de 6m cada foi em fase de obra substituída mediante proposta da empresa adjudicatária por cofragem telescópica o que permitiu maior facilidade de execução.

Este método conferiu maior qualidade ao acabamento final do betão e permitiu que durante todo este período o túnel permanecesse livre facilitando a entrada e saída das vagonetas que transportavam a totalidade dos materiais a partir da zona de montante, nomeadamente as vagonetas com betão para o revestimento.

No início da betonagem foi necessário aferir a composição do betão para que não ficassem cavernas entre a cofragem e o maciço escavado.

À medida que o revestimento era realizado eram desmontados todos os equipamentos mantidos durante os trabalhos, nomeadamente os carris para acesso à frente de trabalho, as tubagens de ar, energia etc, ficando por fim o túnel livre de qualquer material.



Figura 13 - Cofragem telescópica utilizada na betonagem

Conduta forçada, estrutura de derivação e estrutura ambiental

A instalação da conduta forçada bem como os trabalhos de ligação do túnel, foram realizados depois da saída do equipamento pelo emboquilhamento de jusante.

Dando continuidade à conduta forçada, foi construída a estrutura de derivação e instalado o equipamento respectivo.

Encontrando-se instalado o equipamento na torre de manobra e estando a obra segura face a eventuais subidas de água na albufeira do Sabugal, foi retirado o aterro da ensecadeira e construída a estrutura ambiental.

7. PRINCIPAIS QUANTIDADES DE TRABALHOS REALIZADOS

Escavações a céu aberto	24 555 m ³
Escavações com explosivos	1 300 m ³
Escavações com tuneladora 4 045 m ³	
Aterros	9 365 m ³
Tubagem pré-fabricada de betão DN 2500	360 m
Conduta forçada	640 m
Volume de betão	15 600 m ³
Aço em varões	1 033 ton

8. CONCLUSÕES

A evolução dos equipamentos e dos processos construtivos permite uma maior garantia na qualidade das obras e de segurança na sua realização.

O recurso a escavação com tuneladora nesta obra permitiu melhores condições ambientais, de segurança e ainda economia nos materiais de sustentimento e de revestimento.

As principais vantagens desta solução foram:

- Menor perturbação do maciço atravessado
- Redução de necessidade de revestimento primário
- Concentração de todo o equipamento (estaleiro, central de betão), numa única zona,
- Aproveitamento do material resultante da escavação para melhoria de caminhos,
- Maior segurança e melhores condições de trabalho

Em obras de maior dimensão a aplicação de processos construtivos mais mecanizados é mais viável uma vez que, embora correspondam a investimentos superiores, estes são facilmente diluídos no valor final da obra.

A realização desta obra permitiu uma experiência muito gratificante para os técnicos que a acompanharam e algumas das soluções aplicadas resultaram da discussão e trocas de experiências de todos os intervenientes, Dono de Obra, Fiscalização e Empreiteiros.

BIBLIOGRAFIA

COBA (1994) – Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira, Projecto do Túnel Sabugal-Meimoa.

CENOR (2006) – Fiscalização da Empreitada da Construção do Circuito Sabugal-Meimoa, Relatório de Actividade Final.

REABILITAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DE APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS EM ANGOLA

Caxito, Waco Kungo e Gandjelas

António TERRÃO RUSSO¹

Paulo BETTENCOURT DE OLIVEIRA²

Francisco RAMOS BISCA³

RESUMO

Três pilares fundamentais devem contribuir para alavancar o desenvolvimento do sector agrário em Angola – o combate à fome, a segurança alimentar e o aumento do contributo da agricultura para o PIB.

Num país com elevada disponibilidade de recursos hídricos e com uma sazonalidade climática bem marcada, a água constitui um bem essencial ao desenvolvimento da agricultura durante o período seco, entre Maio e Outubro. Daí o interesse da implementação de Perímetros Irrigados.

Ciente deste facto, o Estado Angolano tem vindo a promover a reabilitação e modernização de vários perímetros, encontrando-se alguns deles já em exploração.

A ProSistemas, empresa com vasta experiência na área hidroagrícola, elaborou estudos para os Perímetros Irrigados de Caxito (Bengo) e do Waco Kungo (Cuanza Sul) e desenvolveu acções de formação e de assistência técnica aos agricultores e à sociedade gestora do Perímetro Irrigado das Gandjelas, na Chibia, Huíla.

Nesta comunicação evidenciam-se as particularidades de cada obra de rega, as suas potencialidades e condicionalismos. São abordadas as questões de natureza técnica e funcional e evidencia-se o papel dos perímetros de rega no desenvolvimento sócio-económico regional e nacional.

Palavras-Chave : Aproveitamentos Hidroagrícolas, Reabilitação e Modernização, Planeamento Agrícola, Gestão e Exploração de Sistemas de Rega.

¹ Eng.º agrónomo, ProSistemas S.A., Rua Alexandre Herculano nº 3, Piso 1, A, 2795-240 Linda-a-Velha, (351) 21 414 95 30, geral@prosistemas.pt

² Eng.º agrónomo, ProSistemas S.A., Rua Alexandre Herculano nº 3, Piso 1, A, 2795-240 Linda-a-Velha, (351) 21 414 95 30, geral@prosistemas.pt

³ Eng.º agrónomo, ProSistemas S.A., Rua Alexandre Herculano nº 3, Piso 1, A, 2795-240 Linda-a-Velha, (351) 21 414 95 30, geral@prosistemas.pt



Figura 2 – Canal de Caxito em fase de revestimento

1. 2. Infra-estruturas hidráulicas e obras complementares

Os estudos para a reabilitação e modernização do Perímetro Irrigado de Caxito concluíram pela reabilitação, modernização e construção das seguintes infra-estruturas e obras complementares:

- Reabilitação da tomada de água junto ao açude, equipada com 3 comportas planas de admissão, 1 descarregador de superfície e uma descarga de fundo;
- Reperfilamento e revestimento do canal principal, com 21,7 km de desenvolvimento, de secção trapezoidal, equipado com 9 descarregadores frontais do tipo labirinto e 20 tomadas de água laterais para as redes secundárias de rega;
- Instalação de 44,2 km de redes colectivas de rega em baixa pressão, com origem no canal, para fornecimento de água aos agricultores;
- Instalação de 219 pontos de entrega de água nas parcelas, a partir das redes colectivas, equipadas com uma electrobomba e restantes equipamentos hidráulicos auxiliares;
- Loteamento dos terrenos e instalação de sistemas de rega terciários (“on farm”) para a rega por aspersão e miniaspersão;
- Limpeza, reperfilamento e abertura de valas de drenagem e construção de caminhos rurais e agrícolas;
- Construção de obras complementares de apoio à actividade agrícola e à exploração do perímetro, nomeadamente, armazéns, entrepostos para armazenamento e venda de produtos, hangares de máquinas e oficinas, residências, etc..



Figura 3 – Canal de Caxito revestido



Figura 4 – Rede secundária de rega. Ponto de entrega à parcela

1. 3. Aptidão agrícola em regadio

O Perímetro de Caxito beneficia de um conjunto de factores que lhe permite tornar-se num importante pólo de desenvolvimento agrícola regional, tanto para culturas tropicais e sub-tropicais como para algumas espécies dos climas temperados.

A temperatura média anual ronda os 25°C, com valores extremos de 21°C (em Julho e Agosto) e 28°C (em Março). A humidade relativa do ar é sempre superior a 75%.



Figura 5 – Planície aluvionar de Caxito

A precipitação média anual é da ordem dos 490 mm, concentrada nos meses de Novembro a Abril. Entre Maio e Outubro, inclusive, praticamente não chove (em média ocorrem 30 mm de precipitação).

A pequena amplitude térmica e as temperaturas mínimas permitem o estabelecimento de um vasto leque de culturas tropicais e sub-tropicais e que poderão ser beneficiadas através do regadio. A estação seca (cacimbo) permite o estabelecimento de várias culturas das regiões temperadas, desde que sejam supridas as suas necessidades de água através da rega.

A água não constitui factor limitante.

Com efeito, Caxito situa-se na parte terminal da bacia hidrográfica do rio Dande, curso de água que garante na estação seca um volume mínimo diário de cerca de 0,5 hm³. Com a reabilitação da barragem das Mabubas, para além do aproveitamento da valia hidroeléctrica, o armazenamento e a regularização dos caudais permitirá uma melhor utilização e gestão dos recursos hídricos disponíveis.

Do ponto de vista pedológico, no perímetro predominam os Aluviossolos não Hidromórficos, de textura franco argilosa a franco-argilo-limosa. Estes solos dispõem de uma elevada capacidade de água utilizável e grande capacidade para fixação de nutrientes. Têm poucas limitações na execução das diferentes operações de mobilização e são transitáveis ao longo da maior parte do ano.



Figura 6 – Rio Dande. Origem de água do aproveitamento

Como se verifica, Caxito possui condições edafoclimáticas bastante favoráveis ao desenvolvimento de um vasto conjunto de culturas e beneficia do facto de não ter restrições ao nível dos recursos hídricos durante todo o ano.

Tem condições para o estabelecimento do regadio, apoiando a agricultura tradicional e os sistemas empresariais agrícolas intensivos.

Contudo, o regadio não permitirá, só por si, resolver os problemas da agricultura da região de Caxito, sendo necessário assegurar: (i) a prevenção do ataque de pragas e doenças, (ii) a disponibilidade e a utilização de maquinaria agrícola, (iii) a disponibilidade de sementes e propágulos e (iv) a disponibilidade de fertilizantes (adubos e correctivos).

1. 4. Planeamento agrícola

Com recurso ao regadio e à aplicação das técnicas culturais adequadas, a região de Caxito pode evidenciar as elevadas potencialidades que possui para a produção da generalidade dos produtos agrícolas.

Quando o regadio se encontrar disponível, muitas são as culturas que encontram nesta região as condições necessárias ao seu desenvolvimento. No entanto, importa verificar quais as que reúnem condições para ser interessantes do ponto de vista económico e financeiro.

Veja-se o caso do milho que, apesar ter grande importância na segurança alimentar das populações, para serem obtidos elevados rendimentos unitários torna-se necessário utilizar sistemas de rega adequados, sementes melhoradas e certificadas, recorrer à aplicação de fertilizantes e de produtos fitossanitários e à integral mecanização das diferentes operações culturais. A aplicação destes pressupostos conduz a valores negativos da margem bruta/ha desta cultura.

Os cálculos realizados para a cultura do milho podem ser alargados às restantes culturas arvenses que apresentam também resultados económicos negativos. Tal será o caso do girassol ou da massambala/sorgo. Sendo os produtos destas culturas caracterizados por serem de fácil

armazenagem e transporte, deverão ser produzidas em outras zonas, mais distantes dos grandes mercados de consumo, onde a produção de produtos altamente perecíveis encontra dificuldades em conseguir ser realizada em larga escala.



Figura 7 – Praça de Porto Quipiri, próxima de Caxito

Nesse sentido, foram construídos orçamentos relativos a diferentes culturas, tendo em consideração o referencial de preços no mercado de Luanda, e seleccionadas aquelas que apresentam margens brutas e margens de contribuição unitária positivas.

Estabeleceram-se dois grandes grupos: as culturas hortícolas e as fruteiras.

No grupo das hortícolas, as culturas que apresentam melhores resultados são os brócolos, a cebola, a cenoura, o pimento, o repolho e o tomate, produzidos tanto na época das chuvas como no cacimbo.

No que respeita às fruteiras, os melhores rendimentos serão expectáveis com as culturas da mangueira, do mamoeiro, da bananeira, do abacateiro e dos citrinos (laranjeira e limoeiro).

Este plano cultural é apenas indicativo, tendo em conta a adaptação das culturas à região e os aspectos económicos. Caberá aos beneficiários do perímetro a escolha das actividades agrícolas que vão ao encontro das suas necessidades/capacidades e da conjuntura dos mercados.

1. 5. Gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas. Entidade gestora do perímetro

O sistema hidráulico primário do perímetro é constituído por um açude no rio Dande, uma tomada de água e um canal condutor geral com 21,7 km de desenvolvimento e uma capacidade máxima de transporte de 3,9 m³/s.

A partir deste canal são feitas derivações para redes secundárias de rega que alimentam os lotes de terreno através de pontos de entrega equipados com um grupo electrobomba.

Nenhuma das infra-estruturas está automatizada e o seu funcionamento requer a intervenção humana.



Figura 8 – Extracto da planta de parcelamento de Caxito

Estava previsto o fornecimento em energia eléctrica às unidades de bombagem através de grupos geradores a diesel. Contas feitas, concluiu-se que o consumo diário de combustível atingiria os 30 000 litros, o equivalente a um camião cisterna.

Levantado o problema, concluiu-se dever ligar o sistema à rede eléctrica pública, cuja capacidade será reforçada após a reabilitação da barragem das Mabubas.

A gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas requererá a presença quase constante de pessoal, para o atendimento e gestão dos pedidos dos regantes e para a abertura e fecho das estruturas de derivação e dos pontos de entrega.

Este pessoal pertencerá aos quadros da entidade gestora do Perímetro Irrigado de Caxito, a qual ficará encarregue de gerir, explorar e conservar as infra-estruturas hidráulicas e as restantes obras complementares e de preservar e contribuir para a melhoria dos recursos hídricos e pedológicos.

Esta sociedade gestora deverá ter, entre outras, as seguintes funções e atribuições principais:

- Manter, conservar e reparar as infra-estruturas do perímetro;
- Gerir, controlar e preservar os recursos hídricos disponíveis;
- Proceder ao planeamento anual da actividade hidroagrícola;
- Definir os critérios de utilização da água por parte dos agricultores;
- Definir o modo de exploração das infra-estruturas hidráulicas;
- Controlar os volumes de água distribuídos e proceder à sua facturação e cobrança;
- Dinamizar a actividade agrícola no Perímetro e prestar assistência técnica aos agricultores nos domínios da utilização dos recursos hídricos e pedológicos;

- Desenvolver sistemas de agricultura que proporcionem rendimentos empresariais suficientes para fazer face à remuneração: (i) do custo da água, de acordo com as taxas que vierem a ser definidas; e (ii) dos investimentos privados, agrícolas e agro-industriais.
- Divulgar e publicar informação técnica de apoio à actividade de regadio, etc.

Para a estrutura da entidade gestora do perímetro foram propostos 4 modelos, cujos organogramas se apresentam a seguir.

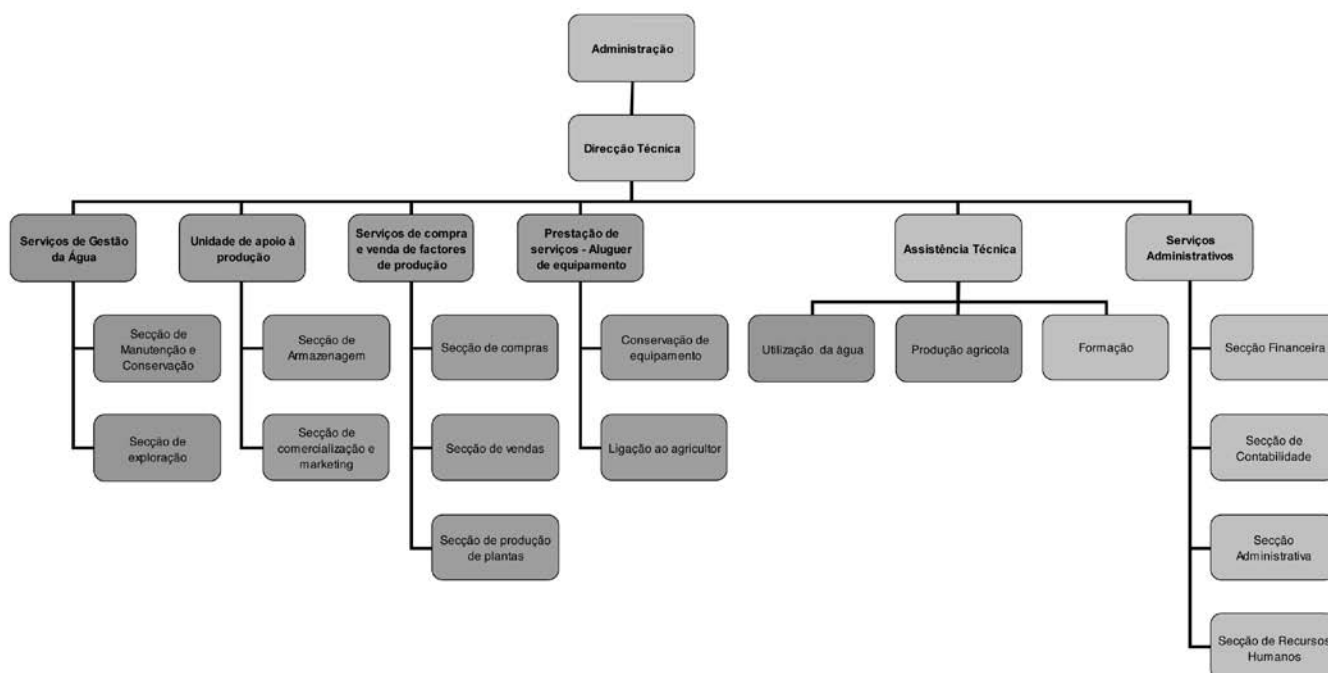


Figura 9 – P. I. Caxito. Estrutura da entidade gestora. Modelo A

Modelo A, que constitui a solução mais próxima do modelo inicialmente apontado pela SOPIR para o conjunto dos Perímetros Irrigados de Angola. O capital social de uma sociedade com estas características deverá ser da ordem dos 1 250 000 USD.

O **Modelo B**, que prevê a constituição de duas sociedades. A primeira, encarregue da gestão das infra-estruturas de rega, com um capital social de, pelo menos, 200 000 USD, e detida pelo Estado Angolano (SOPIR). A segunda seria responsável pelo apoio à produção e comercialização dos produtos agrícolas do Perímetro e constituída por iniciativa de investidores privados, encarregues da instalação de uma unidade agro-industrial, cujo objecto incluía a recolha, armazenagem e comercialização dos produtos agrícolas originários deste perímetro.

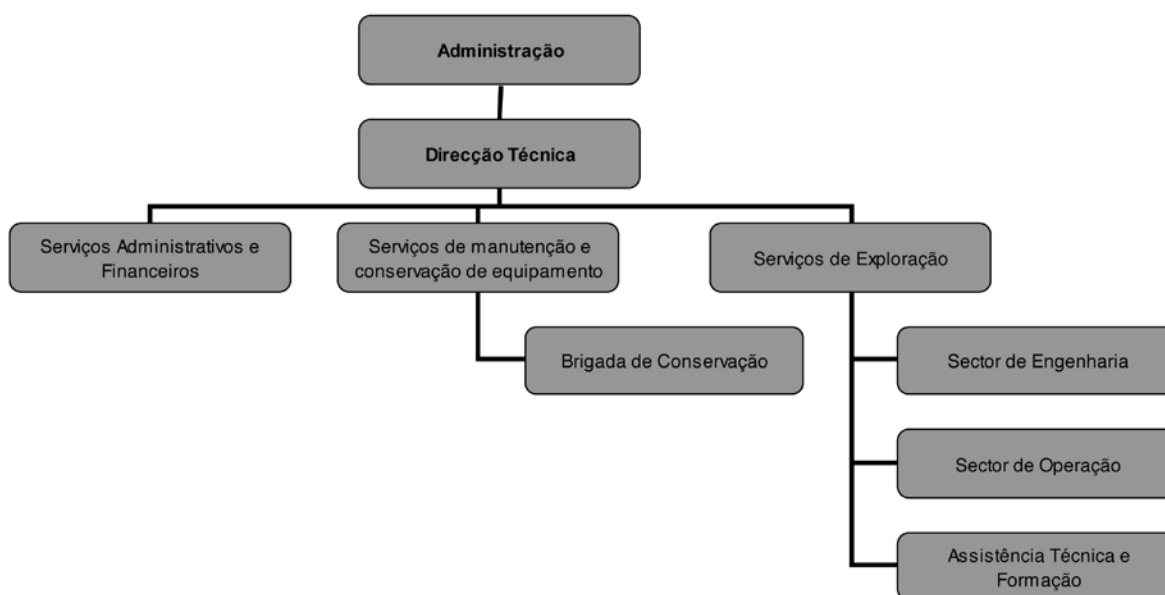


Figura 10 – P. I. Caxito. Estrutura da entidade gestora. Modelo B1

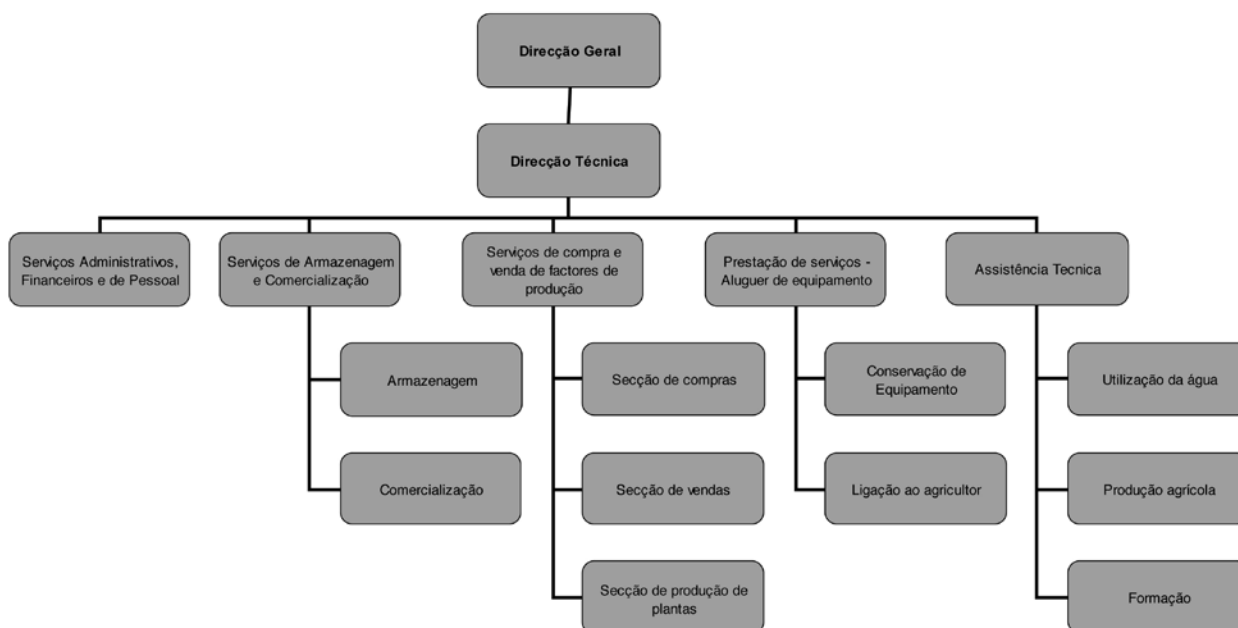


Figura 11 – P. I. Caxito. Estrutura da entidade gestora. Modelo B2

O **Modelo C** prevê a constituição de uma sociedade com uma solução orgânica preparada para uma divisão futura em duas áreas. Este modelo implicaria a participação da SOPIR na criação da unidade agro-industrial, investindo nas infra-estruturas necessárias e encontrando soluções para a sua gestão. Oportunamente, esta sociedade seria dividida em duas, ficando para a SOPIR a primeira, representando o Estado na gestão dos investimentos públicos realizados, sendo a segunda alienada a entidades privadas ou associativas, interessadas na gestão da unidade agro-industrial.

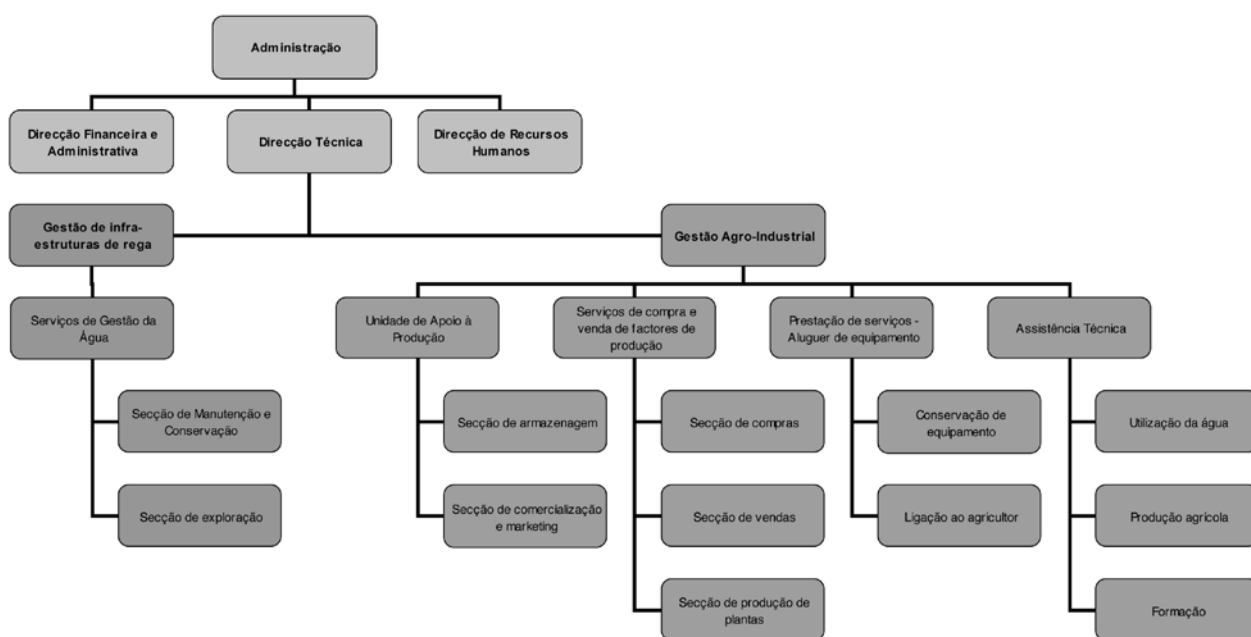


Figura 12 – P. I. Caxito. Estrutura da entidade gestora. Modelo C

1. 6. Utilização dos recursos hídricos. Tarifário

A água é cada vez mais um bem escasso.

Na região de Caxito a água não constitui, por enquanto, um factor limitante para o desenvolvimento do regadio. O manancial do rio Dande é suficiente para a agricultura, o abastecimento urbano e industrial.

No Perímetro de Caxito o factor de produção água constitui, entre outras, uma importante fonte de receita. Importa saber que valor justo se dever cobrar pela disponibilidade deste recurso.

Para o cálculo das taxas a pagar pela água de rega analisaram-se, em primeiro lugar, os diferentes ritmos de adesão ao regadio e a introdução de culturas anuais e permanentes ao longo do período de vida útil do projecto.



Figura 13 – Vertente social do canal de Caxito

Consideraram-se vários sistemas alternativos definidos com base nos custos de investimento inicial e nos encargos anuais de manutenção, conservação, exploração e substituição.

O cenário mais favorável admite que o sistema tarifário não deverá reflectir nenhuma das componentes do investimento inicial previsto, devendo, apenas, assegurar a cobertura dos diferentes tipos de encargos anuais com o funcionamento do perímetro.

A escolha de um plano tarifário para o Perímetro Irrigado de Caxito teve em consideração a **óptica da oferta**, ou seja, o ponto de vista da entidade responsável pelo fornecimento futuro da água de rega; e a **óptica da procura** de água para rega, ou seja, o ponto de vista dos futuros utilizadores da água de rega, conciliando as seguintes condições:

- Necessidade de cobrir os custos de investimento e funcionamento do perímetro que venham a ser da sua responsabilidade futura;
- Necessidade de assegurar aos futuros regantes que as taxas praticadas irão ser compatíveis com a rentabilidade empresarial das respectivas actividades de produção agrícola de regadio; e
- A necessidade de encontrar formas de pagamento da água de rega que permitam, não só incentivar o consumo de água de rega, como, também, facilitar o recebimento atempado dos respectivos pagamentos

Dos três diferentes métodos possíveis alternativos, para a obtenção das receitas – (i) volumétrico (m^3); (ii) por unidade de área regada (m^3 /hectare); e (iii) por quota sazonal (volume de água consumido em função de um determinado ciclo cultural) – recomenda-se o primeiro, o volumétrico, que pressupõe a instalação de caudalímetros/contadores à boca de cada parcela.

A análise realizada permitiu chegar aos seguintes montantes a pagar pelos regantes:

- Uma taxa anual de beneficiação de 149 USD/hectare da área beneficiada, de cujo aproveitamento é responsável;
- Uma taxa de rega de 0,052 USD/ m^3 de água de rega utilizada.

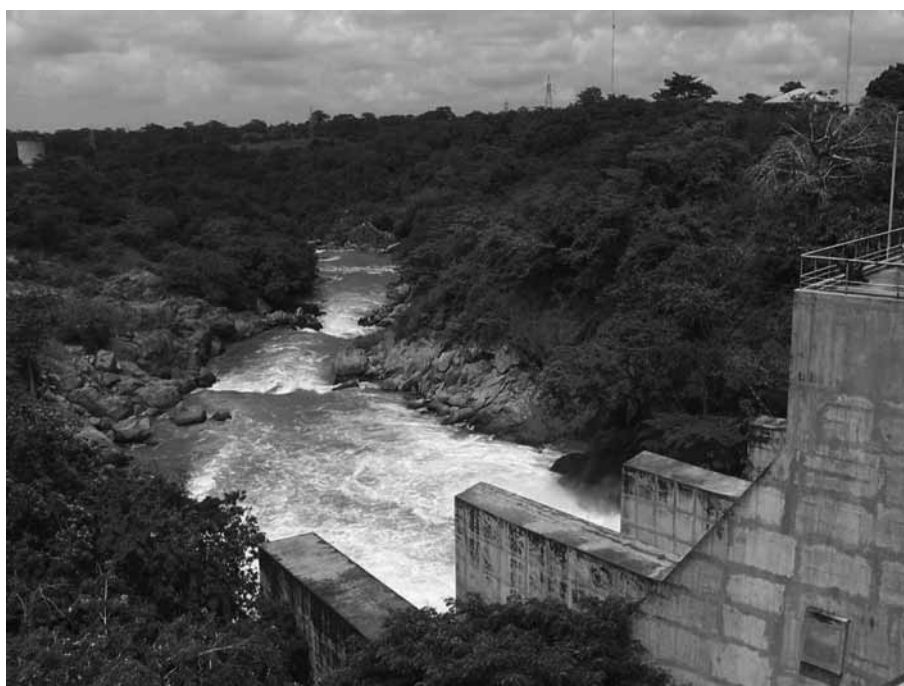


Figura 14 – Vale a jusante da barragem hidroeléctrica das Mabubas, no rio Dande

2. PERÍMETRO IRRIGADO DO WACO KUNGO

2. 1. Antecedentes

O Perímetro Irrigado do Waco Kungo é um caso *sui generis*, integrado na área de intervenção do antigo colonato da Cela.

Para este colonato, iniciado em 1952, não foram realizados estudos agronómicos e económicos preparatórios que permitissem conhecer realmente as potencialidades da região. A ausência destes estudos conduziu a que o antigo colonato da Cela, cujo projecto definitivo nunca chegou a ser concluído, se traduzisse num claro insucesso.



Figura 15 – Aspecto recente do antigo colonato da Cela

O Plano de Colonização da Cela considerava, inicialmente, a instalação de 250 explorações familiares com uma dimensão média de 20 ha nas terras baixas do Cussói, complementadas com cerca de 30 ha de terras altas. As primeiras famílias instalaram-se na Cela em finais de 1952 tendo sido instaladas até 1960, 387 famílias. Em 31 de Dezembro de 1960, já 30% das famílias tinha abandonado o colonato por não se adaptarem às condições existentes ou por não encontrarem condições económicas que garantissem a sua sobrevivência.

Face ao primeiro insucesso, surgiu a ideia de que, regando o vale do Cussói e substituindo a exploração familiar por outro tipo de empresa, de maior dimensão, se poderia resolver o problema – surgiram as designadas Fazendas Médias cujo território constitui o perímetro de rega.

As Fazendas Médias instaladas no Planalto Ocidental foram inicialmente definidas como sendo constituídas por unidades de cerca de 100 ha cada, orientadas para a produção do café e de leite, com alguma agricultura (produção de milho, arroz, algumas hortícolas e fruteiras), pequenas unidades de pecuária para o abastecimento familiar e largas áreas de pastagens para a produção de bovinos de leite.

O inquérito efectuado pela antiga MIAA (Missão de Inquéritos Agrícolas de Angola) em 1966, cinco anos após a instalação das 51 Fazendas Médias, demonstrou que: 12 se encontravam ainda na posse do Estado, 5 tinham sido dissolvidas antes de terem sido efectuadas as edificações e apenas restavam 34 na posse dos empresários. Esse inquérito destaca, também, que, nessa altura, apenas cinco das explorações apresentavam saldo positivo entre o rendimento bruto e os custos de produção.



Figura 16 – Aspecto dos montes do Queve e do canal do Matumbo

Todas as culturas praticadas na área das Fazendas Médias apresentavam baixos níveis de produtividade e a produção de leite então obtida era igualmente diminuta, correspondendo, apenas, a 1800 litros de leite, por vaca lactante.

Dado as pastagens espontâneas serem acres e grosseiras, a produção de leite nesta região tinha de ser acompanhada pela instalação de pastagens artificialmente introduzidas que necessitam de rega na época seca. Apesar de terem sido construídos os canais de distribuição da água e de ter sido realizada a instalação da central de bombagem no rio Queve, a maior parte das Fazendas Médias não chegou a utilizar esse recurso no apoio à produção.

O Perímetro Irrigado do Waco Kungo está integrado num projecto amplo, definido no âmbito do Plano da Bacia Leiteira da Cela/Catofe, que abrange os Municípios do Waco-Kungo (Núcleo das Fazendas Médias, Núcleo de Caçosso e Centro de Recria), Cassongue (Núcleo de Pambangala), Quibala (Núcleo de Catofe) e Ebo (Núcleo de Tongo), ocupando a expressiva área de 300 000 ha.

Este perímetro confina, ainda, com o Projecto Aldeia Nova, inaugurado no Waco-Kungo em Dezembro de 2005, ocupando uma área de 22 km².



Figura 17 – Planalto da Cela

Em várias das suas vertentes assegura a concretização e complementa o Plano da Bacia Leiteira, ao nível, por exemplo, do: (i) Programa de Pecuária Familiar; e (ii) do Projecto de Desassoreamento do rio Cussói. A outro nível, o Projecto Aldeia Nova assegura a execução de medidas de cariz social.

2. 2. Características gerais do empreendimento

O Perímetro Irrigado do Waco Kungo localiza-se na Comuna do Waco-Kungo, entre a margem direita do rio Queve e a margem esquerda do rio Cussói, na província do Cuanza Sul.

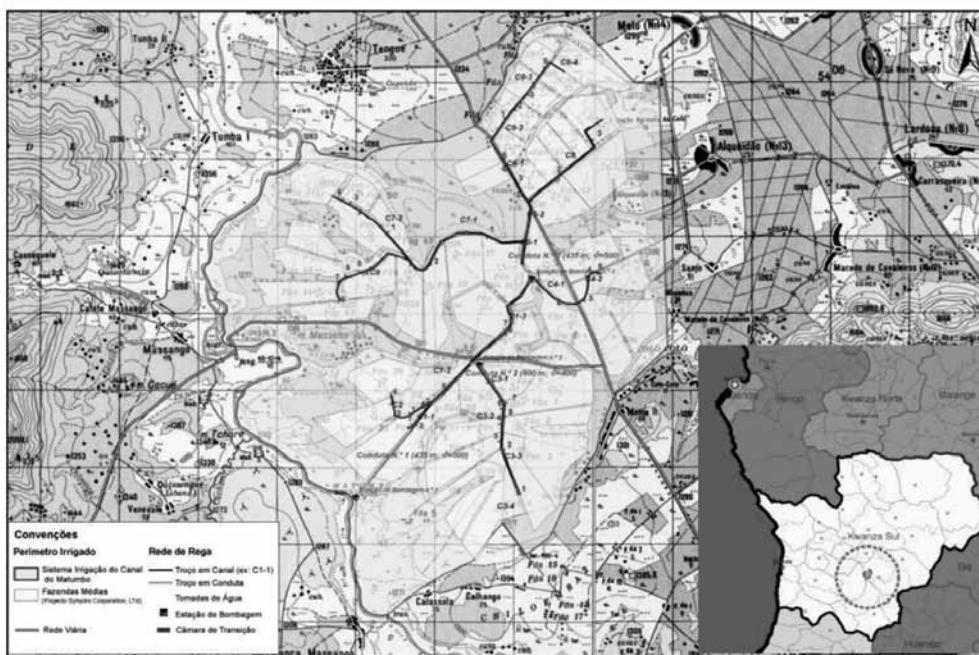


Figura 18 – Planta de localização do aproveitamento

A sua área de intervenção compreende as denominadas Fazendas Médias do antigo colonato da Cela, com uma área total da ordem dos 11 000 ha. A reabilitação do sistema hidráulico que o serve (sistema do Matumbo) domina uma área da ordem dos 5 600 ha, dos quais 1 474 ha constituem área de regadio.

A região do Waco Kungo situa-se acima dos 1 200 m e tem um clima tropical de altitude. A precipitação média anual é da ordem dos 1 250 mm, distribuída ao longo dos meses de Outubro a Abril. A estação seca (cacimbo) decorre de Maio a Agosto, com precipitação reduzida (cerca de 2% da precipitação anual). O mês de Setembro é um período de transição entre estações e no mês de Fevereiro ocorre, normalmente, o denominado pequeno cacimbo.

A temperatura média anual ronda os 21 °C, sendo os meses mais quentes Setembro e Outubro (22°C) e o mais frio Junho (18 °C).



Figura 19 – Estrutura de captação no rio Queve

Em termos pedológicos, predominam os Solos Ferralíticos Amarelos e os Vermelhos, a maior parte com horizonte superficial pouco espesso.

As condições climáticas e as propriedades dos solos mais comuns condicionam fortemente a sua utilização na produção agrícola mais intensiva, tendo como principal vocação a produção de pastagens. Apenas nos solos de horizonte superficial espesso é possível considerar uma utilização mais intensiva e sustentável de algumas culturas distintas das pastagens.

2.3. Infra-estruturas hidráulicas

O sistema hidráulico do Matumbo é constituído pelas seguintes infra-estruturas:

- Uma captação no rio Queve;
- Uma estação elevatória principal (EE1) e respectiva conduta elevatória;
- Um canal principal e uma malha de canais secundários, com um desenvolvimento total de 38,2 km. Nestes canais estão instaladas 50 tomadas directas para fornecimento de água a outras tantas fazendas;
- Duas estações elevatórias secundárias (EE2 e EE3) e respectivas condutas elevatórias, intercaladas no sistema primário, que constituem o segundo e terceiro patamar de bombagem.



Figura 20 – Vista de um dos canais do aproveitamento

A regulação dos canais é relativamente simples, com descarregadores adjacentes aos pontos de derivação para outros canais e para as estações EE2 e EE3. O comando dos caudais fornecidos é por accionamento no local de captação ou derivação (EE1, EE2, EE3 e válvula de adufa nas restantes derivações para canais e tomadas de rega das fazendas). Não existe sistema de medição de caudal. O volume de água fornecido a cada fazenda não é objecto de medição.

As estações elevatórias serão alimentadas em energia eléctrica através de geradores a diesel.

2. 4. A viabilidade das culturas regadas

Tem-se questionado muito o desenvolvimento do regadio na região do Waco Kungo.

Com efeito, a distribuição da precipitação permite concluir que, desde que os solos o permitam, em sequeiro é possível realizar em toda a área uma cultura principal, cujo ciclo decorra ao longo da época das chuvas.

Terminada a primeira cultura poderá ser, ainda, possível a realização de uma segunda, a qual deverá ter um ciclo mais curto ou ser mais resistente à falta de água. Os níveis de produtividade obtidos nesta segunda cultura serão, certamente, menores dada a escassez de água verificada no solo no final do seu ciclo cultural.

Em alguns anos, o mês de Fevereiro é muito seco (ocorrendo pouca precipitação) o que é, regionalmente, designado por pequeno cacimbo. Quando tal se verifica, a capacidade produtiva das culturas que se encontram instaladas é afectada, particularmente se estiverem em fases do ciclo cultural em que sejam mais sensíveis às deficiências hídricas verificadas.

A introdução do regadio, numa zona com a distribuição da precipitação descrita, é discutível, mas compreende-se que poderá contribuir para regularizar a produção das culturas realizadas na época das chuvas e, principalmente, poderá permitir a realização de uma segunda cultura com níveis de produtividade idênticos ou mesmo superiores aos verificados na primeira época.

A região do Waco Kungo não reúne, no entanto, condições climáticas que, claramente, favoreçam a produção de produtos tropicais (como por exemplo as verificadas na faixa litorânea), nem condições que, nitidamente, favoreçam a produção de produtos característicos dos climas temperados. Trata-se, de facto, de uma região que tem um clima que, globalmente, garante condições favoráveis ao crescimento vegetal mas que não apresenta vantagens climáticas específicas.

2. 5. Planeamento agrícola

Dadas as características edafoclimáticas da região, a utilização agrícola da maior parte dos solos deve ser realizada, essencialmente, através de sistemas baseados em culturas pratenses e/ou forrageiras para produção pecuária e, fundamentalmente, com base em efectivos bovinos.

Na óptica do desenvolvimento da bacia leiteira, a produção de alimentos destinados às vacas leiteiras será uma prioridade na região.

Considera-se que, quer a bovinicultura de carne, quer a de leite, são actividades possíveis e que deverão ser complementares.

Para assegurar o sucesso destas actividades, torna-se imprescindível garantir a correcta alimentação dos efectivos pecuários ao longo de todo o ano.



Figura 21 – Bovinicultura. Uma das principais vantagens competitivas da região

A introdução da rega nesta região permitirá que, ao longo do ano agrícola, sejam realizadas duas culturas de milho para ensilar ou a instalação de pastagens regadas (capim elefante, por exemplo), numa rotação com duas culturas por ano (época seca x época das chuvas), do tipo Milho x Milho – Milho x Milho – Pastagem.

A extensão do regadio a outras culturas não está posto de parte. Estas poderão beneficiar da água de rega em pequenos períodos do seu desenvolvimento vegetal, como complemento.



Figura 22 - Cultura do milho e produção pecuária

2. 6. Gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas. Entidade gestora do perímetro

A gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas do perímetro, dada a presença de duas estações elevatórias intercaladas numa rede de canais sem controlo de caudais derivados, é complexa, exigindo por parte da entidade gestora o conhecimento atempado dos pedidos dos agricultores para definir o ponto de operação das estações elevatórias e regular os caudais em cada troço de canal.

Na situação actual, a regulação do caudal aduzido nos canais terá que ser feita de forma empírica que se rotinará ao longo dos anos de funcionamento da obra.

Como tal, considera-se importante e recomendável:

- Criar um sistema de monitorização e televigilância dos níveis de água em alguns pontos dos canais, bem como em todas as obras de armazenamento intercalares que vierem a ser construídas e integradas no sistema colectivo;
- Integrar no sistema de televigilância as estações de bombagem principais;
- Introduzir um sistema de telecomando para estas infra-estruturas.

A entidade gestora, para além da gestão e exploração do sistema hidráulico, terá outras responsabilidades, em tudo semelhantes às descritas para o Perímetro de Caxito.

Estando o perímetro integrado na zona de desenvolvimento do projecto agrícola das Bacias Leiteiras, entende-se não dever constituir uma unidade gestora autónoma para as infra-estruturas de apoio à produção e comercialização, sugerindo-se o estabelecimento de uma parceria entre a sociedade gestora e o Projecto das Bacias Leiteiras.

Em face do exposto, foi proposta uma estrutura para a entidade gestora conforme se detalha no organograma seguinte.

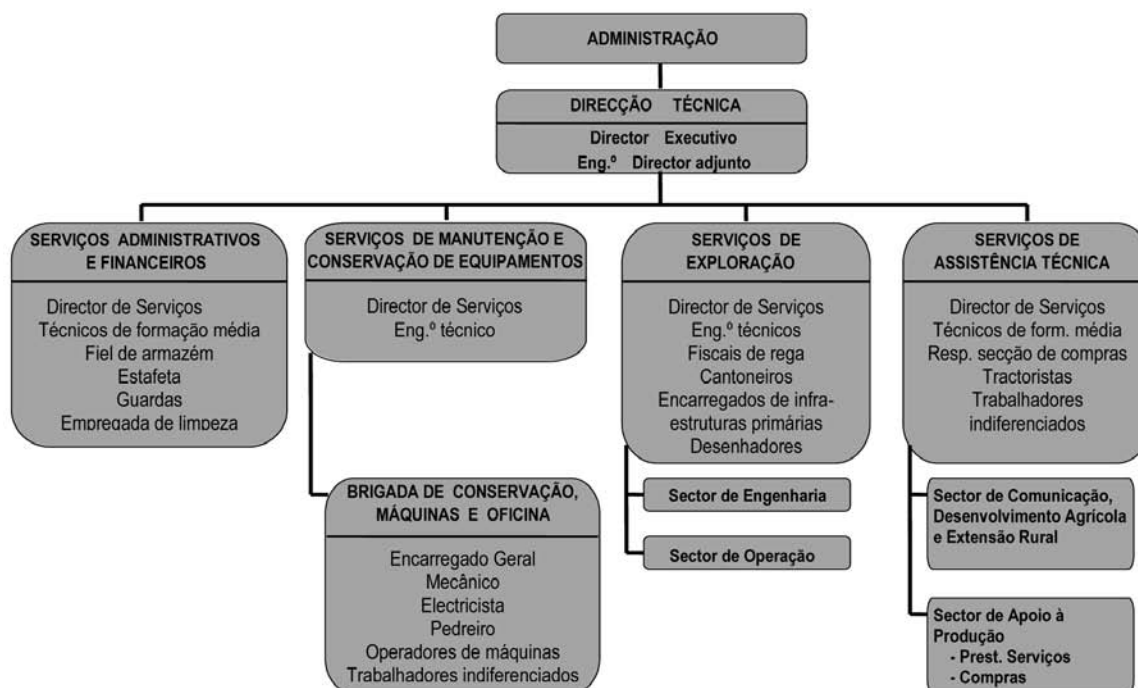


Figura 23 – P.I. Waco Kungo. Proposta de organograma da entidade gestora

2. 7. Utilização dos recursos hídricos. Tarifário

O desenvolvimento proposto para o projecto das Bacias Leiteiras implica uma elevada disponibilidade de produtos destinados à alimentação das vacas leiteiras, pelo que se impõe a maximização da área de regadio, admitindo-se que a mesma possa chegar aos 1 474 ha.

Para tal, será necessário efectuar um conjunto de investimentos adicionais que passam pela criação de reservas intermédias de água (reservatórios/barragens), tendo em vista aumentar o tempo de funcionamento diário das infra-estruturas primárias (canais e estações de bombagem) sem exigir que o mesmo tenha de acontecer com a rega ao nível da parcela.

Tendo em conta este pressuposto, os restantes investimentos iniciais e os encargos anuais de manutenção, conservação, exploração e substituição, procedeu-se ao cálculo do sistema tarifário a pagar pela água.

Concluiu-se que o melhor sistema apenas deverá assegurar a cobertura dos diferentes tipos de encargos anuais previstos para o correcto funcionamento do perímetro, devendo considerar-se uma taxa anual de beneficiação (preço a pagar por cada hectare de área beneficiada pelo perímetro) e uma taxa de rega (preço a pagar por cada m³ de água de rega utilizada), pesando cada uma, 1/3 e 2/3, respectivamente.

Foram apurados os seguintes valores:

- Uma taxa anual de beneficiação de 152 USD/hectare a 166 USD/hectare;
- Uma taxa de rega de 0,08 USD/m³ de água utilizada.

3. PERÍMETRO IRRIGADO DAS GANDJELAS. UMA OBRA EM EXPLORAÇÃO

3. 1. Considerações iniciais

O Perímetro Irrigado das Gandjelas situa-se na província da Huíla, próximo da vila da Chibia e ocupa cerca de 2000 ha do antigo colonato estabelecido em 1884. A área de rega desenvolve-se ao longo das margens do rio Tchimpumpunhime, curso de água afluente do rio Caculuar.

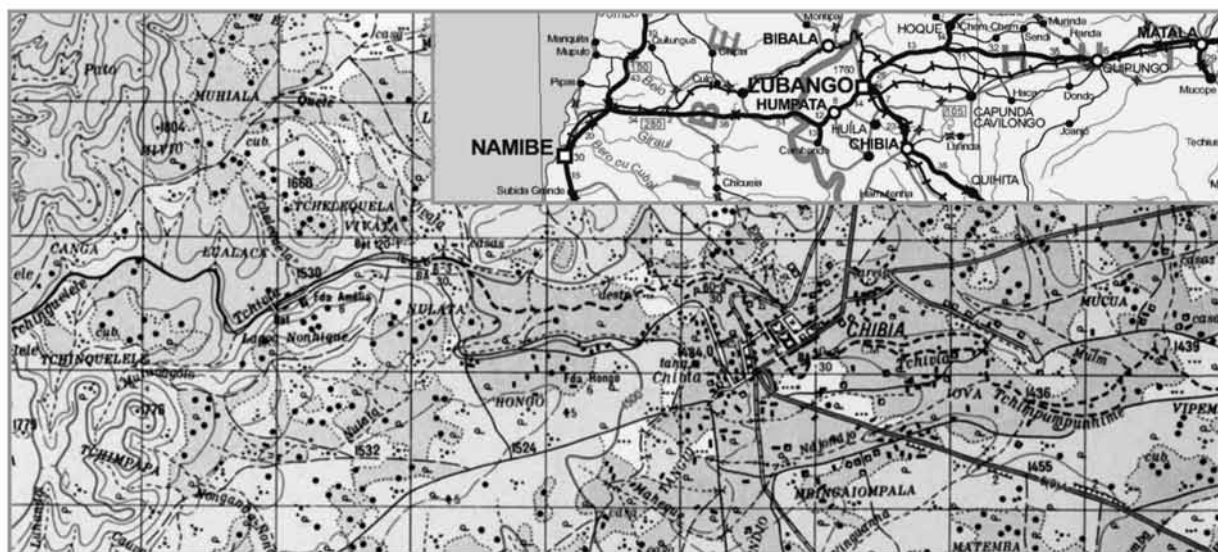


Figura 24 – Localização do Perímetro Irrigado das Gandjelas

O perímetro irrigado foi concebido no final dos anos 60 e destinava-se ao fornecimento de água em gravidade aos agricultores, tendo sido projectadas e construídas as seguintes infra-estruturas principais:

- uma barragem de betão, do tipo gravidade, numa secção do rio Tchimpumpunhime (obra só iniciada em meados dos anos 70);
- um açude de armazenamento e derivação no mesmo curso de água e a jusante da barragem;
- duas tomadas de água laterais no açude para alimentação de dois canais principais;
- um conjunto de distribuidores secundários em canal.

Actualmente, a obra de rega encontra-se em fase final de reabilitação e modernização, encontrando-se já em exploração o Bloco Piloto, com uma área de cerca de 374 ha, situado na margem direita do Canal 1.

Este bloco desenvolve-se num planalto pouco ondulado, onde predominam os solos Psamo-lateríticos, caracterizados por um horizonte superficial de natureza areno-limoso, de espessura variável, assente sobre uma camada laterítica de natureza ferrosa e bastante coerente. O horizonte superficial é muito pobre em matéria orgânica e com estrutura bastante deficiente.



Figura 25 – Barragem das Gandjelas

Dada a fraca estrutura dos solos, a sua permeabilidade hidráulica é muito baixa. Para além disso, a presença do horizonte laterítico condiciona fortemente a sua drenagem interna.

Este bloco está dividido em 38 lotes agrícolas (15 lotes de 2,6 ha, 13 lotes de 5,2 ha e 10 lotes com uma área média de 25,2 ha), para os quais se prevê o desenvolvimento de culturas permanentes (citrinos, bananeira e mangueira) e de culturas anuais (cereais e hortícolas).



Figura 26 – Açude no rio Tchimpumpunhime

No decorrer das acções de formação e de assistência técnica aos agricultores e à entidade gestora do perímetro foi possível tomar contacto com os problemas relacionados com a gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas e com a actividade agrícola em regadio, que se dão conta nos pontos seguintes.



Figura 27 – Início do Canal C1 do Aproveitamento

3. 2. A exploração das infra-estruturas hidráulicas

Após a reconstrução e reabilitação da barragem foi possível criar um armazenamento de água de cerca de 3,5 hm³, dos quais apenas 2,3 hm³ são considerados úteis.

Os volumes armazenados na albufeira são lançados no curso natural do rio através da descarga de fundo, sem qualquer tipo de medição. Mais a jusante, a cerca de 2 km, existe um açude com duas tomadas laterais para dois canais que se desenvolvem em ambas as margens do rio.

A cerca de 3 km da sua origem está construída uma tomada de água e uma estação elevatória para alimentação do bloco piloto.

Esta estação eleva os caudais de rega para um reservatório revestido, apoiado no terreno, a partir do qual se desenvolve uma rede ramificada de condutas para alimentação dos lotes de terras.

A entrega de água de rega aos lotes é feita através de grupos electrobomba, dimensionados em função da área servida.

A energia eléctrica é fornecida através de grupos geradores a diesel.

A gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas é complexa e requer uma forte logística em meios humanos e materiais, neste último caso combustíveis e lubrificantes.



Figura 28 – A vertente social do canal das Gandjelas

Com efeito, a entidade gestora do perímetro deverá, antecipadamente, conhecer os pedidos de água de rega para os diferentes lotes, de modo a quantificar o volume de água a retirar da albufeira. Começa logo aqui a primeira dificuldade, uma vez que a barragem não dispõe de infra-estruturas que permitam a medição do caudal derivado.

Uma vez represada no açude, a água de rega tem que ser derivada para o canal, que está equipado a montante com orifícios seccionados com comportas murais do tipo adufa. No início do canal não existe, também, qualquer infra-estrutura que permita a medição dos caudais em trânsito, pelo que a gestão terá que ser feita de forma empírica.

A bombagem de água para o bloco piloto requer a intervenção humana; não existe qualquer automatismo. Primeiro, há que ligar o gerador, depois, as unidades de bombagem.

Ao nível da rede de rega passa-se o mesmo. As electrobombas dos pontos de entrega de água aos lotes só podem funcionar após o arranque do respectivo gerador, sendo que cada gerador serve mais do que uma electrobomba.

Todo este processo fica a cargo da entidade gestora, não havendo por parte dos agricultores qualquer intervenção.

Para além da complexidade da gestão e exploração das infra-estruturas hidráulicas, o sistema é pouco eficiente ao nível da utilização dos recursos hídricos. Não havendo mecanismos de controlo dos caudais, as perdas de água serão avultadas.

Repare-se que o volume útil da albufeira é de 2,3 hm³ e que durante o período seco e quando se rega praticamente não à afluências. Para a rega da área piloto o volume armazenado é suficiente mas já não o será para a futura rega da totalidade da área do perímetro – 2 000 ha.

3. 3. O planeamento agrícola e os sistemas de rega na parcela

As Terras Altas da Huíla, onde o perímetro se encontra implantado, têm particularidades em termos agrícolas.



Figura 29 – Erosão por deficiente dimensionamento do sistema de rega

Não reúnem as melhores condições para o desenvolvimento das espécies tropicais e sub-tropicais e as espécies dos climas temperados, muitas das vezes, não encontram as melhores condições de adaptação.

A ocorrência frequente de temperaturas baixas e de geadas pode inviabilizar o investimento nas primeiras espécies referidas. Em relação às segundas, no caso do regadio, enquanto que nas regiões temperadas o período quente coincide com a época seca, nos trópicos o calor coincide com a época das chuvas. Muitos autores questionam a viabilidade económica e financeira do regadio nos planaltos tropicais, à excepção dos pomares e das hortícolas.

Para o Bloco Piloto da Chibia foi feito o parcelamento das terras e estabelecido o plano de ocupação cultural para cada um dos tipos de lote.

Está planeada a instalação de fruteiras (citrinos, mangueiras e bananeiras) a regar por miniaspersão e o cultivo de hortícolas e de cereais (milho), a beneficiar por aspersão.

No que respeita ao primeiro grupo, julga-se que apenas os citrinos poderão dar bons rendimentos, já que as mangueiras e as bananeiras têm dificuldade de adaptação climática. O milho e as culturas hortícolas têm boas condições de desenvolvimento em regadio.

Em relação aos métodos de rega, não se julga adequado a prática da rega por miniaspersão nas fruteiras, quer por questões fitossanitárias quer por ser uma região muito ventosa, o que reduz os níveis de eficiência de rega.

A utilização da aspersão, se bem que adaptada para a cultura do milho, inviabiliza a prática de algumas culturas hortícolas e horto-industriais, como são os casos do tomate e da batata, muito valorizados nos mercados regionais.



Figura 30 – Sistemas de rega desadequado ao tipo de cultura

4. CONCLUSÃO

Os trabalhos desenvolvidos para os perímetros de Caxito e do Waco Kungo durante o processo de reabilitação e modernização, bem como as acções de acompanhamento das actividades de regadio no perímetro das Gandjelas, permitiram identificar um conjunto de questões pertinentes relacionadas com a produção agrícola, a actividade de regadio e a gestão e exploração de sistemas hidráulicos e de rega.

a) Produção Agrícola

É certo que se pretende impulsionar o sector agrário em Angola, aumentando a produção de alimentos. O regadio pode e deve contribuir para atingir esse grande objectivo.

Nas condições actuais é caro produzir alimentos em Angola devido, fundamentalmente, aos elevados custos dos factores de produção, em particular as sementes e os propágulos, os fertilizantes e os fitofármacos.

A produção que resulta da actividade agrícola apenas tem colocação no mercado interno; não tem competitividade nos mercados internacionais.

Ao implementar-se o regadio, actividade intensiva de agricultura, deverão seleccionar-se espécies vegetais adaptadas edafo-climaticamente a cada região, tendo sempre presente a lógica e a proximidade dos mercados.

Caxito, por exemplo, tem excelentes condições para a instalação de culturas hortícolas de regadio, facilmente escoadas nos mercados da província de Luanda, assim como para os projectos na área das culturas tropicais e sub-tropicais.

Já não apresenta vantagens competitivas para a cultura do milho, melhor adaptado às regiões do sul de Angola.



Figura 31 – Colheita de milho nas Gandjelas

O regadio no Waco Kungo terá melhor enquadramento ao nível regional se se dedicar ao seu melhor e mais próximo mercado, isto é, o gado bovino da Bacia Leiteira. A produção de forragens e de pastagens é a fileira mais indicada.

As Terras Altas da Huíla têm a especificidade de permitirem o desenvolvimento um pouco de tudo, com algumas restrições e com rendimentos, por vezes, aquém do desejável.

Julga-se dever caber aos agricultores e aos empresários agrícolas a escolha das actividades melhor remuneradas, para o que deverá contribuir sobremaneira o apoio e a assistência técnica agronómica.

A planificação da agricultura deve ser encarada apenas como princípio orientador, já que no contexto actual de economia aberta são os mercados que determinam as opções a tomar.

b) Actividade de Regadio

O regadio em Angola constitui uma mais-valia na produção de alimentos, já que permite complementar a actividade de sequeiro, que é praticada no período das chuvas e em tempo quente, contrariamente ao que acontece nas regiões temperadas.

O regadio é uma actividade que requer investimentos adicionais que são tanto maiores quanto maior o grau de sofisticação. Esses investimentos entram nas contas de cultura e terão que ser cobertos pelos rendimentos obtidos com a produção.

O fornecimento de água de rega deve ser eficiente e adaptado à especificidade de cada cultura.

A filosofia adoptada em Angola para a reabilitação e modernização dos perímetros contempla o investimento por parte do Estado em sistemas de rega na parcela (ou "on farm").

Constata-se que as tecnologias de rega adoptadas e instaladas no terreno condicionam o desenvolvimento de algumas culturas, muitas delas bem valorizadas nos mercados, como são os casos do tomate e da batata.

O tomate não pode ser regado por aspersão nem por mini-aspersão. Os sistemas que estão instalados não permitem aos agricultores a produção desta espécie e alguns deles, na Matala, já adaptaram o sistema, regando por gravidade, o que contraria a lógica da eficiência da rega em pressão.



Figura 32 – Acção de formação “on job”

Para evitar esta situação podem ser tomadas duas medidas: (i) não investir em sistemas de rega “on farm”, deixando para os empresários agrícolas a escolha e o investimento em sistemas adaptados às culturas que vier a praticar; ou (ii) investir mas em sistemas que não condicionem a actividade do agricultor.

c) Exploração de Sistemas Hidráulicos e de Rega

Angola dispõe de um vasto manancial de recursos hídricos.

Contrariamente ao que se pode pensar, é apenas possível regularizar e armazenar uma pequena parte desses recursos.

O relevo e as características geomorfológicas da maior parte das bacias hidrográficas não possibilitam a construção de grandes obras de armazenamento sem que tal implique a submersão de vastas áreas.

A água disponibilizada para rega constitui, portanto, um bem que importa rentabilizar. Para tal, deverão ser atingidas elevadas eficiências ao nível da rega na parcela, assim como na gestão e exploração dos sistemas hidráulicos dos perímetros.

No primeiro caso, deverão empregar-se tecnologias de rega eficientes e adaptadas à especificidade de cada sistema cultural. No segundo caso, à falta de automatização e monitorização dos sistemas, as entidades gestoras dos perímetros deverão criar procedimentos e rotinas de controlo da água disponibilizada aos agricultores, para além de garantirem apoio técnico aos mesmos com vista à melhor utilização dos recursos hídricos.

REVESTIMENTO DE CANAIS NOVOS E REABILITAÇÃO

Processos construtivos, melhoria da eficiência

António M. SANTOS¹

1. INTRODUÇÃO

A presente comunicação destina-se à apresentação do processo construtivo utilizado na construção dos novos canais em betão, tendo por base a experiência prática adquirida no 2º e 3º troços do canal condutor geral do Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira. Os aspectos abordados têm por base a construção de um canal novo mas aplicam-se também a canais a reabilitar tendo em vista aumentar a eficiência de transporte.

2. ENQUADRAMENTO

A DGADR, enquanto organismo da Administração Central do Estado, tem desenvolvido um papel importante na reabilitação e construção de novos Aproveitamentos Hidroagrícolas, através da aplicação da política de investimentos públicos do MAMAOT.

Nas duas últimas décadas foram construídas ou reabilitadas infra-estruturas com recurso aos programas PEDAP, PAMAF, INTERREG, AGRO, AGRIS e PRODOR. Mereceu especial atenção, não só por via do montante do investimento, mas também pelos estudos e projectos desenvolvidos, a construção de novos canais e a reabilitação de canais antigos, tendo em vista o aumento da eficiência de transporte.

A nível nacional, existem 21 Aproveitamentos Hidroagrícolas cujo fornecimento de água é feito a partir de canais, numa extensão de 3300 km, dos quais 1050 são redes primárias (canais de média/grande dimensão).

A importância da eficiência no transporte de recursos hídricos reveste-se de particular importância, tendo sido identificada como objectivo no “Programa Nacional para o uso eficiente da água”.

3. EFICIÊNCIA DE TRANSPORTE EM CANAL

3. 1. Definição e eficiência

Em termos de definição, considera-se que a *eficiência de transporte em canal é dada pela razão entre o volume entregue à rede secundária e o volume aduzido à cabeceira do canal.*

Ignorando as perdas por evaporação, sobre as quais não se pode intervir, os factores principais que podem otimizar a relação anterior, são a regulação hidráulica do canal e as perdas por infiltração, que por sua vez dependem directamente do tipo de revestimento e do estado de conservação e manutenção da obra.

¹ Eng.º Agrónomo, DGADR, Av. Afonso Costa, 1949-002, Lisboa, +351.21.844.23.58, amsantos@dgadr.pt

3.1.1. Regulação hidráulica

As perdas que advêm das operações sobre os órgãos de controlo e segurança do canal, são tanto menores, quanto mais adaptado for o sistema de regulação aos pedidos de jusante, nomeadamente através da redução dos tempos de resposta do canal.

Deverão ser consideradas as vantagens e as limitações dos comandos por montante, jusante e comandos mistos.

A introdução de infraestruturas de compensação (reservatórios intercalares), agiliza os tempos de resposta e permite uma gestão mais regular dos sistemas.

O conhecimento dos tempos de resposta dos canais, detido pelas entidades gestoras, reveste-se de particular importância na gestão e eficiência dos sistemas.

3.1.2. Perdas por infiltração através do revestimento

As perdas por infiltração através do revestimento são o principal aspecto a ter em conta, em termos de eficiência de transporte.

A eficiência de transporte em canal, relacionada com os aspectos construtivos, está intimamente dependente do tipo de impermeabilização que o revestimento permite.

O revestimento é uma capa de material duradouro, impermeável, colocada sobre um suporte. O suporte pode ser uma superfície escavada, ou uma superfície já revestida anteriormente, que se encontre degradada.

Sendo uma superfície delgada, o revestimento não tem funções estruturais, o que obriga a que o suporte seja estável.

A escolha do revestimento a adoptar depende de:

- Custo do revestimento, propriamente dito;
- Custo da aplicação (mão de obra e equipamento);
- Grau de impermeabilização desejado;
- Natureza dos esforços e dos agentes a que o revestimento vai ser sujeito (velocidade do escoamento, impulsos do terreno, acções da temperatura, vegetação, qualidade da água, etc);
- Custos de manutenção futura.

Tendo em atenção que o revestimento se destina a impedir ou a reduzir as perdas por infiltração, devem ainda ser considerados os seguintes factores que potenciam as perdas:

- Alturas de água elevadas originam pressões elevadas;
- Águas limpas em contraposição com águas sujas (os materiais finos tendem a colmatar as fendas);
- A frequência de ciclos de enchimento e esvaziamento de canais, que induzem a saturação ou a retracção do suporte e, como tal, o aparecimento de fendilhamento;
- A idade do revestimento;
- As condições climáticas extremas (temperaturas extremas, congelação de água nos suportes e nos revestimentos);
- Vegetação arbustiva ou arbórea, cujas raízes contactem com o revestimento e criem caminhos para infiltração;
- Instabilidade do suporte, particularmente quando em troços em aterro e sujeitos a percolação do canal.



Figura 1 – Vegetação em contacto com o revestimento

Se, a acrescentar às perdas induzidas pelos fenómenos referidos, adicionarmos as perdas nas regadeiras, atingim-se percentagens elevadas, que são tanto mais significativas, se os sistemas hidráulicos incluírem custos de elevação.

Para que um determinado caudal chegue à secção pretendida, o volume a aduzir deverá ser o desejado, acrescido das perdas por infiltração, evaporação e perdas por superfície provocadas por manobras inadequadas do sistema de regulação hidráulica.

A nível internacional aceita-se como bom funcionamento um canal que apresente perdas por infiltração compreendidas entre 25-50 l/m²/dia.

Exemplo prático:

Considerando um canal com a secção indicada com 20000 m de extensão e capacidade 9m³/s, deveremos considerar as seguintes perdas por infiltração:



Quadro 1 - Exemplo prático do canal de Odivelas:

Troço 1		Troço 2	
Extensão - 449 m	25 l/m ² /dia - 146,6 m ³ /dia - 0,01 % 50 l/m ² /dia - 293,2 m ³ /dia - 0,02 %	Extensão - 8135 m	25 l/m ² /dia - 2511,7 m ³ /dia - 0,19 % 50 l/m ² /dia - 5023,4 m ³ /dia - 0,38 %
Q - 17,82 m ³ /s		Q - 15,12 m ³ /s	
h - 3,7 m		h - 3,5 m	
Rasto - 2,6 m		Rasto - 2,5 m	
Inclin. Espaldas - 1/1		Inclin. Espaldas - 1/1	
Perímetro molhado - 13,1 m		Perímetro molhado - 12,4 m	

Não existindo nenhum método padronizado para medir as perdas por infiltração, estas podem ser estimadas por amostragem, com recurso a aparatos simples e que possam ser facilmente utilizados em obra sem prejudicar a execução da mesma.

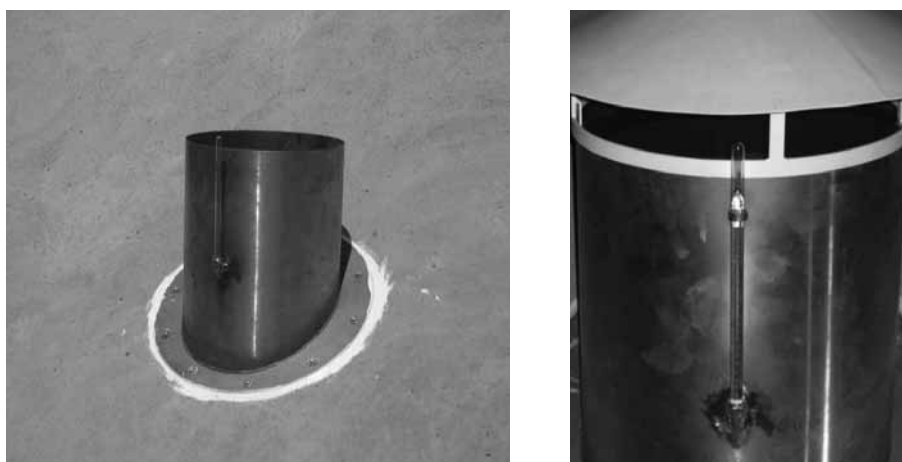


Figura 2 – Aparato utilizado para teste de estanqueidade do betão de impermeabilização em espaldas e rasto de canal

4. CONSTRUÇÃO DE CANAIS NOVOS EM BETÃO

4. 1. Geral

Um canal, tal como uma via de comunicação, destina-se a permitir um transporte entre dois pontos definidos, devendo ser projectado e dimensionado tendo em vista a optimização dos custos de construção e de manutenção futura, num patamar de qualidade geral pré-definido.

O traçado deve ser escolhido tendo em atenção os seguintes aspectos principais:

- Finalidade e funcionamento hidráulico do canal;
- Topografia;
- Geologia e geotecnia do suporte;
- Construções e infra-estruturas já existentes;
- Custos com indemnizações e expropriações;
- Reposição de acessibilidades, realojamentos, etc.

Em função dos aspectos anteriores e tendo em vista a sua optimização, deve ser adoptada uma secção corrente com geometria definida e previstas secções especiais com geometrias adaptadas às singularidades.

Pode-se dizer que, quanto maior for o tipo e a extensão de secções especiais, maiores serão os custos associados ao projecto e à construção e manutenção futura da obra.

Por questões hidráulicas, de construção e de *tradição*, a secção corrente mais adoptada é a secção trapezoidal com inclinação das espaldas que pode variar entre (hor/vert) 1/1 e 1,5/1.

Sabendo-se que a impermeabilização permitida pelo revestimento em betão, será tanto maior, quanto maior for a compactação das massas e que, o grau de compactação aplicado varia significativamente com o processo construtivo utilizado, verifica-se que os projectos de execução tendem a definir a inclinação das espaldas de acordo com os processos construtivos mais usuais à época.

Durante a IIª Grande Guerra e nas duas décadas seguintes, foram construídos em Portugal diversos canais com recurso a tecnologia italiana que consistia no pré-fabrico de pequenas lajetas com recurso a equipamento instalado próximo da obra.

Numa época em que o cimento era escasso, conseguia-se a produção de pequenos módulos, com qualidade razoável devido ao pré-fabrico, que perduram até à actualidade.

Os módulos em questão, denominados lajetas *rosacometta* (nome que advém da marca do equipamento utilizado no seu fabrico) permitiu a construção de espaldas mais inclinadas (1/1) e como tal menores movimentações de terra com recurso a trabalho braçal.

O elevado número de juntas entre lajetas e o betão pobre que era utilizado na sua colmatação acarretava elevadas perdas por infiltração, com consequências gravosas para o canal e para o suporte, nomeadamente nas zonas implantadas em aterro.



Figura 3 – Canais revestidos com lajetas *rosacometta*

A betonagem *in-situ*, praticada nas décadas seguintes, com a dificuldade inerente de não se conseguirem boas compactações em superfícies inclinadas sem recurso a moldes ou cofragens, originou canais com espaldas menos inclinadas.

Com a introdução de novos equipamentos industriais para betonagem *in-situ*, no final do século XX, dotados de cofragens deslizantes ou rolos, a inclinação das espaldas manteve-se, mas as betonagens passaram a ser efectuadas com maior compactação e consequentemente menor porosidade e maior impermeabilização.

Até há 20 anos as betonagens eram efectuadas em troços alternados. Os troços ímpares eram betonados contra uma mestra ou gabarit e os troços pares contra os troços anteriores após estes tomarem presa.

A compactação das massas era efectuada com régua vibratórias, sendo o grau de compactação conseguido relativamente reduzido.

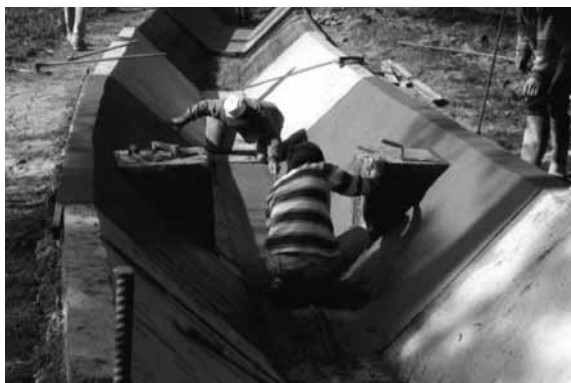


Figura 4 – Betonagem alternada de espadas com recurso a vários processos de vibração



Figura 5 - Máquina vibratória

A realização da betonagens, com utilização sistemática de cofragens, em troços extensos de canal, nunca apresentou grandes resultados devido à dificuldade de fixação e escoramento face às geometrias das secções praticadas e aos fortes impulsos do betão, junto ao rasto.

Mais recentemente têm sido introduzidos equipamentos de pavimentação contínua de dois tipos: cofragem deslizante e pavimentadoras de rolos.

As primeiras, com ou sem sistemas de vibração acoplados, permitem graus de compactação muito elevados mas, por terem de vencer o impulso do betão dão origem a equipamentos muito pesados e de difícil utilização. São utilizadas em secções reduzidas e são muito limitadas em desenvolvimentos curvos onde provocam grandes variações de espessura.

4. 2. Sequência do processo construtivo utilizado no 2º e 3º troços do canal condutor geral da Cova da Beira – aspectos práticos

4.2.1. Metodologia geral

Os aspectos a seguir indicados resultam da experiência prática da construção e dos diversos anos de exploração do canal condutor geral do Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira.

O canal em questão, apresenta secção corrente de geometria trapezoidal, telescópica. Tem início na tomada de água da barragem da Meimoa e termina na barragem da Capinha, com uma extensão total de 55.4 km.

O caudal de dimensionamento varia entre 9.4 e 3 m³/s, destinando-se a abastecer as tomadas de água directas ou as estruturas de compensação das redes secundárias de rega.

Ao longo do traçado existem troços com secções especiais cobertas, em túneis e em sifões invertidos.

Importa reter que o canal apresenta traçado à meia encosta, numa zona de montanha, povoada, em que a optimização da movimentação de terras nem sempre foi conseguida, devido às condicionantes impostas ao traçado.

Sendo o canal maioritariamente implantado em rocha, torna-se impossível efectuar qualquer tipo de regularização prévia para aplicação do revestimento directamente sobre o suporte escavado.

O processo usual para colmatar as irregularidades consiste no seu preenchimento com betão de regularização, prática utilizada pelo INAG no 1º troço de canal (km 0+000 a km 13+300).

Tal conduz à aplicação de uma sobre espessura de betão que não é paga pelo Dono da Obra, já que os critérios de medição definem a geometria teórica pela qual são contabilizados os trabalhos.

Considerando que o revestimento representa o trabalho mais oneroso da empreitada, para minorar este efeito, a empresa construtora dos 2º e 3ºs troços propôs uma metodologia específica que consiste na substituição dos solos do suporte original, por saibros graníticos, que permitem uma escavação fina e isenta de irregularidades e, como tal, a redução da sobre-espessura de betão.

Se a não aplicação da sobre-espessura de betão interessa essencialmente ao empreiteiro, em termos de contenção de custos não ressarcidos pela empreitada, também interessa ao Dono da Obra, pois representa uma garantia importante para o bom comportamento futuro da obra, já que o fendilhamento do betão, é tanto mais irregular quanto maiores forem as variações de espessura do revestimento.

4.2.2. Terreno original

Assim que é feita a consignação e o empreiteiro toma posse da obra, os terrenos e respectivos acessos deverão estar disponíveis por via da expropriação.

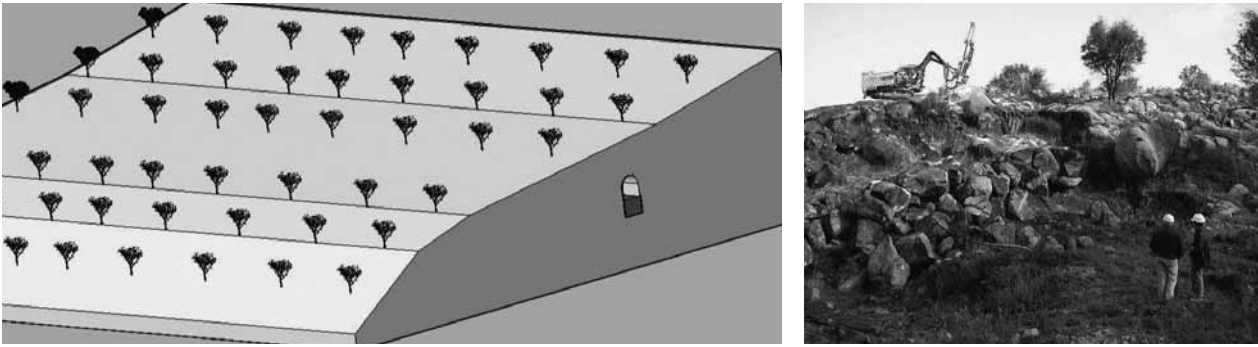


Figura 6 - Terreno original

4.2.3. Preparação da faixa de trabalho

A preparação da faixa de trabalho consiste na desmatagem do terreno, em que a massa vegetal removida deve ser encaminhada para os respectivos fins: madeira, lenha, compostagem ou transporte a vazadouro. Seguidamente o terreno é decapado, sendo a terra vegetal levada a vazadouro para utilização futura em revestimento de taludes e arranjos exteriores.

4.2.4 Construção de passagens hidráulicas

Para que possa ser efectuada a movimentação de terras e a circulação dentro da faixa de trabalho, deve ser assegurado o escoamento das linhas de água através da construção das passagens hidráulicas previstas no projecto ou de outras que se revelem necessárias.

Representando as passagens hidráulicas um custo significativo da obra, existe tendência por parte dos projectistas em reduzir o seu número, por via da concentração de diversas linhas de água num só aqueduto. Para que a concentração seja efectuada recorre-se a valas de cintura e a valas de pé de talude na plataforma do canal.

Em termos de experiência prática, desaconselha-se este procedimento pelos seguintes aspectos:

- O afastamento das valas de cintura em relação à faixa de trabalho leva a que estas se encontrem deficientemente projectadas, devido à inexistência de levantamentos topográficos adequados;
- Regra geral, nesta obra, desenvolvem-se em rocha, sendo de difícil abertura, regularização e manutenção futura;
- São de difícil expropriação devido ao traçado e ao fraccionamento dos terrenos que acarretam;
- Obrigam à construção de aquedutos na intercepção com os caminhos existentes e à expropriação de terrenos fora da faixa de trabalho;
- A concentração de linhas de água em valas de pé de talude, conduz a um aumento significativo do volume de escavação. As valas são implantadas em plataformas que não têm largura suficiente para deslocação de equipamento de limpeza e manutenção futura, sendo facilmente aterradas e provocando a entrada de inertes para dentro do canal. Este fenómeno é mais significativo nos primeiros anos da obra já que os terrenos se encontram desprovidos de vegetação e sujeitos a fenómenos erosivos importantes;
- Os aquedutos resultantes, passam a transportar volumes muito significativos cujas valas a jusante não se encontram preparadas para receber, provocando assoreamento de terrenos e as respectivas consequências indemnizatórias;



Figura 7 - Construção de passagens hidráulicas

4.2.5. Construção da caixa do canal

A abertura da caixa do canal, em escavação, deverá identificar todos as zonas de drenagem deficiente, nascentes, minas, poços, etc.

As zonas em questão provocam geralmente fenómenos de sub-pressão do revestimento, provocando fissuração, arrastamento de inertes e conseqüente perda de água por infiltração.

A sub-pressão ocorre quando o nível hidroestático no interior do canal é inferior ao nível de água no solo o que ocorre por vezes em situações de canal vazio. Nesta situação o nível freático do solo intercepta a secção do canal havendo registo de diversas situações de flutuabilidade das secções.

Essas zonas deverão receber tratamento adequado, através da construção de máscaras drenantes de forma a interceptar a curva de saturação do solo devendo os drenos encaminhar água para fora da faixa de trabalho. O tratamento das zonas a drenar deve ser efectuado, o mais afastado possível do revestimento. Alguns projectistas optam por incluir geodrenos sob o fundo do canal, para precaver os fenómenos de sub-pressão.

A identificação de zonas de drenagem deficiente é facilitada quando a movimentação de terras ocorre no Inverno e em anos chuvosos.



Figura 8 – Canal sujeito a sub-pressões resultantes de má drenagem em canal do AH Campina da Idanha

Na obra que é tida como referência neste comunicação, a maior parte das nascentes identificadas abasteciam habitações ou explorações agrícolas cujo fornecimento teve que ser assegurado pelo Dono da Obra.

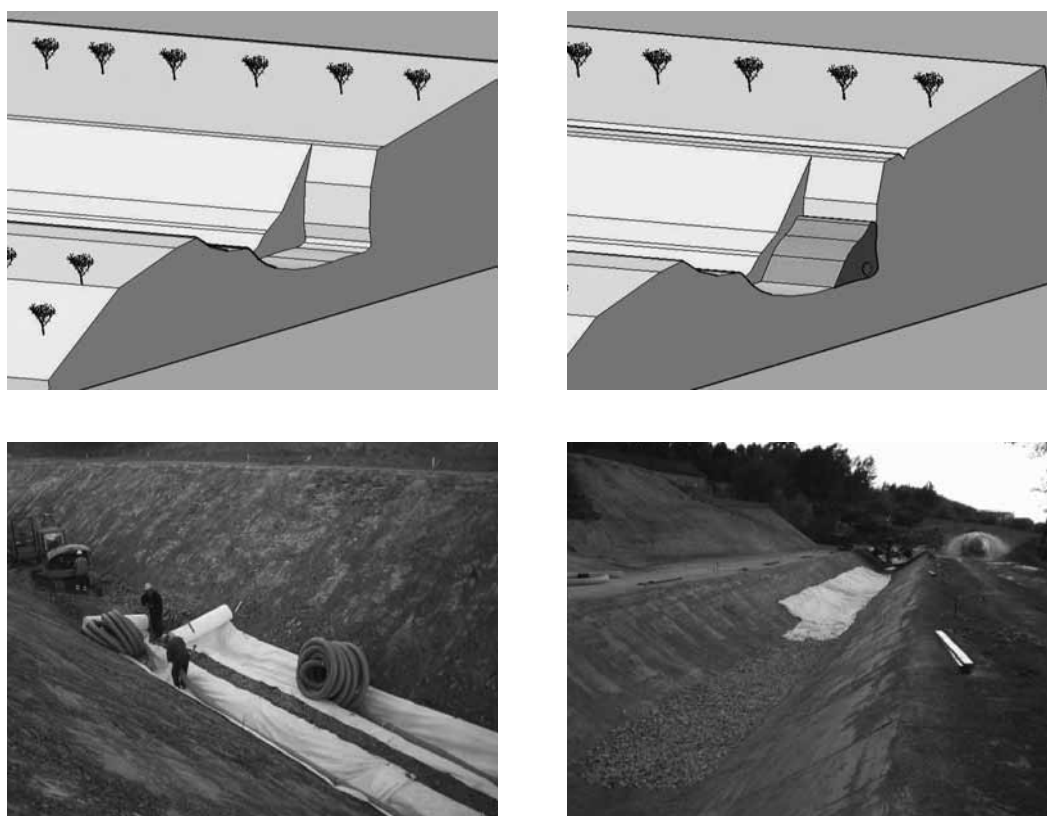


Figura 9 - Saneamento e tratamento da zona a drenar através da construção de uma máscara drenante

4.2.6. Aterro da caixa do canal com material de granulometria fina

A abundância de manchas de empréstimo de saibros graníticos ao longo do traçado da obra, permitiu que o empreiteiro substituísse o maciço de fundação por saibros graníticos. Este material de substituição permite escavações muito regulares e que se atinjam graus de compactação muito elevados.

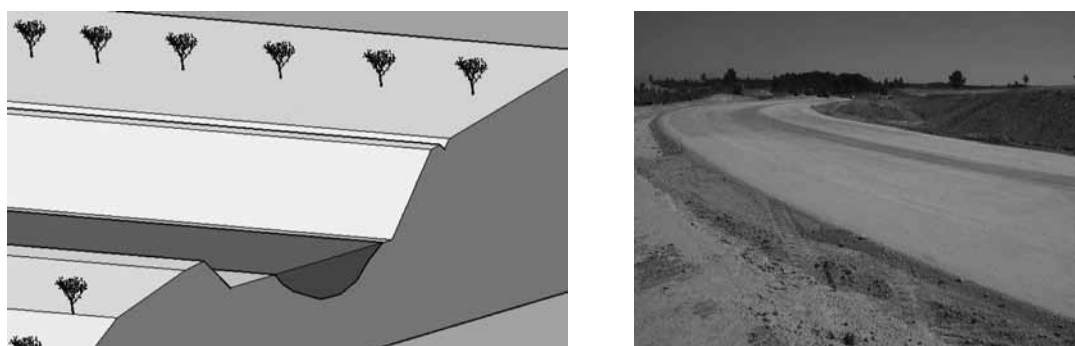


Figura 10 - Aterro da caixa do canal com saibros graníticos

4.2.7. Escavação fina da caixa do canal

A escavação fina da caixa do canal permite controlar de maneira muito efectiva a espessura do revestimento a aplicar.

Uma espessura de revestimento regular, assegura um melhor comportamento do betão do que se estivesse sujeito a diferentes tipos de esforços induzidos pelas irregularidades do suporte.

A regularidade e perfeição da escavação consegue-se com operadores experientes e, mais recentemente, com lanças accionadas de forma programada e automática.

A regularidade da escavação do suporte é fundamental para que possam ser utilizadas pavimentadoras de betão contínuo, como é o caso em apreciação.

Esta fase deve incluir a construção das sapatas dos pontões, sendo o tabuleiro construído à posteriori, de forma a que o equipamento de pavimentação possa avançar sem interrupções.

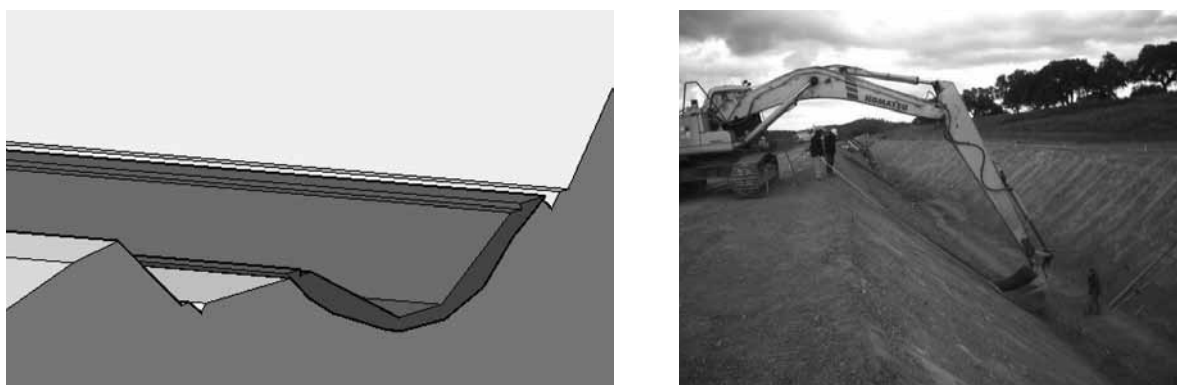


Figura 11 – Escavação fina da caixa do canal

4.2.8. Aplicação e composição do betão para revestimento de impermeabilização de canais

A totalidade dos canais mais recentes construídos pela DGADR, pela EDIA e também pelo INAG, apresentam revestimento em betão.

Este tipo de revestimento é o mais utilizado em todo o mundo apresentando, teoricamente, permeabilidade muito reduzida.

O revestimento mais utilizado é em betão simples, aplicado *in-situ*, com espessuras que variam entre os 8 e 12 cm.

O processo de aplicação do revestimento deverá assegurar a espessura mínima de projecto e garantir a inexistência de porosidades no betão.

A porosidade é tanto menor quanto maior é a vibração das massas, aspecto para o qual a existência de cofragens é determinante.

A trabalhabilidade do betão é fundamental para se conseguir uma boa compactação e acabamento.

Dado o conjunto de factores que pode afectar o resultado final pretendido para o revestimento, deve ser realizado previamente ao início da obra um Estudo de Composição do Betão, a repetir se se alterar a proveniência dos inertes.

O slump é escolhido de forma a permitir uma boa compactação, mas não pode ser demasiado fluido, pois origina o escorregamento das massas, pelas espaldas abaixo. São comuns slump de classe entre 3 e 5.

A relação comum entre água e cimento deve rondar 0,5.

A dosagem de cimento Portland varia, em geral, entre o 250 e 300 kg/m³ e em função da quantidade de cinzas utilizadas.

A adição de cinzas têm como principal função melhorar a trabalhabilidade e reduzir a retracção e consequentemente a fendilhação.

A escolha da granulometria dos inertes é também importante para que não fiquem porosidades ou cavidades no revestimento.

Sendo o revestimento constituído por betão simples, aplicado numa capa delgada, a ocorrência de fenómenos de fendilhamento provoca perdas por infiltração significativas, podendo chegar a por em riscos a estabilidade dos aterros e causar sub-pressões nos ciclos de enchimento/esvaziamento dos canais.

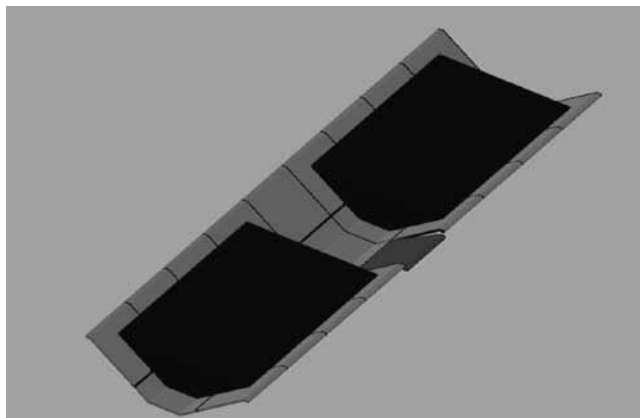


Figura 12 – Representação de um assentamento de uma espalda

Para atenuar o efeito do fendilhamento são utilizadas soluções diversas:

- Aplicação de armaduras – essencial em secções especiais, em que ocorram variações da secção e como tal do escoamento, mas pouco utilizadas em revestimento de secções correntes, já que para garantir o recobrimento das armaduras exigem-se espessuras incompatíveis;



Figura 13 – secção especial, limpa grelhas



Figura 14 – secção especial, descar. hidráulico

- Aplicação de *malhasol* – destina-se a proceder ao controlo da fissuração. Estando posicionada a meio da espessura não funciona à flexão pelo que, por vezes, é utilizada erradamente como armadura. Ao não ser aplicada cuidadosamente fica frequentemente com recobrimento reduzido ou em contacto com o suporte, pelo que oxida rapidamente perdendo a sua função de dissipação de cargas;
- Aplicação de fibras sintéticas de derivados do petróleo – estando muito em voga, as fibras de polipropileno são as mais utilizadas. Destinam-se a prevenir pequenos fenómenos de retracção;

- Aplicação de fibras metálicas – são as que apresentam melhor comportamento na dissipação de cargas e na prevenção do fim a que destinam. Teoricamente, a resistência conferida será tanto maior quanto a dosagem por unidade de volume. A aplicação em excesso provoca dificuldades na mistura das massas nas autobetoneiras, por via da criação de novelos, e na regularização da superfície do revestimento aumentando a rugosidade;
- Aditivção das massas ou aplicação de sprays de retardamento da cura do betão, para temperaturas muito elevadas, ou de aditivos para aceleração da cura, para temperaturas muito reduzidas.

Nas obras em consideração e nos canais do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, têm sido utilizadas essencialmente pavimentadoras de rolos.



Figura 15 - Pavimentadora utilizada no 1º e 2º troços do CCG da Cova da Beira

As pavimentadoras em questão permitem espessuras regulares, graus de compactação aceitáveis e bons rendimentos em troços de secção corrente.

A existência de troços com secções especiais, intercalados em troços de secção corrente, obriga à mudança da máquina, o que devido ao seu peso, dimensões e dificuldade de locomoção, só é conseguido com recurso a gruas e transportes especiais. A ocorrência destas situações conduz a quebras de rendimento significativas.

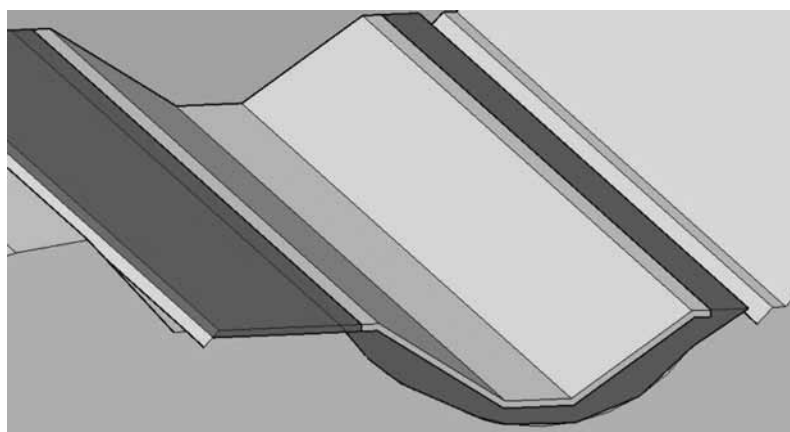


Figura 16 – Aplicação do revestimento de impermeabilização

Por se tratar de obras com grande desenvolvimento longitudinal, a aplicação do revestimento, é acompanhada pela construção de juntas:

- Juntas de trabalho – sempre que se interrompe o processo de pavimentação (no final do dia de trabalho, na ligação a obras especiais, etc). Consistem num corte ao longo de toda a espessura do revestimento;
- Juntas de retracção longitudinais e transversais – com espaçamento definido em projecto e destinadas a induzir os fenómenos de fendilhamento provocados pela retracção do betão. O espaçamento das juntas é calculado em função do atrito ao suporte, da espessura do revestimento e da tensão de tracção do betão. O afastamento é tanto mais reduzido quanto menor é a espessura do revestimento. Betões de maior qualidade/menor resistência à tracção permitem afastamentos maiores entre juntas. Usam-se afastamentos entre 3 e 4 m devendo a junta interceptar 1/3 da espessura do revestimento. As juntas longitudinais devem ainda assegurar pequenos deslocamentos do suporte, induzidos por sub-pressões, deficientes compactações ou outros esforços mecânicos, nomeadamente na transição entre aterros e escavações;
- Juntas de dilatação – com espaçamento definido em projecto e destinadas a prever eventuais fenómenos de dilatação do betão provocados por temperaturas elevadas. São as juntas menos utilizadas face às condições de funcionamento dos canais;

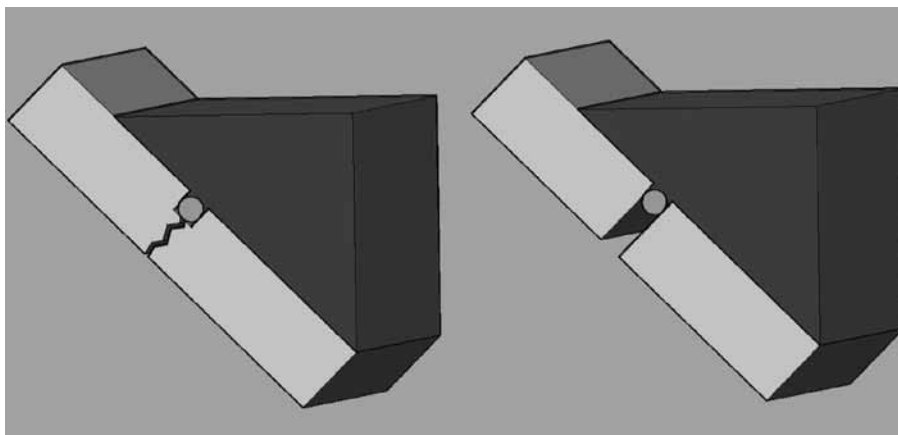


Figura 17 – Juntas de retracção (esq) e de trabalho (dir)

- A abertura/corte das juntas de retracção é efectuada num prazo nunca superior a 12 h após a aplicação do revestimento já que é neste período que se acentua a retracção das massas.
- Após a cura do betão as juntas são seladas para impedir perdas de água. A selagem deve ocorrer com as superfícies limpas e secas.



Figura 18 - Abertura de juntas de retracção

Os materiais mais utilizados na colmatação das juntas são os betumes asfálticos e as resinas epoxi.

4.2.9. Pavimentação da serventia técnica e acabamentos

Após a aplicação do revestimento deverão ser feitos os *acabamentos* (hidrossementeira dos taludes, conclusão das obras especiais, instalação de equipamento, etc).

A pavimentação da serventia técnica deverá ser efectuada no final para preservar o revestimento betuminoso.

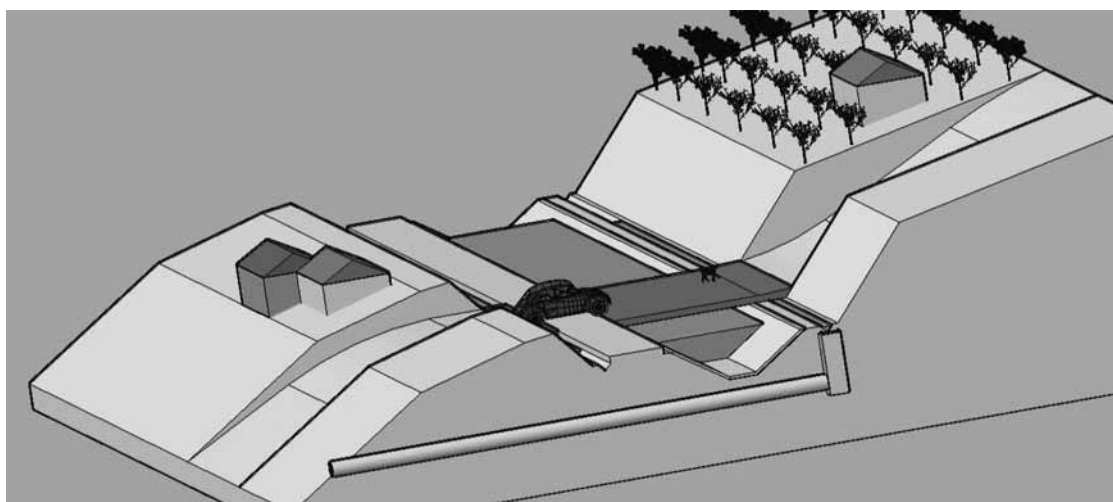


Figura 19 – Representação de um canal pronto com secção em escavação



Figura 20 – Canal pronto

4. 3. Custo dos principais trabalhos de construção de um canal (preços indicativos)

Designação do trabalho	un	euro
Movimentação de terras		
Escavação em terra	m ³	1
Escavação em rocha branda (ripável)	m ³	2
Escavação em rocha dura (explosivos)	m ³	5
Aterro	m ³	3
Revestimento em betão		
Betão C20/C25 (EC2) com incorporação de fibras de polipropileno (0,6 kg/m ³)	m ³	90
Aço em fibras (15 kg/m ³)	kg	2
Execução e selagem de juntas de retracção, de trabalho e de dilatação	m	7

5. CONCLUSÕES

O comportamento histórico do betão em impermeabilização de canais aconselha a continuação da sua utilização, nomeadamente com a utilização dos novos equipamentos de pavimentação.

O grau de impermeabilização, a resistência e a durabilidade, a manutenção e reparação e o custo conferem aos revestimentos com betão uma boa opção, face a outros tipos de revestimento.

Para que o revestimento com betão possa ser utilizado com sucesso, devem ser identificados e tratados todos os fenómenos e agentes que condicionam as suas vantagens.

Existe em Portugal *know-how* detido pelos Donos de Obra públicos, empresas de projectos de engenharia e empresas de construção que permitem a utilização do revestimento com betão, com bons resultados.

ESTUDOS DE RECONVERSÃO DO SISTEMA DE REGA POR ASPERSÃO PARA REGA LOCALIZADA NO PERÍMETRO DO GHARB EM MARROCOS. O CASO DO SECTOR N5.

José HONRADO¹

Manuel VALADAS²

Abdelaziz EL BAYED³

Amine CHBANI⁴

RESUMO

O estudo para a reconversão de sistemas de rega consistiu na elaboração dos estudos hidráulicos necessários para avaliar o desempenho das redes de rega existentes no perímetro do Gharb em Marrocos, no âmbito da reconversão do actual sistema de rega por aspersão para o sistema de rega localizada. Para além de se avaliar o desempenho da rede de distribuição de água para rega, efectuou-se em paralelo, o estudo da estação elevatória, onde se avaliou a necessária alteração do sistema de regulação, passando de uma regulação clássica efectuada a partir de um reservatório elevado, para uma solução do tipo mano-debitimétrica, com grupos de velocidade variável. A opção por esta solução de regulação associada à redução da pressão mínima a fornecer nas bocas de rega, por via da alteração para o sistema de rega localizada, resulta num ganho energético considerável, para além de melhorar significativamente as actuais condições de qualidade de serviço no fornecimento de água aos agricultores.

Palavras-chave: Perímetro do Gharb, sistema de rega, COPAM, desempenho hidráulico, rede de distribuição, estação elevatória, curvas características.

¹ Eng.º Agrónomo, MSc, Chefe do Núcleo de Hidráulica Internacional, COBA S.A., Av. 5 de Outubro, 323 1649-011 Lisboa, jh@coba.pt

² Eng.º Agrónomo, MSc, COBA S.A., Av. 5 de Outubro, 323 1649-011 Lisboa, mmmv@coba.pt

³ Eng.º Agrónomo, Chefe do Núcleo de Aproveitamentos Hidroagrícolas e Hidroeléctricos, CID - Conseil, Ingénierie et Développement, Charia Mâa Al Ainime, Secteur 22, Hay Riad B.P. 1340 R.P., Rabat, Maroc, aelbayed@cid.ma

⁴ Eng.º Agrónomo, CID - Conseil, Ingénierie et Développement, Charia Mâa Al Ainime, Secteur 22, Hay Riad B.P. 1340 R.P., Rabat, Maroc, chbani.amine@yahoo.fr

1. INTRODUÇÃO

Tendo em consideração os problemas de escassez de recursos hídricos em época de estiaagem cada vez mais frequentes e os problemas de qualidade da água associados, o Ministério da Agricultura de Marrocos tem vindo a promover o uso sustentável da água em regadio, através de iniciativas que visam a prática da rega com uma maior economia de água, como a utilização de métodos de rega adequados àquela finalidade.

Esta política de incentivo envolve a concessão de subsídios financeiros para a instalação de sistemas de rega localizada e para assistência técnica aos agricultores, bem como na definição, selecção e construção de seus sistemas de rega.

No âmbito da política de incentivos à melhoria das técnicas de aplicação de água na parcela, o *Office de Mise en Valeur Agricole du Gharb* (ORMVAG - Entidade responsável pelo desenvolvimento agrícola regional na zona do Gharb), contratou ao Consórcio constituído pela COBA e o CID, a elaboração dos estudos para reconversão dos sistemas de rega por aspersão para rega localizada, no perímetro de rega do Gharb.

O principal objectivo do estudo é a de verificar a possibilidade de reconversão do sistema de rega por aspersão para o sistema de rega localizada, incluindo a melhoria das infra-estruturas existentes, numa área de aproximadamente 20 000 ha.

Neste documento apresentam-se os principais resultados referentes ao estudo desenvolvido para o denominado Sector Nord 5 (N5).

2. CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DA ZONA DE ESTUDO

2. 1. O perímetro do Gharb

A planície Gharb situa-se a noroeste de Marrocos, cobrindo uma área de aproximadamente 616 000 ha, com um potencial de irrigação de 250 000 ha. A área actualmente equipada com grandes regadios colectivos é de cerca de 114 000 ha (vide Figura 1) e o regadio de aproximadamente 86 000 ha é de iniciativa privada, dos quais 16 000 ha estão equipados com sistemas de rega localizada.

A região do Gharb tem uma localização privilegiada e um significativo potencial no que se refere a recursos hídricos (bacia hidrográfica do rio Sebou), clima e solos, o que promoveu um grande desenvolvimento agrícola e agro-industrial. Com cerca de 20% da área potencial para regadio em Marrocos, o perímetro hidroagrícola do Gharb é o maior e mais importante regadio agrícola do país.

A superfície equipada é beneficiada actualmente pelos seguintes métodos de rega:

- Rega por gravidade - sulcos 79000 ha (69,3%)
- Rega por gravidade - inundação 12000 ha (10,5%)
- Rega por aspersão 20000 ha (17,6%)
- Rega localizada 3000 ha (2,6%)

O principal método de rega presente neste perímetro é o de rega por gravidade, presente em cerca de 80% da superfície equipada.

O desenvolvimento deste perímetro de rega exigiu o estabelecimento de circuitos hidráulicos diversificados e de alguma complexidade, consistindo essencialmente em 54 estações elevatórias, rede primária com 133 km de canais, 2 500 km de canais secundários, 350 km de condutas enter-

radas, 16 500 km de valas de drenagem e 950 km de caminhos rurais.

Os sectores objecto dos estudos de reconversão do sistema de rega perfazem uma área de aproximadamente 20 000 ha. As datas de início de exploração estão indicadas entre parêntesis.

- Sectores N1 (1992), N2 (1992) e N3 (1991), localizados na parte norte da planície do Gharb, fazem parte da segunda tranche de irrigação (STI);
- Sectores N4 (1991) e N5 (1997), situados na margem direita do rio Sebou, fazem parte da zona norte de menor serviço da STI;
- Sector P7 (1977) da primeira tranche de irrigação (PTI) do perímetro do Gharb, situada na margem direita do rio Beht a cerca de 50 km a noroeste da cidade de Kénitra ; e
- Sectores C2 (1982) e C3 (1982) da STI, situados na margem direita do rio Sebou a cerca de 70 km a norte da cidade de Kénitra.

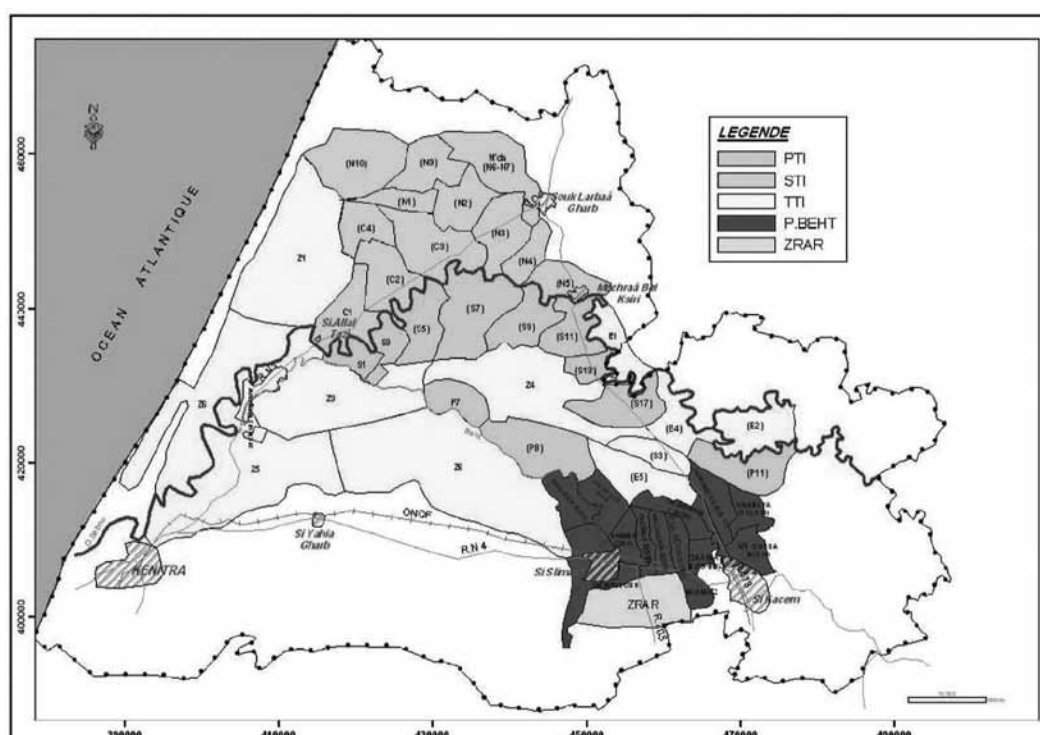


Figura 1 – Localização do perímetro de rega do Gharb.

2. 2. O Sector Nord 5

O sector Nord 5 (N5) pertence à segunda fase de implantação do perímetro de rega, situa-se na comunidade de Mechra belsiri, na margem direita do rio Sebou a cerca de 70 km de cidade de Kenitra e é atravessado pela linha férrea e pela estrada RP N°6 segundo o eixo norte - sul.

A superfície equipada do sector N5 tem cerca de 2 440 ha. Este sector compreende 202 unidades de rega com superfícies entre 0,95 ha e 16,85 ha. A superfície média da unidade de rega é de 10,20 ha.

Na Figura 2 apresenta-se, sobre imagem satélite, a delimitação do sector N5. Na Figura 3 é apresentado o esquema do circuito hidráulico.

A origem de água deste sector é o rio Sebou. A água é captada neste rio, através de uma estação elevatória (SPN), que bombeia uma caudal de $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para a rede primária de adução, que se desenvolve em canal de secção trapezoidal. A derivação para o sector N5, localiza-se a cerca de 3

km da origem da rede primária. Nesta derivação existe uma estação elevatória (SMP N5), implantada sensivelmente à cota (13,0), que bombeia um caudal máximo de cerca de $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, para um reservatório elevado, construído em betão, com o nível mínimo de exploração à cota (88,0), localizado a cerca de 2,26 km da estação elevatória.

A rede secundária de rega tem origem neste reservatório elevado, possuindo um desenvolvimento total de 51,7 km em condutas enterradas de betão e fibrocimento, com diâmetros entre DN 1100 mm e DN 100 mm. A ligação entre a Estação SMP N5 e o reservatório é feita em conduta com diâmetros DN 1200 mm e DN 1100 mm, com um desenvolvimento total de cerca de 2,26 km.

A estação elevatória existente (SMP N5) tem capacidade para elevar um caudal máximo de 1775 l s^{-1} com uma altura manométrica total de 80,5 m, sendo constituída por três grupos electrobomba principais e dois grupos electrobomba auxiliares. Os grupos principais têm um caudal nominal de 425 l s^{-1} e uma potência de 560 kW. Os grupos auxiliares têm um caudal nominal de 250 l s^{-1} e uma potência de 335 kW. São grupos de eixo vertical, com bomba multicelular tipo centrífuga.



Figura 2 – Delimitação do sector N5 (Fonte: Imagem retirada do Google Earth).



Figura 3 – Esquema hidráulico actual do sector N5.

3. DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE ESTUDO

Os estudos iniciaram-se com a elaboração de um diagnóstico físico das redes de rega, onde se avaliou o estado actual de todas as infra-estruturas, ao nível do equipamento e da construção civil, onde se inclui a estação elevatória, reservatório elevado e os vários equipamentos que constituem a rede de rega, nomeadamente, hidrantes, câmaras de válvulas, válvulas de seccionamento, ventosas e descargas de fundo.

Após a elaboração do diagnóstico físico, procedeu-se à elaboração do diagnóstico ao funcionamento do sistema hidráulico.

Numa primeira fase, para elaboração do diagnóstico hidráulico foram considerados duas situações: a situação definida em projecto e a situação actual, na qual foi considerado o aumento da rugosidade nas condutas, devido ao seu envelhecimento (LENCASTRE, 1996).

Numa segunda fase dos estudos, e partindo da situação actual da rede de rega, procedeu-se à análise do desempenho hidráulico do sistema, tendo sido definidos dois cenários base:

- Cenário A – Rede de rega a funcionar com as condições mínimas necessárias para utilização do método de rega por aspersão;
- Cenário B – Rede de rega a funcionar com as condições mínimas necessárias para utilização do método de rega localizada, com a instalação de uma estação de filtração no início do sistema;

Para ambos os cenários foram estudadas duas hipóteses:

- Hipótese 1) – Manutenção da rede existente;
- Hipótese 2) – Reforço dos diâmetros das condutas de rede rega

Foram estudados 2 cenários principais (A e B). Para o cenário B foi também elaborada uma avaliação com duas opções para a instalação do sistema de filtração, numa primeira alternativa, estudou-se a hipótese de se instalarem filtros a jusante dos hidrantes, numa segunda, a instalação de uma estação de filtração no início do sistema, a jusante da estação elevatória. Por razões técnico-económicas, a segunda alternativa revelou-se mais viável.

4. METODOLOGIA ADOPTADA PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO

4. 1. Elementos de base

Para o desenvolvimento dos estudos, recorreu-se aos elementos base disponíveis no projecto de execução desenvolvido para o perímetro do Gharb, pela empresa BRL em 1976.

Recolheram-se todos os elementos que deram origem à obra existente, desde dotações das culturas, horários de rega, caudais, pressões de serviço e principais características da rede de rega, do reservatório elevado e da estação elevatória.

4. 2. Caudais de dimensionamento

A ocupação cultural considerada foi definida tendo em consideração o que foi definido no projecto inicial, o que actualmente é praticado e as previsões definidas no chamado “Plano Verde de Marrocos”. A ocupação cultural resultante é constituída por cana do açúcar (50%) e uma rotação quadrienal (50%).

As dotações brutas no início da rede de rega em mês de ponta são de 2638 m³ ha⁻¹ para a rega por aspersão (eficiência global de 0,81) e de 2491 m³ ha⁻¹ para a rega localizada (eficiência global de 0,86). Os caudais fictícios contínuos são de 0,985 l s⁻¹ e 0,930 l s⁻¹ respectivamente.

No caso de redes de rega com modo de distribuição a pedido, os caudais de dimensionamento são calculados a partir da 1ª fórmula de Clément (CLÉMENT, 1966).

Na distribuição a pedido não se impõem restrições na frequência e na duração da rega. Apenas o caudal é limitado ao valor do caudal nominal da boca de rega e, o caudal atribuído a uma tomada de água é função do caudal específico contínuo, da área regada, do sistema de rega e do número de agricultores. De modo a garantir uma certa flexibilidade aos regantes na gestão da rega, o valor do caudal atribuído deverá ser sempre maior que o valor do caudal específico contínuo.

Na definição dos critérios para aplicação da 1ª fórmula de Clément, verificou-se que no projecto desenvolvido pela BRL, foi considerado que o coeficiente de utilização da rede de rega (r) tinha o valor de 1, correspondendo a um horário de rega de 24h por dia. Este valor é adequado para sistemas de rega de cobertura total (BÉTHÉRY *et al.*, 1981), mas acarreta condicionantes importantes para a prática da rega, pois o grau de liberdade oferecido é muito reduzido.

Neste estudo considerou-se que, para o cenário A de rega por aspersão, se mantinha o valor de $r = 1$, de modo a que os resultados se aproximassem o mais possível do cenário existente actualmente. No caso do cenário B de rega localizada, reduziu-se o valor de r para 0,917 (correspondente a um horário de rega de 22h/dia).

4. 3. Pressão de serviço

As pressões mínimas a garantir nos hidrantes dependerão do tipo de sistema de rega que for adoptado na parcela.

No caso de rega por aspersão, mantivemos o valor definido no projecto inicial e que corresponde a 53 m no hidrante (montante). Se for adoptada a implantação de sistemas de rega localizada, com a instalação de uma estação de filtração adequada ao funcionamento deste sistemas, no início da rede de rega, então a pressão mínima a garantir no hidrante, desce para 28 m.

4. 4. Cota piezométrica no início do sistema

A cota piezométrica no início do sistema está dependente do cenário em estudo. Para o cenário A com rega por aspersão, a cota piezométrica no início da rede de rega está directamente associada ao nível mínimo de exploração do reservatório, cuja cota é (88,0).

No cenário B, a cota piezométrica no início da rede de rega vai baixar em relação ao cenário A, porque a pressão mínima a garantir nos hidrantes também é inferior. Neste cenário, a cota piezométrica poderá reduzir-se mais, em função da opção ou não de reforçar os diâmetros de alguns troços mais críticos da rede de rega.

Na opção de proceder ao reforço dos diâmetros da rede de distribuição, e pelo facto de se tratar de um sistema que inclui bombeamento, a atribuição dos diâmetros às condutas justifica considerar os custos inerentes devido à influência no valor da altura manométrica de elevação. No entanto, os encargos de instalação e exploração variam em sentido inverso: uma redução do valor da altura manométrica de elevação conduz, por um lado a um aumento dos diâmetros das condutas, e em consequência a um aumento dos custos de investimento com a rede de rega; e por outro lado, a uma redução dos custos de investimento associado à estação elevatória assim como dos encargos anuais com a energia.

4. 5. Análise do desempenho hidráulico

4.5.1. Regimes de caudal

A análise do desempenho do sistema hidráulico (estação elevatória e rede de rega) é função do modo de distribuição, dos caudais atribuídos às bocas de rega, da posição altimétrica da origem de água face às zonas a beneficiar, e deve ter em consideração a capacidade de transporte de determinados caudais que conduzam a uma solução global equilibrada, quer em termos de eficiência energética, quer do ponto de vista das condições de funcionamento.

Relativamente à análise de desempenho propriamente dita, esta foi efectuada através do cálculo de indicadores que permitam avaliar a qualidade do funcionamento da rede, nomeadamente através do indicador fiabilidade. Este pode ser definido como a probabilidade de um sistema funcionar dentro de limites e contextos pré-estabelecidos durante um determinado período de tempo.

A análise do desempenho hidráulico da rede de rega foi realizada assumindo a condição de múltiplos regimes de caudal.

A noção de múltiplos regimes de caudal (LAMADDALENA, 1997; CALEJO, 2003) é fundamental no dimensionamento e análise de redes de rega em pressão com funcionamento a pedido. Um determinado caudal pedido no início da rede corresponde a muitas combinações de bocas de rega em funcionamento simultâneo. A garantia da pressão mínima em cada boca de rega depende da configuração planimétrica e altimétrica das bocas em funcionamento simultâneo.

Cada configuração corresponde a um determinado regime. No presente estudo, na aplicação dos modelos de cálculo para análise do desempenho hidráulico da rede de rega, solicitou-se a elaboração de 900 configurações.

A análise do desempenho hidráulico de uma rede de rega deve ser feita ao nível do sistema, através da definição das curvas características indexadas, e ao nível do hidrante/boca de rega.

A análise ao nível do sistema foi realizada com recurso ao modelo CURVAS CARACTERÍSTICAS integrado no programa COPAM. A análise ao nível do hidrante/boca de rega é feita com o modelo AKLA, também integrado no programa COPAM (LAMADDALENA e SAGARDOY, 2000).

4.5.2. Curvas características indexadas

O modelo de cálculo “Curvas Características” incluído no programa COPAM tem como objetivo o cálculo das curvas características indexadas.

As curvas características indexadas permitem avaliar o desempenho global da rede, indicando qual a percentagem de configurações que não são satisfeitas para uma determinada condição no início da rede, isto é, para cada par caudal, Q_0 , e cota piezométrica, Z_0 . Não permite no entanto avaliar a gravidade dos défices de pressão nas bocas de rega onde pressão disponível (H_j) é inferior à pressão mínima a garantir (H_{min}). Neste modelo, as perdas de carga, h_L [m], são calculadas através da fórmula geral de Chézy, sendo o coeficiente de rugosidade dado pela expressão de Bazin.

O desempenho hidráulico da rede de rega é considerado satisfatório quando, para todas as bocas de rega em funcionamento simultâneo, se verifica a seguinte condição:

$$H_{j,r} \geq H_{j \min} \quad (1)$$

em que:

$H_{j,r}$ - pressão no hidrante/boca de rega j na configuração r ;

$H_{j \min}$ - pressão mínima a garantir no hidrante/boca de rega j .

4.5.3. Análise da qualidade de funcionamento da rede de rega

Para a análise da qualidade de funcionamento da rede de rega, utilizou-se o modelo AKLA, integrado no programa COPAM. Este modelo permite fazer uma análise da qualidade de funcionamento da rede ao nível dos hidrantes/bocas de rega e complementa a informação obtida com as curvas características.

O modelo AKLA calcula, para o ponto de funcionamento da rede (Q_0 , Z_0), a pressão de cada hidrante/boca de rega em funcionamento, H_j . Este cálculo é feito para várias configurações de bocas de rega em funcionamento (regimes de caudal). A partir dos valores de H_j , o modelo calcula os seguintes indicadores de desempenho:

- Diferenças Relativa de Pressão:

A diferença relativa de pressão, ΔH_j , é obtido através da seguinte expressão:

$$\Delta H_j = \frac{(H_j - H_{j \min})}{H_{j \min}} \quad (2)$$

em que:

H_j - pressão no hidrante/boca de rega j ;

$H_{j \min}$ - pressão mínima a garantir no hidrante/boca de rega j .

A análise dos resultados obtidos permite observar os limites de funcionamento dos hidrantes/bocas de rega assim como identificar quais são os hidrantes/bocas de rega que apresentam diferenças relativas de pressão negativas.

- Fiabilidade:

O indicador fiabilidade é também calculado para cada hidrante/boca de rega e procura traduzir qual é a probabilidade da pressão no hidrante/boca de rega ser igual ou maior ao valor H_{\min} para as condições de funcionamento da rede no período de ponta.

$$\alpha_j = \frac{\sum_{r=1}^C lh_{j,r} lp_{j,r}}{\sum_{r=1}^C lh_{j,r}} \quad (3)$$

em que:

α_j = fiabilidade da boca de rega j ;

$lh_{j,r} = 1$, se a boca de rega j estiver aberta na configuração r ;

$lh_{j,r} = 0$, se a boca de rega j estiver fechada na configuração r ;

$lp_{j,r} = 1$, $lh_{j,r} \geq H_{j \min}$

$lp_{j,r} = 0$, $lh_{j,r} < H_{j \min}$;

C – número total de configurações geradas.

No que respeita à análise de funcionamento das bocas de rega, considera-se que para o valor igual à unidade, a boca de rega funciona sempre com uma variação de pressão relativa superior ou igual a 1, ou seja, tem pressão superior à pressão mínima de funcionamento. Valores inferiores à unidade significam que a boca de rega poderá ter, em determinadas configurações de funcionamento da rede de distribuição, défice de pressão.

4. 6. Adaptação da estação elevatória

4.6.1. Sistema de regulação dos grupos

À semelhança do que foi realizado para a rede de distribuição, o estudo da estação elevatória iniciou-se com a elaboração de um diagnóstico físico, do qual resultou que, de uma forma global os equipamentos se encontram num estado de conservação razoável, verificando-se a necessidade de substituição de alguns equipamentos.

No sistema de regulação existente os arranques e paragens dos grupos são determinados pela detecção do nível de água no reservatório elevado. O reservatório compensa, de uma forma automática, o diferencial de caudal entre o que a rede consome e o que a estação elevatória fornece. Tendo em consideração que com a reconversão dos sistemas de rega a cota piezométrica vai ser significativamente inferior ao nível mínimo do reservatório, esta solução de regulação não é adequada.

Em relação à definição do tipo de regulação, foram analisadas três alternativas: sistema constituído por 5 grupos de velocidade fixa; sistema constituído por 4 grupos de velocidade fixa e um grupo com velocidade variável; 5 grupos de velocidade variável.

Tendo em atenção que a transição do actual cenário com sistemas de rega por aspersão, para o futuro cenário com sistemas de rega localizada, poderá prolongar-se por um período de alguns anos, procurou-se encontrar uma solução de regulação que conseguisse abranger os dois cenários, sendo para tal necessário conceber um sistema suficientemente flexível e robusto.

Devido em grande parte à especificidade deste sistema hidráulico, da análise resultou que a alternativa constituída com 5 grupos de velocidade variável seria a mais adequada, e a única que conseguiria cumprir as condições do cenário A e do cenário B.

4.6.2. Determinação das curvas características do sistema elevatório

A partir das curvas características da rede de rega de cada um dos cenários (A e B), determinaram-se as curvas características para o sistema elevatório, onde se inclui o sistema de filtração, para tal foi necessário proceder à determinação das perdas de carga no circuito hidráulico e ao cálculo da altura manométrica para os dois cenários.

A estação de filtração de água é constituída por 12 filtros de malha com um grau e filtração de 120 mesh. A perda de carga mínima considerada com os filtros limpos é de 2 m, e, com os filtros sujos, não poderá ultrapassar os 7 m (desencadeando-se o processo de lavagem).

Foi caracterizado todo o circuito hidráulico da estação elevatória, estação de filtração e condução de ligação ao reservatório elevado, tendo-se procedido em seguida à determinação das perdas de carga do sistema elevatório considerando caudais crescentes (1, 2, 3, 4 e 5 grupos em funcionamento – Figura 6).

Nos troços de condução do circuito hidráulico as perdas de carga contínuas foram determinadas pela fórmula de Manning-Strickler, considerando um coeficiente K_s de $90 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (aço). As perdas de carga localizadas (ΔH) foram calculadas a partir da seguinte expressão:

$$\Delta H = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

em que:

K – coeficiente de perda de carga (ad.);

V – Velocidade média de escoamento (m/s);

g – aceleração da gravidade (m/s^2).

Os coeficientes de perda de carga, K , foram determinados em função das características das descontinuidades encontradas (intercepções, divergentes, válvulas, etc.).

5. RESULTADOS

5. 1. Análise dos caudais de dimensionamento

Como resultado da análise dos caudais máximos definidos actualmente na rede de rega do sector N5, verificou-se que, para os pressupostos actuais (de conferir um maior grau de liberdade ao agricultor para organizar a prática da rega), o caudal no início da rede, com o valor de 1514 l s^{-1} , é insuficiente para regar toda a área prevista, tendo apenas capacidade para regar cerca de 70 % da área. Neste caso, uma das opções poderia ser a redefinição do cenário de ocupação cultural supondo que os agricultores optam por culturas menos exigentes em água, que não foi tomada por acarretar condicionalismos de diversa ordem.

Numa segunda análise, em que se partiu dos caudais instalados nas bocas de rega, aplicou-se a 1.ª fórmula de Clément, com $r = 0,935$ (correspondente a um horário diário de rega de cerca de 22,4 horas), e considerando o sistema de rega por aspersão, obteve-se um caudal substancialmente superior ao definido no projecto inicial. O caudal obtido para o início da rede de rega foi de 2325 l s^{-1} , contra os 1514 l s^{-1} do projecto inicial, verificando-se um aumento de cerca de 54 %.

Verificou-se também, com um caudal de 2325 l s^{-1} seria necessário reforçar os diâmetros de alguns troços de condutas da rede de rega, numa extensão de cerca de 17,7 km (34% da extensão total da rede de rega).

Numa terceira e última análise, recorreu-se novamente à aplicação da 1ª fórmula de Clément para determinação do caudal no início da rede de rega para o cenário B com sistemas de rega localizada. O valor de r adoptado foi de 0,917 (correspondente a um horário diário de rega de 22 horas).

Assumindo-se que a rega localizada, em comparação com a rega por aspersão, é mais eficiente, pode ser adoptado um “factor de localização”, reflectindo a redução das necessidades de água, para a generalidade das culturas, em cerca de 20 %. Esta redução do consumo de água tem consequências, que devem ser avaliadas ao nível das classes caudal das bocas de rega e a sua influência no dimensionamento dos troços da rede de rega.

De acordo com as normas internacionais (ASAE, 2003), podemos admitir um factor de localização que corresponde a uma área humedecida de 80 %. Considerando o mesmo caudal equipado nas bocas de rega, e uma duração diária de rega de 22 horas, verifica-se um acréscimo do grau de liberdade associado a cada classe de caudal das bocas de rega. Ou seja, o agricultor vai ter uma maior flexibilidade na operação do seu sistema de rega, pois vai dispor do mesmo caudal na boca de rega, mas para uma área efectivamente humedecida inferior, e ainda associado a um sistema de rega que permite um nível de automatização superior.

O caudal obtido para o início da rede de rega, no cenário B, foi de 1880 l/s. Apesar de ser inferior ao determinado para o cenário A, continua a ser superior, em cerca de 24 % ao apresentado no projecto inicial.

Verifica-se que a rede de rega existente tem capacidade para transportar os caudais determinados para o cenário B, sem necessidade de reforço dos diâmetros das condutas.

5.2. Análise do desempenho hidráulico da rede de distribuição

Neste ponto apresentamos os resultados obtidos para os cenários A e B, considerando a hipótese de manutenção da rede de rega existente (Hipótese 1).

5.2.1. Cenário A – Sistemas de rega por aspersão

Na análise do desempenho hidráulico da rede de rega na situação actual, considerou-se como ponto de funcionamento os seguintes valores $Q_0 = 1514 \text{ l s}^{-1}$; $Z_0 = 88,0 \text{ m}$. A cota piezométrica corresponde ao nível mínimo de exploração no reservatório elevado.

Na obtenção dos resultados do desempenho hidráulico foram geradas 900 configurações de bocas de rega em funcionamento simultâneo para os seguintes valores de caudal pedido no início da rede: 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1514, 1600 e 1800 l s^{-1} .

Na elaboração das primeiras simulações, verificou-se a necessidade de reduzir ligeiramente a pressão mínima a garantir em 3 hidrantes, designadamente nos hidrantes n.º99 ($H_{min} = 52 \text{ m}$), n.º107 ($H_{min} = 50 \text{ m}$) e n.º115 ($H_{min} = 51 \text{ m}$). Nos restantes hidrantes manteve-se $H_{min} = 53 \text{ m}$.

Na Figura 4 são apresentados os gráficos com os resultados da análise ao desempenho hidráulico da rede de rega a funcionar nas condições actuais.

Da análise das curvas características indexadas, observa-se que o ponto de funcionamento da rede de rega se situa próximo da curva correspondente a 60 % das configurações geradas, o que mostra desde logo que o desempenho hidráulico geral não é muito satisfatório.

No que se refere à análise da diferença relativa de pressão, podemos observar, que de um modo geral, os resultados são satisfatórios, surgindo apenas algumas situações em que este indicador apresenta valores negativos, mas com uma reduzida significância, com um desvio negativo nunca superior a -0,01. Desta forma, verifica-se que a maioria das bocas de rega não tem défice de pressão, e que algumas possuem um ligeiro défice.

No terceiro gráfico da Figura 4 podem observar-se os resultados obtidos, no que respeita ao indicador fiabilidade de funcionamento dos hidrantes/bocas de rega. Verifica-se que, a grande maioria das bocas de rega possui valor igual ou próximo de 1,0.

Há um conjunto de 21 hidrantes com fiabilidade inferior a 0,96, que corresponde na maioria a hidrantes terminais, sendo o caso mais crítico o hidrante n.º99, com uma fiabilidade de 0,82, Significa que este hidrante, em 18% do tempo de funcionamento possui défice de pressão.

5.2.2. Cenário B – Sistemas de rega localizada

Na análise do desempenho hidráulico da rede de rega existente, a funcionar para sistemas de rega localizada, considerou-se como ponto de funcionamento os seguintes valores $Q_0 = 1880 \text{ l s}^{-1}$; $Z_0 = 71,0 \text{ m}$.

O valor da cota piezométrica utilizado é determinado para o início da rede rega, junto do reservatório elevado. Este valor foi obtido após a realização de várias simulações de desempenho da rede de rega, tendo-se obtido um ponto de equilíbrio, que permite uma boa performance da rede de rega, tendo em consideração a garantia de uma pressão mínima de 28 m a montante dos hidrantes, e não implicando qualquer reforço de diâmetros de condutas, e ao mesmo tempo reduzir o máximo possível a altura manométrica da estação elevatória.

Não está incluída a perda de carga associada à estação de filtração (deverá ser considerado um valor máximo de 7 m para os filtros sujos). Este valor foi considerado na determinação da altura manométrica da estação elevatória.

À semelhança do que foi considerado para o cenário A, na obtenção dos resultados do desempenho hidráulico foram geradas 900 configurações de bocas de rega em funcionamento simultâneo para os seguintes valores de caudal pedido no início da rede: 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 1880 e 2000 l s⁻¹.

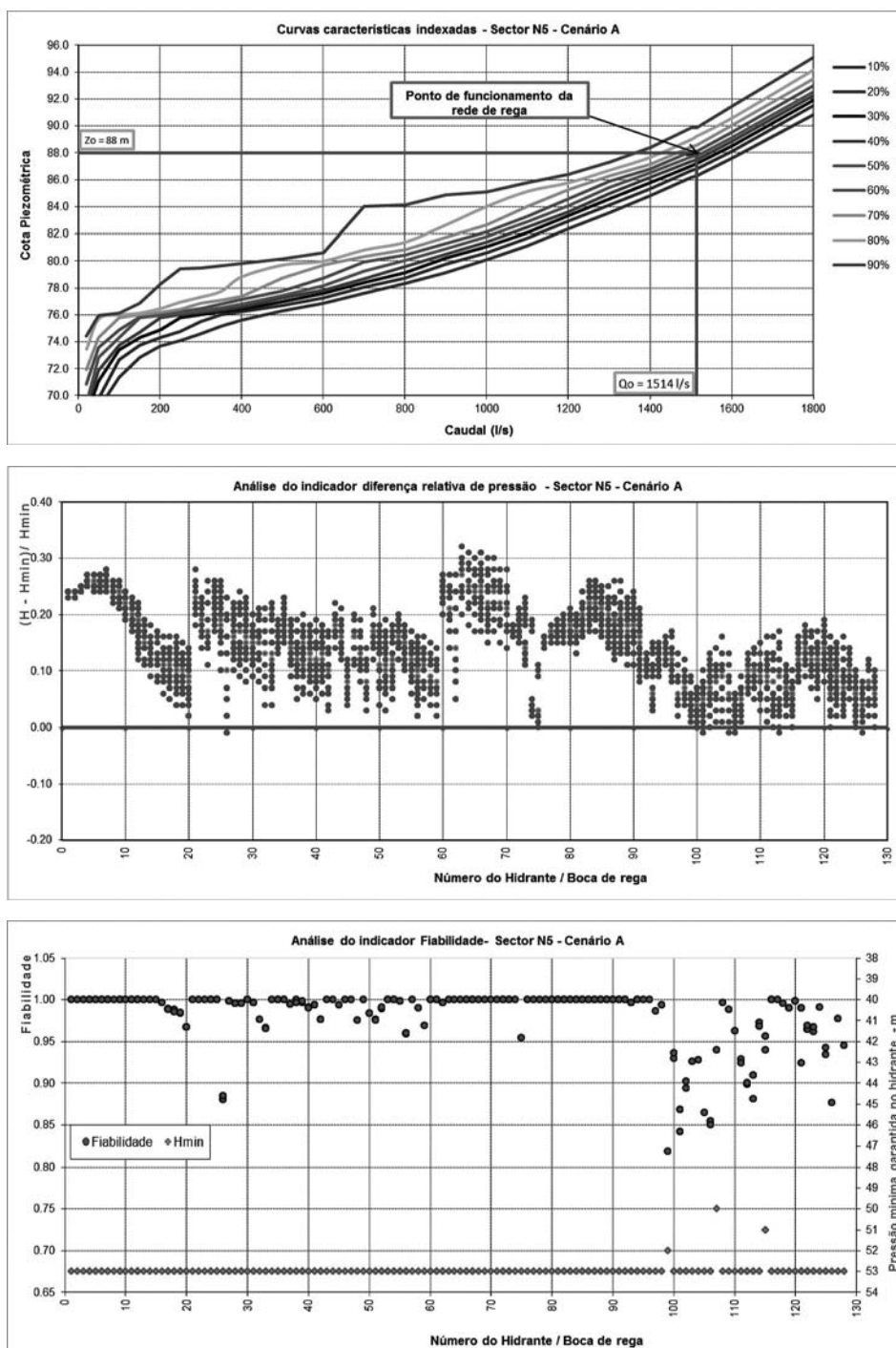


Figura 4 – Análise do desempenho hidráulico da rede de rega do sector N5 – Cenário A.

Apresentam-se na Figura 5 os gráficos com os resultados da análise ao desempenho hidráulico da rede de rega do sector N5, com a reconversão para sistemas de rega localizada.

Da análise das curvas características indexadas, observa-se que o ponto de funcionamento da rede de rega se situa próximo da curva correspondente a 80% das configurações geradas, podendo ser considerado que o desempenho hidráulico global da rede é satisfatório.

Em relação à análise da diferença relativa de pressão, podemos observar, que de um modo geral, os resultados são muito satisfatórios, com desvios a variar entre -0,01 0,78. Desta forma, verifica-se que a maioria das bocas de rega não tem défice de pressão, e que algumas possuem um ligeiro défice, com muito pouco significado.

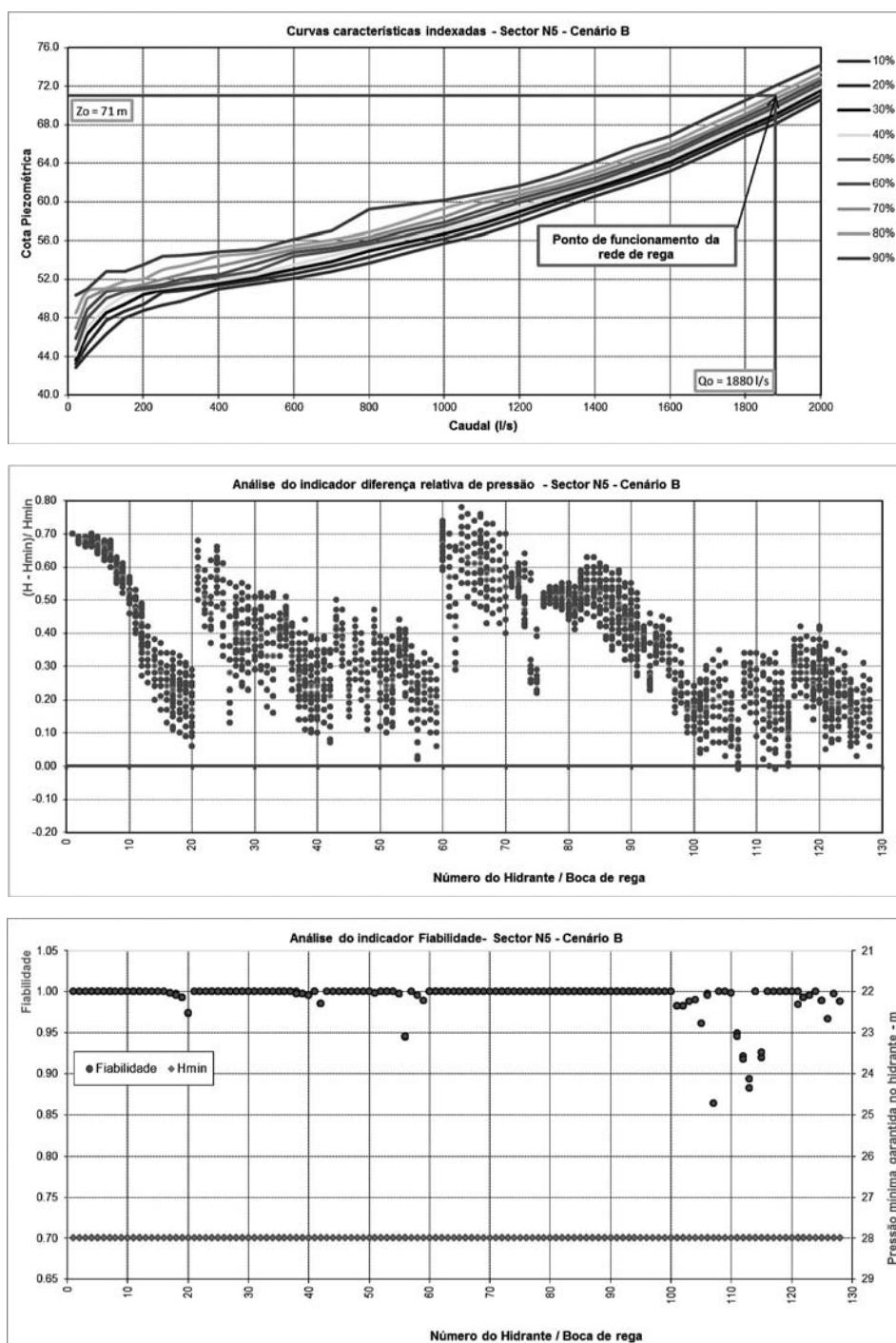


Figura 5 – Análise do desempenho hidráulico da rede de rega do sector N5 – Cenário B.

No terceiro gráfico da Figura 5 podem observar-se os resultados obtidos, no que respeita ao indicador fiabilidade de funcionamento dos hidrantes/bocas de rega. Verifica-se que, a grande maioria das bocas de rega possui valor igual ou próximo de 1,0.

Existe apenas um conjunto de 7 hidrantes terminais com fiabilidade inferior a 0,96. O caso mais crítico é o hidrante n.º107, com uma fiabilidade de 0,86. Significa que este hidrante, em 14% do tempo de funcionamento possui défice de pressão, mas que não deverá ser muito significativo, tendo em conta os valores obtidos no indicador do défice relativo de pressão.

De um modo geral, podemos observar uma melhoria da qualidade do funcionamento da rede de rega, com a reconversão para sistemas de rega localizada, verificando-se ainda um ganho energético considerável, resultante da redução da cota piezométrica.

5. 3. Estação elevatória SMP N5

Tal como já foi referido anteriormente, a solução de regulação do tipo mano-debitimétrica revelou-se como sendo a mais adequada para o sistema hidráulico em estudo. Optou-se igualmente por equipar a estação elevatória com 5 grupos de velocidade variável e reservatórios hidropneumáticos para regulação e protecção contra os efeitos do regime transitório.

A grande vantagem desta solução de regulação mano-debitimétrica e grupos de velocidade variável, em comparação com as restantes, está associada à significativa economia de energia que se obtém pelo facto de, em cada situação de solicitação da rede, o caudal ser fornecido com a pressão estritamente necessária e não em excesso como as outras soluções estudadas.

Na Figura 6 apresentam-se as curvas características do sistema elevatório associadas às curvas dos grupos electrobombas que se consideraram adequados para este sistema elevatório.

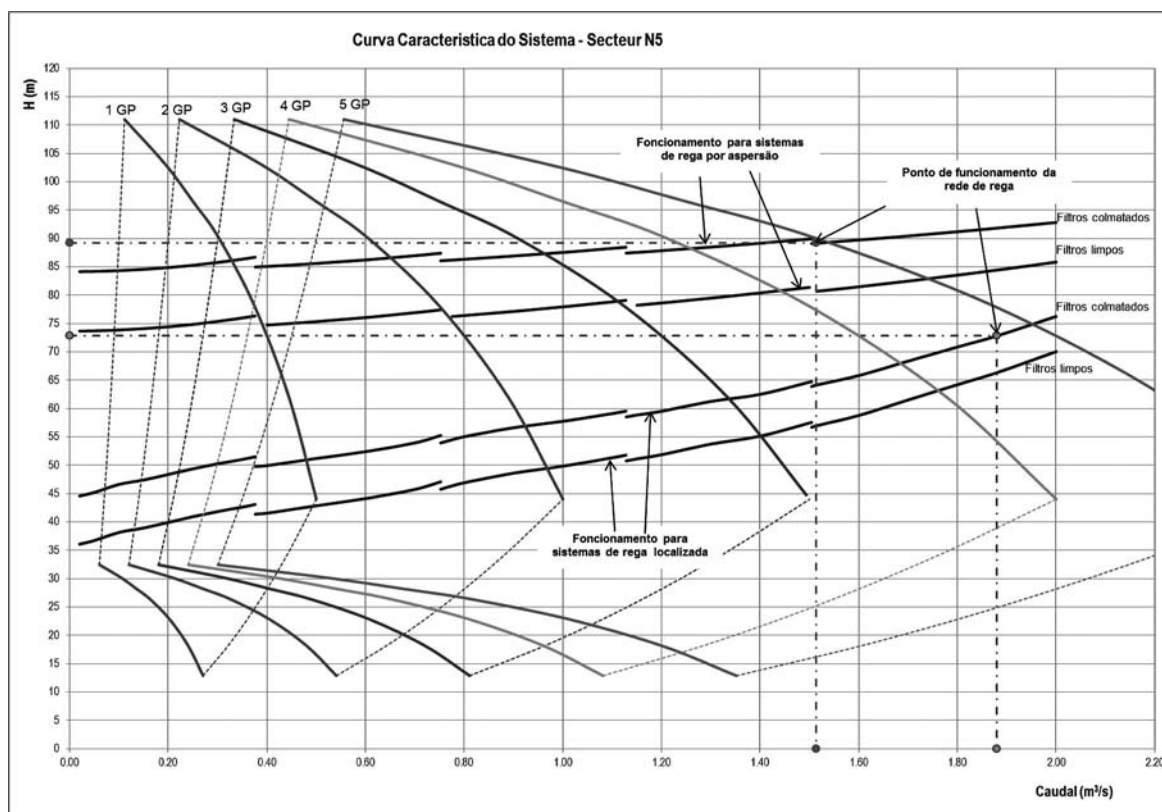


Figura 6 – Curvas características do sistema elevatório.

As curvas características do sistema acima apresentadas representam os diversos regimes de funcionamento previstos:

- As duas curvas superiores constituem as curvas do sistema que permitem assegurar o funcionamento para as condições do cenário A – rega por aspersão:
 - A curva superior corresponde à situação de filtros colmatados;
 - A curva inferior corresponde à situação de filtros limpos.
- As duas curvas inferiores constituem as curvas do sistema que permitem assegurar o funcionamento para as condições do cenário B – rega localizada:
 - A curva superior corresponde à situação de filtros colmatados;
 - A curva inferior corresponde à situação de filtros limpos.

6. CONCLUSÕES

A avaliação da possibilidade de reconversão da rede de rega do sector N5 do perímetro do Gharb, recorrendo à metodologia proposta pela FAO para o dimensionamento e avaliação de sistemas de rega em pressão, foi efectuada com sucesso.

Os resultados acima apresentados permitiram demonstrar que o processo de reconversão é viável, sem que para tal seja necessário recorrer a alterações na rede de distribuição existente.

Para além do ganho energético obtido com a redução da cota piezométrica no início da rede de distribuição, consegue-se obter uma melhoria da qualidade de serviço fornecido aos agricultores.

Verifica-se também que o desempenho hidráulico da rede existente apresenta melhores indicadores no cenário B de reconversão para sistemas de rega localizada.

A informação obtida com a análise do desempenho hidráulico da rede de distribuição foi essencial para a avaliação, concepção e dimensionamento optimizado da solução de reabilitação/modernização do sistema elevatório, conseguindo-se obter uma solução global flexível, equilibrada e vantajosa em termos de economia de consumo energético, ao ter-se optado por um sistema de regulação mano-debitométrica, com a instalação de 5 grupos electrobomba de velocidade variável associados a 3 reservatórios hidropneumáticos, cada um com com 40 m³ de volume.

BIBLIOGRAFIA

- ASAE, (2003). “*Design and installation of microirrigation systems*”. ASAE EP405.1 FEB03. In: ASAE Standards 2003, pp. 900-905.
- Bethery J.; Meunier M.; Puech C. (1981). “*Analyse des défaillances et étude du renforcement des réseaux d’irrigation par aspersion*”. In: Compte rendu du XI congrès de la CIID, question 36, pp. 297-324.
- CID/COBA (2011) “*Étude de la Reconversion du Système d’Irrigation par Aspersion en Irrigation Localisée dans le Périmètre du Gharb*”.
- Calejo M.J. (2003). “*Projecto e Análise do funcionamento de redes de rega em pressão. Modelação da procura. Dois casos de estudo: Lucefecit e Vigia*”. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Clément, R. (1966). “*Calcul des débits dans les réseaux d’irrigation fonctionnant à la demande*”. La Houille Blanche, 5, pp. 553-575.
- Lamaddalena N. (1997). “*Integrated simulation model for design and performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems*”. Tese de doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Lamaddalena N., Sagardoy J.A. (2000). “*Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems*”. Irrigation and Drainage Paper nº 59, FAO, Roma, 132 pp.
- Lencastre, A. (1996). “*Hidráulica Geral*”. LNEC, Lisboa, 651 pp.

TUBAGENS DE BETÃO PARA CONDUTAS EM PRESSÃO: CONCEITO, INSTALAÇÃO, REPARAÇÃO

José MASSANO-ANDRÉ¹

RESUMO

As tubagens de betão armado ou betão pré-esforçado com alma de aço destinam-se a obras de abastecimento de água, redes de rega, condutas industriais, mini-hídricas, emissários submarinos e ainda tubagens para serem aplicadas pelo método de cravação (ex. sob linhas de caminho de ferro). Além dos tubos também podem ser produzidas com esta tecnologia peças especiais (curvas, tês, derivações...). O presente artigo descreve o produto, os tipos de junta, o âmbito de aplicação, os processos de fabrico, o controlo de qualidade e as condições de uso (aspectos considerados no cálculo e aspectos não considerados no cálculo).

Palavras-chave: tubagens pré-fabricadas de betão com alma de aço

¹ Eng.º Metalúrgico, PREBESAN, Cabeço do Alecrim, Louriceira, Almoester, 2005-111 Santarém, +351.243.491.736, jma@prebesan.com

1. BREVE REFERÊNCIA HISTÓRICA

No final do século XIX, existiam em Paris graves problemas de saneamento básico, para cuja resolução eram necessárias tubagens de grande dimensão que não estavam disponíveis no mercado, pois o ferro fundido, material usado para tubagens até essa data, não permitia o fabrico de tubos de grande diâmetro.

Em 1893, o engenheiro francês Aimé Bonna, que trabalhava para os serviços municipalizados de Paris, inventou os tubos de betão armado com alma de aço, tendo a fábrica de Conflants Ste-Honorine começado a produzir tubagens em 1894 (Figura 1 e 2).



Figura 1 – Aimé Bonna em tubo DN 6.000



Figura 2 – Ensaio de compressão diametral ... em 1895

Nas décadas seguintes foram instalados, só na zona de Paris, cerca de 300 km de tubagens de betão armado com alma de aço, a maior parte das quais ainda hoje se encontra em serviço e é visitável.

Actualmente, existem fábricas para a produção deste produto na maior parte dos países desenvolvidos, pois a possibilidade de utilizar materiais e mão-de-obra nacionais induz vantagens económicas (cada vez mais importantes face à actual crise económico-financeira). Em Portugal existem 3 fábricas em actividade para a produção deste tipo de tubagem.

2. DESCRIÇÃO DA TUBAGEM

2. 1. Tubagem de Betão Armado com Alma de Aço

O tubo de betão armado com alma de aço é constituído por um cilindro de aço revestido interior e exteriormente com betão. O revestimento exterior é de betão armado, enquanto o interior é argamassa ou betão ligeiramente armado.

A principal função da alma de aço é conferir estanqueidade ao tubo, embora participe também na resistência mecânica do tubo em conjunto com o revestimento exterior de betão armado. Para lá de conferir resistência mecânica ao tubo, o betão exterior evita o contacto da alma de aço com o terreno que envolve o tubo. O betão interior evita o contacto directo da água com a alma de aço, evitando assim a sua corrosão de forma eficaz pois esta fica embebida num meio fortemente alcalino (Figura 3a).

A armadura do revestimento exterior é composta por gaiolas formadas por varões longitudinais e transversais inter-soldados e dispostas numa ou mais camadas, cuja função é colaborar na resistência mecânica do tubo, suportando sobretudo os esforços de tracção originados pela pressão da água e pelas cargas exteriores.

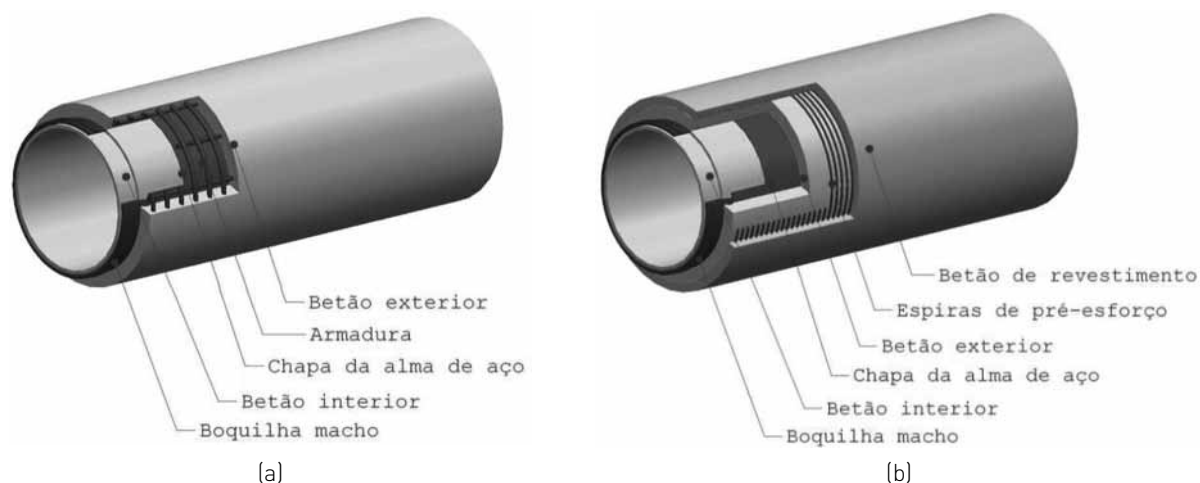


Figura 3 - Tubagem de Betão (a) Armado com Alma de Aço e (b) Pré-esforçado com Alma de Aço

2. 2. Tubagem de Betão Pré-Esforçado com Alma de Aço

O tubo de betão pré-esforçado com alma de aço é constituído por um núcleo com um enrolamento helicoidal de arame de aço de alta resistência, que é depois revestido exteriormente com betão (Figura 3b).

O núcleo consiste num cilindro de aço revestido de betão. Existem 2 tipos de revestimento dando origem a 2 tipos de tubo:

a) De alma de aço revestida: quando o núcleo é formado pelo cilindro revestido de betão somente pelo interior, sendo o arame de pré-esforço aplicado directamente sobre a chapa de aço;

b) De alma de aço embebida: quando o núcleo é formado pelo cilindro revestido de betão pelo interior e pelo exterior, sendo o arame de pré-esforço aplicado sobre a camada de betão exterior à alma de aço.

O pré-esforço, executado com arame de aço de alta resistência, é enrolado helicoidalmente à volta do núcleo sob tensão controlada e tem como principal função participar na resistência mecânica do tubo, suportando principalmente os esforços de tracção originados pela pressão da água e pelas cargas exteriores.

O betão de revestimento colocado sobre as espiras de pré-esforço não participa na resistência do tubo, sendo o seu único objectivo evitar o contacto do aço com o terreno e assegurando assim a sua protecção contra os agentes exteriores.

Os tubos de betão pré-esforçado com alma de aço usam-se sobretudo quando as pressões de serviço das tubagens são elevadas ou muito elevadas, o que obrigaria em caso de tubagens de betão armado ao uso de grandes quantidades de aço e grandes espessuras de parede, inviabilizando economicamente o seu uso.

2. 3. Sistemas de União entre Tubos (Juntas)

No que diz respeito ao tipo de união entre tubos, quer sejam armados ou pré-esforçados, distinguem-se 2 tipos principais:

a) **Junta soldada ou rígida:** a união entre 2 tubos consecutivos realiza-se através da soldadura das boquilhas (terminais macho e fêmea dos tubos) com preenchimento posterior de betão no interior e no exterior da junta. A soldadura das boquilhas é feita pelo interior ou pelo exterior do tubo, dependendo das condições da obra e do diâmetro da tubagem (Figura 4).

i. **Vantagens:** permite o aterro das condutas depois da soldadura e do preenchimento das juntas com betão, visto não existir risco de fugas;

ii. **Desvantagens:** 1) menor ritmo de montagem; 2) perigo de esforços sobre os tubos em caso de assentamentos diferenciais; 3) perigo de danos nos tubos devido a dilatação longitudinal da tubagem enquanto está a descoberto, quando o número de tubos soldados é excessivo.

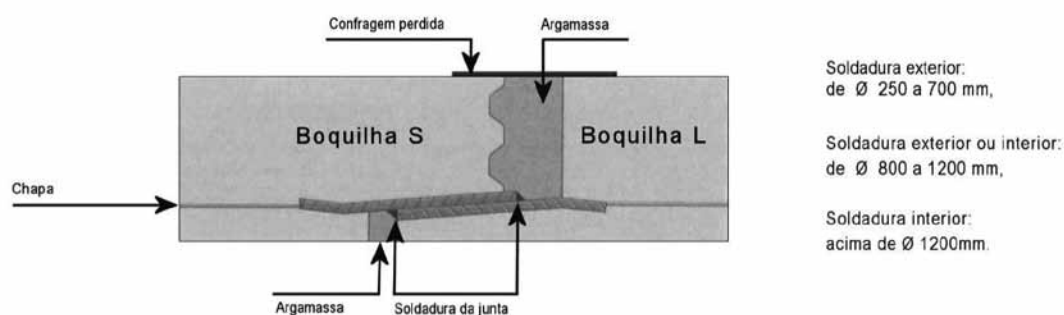


Figura 4 – Junta soldada

b) **Junta flexível:** a união entre 2 tubos consecutivos realiza-se através do uso de um cordão de borracha (elastómero) entre as boquilhas macho (que possui uma ranhura adequada para receber o elastómero) e fêmea dos tubos. O elastómero fica comprimido entre as duas boquilhas e garante a sua total estanqueidade. As boquilhas são protegidas contra a corrosão com tintas epoxi de grande longevidade (Figura 5).

i. **Vantagens:** 1) elevado ritmo de montagem; 2) evita soldaduras e betonagem das juntas, sendo por isso uma solução mais económica; 3) permite assentamentos diferenciais da conduta; 4) não existe perigo de tracções por dilatação/contracção dos troços montados; 5) a descontinuidade eléctrica promovida pela junta é uma protecção adicional contra correntes anódicas na tubagem.

ii. **Desvantagens:** 1) maiores cuidados durante a montagem dos tubos ; 2) maior probabilidade de fuga nas juntas (que pode ser minimizada ou anulada se a montagem for executada por equipa especializada), aconselhando a não aterrar completamente a conduta até execução dos ensaios (de evitar em época de chuvas).

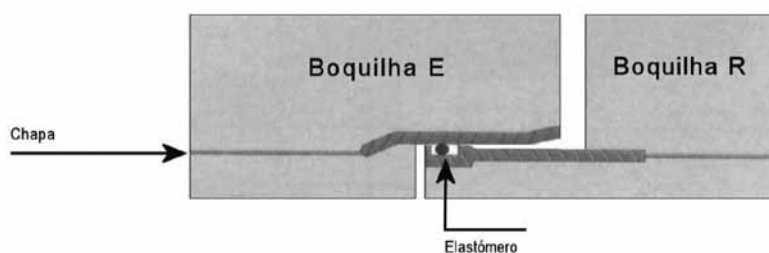


Figura 5 – Junta flexível

2. 4. Vantagens e Propriedades da Tubagem de Betão com Alma de Aço

O campo de aplicação deste tipo de tubos é muito grande, sendo especialmente recomendados para o transporte de fluidos submetidos a uma grande gama de pressões, assim como quando garantir a estanqueidade da conduta seja um factor determinante.

Costumam empregar-se tubos de betão com alma de aço nas seguintes condições:

- **Diâmetros:**..... maiores que 500 mm
- **Comprimentos:**..... entre 2,5 m e 7 m
- **Pressões:**.....de 0 a 4 MPa

3. ÂMBITO DE APLICAÇÃO (EXEMPLO DE OBRAS)

3. 1. Abastecimento de Água

A tubagem de betão com alma de aço é usada frequentemente para o transporte, a grandes distâncias, de grandes caudais de água. A possibilidade de produzir com esta tecnologia tubagens até 6.000 mm de diâmetro (para os maiores diâmetros as tubagens são produzidas no local da obra) tem contribuído para serem a opção no abastecimento de água a grandes cidades em todo o mundo.

Em Portugal, são exemplos de obras executadas com este tipo de tubagens:

- Abastecimento de água a Lisboa com origem no Castelo de Bode (Figura 6)
80.000 m – DN 1.800 mm – Betão PEAA – 1980 a 1984
30.000 m – DN 1.800 mm – Betão PEAA – 1994 a 1996
- Abastecimento de água ao Algarve (Barlavento e Sotavento)
80.000 m – DN 600 a 1.500 mm – Betão PEAA – 1996 a 1998



Figura 6 – Adutor Castelo de Bode – Lisboa DN 1.800 – 110.000 m

3. 2. Redes de Rega

O uso de tubos de betão com alma de aço para a construção de condutas destinadas a redes de rega está bastante difundido a nível mundial. Tanto as redes primárias (ligação entre barragens construídas com tubos de grande diâmetro), como as redes secundárias (construídas com tubos de diâmetro médio) podem ser vantajosamente executadas com este tipo de tubos. A facilidade de implantação de fábricas em zonas longínquas e usando matérias-primas e mão-de-obra local tem

permitido irrigar grandes áreas de terras aráveis, que de outro modo seria inviável (Ex. irrigação de 250.000 ha na Patagónia, Argentina)

São exemplos de Redes de Rega executadas com este tipo de tubos em Portugal:

- Regadio da Cova da Beira (Dono de Obra – DGADR) (Figura 7)
47.340 m – DN 600 a 1.600 mm – Betão AAA e PEAA – 1992 a 2010



Figura 7 – Regadio da Cova da Beira (imagens)

- Regadio do Alqueva (Dono de Obra – EDIA) (Figura 8)
153.950 m – DN 600 a 2.800 mm – Betão AAA e PEAA – 2000 a 2011



Figura 8 – Regadio do Alqueva (imagens)

3.3. Condutas Industriais e Mini-hídricas

Exemplos de obras executadas com este tipo de tubagem no país:

- Conduta de Água de Refrigeração da Central Eléctrica do Pego – DN 1.200 a 2.500 mm
- Conduta de Água para a Central Térmica do Parque das Nações – DN 900 – 1.000 m (Figura 9)
- Mini-Hídrica de Catapereiro – DN 1.400 mm – 7.700 m



Figura 9 – Conduta de água da Central Térmica do Parque das Nações– DN 900

3. 4. Emissários Submarinos

Exemplos de obras executadas com este tipo de tubagem:

- Emissário Submarino de Vila Nova de Gaia – DN 760 mm – 840 m
- Emissário Submarino de Leça – DN 1.600 mm – 700 m
- Emissário Submarino de Albufeira – DN 1.200 mm – 300 m (Figura 10)



Figura 10 – Construção do Emissário Submarino de Albufeira

3. 5. Tubagem para Cravação

Exemplos de obras executadas com este tipo de tubagem:

- Passagem sob Rio Douro junto à Barragem de Crestuma – DN 1.800 mm – 350 m
- Passagem sob o IP2 em São Manços – DN 2.500 – 40 m (Figura 11)
- Emissário Submarino de Vila do Conde – DN 1.200 mm – 300 m



Figura 11 – Passagem sob o IP2 em São Manços

4. O TUBO DE BETÃO COM ALMA DE AÇO

4.1. Processo de Fabrico

- O fabrico da tubagem de betão com alma de aço pode sintetizar-se nas seguintes fases:
- Produção dos cilindros de chapa de aço;
- Corte, enrolamento, soldadura e expansionamento das boquilhas macho e fêmea;
- Assemblagem do cilindro de aço e das boquilhas por soldadura, formando a alma de aço;
- Fabrico das armaduras, com soldadura dos varões longitudinais aos transversais (Figura 12);
- Betonagem do tubo em posição vertical;
- Cura, Acabamento, Pintura das boquilhas e Marcação.



Figura 12 – Fabrico de tubos armados:
etapa da produção das armaduras

No caso de tubos pré-esforçados com alma de aço as fases de fabrico são as seguintes:

- Produção dos cilindros de chapa de aço (Figura 13a);
- Corte, enrolamento, soldadura e expansionamento das boquilhas macho e fêmea;
- Assemblagem do cilindro de aço e das boquilhas por soldadura, formando a alma de aço;
- Produção dos núcleos com betonagem em posição vertical;
- Enrolamento do arame de aço de alta resistência à volta do núcleo (pré-esforço) (Figura 13b);
- Revestimento do arame de pré-esforço com betão, em posição horizontal;
- Cura, Acabamento, Pintura das boquilhas e Marcação.



(a)



(b)

Figura 13 – Fabrico de tubos pré-esforçados: (a) etapa da produção dos cilindros de chapa de aço;
(b) etapa do enrolamento do aro de aço à volta do núcleo

4. 2. Controlo de Qualidade e Normativa Aplicável

Cada tubo produzido em qualquer fábrica que se dedica à produção deste tipo de tubagem é sujeito a um rigoroso controlo de qualidade.

Por imposição das normas europeias, as empresas que possuem fábricas para esta produção terão de ser certificadas pela Norma ISO 9001:2008, face à necessidade de garantir a máxima qualidade em produtos que podem servir para abastecimento de água às populações, onde se incluem muitos milhões de pessoas.

Assim, são sujeitos a um rigoroso controlo de qualidade quer as matérias-primas usadas, quer os processos de fabrico. Para garantia de adequado funcionamento em obra é também rigoroso o controlo dimensional de cada tubo em várias das suas vertentes (Figura 14).



Figura 14 – Controlo dimensional das boquilhas

Para lá das normas genéricas aplicáveis às matérias-primas, as normas específicas para a produção deste tipo de tubos são as seguintes:

- NP EN 639 – Requisitos comuns para tubos de betão para condutas de pressão, incluindo juntas, acessórios e peças especiais;
- NP EN 641 – Tubos de betão armado com alma de aço para condutas sob pressão, incluindo juntas e peças especiais;
- NP EN 642 – Tubos de betão pré-esforçado, com ou sem alma de aço, para condutas sob pressão, incluindo juntas e peças especiais, e requisitos especiais para o arame de pré-esforço dos tubos

4. 3. Transporte, Descarga em obra e Montagem

Finalizado o processo de produção, podemos sintetizar assim a sequência das fases seguintes:

- Armazenagem dos tubos em fábrica;
- Transporte até à obra correspondente;
- Descarga e armazenagem em obra;
- Montagem da tubagem em vala (escavada com as dimensões adequadas);

Na maior parte dos casos, a tubagem de betão com alma de aço é aterrada depois de instalada. É importante referir, em primeiro lugar, que todas as condições de instalação que ocorrem em obra foram tidas em conta no cálculo para o dimensionamento (hidráulico e mecânico) dos tubos, pelo que a sua resistência em obra está totalmente garantida.

De forma a garantir uma correcta instalação da tubagem, a montagem deve ser realizada por pessoal especializado, que posteriormente deve vigiar o aterro e a sua compactação.

Para a movimentação dos tubos, devem ser usados meios adequados ao seu diâmetro, peso e comprimento, evitando choques que danifiquem o tubo (Figura 15).



Figura 15 – Movimentação de tubos – colocação em vala

Em caso de junta soldada, deve proceder-se à limpeza das boquilhas antes do encaixe. Após a montagem, procede-se à soldadura interior ou exterior (depende do diâmetro) das duas boquilhas, verificando-se a qualidade da mesma através de ensaio de líquidos penetrantes. Quer a junta interior quer a exterior são depois preenchidas com argamassa.

No caso mais frequente de montagem de tubos com junta flexível, é crucial proceder à sua montagem respeitando os seguintes aspectos/passos:

- Utilizar equipamento que não danifique as boquilhas;
- Limpar eficazmente as boquilhas macho e fêmea (muita atenção a areias);
- Pincelar a boquilha Macho no interior da ranhura e a Fêmea em toda a superfície com vaselina ou sabão neutros;
- Colocar o elastómero na ranhura da boquilha Macho e proceder, com máximo cuidado, à distribuição por igual do seu volume em todo o perímetro da boquilha (Figura 16);
- Proceder ao encaixe dos tubos consecutivos com estes completamente alinhados;
- Proceder ao correcto posicionamento do tubo, deflectindo-o, se necessário;
- Calçar o tubo lateralmente antes de retirar os equipamentos de movimentação;
- Verificar se o elastómero está no seu lugar e devidamente comprimido.
 - Aterro parcial ou total da tubagem;
 - Prova de estanqueidade da conduta (Figura 17);
 - Aterro final da conduta (Figura 18);
 - Compactação final;
 - Colocação em serviço da conduta



(1)



(2)



(3)

Figura 16 – Colocação do elastómero – etapas de preparação para encaixe (1), (2) e (3)



Figura 17 – Prova de estanquidade da conduta



Figura 18 – Aterro final da conduta

5. CONDIÇÕES DE USO

5. 1. Aspectos considerados no Cálculo

Para o dimensionamento hidráulico e mecânico do tubo, são tidas em consideração as acções seguintes a que o tubo pode ser submetido:

- Peso próprio do tubo;
- Carga do fluido transportado;
- Cargas verticais do aterro;
- Cargas eventuais concentradas;
- Impulso lateral das terras;
- Pressão Máxima de Funcionamento

5. 2. Aspectos não considerados no Cálculo

Descrevem-se aqui algumas das causas mais frequentes de mau uso das tubagens de betão com alma de aço e que podem gerar danos nas condutas, pelo que devem ser totalmente eliminadas:

- Maior altura de aterro do que o considerado no cálculo;
- Compactação excessiva das terras sobre os tubos;
- Material do aterro lateral desadequado ou mal compactado;
- Vala com dimensões diferentes do projectado;
- Deficiente preparação do leito de assentamento;
- Apoio do tubo diferente do projectado (p.e. brita em vez de betão);
- Defeitos de soldadura nas juntas soldadas;
- Deficiente colocação da argamassa na junta interior e/ou exterior;
- Falta de lubrificação nas juntas flexíveis;
- Elastómero cortado, trilhado ou fora do encaixe (Figura 19);
- Ângulo de deflexão maior que o admissível;
- Encaixe com os tubos desalinhados;

- Pressão de ensaio maior que a considerada no cálculo;
- Falta ou mau funcionamento dos equipamentos de protecção (p.e. ventosas..)
- Golpe de aríete negativo (quando negligenciado no projecto);
- Flutuabilidade em caso de inundação acidental da vala (Figura 20);
- Insuficiente ou inadequada ancoragem de peças especiais, válvulas...;



Figura 19 – Elastómero trilhado



Figura 20 – Flutuabilidade em caso de inundação

5. 3. Reparações

Indicamos aqui a forma de executar reparações em 2 casos específicos que podem ocorrer neste tipo de tubagem após a montagem e antes ou após a entrada em serviço.

5.3.1. Fuga de água pela junta (caso de junta flexível)

Após detecção da junta que apresenta uma fuga de água, a reparação consiste, como indicado na figura anexa, nos passos seguintes:

- Demolição do betão pelo interior ou pelo exterior para permitir a execução da soldadura;
- Se a soldadura é feita pelo interior do tubo, utilização de um vergalhão quadrado de 1 cm de lado para ligar as duas boquilhas; se a soldadura é feita pelo exterior deve usar-se uma anilha dividida em duas meias luas para ligar as boquilhas macho e fêmea (Figura 21);
- Betonagem da junta pelo interior e pelo exterior, utilizando neste caso uma cinta como cofragem perdida e uma abertura para entrada de argamassa na parte superior. A argamassa deve ser vibrada para uma mais completa penetração na junta.

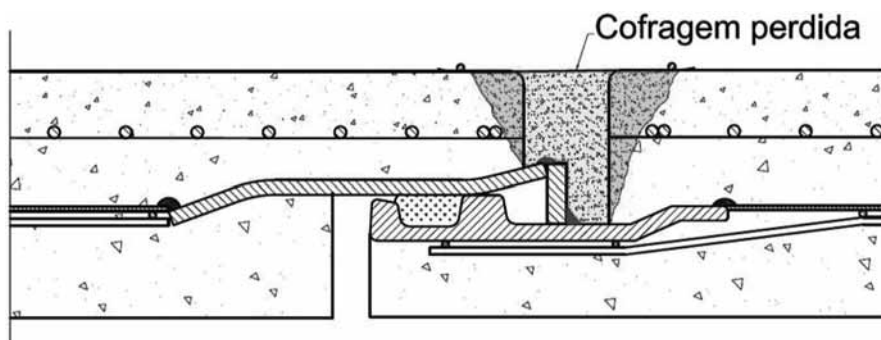


Figura 21 – Reparação de fuga em junta flexível

5.3.2. Fissuração no interior ou exterior da tubagem

Quando se detectam fissuras nos tubos deve, em primeiro lugar, averiguar-se a causa que as provocou.

Se as fissuras estão activas, isto é, se continuam crescendo com o tempo, deve actuar-se sobre a causa que as provoca até que deixem de aumentar, estabilizando o terreno, reduzindo as cargas ou instalando reforços em sítios adequados.

Uma vez estabilizadas as fissuras deve proceder-se à sua reparação segundo os seguintes critérios:

- Se a fissura tem uma espessura menor que 0,3 mm, o aconselhável é não intervir, pois a fissura vai autoselar-se por expansão do betão e colmatação, pouco tempo após ser posta em contacto com água (Figura 22);
- Se a fissura tem entre 0,3 e 1 mm, deve limpar-se com pincel e tratar-se com um produto isolante;
- Quando a fissura tem mais de 1 mm, deve selar-se com um mastique elástico que permita deslocamento, podendo ser necessário abrir a fissura com uma rectificadora para melhor colocação do produto selante.



Figura 22 – Colmatação de fissura

BIBLIOGRAFIA

BOSH, J.R., MONTOTO, A.R., (2005). AFTHAP - Tubería de hormigón para presión. Madrid (Espanha) Edições AFTHAP

MARMUSE, R., (1990). Les trente premières années de la Société des Tuyaux Bonna. Paris (França), Edições Bonna

NP EN 639:2000 – Requisitos comuns para tubos de betão para condutas de pressão, incluindo juntas, acessórios e peças especiais. Almada (Portugal), Edição IPQ

NP EN 641:2009 – Tubos de betão armado com alma de aço para condutas sob pressão, incluindo juntas e peças especiais. Almada (Portugal), Edição IPQ

NP EN 642:2001 – Tubos de betão pré-esforçado, com ou sem alma de aço, para condutas sob pressão, incluindo juntas e peças especiais, e requisitos especiais para o arame de pré-esforço dos tubos. Almada (Portugal), Edição IPQ

NP EN ISO 9001:2008 (Ed. 3) - Sistemas de gestão da qualidade. Requisitos (ISO 9001:2008). Almada (Portugal), Edição IPQ

ASPECTOS TÉCNICOS E CONSTRUTIVOS ASSOCIADOS À EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIOS REVESTIDOS COM GEOMEMBRANA

ISABEL GRAZINA¹

DORA AMADOR²

RESUMO

No artigo são apresentados os principais aspectos a ter em conta na construção de reservatórios revestidos com geomembrana em polietileno. Nos aspectos, que se apresentam, são explicitadas os diversos pormenores de execução a ter em conta na execução deste tipo de infra-estrutura, e que vão desde o sistema de drenagem sob a geomembrana, colocação, ligação e encastramento da geomembrana, soldaduras, pormenores de fixação ao betão e implementação de acessibilidades para limpeza e manutenção.

Palavras-chave: Reservatório, Geomembrana, Construção.

¹ Eng.ª Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 00351284315100, igrarina@edia.pt

² Eng.ª Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 00351284315100, damador@edia.pt

1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios com geomembrana são infra-estruturas relativamente rotineiras na engenharia hidroagrícola, cumprindo funções de armazenamento e regularização imprescindíveis à eficiência no regadio.

No EFMA, a ponderação das questões de optimização hidráulica e de eficiência do regadio levaram à inclusão de um número importante de reservatórios deste tipo nos diversos circuitos hidráulicos, quer nos circuitos primários, quer nos circuitos secundários, frequentemente associados a estações elevatórias, cumprindo funções de armazenamento/ regularização/ derivação.

As dimensões base e os volumes destas infra-estruturas são muito variáveis, podendo ultrapassar os 10 m de altura e os 300 000 m³ de volume – e encontram-se implantados normalmente em pontos altos, dominando as áreas envolventes a beneficiar e, por isso, sendo muito susceptíveis a “conflitos” com o património arqueológico e cultural e implicando um planeamento construtivo muito cuidado.

Estas infra-estruturas têm associado um conjunto de órgãos anexos de segurança e de exploração (nomeadamente de descarga de fundo, descarregador de cheias e tomada de água e, ainda, por vezes, sistemas de filtragem com recurso a tamizadores) com soluções relativamente específicas e que implicam uma interacção particular com a geomembrana (e com o próprio reservatório).

Os reservatórios têm como função principal responder instantaneamente aos caudais pedidos pela rede de rega gravítica e pelas estações elevatórias. Para além disso permite uma regularização dos caudais, possibilitando a redução ao mínimo dos caudais solicitados ao canal, uma vez que esta solicitação será efectuada em regime contínuo, 24 horas por dia.

Os custos associados a estas obras são já relativamente importantes, podendo frequentemente ultrapassar um milhão de euros e havendo que assegurar a sua fiabilidade enquanto elemento incontornável do circuito de adução ou de distribuição, em equação.

Nos pontos seguintes sistematizam-se as principais fases de construção deste tipo de reservatórios e indicam-se algumas especificações e preocupações incontornáveis na execução destes trabalhos.

2. ASPECTOS CONSTRUTIVOS

2. 1. Preparação, saneamento, escavação e regularização da fundação.

A preparação e regularização da fundação de um reservatório é um item fundamental do seu programa de trabalhos e pode ser também decisivo para a sua qualidade e para o seu maior ou menor custo. Efectivamente, é imprescindível criar condições relativamente uniformes de fundação o que, face à irregularidade e aleatoriedade das condições geotécnicas locais, levanta por vezes dificuldades significativas – designadamente associados à ocorrência de afloramentos rochosos e/ ou “zonas amolecidas” e depressões, que têm que ser devidamente corrigidas de modo a minimizar as quantidades de trabalho associadas à camada de base e à utilização de materiais mais qualificados/ onerosos nas operações subseqüentes.

A preparação e regularização da fundação de um reservatório, começa pois com a operação de decapagem de terra vegetal, na zona do reservatório e dentro dos limites das zonas de implantação das obras anexas à conduta, consiste na limpeza e remoção da terra arável, vegetais, raízes, terra vegetal e outros elementos prejudiciais – Figura 1.

Os produtos da escavação serão utilizados na execução das obras definitivas, nomeadamente no dique perimetral do reservatório, desde que satisfaçam as respectivas especificações. Para tal, durante a escavação, proceder-se-á à selecção dos materiais escavados com características adequadas e com os quais se executarão depósitos provisórios e, por outro, materiais plásticos que deverão ser levados a depósito provisório ou definitivo.

Os produtos da escavação que forem inaproveitáveis ou em excesso para a execução das obras definitivas, deverão ser colocados em locais de depósito aprovados.

Antes de se iniciar a execução dum aterro remove-se toda a vegetação, incluindo árvores e arbustos, caso existam, e a terra vegetal do terreno de base. A terra vegetal será conduzida a depósito, para futura utilização nos taludes exteriores do dique do reservatório.

Após a decapagem proceder-se-á ao saneamento superficial e escavação, com remoção para depósito dos materiais escavados, até à profundidade definida no projecto.

A superfície de fundação será humedecida, se necessário, escarificada e compactada antes da colocação da primeira camada de aterro.

A camada superficial de fundação deverá ser compactada de forma a obter-se uma compactação relativa mínima de 95% do ensaio de compactação leve.



Figura 1 – Preparação e regularização da fundação

2. 2. Elementos de drenagem e de colecta.

A drenagem interna de um reservatório é um elemento imprescindível para assegurar que não se instalam pressões intersticiais importantes, associadas a eventuais fugas e perdas e também a circulações hidrogeológicas, que interessem a zona de trabalho.

Assim, na base dos reservatórios, conforme se pode observar na Figura 2, encontra-se habitualmente um sistema de drenagem interna constituído por drenos anelados em PVC rígido corrugado e perfurado envolvidos em brita.

O sistema de drenagem permite escoar caudais percolados através da fundação. Por outro lado, o sistema de drenagem interna permitirá também o escoamento dos caudais resultantes de eventuais roturas na geomembrana.

Os drenos encontram-se ligados a caixas em betão que fazem a transição para o colector de saída, em aço, no qual será instalado um interruptor de caudal que permite efectuar a detecção de caudais acima de um determinado valor. Este detector será instalado numa caixa junto ao reservatório. Este sistema permite detectar fugas de água através de roturas na geomembrana.

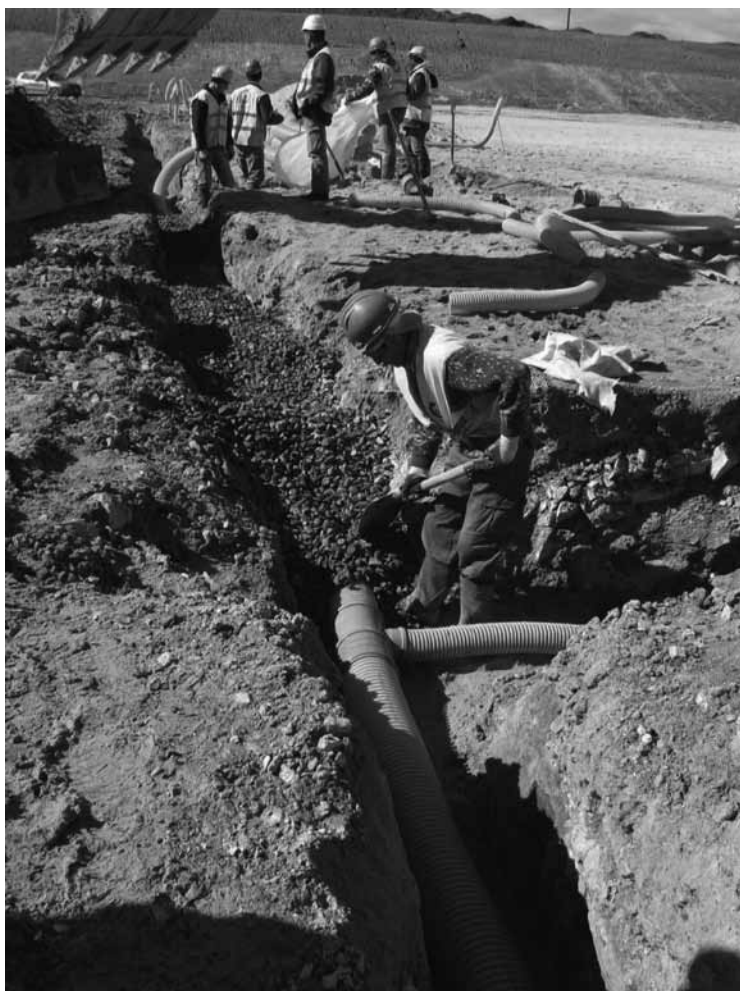


Figura 2 – Instalação do sistema de drenagem interno

2. 3. Aterros de preenchimento e em talude e aterros experimentais

Os aterros de preenchimento da fundação e de execução dos taludes do reservatório são operações com alguma especificidade dado poderem interessar diversos materiais que terão de ser colocados em distintas situações de acessibilidade, constrangimento e declive.

De facto, na execução dos aterros do dique perimetral e demais aterros, deverão ser utilizados essencialmente os materiais provenientes das escavações do reservatório. Poderão ainda igualmente ser utilizados materiais provenientes das escavações necessárias para as estruturas hidráulicas anexas ao reservatório, ou de outros lugares em que os materiais se apresentem com características análogas, ou que apresentem características que se reconheçam como adequadas. Estes materiais terão, necessariamente, granulometrias, plasticidade e teor em água natural diversos implicando condições de colocação e compactação distintas.

Todos os materiais a empregar nos aterros deverão ser isentos de raízes e de terra vegetal.

Os materiais a utilizar na construção dos aterros poderão apresentar, como limites granulométricos, os seguintes valores, dados a título indicativo:

$$D_{12} \leq 0,06 \text{ mm}$$

$$D_{50} \leq 6 \text{ mm}$$

$$0,4 \text{ mm} \leq D_{85} \leq 45 \text{ mm}$$

$$4 \text{ mm} \leq D_{100} \leq 100 \text{ mm}$$

Os solos a utilizar nos aterros poderão ter ainda as seguintes características:

$$LL < 50\%$$

$$IP < 25\%$$



Figura 3 – Execução de aterro experimental

No contexto supracitado, de utilização de materiais com uma grande diversidade, é fundamental que se criem rotinas de escavação, humificação, transporte, colocação e compactação expeditas e aferidas aos reais equipamentos de terraplanagem disponíveis em obra – adquirindo a execução de aterros experimentais, conforme Figura 3, uma importância significativa, no sentido de se assegurar a realização de aterro com a necessária qualidade e em tempo útil e minimizando-se problemas de obra associados, designadamente à rejeição de camadas ou à existência de zonas de comportamento diferencial gravoso para a obra.

2. 4. Camada de base e geotextil

A camada de base, habitualmente constituída por areia com 0.20m de espessura, conforme se pode observar na Figura 4, faz a transição entre os aterros gerais de preenchimento e talude do reservatório e a geomembrana - que utilizam materiais menos seleccionados - e deve ser consti-

tuída por material granular seleccionado e colocada de modo suficientemente regrado que permita a sua habilitação como interface / fundação da geomembrana, sendo frequentemente complementada por um geotêxtil que assegura essa interface.

O geotêxtil deverá ser colocado de modo a garantir um contacto contínuo com os taludes interiores e o fundo do reservatório. A superfície de fundação (nos taludes e na base do reservatório) deverá ser previamente preparada procedendo-se à regularização e compactação da camada superficial, de forma a evitar depressões.

Nas zonas onde eventualmente ocorra rocha, deverá ser colocada uma camada de solo de transição, antes da aplicação do geotêxtil, cuja espessura não poderá ser inferior a 0,10 m.

O geotêxtil deverá apresentar-se em bom estado de conservação, limpo, seco, e sem rasgos. Será aplicado em rolos, abertos e estendidos com uma sobreposição mínima de 1,0 m. Os rolos serão abertos livremente sem esticar demasiado, mas de forma a evitar rugas ou dobras.



Figura 4 – Colocação da camada de base (é possível ver o sistema de drenagem interna)

2. 5. Colocação, ligação e encastramento da geomembrana.

A geomembrana é o elemento mais nobre deste tipo de reservatórios e habitualmente aquele a que corresponde o maior custo, tendo de ser devidamente especificado e colocado, e desempenhando a função fundamental de impermeabilização da infra-estrutura que garante a sua funcionalidade e que é incontornável para assegurar a sua fiabilidade – devendo ser particularmente controlada a sua escolha e colocação, de modo a prevenir incorrecções de difícil e oneroso tratamento. Indica-se subseqüentemente alguns aspectos a ter em consideração.

A utilização de geomembranas na impermeabilização de reservatórios apresenta, em relação às outras soluções, a vantagem de ser de fácil e rápida execução, sendo a ligação às estruturas de betão também relativamente simples. As reparações são igualmente de fácil execução, verificando-se também um melhor comportamento face a assentamentos diferenciais dos aterros.

A cor da geomembrana deve ser branca ou cinzenta. Com efeito, esta cor apresenta algumas vantagens importantes, de que se salientam a mais baixa temperatura atingida pela geomembrana devida à exposição solar e a mais fácil detecção de eventuais danos provocados na geomem-

brana, nomeadamente durante a instalação, devido a um maior contraste da cor com o terreno de fundação.

O geotêxtil pode ser acoplado à geomembrana por termosoldadura, o que melhorará ainda as propriedades resistentes da geomembrana, nomeadamente aumentando a resistência à tracção e à rotura, e diminuindo substancialmente o respectivo alongamento.

A geomembrana e o geotêxtil deverão ser aplicados sobre superfícies homogéneas, com as mesmas características, isentas de pedras e com um acabamento superficial constituído por materiais arenosos, como se indica no perfil tipo do reservatório.

A qualidade de um sistema de impermeabilização constituído por uma geomembrana depende em grande medida da qualidade e da fiabilidade das soldaduras e do processo de soldadura utilizado na ligação entre os diferentes painéis de geomembrana.

De modo a garantir um elevado grau de segurança considera-se necessário definir um apertado controlo sobre as soldaduras efectuadas. Assim, antes de se iniciar cada sessão de soldaduras, deverão ser efectuados ensaios destrutivos de soldaduras por cada uma das máquinas a utilizar, devendo todas as soldaduras definitivas ser inspeccionadas por um especialista e ensaiadas segundo o seu tipo, por um dos seguintes métodos:

- Soldadura dupla a calor: teste de pressão;
- Soldadura por extrusão dinâmica: teste de vácuo.

A fixação prevista da geomembrana no coroamento do aterro é efectuada recorrendo à amarração por enterramento em vala do troço final da geomembrana num comprimento da ordem 0,60 m, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 – Pormenor construtivo da fixação da geomembrana

2. 6. Obras anexas de segurança e de exploração e sua interface com a geomembrana

As obras anexas aos reservatórios, são geralmente as seguintes:

- Estrutura de alimentação (estrutura de entrada);
- Tomada de água (estrutura de saída);

- Descarregador de segurança;
- Descarga de fundo.

Estes órgãos, que são fundamentais para o funcionamento adequado do reservatório, são em geral estruturas em betão armado, de grande dimensão e geometria particular, dificultando a execução dos aterros de contacto e introduzindo interfaces com a geomembrana com alguma especificidade - dado o comportamento reológico contrastante dos materiais em presença (aterro/ betão).

Tal como nas soldaduras, o processo de ligação da geomembrana às estruturas de betão depende, para além de outros factores, do tipo de geomembrana a utilizar e da tecnologia utilizada pelo Empreiteiro. Este processo prevê a utilização de um perfil, conforme Figura 6, em polietileno de alta densidade que é encastrado no betão, em conjunto com um cordão de borracha hidrófila, sendo a união entre a geomembrana e o perfil, conseguida através de uma soldadura de extrusão, conforme pode ser observado na Figura 7.



Figura 6 – Perfil em PEAD



Figura 7 – Pormenor da ligação da tela a um perfil de PEAD/estrutura de betão

2. 7. Acessibilidades e manutenção.

As acessibilidades nestas obras são fundamentais para a sua boa exploração e manutenção, mas introduzem materiais de comportamento específico e obrigam, habitualmente, a alterações localizadas da geometria dos taludes – aspectos que tem de ser devidamente atendidos.

Na maior parte dos casos, os reservatórios têm uma forma rectangular. Dispõem de uma rampa de acesso ao seu interior com uma largura de 3,0 m protegida por uma laje de betão com piso anti-derrapante (ranhurado), conforme Figura 8. O acesso ao coroamento do reservatório faz-se através de um caminho que será construído a partir de caminhos já existentes.

O revestimento do coroamento, apresenta geralmente, a seguinte constituição:

- camada base em agregado de granulometria extensa (Tout-venant) com 0,25 m de espessura;
- rega de colagem com emulsão betuminosa;
- betão betuminoso aplicado a quente com 0,06 m de espessura.

Os taludes interiores serão revestidos com geomembrana do tipo PEAD, colocado sobre geotêxtil de 400g/m², quer na zona de aterro, quer na zona de escavação – Figura 8. A superfície dos taludes exteriores deverá ser regularizada com uma camada de terra vegetal com 20 cm de espessura, na qual se efectuará a sementeira de gramíneas.

Na berma exterior do caminho do coroamento, e para assegurar a drenagem longitudinal das águas pluviais caídas sobre o caminho deverá ser implantado caleiras em betão com secção semi-circular, e sumidouros que permitam o escoamento das águas para a base dos taludes em aterro. Deste modo evitar-se-á a erosão dos taludes em aterro.



Figura 8 – Instalação da geomembrana e rampa de acesso ao reservatório

2. 8. Primeiro enchimento, plano de observação e exploração

O plano de observação deve integrar um conjunto de equipamentos e tarefas que permitam aferir e validar o comportamento destas obras – nas quais a acção fundamental é a da água e só se instala aquando do primeiro enchimento - sendo pois impreterível assumir esta fase como integrante da empreitada e assegurar que toda a informação associada à resposta da obra é devidamente tratada e rentabilizada para a sua adequada exploração.

O primeiro enchimento deverá ser suficientemente lento para permitir a observação visual, por pessoal especializado, do comportamento das soldaduras e das ligações da geomembrana, para que se consigam identificar eventuais deficiências de comportamento. Esta observação deverá ser permanente durante o enchimento.

Após o enchimento deverá manter-se o nível máximo à cota do NPA durante pelo menos quinze dias, devendo observar-se diariamente o nível de água no reservatório e os caudais descarregadores pelo sistema de drenagem.

A seguir ao esvaziamento total, a efectuar após este período com o reservatório cheio, deverá proceder-se à inspecção visual de todas as soldaduras e ligações da geomembrana.



Figura 9 – Reservatório do Brinches Sul e sítio arqueológico do Outeiro Alto 2

Exemplo das preocupações da EDIA com a salvaguarda dos valores ambientais e patrimoniais é o sítio arqueológico de Outeiro Alto 2, identificado durante a execução do Reservatório de Brinches Sul – Figura 9. Trata-se de um sítio constituído por distintos núcleos de estruturas em negativo, de diferentes tipologias e funcionalidades, que comprovam a ocupação intermitente deste espaço entre o Neolítico Final e a Idade do Bronze. Esta ocupação situar-se-á entre a 2ª metade do 4º milénio a.c. e meados do 2º milénio a. C.

São de destacar, a título de exemplo, as diversas estruturas funerárias identificadas (hipogeus do Neolítico Final, necrópole da Idade do Bronze), as fossas enquadráveis no Neolítico Final e Calcolítico ou o fosso de planta serpentiforme escavado no geológico.

Durante a execução da obra, foi possível efectuar alguns ajustes ao projecto que permitiram garantir a preservação de um dos núcleos do sítio em causa, mais especificamente aquele onde se localiza o recinto constituído por um fosso serpentiforme e estruturas negativas do Neolítico Final e Calcolítico. Este núcleo conservado, que constitui actualmente uma ilha no interior do reservatório, é claramente demonstrativo das preocupações ambientais e patrimoniais da EDIA.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um conjunto de aspectos técnicos e construtivos que são fundamentais na garantia da fiabilidade e da funcionalidade dos reservatórios habitualmente utilizados em grandes aproveitamentos hidroagrícolas.

Acresce que a sua função regularizadora e a sua colocação estratégica, habitualmente no núcleo da área a servir, levam a que situações de impedimento/ colocação fora de serviço destas infra-estruturas sejam particularmente gravosas e sobre tudo se tal se registar em época de ponta do consumo (Junho a Agosto).

Na presente comunicação referenciaram-se pois alguns destes aspectos, indicando parte das especificações e requisitos técnicos e construtivos que se consideram indispensáveis para a sua boa concretização e que poderiam/ deveriam estar associados a um conjunto de códigos de procedimentos de “boas práticas” de modo a prevenir incidentes e a minimizar encargos de exploração/ manutenção.

Estas questões prendem-se designadamente com a preparação da fundação, com os elementos de drenagem e de colecta das possíveis fugas, com os aterros de preenchimento e a efectuar em talude e respectivos aterros experimentais, com a camada de base e o geotextil previsto, com a colocação e encastramento da geomembrana e, finalmente, com os órgãos anexos de segurança.

Aspectos também a ter em conta são os das acessibilidades e da manutenção destas infra-estruturas, que igualmente merecem, nesta comunicação, atenção específica.

Por ultimo, é feita uma referencia às actividades correspondentes ao primeiro enchimento, ao plano de observação – e à necessidade do seu acompanhamento próximo - no sentido de se obter informação relativamente ao comportamento da obra em serviço.

BIBLIOGRAFIA

- Campo d' Água (2008). *Projecto de Execução do Bloco de Rega de Alfundão*
Hidroprojecto (2007). *Projecto de Execução do Bloco de Rega de Brinches*

TEMA 7

EXPLORAÇÃO

GESTÃO DOS APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS DE ALQUEVA

José G. F. B. NUNCIO¹

Carina M. B. ARRANJA²

Resumo

As infra-estruturas da componente hidroagrícola do empreendimento de fins múltiplos de Alqueva deverão estar concluídas em 2013. A definição do seu modelo de gestão e o assumir das competências dos diferentes níveis organizacionais são fundamentais para o País beneficiar do elevado potencial de desenvolvimento agrícola que esta obra pública constitui.

A FENAREG tem alertado os diferentes intervenientes – Agricultores, Associações e Administração – para a importância deste assunto e edificou proposta do modelo de gestão da rede secundária de rega do EFMA e da associação dos seus Beneficiários com base nos critérios hidráulicos, geográficos, sociais e de optimização de modelo de gestão, das contribuições dos agricultores abrangidos e suas organizações e do conhecimento da região. É esta abordagem que desenvolvemos neste documento, bem como o conjunto de medidas adicionais necessárias ao bom desempenho da fase de exploração desta nova obra de regadio colectivo estatal.

Palavras-chave: Alqueva, regadio, modelo de gestão, beneficiários, associações.

¹ Eng.º Agrónomo, FENAREG, Rua 5 de Outubro n.º 14, 2100-127 Coruche, +351.243610355, geral@fenareg.pt

² Eng.ª Recursos Hídricos, FENAREG, Rua 5 de Outubro n.º 14, 2100-127 Coruche, +351.243610355, geral@fenareg.pt

1. INTRODUÇÃO

Com a conclusão do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva - EFMA em 2013, o regadio de Alqueva é uma realidade cada vez mais próxima. Os 110 mil hectares de nova área de regadio constituem um elevado potencial de desenvolvimento agrícola não só para o Alentejo, em termos regionais, mas também a nível nacional, uma vez que irá duplicar a área equipada de regadio público em Portugal.

Com o aproximar do final da execução das obras e com o início da fase de exploração, tem sido de grande relevância a definição do modelo de gestão dos futuros aproveitamentos hidroagrícolas do EFMA. Todos os intervenientes, dentro das atribuições previstas na legislação, devem assumir as suas responsabilidades:

- O Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território - MAMAOT, através da Direcção-Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR, na qualidade de Autoridade Nacional do Regadio, e da Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo - DRAP Alentejo;
- A Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A. - EDIA;
- Os Agricultores e as suas Associações.

A Federação Nacional de Regantes de Portugal - FENAREG, em Novembro de 2009, organizou as Jornadas Técnicas a alertar para a necessidade dos principais interlocutores - Agricultores, Associações e Administração - para a importância deste assunto e para a tomada de posição. Nessa altura apresentou proposta para a gestão da rede secundária e a constituição de Associações de Beneficiários no EFMA, com base em critérios hidráulicos, geográficos, sociais e de optimização do modelo de gestão.

No sentido de manter vivo o debate sobre este assunto e informar os agricultores sobre o enquadramento legal do modelo de gestão em vigor no nosso País, a FENAREG vem apresentar neste fórum uma proposta para a gestão dos Aproveitamentos Hidroagrícolas de Alqueva, resultado da análise realizada em função do projecto do EFMA, das contribuições dos agricultores abrangidos e suas organizações e do conhecimento da região. Propomos que, para além do aumento da área de actividade das actuais duas Associações que já existem (Odivelas e Roxo), a criação de quatro Associações adicionais, as quais já estão criadas em ou fase de constituição. Assim, em função dos subsistemas do EFMA, resultam seis Associações de Beneficiários:

- Subsistema Alqueva/Bacia do Sado - Associação de Beneficiários de Odivelas e Associação de Beneficiários do Roxo;
- Subsistema Alqueva/Bacia do Guadiana - Associação de Beneficiários do Monte Novo;
- Subsistema do Ardila (Margem Esquerda do Guadiana) - Associação de Beneficiários do Ardila e Enxoé;
- Subsistema Pedrógão - Associação de Beneficiários da "Região de Beja" (a criar);
- Bloco da Aldeia da Luz - Associação de Beneficiários da Freguesia da Luz.

Admitimos que esta proposta não é estanque, mas sim susceptível de análise e revisão se houver motivos técnicos ou outros que os sustentem.

O envolvimento das actuais Associações de Beneficiários e das novas Associações peca por tardio, pelo que desde já deverão ser envolvidas, tendo em vista uma aprendizagem e um melhor conhecimento que facilite a transição e as relações EDIA/Associações. É fundamental começar a definir limites entre a rede primária e secundária, bem como quantificar e avaliar custos reais, por forma a que venham a ser devidamente protocoladas as responsabilidades.

Concluímos que, para o bom funcionamento do EFMA, é necessário realizar um conjunto de outras acções complementares, nomeadamente:

- Activar o Conselho Consultivo do EFMA, constituído pelos representantes de todos os utilizadores;
- Implementar um serviço de extensão agrária, na área das culturas e dos sistemas de rega, através da prestação de serviços de apoio técnico ao regadio, apostando claramente na viabilidade do Centro Operativo e Tecnológico do Regadio (COTR);
- Garantir uma medida excepcional de apoio à instalação de sistemas de rega, incluindo substituição de equipamentos, a vigorar pelo menos até 5 anos após a conclusão dos respectivos blocos de rega;
- Garantir apoios aos Agrupamentos de Produtores da região, na área da promoção, da comercialização, conservação, secagem e armazenagem;
- Promover, no âmbito da Lei da Água, duas Associações de Utilizadores do EFMA (bacias do Guadiana e do Sado) que reúna não só as Associações de Beneficiários abrangidas, mas também os representantes dos outros utilizadores do recurso água.

2. ENQUADRAMENTO LEGAL

O regime jurídico para gestão, exploração, manutenção e conservação das infra-estruturas do EFMA e os estatutos da EDIA encontram-se fixados no Decreto-Lei (DL) n.º 42/2007 de 22 de Fevereiro. Este esclarece a quem são atribuídas as competências de construção das infra-estruturas do EFMA e quem gere o sistema primário e a rede secundária deste empreendimento.

O art. 3.º do diploma determina que a EDIA tem por objecto social a concepção, execução e construção das infra-estruturas que integram o sistema primário e secundário do empreendimento. A responsabilidade pela gestão, exploração e conservação das estruturas do sistema primário é concedido à EDIA de acordo com o n.º 1 do art. 2.º do decreto.

Quanto à rede secundária, de acordo com o n.º 3 do mesmo artigo, a sua gestão, exploração e conservação processa-se nos termos do regime jurídico das obras de aproveitamento hidroagrícola, publicado no Decreto-Lei n.º 269/82 de 10 de Julho com as alterações publicadas no Decreto-Lei n.º 86/2002 de 6 de Abril. Este estabelece no seu art. 102.º que a concessão da rede secundária é atribuída a pessoas colectivas públicas ou privadas, de preferência a entidades do tipo associativo que representem a maioria dos proprietários e dos regantes e beneficiados, ou seja, a Associações de Regantes e Beneficiários. Estabelece também, no seu art. 42.º, que a sua constituição é promovida pela Direcção Regional de Agricultura, neste caso a DRAP Alentejo em conjunto com a DGADR. O regulamento destas Associações encontra-se publicado no Decreto-Lei n.º 84/82 de 4 de Novembro.

Para cobrir os custos de gestão, exploração e conservação das infra-estruturas dos aproveitamentos hidroagrícolas são previstas taxas de exploração e de conservação, cujos valores são propostos pela Direcção da Associação de forma a assegurar as despesas correntes, conforme o art. 52.º do DL n.º 84/82, e depois de aprovados em Assembleia-geral são submetidos à DGADR, com conhecimento da DRA. No âmbito do serviço público de águas do EFMA, a 26 de Maio de 2010 foi publicado o Despacho n.º 9000/2010 que fixou o preço da água, a cobrar pela EDIA, destinada a rega para uso agrícola.

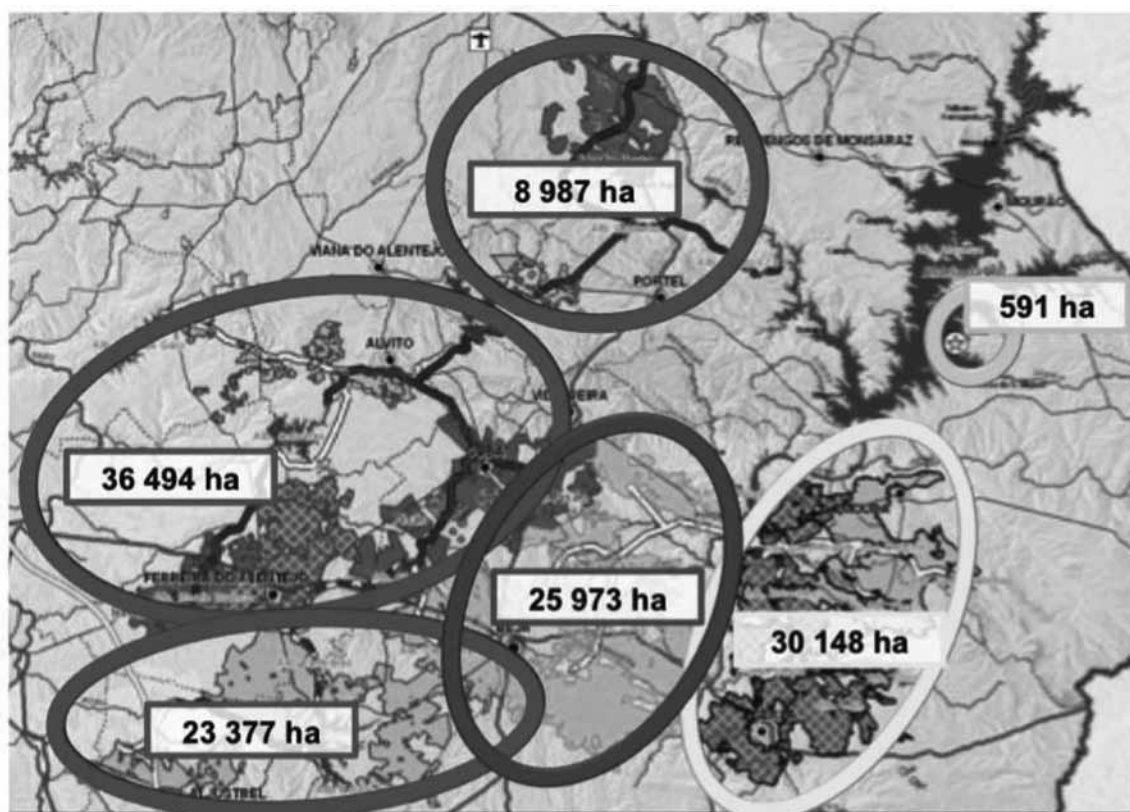


Figura 2 – Delimitação das zonas de influência do sistema de rega do EFMA.

O subsistema de Alqueva com 57.424 ha, divide-se em três zonas de regadio:

- zona 1 com 8.987 ha, denominada “Monte Novo” que engloba as zonas de regadio de Monte Novo e de Loureiro-Alvito;
- zona 2 com 36.494 ha, denominada “Odivelas” que engloba as zonas do perímetro da obra de rega de Odivelas com a Infra-estrutura 12, Alvito-Pisão, Pisão, Alfundão, Ferreira, Figueirinha e Valbom, Beringel-Beja e Vale de Gaio, e;
- zona 3 com 23.377 ha, denominada “Roxo” que engloba as zonas do perímetro de rega do Roxo, Ervidel, Aljustrel, Roxo-Sado e Cinco Reis-Trindade.

O subsistema de Pedrógão, de 25.395 ha, com a zona de regadio 4 denominada “Região de Beja”, que integra todo o subsistema.

O subsistema do Ardila, de 30.148 ha, com a zona de regadio 5 denominada “Ardila e Enxoé”, que integra todo o subsistema. Também na margem esquerda do Guadiana, com um sistema hidráulico independente dos anteriores, diferencia-se uma pequena área, a zona 6, com 591 ha, denominada “Freguesia da Luz”.

A análise das diferentes zonas obtidas revela que, para além do aumento da área de actividade das actuais duas Associações que já existem (Odivelas e Roxo), é necessária a criação de quatro Associações adicionais, as quais já estão criadas em ou fase de constituição. Assim, em função dos subsistemas do EFMA, resultam seis Associações de Beneficiários:

- Subsistema Alqueva/Bacia do Sado – Associação de Beneficiários de Odivelas e Associação de Beneficiários do Roxo;
- Subsistema Alqueva/Bacia do Guadiana – Associação de Beneficiários do Monte Novo;

- Subsistema do Ardila (Margem Esquerda do Guadiana) – Associação de Beneficiários do Ardila e Enxoé;
- Subsistema Pedrógão – Associação de Beneficiários da “Região de Beja” (a criar);
- Bloco da Aldeia da Luz - Associação de Beneficiários da Freguesia da Luz.

O Quadro 1 apresenta a dimensão potencial das áreas beneficiadas destas Associações, após 2013.

Quadro 1 – Dimensão potencial das Associações de Beneficiários do EFMA, após 2013.

ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS	Pressão	Gravidade	Potencial (após 2013)
Monte Novo	4.590	4.397	8.987
Odivelas	17.245	19.249	36.494
Roxo	4.662	18.680	23.342
Região de Beja	9.763	15.210	24.973
Ardila e Enxoé	18.376	11.772	30.148
Aldeia da Luz	591	--	591
TOTAL	55.227	69.308	124.535

Relativamente à passagem das obras da rede secundária do construtor (EDIA) para as entidades gestoras – Associações, deve ser gradual com três fases claramente diferenciadas. Uma primeira fase denominada fase de “testagem” da obra, em que seriam realizados os testes ao sistema de distribuição, da responsabilidade da EDIA, e em paralelo, desenvolvida a formação técnica da Associação. Uma segunda fase denominada “acompanhamento” em que a EDIA auxiliaria a Associação na gestão da obra, sendo uma fase de responsabilidade compartilhada entre EDIA e Associação. E uma terceira e última fase, denominada “Cruzeiro” em que a responsabilidade da gestão da obra passava a ser integralmente da Associação, com assistência da EDIA.

A duração de cada uma destas três fases dependerá de diversos factores, nomeadamente no que diz respeito à vontade dos agricultores beneficiados em gerir a obra, da dinâmica do processo entre as entidades envolvidas (EDIA, DGADR e Associação) e da capacidade e estrutura técnica desenvolvida pela Associação.

A proposta apresentada para a gestão da rede secundária de rega do EFMA não é estanque, mas sim susceptível de análise e revisão se existirem motivos de ordem técnicos ou outros que os sustentem.

4. TARIFÁRIO EFMA

No âmbito do serviço público de águas do EFMA, a 26 de Maio de 2010 foi publicado o Despacho n.º 9000/2010 que fixa o preço da água, a cobrar pela EDIA, destinada a rega para uso agrícola, estabelecendo o seguinte tarifário:

- À saída da rede primária, para fornecimento de água às entidades que tenham a seu cargo a gestão, exploração, manutenção e conservação das infra-estruturas integradas na rede secundária adstrita a cada perímetro: € 0,042/m³;*
- À saída da rede secundária, para fornecimento de água a explorações agrícolas em alta pressão: € 0,089/m³;*
- À saída da rede secundária, para fornecimento de água a explorações agrícolas em baixa pressão: € 0,053/m³.”*

Enuncia também que os montantes a cobrar em 2010 correspondem a 30% dos valores anteriores, aumentando anual, automática, progressiva e linearmente a partir do ano subsequente e até ao ano de 2017.

Os valores das alíneas anteriores integram a taxa de recursos hídricos devida pela EDIA e os das alíneas b) e c) integram as taxas de beneficiação, de conservação e de exploração fixadas no regime jurídico das obras de aproveitamento hidroagrícola.

A Figura 3 apresenta o exercício da progressão do preço de água para rega a cobrar pela EDIA, para os sistemas primário e secundário - em alta e baixa pressão, entre os anos 2010 e 2017. Para efeitos de comparação apresenta-se o valor médio do preço de água dos aproveitamentos hidroagrícolas com o mesmo tipo de sistema de distribuição de água em pressão (0,055 €/m³) que não integram o EFMA. Para efeitos de simplificação comparativa do estudo não foi considerada a actualização anual dos valores em função do índice de preços ao consumidor.

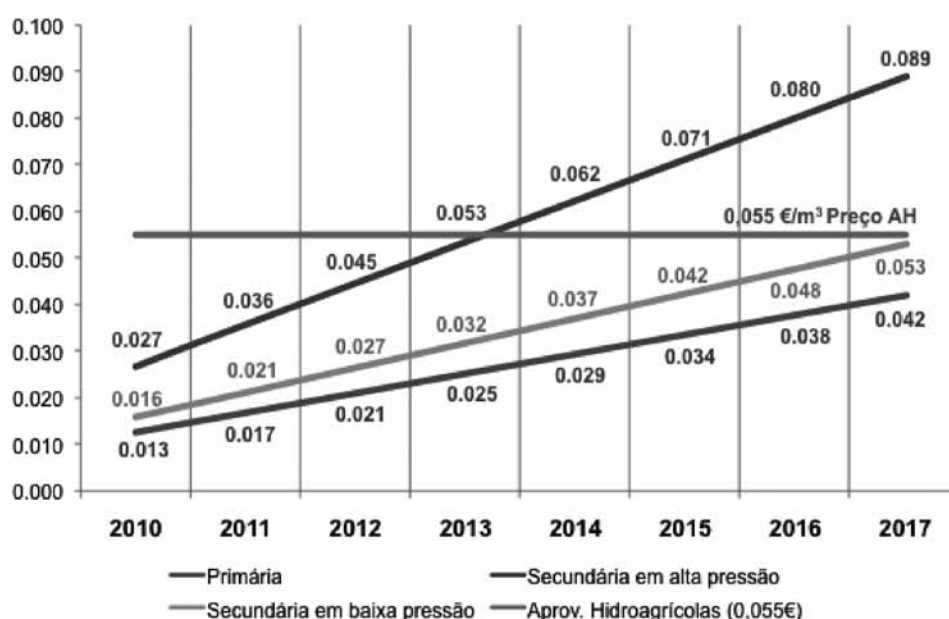


Figura 3 – Evolução entre os anos de 2010 e 2017 do preço da água de rega agrícola, a cobrar pela EDIA e o valor médio do preço de água dos aproveitamentos hidroagrícolas.

A análise dos valores de tarifário revela que a partir de 2013 o preço da água de rega agrícola a cobrar pela EDIA na rede secundária em alta pressão é superior ao preço médio praticado nos aproveitamentos hidroagrícolas com o mesmo tipo de sistema de distribuição de água e em 2017 o preço da água do EFMA será 31% superior ao valor médio praticado nos outros aproveitamentos. O preço da água a cobrar pela EDIA na rede secundária em baixa pressão (0,053 €/m³) tende a aproximar-se, em 2017, do valor médio do preço de água dos aproveitamentos hidroagrícolas com sistema de distribuição de água em pressão.

Da análise realizada conclui-se que o tarifário do EFMA deverá ser objecto de análise mais detalhada, por forma a reduzir custos ao nível do tarifário das redes primárias e secundárias, seguramente determinantes para a adesão ou não ao regadio no EFMA.

Ao nível da rede primária (gravidade), o preço da água deve ser correctamente equacionado. A antecipação da conclusão de Alqueva, resultou da “simplificação” da rede secundária, passando o agricultor a suportar o ónus da gestão da água na parcela, factor que não foi tido em conta neste tarifário. O agricultor que recebe água em gravidade terá que lhe adicionar os custos de pressurização na parcela, suportando um custo superior, incomportável para a maioria das culturas. Do

mesmo modo as entidades gestoras da rede secundária – associações – não podem suportar o tarifário da rede primária, quando têm que crescer os seus custos de exploração.

As bombagens intermédias dentro dos blocos de rega, cujos encargos até à entrega na rede secundária, a montante da elevação final, devem ser claramente custos da rede primária por forma a garantir a equidade entre os diversos blocos do EFMA.

O tarifário da água de rega do EFMA deve ter em conta a produção de energia do empreendimento, reflectindo assim a ideia fulcral que definiu o arranque do Plano de Rega do Alentejo, e que ficou estabelecida no Decreto n.º 28653 de 16 de Maio de 1938, artigo 34.º - “os lucros líquidos da produção de energia pertence aos Beneficiários da obra, constituídos em Associação de Regantes”.

4. 1. Custo da Rega

Para exercício do custo da rega com a progressão do preço da água do EFMA, foram calculados os valores para a principal cultura de regadio do nosso País, o milho. Considerou-se a dotação média de 6.000 m³/ha, rega *pivot* e o preço de 250 €/ton (preço médio do 1.º trimestre de 2011). Conforme o Quadro 2, foi calculado o custo de rega do milho para os seguintes cenários:

- exploração individual (Particular), para as situações em que a água é de origem subterrânea (furo) e superficial (p.ex. barragem ou charca particular);
- exploração com fornecimento de água a partir de um aproveitamento hidroagrícola público já existente fora do EFMA (denominado Regadio público) para as situações de sistema em pressão e em gravidade (s/ pressão);
- exploração com fornecimento de água a partir de um aproveitamento hidroagrícola do EFMA, nos anos 2010 e 2017, para os casos em que a água é fornecida com pressão e em gravidade (s/ pressão).

Quadro 2 – Custo total de rega (milho).

Sistema de rega	Tipo	TRH	TEC	Energia ⁽²⁾	Manutenção SR	Custo total de rega		Varição
		€/m ³	€/m ³	€/m ³	€/ha	€/ha	ton/ha	%
Particular	Furo	0,0006	-	0,028	175,00	346,60	2,56	+35
	Superfície	0,0036	-	0,016	140,00	257,60	1,84	Referência
Regadio público	pressão	0,0022	0,055		105,00	447,96	3,20	+74
	s/pressão	0,0022	0,020	0,016	140,00	368,96	2,65	+43
EFMA 2010	pressão	(1)	0,0267		105,00	265,20	1,89	+3
	s/pressão		0,0159	0,016	140,00	331,40	2,37	+29
EFMA 2017	pressão	(1)	0,0890		105,00	639,00	4,56	+148
	s/pressão		0,0530	0,016	140,00	554,00	3,96	+145

(1) – TRH incluída no preço da água de rega do EFMA.

(2) – COTR (2004) e COTR (2006).

Não considerada actualização anual em função do índice de preços ao consumidor.

No cálculo do custo total de rega foram considerados os custos parcelares da taxa de recursos hídricos (TRH), da taxa de exploração e conservação (TEC), da energia e da manutenção do sistema de rega (SR). O custo total é apresentado em euros por hectare e em termos de produção de tonelada por hectare. Para efeitos de comparação do custo total de rega dos vários cenários con-

siderados, adoptou-se como referência a situação da exploração individual com origem de água superficial.

O custo da rega com abastecimento de água em pressão representa 346,60 €/ha (2,56 ton/ha) no cenário particular, 447,96 €/ha (3,20 ton/ha) no público e 265,20 €/ha (1,89 ton/ha) no EFMA em 2010, aumentando para 639 €/ha (4,56 ton/ha) em 2017.

O custo da rega com abastecimento de água sem pressão representa 257,60 €/ha (1,84 ton/ha) no cenário particular, 368,96 €/ha (2,65 ton/ha) no público e 331,40 €/ha (2,37 ton/ha) no EFMA em 2010, aumentando para 554,00 €/ha (3,96 ton/ha) em 2017.

No caso da exploração com água fornecida pelo EFMA em 2010, o cenário de abastecimento de água do sistema em pressão apresenta um custo total inferior ao do sistema em gravidade devido ao custo de pressurização na parcela. Em 2017 a situação inverte-se pois os custos do sistema em pressão são muito superiores, ficando assim acima do custo da rega do sistema em gravidade acrescido do custo de pressurização.

O custo total de rega dos diferentes cenários comparados com a situação de referência (sistema particular com água de origem superficial) acresce 35% se o agricultor tiver um furo, acresce 43 a 74% se receber água de uma obra de rega pública fora do EFMA, 3 a 29% se receber água de um aproveitamento hidroagrícola do EFMA em 2010, chegando aos 145 a 148% em 2017, respectivamente para sistema em pressão e em gravidade.

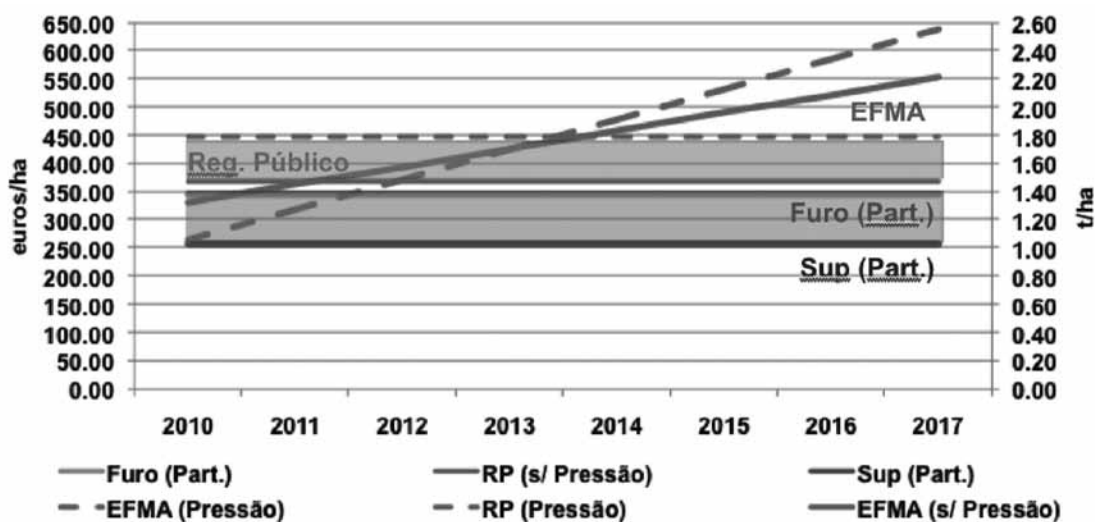


Figura 4 – Evolução entre os anos de 2010 e 2017 do custo total de rega do milho nos cenários em estudo.

A Figura 4 apresenta graficamente o custo total de rega dos vários cenários considerados neste estudo.

O custo de rega numa exploração individual com água particular varia entre os 258 € e os 347 €, se a origem for superficial ou de furo, respectivamente. No caso de uma exploração com água de um aproveitamento hidroagrícola, o custo varia entre 369 € e os 448 €, se o sistema for em gravidade ou em pressão, respectivamente. Se a origem de água for de um aproveitamento hidroagrícola do EFMA, em 2010 varia entre os 265 € e os 331,40 € para o sistema em pressão e em gravidade, respectivamente e em 2017 o custo inverte-se, pelas razões já referidas, variando entre 639 € e os 554 €. Em 2013, no EFMA os custos são aproximadamente iguais para os dois sistemas de distribuição, rondando os 425 €.

4. 2. Estrutura de custos das Associações de Regantes

A estrutura de custos de uma entidade gestora da rede secundária – associações – divide-se, normalmente da seguinte forma:

- custos de manutenção e exploração;
- custos de energia;
- custos com recursos humanos.

Os diversos custos, em percentagem do valor dos encargos totais de uma Associação, diferem consoante o tipo de sistema de distribuição de água, da seguinte forma:

- sistema em gravidade:
 - custos de manutenção e exploração: 16%;
 - custos de energia: 7%;
 - custos com recursos humanos: 77%.
- sistema em pressão:
 - custos de manutenção e exploração: 8%;
 - custos de energia: 72%;
 - custos com recursos humanos: 20%.

Estas percentagens resultaram da análise da estrutura de custos dos Associados da FENAREG.

A gestão de um sistema de distribuição em gravidade exige um custo maior em recursos humanos enquanto um sistema em pressão exige um custo maior em energia.

No caso do EFMA, aos custos da entidade gestora da rede secundária, acresce o tarifário da rede primária. A análise de custos realizada revela que o preço de água a praticar nos aproveitamentos hidroagrícolas do EFMA serão incomportáveis para a maioria das culturas.

5. CONCLUSÕES

Por forma a garantir a gestão dos 110 mil ha da rede secundária de Alqueva, cuja obra se prevê concluída em obra em 2013, e contribuir para o sucesso da adesão ao regadio destas novas áreas, é necessário avançar desde já com um conjunto de acções estruturantes que dinamizem todo o processo de passagem da rede secundária para as entidades gestoras. É necessário reforçar as acções de divulgação da obra junto dos beneficiários, assim como do modelo de gestão, contactar com os Agricultores e suas organizações com vista à constituição da Associação de Regantes, iniciar contactos entre EDIA e DGADR/DRAP com o objectivo de promover a formação e calendarização da transferência da obra para entidade gestora e programar com as entidades gestoras das obras de rega os calendários de entrega com os respectivos planos de gestão.

O envolvimento das actuais Associações de Beneficiários e das novas Associações peca por tardio, pelo que desde já deverão ser envolvidas, tendo em vista uma aprendizagem e um melhor conhecimento que facilite a transição e as relações entre EDIA e as Associações. É fundamental começar a definir limites entre a rede primária e secundária, bem como quantificar e avaliar custos reais, por forma a que venham a ser devidamente protocoladas as responsabilidades.

Concluimos que, para o bom funcionamento do EFMA, são necessárias outras acções complementares, nomeadamente:

- activar o Conselho Consultivo do EFMA, constituído pelos representantes de todos os utilizadores;
- implementar um serviço de extensão agrária, na área das culturas e dos sistemas de rega, através da prestação de serviços de apoio técnico ao regadio, apostando claramente na viabilidade do Centro Operativo e Tecnológico do Regadio (COTR);

- garantir uma medida excepcional de apoio à instalação de sistemas de rega, incluindo substituição de equipamentos, a vigorar pelo menos até 5 anos após a conclusão dos respectivos blocos de rega;
- garantir apoios aos Agrupamentos de Produtores da região, na área da promoção, da comercialização, conservação, secagem e armazenagem;
- promover, no âmbito da Lei da Água, duas Associações de Utilizadores do EFMA (bacias do Guadiana e do Sado) que reúna não só as Associações de Beneficiários abrangidas, mas também os representantes dos outros utilizadores do recurso água.

O EFMA é um projecto com futuro em que a EDIA pode e deve assumir as suas responsabilidades e em que as Associações de Beneficiários seguramente vão assumir um papel determinante.

Independentemente das diversas valias de Alqueva, sem agricultores e suas Associações, nomeadamente Associações de Regantes, não existe EFMA. Os agricultores devem ser chamados a assumir as suas responsabilidades nesta obra e certamente estarão à altura desse desafio.

Não se pode duvidar dos profundos benefícios económico-sociais que o regadio implica ao nível local e regional. O regadio traz riqueza mas exige muito trabalho e alguma técnica. Neste caso também vontade política. Seguramente que o sucesso do regadio de Alqueva será o sucesso de todo o EFMA.

AGRADECIMENTOS

A FENAREG agradece aos seus Associados pela disponibilização dos dados, pelo contributo da sua experiência em gestão de aproveitamentos hidroagrícolas, e pela participação dos agricultores da região do EFMA e suas organizações que auscultaram no decorrer dos eventos realizados sobre o tema e que permitiram a realização e fundamentação deste estudo.

BIBLIOGRAFIA

a) Documento legislativo

DECRETO N.º 28653/1938 de 16 de Maio. Diário do Governo da República N.º 111, 1.ª Série, Ministério da Agricultura. Imprensa Nacional de Lisboa. pp. 784.

DECRETO-LEI N.º 84/82 de 4 de Novembro. Diário da República N.º 255, 1.ª Série, Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas. Lisboa (Portugal). pp. 3717-3725.

DECRETO-LEI N.º 269/82 de 10 de Julho. Diário da República N.º 157, 1.ª Série, Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas. Lisboa (Portugal). pp. 2057-2070.

DECRETO-LEI N.º 86/2002 de 6 de Abril. Diário da República N.º 81, 1.ª Série - A, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa (Portugal). pp. 3257-3281.

DECRETO-LEI N.º 42/2007 de 22 de Fevereiro. Diário da República N.º 38, 1.ª Série, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa (Portugal). pp. 1317.

DESPACHO N.º 9000/2010 de 26 de Maio. Diário da República N.º 102, 2.ª Série, Ministérios das Finanças e da Administração Pública, da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas e do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa (Portugal). pp. 29058-29059.

b) Mapa

EDIA (2009) – Mapa regadio do EFMA. Escala 1:500000, Sol_ext_0118. DIGC. Outubro.

c) Comunicação

CARVALHO, A. (2009). “Evolução das obras do Sistema Global de Rega de Alqueva”, EDIA. Jornadas Técnicas FENAREG 2009, 18 - 19 Novembro, Portel (Portugal).

d) Livro

COTR (2004). Guia de Rega 6.1. Facturação da Energia Eléctrica, 34 pp.

COTR (2006). Guia de Rega 7.1. Guia para aquisição de um pivot, 52 pp.

SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E TELEGESTÃO DE REDES DE REGA EM PRESSÃO

ISABEL GRAZINA¹
JOSÉ CARLOS SAIÃO²

RESUMO

No artigo são apresentados os principais objectivos dos sistemas de automatização e telegestão, assumindo aqui particular papel a monitorização e controlo das redes de rega, facultando simultaneamente informação necessária para apoio à gestão dos perímetros de rega.

Palavras-chave: Telegestão, Exploração, Segurança.

¹ Eng.ª Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 00351284315100, igragina@edia.pt

² Eng.º Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 00351284315100, jsaiiao@edia.pt

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O objectivo do sistema de controlo e monitorização é a automatização da exploração da rede de rega, permitindo simultaneamente a monitorização e o controlo remoto, em tempo real, dos elementos da rede que se pretendem controlar.

O SAT dos blocos de rega, permitindo realizar o controlo e comando à distância e em tempo real dos parâmetros e equipamentos constituintes das redes de rega e estação elevatória, recolherá, de modo automático, a informação necessária para apoio à gestão.

Este SAT apresenta como objectivos principais:

- Visualizar, em tempo real, a evolução do processo de captação de água no reservatório, elevação e distribuição de água aos agricultores;
- Controlar os órgãos finais das diversas instalações;
- Assegurar os automatismos locais;
- Realizar os balanços da exploração.

A conjugação dos objectivos acima enunciados proporcionará benefícios técnico-económicos, que poderão ser enunciados de uma forma sucinta do seguinte modo:

- Garantia de continuidade do abastecimento de água nas melhores condições possíveis de caudais e pressões;
- Fornecimento de um serviço nas melhores condições de rentabilidade;
- Adaptação do fornecimento ao consumo;
- Optimização dos consumos de energia eléctrica ao nível da estação elevatória;
- Detecção de fugas e perdas no sistema;
- Minimização e racionalização dos recursos humanos necessários à exploração.

As principais funções do SAT são:

- A supervisão do bloco de rega de modo a apoiar a gestão, a vigilância e manutenção do sistema de rega

A gestão automatizada do sistema de rega pressupõe assim, a existência de infra-estruturas de monitorização e de controlo em tempo real.

A infra-estrutura de monitorização permitirá definir o estado hidráulico de todo o sistema de rega, enquanto que a infra-estrutura de controlo será responsável pelo envio de mensagens aos órgãos de regulação, sendo o sistema de gestão composto por diversos tipos de equipamentos, nomeadamente sensores, unidades de aquisição de dados, unidades de controlo, estações de emissão e recepção de sinais e unidades de processamento de dados.

2. ARQUITECTURA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E TELEGESTÃO

A modularidade, fiabilidade, simplicidade, operacionalidade e facilidade de manutenção, serão o conjunto de factores, sob os quais deverá assentar a arquitectura do SAT.

Este sistema será controlado a partir da sala de comando local, localizado no interior da Estação Elevatória associada ao Bloco de Rega, ou num outro centro de comando geral.

O sistema de supervisão e controlo da rede de rega terá unidades terminais remotas (UTRs) junto dos vários equipamentos hidromecânicos para distribuição da água e de medida instalados ao longo das redes de rega.

Cada UTR comunicará com uma unidade de comando ou unidade concentradora (UC) responsável pela gestão de uma zona da rede de rega.

A informação proveniente das unidades concentradoras será reunida no centro de comando.

3. SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLO DA REDE DE REGA

3. 1. Considerações gerais

As redes colectivas de rega são constituídas por condutas ramificadas, que podem ser mais ou menos extensas, ao longo das quais se encontram instalados os equipamentos hidromecânicos e de medida. Assim os equipamentos a controlar e monitorizar são:

- bocas de rega: equipadas com electroválvula que permite a abertura e fecho remoto e emissor de impulsos por unidade de volume de água consumida;
- medidores de pressão, para transmissão remota da pressão.

Para além do controlo e monitorização das bocas de rega, o sistema deverá permitir a emissão de boletins periódicos, por regante, com a indicação dos volumes de água efectivamente consumidos em função do horário de utilização para informação à facturação, o que permitirá um maior facilidade na gestão da rede colectiva de rega por parte da entidade responsável.

O sistema deverá também ser suficientemente aberto para permitir a partilha das suas bases de dados, com outros sistemas, nomeadamente o sistema de informação geográfica.

Por outro lado, deverá poder identificar situações críticas que ponham em causa a segurança da própria rede, e enviar alarmes para os operadores humanos.

Pretende-se assim, um sistema de controlo e monitorização da rede de rega com as seguintes funcionalidades:

- Exploração racional e automática da rede;
- Recolha e processamento de informação sobre o estado hidráulico da rede;
- Geração de alarmes perante situações críticas para os operadores humanos;
- Emissão de boletins periódicos para informação ao sistema de facturação;
- Partilha das bases de dados criadas pelo sistema de telegestão, com outros sistemas, nomeadamente com o sistema de controlo do reservatório/estação elevatória;
- Modular e ampliável, quer a nível das unidades locais e das comunicações, quer a nível do software instalado no centro de controlo.

3. 2. Descrição

O sistema de controlo e monitorização deverá ter uma estrutura modular, ampliável de acordo com as necessidades futuras do empreendimento, com vários níveis hierárquicos, sendo baseado numa arquitectura com os seguintes níveis:

- Unidades Terminais Remotas ou Unidades Locais;
- Unidades Concentradoras;
- Centro de Controlo e Supervisão.

A arquitectura geral do sistema de controlo e supervisão apresenta-se no esquema seguinte:

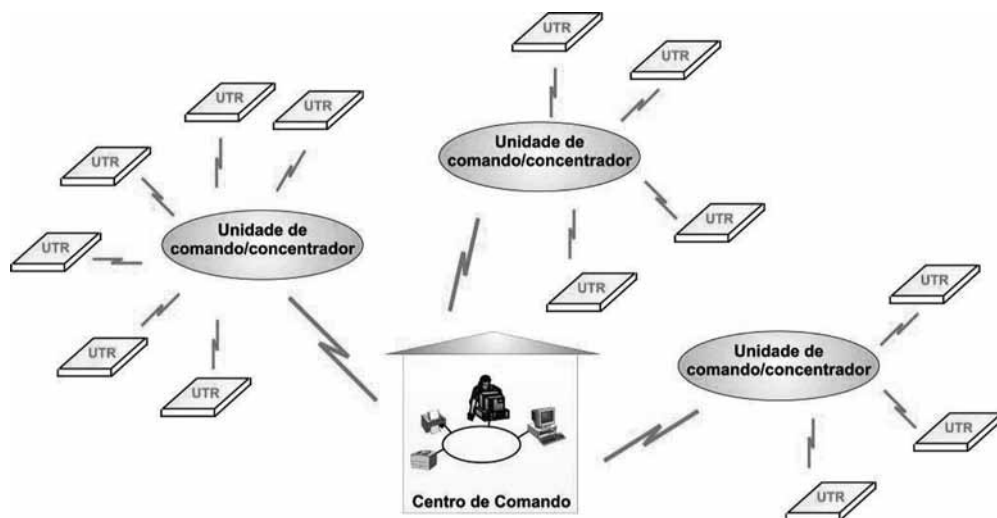


Figura 1 – Esquema geral do sistema de supervisão da rede de rega

Unidades Terminais Remotas (locais) – correspondem aos elementos interface do sistema de controlo e monitorização com a rede de rega (hidrantes/ rede de rega), e que tem a função de recolha e armazenamento de dados sobre os caudais e registo dos consumos, programas de rega, e emissão de ordens aos equipamentos hidromecânicos. Opcionalmente, deverá dispor de entradas analógicas para leitura de pressão;



Unidade local

Unidades concentradoras – tem por função comunicar e concentrar as informações das unidades locais de uma determinada zona de rega de forma a recolher toda a informação, armazená-la, e disponibilizá-la ao centro de controlo;



Unidade concentradora

Frontal de comunicações – a estabelecer na estação elevatória com o objectivo de centralizar todas as informações provenientes dos concentradores/ repartidores abrangidos;

Centro de controlo – tem por função a centralização de todos os dados relativos às diversas unidades concentradoras, permitindo a supervisão, o arquivo dos dados e a gestão de toda a rede de rega, de acordo com as necessidades de exploração da rede. Com base nos dados recolhidos da rede, permitirá também a informação sobre os consumos de rega para posterior facturação.

A comunicação entre os diversos elementos deverá ser efectuada via rádio de alta frequência (UHF), em tempo real adequada para transmissão de dados de telegestão em bandas livres de licenciamento.

Os canais de transmissão deverão ser em bandas livre de licenciamento disponíveis para transmissão específica de dados. Os protocolos de comunicação deverão ser de terceira geração do tipo cliente/servidor com transmissão por eventos (TCP-IP rádio e TCP-IP).

As características do sistema de controlo e monitorização irão variar de acordo com o fornecedor. Deste modo, foram analisados vários sistemas actualmente disponíveis no mercado português, e consideradas as características mínimas comuns em cada um deles.

Deste modo consideraram-se as seguintes limitações:

- Alcance máximo das unidades concentradoras/repetidoras – entre 3,0 e 6,0 km;
- Número máximo de UTRs controladas por uma unidade concentradora – 128;

No entanto, sempre que se implementa um sistema é analisada, com base nas cartas altimétricas a visibilidade de cada hidrante face à unidade concentradora correspondente.

3.3. Sinais a processar

Seguidamente indicam-se os sinais a processar na rede de rega (bocas de rega e transmissores de pressão),

Por cada uma das bocas de rega os sinais a processar são:

- Volumes consumidos em horas de ponta;
- Caudal médio fornecido;
- Alarme por limite superior de caudal fornecido;
- Estado actual da saída digital;
- Alarme em caso de não funcionamento da electroválvula;
- Ordem de abertura e fecho da electroválvula piloto.

Por cada um dos transmissores de pressão, os sinais a processar são:

- Medida de pressão;
- Alarme por limite superior de pressão;
- Alarme por limite inferior de pressão.

Para além destes sinais deverá fazer a integração dos sinais disponibilizados pela estação elevatória, reservatório e estação de filtração e que foram identificados no capítulo anterior.

3.4. Protecções

Deverão ser instaladas placas de protecção contra sobretensões para as entradas e saídas digitais e para as entradas analógicas (isolamente galvânico) em todas as unidades do sistema de telegestão.

Todos os mastros das antenas e/ou painéis solares deverão ser equipados com uma protecção contra descargas atmosféricas tipo Franklin.

4. SINÓPTICOS

Para uma melhor utilização das infra-estruturas construídas, os sistemas de automação e telegestão possuem software de visualização/ comando denominados SCADA. Esse software por sua vez, apresenta um nível de desenvolvimento e detalhe, devidamente especificado por quem o vai utilizar e é também desenvolvido em função da infra-estrutura que se pretende comandar.

Particularizando, junto apresentamos um conjunto de sinópticos do SCADA do Aproveitamento Hidroagrícola de Alvito-Pisão. Na Figura 1, visualiza-se o sinóptico geral, ou sinóptico de entrada, o qual permite comutar entre os vários Blocos de Rega que Constituem o Aproveitamento Hidroagrícola.

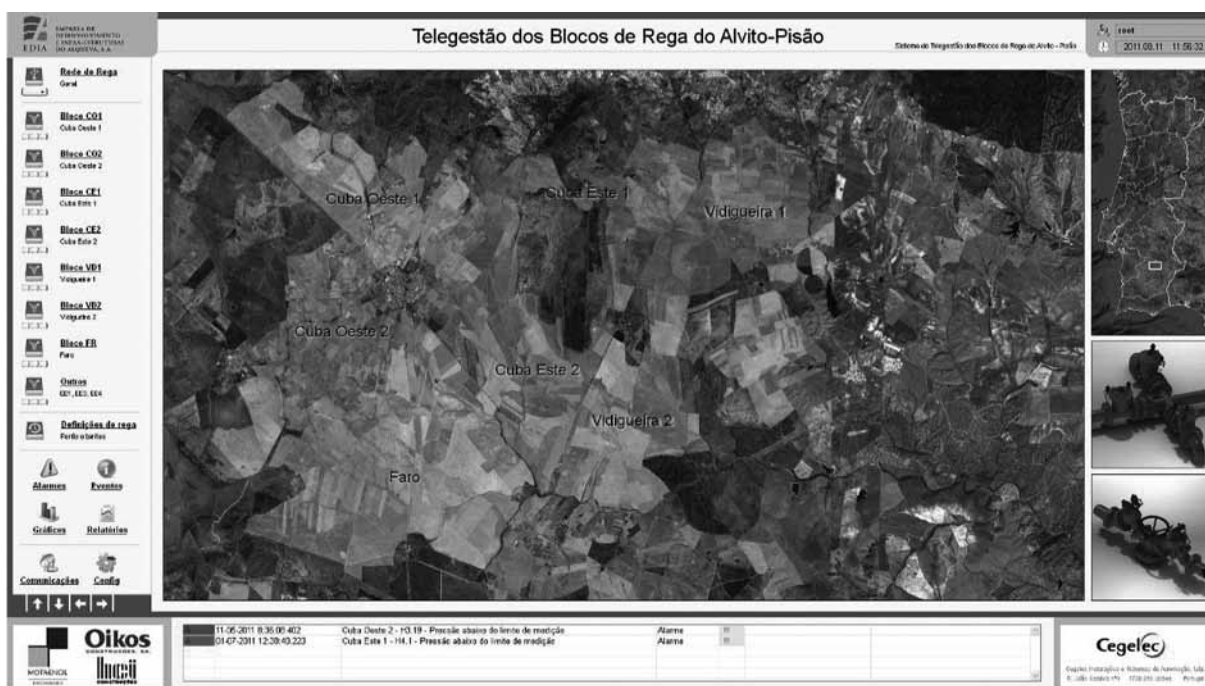


Figura 1 – Sinóptico geral, ou sinóptico de entrada.

Segue-se o sinóptico de Bloco de Rega (Figura 2), o qual aparece sempre que se clica num dos blocos do sinóptico de entrada.

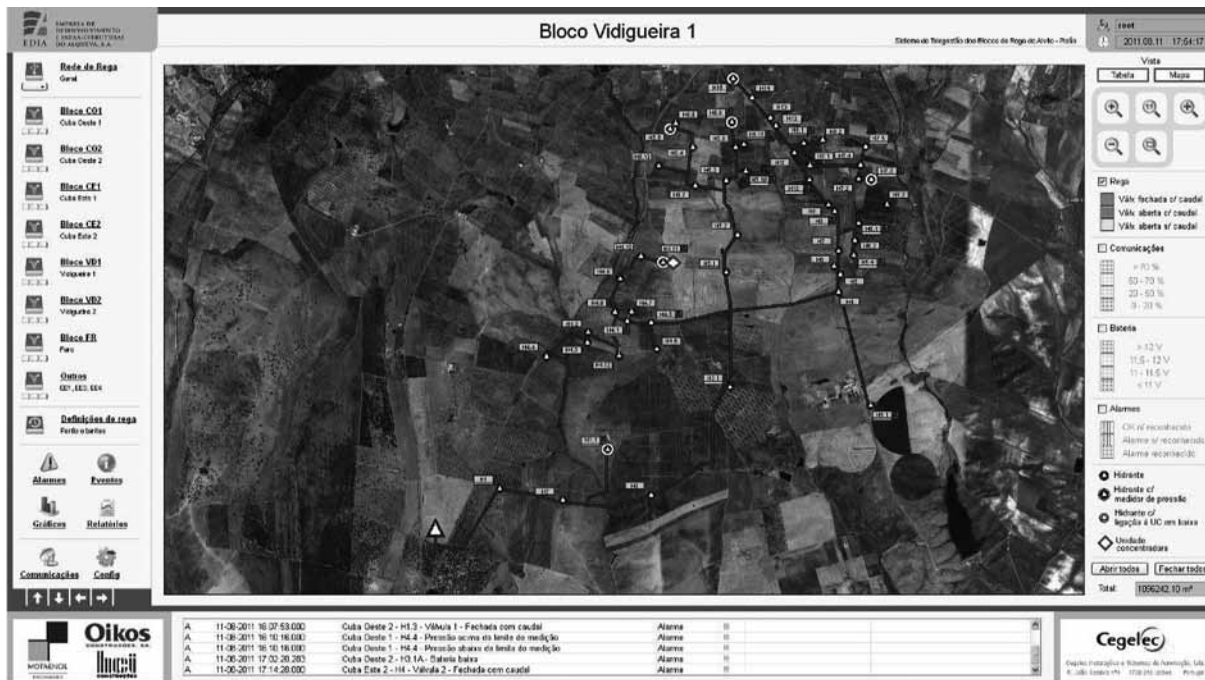


Figura 2 – Sinóptico de Bloco de Rega.

O sinóptico de Bloco de Rega mostra-nos a rede com o conjunto dos hidrantes.

Clicando em cima de um deles (Figura 3), permite obter todos os dados referentes a cada uma das suas bocas de rega, o seu estado, o histórico de consumos (Figura 4), assim como o perfil de rega que tenha sido solicitado pelo beneficiário, caso seja o caso.

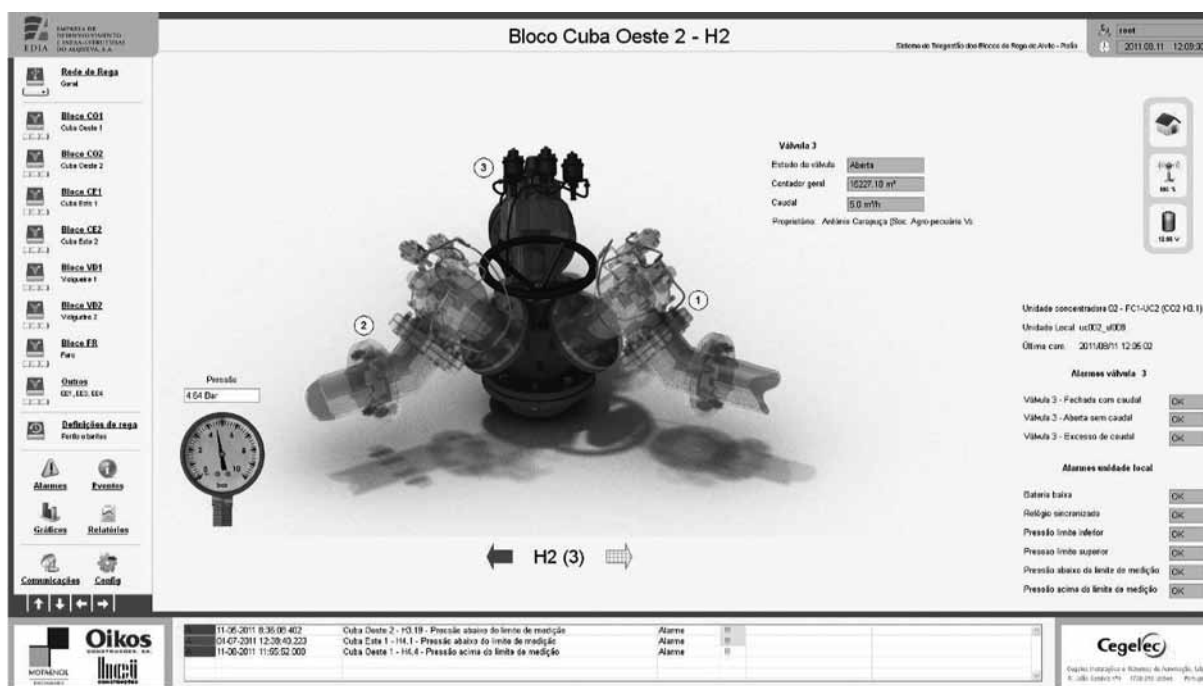


Figura 3 – Sinóptico de hidrante

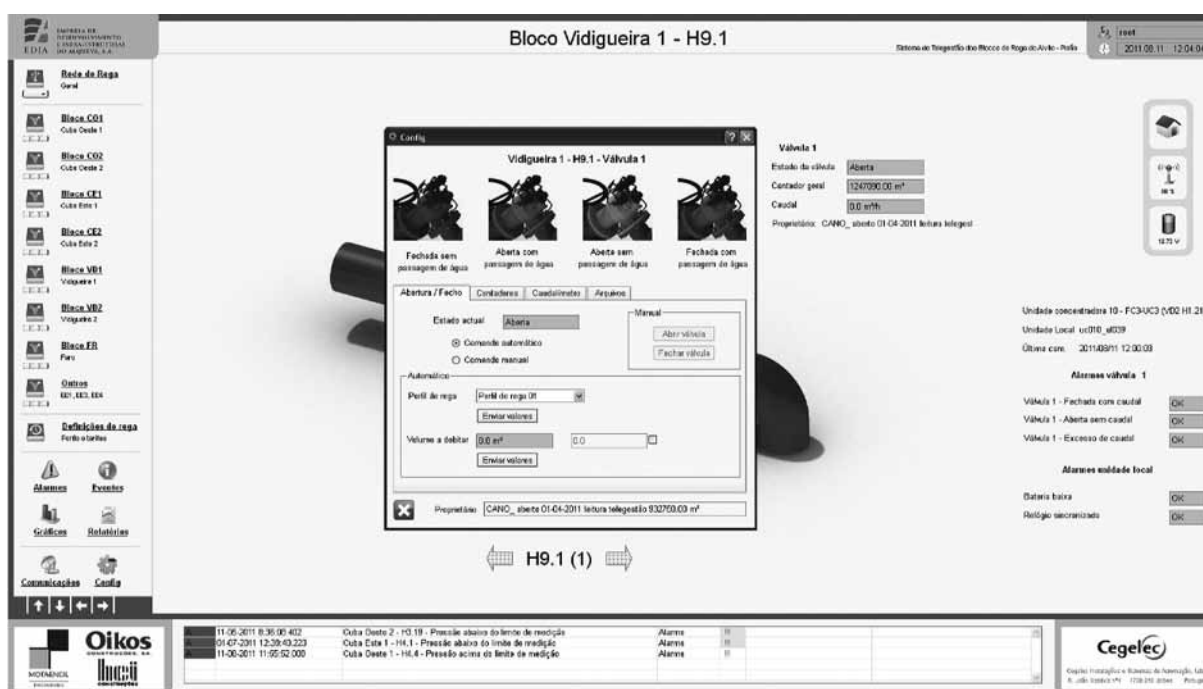


Figura 4 – Sinóptico de boca de rega.

5. RELATÓRIOS

Os sistemas de automação e telegestão de redes de rega possuem ainda módulos de relatórios, conforme fotografias 5 a 7, que permitem auxiliar o utilizador nas tarefas diárias, como sejam:

- Verificar caudais;
- Verificação de pressões;

- Estado das bocas de rega;
- Consumos;
- Alarmes do sistema.

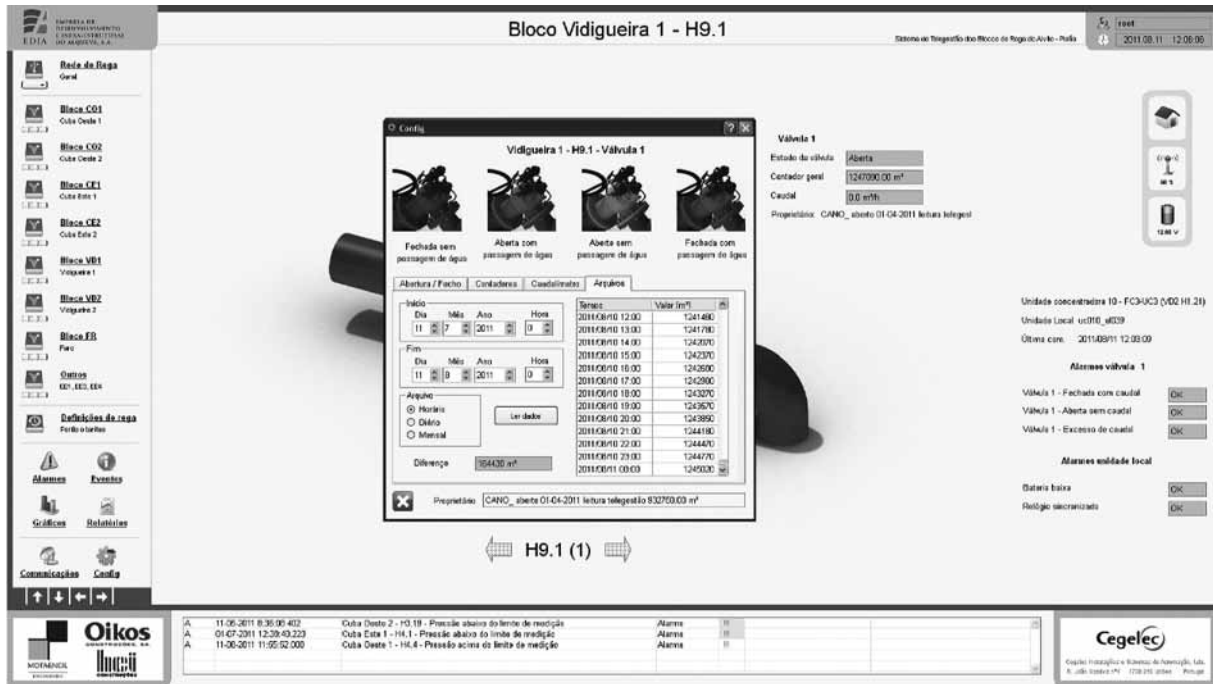


Figura 5 - Relatório tipo de consumos de uma boca de rega num determinado período

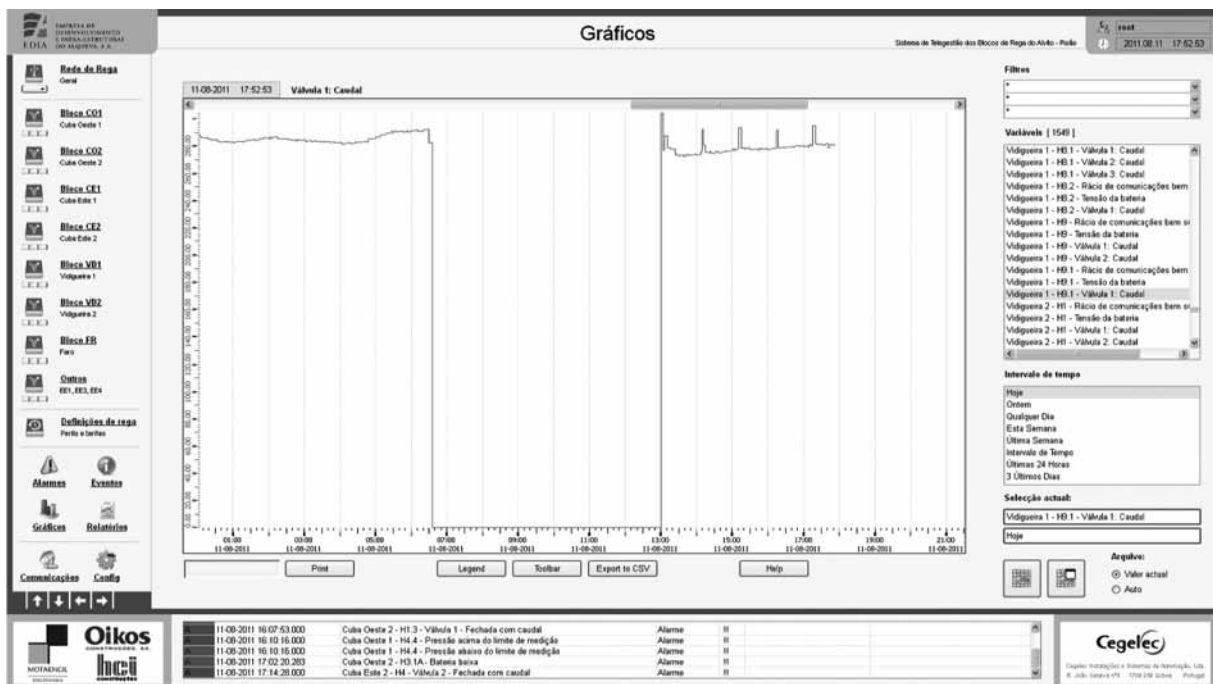


Figura 6 - Relatório tipo de consumos de um gráfico de caudal de uma boca de rega

Lista de alarmes

Sistema de Rega para os Blocos de Rega do Avde - Pêda

2011.08.11 11:59:36

Estado	Tempo	ID	Descrição	Alarme	Direção	Rec.	Tempo reconhecimento	Num. com. x
11-08-2011 17:22:40.921	m_w000	Unidade concentradora 02 - FC2-UC3 (C01 H2 1) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	ENTRADO				
10-08-2011 21:01:51.000	m_w004_w014	Cuba Oeste 1 - H4.4 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
10-08-2011 21:36:17.000	m_w004_w016	Cuba Oeste 1 - H6.3 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
10-08-2011 21:36:15.000	m_w004_w017	Cuba Oeste 1 - H11.4 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
10-08-2011 21:39:01.000	m_w006_w008	Cuba Oeste 2 - H10.2 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 1:50:02.000	m_w010_w013	Viduaque 2 - H1.11 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 2:59:46.000	m_w006_w030	Cuba Este 2 - H4 - Válvula 2 - Fechada com caudal	Alarme	SAU				
11-08-2011 6:36:52.661	m_w006	Unidade concentradora 06 - FC2-UC3 (C02 H4 1) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 6:39:28.867	m_w006	Unidade concentradora 06 - FC2-UC3 (C02 H4 1) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	SAU				
11-08-2011 7:27:58.641	m_w004	Unidade concentradora 04 - FC2-UC1 (C01 H6 6) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 7:34:50.577	m_w002	Unidade concentradora 02 - FC1-UC2 (C03 H3 1) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:21:58.730	m_w001	Unidade concentradora 01 - FC1-UC1 (C01 H2 7) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 8:24:04.420	m_w004	Unidade concentradora 04 - FC2-UC1 (C01 H6 6) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:29:58.000	m_w002_w017	Cuba Oeste 2 - H3.1 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 8:32:02.000	m_w004_w023	Cuba Oeste 1 - H3 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 8:33:04.000	m_w004_w023	Cuba Oeste 1 - H3 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:33:06.403	m_w002_w013	Cuba Oeste 2 - H1.3 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 8:37:28.514	m_w002_w017	Cuba Oeste 2 - H1.1 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:40:40.509	m_w002_w013	Cuba Oeste 2 - H1.3 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:45:22.405	m_w002_w027	Cuba Oeste 2 - H3.13 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 8:46:33.014	m_w002_w044	Cuba Oeste 2 - H4.1 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 8:49:12.195	m_w002_w027	Cuba Oeste 2 - H3.13 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:50:19.864	m_w002_w044	Cuba Oeste 2 - H4.1 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:56:34.151	m_w004_w014	Cuba Oeste 1 - H4.4 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 8:59:56.966	m_w004_w018	Cuba Oeste 1 - H6.3 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 9:30:24.801	m_w001	Unidade concentradora 01 - FC1-UC1 (C01 H2 7) - Erro de comunicação SNMP	Alarme	SAU				
11-08-2011 9:31:06.091	m_w006_w025	Fans - H2.7 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 9:34:10.000	m_w003_w024	Cuba Oeste 2 - H5.15 - Válvula 1 - Fechada com caudal	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 9:37:28.539	m_w006_w008	Cuba Oeste 2 - H10.2 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 9:41:54.174	m_w006_w051	Cuba Oeste 2 - H11 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 9:43:53.000	m_w003_w024	Cuba Oeste 2 - H5.15 - Válvula 1 - Fechada com caudal	Alarme	SAU				
11-08-2011 9:46:10.416	m_w006_w051	Cuba Oeste 2 - H11 - Batéria baixa	Alarme	SAU				
11-08-2011 10:07:37.000	m_w006_w037	Cuba Oeste 2 - H11.4 - Batéria baixa	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 10:20:10.000	m_w002_w044	Cuba Oeste 2 - H4.1 - Válvula 2 - Fechada com caudal	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 10:28:05.000	m_w002_w044	Cuba Oeste 2 - H4.1 - Válvula 2 - Fechada com caudal	Alarme	SAU				
11-08-2011 11:28:01.000	m_w004_w014	Cuba Oeste 1 - H4.4 - Pressão acima do limite de medição	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 11:34:44.000	m_w006_w030	Cuba Este 2 - H4 - Válvula 1 - Fechada com caudal	Alarme	SAU				
11-08-2011 11:40:28.596	m_w004_w014	Cuba Oeste 1 - H4.4 - Pressão abaixo do limite de medição	Alarme	ENTRADO				
11-08-2011 11:40:28.599	m_w004_w014	Cuba Oeste 1 - H4.4 - Pressão acima do limite de medição	Alarme	SAU				

11-08-2011 9:46:10.416 Cuba Oeste 2 - H11 - Batéria baixa Alarme

11-08-2011 10:07:37.000 Cuba Oeste 1 - H11.4 - Batéria baixa Alarme

11-08-2011 10:28:05.000 Cuba Oeste 2 - H4.1 - Válvula 2 - Fechada com caudal Alarme

11-08-2011 11:34:44.000 Cuba Este 2 - H4 - Válvula 1 - Fechada com caudal Alarme

11-08-2011 11:40:28.596 Cuba Oeste 1 - H4.4 - Pressão abaixo do limite de medição Alarme

Figura 7 - Relatório tipo da folha de alarmes

6. CONCLUSÕES

Em suma, para um perfeito funcionamento de um sistema de automação e telegestão é preciso que se aperfeiçoem cada vez mais os seguintes pontos:

- Inteligência local das instalações remotas
- Sincronismo entre as diversas estações remotas
- Exactidão dos dados transmitidos
- Robustez do Sistema, mediante a instalação de equipamento industrial
- Correcta gestão do sistema de rega
- Expansibilidade, capacidade de crescimento e ampliação
- Robustez das comunicações

Uma última referência é devida para a necessidade impreterível de aferir e validar estes sistemas com dados da experiencia adquirida na exploração diária dos Bloco de Rega trabalho que na EDIA continua a ser aperfeiçoado e, está em curso.

BIBLIOGRAFIA:

Campo d'Água, Engenharia e Gestão, Bloco de Alfundão 2008

SERVIÇO DE APOIO À PRODUÇÃO AGRÍCOLA COM OPTIMIZAÇÃO DOS USOS DE REGA NO VALE DO SORRAIA

Carina C. M. ALMEIDA¹

Pedro C. LEITÃO²

Eduardo JAUCH³

Ramiro NEVES⁴

Luís ALMAS⁵

RESUMO

Nos dias de hoje a modernização do sistema de rega, passa não só pela melhoria das estruturas hidráulicas, mas também pela prestação de serviços que optimizem a eficiência agrícola. Esta optimização pode ser ao nível dos usos de água de rega e da produção das culturas. O serviço desenvolvido no projecto Aquapath-Soil (www.agro-evapo.eu), visou o apoio aos agricultores produtores de milho no Vale de Sorraia, no que diz respeito às quantidades de água de rega a aplicar, assim como ao estado das suas parcelas em relação a índice de área foliar e de evapotranspiração actual. Os utilizadores puderam ao longo do tempo visualizar o estado das suas parcelas sob a forma de mapas de índice de área foliar e evapotranspiração actual, assim como receber mensagens nos seus telemóveis com informação meteorológica (temperatura, precipitação e humidade relativa médias) e de evapotranspiração actual total medidas na semana anterior e para a próxima semana. A informação recebida é deduzida por modelos hidrológicos que correm em modo de previsão utilizando dados meteorológicos da semana anterior e previsões meteorológicas (<http://meteo.ist.utl.pt>) para a semana seguinte. A prestação deste serviço permitiu aos agricultores visualizar falhas nas suas parcelas, assim como concluir que a água aplicada poderá ser em excesso. Os resultados mostraram que parcelas de utilizadores poderiam ter sido regadas com cerca de 20% menos de água sem que fosse afectada a produção.

Palavras-chave: Optimização de rega, modelos, imagens de satélite, evapotranspiração, Índice de Área Foliar

¹ Eng.º do Ambiente, IST – MARETEC, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, +351.218419426, carina.almeida@ist.utl.pt

² Eng.º Agro-Industrial, IST – MARETEC, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, chambelpc@ist.utl.pt

³ Eng.º Agrónomo, IST – MARETEC, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, ramiro.neves@ist.utl.pt

⁴ Eng.º Mecânico, IST – MARETEC, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, eduardo.jauch@ist.utl.pt

⁵ Eng.º Informático, DEIMOS ENGENHARIA, Av. D. João II, Lote 1.17 Torre Zen, 10º, 1998-023 Lisboa, deimos@deimos.com.pt

1. INTRODUÇÃO

O Aquapath-soil (serviço de apoio à produção agrícola) tem como objectivo prestar serviços de apoio à rega, baseando-se na utilização de imagens de satélite, modelos hidrológicos e dados meteorológicos.

Na presente comunicação são apresentados os passos de como todo o serviço foi desenvolvido: área de implementação do serviço; breve descrição dos modelos hidrológicos utilizados; medidas de campo que foram realizadas; descrição dos produtos gerados das imagens de satélite; e toda a validação e calibração que foi realizada nos modelos, para que o serviço fosse o mais realista e consistente possível. Os produtos, como mapas de evapotranspiração actual e de Índice de Área Foliar, assim como o serviço de previsão enviados aos agricultores serão visualizados, sendo analisada a eficiência do serviço que foi prestado no ano de 2010.

2. DESCRIÇÃO DO SERVIÇO

2. 1. Área de implementação

O local de desenvolvimento deste serviço incidiu nas parcelas de produtores de milho do Vale do Sorraia, em Portugal (Figura 1). O Vale do Sorraia tem uma área de cerca de 15 500 ha com predominância das culturas de regadio como o milho, arroz e o tomate. A temperatura média e precipitação no ano de 2010 foram de 16.2°C e 953 mm, respectivamente. O período de crescimento das culturas de milho iniciou-se em Maio e terminou a meados de Outubro.

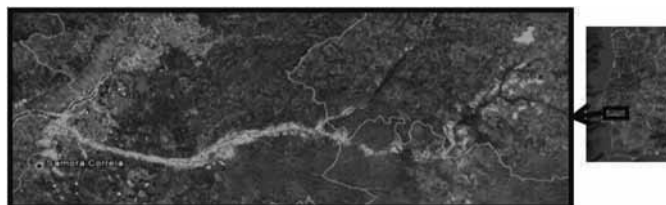


Figura 1 - Área de implementação do serviço - Vale do Sorraia, Portugal

2. 2. Modelos utilizados

2.2.1. MOHID Land

O modelo MOHID Land está integrado no sistema de modelos MOHID e beneficia do conhecimento acumulado neste sistema de modelos ao longo de duas décadas de desenvolvimento.

O modelo MOHID Land simula de forma integrada (i) o escoamento superficial; (ii) o escoamento nos canais que constituem a rede de drenagem; (iii) o escoamento na zona não saturada do solo (camadas acima do nível freático) e (iv) o escoamento na zona saturada do solo (aquífero). Estes escoamentos são interdependentes e a sua simulação integrada elimina a necessidade de hipóteses sobre as transferências entre aqueles domínios. A interacção entre os diferentes processos (e.g. troca de água entre o aquífero e da rede de drenagem) é calculada dinamicamente pelo modelo, tendo por base gradientes hidráulicos.

2.2.2. SWAT

O modelo **SWAT** (Soil and Water Assessment Tool) foi desenvolvido pela USDA Agricultural Research Service (USDA-ARS). O modelo SWAT é um modelo tridimensional com um passo temporal fixo de 1 dia que corre ao nível da bacia. O principal objectivo deste modelo é prever impactos de longo prazo de práticas agrícolas. Entre outros parâmetros este modelo permite estipular rotações de plantas, datas de sementeira e colheita, taxas e momento de aplicação de fertilizantes, pesticidas e rega. Este modelo pode ser usado para simular o ciclo da água e o ciclo do azoto e fósforo. Cada sub-bacia é dividida em várias inclinação de uso da terra, e combinações de tipo de solo, chamado de unidades de resposta hidrológica (HRUs).

O SWAT calcula a evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando três métodos diferentes: i) Priestley-Taylor (PRIESTLEY e TAYLOR, 1972) ii) Hargreaves (HARGREAVES *et al*, 1985) e iii) Penman-Monteith (PM) (MONTEITH, 1965). Todos os métodos utilizam medições meteorológicas para este cálculo. No entanto, o método de PM é o mais intensivo em termos de medições meteorológicas, mas também é considerado o mais exacto. O SWAT usa a ET_o para estimar evapotranspiração actual (ETA) (NEITSCH, 2005). Para isso considera a disponibilidade de água no solo, bem como o estágio de desenvolvimento da planta. A disponibilidade de água depende das propriedades do solo e práticas de rega, enquanto o desenvolvimento da planta depende de práticas agrícolas e da meteorologia. Este ETA distingue-se do ETC da FAO na medida em que depende da água disponível no solo e também porque tem um kc dinâmico que depende de um modelo de crescimento de planta. A desvantagem dos kc é serem determinados para a região, não representando especificidades de cada terreno.

2.3. Medidas de campo (Índice de Área Foliar)

Foram realizadas medidas de Índice de Área Foliar (IAF) durante a campanha da cultura de milho, entre Maio e Outubro. No total foram realizadas seis visitas às três parcelas (Figura 2) de agricultores considerados neste serviço (Parcela I, II e III).

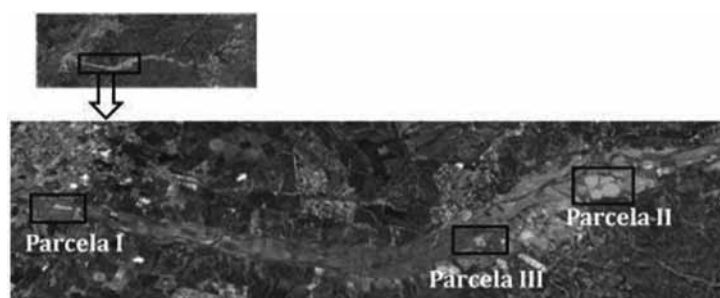


Figura 2 - Parcelas dos agricultores onde foram realizadas medidas de IAF

O Índice de Área Foliar do milho (e como em todas as culturas em geral) varia bastante, dependendo de vários factores como: a distância entre linhas e plantas, e em especial do tipo e características das cultura. Assim, é essencial que as medidas no campo sejam feitas em parcelas diferentes, com diferentes variedades da mesma cultura.

A estimativa do valor de Índice de Área Foliar foi feita com base no processamento de fotografias da vegetação através do software *Hemisfer*. As fotografias foram tiradas com uma máquina fotográfica a partir do solo e utilizando uma lente de olho de peixe que permite obter fotografias hemisféricas, com amplitude de 180°.

Os resultados destas medidas de campo foram utilizados para a calibração do modelo SWAT e das imagens de satélite.

2. 4. Imagens de satélite e produtos gerados

Foram recebidas dez imagens de satélite (Satélite Deimos-1) de Índice de Área Foliar ao longo da campanha da cultura do milho (entre Maio e Outubro), resultantes de imagens de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

As imagens de satélite, recebidas em formato TIF, foram convertidas em formato HDF5 para serem transformadas em mapas específicos para cada parcela do agricultor (através de uma ferramenta desenvolvida em MATLAB). O formato HDF5 das imagens de Índice de Área Foliar foi posteriormente utilizado como input no modelo MOHID Land para estimar valores de Evapotranspiração Actual e assim obter também mapas, para os agricultores, de Evapotranspiração Actual (ETA).

2. 5. Validação do modelo SWAT

A primeira validação do modelo foi relativa à evapotranspiração de referência. Para isso, os resultados do modelo SWAT foram comparados com os resultados obtidos directamente através da fórmula de Penman-Monteith do documento FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998). Quer no modelo, quer nos cálculos com a fórmula de Penman-Monteith foram utilizados os dados das estações meteorológicas da ARBVS (Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia) para o ano de 2009. A Figura 3 compara ambos os resultados, podendo-se observar que estes são muito semelhantes. Este resultado seria esperado uma vez que o SWAT utiliza a mesma fórmula para o cálculo da evapotranspiração de referência.

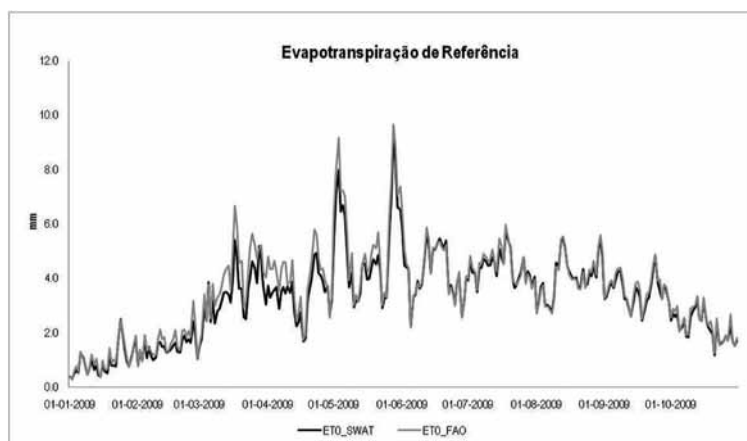


Figura 3 - Comparação entre os resultados de Evapotranspiração de Referência do modelo SWAT e calculados pela fórmula da FAO56 (Erro médio relativo = 0.48 mm)

De seguida, foi estudado o impacto que o uso de diferentes estações meteorológicas poderia ter no cálculo da evapotranspiração de referência com o modelo SWAT. Foram assim utilizados dados de temperatura (máxima e mínima), velocidade do vento e humidade relativa, referentes à estação de Barragem de Magos do SNIRH e da estação Paul Magos das estações da ARBVS (Figura 4), estações muito próximas espacialmente, mas de instituições diferentes.

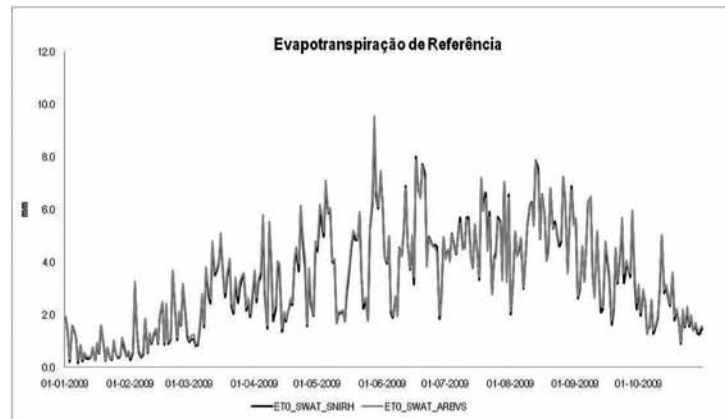


Figura 4 - Comparação dos valores de Evapotranspiração de Referência do modelo SWAT, utilizando diferentes estações meteorológicas (Erro médio relativo = 0.25 mm)

O impacto do uso de culturas de referência diferente nos valores de evapotranspiração também foi observado. A Figura 5 mostra o resultado da evapotranspiração de referência utilizando as resistências dos copados das culturas de luzerna e da relva, onde pode ser observado que as diferenças apresentam-se principalmente no período de rega. A cultura de luzerna apresenta sempre valores de evapotranspiração superiores, uma vez que tem maior resistência de superfície. Além disso, a luzerna pode ter uma altura máxima de 40 cm enquanto a relva atinge no máximo do seu crescimento uma altura de 12 cm.

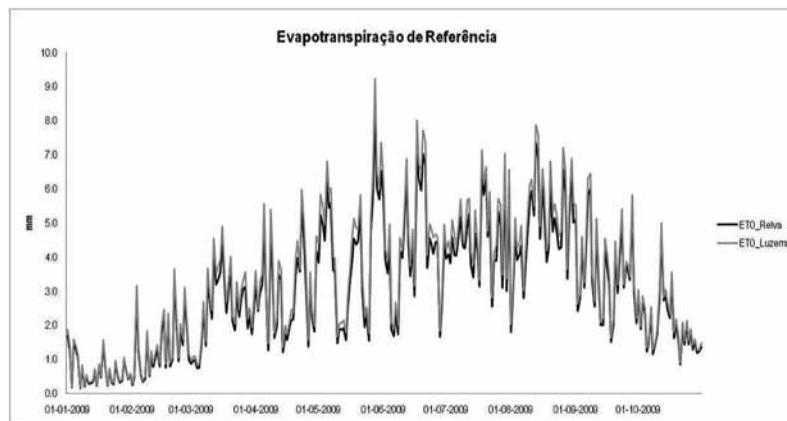


Figura 5 - Comparação dos resultados de evapotranspiração de referência obtidos para duas culturas de referência diferentes: luzerna e relva (Erro Médio Relativo = 0.35 mm)

O modelo SWAT estima as componentes da evapotranspiração (transpiração da cultura e evaporação do solo) utilizando a abordagem similar ao trabalho de Richtie (1972). A sublimação/evaporação do solo é calculada utilizando a equação:

$$E_s = E'_0 \cdot cov_{sol} \quad (1)$$

Em que:

E_s - máxima evaporação no solo num dia (em mm);

E'_0 - evapotranspiração de referência ajustada para a evaporação da água no copado (em mm);

cov_{sol} - índice de cobertura do solo.

O parâmetro cov_{sol} é a quantidade de biomassa e resíduo que se encontra no solo, estando a evolução biomassa directamente relacionada com índice de área foliar.

Sendo a máxima sublimação e evaporação do solo reduzida durante os períodos de maior uso de água pela cultura:

$$E'_s = \min \left[E_s, \frac{E_s \cdot E'_0}{E_s + E_t} \right] \quad (2)$$

Em que:

E'_s – máxima sublimação/evaporação do solo ajustada para o uso de água pela planta num dia (em mm);

E_s – máxima sublimação/evaporação do solo num dia (em mm);

E'_0 – evapotranspiração de referência ajustada para a evaporação da água no copado (em mm);

E_t – transpiração num dia (em mm).

Na Figura 6 pode-se observar a curva de Índice de Área Foliar, da transpiração das culturas e da evaporação do solo (componentes de evapotranspiração). No período inicial só a evaporação do solo é representado uma vez que a cultura ainda não iniciou o seu crescimento. Quando a cultura inicia o seu crescimento, observa-se o aumento da transpiração cultural e do IAF. Com este aumento, pode-se observar a diminuição da evaporação do solo, porque parte da água inicialmente no solo é consumida pelas culturas e, por conseguinte é transpirada. Assim, observa-se que a evapotranspiração está directamente relacionada com o Índice de Área Foliar.

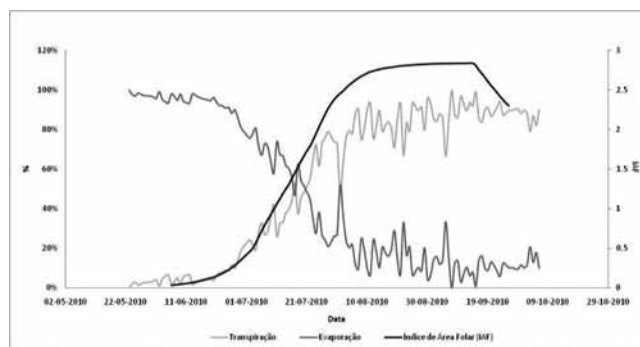


Figura 6 - Comparação dos resultados de transpiração cultural, evaporação do solo e Índice de Área Foliar, obtidos pelo modelo SWAT

Os resultados de evapotranspiração cultural de ambos os modelos (SWAT e MOHID Land) foram comparados com as medidas da estação da ARBVS (Figura 7), considerando valores de Kc disponibilizados pela associação. Concluiu-se que o comportamento dos modelos é muito consistente.

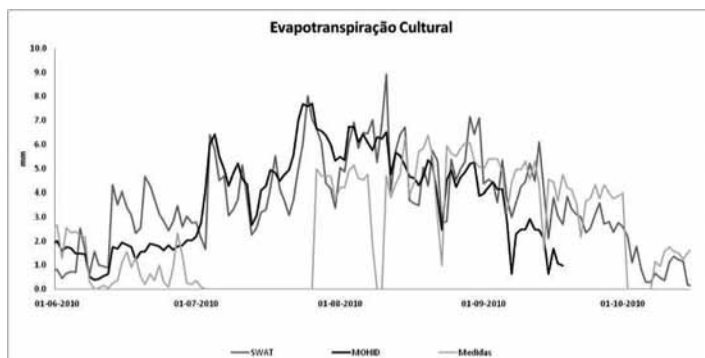


Figura 7 - Comparação dos resultados de evapotranspiração cultural com os modelos MOHID e SWAT, e com as medidas da ARBVS

2. 6. Calibração do modelo SWAT

O modelo SWAT foi calibrado com o resultado das medidas de campo de IAF. Estas medidas permitiram mostrar que o modelo após calibrado permite resultados muito consistentes e realistas para as parcelas em questão. Para esta calibração foram modificados dois parâmetros no modelo: o IAF máximo considerado para a cultura de milho que no modelo inicialmente apresenta o valor de 6, sendo diminuído para 3; e as unidades de calor da cultura de milho, que o modelo considera 1800 por defeito e foi alterado nas parcelas I e II para 2400 e na parcela III para 2200. Esta calibração permitiu uma melhoria significativa na curva de IAF resultante do modelo (na Figura 8, exemplo das curvas de IAF para a parcela II).

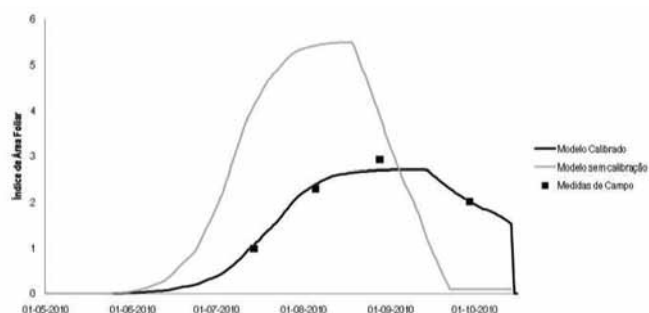


Figura 8 - Curvas de IAF resultantes do modelo SWAT calibrado e sem calibração, e as medidas de campo efectuadas

2. 7. Validação das previsões meteorológicas

A previsão do SWAT pode usar tanto os dados meteorológicos medidos como os previstos, sendo a coerência entre ambas extremamente importante para a uma previsão consistente da evapotranspiração. Foram assim comparadas as previsões numéricas com os valores medidos numa das estações da ARBVS. As Figura 9 a), b) e c) mostram que as previsões de temperatura, humidade relativa e precipitação são semelhantes às medidas da ARBVS, com uma ligeira sobrestimação da temperatura máxima diária. Na Figura 9 d) observa-se que as previsões da velocidade do vento não são muito consistentes com as medidas detectando-se pequenas flutuações. No entanto, o comportamento diário é bastante semelhante.

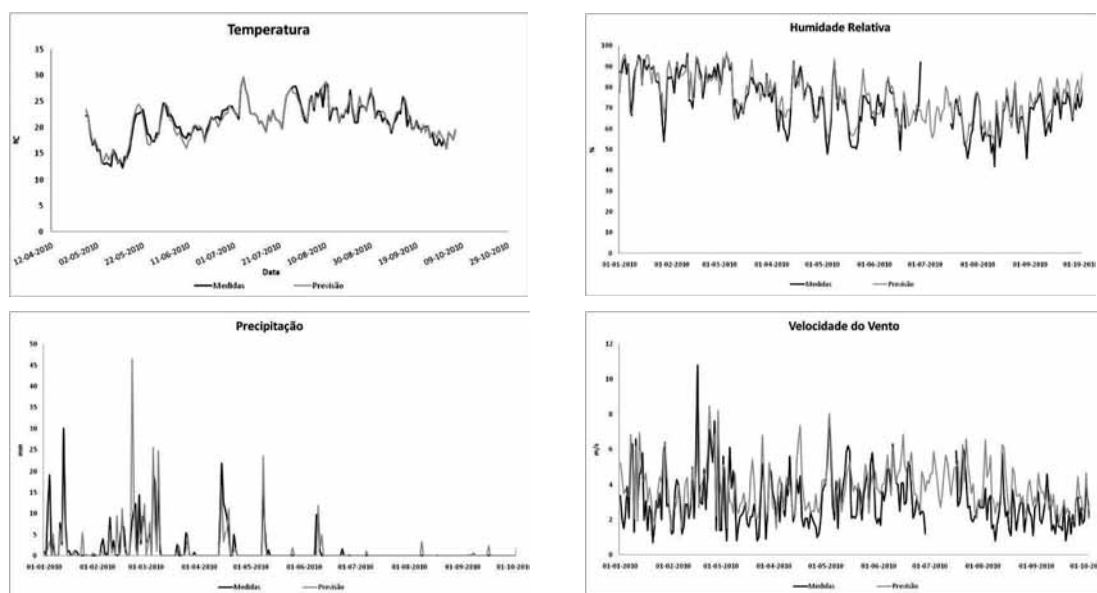


Figura 9 - Comparação das medidas meteorológicas da ARBVS e das previsões obtidas pelo modelo de temperatura (a), humidade relativa (b), precipitação (c) e Velocidade do vento (d)

2. 8. Serviço operacional de previsões: mensagens de telemóvel

As mensagens de telemóvel resultaram do modelo SWAT que correu em modo de previsão usando os dados meteorológicos das estações meteorológicas da ARBVS da semana anterior e as previsões meteorológicas para a semana seguinte.

Os dados meteorológicos da semana anterior provêm da estação mais próxima da parcela em questão, e as previsões meteorológicas são produzidas pelo modelo numérico MM5 (Mesoscale Model, Versão 5) que corre operacionalmente no IST (<http://meteo.ist.utl.pt>) para Portugal com 9 km de resolução espacial (TRANCOSO A.R., *et al.* 2007). As previsões são convertidas para um formato que pode ser lido pelos modelos MOHID Land e SWAT.

3. RESULTADOS

As mensagens de telemóvel foram enviadas todas as semanas durante o período de rega de 2010 (Maio a Setembro) para os seis produtores de milho do Vale do Sorraia considerados, com valores de temperatura, precipitação e evapotranspiração actual total (em milímetros) medidos na semana anterior e com os valores das previsões para a semana seguinte. Cada agricultor possui várias parcelas com pivôs que podem diferir entre si nas variedades das culturas, assim como nas práticas agrícolas (datas de sementeira, fertilização e de rega), sendo que cada mapa gerado de evapotranspiração actual e índice de área foliar, assim como as mensagens de telemóvel, foram produzidas de acordo com as parcelas que os agricultores identificaram. Cada agricultor pôde receber vários produtos para as diferentes parcelas identificadas como suas.

A Figura 10 mostra o esquema do serviço completo, com todas as etapas. As previsões diárias para os seis dias seguintes foram também mostradas na internet (Figura 11).

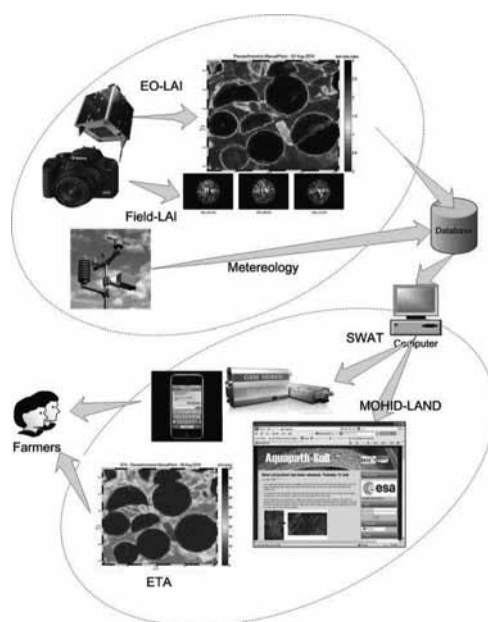


Figura 10 - Esquema do serviço Aquapath-Soil

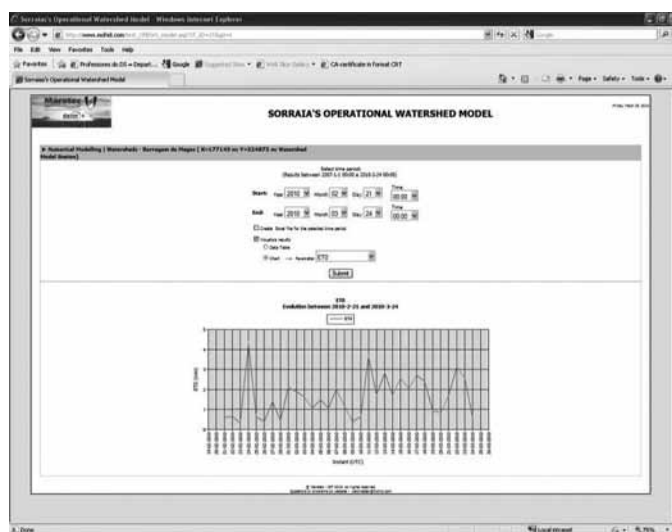


Figura 11 - Previsões do SWAT disponíveis na internet (www.agro-evapo.eu)

3. 1. Eficiência dos dados fornecidos nas mensagens de telemóvel

A Tabela 1 mostra um exemplo da informação de ETA enviada em cada semana para um dos agricultores, com as medidas na terceira coluna (semana anterior), a previsão na quarta coluna (semana seguinte), a diferença entre ambas na terceira coluna e a percentagem de erro na última coluna.

Tabela 1 Comparação dos resultados enviados de ETA, previsão da próxima semana e medidas da semana anterior, e erro estimado nas previsões

Semana	Data inicial	Semana Anterior (medidas)	Próxima Semana (previsão do modelo)	Erro	% de Erro
1	19-07-2010	30	38	-3	-8%
2	26-07-2010	41	60	13	22%
3	02-08-2010	47	50	-2	-4%
4	09-08-2010	52	51	8	16%
5	16-08-2010	43	32	-1	-3%
6	23-08-2010	33	31	1	3%
7	30-08-2010	30	36	-2	-6%
8	06-09-2010	38	24	-5	-21%
9	13-09-2010	29	25	-1	-4%
10	20-09-2010	26	15	-6	-40%
11	27-09-2010	21	14	-4	-29%
12	04-10-2010	18	8	3	38%
13	11-10-2010	5	6	-	-

3. 2. Mapas de Evapotranspiração Actual e de Índice de Área Foliar

Os mapas de índice de área foliar (Figura 12) e de evapotranspiração actual (Figura 13) foram entregues aos agricultores sob a forma de relatórios e também disponibilizados na página do projecto em cada área de utilizador em formato kmz de forma a ser possível visualizar directamente no Google Earth (Figura 14). A escala de cores varia entre o vermelho (mínimo) e o azul (máximo). Cada mapa de IAF dizem respeito ao dia da data a que foi tirada a imagem de satélite, enquanto que os mapas de evapotranspiração actual são referentes à evapotranspiração acumulada numa semana (em mm).

Cada mapa da figura seguinte representa a evolução ao longo dos meses do IAF para um conjunto de pivôs com a cultura de milho. O máximo de IAF observa-se no mês de Agosto diminuindo a partir do mês de Setembro e Outubro, período de senescência da cultura.

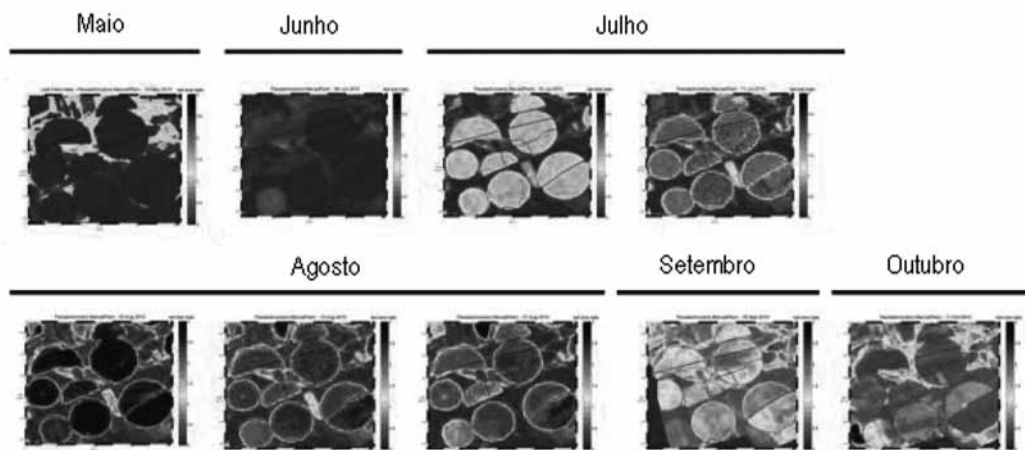


Figura 12 - Exemplo de alguns dos mapas de IAF que cada agricultor pôde visualizar

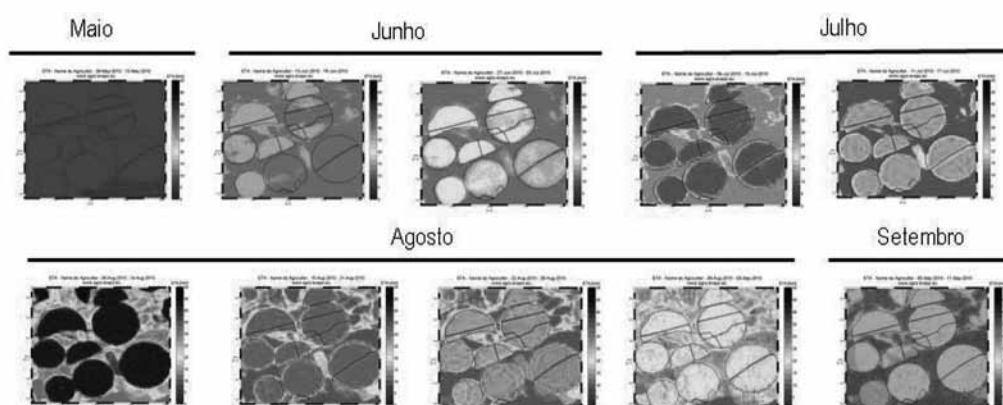


Figura 13 - Exemplo de alguns dos mapas de ETA que cada agricultor pôde visualizar

Cada mapa da figura acima apresenta um conjunto de pivôs com a cultura de milho, observando-se a evolução ao longo dos meses de ETA acumulada numa semana. O máximo de ETA observa-se no mês de Agosto sendo a partir do final de Agosto e em Setembro que se observa a diminuição da ETA, tal como seria de prever uma vez que a ETA está directamente relacionada com o IAF.

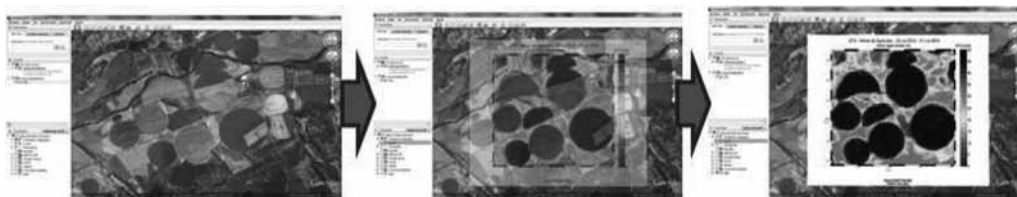


Figura 14 - Exemplo de visualização no Google Earth da ETA do dia 31 de Julho de 2010. A opção da transparência pode ser utilizada de forma a que o agricultor possa confirmar a localização das suas parcelas

Os agricultores puderam visualizar a evolução das suas parcelas ao longo de toda a campanha do milho (entre Maio e Outubro), observando falhas que possam existir em cada pivô, como por exemplo áreas com falta ou excesso de água, que possam afectar a produção final.

3. 3. Resultados de ETA e rega aplicada

De forma a perceber se a água de rega aplicada nas parcelas e a que foi evapotranspirada nas mesmas foi muito discrepante, comparou-se para um dos agricultores a dotação de rega efectivamente aplicada na parcela e os valores de evapotranspiração actual enviados por SMS ao mesmo agricultor (Figura 15).

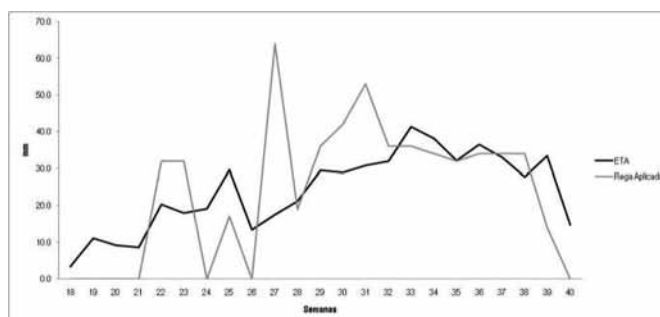


Figura 16 Comparação entre os valores previstos de evapotranspiração actual e a rega efectivamente aplicada na parcela

Os resultados mostram que a quantidade de água aplicada foi 20% acima do valor de ETA que foi estimado pelo modelo.

4. DISCUSSÃO

Neste primeiro ano de entrega do serviço, este foi avaliado positivamente pelos agricultores. Contudo existem ainda incertezas quanto às estimativas feitas. Este serviço pretendeu desde o princípio fornecer uma estimativa do que se convencionou chamar evapotranspiração actual. Contudo esta estimativa depende de diversos parâmetros que, quando desconhecidos, originam incerteza. Na perspectiva da melhoria do serviço apresentam-se de seguida esses parâmetros.

O método da estimativa do IAF baseia-se na análise de uma fotografia hemisférica. Este método poderá subestimar os valores de IAF, tendo em conta resultados obtidos para a região (Cameira, 1999). Estão a ser desenvolvidos/analísados outros métodos para calibrar e/ou validar os resultados.

As propriedades do solo são também utilizadas para estimar a quantidade de água disponível no solo. Em condições normais as culturas não estão em stress hídrico pelo que não se espera um impacto muito grande na ETA.

Os dados meteorológicos medidos também contribuem com alguma incerteza, tendo em conta a distância das propriedades em relação às estações e também a falhas e erros nas medições.

A data de sementeira fornecida pelo agricultor muda também a estimativa da ETA. As imagens de satélite de IAF permitirão com o tempo validar cada vez mais o valor fornecido.

Foram feitos alguns testes sobre o impacto que todas estas incertezas têm sobre o resultado final. O resultado destes testes serão publicados em revista da especialidade mas, a pré análise feita remetem para uma incerteza da ordem dos 10 a 20%.

A quantidade de água aplicada pelos agricultores influencia também a quantidade estimada de ETA. Não estando disponível a água aplicada por cada agricultor, utilizou-se valores típicos para a região. Espera-se que o serviço possa evoluir para obter este tipo de valores, sendo crucial a cooperação por parte do agricultor, pois o sistema desenvolvido permite facilmente incluir esta rega.

5. CONCLUSÕES

Este serviço permitiu aos agricultores do Vale do Sorraia receber por SMS a informação de evapotranspiração personalizada. Ou seja, o agricultor passou a receber para cada pivô a ETA que auxilia na decisão da rega a aplicar. Este serviço teve em conta um parâmetro bastante variável que é a data de sementeira. Esta avaliação positiva do serviço permitiu que ele se repetisse no presente ano.

O modelo MM5 permite previsões meteorológicas como a de temperatura, precipitação e humidade relativa semelhantes às medidas. Deste modo torna-se possível a estimativa de valores de ETo muito semelhantes aos estimados com as medidas das estações meteorológicas. Deste modo o modelo SWAT foi utilizado também em modo de previsão utilizando não só dados meteorológicos da semana anterior mas também as previsões para a semana seguinte.

Os resultados dos modelos SWAT e MOHID Land foram comparados com resultados obtidos directamente com as folhas de excel disponibilizadas pela FAO.

Observou-se que a aplicação de rega por alguns agricultores pode ser sobrestimada, podendo estes com base neste serviço gerir a água de rega aplicada com maior eficiência (em cerca de 20% menos de água aplicada) sem afectar a sua produção. Esta estimativa deverá ainda ser confirmada visto se esperar cerca de 10 a 20% de incerteza nos resultados do sistema.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES D.; SMITH, M. (1998). "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements". *FAO Irrigation and drainage paper 56*.

CAMEIRA M.R. (1999). "Balanço de água e azoto em milho regado no Vale do Sorraia: discussão dos processos de transferência e aplicação do modelo". Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Dep. Engenharia Rural.

HARGREAVES, G.L.; HARGREAVES, G.H.; RILEY, J.P. (1985). "Agricultural benefits for Senegal River Basin". *J. Irrig. and Drain. Engr.* pp. 111(2):113-124.

MONTEITH, J.L. (1965). "Evaporation and the environment". In *The state and movement of water in living organisms*. 19th Symposia of the Society for Experimental Biology. Cambridge Univ. Press, London, U.K, pp. 205-234.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; J.R., WILLIAMS, (2005). *Soil and Water Assessment Tool, Theoretical Documentation*, Version 2005. Blackland Research Center/Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Grassland/Temple, TX.

PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. (1972). "On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters". *Mon. Weather Rev.* pp.100:81- 92.

RITCHIE, J.T. (1972). "Model for predicting evaporation from a row with incomplete cover". *Water Resources Research*, 8, 1204-1213.

TRANCOSO, A. R.; DOMINGOS, J. D.; TORRES, P.; PESTANA, R. (2007) "Wind power predictability: comparative study of forecasts with MM5 and WRF for Portuguese Transmission System Operator". *7th EMS meeting / 8th ECAM*, Madrid (Espanha), 1-5 Outubro

IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO NA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Carla R. ANTUNES¹

Paulo F. RIBEIRO²

RESUMO

A monitorização dos recursos hídricos desempenha um papel fundamental no processo de planeamento e gestão integrada das massas de água de um território, na medida em que permite conhecer, avaliar e classificar o seu estado e, conseqüentemente, apoiar a tomada de decisão, na medida em que poderá restringir potenciais utilizações da água.

Na presente comunicação apresenta-se, como caso de estudo, o Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo, promovido pela Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas de Alqueva, S.A. e desenvolvido pela firma EngiRecursos, Consultoria em Engenharia e Ambiente, Lda. Este programa, tendo em consideração as disposições inerentes à aplicação da Directiva Quadro da Água (DQA), tem como objectivo primordial caracterizar o estado das massas de água na área de influência do referido bloco de rega, permitindo assim avaliar os potenciais impactes resultantes da sua implementação e exploração, em resposta às alterações decorrentes do aumento da aplicação de fertilizantes e de pesticidas.

De acordo com as normas fixadas pelo Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de Agosto, e com base nos resultados das campanhas analíticas dos diferentes parâmetros monitorizados, além de se avaliar a qualidade da água, também foram elaborados diagramas comparativos da evolução de cada parâmetro ao longo do programa de monitorização.

Da análise dos resultados verificou-se que grande parte dos parâmetros analisados nos vários locais de colheita se situa abaixo dos valores máximos admissíveis para o uso a que esta água se destina e que a evolução registada ao longo do programa é aceitável.

Palavras chave: Monitorização, Recursos hídricos, Gestão integrada.

¹ Engenheira Biofísica, Professora Auxiliar. Universidade do Algarve, 966376087, cmantunes@ualg.pt

² Engenheiro Agrónomo, EngiRecursos. Engenharia e Ambiente, Lda. Lisboa, 213632296, pfr@engirecursos.pt

1. INTRODUÇÃO

Face à importância dos recursos hídricos, nomeadamente no Alentejo, o respectivo controlo e monitorização são fundamentais para que seja garantida a gestão sustentada do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA). Neste enquadramento e, tendo em consideração as disposições constantes nas Declarações de Impacte Ambiental (DIA) e, também, inerentes à aplicação da Directiva Quadro da Água (DQA), transposta para o ordenamento jurídico nacional, pela Lei n.º 58/2005 (Lei da Água), de 29 de Dezembro, a Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas de Alqueva, S.A. (EDIA) tem vindo a promover a implementação de vários programas de monitorização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quer ao nível da rede primária de rega, quer da rede secundária.

A informação resultante destes programas de monitorização desempenha um papel fundamental no processo de planeamento e gestão integrada das massas de água de um território, na medida em que permite conhecer, avaliar e classificar o seu estado nas componentes qualitativa e quantitativa e, conseqüentemente, apoiar a tomada de decisão nas utilizações de recursos hídricos. A monitorização da qualidade da água assume assim um papel relevante na gestão integrada do EFMA, na medida em que poderá restringir potenciais utilizações da água.

Entre os diversos programas de monitorização promovidos e implementados pela EDIA apresenta-se na presente comunicação, como caso de estudo, o Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo, programa implementado na rede secundária de rega, na área do referido bloco de rega. Este programa tem como objectivo primordial caracterizar o estado quantitativo e qualitativo das massas de água na área de influência do referido bloco de rega, permitindo assim avaliar os potenciais impactes resultantes da sua implementação e exploração, em especial a evolução do Sistema Aquífero Évora-Montemor-Cuba (Almeida *et al.*, 2000), em resposta às alterações decorrentes do aumento da aplicação de fertilizantes e de pesticidas. Este programa, além de actualizar a informação de base, disponibiliza informação que permite avaliar as repercussões do sistema de rega nas águas subterrâneas e reajustar a estratégia de exploração do projecto ao longo do seu tempo de vida.

O programa de monitorização apresentado incide sobre 10 captações de água subterrânea, localizadas nos concelhos de Évora e de Portel, nas quais foram realizadas sete campanhas de amostragem, no período entre Abril de 2008 e Setembro de 2009.

Com base nos resultados das campanhas analíticas e com recurso ao tratamento estatístico dos valores dos diferentes parâmetros monitorizados, avaliou-se a qualidade da água, de acordo com as normas fixadas pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Também foram utilizados diagramas comparativos da evolução de cada parâmetro ao longo do programa de monitorização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O programa de monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo é composto por 10 captações de água subterrânea (Figura 1), localizadas nos concelhos de Évora (freguesias de N. Srª de Machede e de S. Manceos) e de Portel (freguesia de Monte do Trigo). Durante o programa foram realizadas sete campanhas de amostragem, de periodicidade trimestral e semestral, no período entre Abril de 2008 e Setembro de 2009.



Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem

No Quadro 1 apresenta-se uma breve descrição dos pontos de amostragem seleccionados para monitorização da qualidade da água subterrânea.

Quadro 1 – Pontos de amostragem

Nº ERHSA*	Nº INAG**	Designação	Tipo	Monitorização
460U143	460/158	Fonte do Loureiro	Nascente	Qualidade
472R1601	472/14	Monte do Casão (São Manços)	Piezómetro	Piezometria
472U005	472/22	Courela do Outeiro	Furo	Qualidade
471U053	471/65	Monte Limpinho	Poço	Qualidade e Piezometria
471R486	471/7	Courelas da Serra de Baixo	Furo	Qualidade
472R239	472/2	Courela do Outeiro	Furo	Qualidade
471U047	471/59	Monte Messias	Poço	Qualidade
471U036	471/48	Monte da Cachupa	Poço	Qualidade e Piezometria
472U033	472/49	Monte Cereira	Nascente	Qualidade
472U031	472/47	Monte da Pecena	Furo	Qualidade

* Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo

** Instituto da Água

Os parâmetros monitorizados com periodicidade trimestral foram o nível piezométrico, temperatura, pH, condutividade, dureza total, cloretos, nitratos, nitritos e fosfatos. Os de periodicidade semestral foram o bicarbonato/carbonato, cálcio, fósforo, magnésio, substâncias activas dos pesticidas, incluindo os respectivos metabolitos e produtos de degradação e de reacção (pesticidas analisados: clortolurão, linurão, metalaxil, terbutilazina e metabolito - desetilterbutilazina), potássio, sódio e sulfatos.

Em cada campanha de amostragem foi preenchida uma ficha de campo, onde se registaram os dados e observações respeitantes ao local de amostragem e à própria amostragem.

Em cada um dos pontos seleccionados para a monitorização foi recolhida uma amostra de água (Figura 2), em que as colheitas foram efectuadas após a recusa dos primeiros litros de água

e após se ter verificado a estabilização dos parâmetros temperatura, pH e condutividade eléctrica, cujas medições foram *in situ*. O volume de água recolhida foi cerca de 2 litros, sendo a amostra conservada num frasco cuidadosamente limpo e a uma temperatura próxima de 4°C, de acordo com a informação veiculada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.



Figura 2 – Ilustração de recolha de água

Os procedimentos de amostragem para a realização da monitorização dos recursos hídricos subterrâneos e os métodos utilizados para a análise laboratorial foram os de referência da legislação, designadamente os indicados no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Para a medição da posição do nível de água foi utilizada uma sonda de níveis piezométricos.

Admitindo que a qualidade da água não deve ser analisada independentemente do fim a que se destina e, no sentido de estabelecer um quadro de referência devidamente fundamentado, os resultados das campanhas analíticas foram comparados com os limites estabelecidos pelo referido Decreto-Lei n.º 236/98 (VMR - Valor Máximo Recomendável; VMA - Valor Máximo Admissível), para a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, definidos pelos Anexos I e VI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em seguida, para cada um dos parâmetros analisados durante o programa, apresentam-se os principais resultados obtidos e a representação gráfica da evolução de cada parâmetro.

3. 1. Temperatura e pH

Em termos médios, os pontos Courela do Outeiro (472R239) e Monte da Pecena são os que apresentam a temperatura mais elevada e o Monte da Cachupa o que apresenta o menor valor. O ponto Courela do Outeiro referido é aquele em que o desvio padrão é menor. O valor mais elevado (25,4°C) e o menor (12,4°C) registou-se no Monte Limpinho, na 2ª e 4ª campanhas, respectivamente.

Da análise da Figura 3 verifica-se que em todos os locais de amostragem os valores de temperatura registados na 2ª e 6ª campanhas são superiores aos registados nas restantes, excepto no ponto Fonte do Louseiro, em que o valor mais elevado se registou na 7ª campanha.

Da análise da Figura 4 observa-se que na maioria dos locais de amostragem os valores de pH registados na 6ª campanha são superiores aos registados nas restantes, excepto nos pontos Courela do Outeiro (472U005) e Monte da Pecena.

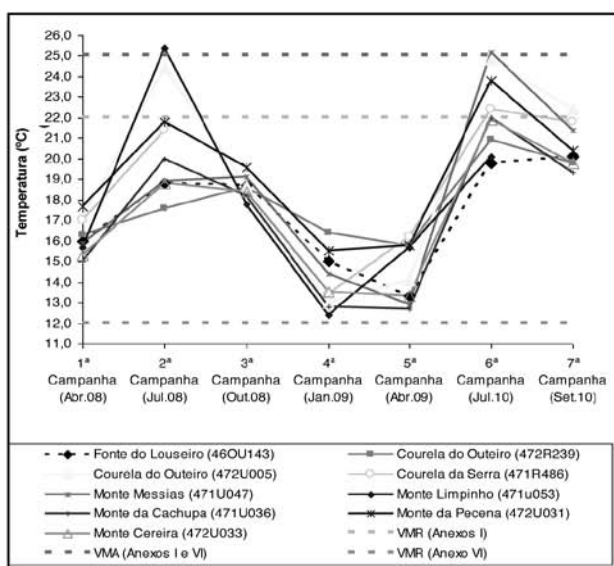


Figura 3 – Valores de temperatura [°C]

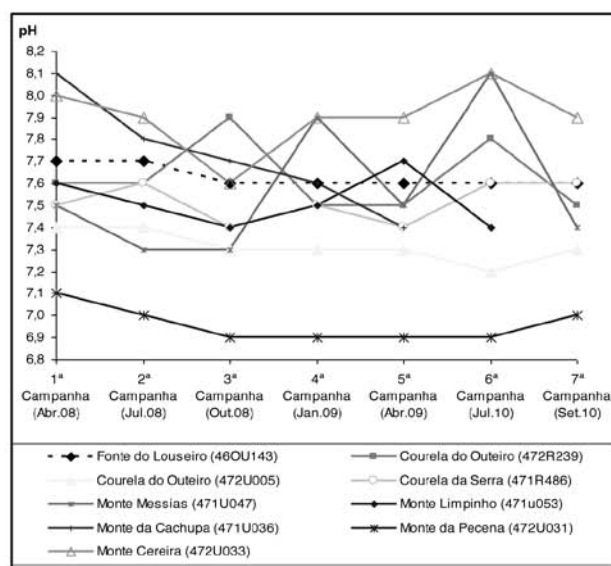


Figura 4 – Valores de pH

Em termos médios, os pontos Monte da Cachupa e Monte Cereira são os que apresentam o pH mais elevado e Courela do Outeiro (472U005) o que apresenta o menor pH. O ponto Fonte do Louseiro é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (8,2) se registou no Monte da Cachupa (6ª campanha), e o menor (6,9) no Monte da Pecena nas 2ª, 4ª e 5ª campanhas.

3. 2. Condutividade e dureza total

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de condutividade mais elevado e Courela da Serra o que apresenta o menor valor. O ponto Courela do Outeiro (472U005) é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (2 640 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se registou no Monte Limpinho, (6ª campanha), e o menor (577 $\mu\text{S}/\text{cm}$) no Monte Cereira (2ª campanha).

Da análise da Figura 5 verifica-se que ao longo do programa os valores de condutividade registados nos vários locais não sofreram praticamente variações, excepto nos pontos Monte Limpinho em que se registou um decréscimo relevante da 1ª para a 2ª campanha e um acréscimo significativo da 4ª para a 5ª e, no Monte da Cachupa em que se registou um acréscimo significativo da 1ª para a 2ª campanha.

Da análise da Figura 6 observa-se que em cada um dos locais de amostragem os valores de dureza total registados nas campanhas também não sofreram variações significativas, excepto no Monte Limpinho em que este parâmetro registou um acréscimo muito significativo da 4ª para a 5ª campanha e no Monte da Cachupa em que também se registaram acréscimos durante as três primeiras campanhas, sendo esse aumento mais significativo da 1ª para a 2ª campanha.

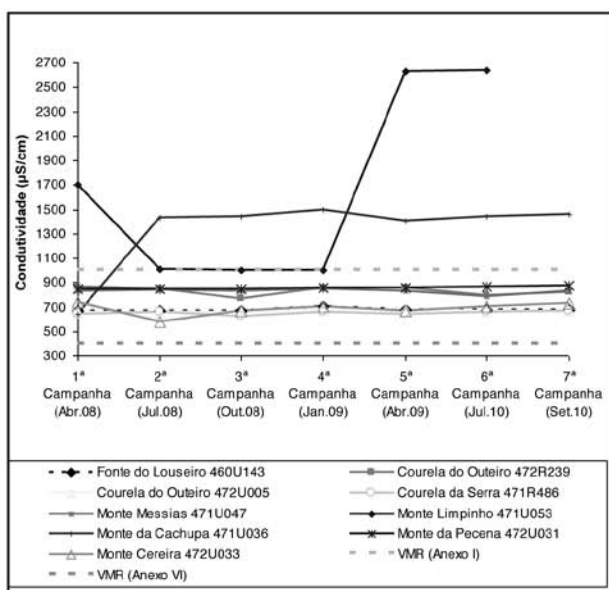


Figura 5 – Valores de condutividade

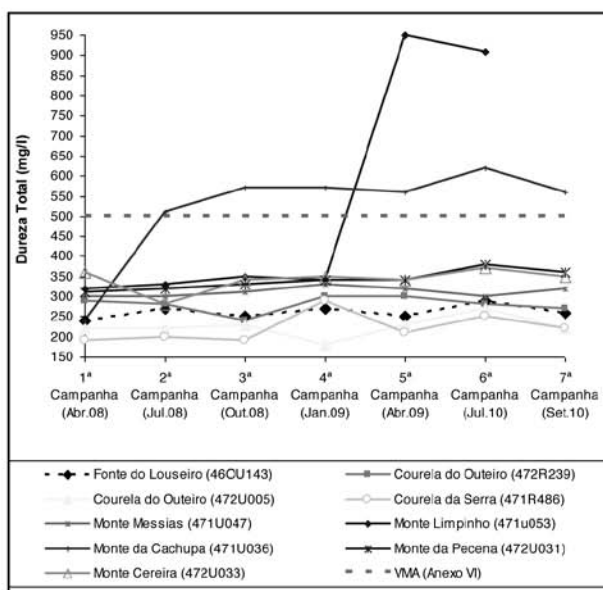


Figura 6 – Valores de dureza total

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de dureza total mais elevado e Courela da Serra o que apresenta o menor valor. O Monte Messias é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (950 mg/l) se registou no Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (180 mg/l) na Courela do Outeiro (472U005), na 4ª campanha.

3. 3. Cloretos e nitratos

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de cloretos mais elevado e o Monte Cereira o que apresenta o menor valor. O ponto Courela da Serra é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor de cloretos mais elevado (570 mg/l) se registou no Monte Limpinho, (6ª campanha), e o menor (25,0 mg/l) no Monte Cereira (2ª campanha).

Da análise da Figura 7 observa-se que em cada um dos locais os valores de cloretos registados nas campanhas não sofreram praticamente variações significativas, excepto no Monte Limpinho em que este parâmetro registou um acréscimo muito significativo da 4ª para a 5ª campanha e no Monte da Cachupa em que este parâmetro também registou acréscimos durante as quatro primeiras campanhas, sendo o aumento mais marcante da 1ª para a 2ª campanha.

Da análise da Figura 8 conclui-se que os valores de nitratos registados em cada um dos pontos também são da mesma ordem de grandeza ao longo das campanhas de amostragem. As maiores variações registaram-se nos pontos Monte da Pecena, que é aquele que apresenta valores mais elevados, no Monte Limpinho que registou uma subida acentuada na 5ª campanha e na Courela da Serra que também registou uma subida acentuada na 7ª campanha.

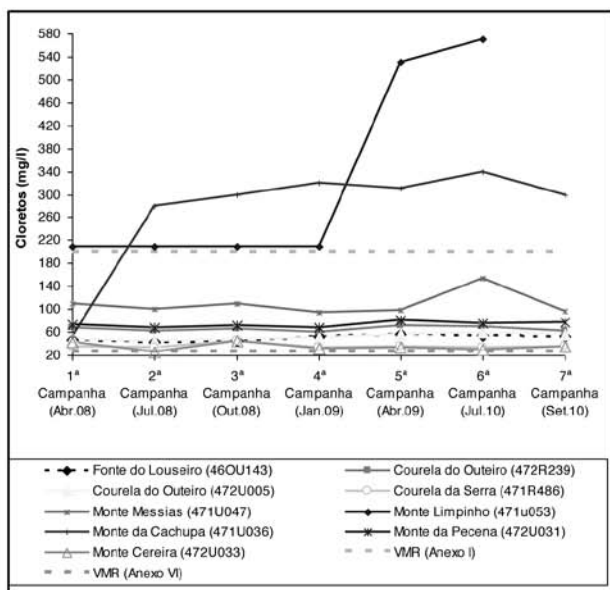


Figura 7 – Valores de cloretos

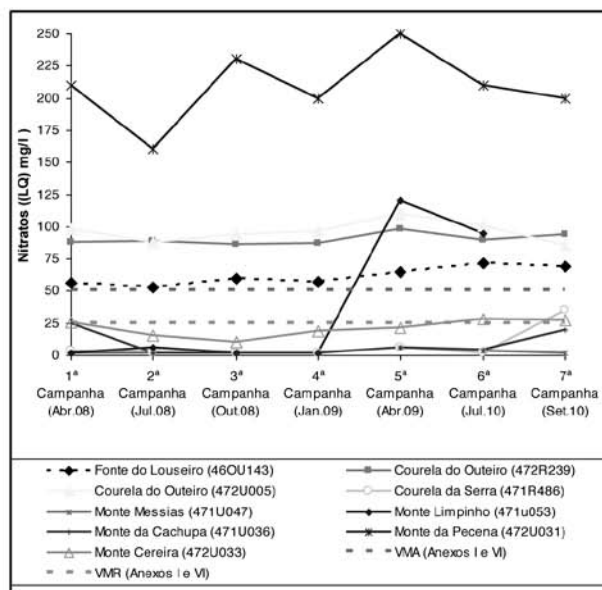


Figura 8 – Valores de nitratos

Em termos médios, o Monte da Pecena é o que apresenta o valor de nitratos mais elevado e o Monte Messias o que apresenta o menor. O Monte Messias é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (250 mg/l) se registou no Monte da Pecena (5ª campanha), e o menor (2,0 mg/l) nos pontos Courela da Serra, Monte Messias, Monte Limpinho e Monte da Cachupa, em várias campanhas.

3. 4. Nitritos e fosfatos

Em termos médios, verifica-se que todos os pontos apresentam o mesmo valor de nitritos (0,20 mg/l), excepto os pontos Courela do Outeiro (472R239), Courela do Outeiro (472U005), Monte Limpinho e Monte Cereira, sendo o ponto Courela do Outeiro (472U005) o que apresenta o valor médio mais elevado (0,043 mg/l).

Da análise da Figura 9 observa-se que ao longo das campanhas todos os pontos se mantiveram abaixo do VMA, com excepção do ponto Courela do Outeiro (472U005) que na 3ª campanha ultrapassou o VMA (0,130mg/l). O ponto Courela do Outeiro (472R239) registou uma subida entre a 2ª e 3ª campanha, e o Monte Limpinho entre a 5ª e a 6ª campanha, não tendo sido ultrapassado o VMA.

Da análise da Figura 10 observa-se que na maioria dos locais de amostragem os valores de fosfatos registados nas várias campanhas são semelhantes ao longo do programa e da mesma ordem de grandeza nos vários locais. No entanto, esta situação não se verifica no ponto Monte Cereira em que, na 3ª campanha, houve um aumento do valor de fosfatos (0,95 mg/l).

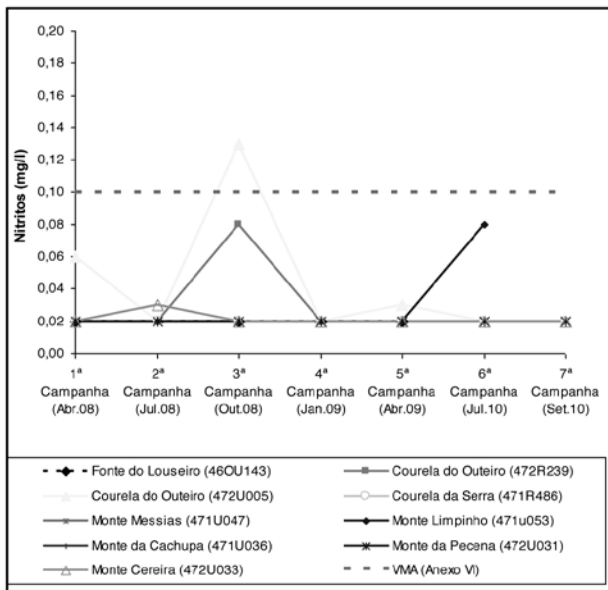


Figura 9 – Valores de nitritos

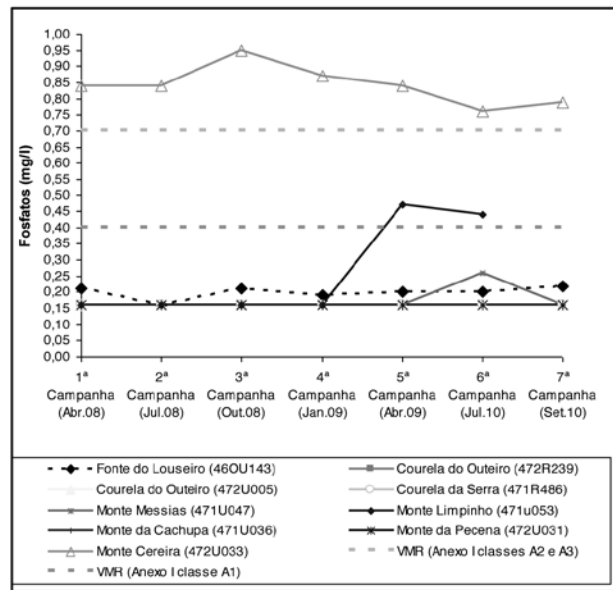


Figura 10 – Valores de fosfatos

No Monte Limpinho e no Monte Messias na 5ª e 6ª campanhas, respectivamente, também se registou um aumento significativo do valor de fosfatos, comparativamente às restantes campanhas. No ponto Monte da Pecena verifica-se um decréscimo no valor de fosfatos na 2ª campanha.

3. 5. Bicarbonatos e cálcio

Em termos médios, o Monte Cereira é o que apresenta o valor de bicarbonatos mais elevado e o Monte da Pecena o que apresenta o menor valor, sendo, também, este ultimo ponto aquele em que o desvio padrão é menor. O valor de bicarbonatos mais elevado (420,0 mg/l) registou-se no Monte Cereira (7ª campanha), e o menor (180,0 mg/l) no Monte da Pecena (1ª campanha).

Da análise da Figura 11 observa-se que na grande maioria dos locais de amostragem os valores de bicarbonatos registados são da mesma ordem de grandeza. Excepto no ponto Courela do Outeiro (472R239) em que se registou um decréscimo significativo na 3ª e 7ª campanhas e no Monte da Cachupa em que se registou um aumento na 3ª campanha.

Da análise da Figura 12 observa-se que na grande maioria dos locais de amostragem os valores de cálcio registados nas campanhas são da mesma ordem de grandeza. Excepto no ponto Courela do Outeiro (472R239) em que se registou um decréscimo no valor de cálcio nas 3ª e 7ª campanhas, no ponto Monte da Cachupa em que se registou um aumento significativo na 3ª campanha e no Monte Limpinho em que se registou um decréscimo na 5ª campanha.

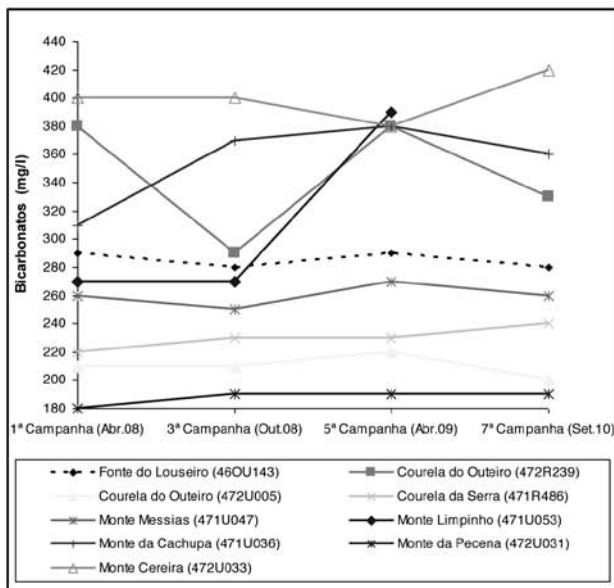


Figura 11 – Valores de bicarbonatos

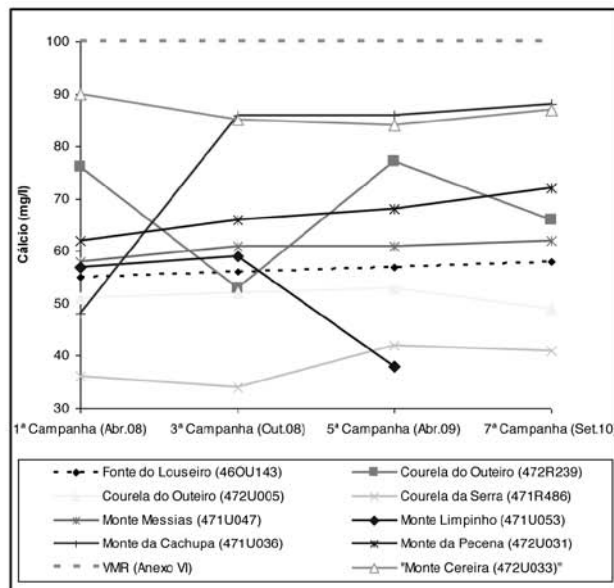


Figura 12 – Valores de cálcio

Em termos médios, o Monte Cereira é o que apresenta o valor de cálcio mais elevado e a Courela da Serra o que apresenta o menor valor. O ponto Fonte do Louseiro é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (90,0 mg/l) se registou no Monte Cereira (1ª campanha), e o menor (34,0 mg/l) na Courela da Serra (3ª campanha).

3. 6. Fósforo e magnésio

Os valores de fósforo registados ao longo do programa são semelhantes e da mesma ordem de grandeza nos vários locais. Em termos médios, relativamente aos registos efectuados em cada ponto, o Monte Cereira é o que apresenta o valor médio mais elevado.

Da análise da Figura 13 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de fósforo registados nas campanhas são semelhantes e da mesma ordem de grandeza nos vários locais. Excepto no Monte Cereira em que, além dos valores de fósforo serem bastante superiores aos registados nos outros locais, também se verificou um aumento no valor registado na 3ª campanha. Nos pontos Monte Limpinho e Monte da Pecena os valores de fósforo registados na 5ª campanha são bastante superiores aos registados nas campanhas anteriores.

Da análise da Figura 14 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de magnésio registados nas campanhas são semelhantes. Excepto nos pontos Monte da Cachupa, em que se verificou um aumento muito significativo no valor registado na 3ª campanha, e no Monte Limpinho em que o valor registado na 5ª campanha é bastante superior aos registados nas campanhas anteriores.

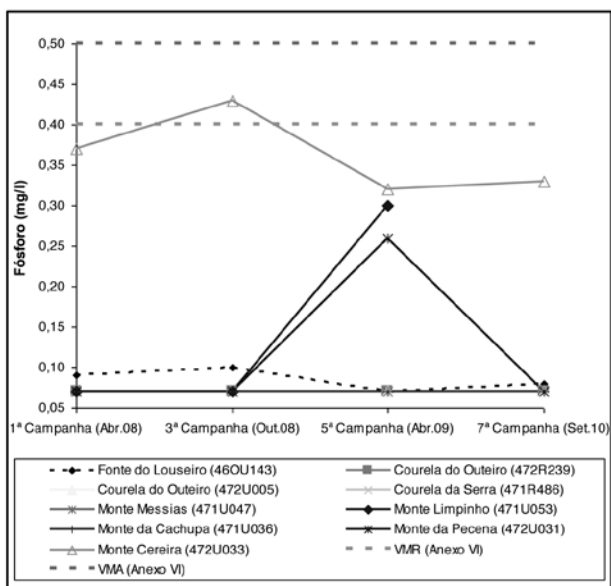


Figura 13 – Valores de fósforo

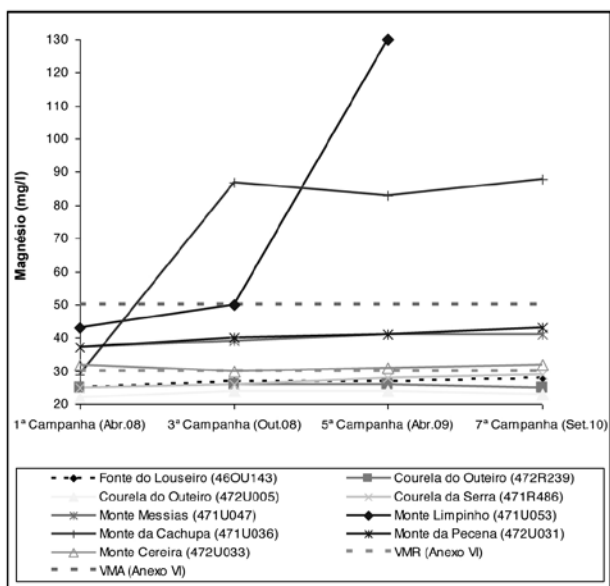


Figura 14 – Valores de magnésio

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de magnésio mais elevado e Courela do Outeiro (472U005) o que apresenta o menor valor. O ponto Courela do Outeiro (472R239) é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (130,0 mg/l) registou-se no ponto Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (22,2 mg/l) na Courela do Outeiro (472U005), na 1ª campanha.

3. 7. Pesticidas

Ao longo do programa de monitorização, nos vários pontos de amostragem, os valores dos pesticidas analisados (clortolurão, linurão, metalaxil, terbutilazina e metabolito - desetilterbutilazina) são bastante inferiores aos VMR.

3. 8. Potássio e sódio

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de potássio mais elevado e o ponto Courela do Outeiro (472R239) o que apresenta o menor valor. O valor de potássio mais elevado (14 mg/l) registou-se no Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (1,8 mg/l) na Courela do Outeiro (472R239), na 1ª campanha.

Da análise da Figura 15 observa-se que em vários locais de amostragem os valores de potássio registados na 3ª e 5ª campanhas são superiores aos da primeira, sendo o aumento mais significativo no Monte da Cachupa e no Monte Limpinho, na 3ª e 5ª campanhas, respectivamente.

No Monte da Pecena o valor de potássio registado na 3ª campanha é inferior ao da 1ª, tendo sido o valor registado na 5ª campanha superior ao das restantes. No ponto Fonte do Louseiro o valor de potássio manteve-se igual ao longo das campanhas de amostragem. Nos pontos Monte de Messias, Monte Cereira e Courela da Serra o valor de potássio manteve-se igual ao longo das campanhas de amostragem, excepto na última em que o valor deste parâmetro sofreu um aumento.

Em termos médios, o ponto Monte Limpinho é o que apresenta o valor de sódio mais elevado e o Monte Cereira o que apresenta o menor valor. O ponto Fonte do Louseiro é aquele em que o

desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (190 mg/l) se registou no Monte Limpinho, (5ª campanha), e o menor (39,8 mg/l), no Monte Cereira (1ª campanha).

Da análise da Figura 16 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de sódio registados nas campanhas também são da mesma ordem de grandeza. Excepto nos pontos Monte Cachupa, Courela da Serra e Monte Limpinho em se registou um aumento na 2ª, 7ª e 5ª campanhas, respectivamente.

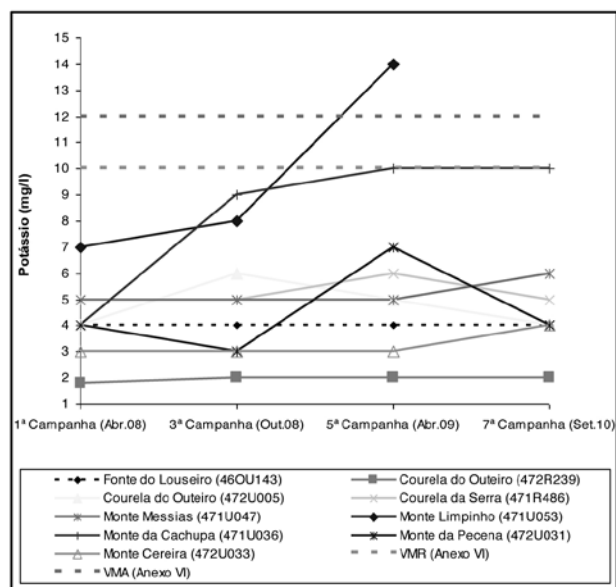


Figura 15 – Valores de potássio

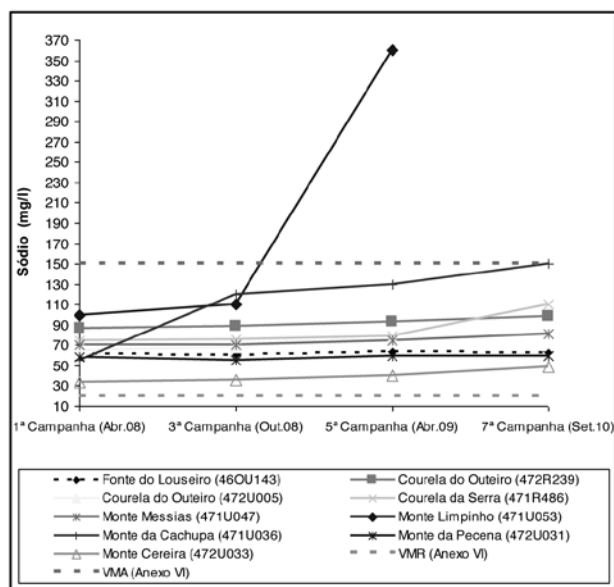


Figura 16 – Valores de sódio

3. 9. Sulfatos e nível piezométrico

Em termos médios, o Monte Limpinho é o que apresenta o valor de sulfatos mais elevado e Courela do Outeiro (472R239) o que apresenta o menor valor. O Monte da Pecena é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o valor mais elevado (280 mg/l) se registou no Monte Limpinho (5ª campanha), e o menor (31,0 mg/l) no Monte Cachupa (1ª campanha).

Da análise da Figura 17 observa-se que nos vários locais de amostragem os valores de sulfatos registados nas várias campanhas também são da mesma ordem. Excepto no Monte Limpinho, em se registou um aumento significativo nos valores de sulfato registados na 5ª campanha.

Em termos médios, o Monte do Casão é o que apresenta o nível piezométrico mais elevado e o Monte da Cachupa o que apresenta o menor valor médio. Este último ponto é aquele em que o desvio padrão é menor, sendo que o nível piezométrico mais elevado (14,3) se registou no Monte do Casão (2ª campanha) e o menor (1,6) no Monte Limpinho e no Monte da Cachupa, na 2ª e 1ª campanhas, respectivamente

Da análise da Figura 18 observa-se que no Monte Limpinho se registou uma variação de nível significativa entre a 1ª e a 2ª campanha, tendo-se mantido praticamente constante nas campanhas seguintes. No Monte de Casão a variação mais significativa registou-se entre a 2ª e a 3ª campanha. No Monte da Cachupa as variações mais significativas registaram-se nas três primeiras campanhas.

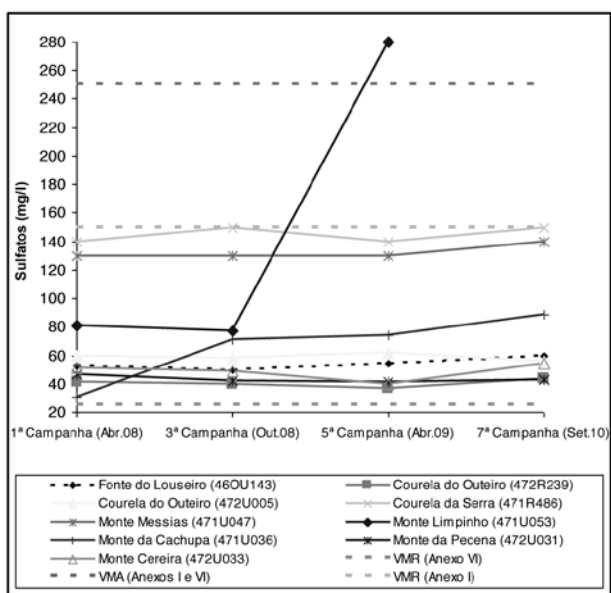


Figura 17 – Valores de sulfatos

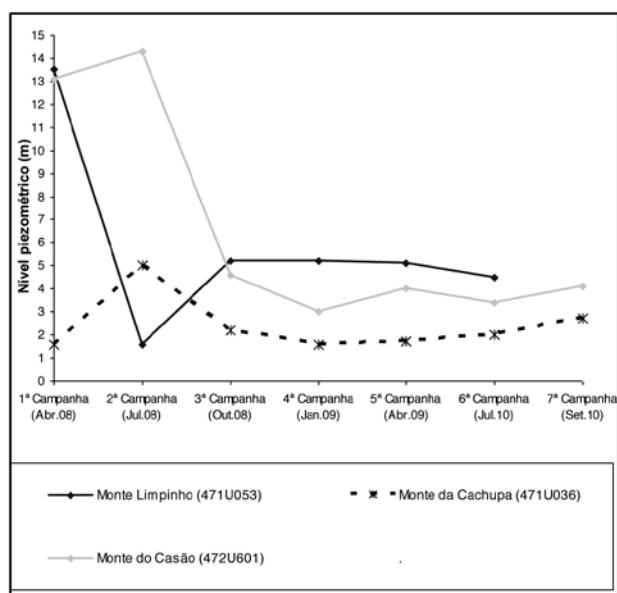


Figura 18 – Nível piezométrico registado no Monte Limpinho, no Monte da Cachupa e no Monte Casão

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados durante o Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Bloco de Rega do Monte Novo apontam para uma correcta adequação do programa aos objectivos visados, já que a evolução registada nos parâmetros em análise se considera normal, tendo em conta o esperado e as ocorrências pontuais registadas na envolvente dos pontos de amostragem. Por esta razão, não se considerou necessário durante as campanhas proceder a ajustamentos ao programa estabelecido.

De acordo com os Anexos I e VI do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, em todas as campanhas de amostragem, a maior parte dos parâmetros analisados nos vários locais de colheita situam-se abaixo do Valor Máximo Admissível (VMA).

Durante o programa de monitorização, os pontos de amostragem Monte Limpinho (471U053) e Monte da Cachupa (471U036) foram aqueles em que se verificou um maior número de resultados em que o Valor Máximo Recomendado (VMR) e VMA foram ultrapassados, para a qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, definidos pelos Anexos I e VI do referido decreto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EDIA, em particular ao DAOT, pela disponibilização dos dados, o que tornou possível a elaboração da presente comunicação.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, C.; MENDONÇA, J.J.L.; JESUS, M.R.; GOMES, A.J. (2000) – Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal, Centro de Geologia do INAG. Lisboa.

Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. Diário da República n.º 249/05 – I Série – A. Assembleia da República. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Diário da República n.º 176/98 – I Série – A. Ministério do Ambiente.

A QUALIDADE DAS MASSAS DE ÁGUA NOS APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS DO SUL DE PORTUGAL – O CASO DO EFMA

Manuela RUIVO¹

Martinho MURTEIRA²

Ana ILHÉU³

RESUMO

Consciente da importância que a monitorização representa para uma gestão sustentável dos recursos hídricos superficiais a EDIA tem promovido uma série de acções que visam monitorizar as massas de água integradas no EFMA.

Com a evolução da fase de exploração da rede primária de rega, assumiu-se como prioritário a definição de um programa de monitorização que considerasse as diferentes infra-estruturas como um todo, tendo em conta as suas especificidades e as do meio onde se inserem, assim como as responsabilidades atribuídas à EDIA no âmbito do Contrato de Concessão. Actualmente, para monitorização da rede primária do EFMA, a EDIA dispõe de um conjunto de estações automáticas e convencionais.

A análise dos resultados da monitorização das massas de água permite avaliar, entre outros aspectos, a adequabilidade da água para rega, apresentando-se na presente comunicação uma síntese da análise efectuada ao histórico de dados. De acordo com a aplicação do critério de classificação para a verificação da conformidade da qualidade da água para rega definido no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, os parâmetros que condicionaram a referida classificação são: coliformes fecais; cloretos; pH; sólidos suspensos totais; condutividade eléctrica; ferro; e nitratos.

Face aos resultados da monitorização, bem como ao conhecimento que a EDIA possui da área de intervenção, sempre que necessário são promovidas as acções necessárias à identificação de situações de risco para a qualidade da água e implementadas, dentro das suas competências uma série de medidas preventivas e correctivas para assegurar a protecção das massas de água do EFMA.

PALAVRAS CHAVE: Albufeira, Monitorização, Qualidade da Água, Rega

¹ Eng.º do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, mruivo@edia.pt

² Eng.º dos Recursos Hídricos, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, mmurteira@edia.pt

³ Eng.º do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, ailheu@edia.pt

1. EMPREENDIMENTO DE FINS MÚLTIPLOS DE ALQUEVA – UMA RESERVA ESTRATÉGICA DE ÁGUA

O Alentejo sempre foi conhecido pela irregularidade dos seus recursos hídricos, tendo-se verificado ao longo do tempo extensos períodos de escassez de água, os quais têm colocado em risco o abastecimento de água a populações.

Para além da sua importância ao nível do abastecimento urbano, directa, ou indirectamente, a água é um dos factores essenciais à evolução de uma região, sendo cada vez mais as actividades económicas que têm a água como factor de produção.

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) constitui uma reserva estratégica de água, garantindo a distribuição deste recurso a uma vasta região do Alentejo e permitindo o seu uso mesmo em períodos de seca prolongada.

A actual concepção do EFMA prevê a rega de cerca de 119 000 ha, distribuídos pelos subsistemas de rega de Alqueva, Pedrógão e Ardila:

- Beneficiando as áreas a Oeste de Beja e do Centro Alentejo, a captação de água para o subsistema de rega do Alqueva é efectuada na margem direita da albufeira de Alqueva, na estação elevatória dos Álamos.
- O subsistema de rega do Pedrógão beneficia as áreas a Este de Beja até ao rio Guadiana, sendo a água captada na margem direita da barragem de Pedrógão.
- Com origem de água na margem esquerda da barragem de Pedrógão, o subsistema de rega do Ardila beneficia as áreas da margem esquerda do Guadiana, nos concelhos de Moura e Serpa.

Com a implementação do EFMA, a agricultura é uma das actividades económicas que beneficia desta disponibilização regular do recurso água, o que se traduz na possibilidade de introdução de novas culturas mais exigentes em água, mas com maiores opções produtivas e maior rentabilidade.

Por outro lado, também ao nível do abastecimento urbano e industrial, a rede primária do EFMA assume primordial importância reforçando a disponibilidade de água numa série de barragens (Monte Novo, Alvito, Enxóe e Roxo) que constituem origem de água para abastecimento.

Consciente que a sustentabilidade de qualquer actividade económica associada ao recurso água assenta na sua disponibilização em quantidade e qualidade adequada aos diversos usos, a EDIA tem promovido uma série de acções que visam acompanhar, compreender e adequar a dinâmica do sistema, as quais, por vezes, ultrapassam as responsabilidades e deveres que lhe estão cometidos ao nível da gestão do EFMA.

1. 1. Responsabilidade da EDIA ao nível da monitorização dos recursos hídricos superficiais

Considerando o Contrato de Concessão, relativo à Utilização dos Recursos Hídricos para Captação de Água destinada à Rega e Produção de Energia Eléctrica no Sistema Primário do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva, datado de 17 de Outubro de 2007, a área de concessão é constituída pelas infra-estruturas que fazem parte do sistema primário do Empreendimento. Estas infra-estruturas, para além das barragens e das centrais hidroeléctricas de Alqueva e Pedrógão incluem os circuitos de segregação de água⁴ e as infra-estruturas identificadas no Quadro 1. Este Quadro reflecte ainda as evoluções entretanto verificadas no âmbito da concepção macro do EFMA.

⁴ Os circuitos de segregação de água, ou sistemas de by-pass, têm por objectivo assegurar que o caudal ecológico a jusante das barragens do EFMA, localizadas na bacia hidrográfica do rio Sado, é assegurado pelas afluências da própria bacia.

Quadro 1 – Infra-estruturas do EFMA cuja gestão e exploração é da responsabilidade da EDIA.

Circuitos hidráulicos
Circuito hidráulicos Álamos-Loureiro (inclui as barragens dos Álamos e a barragem do Loureiro)
Ligação Loureiro-Monte Novo
Ligação Loureiro-Alvito (inclui a barragem do Alvito ¹)
Adução Alvito-Pisão
Barragem do Pisão
Circuito hidráulico de Odivelas/Vale do Gaio
Adução Pisão/Roxo (inclui a barragem do Penedrão)
Adução Pisão/Beja (inclui a barragem de Cinco Reis)
Circuito hidráulico de Pedrógão (margem esquerda)
Circuito hidráulico de Brinches (inclui a barragem de Brinches e a barragem da Laje)
Circuito hidráulico da Amoreira (inclui a barragem da Amoreira)
Circuito hidráulico de Serpa (inclui a barragem de Serpa)
Circuito hidráulico Amoreira-Caliços (inclui a barragem de Caliços)
Circuito hidráulico Caliços-Pias (inclui a barragem de Pias)
Circuito hidráulico Caliços-Machado (inclui a barragem de Furta Galinhas)
Circuito hidráulico de Pedrógão (margem direita - inclui a barragem de S. Pedro)
Circuito hidráulico de S- Pedro-Baleizão
Circuito hidráulico Baleizão-Quintos
Circuito hidráulico de São Matias

Os poderes de gestão, exploração e utilização privativa do domínio público hídrico, atribuídos à concessionária, compreendem as seguintes utilizações privativas do domínio público hídrico: captação de água para rega e para produção de energia e a implantação e construção das infra-estruturas destinadas a esses fins.

Ainda de acordo com o Contrato de Concessão, a EDIA tem o dever de cumprir as medidas previstas no Programa de Gestão Ambiental (PGA) do EFMA, aprovado através do Despacho Conjunto n.º 1050/2005, de 6 de Dezembro, que sejam da sua exclusiva responsabilidade. No caso específico da monitorização dos recursos hídricos superficiais:

- Cabe ao INAG/ARH-Alentejo a responsabilidade de monitorização no caso de estações integradas na rede de qualidade superficial do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos;
- A EDIA é responsável pelas novas estações a implementar no âmbito da gestão do EFMA (estando as responsabilidades de gestão atribuídas à EDIA definidas no Contrato de Concessão).

Face ao Contrato de Concessão e ao PGA do EFMA, é responsabilidade da EDIA a implementação de novas estações que permitam avaliar a adequabilidade da água para o uso rega, bem como a adequação do caudal ecológico a jusante das barragens, da rede primária do EFMA.

2. MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REDE PRIMÁRIA DO EFMA

Consciente da importância que a monitorização dos recursos hídricos assume ao nível da gestão e exploração do EFMA, a EDIA, desde o encerramento das comportas da barragem de Alqueva (Fevereiro de 2002), tem vindo a promover uma série de campanhas de monitorização com o objectivo de avaliar a evolução da qualidade da água durante a fase de primeiro enchimento das albufeiras e acompanhar a sua evolução durante a fase de exploração.

Complementarmente à realização de campanhas de monitorização convencionais⁵, a EDIA procedeu à instalação de um conjunto de estações automáticas⁶, as quais, em conjunto com algumas estações integradas na Rede Nacional de Monitorização, constituem o sistema de vigilância e alerta das albufeiras de Alqueva e Pedrógão.

Através da monitorização automática e convencional, da qualidade da água da rede primária do EFMA, a EDIA pretende obter informação que lhe permita:

- Avaliar a adequabilidade da água armazenada e em trânsito no sistema, face aos usos previstos no Contrato de Concessão;
- Salvar a EDIA da responsabilidade de uma eventual degradação da qualidade da água decorrente de acções promovidas por terceiros;
- Identificar potenciais problemas ao nível da qualidade da água afluente às albufeiras;
- Avaliar a eficácia dos caudais ecológicos e de outras medidas de minimização implementadas ou a implementar;
- Identificar alterações bruscas de qualidade da água armazenada nas albufeiras;
- Obter informação para calibração e aferição dos modelos de qualidade da água.

2.1. Monitorização Convencional

Com a evolução da rede primária do EFMA tornou-se premente estabelecer um programa de monitorização global que considerasse as diferentes infra-estruturas como um todo, sem deixar de ter em conta as especificidades de cada uma delas e do meio onde se inserem, assim como as responsabilidades atribuídas à EDIA no âmbito da exploração do EFMA. Foi com esse intento que a EDIA promoveu a elaboração do *“Programa de Monitorização dos Recursos Hídricos Superficiais para o Sistema Alqueva-Pedrógão e Rede Primária de Rega”*, o qual se encontra em fase de apreciação pela Autoridade Nacional de Avaliação de Impacte Ambiental.

Na Figura 1 estão representadas as estações de monitorização convencionais propostas no programa global, indicando-se em seguida os objectivos específicos dessas monitorizações.

2.1.1. Monitorização físico-química e microbiológica

Foram definidas diferentes categorias para as estações que têm por objectivo avaliar o estado químico das massas de água. Nestas estações, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos a monitorizar, bem como as respectivas periodicidades de amostragem, variam em função da informação que se pretende obter, das características das massas de água e das especificidades do meio envolvente. No Quadro 2 estão indicadas as diferentes categorias de estações.

⁵ Campanhas de monitorização realizadas periodicamente, onde são recolhidas amostras de água para posterior análise em laboratório.

⁶ Conjunto de equipamentos que permitem a medição contínua de uma série de parâmetros.

Quadro 2 – Objectivos das monitorizações físico-químicas e microbiológicas e locais a monitorizar.

Categorias	Objectivos
Captação EFMA	Monitorizar a qualidade da água junto das captações cuja água captada poderá ser utilizada para fins de rega ou abastecimento, de forma a avaliar a adequabilidade da água para o uso rega e salvaguardar a EDIA da responsabilidade de uma eventual degradação da qualidade da água nas albufeiras utilizadas para abastecimento público.
Captação Rega	Monitorizar a qualidade da água junto das captações cuja única utilização prevista para a água captada é a rega, de forma a avaliar a adequabilidade da água para o uso rega.
Evolução Qualidade	Acompanhar e compreender a evolução da qualidade da água armazenada nas albufeiras de Alqueva e Pedrógão e em curso no sistema primário de rega, bem como obter dados que permitam proceder à modelação da qualidade da água e calibração dos modelos utilizados.
Cargas Afluentes	Conhecer as cargas poluentes afluentes às albufeiras de Alqueva, Pedrógão e Alvito. No caso de Alqueva e Pedrógão por estas albufeiras serem a origem de água de todo o Sistema, e no caso de Alvito por ser a primeira albufeira da bacia hidrográfica do Sado a receber água da bacia hidrográfica do Guadiana.
Caudal Ecológico	Avaliar a adequação do caudal ecológico libertado pelas barragens do sistema primário do EFMA, caso a responsabilidade de gestão do caudal ecológico libertado esteja atribuída à EDIA.

2.1.2. Monitorização ecológica

Com a monitorização dos parâmetros ecológicos pretende-se avaliar a adequabilidade do caudal ecológico, assim como o estado ecológico das massas de água.

A selecção dos parâmetros a monitorizar teve em conta as características das albufeiras e linhas de água, assim como as pressões a que as essas massas estão sujeitas, o que no caso das albufeiras do EFMA se traduz na afluência de cargas orgânicas e nas linhas de água, a jusante das barragens, em alterações das suas características gerais de escoamento e na afluência de cargas orgânicas. Na generalidade das albufeiras são monitorizados os elementos fitoplancton, sendo proposta a monitorização dos macroinvertebrados, macrófitos e elementos hidromorfológicos de suporte aos elementos ecológicos em praticamente todas as linhas de água.

No caso da ictiofauna, foi também considerada a capacidade de suporte das massas de água para as comunidades ictiofaunísticas, sendo este parâmetro monitorizado:

- Nas albufeiras com áreas superiores a 0,5 km² e cujas linhas de água a montante apresentam capacidade de suporte para comunidades ictiofaunísticas ou nas albufeiras onde foram capturadas espécies interessantes do ponto de vista conservacionista;
- Nas linhas de água que apresentam capacidade de suporte para o desenvolvimento de espécies piscícolas e/ou onde foram efectuadas capturas no decorrer das monitorizações já realizadas.

necessidade de conhecer a qualidade da água libertada para o rio Guadiana, bem como os resultados do levantamento das fontes de poluição promovido pela EDIA em 2004.

As estações de monitorização automáticas instaladas pela EDIA nas albufeiras de Alqueva e Pedrógão estão representadas na Figura 2.

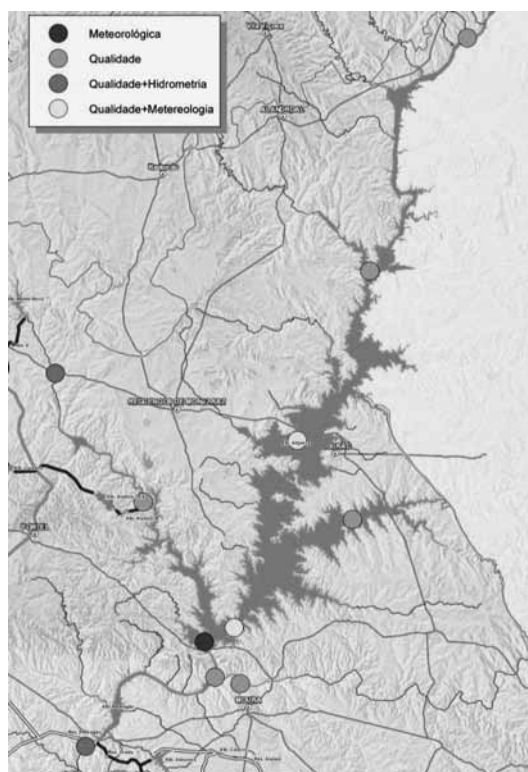


Figura 2 - Estações de Monitorização Automáticas no Sistema Alqueva-Pedrógão.

3. QUALIDADE DA ÁGUA PARA REGA

Tendo em vista a correcta gestão e exploração do EFMA, a análise efectuada aos resultados obtidos nos programas de monitorização promovidos pela EDIA vai muito além da avaliação a qualidade da água para rega, promovendo-se os trabalhos necessários à:

- Avaliação da evolução temporal e espacial da qualidade da água armazenada nas albufeiras;
- Identificação dos principais parâmetros que afectam a qualidade da água;
- Adequação dos programas de monitorização, face aos resultados obtidos;
- Avaliação da influência de factores ambientais e actividades antropogénicas na qualidade da água;
- Compreensão dos potenciais impactes da entrada em exploração do EFMA na qualidade da água das albufeiras já existentes, nomeadamente: Alvito, Monte Novo, Odivelas, Roxo, Enxoé e Vale do Gaio;
- Classificação das massas de água face: aos limites legais estabelecidos para os diversos usos que se perspectivam; aos critérios definidos pelo INAG para classificação dos cursos de água superficiais e estado trófico das albufeiras e aos critérios estabelecidos para classificação das massas de água superficiais de acordo com a Directiva Quadro da Água.

Actualmente a EDIA está a proceder a uma análise crítica do histórico de dados disponível, apresentando-se, no âmbito da presente comunicação, uma breve síntese dos resultados obti-

dos para avaliação da qualidade da água destinada à rega, a única utilização privativa do domínio público hídrico atribuída à EDIA para a qual estão definidos critérios de qualidade.

O âmbito espacial definido para esta análise crítica compreende as principais albufeiras inseridas na área de influência do EFMA, situadas em território nacional e localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Guadiana e Sado, incluindo também a albufeira do Lucefécit. Com a albufeira do Lucefécit pretende-se analisar um local não integrado no EFMA, de forma a obter um ponto de referência para avaliar a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Guadiana. No caso da bacia hidrográfica do rio Sado considerou-se a albufeira de Vale do Gaio como local de referência, uma vez que até ao momento não foi aduzida água da albufeira de Alqueva.

As albufeiras de Serpa, Brinches e Amoreira não foram consideradas no âmbito da presente análise por se encontrarem, à data da análise, em fase de primeiro enchimento. As albufeiras consideradas são as indicadas no Quadro 3.

No que se refere ao âmbito temporal, foram considerados os resultados de monitorização disponíveis para o período compreendido entre os anos hidrológicos de 2002/2003 a 2009/2010.

Tendo em consideração os objectivos fixados para esta análise, as estações de monitorização foram seleccionadas segundo os seguintes princípios orientadores:

- Situarem-se nas massas de água das principais albufeiras inseridas na área de influência do EFMA, com excepção da albufeira do Lucefécit, cujos dados também foram avaliados;
- As amostras terem sido colhidas sistematicamente no mesmo local e em intervalos de tempo regulares, sendo a amostragem repartida ao longo do ano com uma frequência tendencialmente mensal;
- Os parâmetros amostrados nas diversas estações de amostragem fossem os mesmos e comparáveis;
- Os resultados de monitorização obtidos nas estações de amostragem permitissem classificar e caracterizar a evolução da qualidade físico-química das massas de água.

Assim, foram identificados como principais origens de dados o *SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos* gerido e mantido pelo Instituto da Água, I.P. (INAG) e as campanhas de amostragem promovidas no âmbito do *Programa de Monitorização da Qualidade da Água do Sistema Alqueva – Pedrógão e Rede Primária de Rega*, implementado pela EDIA.

No sentido de se promover a consistência e homogeneidade da matriz de dados, foram seleccionados parâmetros que na sua maioria fossem comuns a todos os locais e possuíssem dados suficientes para a análise.

Quadro 3: Albufeiras consideradas neste estudo

Albufeira	Bacia Hidrográfica	Sub-Bacia	Origem dos Dados
Alqueva (todos os locais)	Guadiana	Guadiana	EDIA
Pedrógão (todos os locais)	Guadiana	Guadiana	EDIA
Álamos (I, II e III)	Guadiana	Degebe	EDIA
Loureiro	Guadiana	Loureiro	EDIA
Reservatório R4	Guadiana	Degebe	EDIA
Monte Novo	Guadiana	Degebe	SNIRH
Alvito (todos os locais)	Sado	Odivelas	SNIRH
Odivelas	Sado	Odivelas	SNIRH
Vale do Gaio	Sado	Xarrama	SNIRH
Pisão	Sado	Pisão	EDIA
Roxo	Sado	Roxo	SNIRH
Luçefécit	Guadiana	Luçefécit	SNIRH
Enxoé	Guadiana	Enxoé	SNIRH

A metodologia adoptada nesta análise assentou essencialmente na análise dos resultados analíticos respeitantes às colheitas de água realizadas às massas de água das albufeiras indicadas no Quadro 3 e efectuadas entre o período referente aos anos hidrológicos 2002/2003 e 2009/2010.

Na avaliação da qualidade da água apenas foram considerados os dados de superfície, tendo em conta que é, geralmente, a este nível que se faz a captação de água. A série de dados seleccionada para este estudo compreende os resultados das amostragens aos locais que à data da recolha apresentavam características de meio lântico.

A avaliação e verificação da conformidade da qualidade da água para o uso rega tiveram por base os critérios do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto de 1998. As águas de rega são consideradas em conformidade com a norma de qualidade se para a totalidade das amostras os valores dos parâmetros determinados respeitarem os valores fixados na mesma. No Quadro 4 apresentam-se os resultados obtidos, tendo por base os critérios já referidos.

A classificação efectuada demonstra que um grupo restrito de parâmetros condiciona a conformidade da água para rega, ao longo dos anos hidrológicos analisados. Destacam-se desta classificação as albufeiras de Alvito, Álamos III, Loureiro e Odivelas, as quais obtiveram a conformidade da água para o uso rega no ano hidrológico 2008/2009, ano hidrológico mais recente que compreende o maior número de resultados para todos os locais em análise. Do conjunto de classificações efectuadas a todas as albufeiras, a albufeira de Alvito é a que obtém mais vezes a conformidade da água para o uso rega. Referir ainda, que a albufeira do Monte Novo apresentava no ano hidrológico 2003/2004 conformidade da água para o uso rega.

Quadro 4: Verificação da Conformidade da Qualidade da Água para o Uso Rega, de acordo com o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto.

Verificação da conformidade da qualidade das águas destinadas à rega									
Local de Amostragem	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Alb. Lucefécit	CF	pH; CF	Cl; CF	CF	CF	CF	SST; CF	---	
Alb. Alqueva	Srª Ajuda	CF	Cl; SST; pH; CF	Cl; SST; pH; CF	Cl; SST; pH; CF	Cl; CF	Cl; SST; pH; CF	Cl; SST; CF	Cl; pH; CF
	Lucefécit	---	---	Cl; pH; CF	pH; CF	CF	CF	Cl; pH; CF	pH
	Alqueva-Mourão	Cl; CF	CF	CF	pH; CF	CF	CF	Cl; CF	pH
	Alcarrache	pH; CF	CF	CF	CF	CF	Cl; CF	Cl; CF	pH
	Alqueva-Montante	NO ₃ ; CF	CF	CF	CF	CF	CF	Cl; pH; CF	pH
	Alqueva-Captação	CF	CF	CF	Cl; CF	CF	SST; CF	Cl; CF	pH; CF
Sistema dos Álamos	Álamos III	---	---	---	CF	CF	CF	CONFORME	CF
	Álamos II	---	---	---	CF	CF	CF	CF	pH
	Álamos I	---	---	---	CF	SST; CF	CF	CF	pH; CF
Alb. Loureiro	Loureiro	---	---	---	---	CF	CF	CF	pH; CF
	Loureiro-Tomada	---	---	---	---	CF	CF	CONFORME	pH; CF
Reservatório R4	---	---	---	---	---	CF	Cl; pH; CF	pH; CF	
Alb. Monte Novo	SST; CF	CONFORME	pH	pH; CF	pH; CF	CF	pH	---	
Alb. Pedrógão	Alqueva-Jusante	---	---	---	CF	CF	CF	Cl; CF	pH
	Ardila	---	---	---	Cl; CF	CF	SST; CF	Cl; CF	---
	Moinho das Barcas	---	---	---	CF	pH; CF	CF	---	---
	Pedrógão/Ardila Capt.	---	---	---	---	---	CF	Cl; CF	SST; pH; CF
Alb. Enxóe	Cl; CF	Cl; CF	Cl; pH	Cl; SST; pH; CF	Cl; pH; CF	Cl; SST; pH; CF	Cl; pH	---	
Alb. Alvito	Alvito-Túnel	---	---	---	---	---	Cl; CF	Cl; CF	Cl; CF
	Alvito (EDIA)	---	---	---	CONFORME	CONFORME	Fe	CF	Cl; pH; CF
	Alvito (RQA)	CONFORME	Cl	Cl; CF	Cl; CF	CF	CONFORME	CONFORME	---
Alb. Odivelas	SST; CF	CF	CF	CF	CONFORME	SST	CONFORME	---	
Alb. Pisão	---	---	---	---	---	Cl; CF	Cl	pH	
Alb. Roxo	Cl; CF	Cl; CE; CF	Cl; CE; CF	Cl; CE; CF	Cl; CE; CF	Cl; CE; CF	Cl; CE; CF	---	
Alb. Vale do Gaio	pH; CF	Cl; pH; CF	CF	Cl; pH; CF	pH; CF	CF	pH	---	

Nota: CF – Coliformes Fecais; Cl – Cloretos; SST – Sólidos Suspensos Totais; CE – Condutividade Eléctrica; NO₃ – Nitratos; Fe – Ferro.

De acordo com a aplicação dos critérios já enunciados, bem como tendo em consideração o universo dos resultados obtidos para todos os locais em todas as amostragem realizadas, os principais parâmetros que afectam a conformidade da qualidade da água para o uso rega são: coliformes fecais; cloretos; pH; sólidos suspensos totais; condutividade eléctrica; ferro; e nitratos (Vd. Figura 3).

Tendo em consideração o Valor Máximo Recomendado (VMR) definido no Anexo XVI do Decreto-Lei n.º 236/98, as densidades de unidades formadoras de colónias (UFC) de coliformes fecais foram elevadas na generalidade das amostragens efectuadas.

No Sistema Alqueva-Pedrógão, origem de água do EFMA, os locais que frequentemente apresentam valores mais elevados são: Sr.^a da Ajuda, na albufeira de Alqueva; e Ardila, na albufeira de Pedrógão.

Para o caso concreto da albufeira de Alqueva, uma análise à evolução da série histórica UFC de coliformes fecais, permite verificar que os resultados mais elevados ocorreram entre o período compreendido entre Março de 2003 e Dezembro de 2004, sendo que a partir de Janeiro de 2005 observa-se uma evolução mais favorável com diminuição da densidade de Unidades Formadoras de Coliformes. Os valores máximos tendem a surgir com a ocorrência de enchurradas, associados a eventos de precipitação atmosférica intensa traduzidos em elevado escoamento superficial.

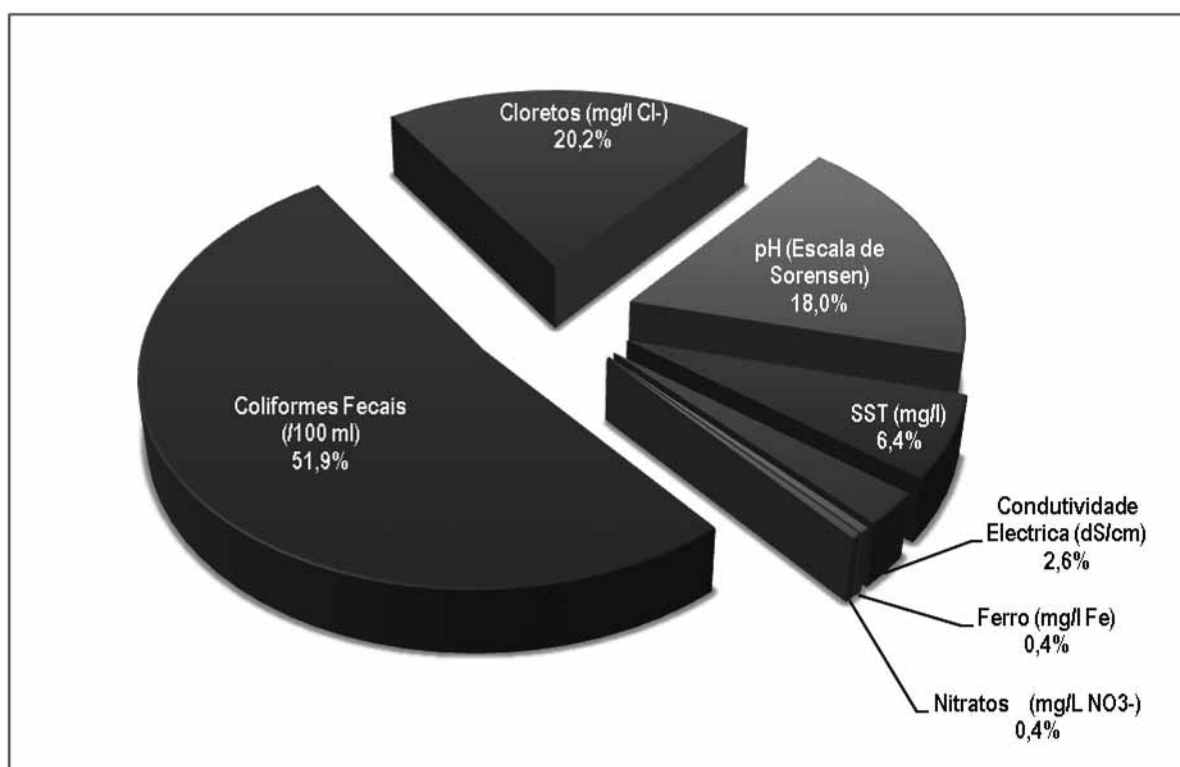


Figura 3 - Principais parâmetros que afectam a qualidade da água para rega.

Na albufeira do Roxo a concentração de cloretos tende a assumir, frequentemente, valores mais elevados que nos restantes locais analisados. A albufeira do Enxoé e o local Sr.^a da Ajuda, na albufeira de Alqueva, também apresentam frequentemente valores acima do VMR, sendo que, a par dos coliformes fecais, este é um dos parâmetros responsáveis pela classificação de não conformidade da água para o uso rega, nos referidos locais.

O comportamento do parâmetro pH tende a aumentar nas estações do ano com maior insolação. Este aumento poderá estar associado, eventualmente, a um desenvolvimento mais elevado de algas durante esse período, dado os processos fotossintéticos tenderem a promover um aumento gradual do pH devido ao consumo de CO₂. O valor do pH ultrapassa por vezes o Valor Máximo Admissível – VMA – [Vd. Quadro 5]. No ano hidrológico 2009/2010, foi um dos parâmetros responsável pela atribuição da não conformidade de água para rega.

Para generalidade das amostragens efectuadas, os valores elevados de concentração de sólidos suspensos totais surgem associados a períodos de elevada intensidade pluviométrica, com escoamento superficial.

No Quadro 5 apresenta-se, por parâmetro e por bacia hidrográfica, a percentagem de resultados obtidos inferiores e superiores aos valores guia, VMR e VMA, publicados no referido Decreto-Lei.

Quadro 5: Verificação da Conformidade da Qualidade da Água para o Uso Rega, de acordo com o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto.

Parâmetros	VMR	VMA	BH Guadiana			BH Sado		
			< VMR	[VMR; VMA]	> VMA	< VMR	[VMR; VMA]	> VMA
Alumínio (mg/l Al)	5	20	100%			100%		
Arsénio (mg/l As)	0,1	10	100%			100%		
Bário (mg/l Ba)	1	-	100%			100%		
Berílio (mg/l Be)	0,5	1	100%			100%		
Boro (mg/l B)	0,3	3,75	89%	11%		100%		
Cádmio (mg/l Cd)	0,01	0,05	100%			100%		
Chumbo (mg/l Pb)	5	20	100%			100%		
Cloretos (mg/l Cl-)	70	-	84%	16%		55%	45%	
Cobalto (mg/l Co)	0,05	10	100%			100%		
Cobre (mg/l Cu)	0,2	5	100%			100%		
Crómio Total (mg/l Cr)	0,1	20	100%			100%		
Estanho (mg/l Sn)	2	-	100%			100%		
Ferro (mg/l Fe)	5	-	100%			99%	1%	
Flúor (mg/l F)	1	15	96%	4%		100%		
Lítio (mg/l Li)	2,5	5,8	100%			100%		
Manganês (mg/l Mn)	0,2	10	96%	4%		98%	2%	
Molibdénio (mg/l Mo)	0,005	0,05	100%			100%		
Níquel (mg/l Ni)	0,5	2	100%			100%		
Nitratos (mg/L NO ₃ -)	50	-	99,9%	0,1%		100%		
Condutividade Eléctrica (dS/cm)	1	-	100%			88%	12%	
SAR (meq/L)	8	-	100%			100%		
Selénio (mg/l Se)	0,02	0,05	100%			100%		
SST (mg/l)	60	-	99%	1%		99%	1%	
Sulfatos (mg/l SO ₄)	575	-	100%			100%		
Vanádio (mg/l V)	0,1	1	100%			100%		
Zinco (mg/l Zn)	2	10	100%			100%		
pH (Escala de Sorensen)	6,5-8,4	4,5-9,0	65%	30%	5%	70%	26%	4%
Coliformes Fecais (/100 ml)	100	-	63%	37%		81%	19%	
Ovos de Parasitas Intestinais (NI)	-	1	100%			100%		

Referir por último que, entre outros, não se encontram ainda definidos valores máximos admissíveis para os parâmetros coliformes fecais, cloretos, sólidos suspensos totais, condutividade eléctrica, ferro e nitratos, os quais integram o conjunto dos parâmetros que condicionaram a qualidade da água para rega e que foram os responsáveis pela atribuição do grau de não conformidade, na generalidade dos casos analisados.

4. ACÇÕES PROMOVIDAS COM VISTA À MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA

A utilização sustentável dos recursos hídricos não assenta apenas na monitorização da qualidade das massas de água, razão pela qual a EDIA tem vindo a promover uma série de acções e estudos, com o objectivo de:

- Identificar as pressões a que estão sujeitas as massas de água do EFMA;
- Identificar medidas adequadas para redução das cargas poluentes afluentes às massas de água e redução das pressões a que essas massas de água estão sujeitas;
- Implementar medidas que visam prevenir uma eventual degradação da qualidade da água.

4. 1. Identificação das pressões sobre as massas de água

Nesta fase inicial de exploração das infra-estruturas a EDIA tem dado prioridade ao levantamento das fontes de poluição existentes na área de drenagem das albufeiras da rede primária e quantificação de cargas poluentes afluentes. Estes trabalhos revestem-se de especial importância na medida em que os dados disponíveis sobre fontes de poluição se encontram dispersos por diversas entidades e, em muitos casos, desactualizados, o que dificulta o conhecimento das cargas poluentes afluentes às massas de água, especialmente no que diz respeito a fontes de poluição difusas.

Os trabalhos efectuados, até à data, têm incidido fundamentalmente sobre as barragens já em fase de exploração, com maiores bacias de drenagem e onde o conhecimento da área envolvente indicia que poderá haver um maior desconhecimento das fontes de poluição aí localizadas, ou onde foram identificados maiores problemas ao nível da qualidade da água.

Nesta área de actuação foram desenvolvidos os seguintes trabalhos:

- Levantamento e caracterização das fontes de poluição na bacia de drenagem da barragem de Pedrógão (após um primeiro levantamento realizado em 2003/2004, procedeu-se a uma actualização da informação recolhida em 2005/2006, tendo este último trabalho sido realizado ao abrigo de um protocolo de cooperação entre a EDIA e a CCDR-Alentejo);
- Levantamento e caracterização das fontes de poluição nas bacias hidrográficas das barragens do Enxoé e Alvito;
- Quantificação das cargas poluentes afluentes às albufeiras de Alqueva, Pedrógão, Alvito, Pisão, Brinches, Serpa e Amoreira;
- Quantificação das cargas poluentes afluentes ao rio Degebe.

4. 2. Medidas adoptadas para melhoria da qualidade das massas de água

Para além da elaboração de estudos que permitem identificar as áreas territoriais que deverão ser alvo de uma actuação privilegiada e priorizar as acções a desenvolver, a EDIA, ao longo dos anos, tem vindo a desenvolver uma série de acções, as quais visam corrigir situações que poderão comprometer a qualidade da água armazenada nas albufeiras e/ou colocar em causa a utilização do plano de água em segurança.

Algumas das medidas preconizadas são implementadas logo na fase de construção das infra-estruturas, no entanto a maioria das intervenções sistemáticas decorre durante a fase de exploração, traduzindo-se quer em intervenções no próprio plano de água, quer na área envolvente. Noutros casos as medidas decorrem da identificação de situações que poderão comprometer a qualidade da água armazenada nas albufeiras, tendo-se mesmo verificado situações em que a

EDIA optou por intervir em albufeiras que, apesar de integradas no EFMA, não estão sob a sua responsabilidade de gestão.

Não menos importante neste âmbito de actuação é a equipa de vigilância e fiscalização da EDIA, constituída na sequência da assinatura do Contrato de Concessão, através do qual são atribuídos à EDIA competências ao nível da fiscalização das utilizações privativas do domínio público por terceiros, referentes aos títulos atribuídos à EDIA (captações de água para rega, produção de energia eléctrica e implantação e construção das respectivas infra-estruturas). Esta equipa tem vindo a desempenhar um importante papel no apoio à gestão e exploração do EFMA, colaborando com as entidades competentes para a gestão dos recursos hídricos na região do EFMA de forma a:

- Detectar condições potencialmente inseguras para a utilização do plano de água das albufeiras, integradas na área da concessão;
- Detectar situações de incumprimento face ao estabelecido nos diferentes instrumentos de gestão territorial, nomeadamente o Plano de Ordenamento das Albufeiras de Alqueva e Pedrógão e o Regulamento da Náutica de Recreio;
- Detectar situações potencialmente danosas para o ambiente;
- Apoiar a divulgação da regulamentação existente associada às diferentes utilizações do domínio público hídrico, como sejam: os procedimentos legais para atribuição de títulos, as regras de navegação, as condicionantes associadas à pesca, bem como as boas práticas ambientais e agrícolas;
- Vigiar a área emersa que se encontra sob gestão directa da EDIA.

Seguidamente elencam-se algumas das principais medidas preventivas e correctivas promovidas pela EDIA com o intuito de assegurar a protecção das massas de água.

4.2.1. Medidas adoptadas durante a fase de construção das infra-estruturas

- Desmatação e desarborização da área de regolfo das novas albufeiras;
- Demolição do património edificado, saneamento de áreas contaminadas e selagem de furos e poços existentes na área de regolfo;
- Desactivação e demolição da unidade fabril da Portucel Recicla, localizada no concelho de Mourão;
- Desactivação e remoção de lixeiras e ETAR localizadas na área de regolfo.

4.2.2. Intervenções no plano de água

- Promoção de acções de controlo de plantas aquáticas infestantes;
- Recolha de resíduos dispersos nos planos de água.

4.2.3 Intervenções na área envolvente às massas de água

As medidas implementadas na área envolvente às massas de água assentam essencialmente na recuperação e valorização do coberto vegetal (áreas de montado e galerias ripícolas). Com esta medida pretende-se não só potenciar a estabilização dos solos, minimizando os riscos de erosão, mas também promover a redução das cargas poluentes afluentes às linhas de água e albufeiras. Por outro lado, esta medida permite ainda reduzir a fragmentação de habitats, aumentando a continuidade do coberto vegetal e potenciando a biodiversidade.

Pela sua característica inovadora destaca-se o projecto das jangadas solares. Através deste projecto pretende-se promover a criação de faixas ripícolas na envolvente de pequenas albufeiras, localizadas na área de regolfo das albufeiras de Alqueva e Pedrógão, próximo do nível de pleno armazenamento (NPA). Atendendo à sua localização, mesmo durante a época seca, quando se verifica uma descida nas cotas das albufeiras de Alqueva e Pedrógão, estes pequenos reservatórios mantêm a sua reserva de água durante todo o ano. Com a instalação de sistemas automáticos de rega, alimentados através de energia solar, a água é bombeada destas pequenas albufeiras e utilizada para rega de faixas ripícolas naturalizadas (as quais foram recriadas através da plantação de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, autóctones) e abeberamento de gado, em locais específicos fora da área de intervenção (Vd. Figura 4).

Pretende-se com este projecto viabilizar um modelo de abeberamento que potencie a conservação das margens e a regeneração da vegetação natural, evitando o acesso do gado ao plano de água e consequente pisoteio das margens. Por outro lado, com a criação de faixas ripícolas está-se a promover a diminuição da erosão e melhoria da qualidade da água, assim como a diversificação de habitats.

Esta medida revela-se de grande importância, na medida em que uma das dificuldades sentidas no decorrer do acompanhamento dos planos de ordenamento das albufeiras (POA) é o cumprimento das medidas referentes à permanência de gado fora na área de protecção às albufeiras, por impossibilidade em colocar vedação em torno de toda a albufeira e falta de alternativas eficientes para abeberamento dos animais.

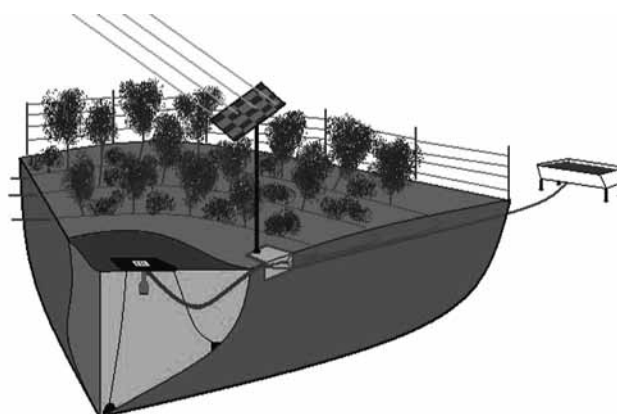


Figura 4 - Projecto das jangadas solares, para promoção da criação de faixas ripícolas.

4.2.4. Intervenções em albufeiras cuja responsabilidade de gestão não está atribuída à EDIA

- Remoção da biomassa piscícola de diversas albufeiras (no decorrer destes trabalhos as espécies autóctones foram sempre preservadas);
- Reposição e reparação da vedação da albufeira do Enxoé e instalação de passagens canadianas, com o objectivo de impedir o acesso do gado à área de regolfo desta albufeira;
- Remoção de sedimentos da área de regolfo da albufeira do Enxoé e encaminhamento dos solos para valorização agrícola.
- Criação de dois açudes nos afluentes à albufeira do Enxoé e valorização do coberto vegetal a montante desses açudes;
- Alteamento da barragem do Enxoé, com o objectivo de aumentar a sua capacidade de armazenamento, o que, indirectamente, se traduz numa maior capacidade de diluição das cargas poluentes;

- Preparação da área de regolfo da albufeira de Alvito. Na sequência do abaixamento do nível da albufeira de Alvito foram detectadas diversas ocorrências que têm contribuído para a degradação da qualidade da água aí armazenada e comprometido a utilização do espelho de água em segurança. Desta forma, atendendo à importância desta albufeira para a exploração da rede primária do EFMA, a EDIA optou por proceder à remoção de resíduos, corte de árvores, demolição de construções e selagem de poços.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão integrada e sustentável da rede primária do EFMA implica a continuação e desenvolvimento de trabalhos de diversa índole, os quais deverão responder a desafios cada vez mais exigentes em termos de qualidade das massas de água, promovendo a colaboração, participação e responsabilização de todos os intervenientes na gestão e utilização dos recursos hídricos.

A articulação entre as diversas entidades com responsabilidades ao nível da gestão dos recursos hídricos assume especial importância, devendo assumir-se como prioritária a partilha de meios e conhecimentos, de forma a evitar a duplicação de esforços e dispersão de informação.

Considerando a área abrangida pela albufeira de Alqueva em território sob administração espanhola, também a dinamização de relações diplomáticas com o governo espanhol assume grande importância no âmbito da gestão e exploração deste Empreendimento, não só devido à necessidade de reduzir as cargas poluentes afluentes à bacia hidrográfica do Guadiana, a partir de Espanha, mas também para uniformização das regras de utilização do plano de água e área envolvente.

Apesar da responsabilidade pela gestão e exploração desta albufeira não estar, à data, atribuída à EDIA, o Contrato de Concessão, celebrado entre o Estado Português e a EDIA prevê a celebração de uma Adenda, onde serão definidas as responsabilidades a atribuir à EDIA.

ACOMPANHAMENTO E INTEGRAÇÃO DE CAPTAÇÕES DIRECTAS DE ÁGUA PARA REGA EM ALBUFEIRAS

Aspectos técnicos, económicos e ambientais no caso do Sistema Alqueva-Pedrógão

Ana ILHÉU¹

David CATITA²

Margarida BRITO³

Valter RICO⁴

António CARAPETO⁵

RESUMO

A implementação de um conjunto alargado de captações de água para rega directamente do Sistema Primário do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), com especial incidência no Sistema Alqueva-Pedrógão, obriga uma reflexão integrada sobre esta temática, bem como à necessidade de equacionar e desenvolver um conjunto de medidas e procedimentos de controlo técnico, económico e ambiental neste domínio. O objectivo desta comunicação é apresentar as questões consideradas como mais relevantes no âmbito dessa reflexão e o acompanhamento técnico-ambiental efectuado pela EDIA em relação às captações directas existentes no Sistema Alqueva-Pedrógão.

Actualmente a área regada através de captações directas do Sistema Alqueva-Pedrógão é de 7 545 ha, sendo que 71% da área corresponde à envolvente da albufeira de Alqueva e 29% corresponde à envolvente da albufeira de Pedrógão. Face à dispersão das captações directas, as quais se desenvolvem ao longo de uma margem global com mais de 1 000 km, bem como ao facto das áreas a regar estarem nas envolventes directas nas massas de água que constituem as origens de água do EFMA, o acompanhamento técnico-ambiental é complexo, mas fundamental para o sucesso do processo das captações directas das albufeiras integradas no EFMA.

Com base nestas premissas, e tendo presente as directrizes definidas previamente pela EDIA para a instalação das captações directas de água para rega, foram desenvolvidos internamente os procedimentos necessários para acompanhar de forma efectiva a instalação dessas captações e assegurar a implementação das condicionantes definidas pela EDIA.

Palavras-chave: Albufeira, Captação, Agricultura, Ambiente, Rega

¹ Eng.ª do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, ailheu@edia.pt

² Ciências do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, dcatita@edia.pt

³ Eng.ª do Ambiente, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, mbrito@edia.pt

⁴ 12.º ano, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, vrico@edia.pt

⁵ 12.º ano, EDIA, Rua Zeca Afonso 2, 7800-522 Beja, +351.284315100, acarapeto@edia.pt

1. EFMA – UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) constitui uma reserva estratégica de água, garantindo a distribuição deste recurso a uma vasta região agrícola do Alentejo e assegurando a sua disponibilidade, mesmo em períodos de seca prolongada.

A área de influência do EFMA, considerando a rede primária, a rede secundária e as áreas beneficiadas, abrange uma área global com mais de 140 000 ha, dispersa por 19 concelhos dos distritos de Portalegre, Évora, Beja e Setúbal, com um total de 30 albufeiras e 34 reservatórios interligados por canais e condutas.

Com a implementação do EFMA, a agricultura é uma das actividades económicas que beneficia desta disponibilização regular do recurso água, o que se traduz na possibilidade de introdução de novas culturas mais exigentes em água, mas com maiores desempenhos produtivos e inevitavelmente com maior rentabilidade.

Consciente que a sustentabilidade da actividade agrícola associada ao recurso água assenta na compatibilização da utilização racional e sustentável dos recursos envolvidos, a EDIA tem promovido uma série de acções que visam regular as diversas formas de captação de água a partir do EFMA, uma vez que se trata de um recurso finito, escasso, sensível e ambientalmente relevante.

1. 1. Responsabilidade da EDIA ao nível da atribuição de títulos de utilização privativa dos recursos hídricos superficiais

Em 2007 foi atribuída à EDIA a utilização do domínio público hídrico afecto ao Empreendimento, para fins de rega e exploração hidroeléctrica, mediante contrato de concessão celebrado nos termos da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, assinado a 17 de Outubro de 2007.

Através deste contrato foram delegadas na EDIA as seguintes competências:

- Atribuição de títulos de utilização privativa do domínio público hídrico do EFMA para captação de água para rega e produção de energia eléctrica;
- Fiscalização do exercício por terceiros desses mesmos direitos de utilização privativa.

2. GESTÃO DE CAPTAÇÕES DIRECTAS A PARTIR DO SISTEMA ALQUEVA-PEDRÓGÃO

A implementação de um conjunto alargado de captações de água para rega directamente do Sistema Primário do EFMA, com especial incidência no Sistema Alqueva-Pedrógão, obriga uma reflexão integrada sobre esta temática, bem como à necessidade de equacionar e desenvolver um conjunto de medidas e procedimentos de controlo técnico, económico e ambiental neste domínio. O objectivo desta comunicação é apresentar as questões consideradas como mais relevantes no âmbito dessa reflexão e o acompanhamento técnico-ambiental efectuado pela EDIA em relação às captações directas existentes no Sistema Alqueva-Pedrógão.

A área regada através de captações directas do Sistema Alqueva-Pedrógão é de 7 545 ha, sendo que 71% da área corresponde à envolvente da albufeira de Alqueva e 29% corresponde à envolvente da albufeira de Pedrógão. Face à dispersão das captações directas, as quais se desenvolvem ao longo de uma margem global com mais de 1 000 km, bem como ao facto das áreas a regar estarem nas envolventes directas nas massas de água que constituem as origens de água do EFMA, o acompanhamento técnico-ambiental é complexo, mas fundamental para o sucesso do processo das captações directas das albufeiras integradas no EFMA.

Com base nestas premissas, e tendo presente as directrizes definidas previamente pela EDIA para a instalação das captações directas de água para rega, foram desenvolvidos internamente os procedimentos necessários para acompanhar de forma efectiva a instalação dessas captações e assegurar a implementação das condicionantes definidas pela EDIA.

O acompanhamento efectuado pela EDIA na gestão das captações de água para rega directamente do Sistema Primário do EFMA considera diversos princípios orientadores, entre os quais se destacam os três mais relevantes:

- o cumprimento das condicionantes técnico-ambientais, através da implementação de boas práticas agrícolas e ambientais, com destaque para as práticas associadas à conservação do solo e ao armazenamento e aplicação de fito-fármacos;
- a integração dos requisitos associados aos instrumentos de gestão territorial;
- o controlo dos volumes captados, de modo a garantir a utilização racional da água captada dentro dos volumes autorizados.

O acompanhamento de proximidade, implementado pela EDIA, entre os técnicos e as diversas tipologias de agricultores, pretende estabelecer uma relação de confiança que promova a responsabilização dos diversos intervenientes no processo, desde o proprietário, passando pelas diferentes hierarquias de gestão, até aos operadores no campo, com o objectivo de assegurar a integração das directrizes da Empresa que suportam todo o processo associado à implementação de captações de água para rega directamente do Sistema Alqueva-Pedrógão.

3. EQUIPA DE FISCALIZAÇÃO E VIGILÂNCIA

De forma a materializar os objectivos de proximidade com os requerentes e/ou titulares de utilizações privativas do domínio público hídrico, foi constituída uma equipa de fiscalização e vigilância, cuja área de intervenção abrange as áreas onde tenham sido atribuídos títulos de utilização privativa do domínio público hídrico, especialmente na envolvente das albufeiras integradas na área de concessão da EDIA.

A equipa de fiscalização e vigilância (EFV) é composta por dois técnicos em permanência, com experiência profissional em agricultura de regadio, disponibilidade permanente, aptidão funcional para trabalhos de campo, competência técnica para os registos informáticos e o conhecimento da área de intervenção.

A principal função da EFV é zelar pelo cumprimento das disposições legais e regulamentares referentes aos títulos de utilização privativa do domínio público hídrico atribuídos pela EDIA e ainda zelar pela protecção e conservação dos recursos hídricos superficiais, na área da concessão do EFMA e no âmbito das responsabilidades associadas à actividade da Empresa.

As funções específicas associadas à fiscalização são:

- Fiscalizar as utilizações privativas do domínio público por terceiros referentes aos títulos atribuídos pela EDIA, designadamente captações de água para rega, produção de energia eléctrica e implantação e construção das respectivas infra-estruturas;
- Instaurar e instruir processos de contra-ordenação por infracções cometidas na área de jurisdição da EDIA, relativas às utilizações anteriormente referidas;
- Colaborar com as autoridades competentes, para a gestão dos recursos hídricos na Região Hidrográfica, na administração dos bens dominiais que estão afectos à sua actividade, nomeadamente na fiscalização, cobrança de taxas e na execução coerciva das decisões de autoridade.



Figura 1 - Equipa de Fiscalização e Vigilância

As funções específicas associadas à vigilância são:

- Detectar condições potencialmente inseguras para a utilização do plano de água das albufeiras integradas na área da concessão do EFMA;
- Detectar situações de incumprimento face ao estabelecido nos diferentes instrumentos de gestão territorial, nomeadamente o Plano de Ordenamento das Albufeiras de Alqueva e Pedrógão e o Regulamento da Náutica de Recreio, bem como outras situações potencialmente danosas para o ambiente;
- Verificar o cumprimento das medidas previstas no Programa de Gestão Ambiental do EFMA, no que seja exclusiva responsabilidade da EDIA;
- Actualizar a informação disponível sobre as fontes de poluição pontuais ou difusas, tendo em conta os dados obtidos através dos programas de monitorização do estado das massas de água e da biologia;
- Validar no terreno informação disponível sobre a faixa internáveis e identificação de zonas de empocamento, zonas com risco de erosão e instabilidade de vertentes;
- Verificar o estado da sinalização implementada nas albufeiras (órgãos de segurança e órgãos de exploração das barragens), e caso seja necessário proceder a manutenção e reparações pontuais;
- Apoiar a divulgação da regulamentação existente associada às diferentes utilizações do domínio público hídrico, como seja o procedimento legal para atribuição de títulos, regras de navegação, condicionantes associadas à pesca, bem como boas práticas ambientais e agrícolas;
- Vigiar a área emersa que estiver sob gestão directa da EDIA.

No âmbito das funções de vigilância, caso sejam detectadas situações que conflituem com as utilizações dos recursos hídricos e que não estejam tituladas, são informadas as entidades com competência na matéria.

O trabalho desenvolvido pela EFV privilegia uma abordagem essencialmente formativa, relativamente a pedidos de captação mais recentes, optando-se por uma abordagem mais proactiva, relativamente a títulos (licenças e concessões), tendo em vista a necessidade de adaptação de algumas práticas agrícolas já instaladas.



Figura 2 – Acção de vigilância e fiscalização

Neste sentido foram definidas medidas práticas a implementar, durante o período de vigência dos títulos de utilização privativa, as quais visam contribuir para a protecção dos recursos naturais, nomeadamente o solo e os recursos hídricos.

4. CONDICIONANTES TÉCNICO-AMBIENTAIS

Com a atribuição dos títulos de utilização privativa do domínio público hídrico é transmitida, aos diferentes intervenientes no processo, que esta utilização implica um compromisso de sustentabilidade ambiental que possibilite a utilização racional, continuada e renovada dos recursos naturais, quer dos recursos hídricos, qualitativa e quantitativamente, quer dos recursos agronómicos, nomeadamente do solo e dos ciclos naturais a ele associados.

4. 1. Condicionantes técnicas

São incluídas nos títulos de utilização privativa do domínio público hídrico diversas condicionantes de ordem técnica que deverão ser consideradas ao longo de todo o período de vida do projecto, descritas seguidamente.

- O titular deverá obedecer às características técnicas dos meios de captação, devendo ser entregues as respectivas fichas técnicas das bombas instaladas;
- O titular deverá respeitar o regime de exploração aprovado;
- Deverão ser instalados pelo titular sistemas de autocontrolo adequados, designadamente caudalímetros volumétricos, que permitam assegurar a medição e registo da totalidade da água captada e a verificação do cumprimento do título, bem como o envio dos dados obtidos à EDIA, com periodicidade trimestral;
- Os sistemas de autocontrolo (medidores de caudal) deverão localizar-se depois de cada ponto de bombagem e antes de qualquer derivação das tubagens de condução de água, devendo funcionar ininterruptamente, sendo estritamente proibido interferir com o normal funcionamento deste sistema;

- Os medidores de caudal deverão ser energeticamente autónomos, não podendo estar sujeitos a quebras de corrente, de forma a permitir a leitura e posterior transmissão de dados;
- A substituição ou avaria dos medidores de caudal deverá ser transmitida formalmente à EDIA, num prazo máximo de 72 horas;
- O titular deverá manter um registo actualizado dos valores do autocontrolo, para efeitos de inspecção ou fiscalização por parte da EDIA e de outras entidades com competências na matéria;
- O titular deverá instalar nos vértices da jangada cilindros de sinalização plásticos, de cor amarela e preta com riscas horizontais ou verticais, devendo o amarelo ser reflector. Cada cilindro deve ter o mínimo de 0,8 metro de altura (Vd. Figura 3);



Figura 3 - Apoio na instalação dos cilindros de sinalização nas jangadas

- O titular deverá informar, de imediato, a EDIA, caso se registem alterações significativas nas características técnicas aprovadas, designadamente no tipo de culturas, sistema de rega, sistemas de fertilização e controle de infestantes;
- O titular deve ainda manter os terrenos do domínio público em estado adequado, de acordo com o disposto nos instrumentos de ordenamento respectivos, designadamente garantindo a protecção das águas e dos ecossistemas associados e não praticando ou permitindo actos ou actividades que provoquem a degradação do estado das massas de água;
- O titular deve, em qualquer caso, comunicar à EDIA, no prazo de 24 horas a contar da data da sua ocorrência, qualquer anomalia grave nas instalações ou acidente grave que afecte o estado das águas.

4. 2. Condicionantes ambientais

Em cada título de utilização privativa do domínio público hídrico são identificadas medidas/práticas ambientais a implementar pelo titular, durante o respectivo período de vigência.

De forma a nortear a generalidade das medidas preconizadas foram definidos cinco princípios de sustentabilidade que abrangem as diversas componentes com relevância ambiental e agrícola, e que permitam garantir a sanidade e durabilidade dos recursos de ambas as partes, os quais se elencam seguidamente.

- Conservação e promoção da galeria ripícola e da estrutura sinuosa e natural de linhas de água e ribeiras, sem aplicação de herbicidas em taludes ou margens;
- Minimização ou eliminação de fenómenos erosivos e de perda de solo, através da recuperação da adequada estrutura e características químico-biológicas deste;

- Protecção e promoção da biodiversidade, potenciado o mosaico rural, as culturas intersticiais ou intercaladas, os bosquetes, as galerias ripícolas, as zonas de rochas, as pequenas massas de água e a diversidade dentro da exploração;
- Fertilização através da reutilização e valorização de subprodutos da exploração ou de explorações próximas, reduzindo os resíduos produzidos e as necessidades de novos factores de produção e respectivo transporte;
- Correcto armazenamento, gestão e aplicação de factores de produção e resíduos, reduzindo a aplicação da água, adubos e produtos fitofarmacêuticos ao mínimo necessário e indispensável a uma gestão agronómica sustentável.

Na fase de instalação do projecto agrícola devem ser acautelados os seguintes aspectos:

- Não deverá ser alterada a sinuosidade das linhas de água, evitando troços de escoamento demasiado rectilíneos e demasiado lisos, de forma a minimizar processos erosivos, para jusante ou para montante da área regada.
- Caso se proceda à alteração dos taludes das linhas de água estes não poderão apresentar uma inclinação superior a 10%, podendo a intervenção limitar-se apenas à margem com menos vegetação ripícola.
- A preparação do terreno deverá ter em consideração as necessidades de drenagem da própria parcela, com o objectivo de facilitar a drenagem por baixo da camada arável do solo.
- Definir com rigor os canais de escoamento superficial da área regada garantindo que este escoamento se processará de forma lenta e controlada.

Na fase de exploração do projecto agrícola devem ser acautelados os seguintes aspectos:

- Efectuar a manutenção das galerias ripícolas, garantindo a existência de extracto arbóreo e arbustivo.
- Nas linhas de água devem ser asseguradas as condições necessárias para passagem do caudal natural, o qual não deverá ser utilizado na rega.
- Nas linhas de água e de drenagem natural deve garantir-se a preservação e regeneração da vegetação ripícola. As acções de limpeza e desobstrução de linhas de água, identificada como necessárias deverão ser autorizada pela Administração de Região Hidrográfica do Alentejo, I.P..
- A aplicação de herbicidas nas linhas de água e respectivas margens, bem como nas valas de drenagem é interdita. O controlo de infestantes deve ser realizado de forma mecânica, idealmente sem mobilização do solo.
- O combate a pragas e doenças deverá ser realizado de uma forma ambientalmente correcta, nomeadamente através de meios genéticos, culturais, físicos, biológicos e biotécnicos, devendo ser preferidos aos meios químicos.
- Deverão ser constituídas bolsas de acumulação de água ao longo das valas de drenagem dos terrenos, de modo a reduzir a velocidade de escoamento e simultaneamente promover a existência de vegetação que possibilite a absorção de eventuais excedentes químicos.
- Preconiza-se a utilização racional da água de rega, de acordo com as necessidades da cultura. Esta também deverá considerar a manutenção das infra-estruturas de rega, de modo a minimizar perdas por rupturas ou fugas da rede de rega.
- A rega, através de sistemas superficiais, deve ser efectuada nos períodos que minimizem as perdas de água por evaporação, evapotranspiração e os custos energéticos.

- Realização de enrelvamento das entrelinhas, em culturas permanentes, ou promoção da manutenção do coberto vegetal, no caso de culturas anuais, com o objectivo de minimizar processos erosivos.
- Adoptar práticas de mobilização mínima, de forma a potenciar a capacidade regenerativa do solo.
- Deverá ser observada a evolução de fenómenos de degradação qualitativa do solo (por exemplo, salinização), os quais deverão ser contrariados e corrigidos, através do melhoramento das técnicas agronómicas e práticas de rega.
- A aplicação dos fertilizantes deve considerar um conjunto de medidas relativas à poluição da água por nutrientes, devendo seguir as seguintes regras:
- A utilização de fertilizantes deve ser efectuada de acordo com as necessidades reais das culturas e da fase do ciclo vegetativo, recomendando a consulta de técnicos especializados que auxiliem na escolha das melhores soluções de fertilização.
- A aplicação de fertilizantes químicos deve, sempre que possível, verificar-se em pequenas doses e de forma regular, de modo a que os nutrientes sejam assimilados pelas culturas.
- Sempre que possível deve efectuar-se a fertilização e a correcção dos solos através da aplicação de fertilizantes orgânicos, já que promovem a retenção de água e a fixação de nutrientes.
- A quantidade de fertilizantes a aplicar às culturas deve ter em consideração as características hidroquímicas das águas de rega, de forma a compatibilizar as necessidades desta com as quantidades de fertilizantes a aplicar.
- Na aplicação de adubos azotados deverá ser dada preferência às formas azotadas menos solúveis.
- Promover práticas culturais complementares, com diferentes graus de exigências nutritivas e distintas zonas de influência radicular, favorecendo a fixação natural de azoto através do cultivo de leguminosas e sua posterior sideração, quer em parcelas de pousio agronómico quer no cultivo em sub-coberto através do enrelvamento das entrelinhas.
- Deve assegurar-se a existência de cobertura vegetal do solo durante os meses de Inverno e Primavera, potenciando a absorção do azoto durante o período de maior solubilidade, bem como a redução do arrastamento das camadas superficiais mais férteis do solo.
- Promover o aumento da matéria orgânica do solo, designadamente através da utilização preferencial de fertilizantes orgânicos e outros produtos ricos em matéria orgânica, bem como através da reutilização de subprodutos orgânicos da actividade agrícola, pecuária ou florestal, desde de que garantindo a sua conformidade analítica de micro nutrientes e eventuais metais pesados com a legislação em vigor.

A aplicação de produtos fitofarmacêuticos deve respeitar os princípios das boas práticas agrícolas e as normas fitossanitárias aplicáveis, devendo ainda respeitar as seguintes orientações:

- Os fitofármacos devem ser utilizados apenas em casos onde não se verifique a possibilidade de recorrer a alternativas. Nos casos onde se verifique ser indispensável a utilização de fitofármacos, a sua escolha deve ter em conta características como: baixa toxicidade; reduzido

tempo de vida no ambiente; não conter substâncias persistentes ou bioacumuláveis; ser de fácil manuseamento, sem perigo para quem aplica e ter retenção efectiva na área tratada.

- Não devem utilizar-se pesticidas móveis e persistentes na água ou que possam formar substâncias tóxicas.
- A aplicação dos fitofármacos deve ser feita de forma cuidadosa, de acordo com as instruções do fabricante, e devem ser tomados todos os cuidados para que sejam atingidas apenas as áreas necessárias.
- Não contaminar valas, poços ou cursos de água com os excedentes de calda ou de lavagem de materiais de aplicação.
- Os fitofármacos e os fertilizantes de aplicação foliar não devem ser aplicados quando se prevejam períodos de precipitação intensa nos dias seguintes à aplicação.
- Os pesticidas utilizados têm que estar homologados, não só para a cultura como para o inimigo em causa.
- Cada parcela de rega deve possuir um registo actualizado das quantidades e dos períodos de aplicação de fertilizantes e de pesticidas, bem como de outros factores de produção utilizados.

Durante o período de vigência do título devem ainda ser acauteladas as seguintes práticas de gestão de resíduos e de produtos químicos:

- Os produtos químicos como combustíveis, óleos, lubrificantes, fertilizantes e pesticidas devem ser adequadamente armazenados em lugar seco, ventilado, de piso impermeabilizado e com cobertura, devendo proceder-se a uma verificação das condições de segurança das embalagens e dos locais de armazenamento, os quais devem estar afastados de albufeiras, rios, ribeiras, de valas ou condutas de drenagem e respectivos leitos de cheia, bem como de poços, furos ou nascentes.
- É obrigatório fazer a recolha e concentração dos resíduos relativos ao processo produtivo agrícola ou de manutenção de equipamento, devendo a concessionária encaminhar os mesmos para destino adequado.
- Deverá ser preparada apenas a quantidade de qualquer tipo de produto químico, com o objectivo de evitar a produção de excedentes.
- É interdita a rejeição de produtos químicos e resíduos nas linhas de água.
- É interdita a queima de resíduos não orgânicos.

No caso de utilização de bombas com combustíveis fósseis ainda devem ser asseguradas as seguintes condições:

- Deverá ser instalada uma bacia de retenção estanque, dentro da qual funcione a moto-bomba. Esta bacia deverá ser mantida limpa de quaisquer tipos de resíduos, devendo estes ser encaminhados para destino adequado.
- O depósito de armazenamento de combustível deve ser estanque e estar em bom estado de conservação, não acumulando combustível necessário para mais de um dia de funcionamento do equipamento de extracção.



Figura 4 – Moto-bomba.

4. 3. Medição de volumes captados

A equipa de fiscalização e vigilância que acompanha as diferentes captações de recursos hídricos superficiais cuja autorização de utilização privativa se encontra validada ou em curso, procede à selagem dos caudalímetros, com selo metálico em chumbo, de forma a garantir a inalterabilidade dos dados de volume registados nos equipamentos. A equipa regista, também, os volumes consumidos em cada exploração, comparando os valores autorizados, com o registo observável nos caudalímetros e com os valores de auto-controlo enviados pelos titulares.



Figura 5 – Selagem e registo dos caudalímetros

A ficha de registo de volumes possibilita, no campo, a observação dos dados relativos ao histórico de cada exploração, bem como à variação expectável do consumo ao longo dos meses.

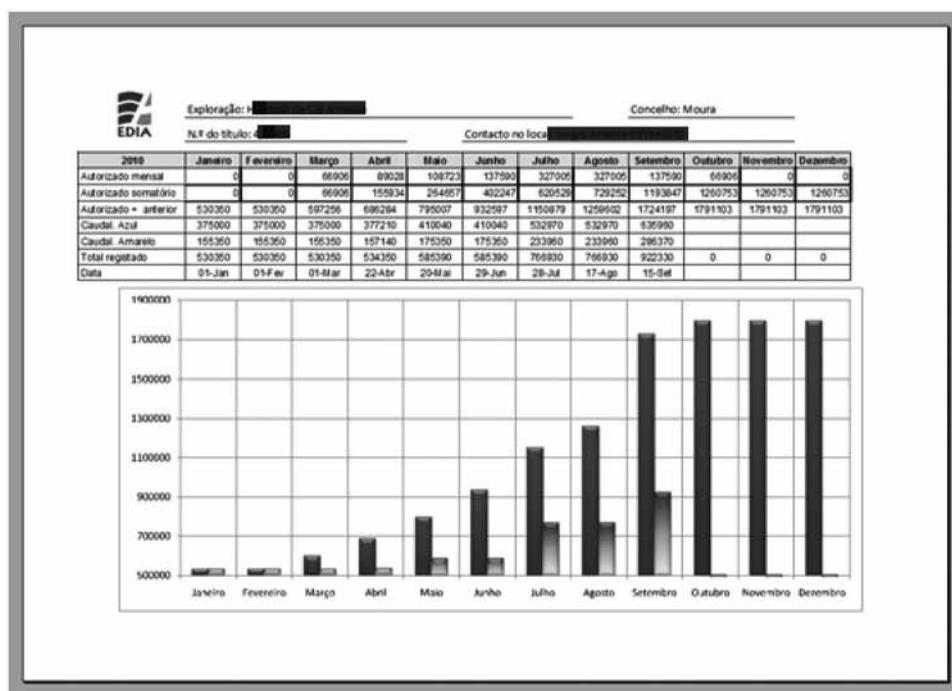


Figura 6 – Ficha de registo do volume dos caudalímetros

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acompanhamento de proximidade, implementado pela EDIA, entre os técnicos e as diversas tipologias de agricultores, pretende estabelecer uma relação de confiança que promova a responsabilização dos diversos intervenientes no processo, desde o proprietário, passando pelas diferentes hierarquias de gestão, até aos operadores no campo, com o objectivo de assegurar a integração das directrizes da Empresa que suportam todo o processo associado à implementação de captações de água para rega directamente do Sistema Alqueva-Pedrógão.

A dispersão das captações directas ao longo de uma margem global com mais de 1 000 km e o facto das áreas a regar estarem na envolvente directa das massas de água, as quais constituem as origens de água do EFMA, implica que as acções de fiscalização e vigilância são fundamentais para o sucesso do processo das captações directas das albufeiras integradas no Empreendimento.

Os desafios que se colocam são exigentes e complexos, para que seja realizada uma gestão sustentável dos recursos hídricos superficiais e que sejam alcançados os objectivos iniciais do EFMA.



APRH

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DOS RECURSOS HÍDRICOS



Apoio Premium



Apoio Gold



Apoio Silver

