

O CIRCUITO HIDRÁULICO AMOREIRA-CALIÇOS – ESTUDO DE UM CASO PRÁTICO

Nelson P. BRISO

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

Paulo GAMEIRO

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

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 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.

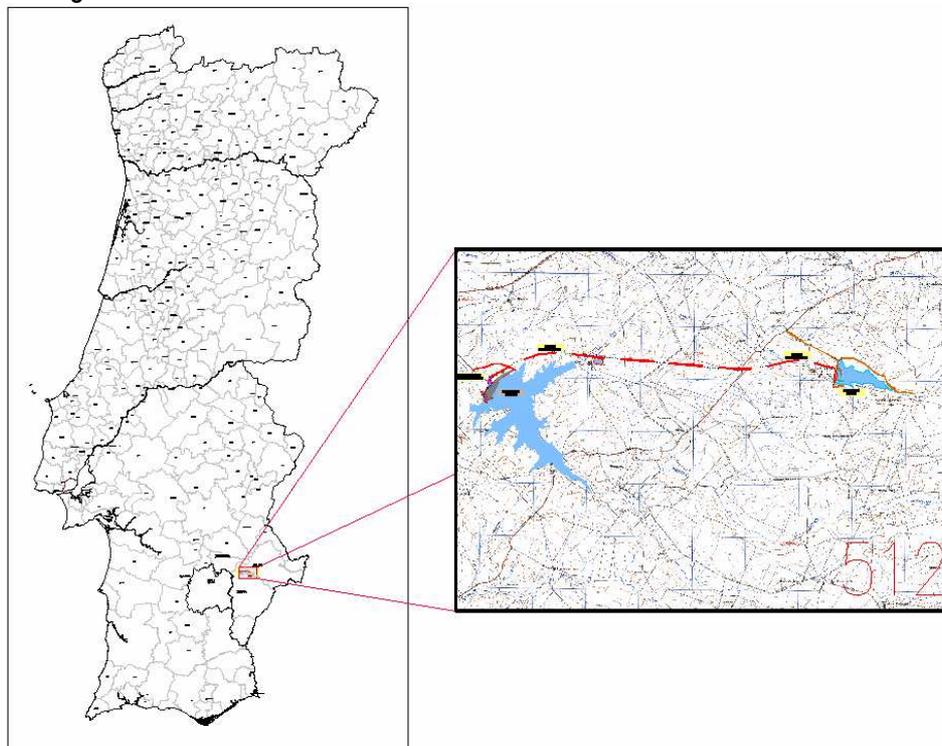


Figura 1 – Localização

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.

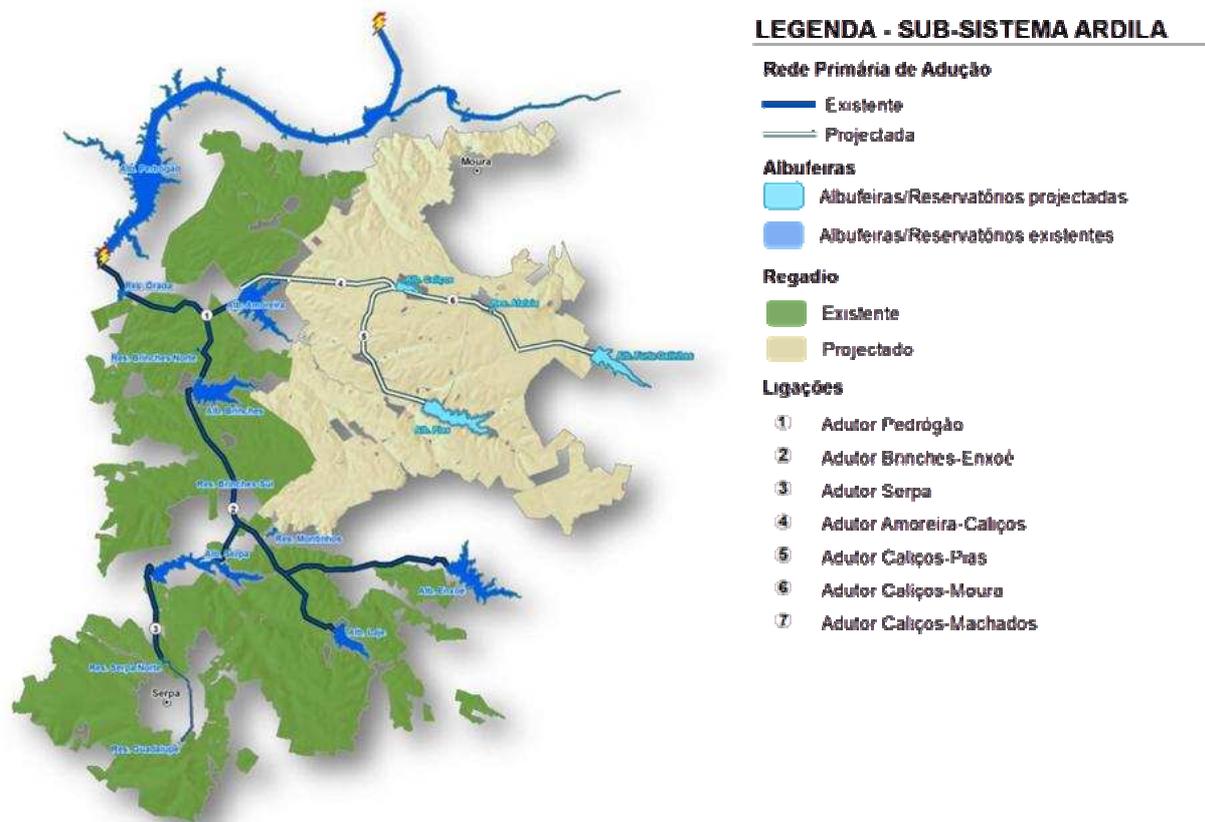


Figura 2 – Sub-Sistema de Ardila (Fonte EDIA)

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.

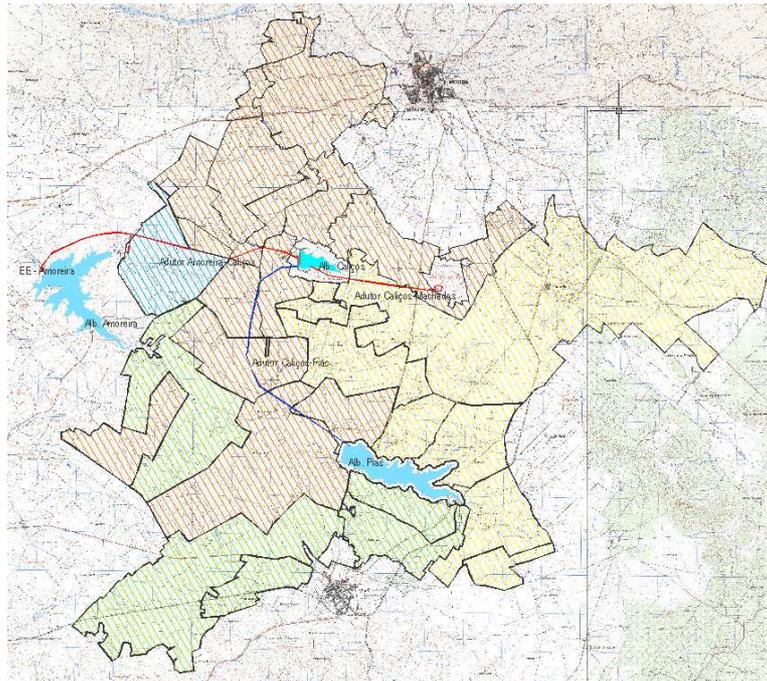


Figura 3 – Configuração da Alternativa I

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 Calços. 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 Calços e será, também, realizada a adução gravítica à barragem de Pias. A jusante da barragem dos Calços mantém-se a adução ao reservatório dos Machados, bem como aos blocos de Moura.

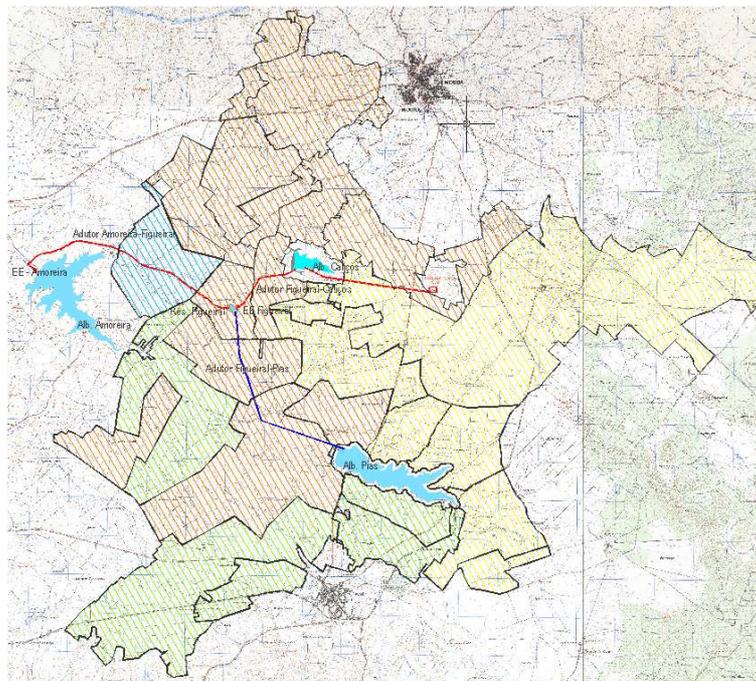


Figura 4 – Configuração da Alternativa II

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.

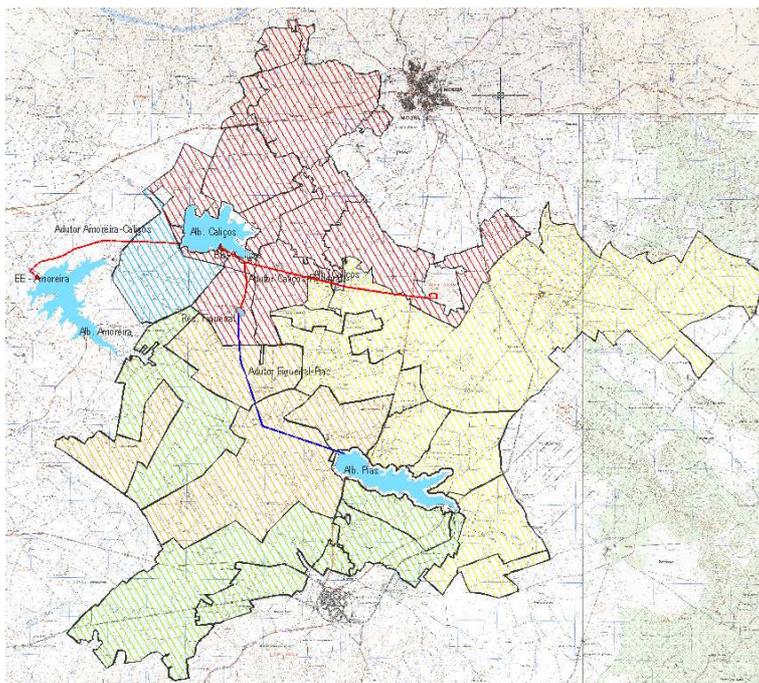


Figura 5 – Configuração da Alternativa III

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:

- $S_{t+1} \leq Vu$ (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 (m³/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	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			
	C.E (Caliços - Machados)	3,40	3,2	1 800/6	-		-
II	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%;
- c_{kwh} - 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 ≥ 50 ha) a pressão a montante do hidrante é cerca de 1kg/cm^2 e nos blocos que se caracterizam por prédios de pequena propriedade (área < 50 ha) a pressão a montante do hidrante é cerca de $4,2\text{kg/cm}^2$

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	23 278
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 x 10³ euros, correspondentes a 0,6%, resultantes de:

- Um acréscimo de 513,5 x 10³ euros de custos de investimento, que representa cerca de 1,5%;
- Uma redução de 564,2 x 10³ euros de custos de manutenção e conservação, que representa cerca de 6%;
- Uma redução de 379,9 x 10³ 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 I), a piezometrica 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 m³/s desde a cota 125 m (NmE da albufeira da Amoreira) para a cota 193,75 m (NPA da albufeira de Calços);

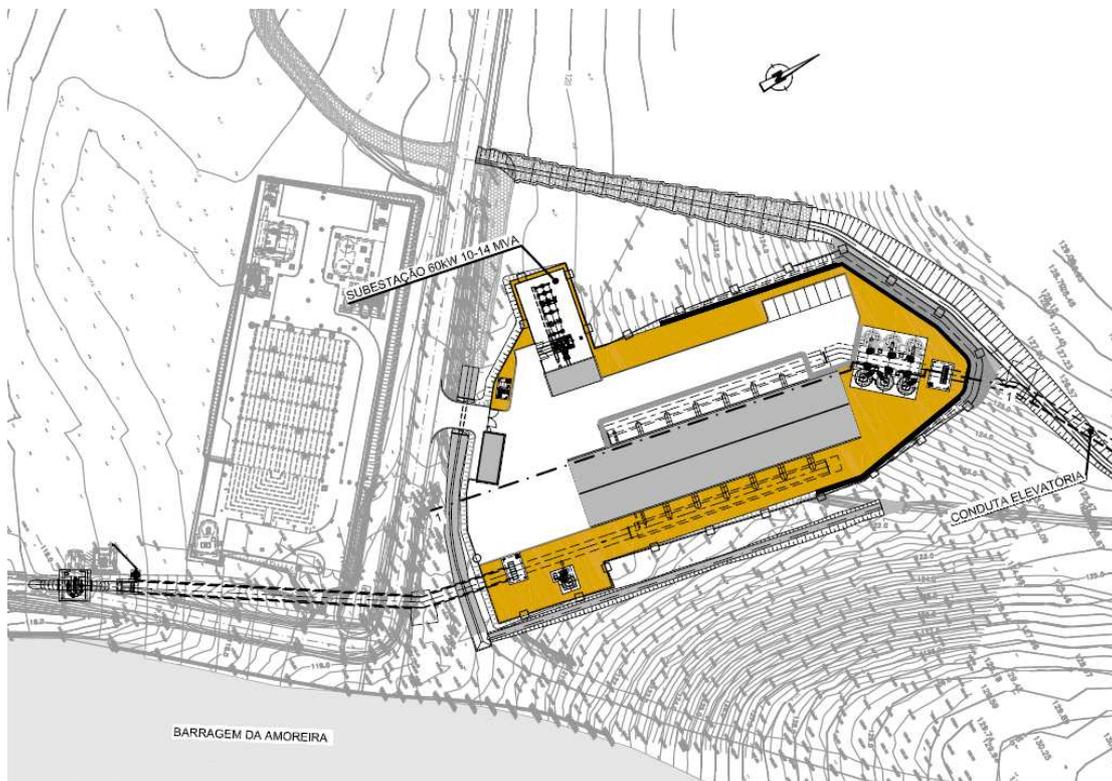


Figura 6 – Estação Elevatória da Amoreira – Implantação

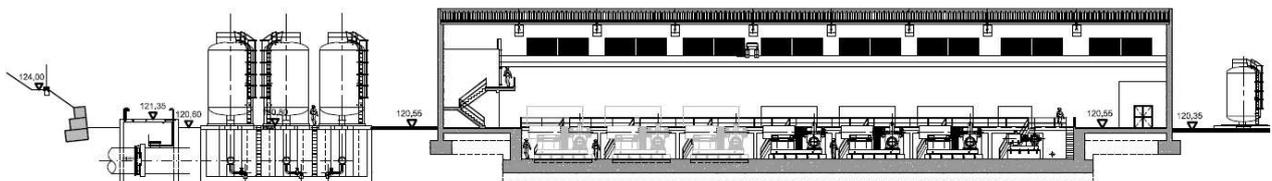


Figura 7 – Estação Elevatória da Amoreira – Corte

• 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 m³/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 m³/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;

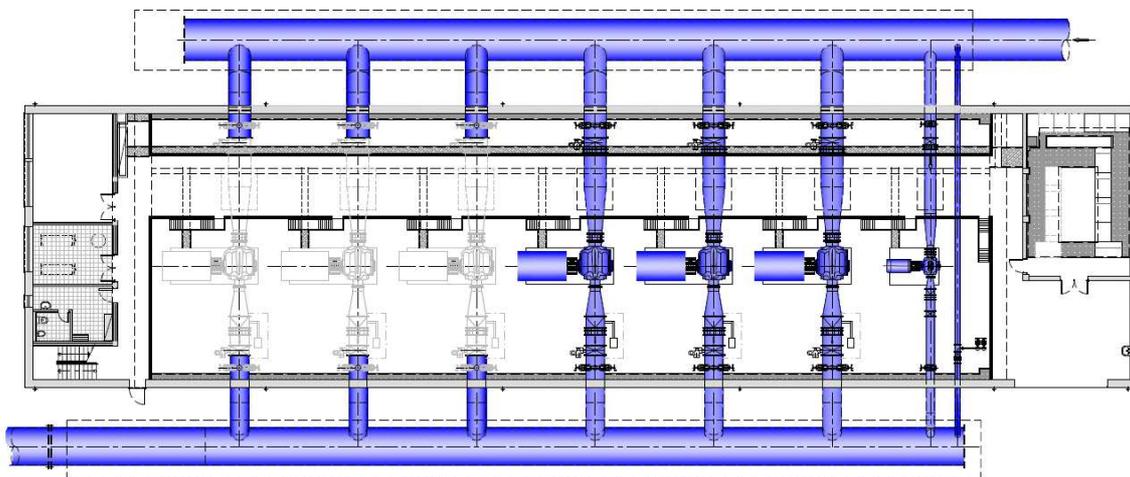


Figura 8 – Layout da Estação Elevatória da Amoreira

• 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;

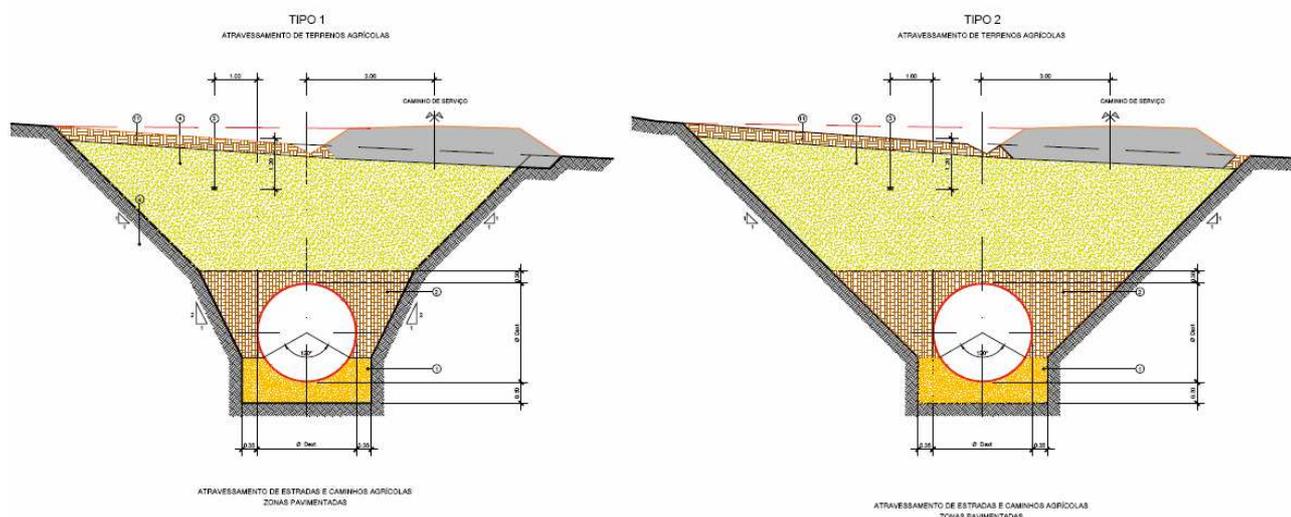


Figura 9 - Perfil Transversal Tipo da Conduta

• 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;

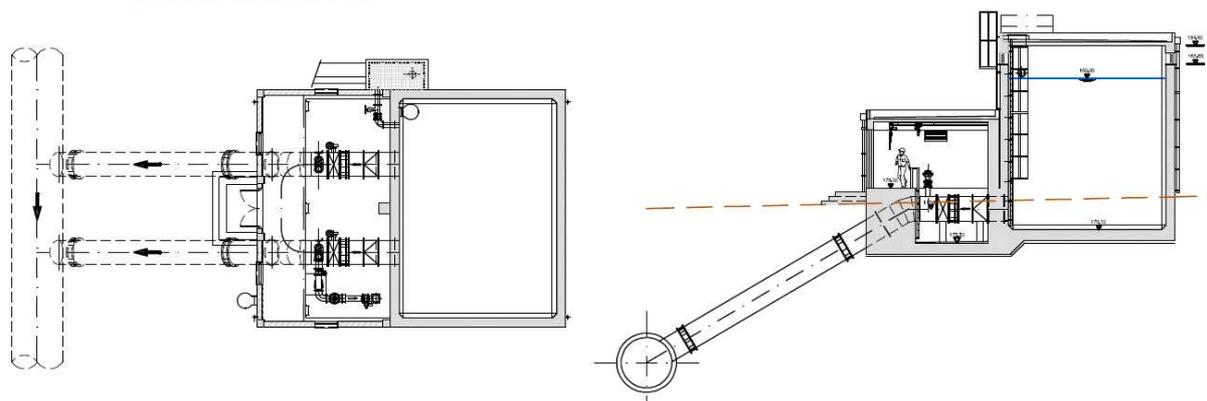


Figura 10 – Reservatório Unidireccional

- 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;

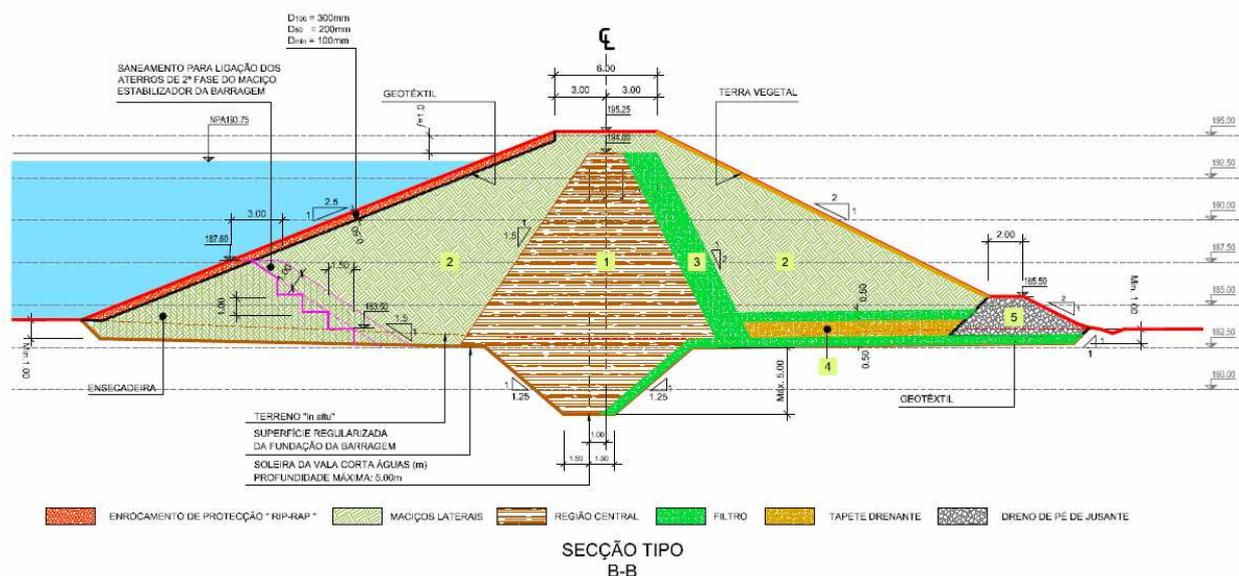


Figura 11 – Barragem de Caliços. Perfil Transversal Tipo

- 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;

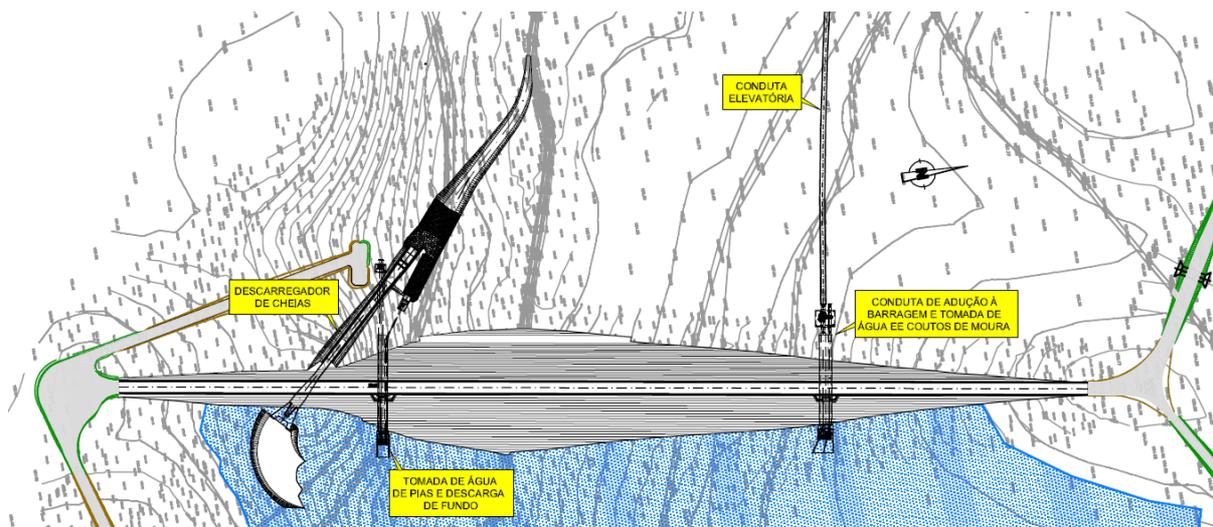


Figura 12 – Lay-out geral da Barragem de Caliços

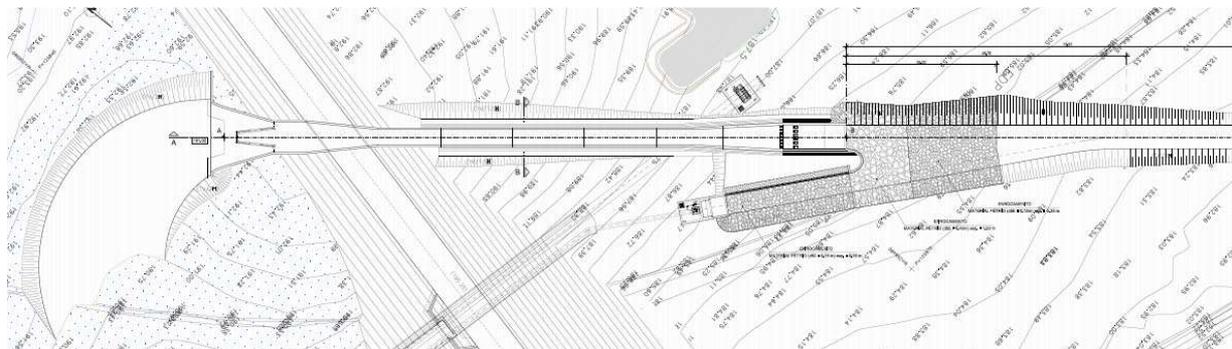


Figura 13 – Barragem de Caliços. Descarregador de Cheias

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 orientadoras 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 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%.

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 N° 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 Situadas no Sistema do Ardila", EDIA