

## A LIGAÇÃO LOUREIRO-ALVITO. SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA A RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES TÉCNICAS E AMBIENTAIS ESPECÍFICAS

Luísa PINTO; M<sup>a</sup>. Isabel VALENTE; David CUBAIXO

*Luísa PINTO*

*Eng.ª Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,*

*[lpinto@edia.pt](mailto:lpinto@edia.pt)*

*Isabel VALENTE*

*Eng.ª Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,*

*[mvalente@edia.pt](mailto:mvalente@edia.pt)*

*David CUBAIXO*

*Eng. Ambiente, EDIA. S.A., Rua Zeca Afonso n. 2, 7800-522, Beja, +351.284.318100,*

*[dcubaixo@edia.pt](mailto:dcubaixo@edia.pt)*

### 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 32m<sup>3</sup>/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 aflúências 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 - 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 m<sup>3</sup>/s e um máximo de 32 m<sup>3</sup>/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.

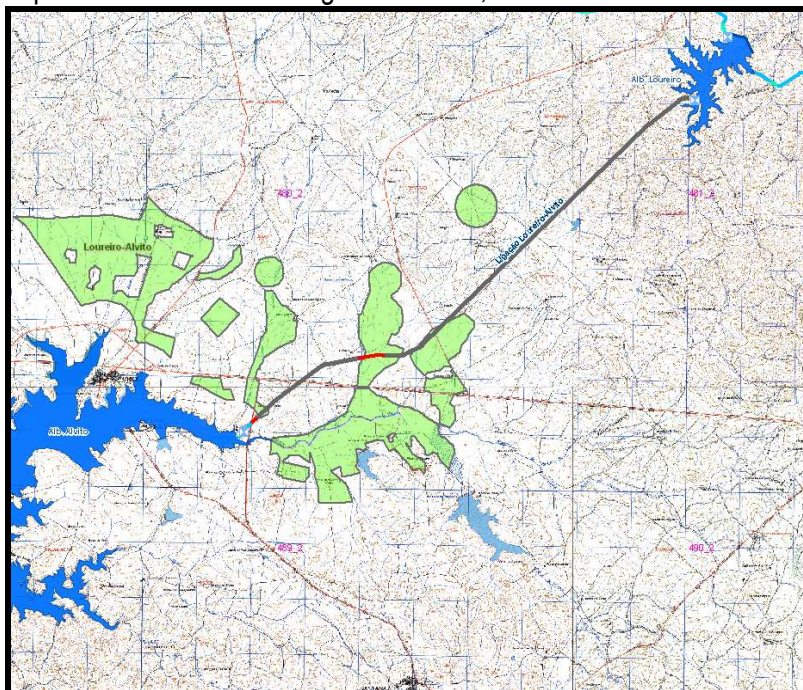


Figura 1 – Enquadramento da Ligação Loureiro-Alvito

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 m<sup>2</sup>.

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 m<sup>3</sup>/s com abertura total e com o Nme na albufeira. Nestas condições, fica garantida a capacidade de derivação de um total máximo de 32 m<sup>3</sup>/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 encaminhado 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.

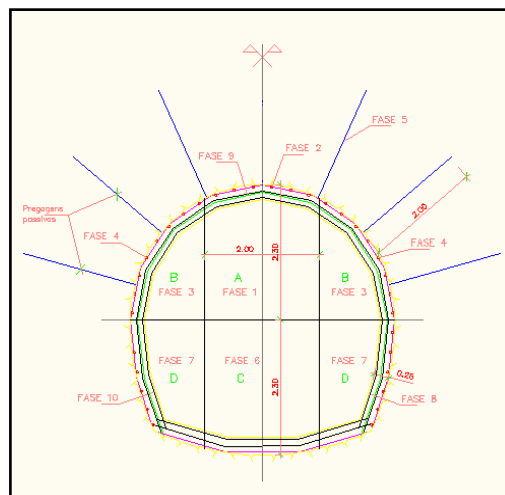
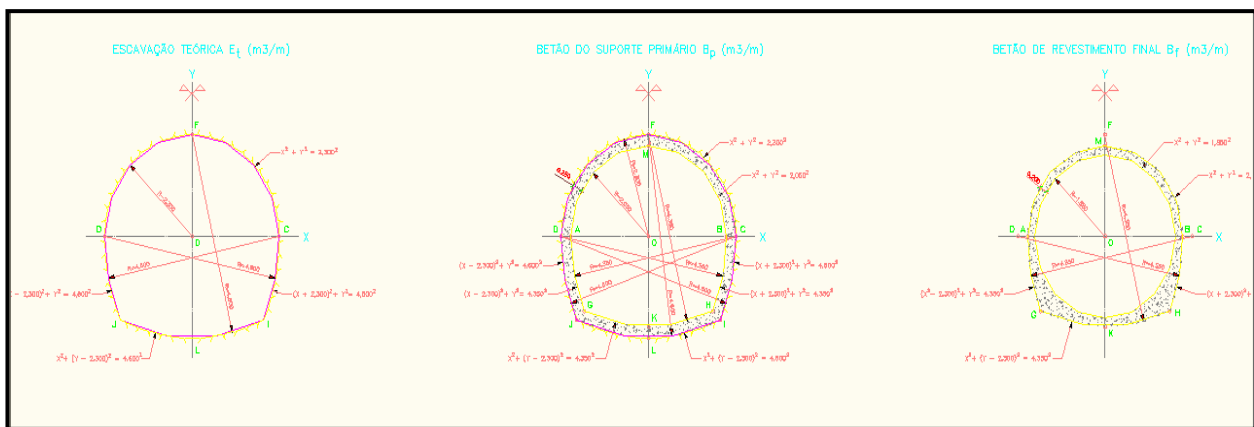


Figura 2 – Secção do Túnel da Ligação Loureiro-Alvito

### 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 descuidar 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 bacias, 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 possuam 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 trofогénica, 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).

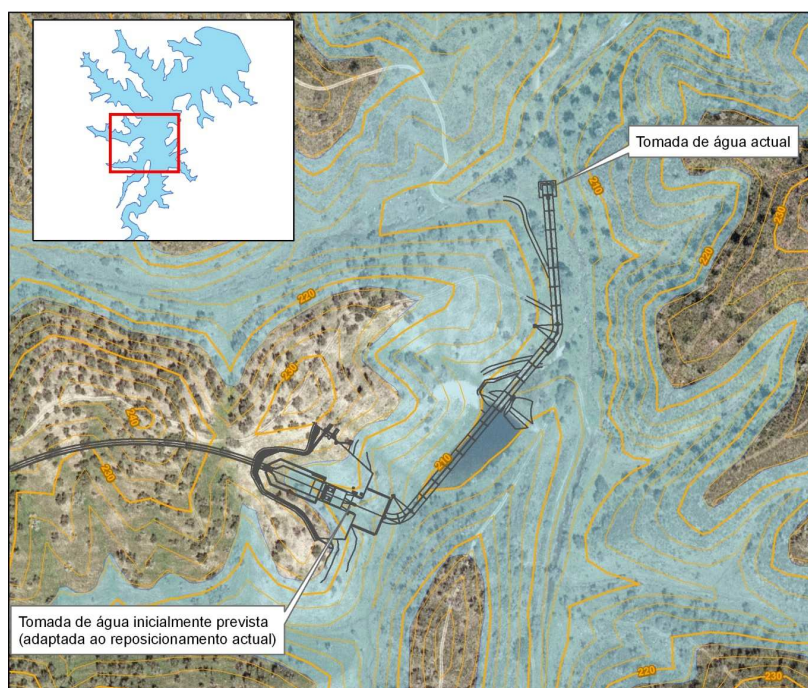


Figura 3 – Tomada de água da albufeira do Loureiro (s/ escala)



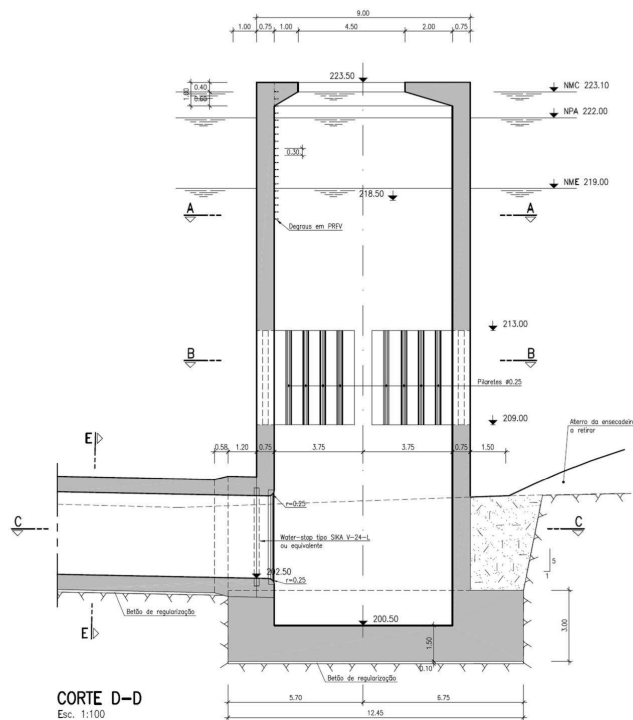


Figura 4 – Esquema em corte da torre de tomada de água (retirado do projecto de execução; sem escala; unidades em metros).

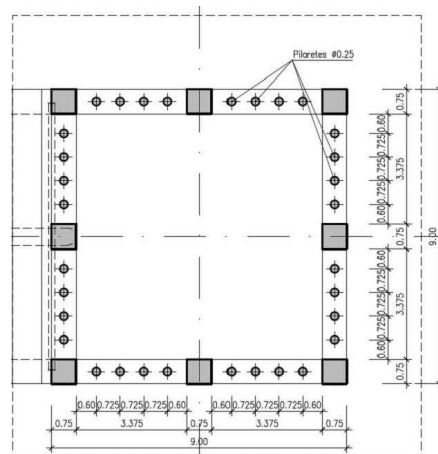


Figura 5 – Esquema em planta da torre de tomada de água (retirado do Projecto de Execução; s/ escala).

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  $\mu$ 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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> de área. Assim e no total, verificou-se que as duas bacias ascendem a 23,9 km<sup>2</sup>.

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 criadas desenvolve-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 criaram os açudes e cuja percentagem cumulativa de afluências 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 de 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 (<sup>1</sup>*lberochondrostoma lusitanicum*);
- a boga (<sup>2</sup>*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)*.

---

<sup>1</sup> Anteriormente classificado como *Chondrostoma lusitanicum*;

<sup>2</sup> Anteriormente classificado como *Chondrostoma polylepis*.

O PMC-Sado abrange uma área total de 8 341 km<sup>2</sup>, dos quais 7 692 km<sup>2</sup> correspondem à Bacia Hidrográfica do Rio Sado propriamente dita e os restantes 649 km<sup>2</sup> 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.

Acções	Unidades de intervenção associadas
<b>Acções de gestão relacionadas com os peixes</b>	
- 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)
<b>Acções de gestão relacionadas com o habitat, troço e bacia de drenagem</b>	
- 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)
<b>Acções de gestão relacionadas com o Homem</b>	
- 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)
<b>Acções integradas e de âmbito legal</b>	
- 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)

Quadro 1 – Síntese de Actividades

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