



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

## COMPENSAÇÃO DO HABITAT PERDIDO PELA CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM

### Reabilitação das rotas migratórias e leitos de desova

Isabel, BOAVIDA<sup>1</sup>; Joaquim Barreira, JESUS<sup>2</sup>; Vítor, PEREIRA<sup>3</sup>; Cátia, SANTOS<sup>4</sup>; Marisa, LOPES<sup>5</sup>; Rui, CORTES<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Post-Doc, CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, isabelboavida@tecnico.ulisboa.pt

<sup>2</sup> Mestre, Laboratório de Ecologia Fluvial, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, jjesus@utad.pt

<sup>3</sup> Engº, Laboratório de Ecologia Fluvial, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, vpereira@utad.pt

<sup>4</sup> Mestre, Laboratório de Ecologia Fluvial, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, cfsantos@utad.pt

<sup>5</sup> Mestre, Laboratório de Ecologia Fluvial, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, molopes@utad.pt

<sup>6</sup> Professor Catedrático, CITAB, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, rcortes@utad.pt

### Resumo

O esquema hidroelétrico do Baixo Sabor foi construído recentemente, bloqueando a migração de peixes imediatamente na foz do rio Sabor, um dos últimos rios selvagens da Península Ibérica. Como medida de compensação, a ribeira da Vilariça, imediatamente a jusante da Barragem do Feiticeiro, foi selecionada para substituir o habitat de desova do ciprinídeo potamódromo *Luciobarbus bocagei*. Para tal, o troço de jusante (c. 2 km) da ribeira da Vilariça foi intervencionado e requalificado. As atividades de restauro incluíram: a colocação de taludes submersos com rampas para passagem dos peixes, o reforço das margens, a colocação de pedras e o aumento da largura do canal. Água da Barragem do Feiticeiro foi canalizada diretamente para o troço intervencionado da ribeira da Vilariça, a fim de aumentar o caudal na ribeira. O valor apropriado de caudal a manter durante a época de desova foi determinado por meio de um modelo 1D acoplado com o modelo CASiMiR fish para determinar a superfície ponderada útil para os juvenis e reprodutores do barbo ibérico. A recolha de dados durante a migração e a desova permitiu estabelecer relações entre a localização dos indivíduos e os fatores ambientais, bem como a definição dos conjuntos e regras *fuzzy* para os barbos juvenis e adultos. Foram identificados nove leitos de desova. A migração iniciou-se em meados de abril, quando a temperatura da água subiu (c. 16 °C) e o caudal diminuiu. O barbo tende a desovar em substrato grosseiro, em zonas de profundidade baixa e velocidade moderada. Os barbos juvenis preferem zonas de velocidade mais baixa. As fêmeas também exibem preferências distintas, que são mais evidentes após a reprodução. Ambos os estádios do ciclo de vida exibem um valor máximo de habitat para caudais de 1,5 m<sup>3</sup>/s. O modelo de habitat aplicado neste estudo foi capaz de prever com precisão a ocorrência dos leitos de desova, representando, por isso, uma valiosa ferramenta de apoio à tomada de decisão.

**Palavras-chave:** reabilitação fluvial, barbo Ibérico, CASiMiR, regras fuzzy, habitat piscícola.

**Tema:** 8 - Qualidade da água e dos ecossistemas



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## 1. INTRODUÇÃO

Nos rios mediterrânicos, os ciprinídeos reofílicos desempenham um papel importante nos ecossistemas ribeirinhos devido à sua grande diversidade e abundância (Elvira, 1995; Mann e Penczak, 1986). Além disso são excelentes indicadores de qualidade ecológica e degradação ambiental devido à sua abundância em rios ibéricos bem preservados (Martínez-Capel et al. 2009) e sensibilidade a alterações de habitat, permitindo uma abrangente visão das condições aquáticas dos ecossistemas fluviais (Keckeis et al. 1996; Ferreira et al. 2007; Fonseca et al. 2016). Atualmente, os ciprinídeos estão entre as espécies mais ameaçadas da Europa devido ao aumento da degradação dos rios, razão pela qual o número de projetos de requalificação fluvial tem vindo a aumentar. Atendendo a isso, informação sobre o comportamento, a migração e a desova destas espécies são essenciais para o sucesso destas ações de requalificação e, assim, melhorar a proteção das espécies (Ovidio and Philippart 2008).

O sucesso de qualquer população depende da disponibilidade e da qualidade do habitat de desova (Melcher and Schmutz 2010). Os ciprinídeos não são exceção; de facto, as restrições ao sucesso da população são principalmente decorrentes da presença e acesso aos locais de desova e ao crescimento e sobrevivência dos YOY (*young-of-year*). A conectividade fluvial é importante para permitir que o peixe migre para montante e para as zonas de desova. O sucesso desta é regulado pela temperatura, caudal e fotoperíodo (Baras and Nindaba 1999; Melcher and Schmutz 2010; Benitez and Ovidio 2017; Santos et al. 2017).

Existem oito espécies de barbos na Península Ibérica (Doadrio 2001). Apesar da existência de estudos sobre associações de habitats ao nível da população, onde foram identificadas preferências distintas entre espécies, com consequências ao nível da conservação (Morán-López et al. 2005) há, no entanto, falta de informação sobre as preferências do barbo para os habitats de desova, particularmente o barbo ibérico dominante na bacia hidrográfica do rio Douro. Em contraste, as preferências de habitat de desova para os salmonídeos e outras espécies economicamente mais relevantes foram amplamente estudados (e.g. Soulsby et al., 2001) resultando em estratégias específicas de restauro de rios dedicadas à sua sustentabilidade (Tánago and Garcia de Jálón 2007). Isto ressalta a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as preferências de habitat dos ciprinídeos, em particular durante o período migratório. Este trabalho de investigação vem responder a algumas destas lacunas e melhorar assim o sucesso das ações de requalificação fluvial.

O trabalho que aqui se apresenta envolve a reabilitação de um segmento de rio, a ribeira da Vilariça, que foi selecionado para constituir um habitat de compensação, nas proximidades do rio Sabor, com condições adequadas para a reprodução das espécies afetadas pela construção do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor o qual resulta na perda da conectividade longitudinal. Além da melhoria das condições físicas para os ciprinídeos potamódromos, o caudal na ribeira da Vilariça também foi manipulado para maximizar o efeito da atração, melhorar as rotas migratórias e as zonas de desova. Além disso, a área estudada é crucial para a conservação do meio ambiente, uma vez que o Rio Sabor está incluído na Rede Natura 2000, dentro da Área Especial de Proteção (SPA) e os Sítios de



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

Importância Comunitária (SCI), que são classificados de acordo com as Diretivas Europeias 79/409/CEE e 92/43/CEE, respetivamente.

Os objetivos específicos deste trabalho resumem-se em: (i) avaliar os fatores ambientais que condicionam as populações de barbos, em particular os juvenis e os reprodutores; (ii) identificar os fatores ambientais que desencadeiam a atividade migratória e a desova; e (iii) determinar o valor de caudal que o rio precisa para atrair os indivíduos, melhorar as rotas migratórias e a conservação dos leitos de desova.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A requalificação fluvial teve lugar no troço jusante da ribeira da Vilariça (41°11'59"N; 7°05'55"W) tributário do rio Sabor, imediatamente a jusante da Barragem do Feiticeiro. A ribeira da Vilariça é um rio de média dimensão, ordem 3 (Strahler 1957), de substrato médio com dominância de gravilha e areia, que sofre influência das cheias no rio Douro. A topografia do rio é caracterizada por vales férteis parcialmente ocupados na parte superior da bacia hidrográfica por vinhas e pomares, e na parte inferior por campos de horticultura irrigada. Confinada a uma estreita faixa nas margens, a galeria ripária é dominada por *Populus nigra* e aglomerados de *Salix salviifolia* e *Fraxinus angustifolia*, embora a cana gigante não-nativa (*Arundo donax*) invade progressivamente algumas áreas. O clima é próximo do Mediterrâneo com influência continental, caracterizada por verões quentes e secos e eventos concentrados de precipitação durante o outono e a primavera. A precipitação anual varia entre 480 e 1360 mm, com a maior precipitação ocorrendo ao longo das cabeceiras, e a temperatura varia entre 10 e 16°C. Devido às suas características e à falta de afluentes alternativos, a ribeira da Vilariça representa um importante habitat de substituição do rio Sabor para os ciprinídeos potamódromos, uma vez que a migração para a desova é bloqueada pela Barragem de Feiticeiro, que não possui nenhuma passagem para peixes.

O rio Sabor é um dos maiores afluentes do rio Douro (212 km de extensão e 3 835 km<sup>2</sup> de bacia), localizado na margem direita do Douro. Muito provavelmente foi o último rio selvagem sem nenhuma barreira física que impedisse a conectividade longitudinal na Península Ibérica antes da construção do projeto hidroelétrico do Baixo Sabor. O aproveitamento hidroelétrico é composto por duas barragens hidroelétricas, a Barragem do Baixo Sabor e a Barragem do Feiticeiro, localizadas a 12,6 km e a 3 km a montante da confluência dos rios Sabor e Douro, respetivamente. A barragem de jusante destina-se a regularizar caudais e garantir condições de bombagem de água. Com uma capacidade total instalada de 189 MW nas estações hidroelétricas do Baixo Sabor (a montante) e Feiticeiro (a jusante) e uma capacidade de armazenamento de 630 000 000 m<sup>3</sup>, a produção média de eletricidade é de 460 GWh por ano.

Com vista à compensação da perda de habitat, foi construído um canal submerso (900 m de comprimento) a partir da Barragem do Feiticeiro para derivar água para a ribeira da Vilariça, 2 km a montante da confluência com o rio Sabor. Foi implementado um projeto de requalificação do habitat nesse troço de 2 km de comprimento, com o objetivo de melhorar a

migração piscícola e os leitos de desova e aumentar a heterogeneidade do habitat. As ações de requalificação incluíram o reforço das margens com enrocamento vegetado e gabiões; construção de pequenos açudes de pedra com rampas de transposição e 4 açudes de tronco submersos para aumentar a sequência lótica/lêntica e para permitir que os ciprinídeos adultos sobrevivam nas poças isoladas durante o período estival; construção de 6 *lunkers* para abrigo da fauna piscícola; e a criação de 2 ilhas artificiais de material inerte com plantação de salgueiros; e a remoção parcial de canavial ao longo das margens dos rios.

As espécies dominantes na bacia hidrográfica do rio Sabor são o barbo ibérico (*Barbus bocagei*) e a boga (*Pseudochondrostoma duriense*), importantes ciprinídeos do rio Douro que migravam para o rio Sabor para desovar (Santos et al. 2017). Nos últimos anos, a boga sofreu uma diminuição significativa da população, devido à expansão de espécies carnívoras exóticas, como o *Micropterus salmoides* e o lucio (*Esox lucius*), na albufeira da Valeira, localizada a jusante da confluência dos rios Sabor e Douro. A ablete (*Alburnus alburnus*), que tem uma dieta semelhante aos ciprinídeos, tornou-se a espécie invasora dominante nos afluentes do Douro, incluindo a ribeira da Vilariça.

## 2.2. Recolha de dados

O levantamento topográfico do troço de 2 km da ribeira da Vilariça teve lugar de 25 a 27 de Maio de 2016 e consistiu na definição de secções transversais ao longo do troço por forma a criar um modelo 1D do terreno. No total, foram levantadas 48 secções transversais. Os parâmetros hidráulicos (i.e., velocidade e profundidade) foram medidos com o ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) em 6 secções transversais para calibrar o modelo 1D. Além disso, a composição do substrato foi avaliada visualmente usando uma escala modificada de Wentworth (Bovee et al. 1998) [(0) detritos de material orgânico; (1) limo, argila 1-2 mm; (2) areia <2 mm; (3) cascalho fino 2-6 mm; (4) cascalho médio 6-20 mm; (5) cascalho grande 2-6 cm (6) pedras pequenas 6-12 cm; (7) pedras grandes 12-20 cm; (8) pedras > 20 cm; e (9) rocha-mãe] ao longo de cada seção transversal.

## 2.3. Recolha de dados

Foram analisadas duas matrizes utilizando análise canónica (CANOCO 5.0). Uma das matrizes continha os dados biológicos, ou seja, as capturas de barbos divididas por estágio do ciclo de vida - juvenis e adultos – em que os adultos foram divididos por sexo e de acordo com seu estado de maturidade. A presença de espécies nativas e não autóctones também foi considerada. Como os dados foram obtidos por CPUE (captura por unidade de esforço através de pesca elétrica) estes foram convertidos para o número de peixes por unidade de tempo. A segunda matriz correspondeu a dados ambientais e incluiu as seguintes variáveis: comprimento do troço, largura média, distância até à margem mais próxima, distância à confluência, cobertura, substrato, profundidade da água e velocidade.

Os leitos de desova foram identificados durante o período de migração, de 12 de Abril a 17 de Maio de 2016. O substrato foi inspecionado visualmente na procura de ovos para confirmar que a desova tinha começado. Parâmetros ambientais, como a profundidade da

água, velocidade, distância à margem, substrato, sombra, temperatura da água e o caudal, foram registados em cada leito de desova. Além disso, foram ainda caracterizados outros fatores, tais como a existência de: ramos pendentes, material lenhoso (LWD) e macrófitas (plantas emergentes, submersas ou flutuantes). Uma análise fatorial com rotação varimax foi aplicada para analisar a influência destes parâmetros de habitat na localização dos leitos de desova. As curvas de resposta foram estabelecidas ao longo do 1º eixo da ordenação canónica de correspondências (CCA) através da regressão linear generalista (GLM) com ajuste polinomial cúbico para obter uma melhor distinção das preferências dos peixes.

Esta recolha de dados biológicos serviu de suporte à delineação das regras *fuzzy* (Zadeh 1965) que representam as preferências de habitat do barbo em termos de índice de adequabilidade de habitat - *Habitat Suitability Index* (HSI) - em relação aos parâmetros velocidade, profundidade e substrato (Ahmadi-Nedushan et al. 2008; Mocq et al. 2013). Os conjuntos *fuzzy* foram definidos com base nas características do curso de água.

## 2.4. Modelação hidrodinâmica

A simulação das condições hidráulicas no troço da ribeira da Vilariça foi realizada utilizando o HEC-RAS (versão 4.1.0). O modelo foi calibrado para um caudal de 3,3 m<sup>3</sup>/s (correspondente ao valor de caudal durante a recolha de dados) e validado com medições de campo. O procedimento de calibração consistiu em ajustar a rugosidade do leito até se obter um ajuste das alturas de escoamento entre os valores simulados e os valores medidos em campo. Foram realizadas simulações para o valor de caudal de 0,4 a 20 m<sup>3</sup>/s.

As simulações do habitat foram realizadas com CASiMiR Fish 1D (Schneider et al. 2010), que permitiu calcular a Superfície Ponderada Utilizável (WUA – weighted usable area), que corresponde à área do leito (m<sup>2</sup>) que poderia ser potencialmente usada por uma determinada espécie em determinado estágio do ciclo de vida (Bovee et al. 1998), a partir das regras e conjuntos *fuzzy* para a espécie alvo.

Os resultados da simulação do habitat foram exportados para o ArcGIS para analisar a precisão dos resultados do modelo. Assim, os valores de HSI para cada leito de desova foram calculados para três gamas de caudal: 1,5; 3,3 e 5,8 m<sup>3</sup>/s (correspondente aos valores de caudal durante a recolha de dados biológicos). Para avaliar se existiria uma diferença significativa entre os valores de HSI de cada leito de desova para os diferentes caudais foi realizado um *T-test*. Antes da análise estatística foi verificada a normalidade dos dados. As análises estatísticas foram realizadas usando o R v1.1.383 (Venables and Smith 2012).

## 3. RESULTADOS

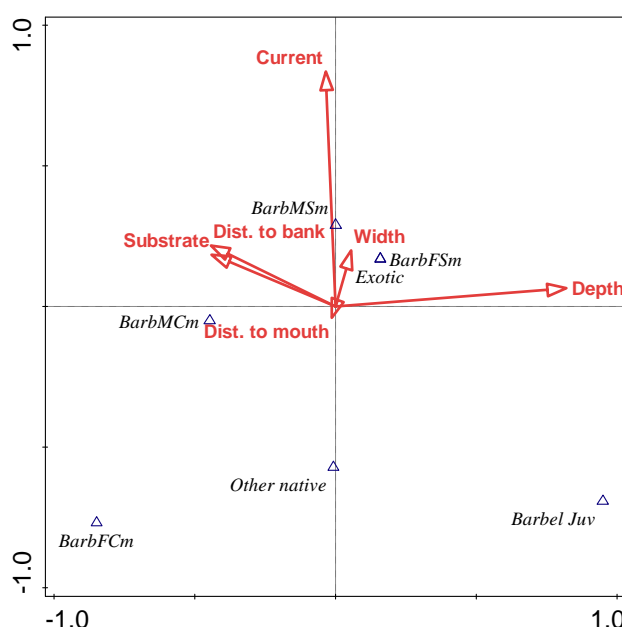
### 3.1. Barbo e habitat

Foram identificados 9 leitos de desova durante o trabalho de campo na ribeira da Vilariça, que se situam entre os 3280 e os 4900 m de distância a partir do rio Douro. O barbo iniciou a migração quando a temperatura da água atingiu os 16 °C. Durante o período de migração,



a temperatura máxima da água registada foi de 17 °C. Verificou-se um número maior de machos (cerca de 2-3 vezes o das fêmeas).

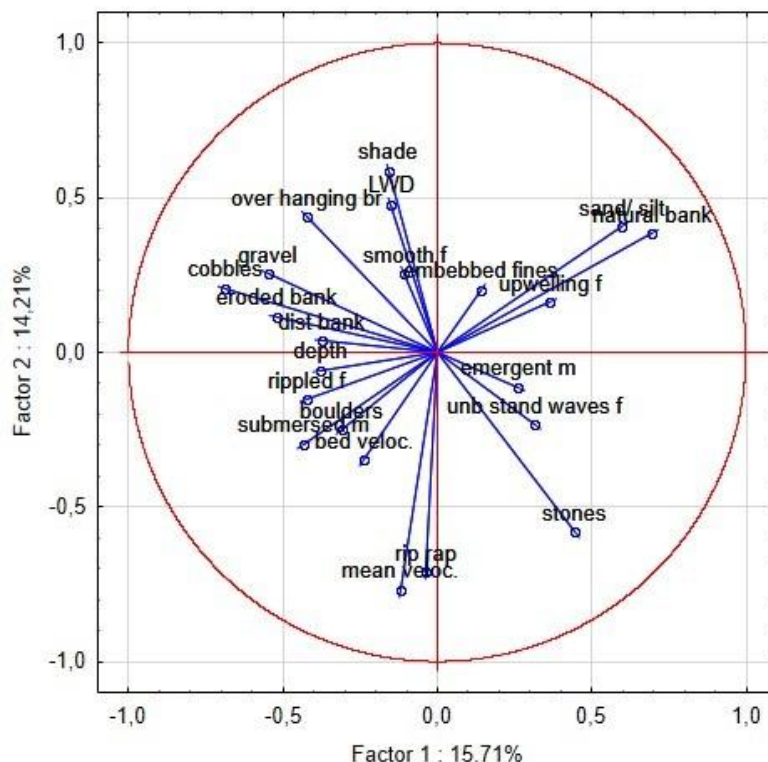
A análise canónica é apresentada na Figura 1. Em termos de distribuição espacial (distância à confluência), não foi observado nenhum padrão entre a localização do barbo e o gradiente longitudinal. Por outro lado, os vetores principais ao longo dos primeiros 2 eixos mostram que a velocidade e a profundidade são os fatores mais importantes, sendo que o barbo juvenil prefere zonas de corrente mais calma e junto às margens. Nota-se que após a fecundação o barbo procura habitats distintos (maiores abundâncias em zonas de corrente moderada e maior profundidade). As curvas de resposta baseadas nas regressões GLM mostram efetivamente um padrão distinto para os juvenis (e também, até certo ponto, para as fêmeas).



**Figura 1.** Análise CCA (onde os números se referem aos habitats amostrados, numerados em sequência crescente a partir de montante) e F e M representam adultos do barbo do sexo feminino e masculino e Fm ou Sm, indicam, respetivamente, se as gónadas ainda estavam cheias de ovos/esperma, ou se já estavam vazias.

A análise fatorial com rotação varimax (Figura 2) permite caracterizar os leitos de desova com maior detalhe. Os resultados indicam para os dois primeiros eixos (exibindo cerca de 30% de toda a variação) que a areia/sedimentos, bem como a presença de margens estáveis, têm maiores cargas no fator 1. No outro lado desse eixo, as margens erodidas estão associados a um substrato mais grosseiro e cascalho. Ao longo do fator 2, podemos observar a importância relativa das pedras e da vegetação ripária (que indica maior ensombramento). Em áreas com habitats menos perturbados (margens naturalizadas) observamos velocidades de corrente mais baixas, substrato de areia, presença de detritos lenhosos e maior sombreamento (isto é, presença de cobertura), enquanto as margens

erodidas ou artificiais estão associadas a um substrato de maiores dimensões (e.g. pedras) e velocidade, bem como com macrófitas submersas.



**Figura 2.** Análise fatorial que caracteriza o habitat selecionado pelo barbo

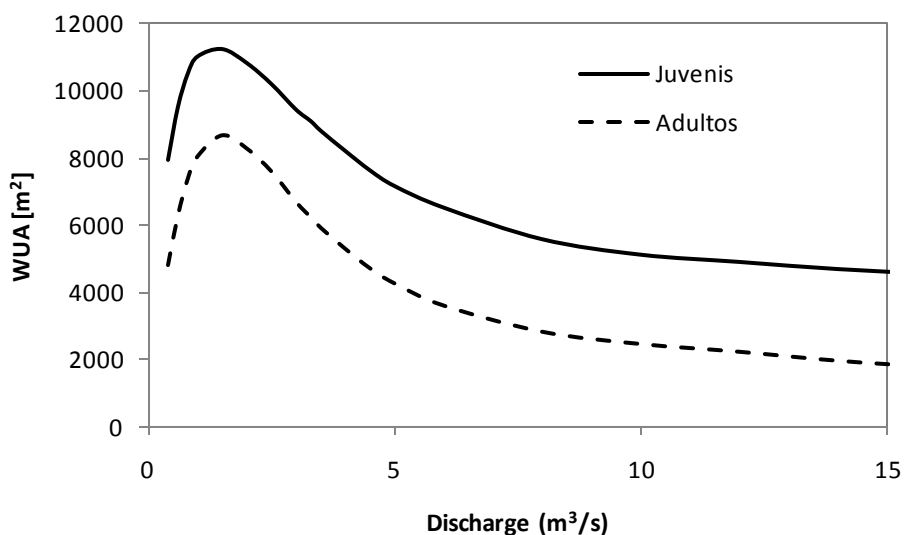
### 3.2. Modelação hidrodinâmica

O caudal médio medido nas 6 secções transversais foi de 3,3 m<sup>3</sup>/s. As regras *fuzzy* foram obtidas para os barbos juvenis e adultos tendo em conta os dados recolhidos e o conhecimento de especialistas nesta matéria. Foram definidas 100 regras fuzzy representando todas as possibilidades para os três parâmetros (e.g., IF velocidade LOW AND profundidade HIGH AND substrato MEDIUM THEN HSI HIGH).

Os barbos adultos tendem a preferir velocidades moderadas (c. 0,5 m/s) e águas mais profundas (c. 0,50 m) em oposição aos juvenis que preferem habitats pouco profundos e de baixa velocidade.

As curvas de WUA em função do caudal para os adultos e juvenis do barbo são apresentadas na Figura 3. O perfil do habitat disponível (e.g., WUA) apresenta um padrão previsível; primeiro, há um aumento na disponibilidade de habitat com o aumento de caudal até atingir um valor máximo a partir do qual o aumento de caudal induz numa diminuição do habitat. Ambos os estádios de desenvolvimento apresentam uma maior disponibilidade de habitat para caudais mais baixos. Os juvenis exibem maiores valores de habitat quando comparados aos adultos (c. 11000 m<sup>2</sup> e 8500 m<sup>2</sup> para juvenis e adultos, respetivamente). O

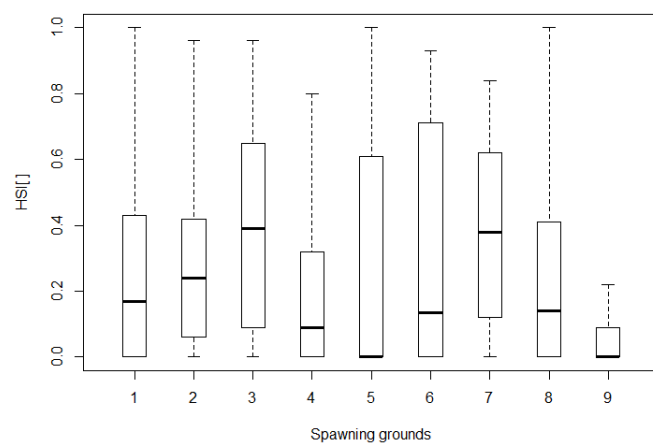
valor de caudal que maximiza esse habitat tende a ser o mesmo para os jovens e adultos, c.  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .



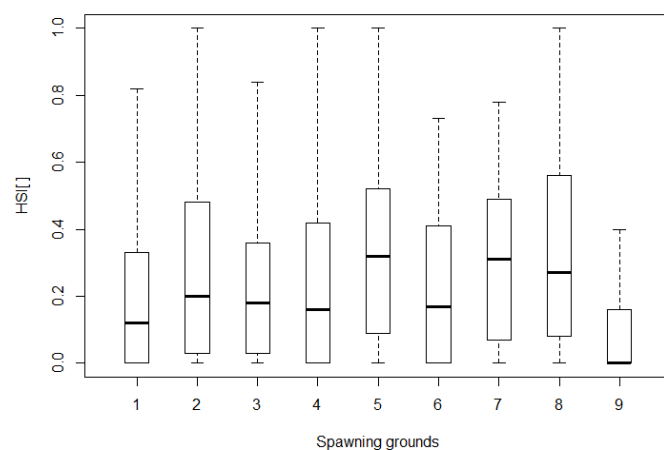
**Figura 3.** WUA para os juvenis e os adultos do barbo

*Box-plots* de HSI para os leitos de desova e para os 3 caudais considerados são apresentados na Figura 4. De um modo geral verifica-se uma tendência para que os valores de HSI aumentem para os locais de desova quando o caudal é menor (i.e.,  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). O valor de HSI nos nove leitos de desova para  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  foi significativamente diferente quando comparado com os outros caudais (i.e.,  $3,3$  e  $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ( $p < 0,05$ ; *t-student*), com exceção do leito de desova número 2 localizado mais a montante.

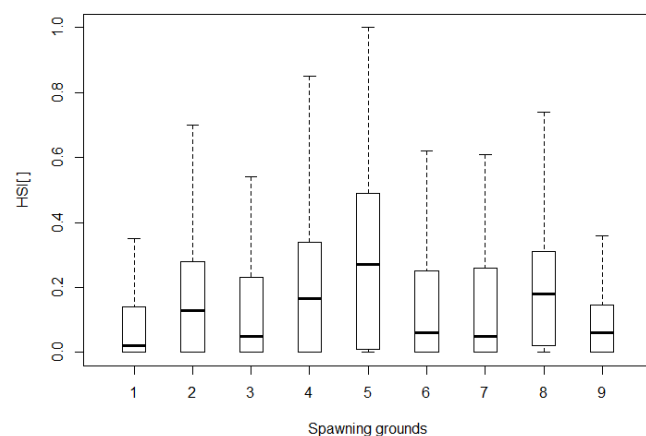




a)



b)



c)

**Figura 4.** Boxplots de HSI nos leitos de desova para os caudais de a) 1,5 m<sup>3</sup>/s; b) 3,3 m<sup>3</sup>/s, e c) 5,8 m<sup>3</sup>/s.

#### 4. DISCUSSÃO

Este trabalho de investigação reúne informação relevante sobre as preferências de habitat do barbo durante a época de migração num curso de água requalificado com libertação artificial de caudal. Na ribeira da Vilarça os barbos iniciaram a migração em meados de abril, devido ao aumento da temperatura e à diminuição de caudal. A época de desova ocorreu como esperado entre Abril e Maio (e.g., Rodriguez-Ruiz and Granado-Lorencio, 1992). Outros autores também obtiveram para o género barbo os mesmos resultados, isto é, que o início da migração estava relacionado com o aumento da temperatura da água e com a diminuição do caudal (Baras and Philippart 1999; Melcher and Schmutz 2010).

Os resultados apresentados demonstram que as fêmeas e os machos do barbo refletem preferências distintas em termos de habitat. De notar ainda que existe um padrão de habitat diferente para as fêmeas antes e depois da desova. Logo após a desova as fêmeas procuravam de facto profundidades superiores. Este comportamento está certamente relacionado às intensas modificações fisiológicas durante a época de desova. Em termos somáticos, na época reprodutiva as fêmeas aumentam a sua massa e volume, com custos na musculatura propulsora, aspeto mais evidente em comparação com os machos (Sanz-Ronda et al. 2015). Lucas e Baras (2001) compilaram uma bibliografia importante onde mostram que as fêmeas podem percorrer distâncias maiores do que os machos devido ao seu maior tamanho e preferência por habitats mais lênticos durante a época de desova. Tal fator sublinha a importância de melhorar as regras *fuzzy* dividindo a população de barbos não só por estágio de desenvolvimento mas também por sexo.

O caudal ideal para a desova foi determinado como sendo de 1,5 m<sup>3</sup>/s. Valores mais baixos podem restringir a distribuição dos barbos ao longo da ribeira da Vilarça, aumentando a competição por recursos limitados, comprometendo assim a migração e a desova. Este fator coloca o caudal mínimo como um componente importante da requalificação fluvial de um rio, juntamente com as características físicas. Por outro lado, os caudais elevados são suscetíveis de serem importantes na atração das espécies potamódromas e no acesso aos leitos de desova. No entanto, as velocidades elevadas associadas a tais caudais também podem afetar a capacidade dos peixes para manter a sua posição durante a desova (Beland et al. 1982), especialmente para espécies com baixa capacidade de natatória.

Como a desova é fortemente influenciada pelas condições ambientais, o impacto da degradação dos rios e a intervenção humana pode comprometer o recrutamento da população. Diferentes ciclos biológicos das espécies ao longo da vida exigem um habitat único com diferentes fatores ecológicos. Assim, uma maior heterogeneidade do habitat fornece condições adequadas para a dinâmica populacional. As ações de reabilitação devem por isso responder a estas questões, cumprindo todos os requisitos biológicos, desde o nascimento até ao crescimento e à migração. Este estudo fornece informações adicionais para entender os requisitos ambientais das espécies ibéricas potamódromas na época reprodutiva e as suas implicações para a gestão e conservação das espécies.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte da Medida Compensatória 1 (MC1 – Habitat de Compensação da Vilaria) que resulta da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) relativo à construção do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor (AHBS) e foi financiado pela EDP Produção. Isabel Boavida beneficiou de uma bolsa pós-doutoral FCT (SFRH/BPD/90832/2012). O Instituto de Conservação da Natureza e Florestal providenciou as licenças de captura ou detenção de espécimes da fauna selvagem.

## CITAÇÃO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS NO CORPO DO TEXTO

- Ahmadi-Nedushan B, St-Hilaire A, Bérubé M, et al (2008) Instream flow determination using a multiple input fuzzy-based rule system: a case study. *River Res Appl* 24:279–292. doi: 10.1002/rra
- Baras E, Nindaba J (1999) Seasonal and diel utilisation of inshore microhabitats by larvae and juveniles of *Leuciscus cephalus* and *Leuciscus leuciscus*. *Environ Biol Fishes* 56:183–197. doi: 10.1007/978-94-017-3678-7\_13
- Baras E, Philippart JC (1999) Adaptive and evolutionary significance of a reproductive thermal threshold in *Barbus barbus*. *J Fish Biol* 55:354–375. doi: 10.1006/jfbi.1999.0996
- Beland K, Jordan R, Meister A (1982) Water Depth and Velocity Preferences of Spawning Atlantic Salmon in Maine Rivers. *North Am J Fish Manag* 11–13. doi: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1982\)2<11:WDAVPO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1982)2<11:WDAVPO>2.0.CO;2)
- Benitez J, Ovidio M (2017) The influence of environmental factors on the upstream movements of rheophilic cyprinids according to their position in a river basin. *Ecol Freshw Fish* 0:1–12. doi: 10.1111/eff.12382
- Bovee KD, Lamb BL, Bartholow JM, et al (1998) Stream Habitat Analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. US Geological Surv Biol Resour Div Inf Technol Rep 131.
- Doadrio (2001) Atlas y Libro Rojo de los Peces Continentales de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza Museo Nacional de Ciencias Naturales
- Elvira B (1995) Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biol Conserv* 72:129–136. doi: 10.1016/0006-3207(94)00076-3
- Ferreira MT, Sousa L, Santos JM, et al (2007) Regional and local environmental correlates of native Iberian fish fauna. *Ecol Freshw Fish* 16:504–514. doi: 10.1111/j.1600-0633.2007.00241.x
- Fonseca AR, Sanches Fernandes LF, Fontainhas-Fernandes A, et al (2016) From catchment to fish: Impact of anthropogenic pressures on gill histopathology. *Sci Total Environ* 550:972–986. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.199
- Keckeis H, Frankiewicz P, Schiemer F (1996) The importance of inshore areas for spawning nase *Chondrostoma nasus* (Cyprinidae) in a free-flowing section of a large river (Danube, Austria). *Large Rivers* 10:51–64. doi: 10.1127/lr/10/1996/51
- Lucas MC, Baras E (2001) Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Sci. doi: 10.1643/0045-8511(2002)002[0878:]2.0.CO;2
- Mann RHK, Penczak T (1986) Fish production in rivers: a review. *Polish Arch Hydrobiol*



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

33:233–247.

- Martínez-Capel F, García De Jalón D, Werenitzky D, et al (2009) Microhabitat use by three endemic Iberian cyprinids in Mediterranean rivers (Tagus River Basin, Spain). *Fish Manag Ecol* 16:52–60. doi: 10.1111/j.1365-2400.2008.00645.x
- Melcher AH, Schmutz S (2010) The importance of structural features for spawning habitat of nase *Chondrostoma nasus* (L.) and barbel *Barbus barbus* (L.) in a pre-Alpine river. *River Syst* 19:33–42. doi: 10.1127/1868-5749/2010/019-0033
- Mocq J, St-Hilaire A, Cunjak R a. (2013) Assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) habitat quality and its uncertainty using a multiple-expert fuzzy model applied to the Romaine River (Canada). *Ecol Modell* 265:14–25. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.05.020
- Morán-López R, Pérez-Bote JL, Da Silva Rubio E, Corbacho Amado C (2005) Summer habitat relationships of barbels in south west Spain. *J Fish Biol* 67:66–82. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00711.x
- Ovidio M, Philippart JC (2008) Movement patterns and spawning activity of individual nase *Chondrostoma nasus* (L.) in flow-regulated and weir-fragmented rivers. *J Appl Ichthyol* 24:256–262. doi: 10.1111/j.1439-0426.2008.01050.x
- Rodriguez-Ruiz A, Granado-Lorencio C (1992) Spawning period and migration of three species of cyprinids in a stream with Mediterranean regimen (SW Spain). *J Fish Biol* 545–556. doi: 10.1111/j.1095-8649.1992.tb02682.x
- Santos RMB, Sanches Fernandes LF, Cortes RMV, et al (2017) Integrative assessment of river damming impacts on aquatic fauna in a Portuguese reservoir. *Sci Total Environ* 601–602:1108–1118. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.255
- Sanz-Ronda FJ, Ruiz-Legazpi J, Bravo-Córdoba FJ, et al (2015) Sprinting performance of two Iberian fish: *Luciobarbus bocagei* and *Pseudochondrostoma duriense* in an open channel flume. *Ecol Eng* 83:61–70. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.05.033
- Schneider M, Noack M, Gebler T, Kopecki I (2010) Handbook for the HabitatSimulation Model. Casimir. Module Casimir-Fish. Base version.
- Soulsby C, Youngson AF, Moir HJ, Malcolm IA (2001) Fine sediment influence on salmonid spawning habitat in a lowland agricultural stream: A preliminary assessment. *Sci Total Environ* 265:295–307. doi: 10.1016/S0048-9697(00)00672-0
- Strahler AN (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union* 38:913–920. doi: 10.1029/TR038i006p00913
- Tánago M, García de Jalón D (2007) Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos. Ministerio de Medio Ambiente. España
- Venables WN, Smith DM (2012) An Introduction to R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Network Theory Ltd
- Zadeh L (1965) Fuzzy sets. *Inf Control* 8:338–353.