



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

PLANO DE AÇÃO PARA A OTIMIZAÇÃO DO ASCENSOR DE PEIXES DO APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE TOUVEDO – RESULTADOS FINAIS

José Maria, SANTOS¹; João, OLIVEIRA²; Rui, RIVAES³; Raul, ARENAS⁴; Teresa,
FERREIRA⁵; Ulisses, CABRAL⁶; António L., MARINHO⁷; João, FERREIRA⁸; João, PÁDUA⁹,
Cristina, MARIN¹⁰

¹ Doutor em Engenharia Florestal, CEF, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa,
jmsantos@isa.ulisoa.pt, +351 213653489

² Doutor em Engenharia Florestal, CEF, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa,
joliveira@isa.ulisoa.pt, +351 213653380

³ Mestre em Gestão dos Recursos Naturais, CEF, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 1349-017
Lisboa, jmsantos@isa.ulisoa.pt, +351 213653380

⁴ Licenciado em Eng^a do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa,
raularenaspizarro@gmail.com, +351 213653380

⁵ Professora Catedrática, CEF, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa,
terferreira@isa.ulisoa.pt, +351 213653487

⁶ Licenciado em Engenharia do Ambiente, EDP Gestão da Produção de Energia, S.A, Direção do Centro de Produção
Cávado-Lima, Rua 7, n.º 80, Paradela de Valdozende, 4845-043 Valdozende, ulisses.cabral@edp.pt, +351 253 370 000

⁷ Licenciado em Engenharia Mecânica, EDP Gestão da Produção de Energia, S.A, Direção do Centro de Produção Cávado-
Lima, Rua 7, n.º 80, Paradela de Valdozende, 4845-043 Valdozende, leite.marinho@edp.pt, +351 253 370 000

⁸ Licenciado em Biologia, EDP LABELEC, Rua Cidade de Goa, nº 4, 2685-039 Sacavém, Joao.CardosoFerreira@edp.pt,
+351 210011497

⁹ Mestre em Gestão de Recursos Naturais, EDP LABELEC, Rua Cidade de Goa, nº 4, 2685-039 Sacavém,
joao.padua@edp.pt, +351 210011253

¹⁰ Diretora da área de Ambiente, EDP LABELEC, Rua Cidade de Goa, nº 4, 2685-039 Sacavém, Cristina.Marin@edp.pt,
+351 210011476

Resumo

O “Plano de Ação para a Otimização do Ascensor de Peixes do Aproveitamento Hidroelétrico do Touvedo” decorreu entre setembro de 2011 e fevereiro de 2014, sendo constituído por 3 fases: Fase 1 - proceder a um diagnóstico da condição do ascensor e avaliar a sua eficácia; Fase 2 - efetuar a caracterização hidráulica do canal de atração e

propor e implementar medidas para a sua melhoria; Fase 3 - reavaliar a eficácia do ascensor. No total o ascensor foi utilizado por 10011 peixes, sendo a enguia-europeia e a boga do Norte as espécies com maior ocorrência. Após a implementação de medidas foi observado um acréscimo significativo do número de peixes que transitou no ascensor, passando de 3389 (Fase 1) para 6272 exemplares (Fase 3), sendo que a enguia-europeia foi a espécie que mais contribuiu para este acréscimo. O ascensor demonstrou baixa seletividade para as espécies, tendo sido todas registadas com exceção do ruivaco, sendo este um ciprinídeo de pequena dimensão e não migrador. A caracterização hidráulica revelou que as condições estabelecidas na situação de grupo gerador parado e a plena carga são atrativas para todas as espécies, sobretudo para os indivíduos de maior dimensão. As condições existentes com o grupo a meia carga são, pelo contrário, pouco atrativas, pois ocorrem velocidades negativas que provocam a criação de zonas de circulação. Os resultados obtidos no “Plano de Ação” permitem concluir que o ascensor do Touvedo contribui positivamente para a manutenção das populações de boga do Norte, barbo-comum e truta-de-rio, sendo inconclusivo quanto à sua eficácia para a enguia-europeia.

Palavras-chave: Ascensor, seletividade, eficácia, peixes, caracterização hidráulica.

Tema: Investigação em hidráulica e recursos hídricos.

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de mitigar o impacto da construção de grandes barragens sobre a ictiofauna fluvial, têm sido construídos diferentes tipos de dispositivos de passagem para peixes. Entre estes, os ascensores são sem dúvida os mais frequentes para a transposição para montante através de grandes barragens (Croze et al., 1998). O seu princípio de funcionamento consiste em atrair os peixes para uma caixa ou cuba, contendo uma determinada quantidade de água, que posteriormente é içada e despejada, largando os peixes a montante da barragem (Travade e Larinier, 2002).

O Aproveitamento Hidroelétrico de Touvedo (AH Touvedo) no rio Lima destina-se essencialmente a regularizar os elevados caudais turbinados pelo Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Lindoso, na ordem dos 250 m³/s a plena carga, armazenando-os temporariamente e restituindo-os ao rio Lima imediatamente a jusante da barragem com valores nunca superiores a 100 m³/s. A barragem com 42,5 m de altura e está dotada de um dispositivo de passagem para peixes do tipo ascensor de peixes, o qual tem o objetivo de mitigar o efeito de interrupção da conectividade fluvial e possibilitar o acesso aos afluentes localizados a montante (p.e. rios Froufe, Tamente e Adrão).

O presente trabalho descreve os principais resultados produzidos no âmbito do “Plano de Ação para a Otimização do Ascensor de Peixes do Aproveitamento Hidroelétrico de

Touvedo”. Este plano teve como principal objetivo efetuar um diagnóstico e avaliar a eficácia do ascensor de peixes, bem como definir e implementar as medidas, enquadradas dentro do equilíbrio económico e financeiro da concessão, que viessem a ser consideradas necessárias para melhorar o funcionamento desta infraestrutura. Decorreu entre setembro de 2011 e fevereiro de 2014, sendo constituído por 3 fases: Fase 1 - proceder a um diagnóstico da condição do ascensor e avaliar a sua eficácia (set. 2011-ago. 2012); Fase 2 - efetuar a caracterização hidráulica do canal de atração e propor e implementar medidas para a sua melhoria (set. 2012-fev. 2013); Fase 3 - reavaliar a eficácia do ascensor após a implementação das medidas consideradas necessárias para o aumento da respetiva eficácia, definidas na fase anterior.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Ascensor de peixes

O ascensor de peixes é constituído por um canal coletor, uma cuba que se movimenta entre os níveis de montante e de jusante, para além de um canal ao nível de montante para onde os peixes são libertados e através do qual nadam até à albufeira. O canal coletor situa-se na zona da restituição, tendo como objetivo garantir a atratividade do dispositivo. Possui três entradas, das quais duas (W1 e W2) encontram-se localizadas junto da restituição e a terceira (W3) situada alguns metros mais a jusante (Fig. 1). O caudal de atração nas entradas tem um valor máximo de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, variando com o regime de exploração da central, de acordo com os procedimentos definidos pela Vattenfall (1998). Quando o grupo se encontra parado ($0 \text{ m}^3/\text{s}$) ou a funcionar a meia carga ($50 \text{ m}^3/\text{s}$), todas as entradas estão abertas. Em situação de grupo em carga total ($100 \text{ m}^3/\text{s}$), somente a entrada W3 se encontra aberta.

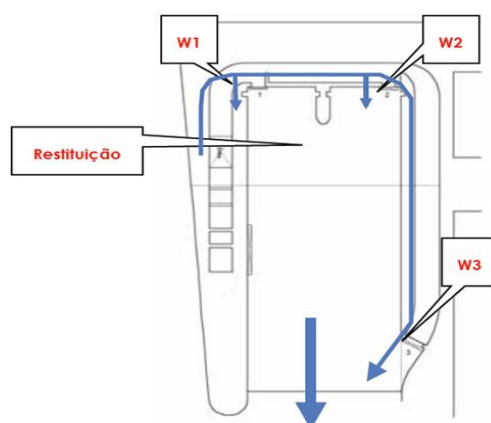


Figura 1. Diagrama do canal de atração do ascensor de Touvedo, com as 3 entradas onde foram efetuadas medições de velocidade da água.

2.2. Monitorização da ictiofauna a jusante de Touvedo

Para proceder à caracterização da comunidade piscícola potencialmente utilizadora do ascensor, foram realizadas amostragens num troço fluvial imediatamente a jusante da barragem, incluindo uma secção não-vadiável e outra vadiável, totalizando 340 m de comprimento. As amostragens foram realizadas mensalmente na Fase 1 e na Fase 3, sempre que não se verificassem condicionantes meteorológicas e de exploração. Estas foram efetuadas de acordo com o protocolo estabelecido para Portugal no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água (INAG, 2008), complementado pelo protocolo descrito no projeto Aquariport (Oliveira et al., 2007).

O método de captura utilizado foi a pesca elétrica, recorrendo-se para o efeito a aparelhos com output de corrente direta contínua/impulsos. De salientar, que esta técnica de amostragem é bastante eficiente, pouco seletiva e relativamente inofensiva para os peixes. A amostragem na secção não-vadiável mais a jusante, foi realizada em cada uma das margens com recurso a um barco pneumático com motor e por uma equipa de três pessoas. Na secção mais a montante, foi possível percorrer a pé o leito do rio, pelo que as capturas foram realizadas através de movimentos em ziguezague contra a corrente. Os indivíduos capturados foram identificados até à espécie, sempre que possível medidos, e devolvidos à água em boas condições.

2.3. Vídeo-monitorização do ascensor de peixes

O registo, identificação e contagem de peixes que utilizaram o ascensor foi efetuado por um sistema de vídeo-gravação composto por uma câmara de filmar (marca Bosch, mod. MR700) instalada no topo do poço do ascensor, permitindo a obtenção de imagens da cuba durante a parte final da ascensão, possibilitando o visionamento dos peixes, nomeadamente a sua identificação, número de indivíduos, dimensões, bem como a data e a hora em que se processou a passagem. A identificação foi efetuada com base em traços morfológicos característicos das espécies predispostas a utilizar o ascensor e tendo em consideração as espécies capturadas mensalmente a jusante da barragem. Complementarmente, e para confirmação da aferição das silhuetas de diferentes espécies, recorreu-se à paragem manual do dispositivo e posterior identificação e visualização das espécies presentes.

Ao longo do processo de monitorização foram igualmente registados os parâmetros de funcionamento da central que podem ter influência na utilização do ascensor, nomeadamente o caudal turbinado, descarregado e ecológico, para posterior correlação com o número de indivíduos que transitaram no dispositivo. Com o mesmo propósito, foram também registadas outras variáveis, tais como o caudal médio diário (calculado com base nos registos horários), temperatura da água, precipitação, fase lunar e fotoperíodo. Os dados recolhidos do sistema de vídeo-gravação foram guardados em formato digital em videogravador (Bosch, mod. LTC455), e a informação visionada através do *software* Bosch

Divar Archive Player, tendo sido registados a hora a que ocorreu a passagem, o número total de peixes e o número de indivíduos por espécie que transitaram em cada ciclo, bem como o comprimento total de cada indivíduo estimado a partir da dimensão da quadrícula (20 x 20 cm) do fundo da cuba.

2.4. Caracterização hidráulica das entradas do ascensor

Foram efetuadas medições de velocidade da água nas três entradas do ascensor (W1, W2 e W3) e no canal coletor. Para tal, recorreu-se a um *Acoustic Doppler Velocimeter* (ADV SonTek FlowTracker), montado numa barra graduada de 3 metros, efetuando-se 9 medições ao longo das respetivas áreas de secção. As medições foram efetuadas para cada um dos regimes de funcionamento da central: grupo parado (0 m³/s), grupo a meia carga (50 m³/s) e grupo a carga total (100 m³/s).

Para as situações de grupo parado e a meia carga, foi igualmente efetuada a medição da velocidade da água na entrada W3, mas com as entradas W1 e W2 fechadas. Esta análise inédita teve como objetivo avaliar a existência de um possível aumento da atratividade ao concentrar todo o escoamento na entrada W3, minimizando a eventual camuflagem do caudal de atração provenientes entradas W1 e W2 causada pelo caudal turbinado, uma vez que estas se encontram localizadas próximas da restituição das águas turbinadas.

3. RESULTADOS

Ao longo do projeto o ascensor de Touvedo efetuou 5545 ciclos de transposição, com a presença de peixes em 33% dos ciclos, sendo de referir o aumento desta percentagem da Fase 1 (30%) para a Fase 3 (46%). No total o ascensor foi utilizado por 10011 peixes, pertencentes a 6 espécies nativas e 1 exótica, sendo a enguia-europeia (50,8%) e a boga do Norte (37,5%) as espécies com maior abundância (Tabela 1). O barbo-comum (9,7%) e a truta-de-rio (2,0%) também utilizaram o dispositivo com alguma abundância, tendo sido registadas presenças pontuais de lampreia-marinha, salmão do Atlântico e perca-sol (espécie exótica). Após a implementação de medidas foi observado um acréscimo significativo do número de peixes que transitou no ascensor, passando de 3443 (Fase 1) para 6272 exemplares (Fase 3).

Tabela 1. Nome comum e número de exemplares por espécie e total que utilizou o ascensor de Touvedo nas diferentes fases.

Nome comum	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total	%
Barbo-comum	266	156	548	970	9,7
Boga do Norte	1879	71	1801	3751	37,5
Salmão do Atlântico	0	0	1	1	0,0
Truta-de-rio	85	48	63	196	2,0
Enguia-europeia	1211	21	3852	5084	50,8
Lampreia-marinha	2	0	0	2	0,0
Perca-sol	0	0	7	7	0,1
Total	3443	296	6272	10011	

O ascensor demonstrou baixa seletividade em relação às espécies, ao longo de todo o período de monitorização, dado que das 6 espécies nativas (barbo-comum, boga do Norte, ruivaco, enguia-europeia, truta-de-rio e lampreia-marinha) capturadas no segmento do rio Lima a jusante da barragem, 5 utilizaram o ascensor. Apenas não se detetou a utilização do ascensor por parte do ruivaco (Fig. 2).

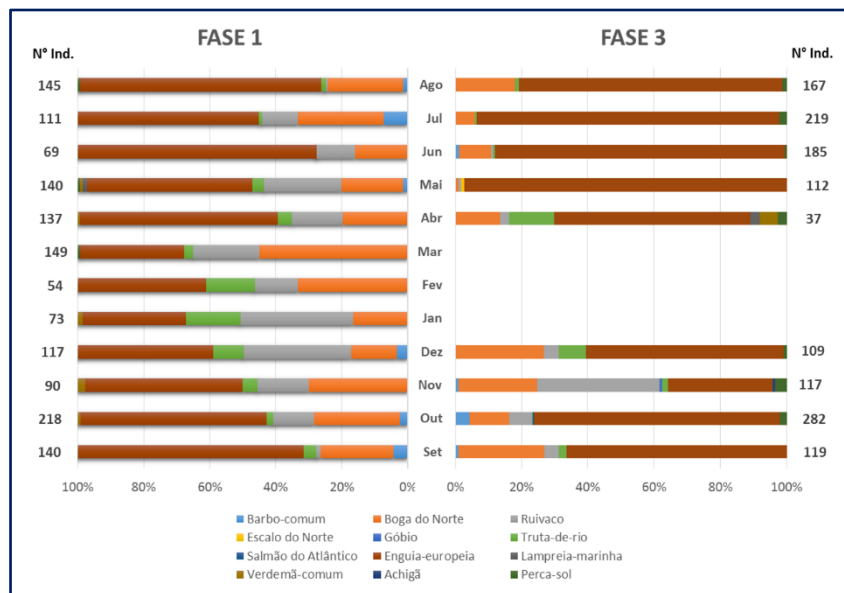


Figura 2. Número de indivíduos e abundância relativa (%) das espécies capturadas a jusante do AH de Touvedo.

Relativamente à seletividade do ascensor para as dimensões das espécies, importa referir algumas diferenças detetadas entre a Fase 1 e a Fase 3. Com efeito, na Fase 1, a comparação entre a estrutura de comprimentos das quatro espécies mais abundantes observadas no ascensor e a dos exemplares capturados a jusante do AH Touvedo, evidenciou de uma forma geral: (i) a ocorrência de uma menor proporção no ascensor das classes de menor dimensão, sobretudo de boga do Norte, enguia-europeia e truta-de-rio e (ii) uma maior representatividade para todas as espécies, de indivíduos de maior dimensão no ascensor relativamente aos capturados no segmento fluvial.

Na Fase 3, as diferenças entre a estrutura de comprimentos dos indivíduos que utilizaram o ascensor e a dos exemplares capturados a jusante no rio Lima, foram bastante menores, particularmente nos casos das espécies que mais utilizaram o ascensor, boga do Norte e enguia-europeia (Fig. 3). Por exemplo, relativamente à enguia-europeia, a proporção de indivíduos com menos de 20 cm de comprimento total correspondia, na Fase 1, a 37,9% da população, e, na Fase 3, aumentou significativamente para 69,5% ($\chi^2 = 169,48$, $P < 0,0001$).

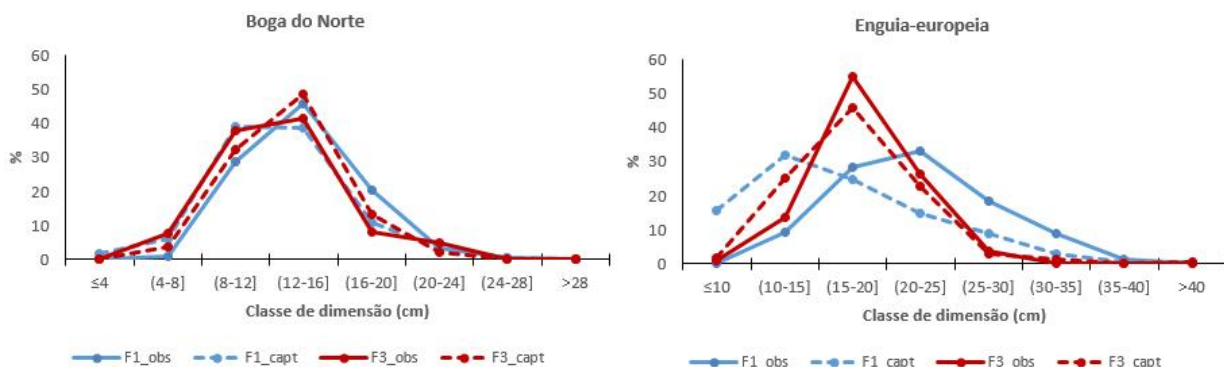


Figura 3. Abundância relativa de boga do Norte e enguia-Europeia por classe de dimensão no segmento amostrado do rio Lima e no ascensor de Touvedo durante a Fase 1 (F1) e a Fase 3 (F3).

Os padrões sazonais de passagem das 2 espécies mais abundantes através do ascensor, boga do Norte e enguia-europeia, foram semelhantes entre a Fase 1 e a Fase 3, ocorrendo claramente entre julho e outubro, com mais de 90% e de 98% dos exemplares a utilizarem o dispositivo neste período, respetivamente. O barbo-comum evidenciou maior número de passagens durante o verão e outono na Fase 3, enquanto na Fase 1, o pico de movimentos teve lugar mais cedo (maio). A truta-de-rio mostrou um padrão sazonal de movimentos regular ao longo do ano, relativamente semelhante entre ambas as fases, apesar da menor atividade verificada no final do outono da Fase 3, em que o número de indivíduos diminuiu significativamente.

Os padrões de passagem horários das espécies através do ascensor revelaram a ausência de diferenças significativas (teste-t emparelhado; $P > 0,05$) entre movimentos diurnos (6h00-18h00) e noturnos (18h00-6h00) para as espécies mais abundantes que transitaram no

ascensor. A exceção foi a enguia-europeia, que na Fase 3 exibiu um maior número de movimentos noturnos relativamente aos diurnos.

Os resultados dos modelos de regressão linear múltipla que relacionam o número de peixes por dia que transitaram no ascensor (variável dependente) com as variáveis ambientais (independentes) encontram-se sumarizados na Tabela 2 para a Fase 1 e Fase 3.

Tabela 2. Variáveis selecionadas pelo modelo de regressão linear múltipla, demonstrando a correlação (positiva (+) ou negativa (-)) entre o número de peixes por dia que transitou no ascensor e as variáveis ambientais durante a Fase 1 e a Fase 3.

Nome comum	Fase 1	Fase 3
Boga do Norte	TEMP AR (+)	TEMP AG (+)
	CAUDAL (+)	FOTO (+)
Barbo-comum	CAUDAL (+)	CAUDAL (+)
		TEMP AG (+)
		PREC ACUM (+)
Truta-de-rio	CAUDAL (+)	CAUDAL (+)
Enguia-europeia	PREC ACUM (+)	PREC ACUM (+)
	LUA (-)	LUA (-)
		TEMP AG (+)
		CAUDAL (-)

Verificou-se que o caudal médio diário e a temperatura da água foram importantes nos movimentos de boga do Norte, barbo-comum e truta-de-rio. Para além destes fatores, a fase lunar e a precipitação média acumulada nos 3 dias anteriores, aparentaram ser também relevantes para os movimentos de enguia-europeia.

A Tabela 3 apresenta o rácio entre o número médio de exemplares/dia que utilizou o ascensor e o respetivo número de indivíduos capturados por unidade de esforço em cada mês.

Tabela 3. - Rácios entre o número médio de exemplares por dia observados no ascensor de Touvedo e o número de exemplares capturados imediatamente a jusante (UE = 1 dia de pesca) da barragem, durante os períodos de maior atividade para cada espécie durante a fase 1 (F1) e a fase 3 (F3).

Mês	Boga do Norte		Enguia-europeia		Barbo-comum		Truta-de-rio	
	F1	F3	F1	F3	F1	F3	F1	F3
Abr					*	*	0,03	0,09
Mai					1,40	*	0,08	*
Jun					*	0,68	*	0,03
Jul	0,70	0,10	0,03	0,05	0,05	*	0,10	0,06
Ago	0,33	0,75	0,21	0,26	0,31	*	0,00	0,03
Set	0,39	0,43	0,03	0,26	0,03	3,10	0,08	0,14
Out	0,35	0,47	0,13	0,27	0,29	0,34	0,08	0,35
Nov					*	1,30	0,18	0,07
Média	0,44	0,44	0,10	0,21	0,42	1,35	0,08	0,11

* Rácio indeterminado por não se terem capturados indivíduos a jusante, embora presentes no ascensor.

Para a boga do Norte, os rácios obtidos entre julho e outubro, período de maior atividade desta espécie no ascensor, apresentaram um valor médio idêntico em ambas as fases de estudo (0,44). No caso da enguia-europeia, e tendo em conta o mesmo período sazonal (julho-outubro) correspondente também ao período de maior atividade desta espécie no ascensor, verificou-se que o valor médio do indicador de eficácia do ascensor para esta espécie, duplicou de 0,10 na Fase 1, para 0,21 na Fase 3. Neste caso verificou-se ainda que este rácio foi sempre superior durante a Fase 3 e que o padrão de atividade foi semelhante, ou seja, verificaram-se valores de eficácia muito reduzidos em julho, os quais aumentaram nos meses de agosto, setembro e outubro. Os resultados obtidos para o barbo-comum evidenciam que durante a Fase 3 se obtiveram rácios muito elevados (superiores a 1), resultando numa eficácia média de 1,35 e que corresponde a um valor muito superior ao da Fase 1. No entanto deve-se salientar que durante a Fase 3 foram capturados poucos indivíduos a jusante, pelo que a interpretação destes resultados deve ser feita com algum cuidado. Para a truta-de-rio observaram-se resultados semelhantes em ambas as fases, quer ao nível dos rácios obtidos em cada mês, quer ao nível da eficácia média.

Para a situação de grupo parado (0 m/s), a distribuição dos valores de velocidade da água na entrada W1 apresentou-se relativamente homogénea, tendo variado entre 0,21 m/s e 0,37 m/s com uma mediana de 0,31 m/s (Tabela 4). Já a entrada W2, revelou uma distribuição de velocidades muito mais heterogénea, tendo-se inclusivamente registado valores negativos (-0,20 m/s). No caso da entrada W3, a variação das velocidades foi muito homogénea (0,39 a 0,42 m/s) tendo apresentado um valor mediano de 0,40 m/s, que aumentou para 0,66 m/s quando são fechadas as entradas W1 e W2.

Para a situação de grupo a meia carga (50 m³/s), a distribuição de velocidades nas entradas, revelou-se bastante mais heterogénea relativamente à situação do grupo parado, com a existência de valores negativos observados em todas as entradas, com destaque para a entrada W3 que registou inclusive um valor mediano negativo (-0,04 m/s). Quando, contudo, são fechadas as entradas W1 e W2, verifica-se não só uma maior homogeneização das velocidades, bem como um aumento significativo da mediana da velocidade (0,84 m/s).

Para a situação de grupo a carga total (100 m³/s), as velocidades na entrada W3 variaram entre 0,41 m/s e 0,80 m/s, com um valor mediano de 0,68 m/s. Num eventual cenário de abertura das entradas W1 e W2, as velocidades nestes locais variariam entre 0,20 m/s e 0,65 m/s (mediana = 0,37 m/s) e entre 0,44 m/s e 0,56 m/s (mediana = 0,54 m/s), respetivamente. Nestas condições, as velocidades na entrada W3 (0,62 m/s) seriam um pouco mais baixas do que as observadas com W1 e W2 fechadas (0,68 m/s).

Tabela 4. Mediana, máximos e mínimos (entre parêntesis) da velocidade da água nas 3 entradas do ascensor. Valores a sombreado (cinzento) representam alternativas ensaiadas ao atual modo de operação do dispositivo.

	W1	W2	W3 _{aberta} 1,2	W3 _{fechada} 1,2
Grupo parado (0 m ³ /s)	0,31 (0,21 - 0,37)	0,26 (-0,20 - 0,55)	0,40 (0,39 - 0,42)	0,66 (0,62 - 0,69)
Grupo meia-carga (50 m ³ /s)	0,69 (-0,06 - 0,87)	0,78 (-0,10 - 1,00)	-0,04 (-0,38 - 0,22)	0,84 (0,76 - 0,91)
Grupo carga total (100 m ³ /s)	0,37 (0,20 - 0,65)	0,54 (0,44 - 0,56)	0,62 (0,56 - 0,68)	0,68 (0,41 - 0,80)

Os resultados obtidos na Fase 1 e Fase 2 permitiram identificar um conjunto de medidas com vista ao aumento da eficácia do ascensor de peixes, bem como ao aperfeiçoamento das futuras ações de monitorização e divulgação do dispositivo (Tabela 5). As medidas propostas foram tipificadas de acordo com a sua natureza e resposta pretendida ou limitações identificadas: seletividade para os indivíduos de menor dimensão; otimização da frequência dos ciclos de subida; otimização das velocidades de atração da água e medidas complementares. Para cada medida foi igualmente atribuído um grau de importância relativamente à potencial afetação da mesma na eficácia do ascensor: Reduzido, Moderado, Elevado ou Crítico, consoante a medida tenha afetação reduzida, moderada, elevada ou extrema na eficácia do ascensor.

Tabela 5. Descrição e grau de importância das medidas propostas na Fase 2 com vista ao aumento da eficácia do ascensor de peixes.

Med. n.º	Descrição	Importância
1	Redução do espaçamento entre as barras metálicas na parte inferior da cuba do ascensor	Elevada
2	Realização de operações de manutenção e intervenção no ascensor, efetuadas fora do período de maior utilização do dispositivo (julho-outubro)	Elevada
3	Instalação de uma barreira permanente na albufeira de Touvedo, com telas para afastamento de detritos	Moderada
4	Instalação de um dispositivo de remoção de espuma (soprador ou jato de água) que pontualmente se acumula na cuba do ascensor	Moderada
5	Estabilização das subidas do ascensor para períodos de 4 horas, independentemente de alterações no regime de exploração	Moderada
6	Abertura somente da entrada W3 durante o regime de exploração de meia carga (50 m ³ /s), tal como acontece na situação de carga total (100 m ³ /s)	Elevada
7	Incremento das ações de fiscalização na zona imediatamente a jusante das entradas de peixes do ascensor	Reduzida
8	Levantamento e caracterização de pequenos obstáculos fluviais (pesqueiras) para a fauna piscícola entre o AH Touvedo e Ponte de Lima	Moderada
9	Colocação de sonda de temperatura para medição contínua da temperatura da água	Reduzida
10	Promoção de ações de sensibilização com divulgação de resultados, dirigidas às autarquias e ao público em geral, e colocação no local de um painel informativo	Moderada

4. DISCUSSÃO

Em relação à composição das espécies no ascensor, a Fase 1 revelou um padrão semelhante ao obtido na monitorização efetuada em 1998-99 (Santos et al., 2002), nomeadamente o papel dos ciprinídeos como a principal família, os quais corresponderam a 78,9% dos movimentos, embora com um número absoluto de indivíduos transpostos muito inferior (942). De referir que em 1998-99 foram contabilizadas quatro espécies ciprinícolas, enquanto no presente trabalho apenas foram registadas duas (boga do Norte e barbo-comum), não existindo qualquer ocorrência de escalo do Norte e ruivaco. Dado que em

1998-99 apenas se realizaram amostragens esporádicas no rio e nunca no local imediatamente a jusante da barragem, é possível que o registo destas duas espécies tenha resultado de um enviesamento na respetiva identificação. É importante salientar que a metodologia utilizada para identificação de espécimes na cuba do ascensor, através da visualização da silhueta, dimensão e do comportamento natatório, nunca é impreterivelmente precisa, já que não envolve a manipulação direta dos indivíduos onde eventuais dúvidas poderiam ser prontamente dissipadas. No que se refere à enguia-europeia, a espécie que mais utilizou o ascensor no presente plano de ação, são de salientar as diferenças significativas em relação aos resultados obtidos em 1998-99 mesmo tendo em conta a maior duração do primeiro. Em 1998-99 foram observados 121 indivíduos no ascensor (correspondentes a 10% do total das observações registadas neste período), enquanto que no presente projeto foram observados 5063 indivíduos, correspondente a 51% do total das observações registadas.

No que se refere ao padrão sazonal de movimentos de enguia-europeia, é de referir que estes ocorreram quase todos ao longo de quatro meses, desde o verão até ao início do outono. Este resultado é distinto do verificado em 1998-99, no qual os movimentos ocorreram mais cedo e concentrados (85%) praticamente durante apenas um mês de verão (julho). Os resultados agora obtidos são contudo mais consentâneos com a bibliografia (Porcher, 2002), que refere como período usual da migração de juvenis para montante, o intervalo de tempo entre a primavera e final do verão. Cerca de 90% dos registos de boga do Norte ocorreram entre julho e outubro, quer na Fase 1, quer na Fase 3. Os movimentos observados durante este período de tempo representam certamente migrações reprodutivas relacionadas com o aumento de temperatura e de caudal (Santos et al., 2002), o que é corroborado pela associação positiva com estas variáveis. Deve-se notar, contudo, que estes movimentos em grande escala podem também ocorrer fora do período habitual de reprodução (abril-julho, Santos et al., 2005) associados a explorações de refúgios ou de procura de alimento (Ebner e Thiem, 2009).

Relativamente aos padrões de passagem diários, apenas foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre o número de movimentos diurnos e noturnos de enguia-europeia na Fase 3, em que os movimentos desta espécie ocorreram preferencialmente durante o período noturno, o que está de acordo com o referido por alguns autores, em que a migração para montante desta espécie ocorre sobretudo em horas de ausência de luz (Ginneken e Maes, 2005).

A comparação entre a estrutura de comprimentos das espécies observadas no ascensor e a correspondente dos indivíduos capturados a jusante do AH Touvedo, evidenciou diferenças para todos os taxa durante a Fase 1, com a ocorrência de indivíduos de maior dimensão e ausência ou menor representatividade dos exemplares de menor tamanho no ascensor. Estes resultados têm que ser analisados considerando que poderá ter ocorrido alguma seletividade da pesca elétrica, que poderá ter limitado a captura de exemplares de maior dimensão que naturalmente estariam associados a habitats mais profundos. Apesar da

pesca elétrica constituir atualmente o método menos enviesado e seletivo (espécie, tamanho e sexo) para amostragem de peixes em águas interiores, esta metodologia só é eficaz em troços com profundidade baixa a moderada (até 1,5 metros). Consequentemente, alguns locais de maior profundidade, e onde provavelmente se encontram os indivíduos de maior dimensão (Santos et al., 2004) poderão ter sido amostrados com menor eficácia. É também possível que a ausência de indivíduos de menor dimensão no ascensor tenha estado relacionada com a distância entre as barras da cuba, uma vez que a eficácia destes dispositivos, relativamente à captura de indivíduos de menor dimensão, está diretamente relacionada com as dimensões da malha das barras que compõem a estrutura, devendo ser suficientemente pequenas para prevenir a fuga dos peixes de menor dimensão, sem contudo comprometer a sua manutenção (Larinier, 2002). De acordo com Travade e Larinier (2002), no caso de utilização do ascensor por enguias, o espaçamento entre as referidas barras deve ser de 0,5 cm. No ascensor de Touvedo, o espaçamento entre as referidas barras era inicialmente (Fase 1) de 2,3 cm, o que poderá ter limitado a presença de pequenos exemplares no interior da cuba. Neste sentido, durante a Fase 2 procedeu-se à colocação de uma rede com 60 cm de altura e malha de 0,5 cm ao longo da parte inferior da cuba do ascensor para impedir/minimizar a fuga através de natação (indivíduos de menores dimensões) ou salto das espécies que utilizam o dispositivo (Medida 01). Os resultados obtidos durante a Fase 3, após implementação desta medida, indiciam uma diminuição da seletividade para as classes de menor dimensão de boga do Norte e, sobretudo, de enguia-europeia.

Os rácios obtidos ($>0,40$) entre o número de indivíduos observados no ascensor e capturados a jusante, utilizados como indicadores grosseiros de eficácia do dispositivo (Laine et al., 2002; Santos et al., 2005), são bastante superiores aos reportados por Noonan et al. (2012) para o caso dos ascensores e para espécies não-salmonídeas ($\approx 0,10$), sendo como tal bastante otimistas no atual contexto, pese embora o referido trabalho se foque em eficiências e não em eficácias. Na bacia hidrográfica do rio Lima, além do presente estudo, diversos trabalhos documentaram que os ciprinídeos (boga do Norte e barbo-comum) constituem o grupo de espécies mais frequente e abundante no rio principal a jusante da barragem de Touvedo (Santos et al., 2004; 2005). Consequentemente, e tratando-se de espécies potamódromas, o principal objetivo do ascensor para estes indivíduos não será a exigência de passagem da maior parte (90-100%) das respetivas populações, mas somente evitar o seu isolamento entre diferentes segmentos fluviais (Porcher e Travade, 2002). Para estas espécies, cujas fases do ciclo de vida têm lugar a montante e a jusante da barragem, o número de indivíduos que efetivamente realizou a transposição para montante pelo ascensor será possivelmente suficiente para prevenir o respetivo isolamento populacional e genético (Eberstaller et al., 1998), pelo que se considera que o ascensor demonstrou ser relativamente eficaz para estas espécies.

Relativamente à enguia-europeia, o rácio médio do indicador de eficácia duplicou de 0,10 na Fase 1, para 0,21 na Fase 3. Tratando-se de uma espécie catádroma que necessita de efetuar movimentos obrigatórios entre o meio marinho e o meio dulçaquícola, é fundamental

que a maior parte da população possa ter acesso aos habitats a montante, onde terá lugar parte do ciclo de vida de crescimento e alimentação, antes de efetuarem a migração descendente rumo ao mar dos Sargaços onde acontecerá a desova (Ginneken e Maes, 2005). De referir que os baixos rácios observados nos meses fora da época de migração, para esta e outras espécies, não representam necessariamente uma baixa eficácia do ascensor, pois poderão refletir a ausência de estímulos migratórios e a consequente inexistência de motivação para a transposição do obstáculo. Dado que a enguia-europeia é uma espécie catádroma (realiza, obrigatoriamente, a reprodução em meio marinho), é fundamental garantir e determinar a proporção de indivíduos que consegue efetuar a migração descendente (de montante para jusante) através dos órgãos hidráulicos do aproveitamento, em particular das turbinas e dos descarregadores (Pedersen et al., 2012), já que esta não é, nem pode ser, realizada através do ascensor. Deste modo, a eficácia do ascensor para a enguia-europeia é inconclusiva, pois apesar de a monitorização atual ter revelado um rácio interessante de movimentos para montante, não se conhece a proporção de exemplares que consegue efetuar a migração para jusante.

Relativamente à caracterização hidráulica das entradas e circuito de atração do ascensor de peixes, na situação de grupo parado, as velocidades nas três entradas do ascensor não pareceram ser de modo algum impeditivas para a passagem de enguia-europeia, pelo menos para juvenis e adultos imaturos acima de 10 cm, que podem nadar até velocidades superiores (Quintella et al., 2010). Relativamente aos ciprinídeos barbo-comum e boga do Norte, as respetivas velocidades críticas referidas na bibliografia estão acima dos observados nas entradas, e como tal, não serão impeditivas para a passagem de ambas as espécies (Mateus et al., 2008; Romão et al., 2012). No que diz respeito à truta-de-rio, espécie de elevada capacidade natatória, as velocidades na entrada também se mostraram aparentemente adequadas a esta espécie, já que a bibliografia refere valores máximos francamente superiores ($> 1,2$ m/s) (Tudorache et al., 2008).

Para a situação de grupo a meia carga, o padrão de velocidades obtidas foi muito semelhante nas entradas W1 e W2 (valores medianos entre 0,70-0,80 m/s), apresentando contudo um espetro de variação elevado devido à presença de valores de velocidade quase nulas e mesmo negativas em alguns pontos de medição, o que pode ser prejudicial para os peixes, causando desorientação nestes e o respetivo retorno ao rio sem se efetuar a transposição. Relativamente à entrada W3, as velocidades revelaram-se muito pouco atrativas para todas as espécies, com a ocorrência de velocidades negativas, claramente insuficientes para competir com o fluxo de caudal proveniente das turbinas. A alternativa ensaiada – fecho das entradas W1 e W2, com unicamente W3 aberta – conduziu a valores de velocidade da água bem mais homogêneos e atrativos (Croze et al., 2008), cuja implementação permitirá seguramente aumentar a atratividade para as espécies piscícolas.

Para a situação de grupo a carga total, as entradas W1 e W2 encontram-se fechadas, sendo a totalidade do escoamento atraída para a entrada W3, para deste modo se aumentar a atratividade da entrada tendo em conta que existe um forte caudal de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (turbinado)

competidor. Nesta situação, as velocidades nesta entrada variaram entre 0,41 m/s e 0,80 m/s, com um valor mediano de 0,68 m/s. Estes valores estão parcialmente dentro dos limites referidos por alguns autores relativamente à velocidade máxima a que os pequenos exemplares de enguia-europeia (< 10 cm) conseguem nadar, podendo ser impeditivos para os mesmos (Barbin e Kreuger, 1994; Clay, 1995). Contudo não o parecem ter sido para os exemplares de maior dimensão (>10 cm), conforme corroborado pela proporção - ainda que baixa, 4,4% - de exemplares de enguia-europeia que utilizaram o ascensor com o grupo nestas condições. Deverão contudo ser muito poucos os exemplares que conseguem efetivamente chegar ao local à entrada do dispositivo, dada o elevado caudal e turbulência que se fazem sentir no local, penalizando sobretudo as espécies de menor capacidade natatória como a enguia-europeia.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Ricardo Portela e André Fabião pela ajuda disponibilizada durante as amostragens piscícolas. Durante este período, João Oliveira e Rui Rivaes beneficiaram respetivamente de uma bolsa de pós-doutoramento (SFRH/BPD/44624/2008) e de doutoramento (SFRH/BD/52515/2014) da FCT. O Instituto de Conservação da Natureza e das Florestal (ICNF) concedeu as necessárias credenciais de pesca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbin G.P, Kreuger W.H. (1994). Behaviour and swimming performance of elvers of the American eel, *Anguilla rostrata*, in an experimental flume. *Journal of Fish Biology* 45, 111-121.
- Clay C.H. (1995). *Design of fishways and other fish facilities*. 2nd Ed. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Croze O., Bau F., Delmouly L. (2008). Efficiency of a fish lift for returning Atlantic salmon at a large-scale hydroelectric complex in France. *Fisheries Management and Ecology* 15, 467-476.
- Eberstaller J., Hinterhofer M., Parasiewicz P. (1998). The effectiveness of two nature-like bypass channels in an upland Austrian river. In *Fish migration and fish bypasses*. Eds: M. Jungwirth, S. Schmutz and S. Weiss, Vienna, Austria.
- Ebner B.C., Thiem J.D. (2009). Monitoring by telemetry reveals differences in movement and survival following hatchery or wild rearing of an endangered fish. *Marine and Freshwater Research* 60, 45–57.



Ginneken V.J., Maes G.E. (2005). The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15, 367-398.

INAG I.P. (2008). Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água: Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Laine A., Jokivirta T., Katopodis C. (2002). Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *Salmo trutta* L., passage in a regulated northern river – fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. *Fisheries Management and Ecology* 9, 65-77.

Larinier M. (2002). Biological factors to be taken into account in the design of fishways, the concept of obstructions to upstream migration. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 364 suppl., 28–38.

Mateus C.S., Quintella B.R., Almeida P.R. (2008). The critical swimming speed of Iberian barbel *Barbus bocagei* in relation to size and sex. *Journal of Fish Biology* 73, 1783-1789.

Noonan M.J., Grant J.W., Jackson C.D. (2012). A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries* 13, 450-464.

Oliveira J.M. (coord.), Santos J.M., Teixeira A., Ferreira M.T., Pinheiro P.J., Geraldès A., Bochechas J. (2007). Projecto AQUARIPORT: programa nacional de monitorização de recursos piscícolas e de avaliação da qualidade ecológica de rios. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa.

Pedersen M.I., Jepsen N., Aarestrup K., Koed A., Pedersen S., Okland F. (2012). Loss of European silver eel passing a hydropower station. *Journal of Applied Ichthyology* 28, 189-193.

Porcher J.P., Travade F. (2002). Fishways: biological basis, limits and legal considerations. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 364 suppl., 9–20.

Quintella B.R., Mateus C.S., Costa J.L., Domingos I., Almeida P.R. (2010). Critical swimming speed of yellow- and silver-phase European eel (*Anguilla anguilla*, L.). *Journal of Applied Ichthyology* 26, 432-435.

Romão F., Quintella B.R., Pereira T.J., Almeida P.R. (2012). Swimming performance of two Iberian cyprinids: the Tagus nase *Pseudochondrostoma polylepis* (Steindachner, 1864) and the bordallo *Squalius carolitertii* (Doadrio, 1988). *Journal of Applied Ichthyology* 28, 26-30.



Santos J.M., Ferreira M.T., Godinho F.N., Bochechas J. (2002). Performance of fish lift recently built at the Touvedo Dam on Lima River, Portugal. *Journal of Applied Ichthyology* 18, 118-123.

Santos J.M., Ferreira M.T., Godinho F.N., Bochechas J. (2005). Efficacy of a nature-like bypass channel in a Portuguese lowland river. *Journal of Applied Ichthyology* 21, 381–388.

Santos J.M., Godinho F.N., Ferreira M.T., Cortes R. (2004). The organisation of fish assemblages in the regulated Lima basin, Northern Portugal. *Limnologica* 34, 224–235.

Travade F., Larinier M. (2002). Fish locks and fish lifts. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 364 suppl., 102-118.

Tudorache C., Viaene P., Blust R., Vereecken H., De Boeck G. (2008). A comparison of swimming capacity and energy use in seven European freshwater fish species. *Ecology of Freshwater Fish* 17, 284-291.

Vattenfall Hydropower AB (1998). The Touvedo fish lift – Preliminary opinion on design and suggestions for operational procedures.