

**Avaliação dos Efeitos Ecológicos de Aproveitamentos  
Hidroelétricos Sobre as Comunidades de  
Macroinvertebrados e Peixes no Norte de Portugal  
(Bacia do Rio Douro)**

**Marcos Martins Ronchesel**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança  
para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais*

**Orientador: Professor Doutor Amílcar António Teiga Teixeira**

**BRAGANÇA  
DEZEMBRO 2016**



## **AGRADECIMENTOS**

Agora, após a conclusão desta dissertação, venho através deste trabalho, mostrar minha gratidão e reconhecimento a todas as pessoas que me ajudaram e apoiaram para a realização desta dissertação.

Primeiramente agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Amílcar Teixeira, da Escola Superior Agrária de Bragança, por todo o apoio, todo o conhecimento transmitido, todas as saídas de campo sem exceções, pela ótima disposição, pelas risadas e por toda ajuda com o trabalho de laboratório e escrita.

À minha família, em especial meu pai Marcos Souza Ronchesel e minha tia Maria Helena Souza Ronchesel, pelo forte apoio incondicional em mais uma jornada de minha vida, esta tese é dedicada a vocês.

À minha namorada Andressa Netto Ferreira, por estar sempre ao meu lado apoiando e aconselhando e por ser minha fiel companheira.

Aos meus amigos Luis, Edgar, Manoel, Tereza, Mafalda, Arthur e Mauro agradeço pelo apoio e curiosidade sobre o trabalho, pelas risadas, passeios e festas.

A todos os professores do Mestrado em Gestão dos Recursos Florestais, que partilharam seu conhecimento comigo, contribuindo para a minha formação e meu sucesso.

A todos os meus restantes amigos e colegas que fiz em Bragança.



## RESUMO

Nas últimas décadas tem-se assistido a uma proliferação de pequenas e grandes barragens, justificada pelas necessidades, entre outras, do abastecimento de água aos meios urbanos e rurais, da agropecuária, do controlo de cheias e da produção de energia hidroelétrica. Contudo, são vários os impactes sociais e ambientais associados. Com efeito, as barragens reduzem a conectividade fluvial, impedem os movimentos naturais e as migrações de espécies e promovem a perturbação e fragmentação dos habitats, em pequena e larga escala. Muitas vezes, são ainda responsáveis por alterações marcadas no fluxo e na qualidade da água e facilitam a dispersão e estabelecimento de espécies exóticas, algumas delas com forte capacidade invasora. Importa realçar que as regiões mediterrânicas são tidas como “*hotspots*” de biodiversidade sendo essencial o estabelecimento de medidas adequadas de conservação de habitats e espécies. Sabendo que as regiões mediterrânicas enfrentam grandes mudanças climáticas, é de esperar que os habitats aquáticos e ribeirinhos sofram variações sazonais extremas no fluxo de água. Assim, períodos de seca prolongada vão alternar, cada vez mais, com episódios de precipitações intensas e irregulares que implicam grandes cheias. A gestão da água tem sido feita, principalmente, através da construção de barragens e da regularização dos rios que, no entanto, podem agravar esta situação influenciando os regimes de escoamento de água com implicações na estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos e na composição e densidade de espécies nativas.

O objetivo do presente trabalho consistiu na avaliação dos efeitos ecológicos de vários obstáculos físicos de diferente dimensão, caso de açudes, pequenas e grandes barragens, nas comunidades de peixes e invertebrados da região norte de Portugal. Recorreu-se a um conjunto de metodologias para caracterizar a componente abiótica, caso da qualidade da água (medição *in-situ* de vários parâmetros físico-químicos) e dos habitats aquáticos e ribeirinhos (determinação dos índices QBR e GQC) e a componente biótica, nomeadamente as comunidades de macroinvertebrados e de peixes, que seguiram os protocolos de amostragem emanados pela Diretiva Quadro da Água. Deste modo, na primavera/verão de 2016 foi avaliada a qualidade ecológica na proximidade de cada um dos sete obstáculos físicos estudados: 1) Açude de Dine (Rio Tuela), Aproveitamentos Hidroelétricos (mini-hídricas) de 2) Nunes e 3) Torga (Rio Tuela), 4) Rebordelo (Rio Rabaçal), 5) Vales (Rio Tinhela), 6) Ucanha-Gouviães (Rio Varosa) e 7) Aproveitamento Hidroelétrico (grande barragem) de Foz-Tua (Rio Tua). Foram selecionados 20 locais de amostragem distribuídos pelos diferentes tributários do rio Douro e aferida a qualidade ecológica a montante e jusante dos

obstáculos. A análise integrada dos resultados obtidos a partir dos vários parâmetros abióticos e bióticos mensurados e das métricas calculadas foram suficientemente sensíveis para permitir detetar modificações substanciais na qualidade ecológica do rio Tua, nomeadamente a jusante do Aproveitamento Hidroelétrico Foz-Tua (AHFT). De facto, a jusante da barragem é notória a diminuição da quantidade, provocada pela fase de enchimento da albufeira, e da qualidade da água, com acréscimos significativos da temperatura ( $T > 6^{\circ}\text{C}$ ), da condutividade elétrica ( $\text{EC} > 140 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) e do TDS ( $> 50 \text{ mg}/\text{L}$ ). No que respeita à qualidade dos habitats ribeirinhos e aquáticos a degradação das condições foi óbvia, confirmada pela pior classificação (Classe V, má qualidade). As comunidades de invertebrados e de peixes estão fortemente influenciadas pelas alterações ambientais. Na fauna piscícola foi detetada presença de espécies nativas, especialmente de barbos (*Luciobarbus bocagei*) adultos (retidos na proximidade da barragem após a migração reprodutiva a partir do rio Douro) mas também de boga (*Pseudochondrostoma duriense*) coabitando com espécies exóticas de carácter invasor, caso do alburno (*Alburnus alburnus*) e da perca-sol (*Lepomis gibbosus*). Foram ainda detetadas residualmente 2 enguias (*Anguilla anguilla*), outrora mais comuns. A diversidade da comunidade de macroinvertebrados aparece reduzida e composta por espécies euribiontes, pertencentes maioritariamente aos Crustacea (*A. desmaresti*), Diptera (Chironomidae) e Mollusca (Gastropoda), adaptadas à degradação do meio.

No entanto, no que respeita à componente abiótica associada aos açudes e mini-hídricas, verificaram-se oscilações menores e muito localizadas, relativamente à temperatura ( $T < 3^{\circ}\text{C}$ ), ao pH ( $\pm 0,5$ ) e à condutividade ( $\text{EC} > 20 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), enquanto nos habitats aquático (GQC) e ribeirinho (QBR) se observou a mesma tendência de manutenção ou decréscimo mínimo nas condições ambientais. Esta variação detetada de montante para jusante, mesmo na época mais crítica, i.e. no período estival, é pouco significativa sob o ponto de vista biológico. Com efeito, a análise multivariada aplicada aos dados, obtidos a partir das abundâncias de invertebrados e peixes, mostrou uma separação clara e estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre obstáculos e menos entre as estações de amostragem situadas a montante e jusante de cada obstáculo. Também as métricas determinadas (e.g. abundância e composição de espécies, índices bióticos- IBMWP, IPTIN e de diversidade-  $H'$  de Shannon-Wiener e equitabilidade-  $J'$  de Pielou) identificaram ligeira diminuição na integridade dos sistemas aquáticos, uma vez que a qualidade ecológica (avaliada em 5 classes: má, medíocre, razoável, boa e excelente) nunca foi inferior à classificação de Bom.

**Palavras-chave:** barragens, impactes, peixes, invertebrados, qualidade biológica

## ABSTRACT

In recent decades, there has been detected a proliferation of small and large dams, justified by different needs, such as the water supply to urban and rural areas, the agriculture, the flood control and the production of hydroelectric power. However, there are several social and environmental impacts associated. Indeed, dams reduce river connectivity, prevent natural movement and migration of species and promote, at small and large-scale, the disruption and fragmentation of habitats. Often, they are still responsible for marked changes in flow and water quality, facilitating the dispersal and establishment of invasive alien species. It should be noted that the Mediterranean regions are known as "hotspots" of biodiversity, and for that reason is essential to establish appropriate conservation measures for threatened habitats and species. Mediterranean regions face major climate changes and is expected that aquatic and riparian habitats will suffer extreme seasonal variations in water flow, with sequential periods of prolonged drought and increasing episodes of intense and irregular rainfall leading to large floods. In northeastern Portugal, the water management has been done, mainly, through the construction of dams and the regularization of rivers. However, dams can aggravate this situation, influencing the water flow regimes with implications for the structure and functioning of aquatic ecosystems and the composition and density of native species.

The objective of this work was the study of the ecological evaluation of several physical obstacles of different dimension, such as weirs, small and large dams, on fish and invertebrate communities. It was used different methodologies to characterize the abiotic component, i.e. water quality (*in situ* measurement of physical and chemical parameters) and aquatic and riparian habitats (determination of riparian- QBR and channel- GQC indexes), and biotic component, based on macroinvertebrates and fish communities, following the sampling protocols defined by the Water Framework Directive. Thus, in the spring / summer 2016 the ecological quality was evaluated near of each of the seven studied physical obstacles: 1) Dine Weir (Rio Tuela), Small Hydroelectric Powerplants of 2) Nunes and 3) Torga (River Tuela), 4) Rebordelo (River Rabaçal ), 5) Vales (River Tinhela), Ucanha-Gouviães (River Varosa) and finally the 6) Big Dam of Foz-Tua, AHFT (River Tua). 20 sampling locations were selected and distributed by the tributaries of the Douro river to measure the ecological quality of lotic ecosystems, namely in upstream and downstream zones of the defined obstacles. The integrated analysis of the results, considering both abiotic and biotic parameters and calculated different metrics were enough sensitive to detect substantial changes in the ecological quality of the river Tua, particularly downstream of AHFT. In fact, this big

dam provoke a decrease in the quantity, caused by the reservoir in the filling phase, and water quality, with significant increases of temperature ( $T > 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), conductivity ( $EC > 140\text{ }\mu\text{S / cm}$ ) and total dissolved solids ( $\text{TDS} > 50\text{ mg / L}$ ). The quality of riparian and aquatic habitats showed bad condition, confirmed the obtained classification (Class V, poor quality). The communities of invertebrates and fish were strongly influenced by environmental changes. The fish fauna was composed by native species, namely Iberian barbel (*Luciobarbus bocagei*) (retained near the dam, after reproductive migration from the river Douro), but also Northern straight-mouth nase (*Pseudochondrostoma duriense*), cohabiting with invasive alien species like Common Bleak (*Alburnus alburnus*) and Pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*). They were also detected residually 2 european eels (*Anguilla anguilla*). The diversity of macroinvertebrate community appears reduced and composed of euribiont species belonging mainly to Crustacea (*A. desmaresti*), Diptera (chironomids) and Mollusca (Gastropoda), adapted to the environment degradation.

However, weirs and small dams showed, with regard to abiotic component, that there are minimal and highly localized oscillations ( $\Delta_{\text{max}}$  maximum variation on the temperature  $T < 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} \pm 0.5$ , the conductivity  $EC > 20\text{ }\mu\text{S / cm}$ ), while in relation to aquatic (GQC) and riparian (QBR) habitats it was observed the maintenance of the same trend or a minimum decrease of their hydromorphological quality. This amount of variation detected downstream, even in the most critical time, i.e. during summer period, it is almost insignificant from a biological point of view. Indeed, multivariate analysis applied to data obtained from invertebrates and fish abundances showed a clear and statistically significant ( $P < 0.05$ ) separation among obstacles, but less between the sampling stations located up and downstream of each obstacle. Furthermore, several metrics (e.g. abundance and species composition, IBMWP, IPTIN biotic indexes and diversity-  $H'$  Shannon-Wiener and evenness – Pielou  $J'$  indexes) identified slight decrease in the integrity of aquatic systems, since the quality ecological (assessed in 5 classes: poor, poor, fair, good and excellent) was never less than good classification.

**Key words:** dams, impacts, fish, invertebrates, biological quality

## INDICE

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT.....	V
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. AS PEQUENAS E GRANDES BARRAGENS.....	3
1.2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS DE REGULARIZAÇÃO.....	4
1.2.1. Açude de Dine (Rio Tuela).....	4
1.2.2. Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela).....	5
1.2.3. Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal).....	6
1.2.4. Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela).....	8
1.2.5. Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha Gouviães (Rio Varosa).....	9
1.2.6. Aproveitamento Hidroelétrico de Vales (Rio Tinhela).....	10
1.2.7. Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua (Rio Tua).....	11
1.3. ICTIOFAUNA FLUVIAL.....	13
1.3.1. Espécies nativas dulçaquícolas e migradoras de Portugal Continental.....	13
1.3.2. Espécies piscícolas alienígenas de Portugal Continental.....	14
2. METODOLOGIA.....	17
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	17
2.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA.....	18
2.3. AVALIAÇÃO DE HABITATS AQUÁTICOS E RIBEIRINHOS.....	19
2.4. AVALIAÇÃO DO HABITAT PISCÍCOLA.....	19
2.5. BIOTA: FAUNA MACROBENTÓNICA.....	20
2.5.1. Processo de amostragem.....	20
2.5.2. Métricas selecionadas para a avaliação da qualidade ambiental.....	22
2.6. BIOTA: FAUNA PISCÍCOLA.....	24
2.6.1. Amostragem da fauna piscícola - Pesca Elétrica.....	24
2.6.2. Determinação das Guildas Ecológicas.....	26

<b>2.7. TRATAMENTO DE DADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. QUALIDADE DOS HABITATS AQUÁTICOS E RIBEIRINHOS .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. QUALIDADE DOS HABITATS PISCÍCOLAS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4. COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.1. Índice de diversidade e equitabilidade .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.2. Composição faunística .....</b>	<b>37</b>
<b>3.4.3. Índices IBMWP e IPTl<sub>N</sub> .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4.4. Estrutura trófica .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.5. Biotipologia da comunidade de macroinvertebrados .....</b>	<b>42</b>
<b>3.5. COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DAS COMUNIDADES PISCÍCOLAS .....</b>	<b>43</b>
<b>3.5.1. Biotipologia das comunidades piscícolas.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.2. Guildas ecológicas.....</b>	<b>48</b>
<b>4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, nota-se uma imensa perda da biodiversidade nos ecossistemas de água doce, em especial nas zonas mediterrânicas. Com efeito, estes habitats são dos mais alterados e ameaçados pelas atividades humanas a nível mundial, confirmado pela frequência de citações encontradas (Mason, 1991; Dynesius and Nilsson, 1994). Muitos destes ecossistemas estão, mesmo, ameaçados de extinção (Magalhães, Ramalho & Collares Pereira, 2008).

O espaço ocupado pelos peixes de água doce (rios, lagos ou bacias) encontra-se com uma capacidade muito reduzida para que possa ocorrer o movimento intra-bacia (Hocutt e Wiley, 1986; Unmack, 2001), sendo que o declínio de peixes de água doce é um fenómeno generalizado e perceptível mundialmente (Duncan e Lockwood, 2001). As principais ameaças à fauna dulçaquícola são: *a*) a deterioração e destruição de habitats tanto pela poluição como pela eutrofização, *b*) a degradação e fragmentação de habitats aquáticos, com perda da conetividade fluvial, essencial para as espécies diádromas e para as migrações potamódromas de espécies holobióticas, *c*) as modificações do habitat (represas e canalizações), *d*) a degradação do ecótono ripário com o corte exagerado da galeria ripícola e *e*) a gestão e manipulação do estoque piscícola efetuado incorretamente, como por exemplo repovoamentos massivos com exemplares de origem duvidosa sob o ponto de vista genético juntamente com a introdução de espécies exóticas (Moyle, 1986; Allan e Flecker, 1993). O declínio dos peixes dulçaquícolas e a disseminação de espécies exóticas é um fenómeno complexo, o qual aparece em escala local, regional e global (Aparicio et al., 2000; Clavero, Blanco-Garrido & Prenda, 2004; Leprieur et al., 2008).

O Mediterrâneo possui uma elevada densidade humana, a qual entra, muitas vezes, em conflito com os ecossistemas de água doce, que são muito complexos por possuírem um alto número de bacias hidrográficas independentes com populações piscícolas isoladas. Uma grande parte dos rios ibéricos seguem o típico ciclo Mediterrâneo, que consiste em inundações de outono e inverno e fortes secas no verão (Gasith and Resh, 1999). O homem, assim como o ecossistema, adaptou-se à variação drástica dos regimes de precipitação com diversos projetos, os quais afetam fortemente a quantidade de água, que incluem represas, extração de água do rio para agricultura, alterações na morfometria do canal, com o intuito de prevenir as inundações e o despejo de resíduos industriais e efluentes, nomeadamente esgoto, causando impactantes modificações nos sistemas fluviais destas regiões. Muitos destes impactes ameaçam diretamente a fauna aquática nativa e favorecem a invasão de espécies exóticas (Elvira, 1995, 1998; Moyle, 1995).

É necessário compreender melhor a estrutura das comunidades de peixes e especialmente a distribuição de espécies nativas, para que se possam criar estratégias e projetos de gestão e conservação das espécies, assim como analisar a introdução e propagação das espécies exóticas (Filipe et al., 2004; Marchetti et al., 2004). A introdução de espécies exóticas, como por exemplo bio invasões que podem tornar-se a causa de extinções locais de espécies, tem impactes sob o ponto de vista social, ecológico e económico (Clavero & García-Berthou, 2005), ainda mais intensificada e preocupante em regiões de alta biodiversidade de espécies, sendo muitas delas endêmicas, como é o caso na Península Ibérica (Doadrio, 2001). O peixe-dourado (*Carassius auratus*) é um exemplo da introdução de espécies exóticas, o qual foi introduzido no Reino Unido (UK) em lagos artificiais e lagoas, de forma muito semelhante à carpa comum (*Cyprinus carpio*) (Steiner, 1988; Oertli et al., 2002). Esta é uma tendência global à escala mundial verificando-se um declínio populacional das espécies nativas, devido à perda de habitat e a interferência reprodutiva (hibridação), que acarreta perda da variabilidade genética (Copp, 1991; Everard et al., 1999; Wheeler, 2000).

As águas superficiais de Portugal apresentam um potencial muito elevado para suportar diversas espécies aquícolas, as quais representam um valioso recurso renovável natural sob o ponto de vista económico, social e cultural. Por isso, a sua proteção, exploração e gestão devem conter os princípios de sustentabilidade e manutenção da biodiversidade (Bochechas, 2000; DGRF, 2001; Gonçalves et al., 2008). Neste enquadramento, surgiu a Diretiva Quadro da Água (DQA, 2000) segundo a qual é necessário avaliar o estado ecológico de um rio, com base nos seus elementos físico-químicos, hidromorfológicos e biológicos, de modo a garantir o bom ou excelente estado das águas superficiais de todos os países membros da Comunidade Europeia. Por tal motivo, as informações das comunidades piscícolas são de extrema importância para avaliar a qualidade dos sistemas aquáticos (Barbour et al., 1999; Simon, 2003). Em termos de conservação, deve-se atentar às espécies endêmicas de Portugal, das quais algumas constam no Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (Cabral et al., 2005), estando também listadas na União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN, 2016). Obviamente, existem também espécies de invertebrados em perigo de extinção, que coabitam com a fauna piscícola, alguns deles dependem mesmo diretamente da presença e densidade desses vertebrados. É o caso mexilhão-de-rio (*Margaritifera margaritifera*), presente em algumas bacias do Norte de Portugal que está classificado pela IUCN (2016) como “CR- criticamente em perigo”. Esse bivalve tem como hospedeiro único a espécie *Salmo trutta*, que no entanto se encontra classificada como “Pouco preocupante” pelo

Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal, sendo neste caso também muito importante a conservação desta espécie em rios onde coabita com o bivalve ameaçado. No entanto, não só as populações de peixes e náíades como também muitas outras populações, comunidades e ecossistemas aquáticos de Portugal estão fortemente ameaçadas pelas grandes (e.g. Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico, PNBEPH) como também pelas diversas mini-hídricas espalhadas pelas diferentes bacias hidrográficas (Reis, 2006; Geist et al., 2006).

### 1.1. AS PEQUENAS E GRANDES BARRAGENS

A produção hidroelétrica é feita em centrais hídricas que podem ter armazenamento em albufeira ou serem a fio de água. As pequenas centrais hídricas têm potência até 10 MW enquanto as grandes centrais hídricas ultrapassam os 10 MW. As centrais hídricas usam a diferença de energia entre o nível a montante (albufeira) e rio a jusante, na restituição. Essa energia faz rodar as pás de uma turbina, criando um movimento de rotação do eixo do gerador que, por sua vez, produz eletricidade. As centrais a fio de água não possuem albufeira, aproveitando o fluxo natural do rio, quando este ocorre. As centrais hídricas são o modo mais eficiente de gerar eletricidade e contribuem para a estabilidade do sistema elétrico. Atualmente, em ano médio, cerca de 30% da eletricidade consumida em Portugal tem origem hídrica ([www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/hidrica/](http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/hidrica/)). A distribuição geral de barragens e mais especificamente do Norte de Portugal está apresentada na figura 1.

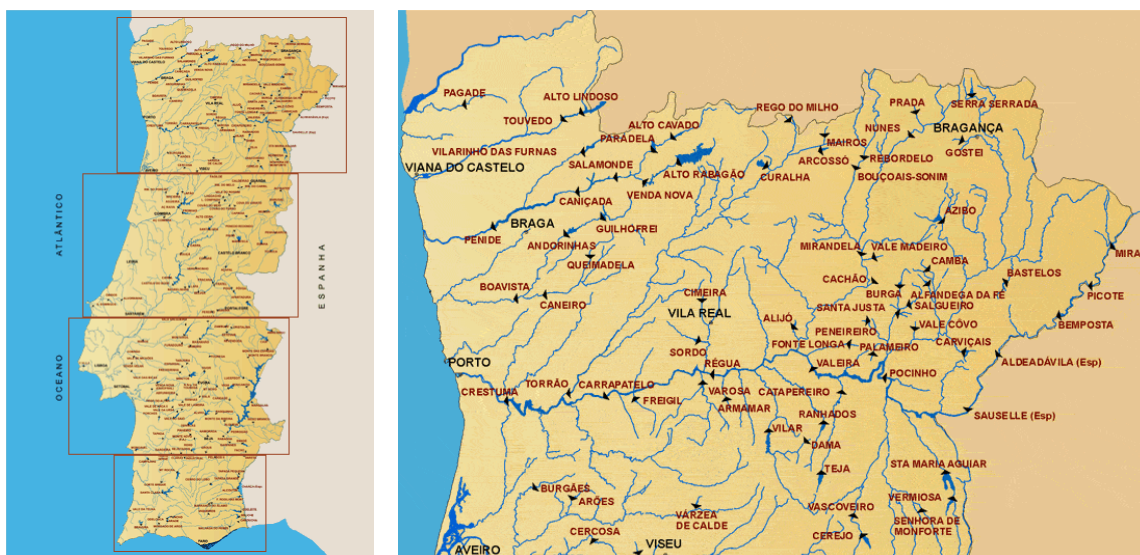


Figura 1: Mapa das grandes barragens de Portugal (esquerda) e Zoom das barragens na região Norte ([http://cnpbg.apambiente.pt/gr\\_barragens/gbportugal/Mapaescolha.htm](http://cnpbg.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapaescolha.htm))

São várias as mais-valias apontadas aos Aproveitamentos Hidroelétricos, nomeadamente ao nível da 1) redução da dependência energética e carbónica face ao

exterior; 2) diminuição da dependência da volatilidade dos mercados e da eventual instabilidade em alguns países fornecedores; 3) Reserva estratégica de água para consumo humano e agrícola; 4) Regularização de caudais e controlo de cheias; 4) Contribuição para o cumprimento da Diretiva 2001/77/CE (Renováveis); 5) Contribuição para a redução de emissões atmosféricas e para o cumprimento das metas da União Europeia; 6) Segurança no abastecimento; 7) Complementaridade entre as energias hídrica e eólica; 9) Utilização turística.

## 1.2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS DE REGULARIZAÇÃO

No presente estudo foram considerados diferentes obstáculos físicos, com características que variam desde açudes, pequenas barragens até grandes barragens. Neste enquadramento é feito de seguida uma breve caracterização das seis obras de regularização de rios, todos situados na bacia do rio Douro.

### 1.2.1. Açude de Dine (Rio Tuela)

O açude de Dine está situado no rio Tuela, concelho de Vinhais, na proximidade das localidades de Dine e Fresulfe. Consiste num açude rústico, atualmente semi-desagregado e permeável, construído com blocos e pedras. À semelhança doutros açudes localizados na cabeceira dos rios do Parque Natural de Montesinho, a sua construção destina-se ao abastecimento de energia para moinhos antigos, outrora muito usados na produção de farinhas, enquanto a albufeira serve para alimentar a irrigação de campos agrícolas situados nas imediações (Figura 2).



Figura 2. Açude de Dine.

A altura do açude não ultrapassa os 4 m, estando assegurada a conectividade entre os troços de montante e jusante, pela existência de zonas permeáveis para a fauna piscícola e em particular para os salmonídeos. A tipologia de materiais usados permite ainda zonas de refúgio, sem influência das fortes correntes, contribuindo para a criação de habitats de alimentação e descanso da fauna piscícola.

### 1.2.2. Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela)

O Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes está situado no rio Tuela, no concelho de Vinhais, freguesia de Vila Verde. Dista aproximadamente 17 Km da nascente do rio Tuela e 1,5 Km a jusante da confluência deste rio com o rio Baceiro (Figura 3).



Figura 3. Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes

É uma barragem de betão (gravidade com curvatura), com uma altura de 21,5 m acima da fundação e um comprimento de coroamento de 65,5 m. Possui uma capacidade de descarga máxima de 52,4 (descarga de fundo) + 1350 (descarregador de cheias) m<sup>3</sup>/s (Santo, 2005) (Figura 4).

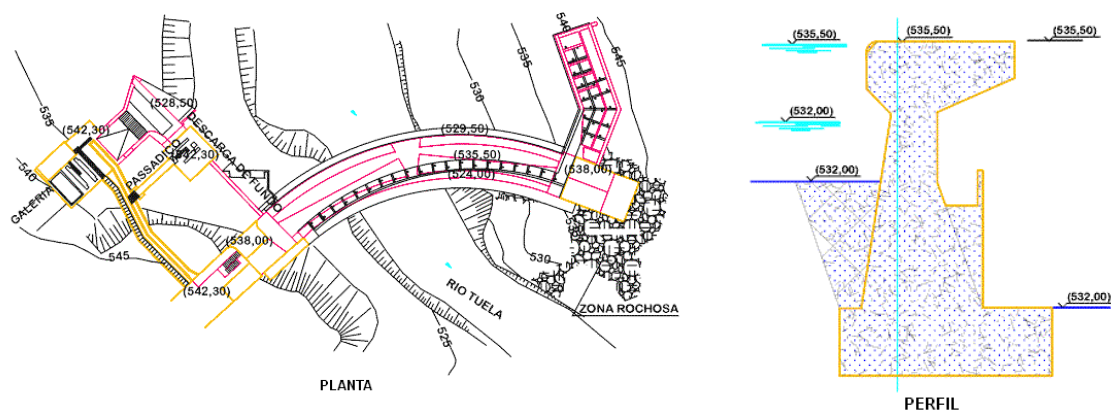


Figura 4. Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Fonte: APA, 2015) ([http://cnpqg.apambiente.pt/gr\\_barragens/qbportugal/Nunes.htm](http://cnpqg.apambiente.pt/gr_barragens/qbportugal/Nunes.htm), acedido em 1 julho 2016)

A albufeira da barragem apresenta uma superfície inundável ao NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 506 km<sup>2</sup>. Tem uma capacidade total de 138\*10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> (capacidade útil de 98\*10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>). As cotas de água na albufeira são: NPA - 535,5 metros, NMC (Nível Máximo de Cheia) - 541,3 metros e NME (Nível Mínimo de Exploração) - 532 metros. As principais características estão sumariadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes.

Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes	
Dono da Obra/ Conclusão	Soc. P. de Energia Mini-Hídrica/ 1995
Tipo de Barragem	Betão- Gravidade com Curvatura
Altura da barragem	21,5 m
NPA (Nível Pleno de Armazenamento)	535,5 m
Potência (2 grupos- Turbina Francis)	9,9 MW
Produção média anual	41,56 GWh
Volume total da albufeira	0,138 hm <sup>3</sup>

\*([http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros\\_produtores/info\\_tecnica](http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/info_tecnica), acedido em 8 de agosto de 2016)

O A.H. de Nunes possui uma passagem para peixes do tipo bacias sucessivas, individualizadas por septos, na sua maioria com descarregador lateral e orifício de fundo. Segundo Santo (2005) apresenta uma potencialidade média (classificação de 3, numa escala de 1-5,) para ser utilizado por peixes permitindo a conetividade fluvial e o fluxo de genes entre populações acima e abaixo do empreendimento.

### 1.2.3. Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal)

O Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo situa-se no rio Rabaçal, junto à povoação de Rebordelo no concelho de Vinhais, distrito de Bragança (Figura 5).



Figura 5. Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Fonte: APA, 2015) ([http://cnpqb.apambiente.pt/gr\\_barragens/gbportugal/Rebordelodes.htm](http://cnpqb.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/Rebordelodes.htm), acedido em 1 julho 2016)

É uma barragem de arco e gravidade em betão que possui uma altura de 35,5 m acima da fundação e um comprimento de coroamento de 127 m. A albufeira da barragem apresenta uma superfície inundável ao NPA (Nível Pleno de Armazenamento) de 46 hectares e tem uma capacidade total de 3,13 hm<sup>3</sup>. As cotas de água na albufeira são: NPA de 380 metros, NMC (Nível Máximo de Cheia) de 386 metros e NME (Nível Mínimo de Exploração) de 378,5 metros (Figura 6).

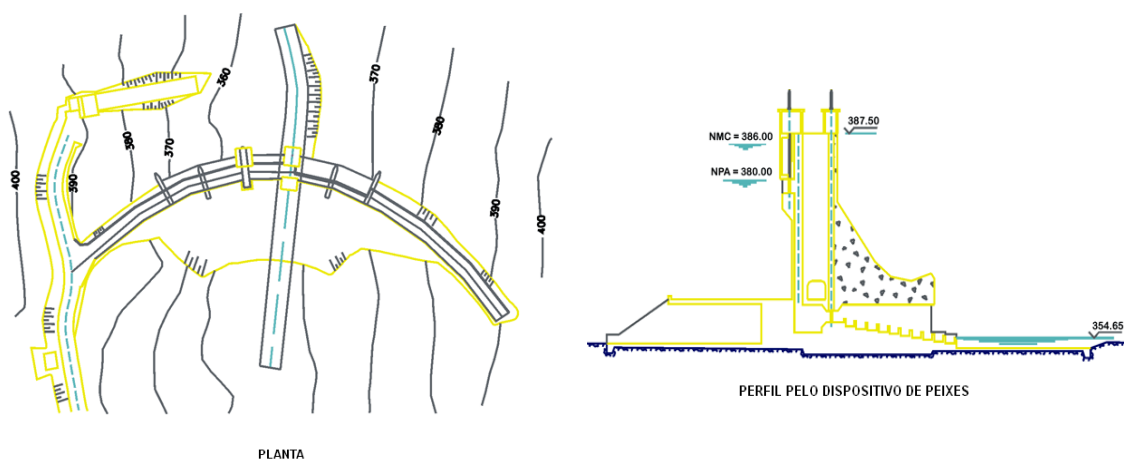


Figura 6. Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Fonte: APA, 2015) ([http://cnpqg.apambiente.pt/gr\\_barragens/gbportugal/Rebordelodes.htm](http://cnpqg.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/Rebordelodes.htm), acedido em 1 julho 2016)

A central hidroelétrica é constituída por um grupo Kaplan com uma potência instalada de 8,75 MW. A energia produzida em média por ano é de 24 GWh. As principais características estão sumariadas na Tabela 2.

Tabela 2. Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo.

Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo	
Dono da Obra/ Conclusão	GERCO, Sociedade de Engenharia Electrotécnica S.A/ 2004
Tipo de Barragem	Betão- Arco + Gravidade
Altura da barragem	35,5 m
NPA (Nível Pleno de Armazenamento)	380 m
Potência (1 grupo- Turbina Kaplan)	8,75 MW
Produção média anual	24 GWh
Volume total da albufeira	3,13 hm <sup>3</sup>

\*([http://cnpqg.apambiente.pt/gr\\_barragens/gbportugal/Rebordelodes.htm](http://cnpqg.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/Rebordelodes.htm), acedido em 8 de agosto de 2016)

O A.H. de Rebordelo tem um dispositivo de peixes composto por um elevador para peixes construído a seguir a uma escada de bacias sucessivas dimensionada para 0,450 m<sup>3</sup>/s.

#### 1.2.4. Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela)

O Aproveitamento Hidroelétrico de Torga encontra-se no rio Tuela, no concelho de Vinhais, freguesia de Ervedosa, cerca de 23 Km a jusante do açude do A.H. de Nunes e a 28 Km da confluência com o rio Rabaçal. Pertence à empresa HIDROTUELA – Hidroeléctrica do Tuela SA. Iniciou a sua produção em 1993 e conta com 10 MW de potência instalada (Figura 7).



Figura 7. Albufeira do Aproveitamento Hidroelétrico de Torga.

A altura da barragem é de aproximadamente 7 m. A central hidroelétrica localiza-se a jusante. É um aproveitamento a fio de água com albufeira com pequena capacidade de armazenamento. A principal alteração do regime hidrológico deve-se à derivação de caudais entre o açude e a central hidroelétrica que afeta um troço do rio com cerca de 2,4 Km (Alves & Henriques, 1994).



Figura 8. Passagem de peixes do Aproveitamento Hidroelétrico de Torga.

O açude do A.H. de Torga possui um dispositivo de passagem para peixes do tipo bacias sucessivas (Figura 8) inserido na margem esquerda.

### 1.2.5. Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha Gouviães (Rio Varosa)

O Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha-Gouviães encontra-se no rio Varosa, afluente da margem esquerda do rio Douro, no concelho de Tarouca, freguesia de Ucanha. Dista cerca de 20 Km da nascente e 10 Km a montante da barragem da Varosa. A central hidroelétrica localiza-se a cerca de 3 Km a jusante, restituindo o caudal turbinado ao rio Varosa. O funcionamento depende do armazenamento de água na albufeira, resultando uma variação de 1,5 m (Santo, 2005) (Figura 9).



Figura 9. Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha Gouviães

Pertence à empresa Hidroeléctrica de Casal Lda. Iniciou a sua produção em 2001 e conta com 5,7 MW de potência instalada. Este empreendimento conta com uma passagem de peixes de bacias sucessivas, mas o muro a jusante limita a migração das espécies piscícolas (Santo, 2005) (Figura 10).



Figura 10. Passagem para peixes do A.H de Ucanha Gouviães.

### 1.2.6. Aproveitamento Hidroelétrico de Vales (Rio Tinhela)

O Aproveitamento Hidroelétrico de Vales, localizado no concelho de Vila Pouca de Aguiar, está inserido no troço de montante do rio Tinhela (afluente da margem direita do rio Tua, na bacia hidrográfica do rio Douro). A restituição processa-se no rio Curros, próximo da confluência com o rio Tinhela (Atberg, 2008).



Figura 11. Aproveitamento Hidroelétrico de Vales.

Compreende um açude principal no rio Tinhela e uma captação secundária na ribeira de Chã do Meio, um canal de derivação em superfície livre, entre o açude principal e a câmara de carga, com ligação intermédia em aqueduto à captação secundária, a mencionada câmara de carga, a conduta forçada, a central hidroelétrica e o parque de transformadores anexo (Tabela 3, Figura 12).

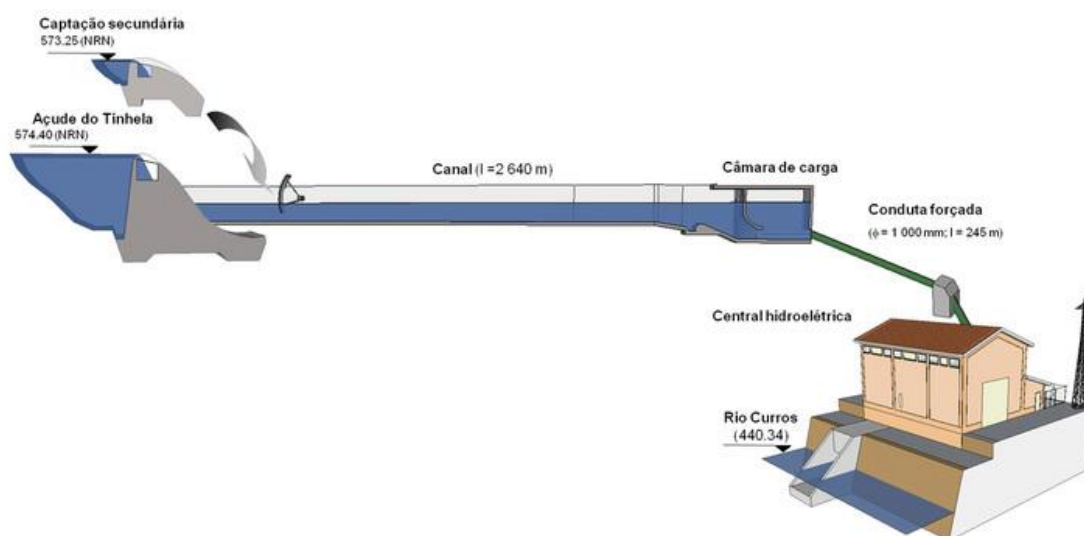


Figura 12. Aproveitamento Hidroelétrico de Vales (Fonte: Atberg, 2008)  
 ([http://cnpqgb.apambiente.pt/gr\\_barragens/qbportugal/Nunes.htm](http://cnpqgb.apambiente.pt/gr_barragens/qbportugal/Nunes.htm) acedido em 1 julho 2016)

Tabela 3. Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Vales.

Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Vales	
Dono da Obra/ Conclusão	ATBERG/ 2008
Tipo de Barragem	Betão- Gravidade
Altura da barragem	14,7 m
NPA (Nível Pleno de Armazenamento)	574,4 m
Potência (Turbina Francis)	3,2 MW
Produção média anual	8,43 GWh

### 1.2.7. Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua (Rio Tua)

O Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua situa-se no rio Tua, afluente da margem direita do rio Douro, a cerca de 1,1 km da confluência destes dois rios. A barragem está localizada no limite de dois concelhos: Alijó, Distrito de Vila Real (margem direita) e Carrazeda de Ansiães, Distrito de Bragança (margem esquerda) (Figura 13).



Figura 13. Aproveitamento Hidroelétrico de Foz-Tua (Fonte: EDP, julho 2016)

A obra iniciou-se em 2011 e prevê-se entrar em funcionamento em 2016. A albufeira vai abranger uma extensão de 27 km e uma área de 4,2 km<sup>2</sup>, ocupando áreas dos concelhos de Alijó, Carrazeda de Ansiães, Murça, Vila Flor e Mirandela. Este aproveitamento será constituído por um só escalão com uma cota de exploração de 170 metros. Os dados principais da obra estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Foz-Tua.

Principais características do Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua	
Investimento Global/ Dono da Obra	370 M€ (2013)/ EDP Produção
Tipo de Barragem	Betão- Abóbada de Dupla Curvatura
Altura da barragem	108 m
NPA (Nível Pleno de Armazenamento)	170 m
Potência (2 grupos reversíveis)	270 MW
Caudal máximo em turbinamento	310 m <sup>3</sup> /s
Produção média anual	667 GWh
Volume total da albufeira	106 hm <sup>3</sup>
Emissões de CO2 evitadas/ano	470.000 t

\*([http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros\\_produtores/info\\_tecnica](http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/info_tecnica), acedido em 8 de agosto de 2016)

Relativamente à qualidade da água do rio Tua foram estudados, na fase de EIA e RECAPE, os eventuais impactes da criação da albufeira. A qualidade da água da albufeira será, previsivelmente, Mesotrófica, ainda que se possam vir a registar situações de agravamento em longos períodos hidrológicamente desfavoráveis (secos). Estas eventuais ocorrências poderão ser minimizadas por ciclos de turbinamento-bombagem, que promovem a agitação e oxigenação das águas mais próximas da barragem (EDP) (Figura 14).

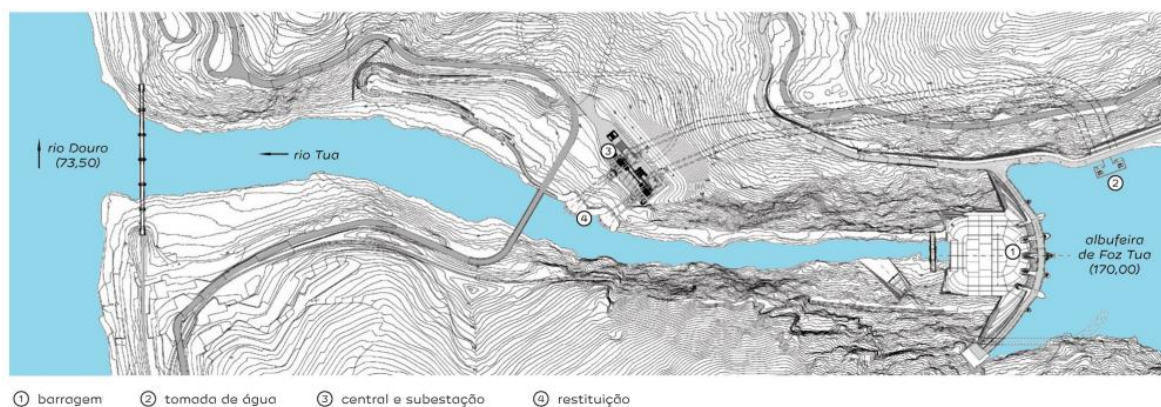


Figura 14. Planta geral do Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua (Fonte: EDP)

No campo ambiental são várias medidas de proteção que estão em fase de implementação, como por exemplo: Restauração e recuperação de habitats; Proteção de galeria ripícola; Criação de áreas de proteção para alimentação e nidificação de aves; Criação de reservas ecológicas para a flora; Desmatação das zonas a inundar; Replantação de sobreiros e azinheiras; Renaturalização das áreas de estaleiro; Sistema de transposição de peixes para favorecer a diversidade genética; Criação de zonas de habitat e reprodução de morcegos.

### 1.3. ICTIOFAUNA FLUVIAL

#### 1.3.1. Espécies nativas dulçaquícolas e migradoras de Portugal Continental

A fauna piscícola nativa da Portugal Continental caracteriza-se por possuir uma baixa diversidade e um elevado número de endemismos. A distribuição de espécies nativas nas diferentes bacias hidrográficas de Portugal está intimamente associada aos requisitos bioecológicos das espécies e à conservação dos sistemas aquáticos. Nos rios de cabeceira do Norte e Centro do país é comum encontrar populações de truta-de-rio (*Salmonidae*) sempre que existe uma boa integridade biótica. No entanto, a diversidade piscícola nativa dos rios é sobretudo assegurada pela família *Cyprinidae*, na qual estão incluídos os escalos, barbos, bogas, bordalo, ruivaco e saramugo. Registo ainda para a presença doutras famílias, caso de *Cobitidae* (verdemãs), *Gasterosteidae* (esgana-gata), *Petromyzontidae* (lampreia-de-riacho) e *Bleniidae* (caboz-de-água doce) (Ribeiro et al., 2007; Oliveira et al., 2007) (Tabela 5).

**Tabela 5. Espécies piscícolas nativas estritamente dulçaquícolas de Portugal Continental.**

Família	Espécies
PETROMYZONTIDAE	Lampreia-de-riacho ( <i>Lampetra planeri</i> )
BLENNIIDAE	Caboz-de-água-doce ( <i>Salvia fluviatilis</i> )
COBITIDAE	Verdemã-do-Norte ( <i>Cobitis calderoni</i> ), Verdemã-do-Sul ( <i>Cobitis paludica</i> )
CYPRINIDAE	Boga-do-Douro ( <i>Pseudochondrostoma duriense</i> ), Boga-de-boca-arqueada ( <i>Iberochondrostoma lemmingii</i> ), Boga-comum ( <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> ), Boga-do-Guadiana ( <i>Pseudochondrostoma willkommii</i> ), Boga-portuguesa, ( <i>Iberochondrostoma lusitanicum</i> ), Boga-do-Sudoeste ( <i>Iberochondrostoma almacaí</i> ), Barbo-do-Norte ( <i>Luciobarbus bocagei</i> ), Cumba ( <i>Luciobarbus comizo</i> ), Barbo-de-cabeça-pequena ( <i>Luciobarbus microcephalus</i> ), Barbo-do-Sul ( <i>Luciobarbus sclateri</i> ), Barbo-de-steindachner ( <i>Luciobarbus steindachneri</i> ), Bordalo ( <i>Squalius alburnoides</i> ) Escalo-do-Arade ( <i>Squalius aradensis</i> ), Escalo-do-Mira ( <i>Squalius torgalensis</i> ), Escalo-do-Norte ( <i>Squalius caroliterti</i> ), Escalo-do-Sul ( <i>Squalius pyrenaicus</i> ) Ruivaco ( <i>Achondrostoma oligolepis</i> ), Ruivaco-do-Oeste ( <i>Achondrostoma occidentale</i> ), Saramugo ( <i>Anaocypris hispanica</i> ). Embora alguns inventários piscícolas referenciem a presença da panjorca ( <i>Achondrostoma arcasii</i> ) em vários rios, foi entretanto confirmado que esta espécie não ocorre em Portugal - está representada exclusivamente em Espanha (ROBALO et al., 2006) ocorrendo uma espécie na bacia do rio Sabor com estatuto ainda por definir ( <i>Achondrostoma</i> sp.).
GASTEROSTEIDAE	Esgana-gata ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )
SALMONIDAE	Truta-de-rio ( <i>Salmo trutta fario</i> )

Para além destas espécies nativas estritamente dulçaquícolas, é também possível encontrar em Portugal Continental espécies migradoras diádromas, que incluem exemplares pertencentes às famílias *Salmonidae* (salmão e truta-marisca), *Petromyzontidae* (lampreia-marinha), *Anguillidae* (enguia) *Clupeidae* (sável, savelha), *Atherinidae* (peixe-rei), *Mugilidae* (tainha, muge) e *Pleuronectidae* (solha-das-pedras) (Tabela 6).

**Tabela 6. Espécies piscícolas diádromas de Portugal Continental.**

Família	Espécies
PETROMYZONTIDAE	Lampreia marinha ( <i>Petromyzon marinus</i> ), Lampreia-de-riacho ( <i>Lampetra fluviatilis</i> )
ANGUILLIDAE	Enguia-europeia ( <i>Anguilla anguilla</i> )
ATHERINIDAE	Peixe-rei ( <i>Atherina boyeri</i> )
CLUPEIDAE	Sável ( <i>Alosa alosa</i> ), Savelha ( <i>Alosa fallax</i> )
SALMONIDAE	Salmão ( <i>Salmo salar</i> ), Truta-marisca ( <i>Salmo trutta trutta</i> )
PLEURONECTIDAE	Solha-das-pedras ( <i>Platichthys flesus</i> )
MUGILIDAE	Tainha ( <i>Liza ramada</i> ), muge ( <i>Mugil cephalus</i> )

Muitas destas espécies nativas mencionadas nas tabelas 5 e 6 estão ameaçadas, conforme realça o estatuto de conservação atribuído pelo Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (Cabral et al., 2005) e a Lista Vermelha da União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN, 2016). Para tal contribuem vários impactes, na sua maioria de natureza antrópica e que estão na origem da degradação de muitos sistemas aquáticos, entre os quais se destacam a poluição tóxica e difusa, a construção de barragens e demais obras de regularização de caudais, a extração de inertes, o corte da galeria ripícola, os repovoamentos, a sobrepesca e a introdução de espécies exóticas ou alienígenas, muitas delas com elevado potencial invasor.

### 1.3.2. Espécies piscícolas alienígenas de Portugal Continental

Atualmente, em Portugal Continental ocorrem 14 espécies piscícolas dulçaquícolas de origem alienígena, 6 de ocorrência localizada enquanto as restantes 8 apresentam uma distribuição mais generalizada. Desta listagem, exclui-se a tenca (*Tinca tinca*), dado não existir certeza de se tratar de um peixe nativo ao alóctone – e o fundulo (*Fundulus heteroclitus*), dado ocorrer em águas salobras, mais concretamente na zona estuarina do rio Guadiana (Godinho, 2006; Pinheiro, 2009). São várias as origens da introdução de espécies piscícolas alienígenas em Portugal:

- 1) Proporcionar mais espécies para a pesca desportiva – e.g., achigã (*Micropterus salmoides*), lucioperca (*Sander lucioperca*) e truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) –, mas também com o intuito de disponibilizar proteínas apreciadas na alimentação humana – e.g., carpa (*Cyprinus carpio*);
- 2) Combate de doenças: Introdução de peixes consumidores de mosquitos vetores da malária – gambúsia (*Gambusia holbrooki*);
- 3) Fuga e/ou libertação de espécies de pisciculturas – e.g., góbio (*Gobio lozanoi*) – ou utilizadas em aquarofilia – e.g., chanchito (*Australoheros facetus*);
- 4) Expansão a partir de bacias hidrográficas partilhadas – e.g., lúcio (*Esox lucius*) e peixe-gato-negro (*Ameiurus melas*).

**Tabela 7. Espécies piscícolas alienígenas presentes em Portugal Continental.**

Família	Espécies
CENTRARQUIDAE	Achigã ( <i>Micropterus salmoides</i> ); Perca-sol ( <i>Lepomis gibbosus</i> )
CICHLIDAE	Chanchito ( <i>Australoheros facetus</i> )
CYPRINIDAE	Carpa ( <i>Cyprinus carpio</i> ), Pimpão ( <i>Carassius auratus</i> ) Góbio ( <i>Gobio lozanoi</i> ), Alburno ( <i>Alburnus alburnus</i> ), Rutilo ( <i>Rutilus rutilus</i> )
ESOCIDAE	Lúcio ( <i>Esox lucius</i> )
ICTALURIDAE	Peixe-gato-negro ( <i>Ameiurus melas</i> )
PERCIDAE	Lucioperca ( <i>Sander lucioperca</i> )
SALMONIDAE	Truta arco-íris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )
POECILIDAE	Gambúsia ( <i>Gambusia holbrooki</i> )
SILURIDAE	Peixe-gato-europeu ( <i>Silurus glanis</i> )

#### 1.4. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho pretendeu contribuir para um conhecimento mais aprofundado acerca a avaliação dos efeitos ecológicos de pequenas e grandes barragens nas condições ambientais e nas comunidades de invertebrados e peixes presentes em diferentes cursos de água do Norte de Portugal (Bacia do rio Douro).

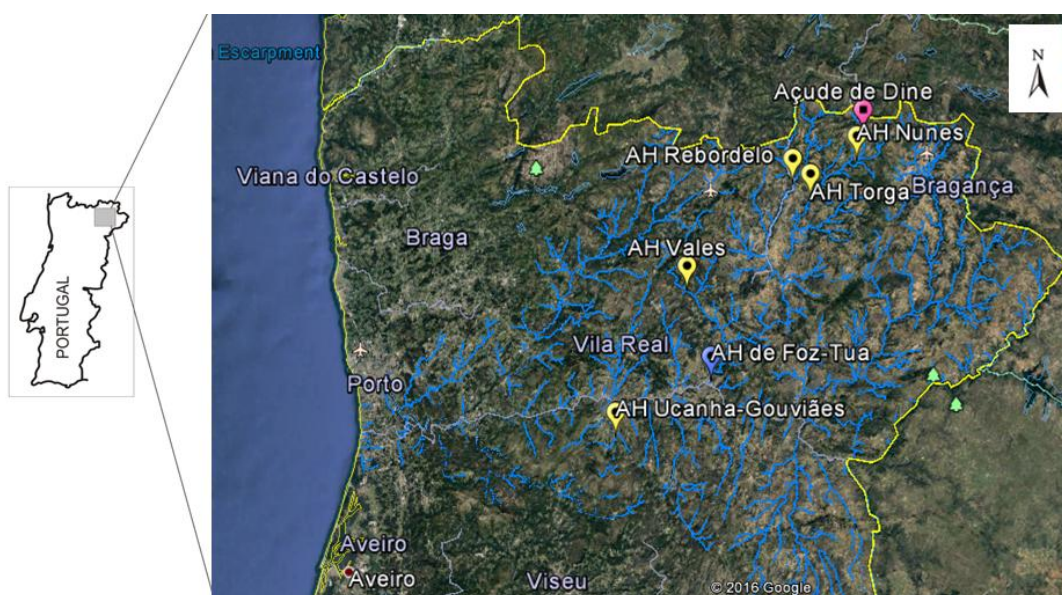
Os objetivos específicos consistiram em fazer uma análise detalhada dos efeitos dos diferentes obstáculos físicos selecionados (i.e. açudes, mini-hídricas, grandes barragens) nas seguintes variáveis abióticas e bióticas:

- a. Parâmetros físico-químicos da água: pH, Oxigénio Dissolvido (OD), Condutividade (EC), Temperatura (T) e Total de Sólidos Dissolvidos (TDS);
- b. Habitat aquático e ribeirinho, mediante o uso de dois índices expeditos:
  - i. Grau de Qualidade do canal GQC (Cortes et al., 1999)
  - ii. Qualidade da vegetação ribeirinha QBR (Munné et al., 1998)
- c. Potencial habitat piscícola nos troços a montante e jusante dos obstáculos, mediante análise criteriosa de variáveis associadas: sequência *pool/riffle*, grau de perturbação das margens, sombreamento, presença de raízes e detritos lenhosos no canal, heterogeneidade do substrato, velocidade da corrente na secção transversal, grau de colmatagem de interstícios no leito do rio, potencial área de desova e de alimentação e refúgio de peixes;
- d. Qualidade biológica, com base na amostragem das comunidades de invertebrados, com determinação dos índices IBMWP e IPT<sub>N</sub>;
- e. Populações piscícolas, com determinação da composição e abundância de espécies piscícolas e análise criteriosa relacionada com a presença de espécies exóticas e em particular de potencial invasor.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo da presente trabalho compreende diversos cursos de água da bacia hidrográfica do rio Douro, caso dos rios Mente, Rabaçal, Tuela, Tinhela e Tua (sub-bacia do rio Tua) e Varosa (sub-bacia do rio Varosa). Foram selecionados sete (7) locais específicos sujeitos a distintas obras de regularização de caudais: 1) Açude de Dine (Rio Tuela); 2) Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela); 3) Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela); 4) Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal); 5) Aproveitamento Hidroelétrico de Vales (Rio Tinhela); 6) Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha Gouviães; e 7) Aproveitamento Hidroelétrico de Foz-Tua (Rio Tua) (Figura 15).



**Figura 15. Mapa dos locais dos Aproveitamentos Hidroelétricos (AH) situados na bacia do rio Douro, nos cursos de água dos rios Tuela, Rabaçal, Tinhela, Tua e Varosa (Fonte: Google Earth 2016).**

Para a avaliação dos efeitos da construção dos sete obstáculos físicos foram selecionados 20 locais de amostragem (ver fotos, Anexo I), distribuídos pelos cursos de água, nomeadamente a montante e jusante dos empreendimentos, cuja localização aparece explícita na Tabela 8. Refira-se que foram usados critérios na seleção dos troços de amostragem que contemplaram uma fase prévia de análise em laboratório, complementada com diversas idas ao campo, de modo a selecionar troços representativos dos potenciais impactos resultantes da presença das barragens (troços de jusante) comparados com situações de referência (troços de montante).

Tabela 8. Localização (coordenadas geográficas) dos locais de amostragem.

Bacia	Rio	Localização	Acrónimo	Latitude	Longitude	Altitude
Tua	Tuela	Dine (Montante)	Tu1m	41°55'12.04"N	6°56'27.86"W	690 m
Tua	Tuela	Dine (Jusante)	Tu2j	41°53'56.26"N	6°56'14.49"W	655 m
Tua	Tuela	AH Trutas (Jusante)	Nu1m	41°50'9.45"N	6°56'45.19"W	575 m
Tua	Baceiro	Foz Baceiro	Nu2m	41°50'0.18"N	6°56'9.12"W	565 m
Tua	Tuela	Mont. Restituição	Nu3j	41°49'3.04"N	6°58'48.31"W	447 m
Tua	Tuela	Vinhais	Nu4j	41°48'36.72"N	6°59'48.23"W	426 m
Tua	Mente	S. Jomil	Re1m	41°47'28.25"N	7°11'36.25"W	394 m
Tua	Rabaçal	Palas	Re2m	41°47'12.75"N	7°9'5.79"W	375 m
Tua	Rabaçal	Rebordelo	Re3j	41°45'10.80"N	7°10'26.60"W	359 m
Tua	Rabaçal	Bouça	Re4j	41°39'33.36"N	7°13'41.22"W	262 m
Tua	Tuela	Nuzedo de Baixo	To1m	41°43'48.42"N	7°6'11.63"W	338 m
Tua	Tuela	Mont. Restituição	To2j	41°42'48.81"N	7°6'50.94"W	312 m
Tua	Tuela	Jus. Restituição	To3j	41°42'16.74"N	7°7'5.21"W	274 m
Tua	Tinhela	Reboredo Jales	Va1m	41°27'42.87"N	7°32'27.30"W	619 m
Tua	Tinhela	Vales	Va2j	41°27'10.98"N	7°31'35.38"W	569 m
Tua	Tinhela	Carvas	Va3j	41°26'21.01"N	7°29'46.89"W	439 m
Tua	Tua	Abreiro	FT1m	41°20'37.86"N	7°17'17.32"W	170 m
Tua	Tua	Foz Tua	FT2j	41°13'1.62"N	7°25'26.47"W	77 m
Varosa	Varosa	Ucanha	UG1m	41°2'48.31"N	7°44'59.41"W	456 m
Varosa	Varosa	Gouviães	UG2j	41°3'44.78"N	7°44'32.55"W	414 m

## 2.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

A avaliação da qualidade físico-química da água baseou-se nos seguintes parâmetros (mensurados *in situ* através do uso de aparelhos potenciométricos portáteis): 1) oxigénio dissolvido (mg O<sub>2</sub>/L); 2) temperatura (°C); 3) sólidos dissolvidos totais (TDS, mg/L), 4) condutividade elétrica (μS/cm) 5) e pH (Figura 16).



Figura 16. Mensuração *in situ* de parâmetros físico-químicos da água.

As medições foram efetuadas durante a primavera/verão de 2016.

### 2.3. AVALIAÇÃO DE HABITATS AQUÁTICOS E RIBEIRINHOS

Recorreu-se a dois índices, adaptados a rios da Península Ibérica (Anexo II e III), de modo a classificar a qualidade da hidromorfologia fluvial e da zona ribeirinha envolvente. Foram utilizados os seguintes índices:

#### 1) Qualidade do Bosque Ribeirinho- QBR (Munné et al., 1998) (Tabela 9);

Tabela 9. Índice QBR- Amplitude das 5 classes de qualidade consideradas.

Amplitude	Classe	Significado em termos de qualidade
≥ 95	I	Cortina ripária sem alterações, estado natural
75 – 90	II	Cortina ripária ligeiramente perturbada, boa qualidade
55 – 70	III	Início de importante alteração, qualidade aceitável
30 – 50	IV	Forte alteração, má qualidade
0 – 25	V	Degradação extrema, péssima qualidade

#### 2) Qualidade do Canal- GQC (Cortes et al., 1999) (Tabela 10).

Tabela 10. Índice GQC - Amplitude das 5 classes de qualidade consideradas.

Amplitude	Classe	Significado em termos de qualidade
≥ 31	I	Canal sem alterações, estado natural
26 – 30	II	Canal ligeiramente perturbado
20 – 25	III	Início de uma importante alteração do canal
14 – 19	IV	Grande alteração do canal
8 – 13	V	Canal completamente alterado (canalizado, regularizado)

### 2.4. AVALIAÇÃO DO HABITAT PISCÍCOLA

Na determinação do potencial habitat piscícola consideraram-se diversas métricas que foram avaliadas de forma qualitativa, *i.e.* segundo 4 classes, assim definidas: A) inexistente; B) baixo; C) médio; e D) elevado. As métricas selecionadas foram as seguintes: 1) sequência *riffle/pool*; 2) Perturbação das margens; 3) Ensombramento; 4) Heterogeneidade do substrato; 5) Colmatagem dos interstícios; 6) Presença de refúgios (*e.g.* raízes, blocos); 7) Potenciais áreas de desova e 8) Potenciais áreas de

alimentação. Apesar dos critérios subjetivos inerentes e do comportamento diferencial das espécies piscícolas, esta abordagem permitiu caracterizar sucintamente o habitat piscícola e perceber as alterações decorrentes do funcionamento da albufeira. Nesta perspetiva, por exemplo, o arrastamento e deposição de materiais finos para os troços de jusante pode interferir com os habitats de desova e alimentação (alteração da comunidade de macroinvertebrados) dos peixes nativos.

## 2.5. BIOTA: FAUNA MACROBENTÓNICA

### 2.5.1. Processo de amostragem

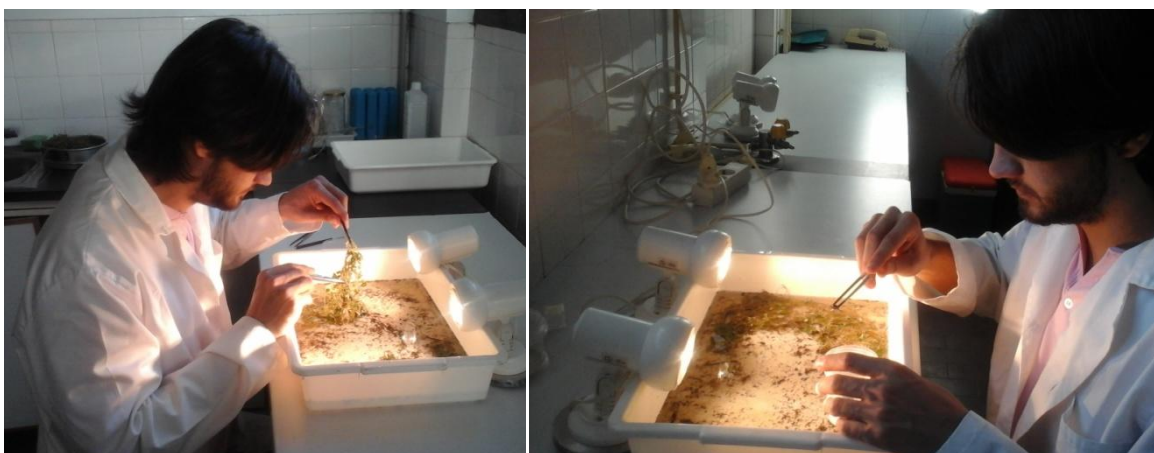
A amostragem das comunidades de macroinvertebrados foi efetuada com base nos protocolos estabelecidos em Portugal pelo Instituto da Água no âmbito da implementação da DQA (INAG 2008a). Em cada um dos 20 locais escolhidos para a amostragem selecionaram-se troços de 50 m, que englobassem todos os habitats presentes. O processo de captura iniciou-se numa unidade de erosão (fluxo turbulento) a partir da qual se amostraram as unidades de sedimentação adjacentes (fluxo laminar). Foi obtida uma amostra composta que acumulou as capturas, efetuadas com uma rede de mão de 500 µm de malha, em seis microhabitats (arrastos de 1 m, distribuídos por zonas com materiais orgânicos e inorgânicos, finos e grosseiros presentes nas zonas de *riffle* e *pool*), tendo em conta a sua representatividade (Figura ).



Figura 17. Processo de amostragem dos invertebrados bentónicos.

Recolheram-se ainda macroinvertebrados com grande capacidade de fixação ao substrato, mediante o uso de pinças. Os invertebrados capturados foram conservados mediante a adição de formol a 4 % (em frascos de polietileno etiquetados).

O processamento laboratorial das amostras de invertebrados bentónicos seguiu o protocolo definido pelo INAG (2008a). Neste enquadramento, a amostra capturada no rio, contendo os organismos preservados, foi lavada e crivada com água corrente para remoção dos materiais inorgânicos (e.g. areias e sedimentos finos) e orgânicos (e.g. folhas, plantas, sementes). Utilizou-se um crivo de malha calibrada com 500 µm de diâmetro e todo o material de dimensões superiores a 500 µm foi colocado em tabuleiros plásticos com uma pequena porção de água. A amostra foi sujeita a uma análise minuciosa, de forma a retirarem-se todos os organismos presentes com o auxílio de uma pinça (processo de triagem) para pequenos frascos contendo álcool a 70%. Os frascos foram etiquetados com a identificação da amostra (data, nome do local, curso de água, nome do responsável pela triagem e respetivos grupo taxonómico) (Figura ).



**Figura 18. Processamento e tratamento laboratorial das amostras de macroinvertebrados.**

A identificação realizou-se mediante o uso de microscópio estereoscópico OLYMPUS SZX10 de 10-230x e o auxílio de chaves dicotómicas apropriadas (e.g. Tachet *et al.* 1981; 2010) (Figura ).



**Figura 19. Identificação dos macroinvertebrados bentónicos: A) sistema de identificação e aquisição de imagem; B: pormenor fotográfico de um invertebrado da família Philopotamidae.**

O nível de identificação taxonómica foi efetuado de acordo com a bibliografia de referência indicada no “Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais – Protocolo de amostragem e análise para os Macroinvertebrados bentónicos” (INAG 2008a). A identificação dos indivíduos efetuou-se até ao nível taxonómico da Família, com exceção dos indivíduos pertencentes às subclasses Oligochaeta e Acari.

### 2.5.2. Métricas selecionadas para a avaliação da qualidade ambiental

A resposta biótica baseada nas comunidades de macroinvertebrados foi avaliada considerando um conjunto de variáveis uni e multimétricas calculadas recorrendo ao Software AMIIB@ ([http://dga.inag.pt/implementacao\\_invertebrados\\_AMIIB.html](http://dga.inag.pt/implementacao_invertebrados_AMIIB.html)), numa aplicação disponibilizada pelo INAG. Entre as métricas obtidas destacam-se:

- ✓ Número de indivíduos (N) e número de *taxa* (S);
- ✓ Diversidade (e.g. índice H' de Shannon-Wiener);
- ✓ Equitabilidade (e.g. índice J' de Pielou);
- ✓ Abundância de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT)
- ✓ Índice biótico IBMWP

O IBMWP (Alba-Tercedor, 2000) é um método de simples aplicação que permite avaliar a qualidade biológica de sistemas lóticos, dado somente necessitar da identificação dos organismos até ao nível taxonómico de família. No cálculo, a cada família é atribuída uma pontuação, que varia entre 10 e 1, segundo um gradiente de menor a maior tolerância à poluição. Efetuado o somatório das pontuações das famílias presentes em cada amostra, obtém-se a classificação da qualidade da água, de acordo com as 5 classes definidas na Tabela .

**Tabela 11. Amplitudes de variação do índice IBMWP e seu significado.**

AMPLITUDE DE VALORES	CLASSE	SIGNIFICADO
> 100	I	Água limpa
61 – 100	II	Água ligeiramente poluída
36 – 60	III	Água moderadamente poluída
16 – 35	IV	Água muito poluída
<15	V	Água fortemente poluída

## ÍNDICE PORTUGUÊS DE INVERTEBRADOS DO NORTE - IPTI<sub>N</sub>

O **índice multimétrico IPTI<sub>N</sub>**, desenvolvido e aplicado de acordo com a Diretiva-Quadro da Água (INAG, 2009), integra as seguintes métricas: nº de *taxa*, EPT, equitabilidade de Pielou *J'* (*Evenness*), índice de diversidade de Shannon-Wiener *H'*, IASPT e Sel. ETD assim combinadas na seguinte fórmula:

$$IPTI_N = N^{\circ} \textit{ taxa} \times 0,25 + EPT \times 0,15 + \textit{ Evenness} \times 0,1 + (IASPT - 2) \times 0,3 + \text{Log (Sel. ETD+1)} \times 0,2$$

sendo:

- ✓ **EPT**: Nº de famílias pertencentes aos Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera;
- ✓ **Evenness**: Designado por índice de Pielou ou Equitabilidade, é calculado como:

$$E = H' / \text{Ln } S \quad \text{em que:}$$

**H'** - diversidade de Shannon-Wiener

**S** - número de *taxa* presentes

**Ln** - logaritmo natural ou neperiano

O **Índice H' de Shannon-Wiener** calcula-se pela expressão  $H' = - \sum p_i \text{Ln } p_i$

em que:  $p_i = n_i / N$

**n<sub>i</sub>**- nº de indivíduos de cada *taxon i*

**N**- nº total de indivíduos presentes na amostra

- **IASPT**: ASPT Ibérico, que corresponde ao IBMWP, dividido pelo número de famílias presentes;
- **Log (Sel. ETD+1)** - Log<sub>10</sub> de (1 + soma das abundâncias de indivíduos das famílias *Heptageniidae*, *Ephemeridae*, *Brachycentridae*, *Odontoceridae*, *Limnephilidae*, *Goeridae*, *Polycentropodidae*, *Athericidae*, *Dixidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Stratiomyidae*);

O IPTI<sub>N</sub> resulta do somatório de cinco métricas ponderadas que caracterizam diferentes aspetos da comunidade de macroinvertebrados, encontrando-se pormenorizadamente descrito em INAG (2009). Na Tabela 12 são apresentados os valores de referência e os valores das fronteiras entre as classes de qualidade em RQE, de acordo com a tipologia, tomando em consideração o ajuste das fronteiras referentes aos critérios de classificação, revistos no Plano de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021 (APA, 2015).

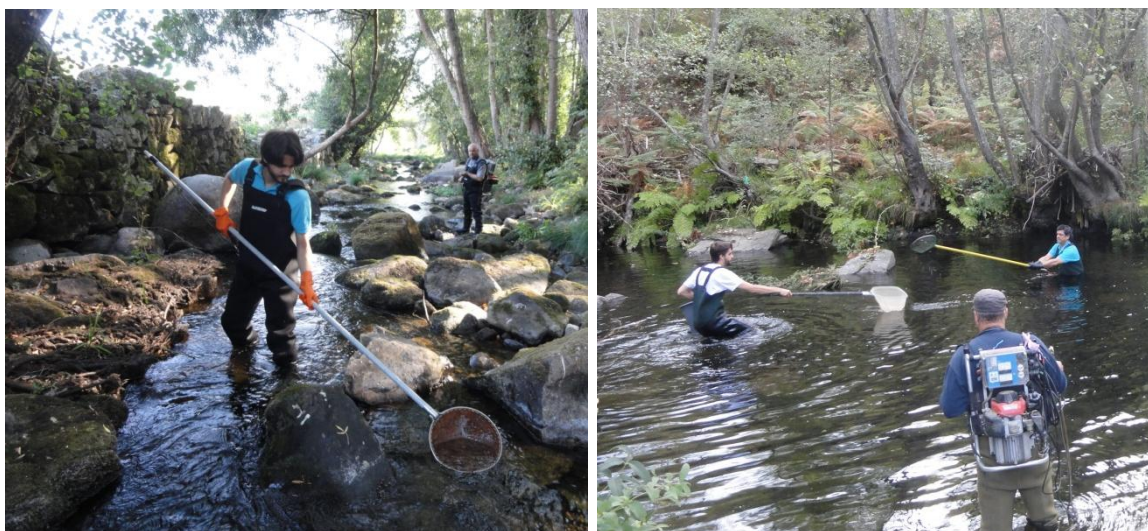
**Tabela 12. Mediana dos valores de referência e fronteiras nos rios estudados (APA, 2015)**

Tipologia de Rios		Valor de Referência	Excelente	Bom	Razoável	Medíocre	Mau
Rios do Norte de Pequena Dimensão	N1 < 100 km <sup>2</sup>	1,02	≥0,87	[0,68-0,87[	[0,44-0,68[	[0,22-0,44[	[0-0,22[
Rios do Norte de Média-Grande Dimensão	N1 > 100 km <sup>2</sup>	1,00	≥0,88	[0,68-0,88[	[0,44-0,68[	[0,22-0,44[	[0-0,22[
Rios do Alto Douro de Média-Grande Dimensão	N2	1,01	≥0,83	[0,69-0,83[	[0,41-0,69[	[0,20-0,41[	[0-0,20[

## 2.6. BIOTA: FAUNA PISCÍCOLA

### 2.6.1. Amostragem da fauna piscícola - Pesca Elétrica

A amostragem da fauna piscícola foi executada de acordo com o protocolo “Avaliação Biológica da Qualidade da Água em Sistemas Fluviais segundo a Directiva Quadro da Água - Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola” (INAG, 2008b). Na seleção de cada troço de amostragem, foi tido em conta a representatividade dos setores a monitorizar, incluindo a máxima variedade de *habitats* disponíveis, contendo pelo menos um *riffle* na zona amostrada. As amostragens foram realizadas vadeando todo o leito do rio, no sentido de jusante para montante em *zig zag*, com um equipamento de pesca elétrica devidamente ajustado em função da condutividade elétrica da água, previamente determinada, permitindo desta forma aumentar a eficiência da pesca e evitar simultaneamente lesões e mortalidade piscícola. Recorreu-se a um aparelho de pesca elétrica portátil com *output* de corrente contínua e por impulsos (Hans Grassl ELT; 300-600V) (Figura 2).



**Figura 20. Captura das comunidades piscícolas por pesca elétrica.**

Após a captura, todos os peixes foram cuidadosamente manipulados e mantidos, até ao seu processamento, dentro de baldões com água abundante e oxigenação

assegurada por arejadores portáteis. O processamento dos exemplares incluiu a sua identificação até ao nível taxonómico de espécie (Figura 2).



**Figura 21. Identificação dos espécimes pertencentes à fauna piscícola.**

Para a identificação e informações sobre espécies piscícolas recorreu-se a Almaça (1996), Kottelat (1997) e Cabral *et al.* (2005). Foram ainda obtidos dados biométricos, caso do comprimento total medido com um ictiómetro (precisão de 0,1 cm) e peso com uma balança (precisão de 0,1 g) (Figura 2).



**Figura 22. Obtenção de dados biométricos: medição dos peixes e devolução cuidadosa dos exemplares ao meio hídrico (verão de 2016).**

Evitaram-se densidades elevadas dentro dos baldões, preservando assim o bom estado físico dos peixes até à sua restituição ao meio aquático.

## 2.6.2. Determinação das Guildas Ecológicas

As guildas ecológicas são usadas em métricas que revelam a composição funcional das comunidades. Uma guilda ecológica/funcional pode ser definida quando um grupo de espécies explora de forma idêntica o mesmo tipo de recursos ambientais. Contudo, o conceito de guilda engloba numerosas e complexas interações entre espécies. Na Tabela 13 são apresentadas guildas ecológicas para a determinação de respostas das comunidades piscícolas a fatores de perturbação humana (Oliveira et al., 2007).

Tabela 13. Classificação das espécies presentes na bacia hidrográfica do rio Tua pelas diferentes guildas ecológicas\*, de acordo com a proposta do projecto FAME e com alguns ajustamentos posteriores (adaptado de Oliveira et al., 2007).

ESPÉCIES	G_HAB (g_reof)	G_HAB (z_alim)	G_MIG	G_REP	G_TRÓ	N_TOL
<i>Lucioarbus bocagei</i>	LIMN	BENT	POTA	LITO	OMNI	TOLE
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	REOF	BENT	POTA	LITO	HERB	INTE
<i>Squalius alburnoides</i>	EURI	PELA	NA	FILI	INVE	INTE
<i>Squalius carolitertii</i>	EURI	PELA	PM	LITO	INVE	INTE
<i>Cobitis calderoni</i>	REOF	BENT	NA	LITO	INVE	INTO
<i>Salmo trutta</i>	REOF	PELA	PM	LITO	INVE	INTO
<i>Anguilla anguilla</i>	EURI	BENT	GMC	NA	BENT	TOLE
<i>Carassius auratus</i>	LIMN	BENT	PM	FITO	OMNI	TOLE
<i>Alburnus alburnus</i>	EURI	PELA	PM	FITO	OMNI	TOLE
<i>Lepomis gibbosus</i>	LIMN	PELA	PM	GENE	INVE	TOLE

- Guildas ecológicas: Guilda habitat (grau reofilia) (G\_HAB(g\_reof)): EURI (euritópica), LIMN (limnófila), REOF (reófila); Guilda habitat (zona de alimentação) (G\_HAB(z\_alim)): BENT (bentónica), PELA (pelágica); Guilda migratória (G\_MIG): GMA (grande migradora anádroma), GMC (grande migradora catádroma), PM (pequena migradora), POTA (potamódroma); Guilda reprodutiva (G\_REP): FILI (fitolitófila), GENE (generalista), LITO (litófila); Guilda trófica (G\_TRÓ): HERB (herbívora), INVE (invertívora) OMNI (omnívora) BENT (bentívora); Nível de tolerância (N\_TOL): TOLE (tolerante), INTO (intolerante); NA - não aplicável.

Existem diversas guildas e métricas para as quais se conhece uma tendência relativamente às respostas à perturbação de origem antrópica. Estas respostas aparecem sumariamente apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14. Resposta à perturbação humana para diferentes guildas e métricas

GUILDAS	MÉTRICAS	RESPOSTA À PERTURBAÇÃO HUMANA*
<b>Taxonomia</b>	Nº espécies nativas	▼
	Nº espécies alienígenas	▲
	% espécimes alienígenas	▲
<b>Habitat</b>	% espécimes pelágicos (nativos)	▼
	% espécimes bentónicos	▲
<b>Migração</b>	Nº espécies potamódromas	▼
<b>Reprodução</b>	% espécimes litofílicos	▼
<b>Alimentação</b>	% espécimes invertívoros (nativos)	▼
	% espécimes omnívoros	▲
<b>Tolerância</b>	% espécimes intolerantes	▼
	% espécimes tolerantes	▲

\* ▼ resposta negativa à perturbação humana e ▲ resposta positiva à perturbação humana

## 2.7. TRATAMENTO DE DADOS

Recorreu-se ainda à análise multivariada através do software PRIMER 6 & PERMANOVA + (CLARKE & GORLEY, 2006), mais precisamente à ordenação *non-metric Multi dimensional scaling* (NMDS) à Análise de Clusters para análise das comunidades de invertebrados e de peixes dos vários troços amostrados. Para esta análise, os dados de abundância foram transformados [Log (x+1)] e aplicou-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Foi feita uma análise multivariada de similaridades, através de testes não-paramétricos ANOSIM *one-way*, para averiguar acerca da similaridade entre os efeitos dos diferentes obstáculos e as zonas de montante *versus* jusante dos locais amostrados.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

Nas Tabelas 15 e 16 apresentam-se os resultados das análises físico-químicas da água realizadas na proximidade dos obstáculos físicos, nomeadamente a montante e jusante do açude de Dine, das mini-hídricas e da grande barragem de Foz-Tua.

**Tabela 15. Valores dos parâmetros físico-químicos no Açude de Dine, AH Nunes, AH Rebordelo e AH de Torga (verão de 2016).**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	ACRÓNIMO	TEMPERATURA (°C)	CONDUTIVIDADE (µS/cm)	PH	OXIGÉNIO DISSOLVIDO (mg O <sub>2</sub> /L)	TDS (mg/L)
<b>Açude de Dine (Rio Tuela)</b>						
Montante- Tuela	Tu1m	21,1	34,2	6,9	10,2	24,1
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Tuela	Tu2j	21,2	45,2	6,9	9,9	27,2
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela)</b>						
Montante- Tuela	Nu1m	23,3	45,6	7,1	9,2	33,3
Montante- Baceiro	Nu2m	22,5	76,7	7,0	9,8	42,6
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Tuela	Nu3j	24,5	79,2	7,3	8,8	54,2
Jusante- Tuela	Nu4j	25,1	91,2	7,4	8,9	52,6
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal)</b>						
Montante- Mente	Nu1m	20,7	41,3	6,9	11,0	22,3
Montante- Rabaçal	Nu2m	22,3	74,1	7,0	9,9	39,1
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Rabaçal	Nu3j	24,6	68,4	7,0	9,9	37,7
Jusante- Rabaçal	Nu4j	24,7	75,3	6,8	8,7	42,1
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela)</b>						
Montante- Tuela	To1m	24,3	86,2	6,8	8,9	46,4
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Tuela	To2j	24,3	121,3	7,0	8,7	52,1
Jusante- Tuela	To3j	25,2	125,4	6,9	8,9	53,2

Os resultados obtidos no Açude de Dine (Tu) e nas mini-hídricas estudadas, i.e. Nunes (Nu), Rebordelo (Re), Torga (To), Vales (Va) e Ucanha-Gouviães (UG),

mostraram um ligeiro aumento da temperatura (variação máxima  $\Delta_{\max}T < 3^{\circ} \text{C}$ ) nos locais situados a jusante dos obstáculos físicos, como resultado do aquecimento da água na zona da albufeira. Foram ainda detetadas variações pouco significativas dos restantes parâmetros físico-químicos, com aumento na condutividade ( $\Delta_{\max}EC > 20 \mu\text{S/cm}$ ) e no total de sólidos dissolvidos ( $\Delta_{\max}TDS > 20 \text{mg/L}$ ) e ainda oscilações nos valores de pH ( $\Delta_{\max}\text{pH} \pm 0,5$ ) e diminuição na concentração de oxigénio dissolvido ( $\Delta\text{O}_2 < 2 \text{mg/L}$ ), com exceção da grande barragem de Foz-Tua. Esta variação detetada de montante para jusante, mesmo na época mais crítica, i.e. no período estival, pode ser considerada como praticamente insignificante sob o ponto de vista ecológico.

Por sua vez, na grande barragem de Foz-Tua, apesar do baixo nº de locais amostrados (i.e. apenas um situado a montante- FT1m e outro imediatamente a jusante- FT2j) foi possível detetar variações mais significantes, quando comparada com os restantes obstáculos físicos, alvo deste estudo. Com efeito, verificaram-se aumentos substanciais da temperatura ( $T > 6^{\circ}\text{C}$ ), da condutividade ( $EC > 140 \mu\text{S/cm}$ ) e do TDS ( $> 50 \text{mg/L}$ ).

**Tabela 16. Valores dos parâmetros físico-químicos no AH Vales, AH Foz Tua, e AH Ucanha-Gouviães (verão de 2016).**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	ACRÓNIMO	TEMPERATURA (°C)	CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S/cm}$ )	PH	OXIGÉNIO DISSOLVIDO (mg O <sub>2</sub> /L)	TDS (mg/L)
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Vales (Rio Tinhela)</b>						
Montante- Tinhela	Va1m	21,0	63,5	6,6	10,3	30,2
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Tinhela	Va2j	21,3	65,2	6,7	9,8	31,2
Jusante- Tinhela	Va3j	22,1	74,4	6,6	9,9	35,4
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua (Rio Tua)</b>						
Montante- Tua	FT1m	24,7	82,1	7,0	8,9	37,5
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Tua	FT2j	30,5	221,9	7,3	7,4	89,1
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha-Gouviães (Rio Varosa)</b>						
Montante- Varosa	Ug1m	18,9	56,9	6,8	9,9	22,2
<b>Albufeira</b>						
Jusante- Varosa	Ug2j	18,9	56,9	6,8	9,9	22,2

### 3.2. QUALIDADE DOS HABITATS AQUÁTICOS E RIBEIRINHOS

Relativamente à qualidade dos habitats aquáticos e ribeirinhos, os resultados obtidos estão apresentados nas Tabelas 17 e 18. De uma forma global, ambos os índices, calculados para avaliação da qualidade das componentes ribeirinha (índice QBR) e hidromorfológica (Índice GQC), permitem realçar uma boa qualidade (Classe I, cor Azul) para a maioria dos obstáculos de pequena (açudes) e média dimensão (mini-hídricas). As perturbações mais visíveis localizam-se a jusante dos obstáculos como resultado das obras do paredão e condutas anexas (e.g. AH Vales, Va2j- Anexo I).

**Tabela 17. Valores e classificação dos índices de qualidade do habitat aquático e ribeirinho no AH Vales, AH Foz Tua, e AH Ucanha Gouviães (verão de 2016).**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	ACRÓNIMO	QBR PONTUAÇÃO	QBR CLASSE	GQC PONTUAÇÃO	GQC CLASSE
<b>Açude de Dine (Rio Tuela)</b>					
Montante- Tuela	Tu1m	100	I	33	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tuela	Tu2j	90	I	31	I
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela)</b>					
Montante- Tuela	Nu1m	35	IV	25	III
Montante- Baceiro	Nu2m	100	I	32	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tuela	Nu3j	100	I	34	I
Jusante- Tuela	Nu4j	95	I	31	I
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal)</b>					
Montante- Mente	Nu1m	100	I	35	I
Montante-Rabaçal	Nu2m	100	I	34	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Rabaçal	Nu3j	70	III	28	II
Jusante- Rabaçal	Nu4j	75	II	29	II
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela)</b>					
Montante- Tuela	To1m	55	III	26	II
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tuela	To2j	60	III	27	II
Jusante- Tuela	To3j	95	I	31	I

Constituem exceção à tendência detetada os locais: 1) **Nu1m**- situado a montante do AH de Nunes, no rio Tuela, por coincidir com o troço situado imediatamente a jusante do paredão doutra mini-hídrica (e.g. AH das Trutas) e sofrer o impacto desta e 2) **Ug1m**- dado estar situado na proximidade de um parque urbano na proximidade da povoação de Ucanha.

**Tabela 18. Valores e classificação dos índices de qualidade do habitat aquático e ribeirinho no AH Vales, AH Foz Tua, e AH Ucanha Gouviães (verão de 2016).**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	ACRÓNIMO	QBR PONTUAÇÃO	QBR CLASSE	GQC PONTUAÇÃO	GQC CLASSE
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Vales</b>					
Montante- Tinhela	Va1m	100	I	34	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tinhela	Va2j	45	IV	24	III
Jusante- Tinhela	Va3j	100	I	32	I
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua</b>					
Montante- Tua	FT1m	70	III	26	II
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tua	FT2j	0	V	12	V
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha Gouviães</b>					
Montante- Varosa	Ug1m	75	II	28	II
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Varosa	Ug2j	100	I	31	I

Finalmente, realce para a sensibilidade de ambos os índices na avaliação dos impactos resultantes da construção de grandes barragens. Assim, no que respeita ao Aproveitamento Hidroelétrico de Foz-Tua as severas modificações implementadas no canal e margens implicaram a atribuição da pior classificação (Classe V, cor vermelha).

### 3.3. QUALIDADE DOS HABITATS PISCÍCOLAS

Foram analisadas variáveis potencialmente relacionadas com o habitat piscícola registando-se algumas diferenças entre os troços lóticos situados a montante e jusante dos obstáculos estudados (Tabela 19 e 20).

Por norma, a qualidade dos habitats naturais nos locais situados a montante é bastante superior aos locais de jusante, dado permitir a ocorrência de mosaicos heterogéneos de condições ótimas (e.g. refúgio, alimentação, zonas de desova) para as espécies piscícolas nativas. A criação dos novos ambientes aquáticos (albufeiras) fomenta o aparecimento de espécies exóticas, maioritariamente de introdução deliberada para, por exemplo, criar novas oportunidades na pesca lúdica e desportiva.

**Tabela 19. Avaliação do habitat piscícola no Açude de Dine, AH Nunes, AH Rebordelo, e AH de Torga (verão de 2016) (Simbologia: - Nulo; + Baixo; ++ Médio; +++Elevado)**

LOCAL AMOSTRADO	<i>pool/riffle</i> (1)*	Margens (2)*	Sombra (3)*	Refúgios (4)*	Substrato (5)*	Sedimento (6)*	Alimento (7)*	Desova (8)*
<b>Açude de Dine (Rio Tuela)</b>								
Tu1m	+++	-	+++	+++	+++	+	+++	+++
<b>Albufeira</b>								
Tu2j	+++	+	++	+++	+++	+	+++	+++
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela)</b>								
Nu1m	+	+	+	++	+	++	+	+
Nu2m	+++	+	+++	+	++	+	++	++
<b>Albufeira</b>								
Nu3j	++	+	+++	+++	++	++	++	++
Nu4j	+++	++	++	+++	++	+	+++	++
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal)</b>								
Nu1m	+++	+	+++	+++	++	+	+++	+++
Nu2m	+++	+	+++	+++	++	+	+++	+++
<b>Albufeira</b>								
Nu3j	++	++	+	+++	++	++	+++	++
Nu4j	++	+	++	++	+++	+	+++	++
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela)</b>								
To1m	++	++	+	++	++	+	+++	+++
<b>Albufeira</b>								
To2j	++	+	+	++	++	++	++	++
To3j	+++	+	+++	+++	+++	+	+++	+++

\* 1) Sequência pool/riffle; 2) Grau de perturbação das margens; 3) Grau de ensombramento; 4) Presença de refúgios (blocos, raízes); 5) Heterogeneidade do substrato; 6) Colmatagem dos interstícios; 7) Áreas de alimentação; 8) Áreas de desova

Refira-se que, a presença da albufeira em certas situações pode constituir também um benefício para as comunidades piscícolas, nomeadamente em fenómenos hidrológicos extremos, seja pela ocorrência de caudais elevados (inverno), seja pela forte redução estival (verão), sempre e quando não sejam introduzidas espécies exóticas e em especial de carácter invasor. Com efeito, enquanto na cabeceira dos rios os açudes existentes podem garantir habitat para os reprodutores em períodos de estiagem, no caso das albufeiras de grandes barragens, caso do AH Foz Tua, a modificação existente e a presença de espécies exóticas modifica drasticamente a composição e abundância de espécies com risco de extinção das espécies nativas. Assim, as albufeiras de pequena dimensão podem funcionar como reservas importantes de água que permitem o refúgio da fauna piscícola, particularmente dos reprodutores das espécies piscícolas nativas e permitir o fluxo génico e as migrações potamódromas, caso os dispositivo de passagens de peixes viabilize a conectividade fluvial nos troços onde os obstáculos estão construídos.

**Tabela 20. Avaliação do habitat piscícola no AH Vales, AH Foz-Tua, e AH Ucanha Gouviães (verão de 2016) (Simbologia: - Nulo; + Baixo; ++ Médio; +++Elevado)**

LOCAL AMOSTRADO	pool/riffle (1)*	Margens (2)*	Sombra (3)*	Refúgios (4)*	Substrato (5)*	Sedimento (6)*	Alimento (7)*	Desova (8)*
<b>AH Vales (Rio Tinhela)</b>								
Va1m	+++	+	+++	+++	+++	+	+++	+++
<b>Albufeira</b>								
Va2j	+	+++	+	+	+	++	+	+
Va3j	+++	+	+++	+++	+++	+	+++	+++
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua (Rio Tua)</b>								
FT1m	++	+	++	+++	++	+	+++	+++
<b>Albufeira</b>								
FT2j	-	+++	-	+	+	+++	+	+
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha Gouviães (Rio Varosa)</b>								
Ug1m	++	++	++	++	+++	+	+++	++
<b>Albufeira</b>								
Ug2j	+++	+	+++	+++	+++	+	+++	+++

\* 1) Sequência pool/riffle; 2) Grau de perturbação das margens; 3) Grau de ensombramento; 4) Presença de refúgios (blocos, raízes); 5) Heterogeneidade do substrato; 6) Colmatagem dos interstícios; 7) Áreas de alimentação; 8) Áreas de desova

Importa contudo realçar que, mais uma vez, a maior alteração na qualidade do habitat piscícola corresponde ao AH de Foz-Tua, cujo empreendimento impede a migração reprodutiva de ciprinídeos endémicos (e.g. especialmente de boga do Douro, Barbo comum) e cria condições para o estabelecimento de espécies exóticas, algumas delas com elevado potencial invasor (e.g. perca-sol, alburno).

### 3.4. COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS

Neste estudo foram identificados 9583 exemplares de macroinvertebrados, distribuídos por 69 grupos faunísticos, maioritariamente Famílias, correspondendo uma fração diminuta às subclasses *Oligochaeta* e *Acari*. Foi nos locais de amostragem situados mais a montante, i.e. na cabeceira do rio Tuela, na proximidade do Açude de Dine, onde foram capturados mais *taxa* (Tu1m=30; Tu2j=31). Pelo contrário a menor riqueza taxonómica foi encontrada na proximidade da foz do rio Tua, nomeadamente após a barragem de Foz Tua (FT2j = 10) (Figura 23).

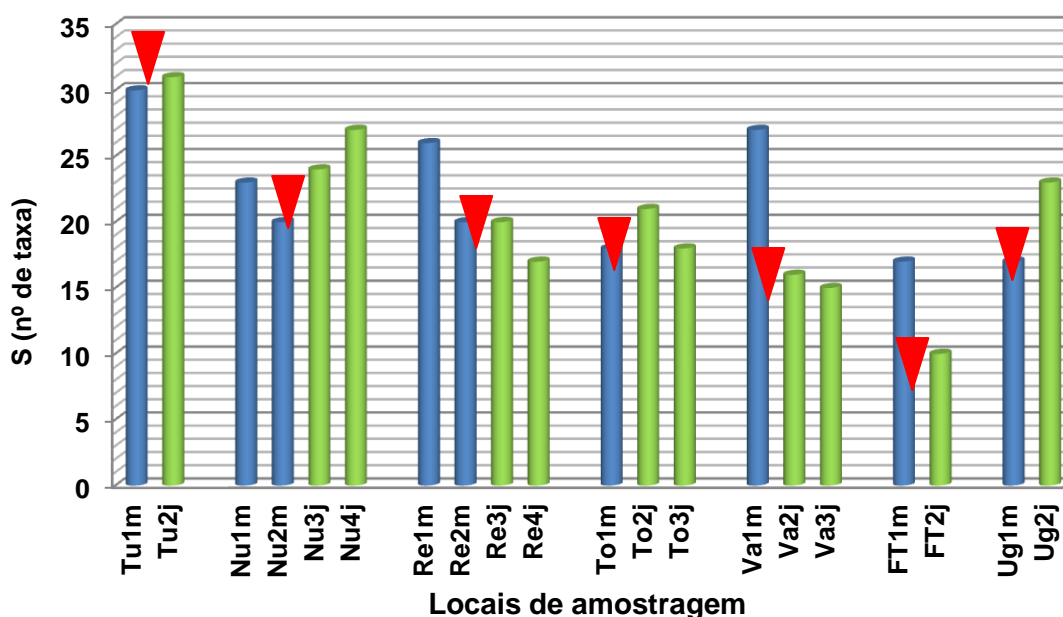


Figura 23. Número de *taxa* (S) presente em cada local amostrado (verão 2016).

Relativamente ao número de exemplares capturados observou-se, genericamente, uma tendência para o aumento nos locais situados a jusante dos empreendimentos (Figura 24), exceto na proximidade dos Aproveitamentos Hidroelétricos de Vales e Torga. Esta análise deverá ser feita, indubitavelmente, associada à diversidade faunística, uma vez que a modificação das condições ambientais (sedimentação, produção de fitoplâncton na albufeira) pode criar oportunidade para algumas espécies se desenvolverem de forma mais profícua.

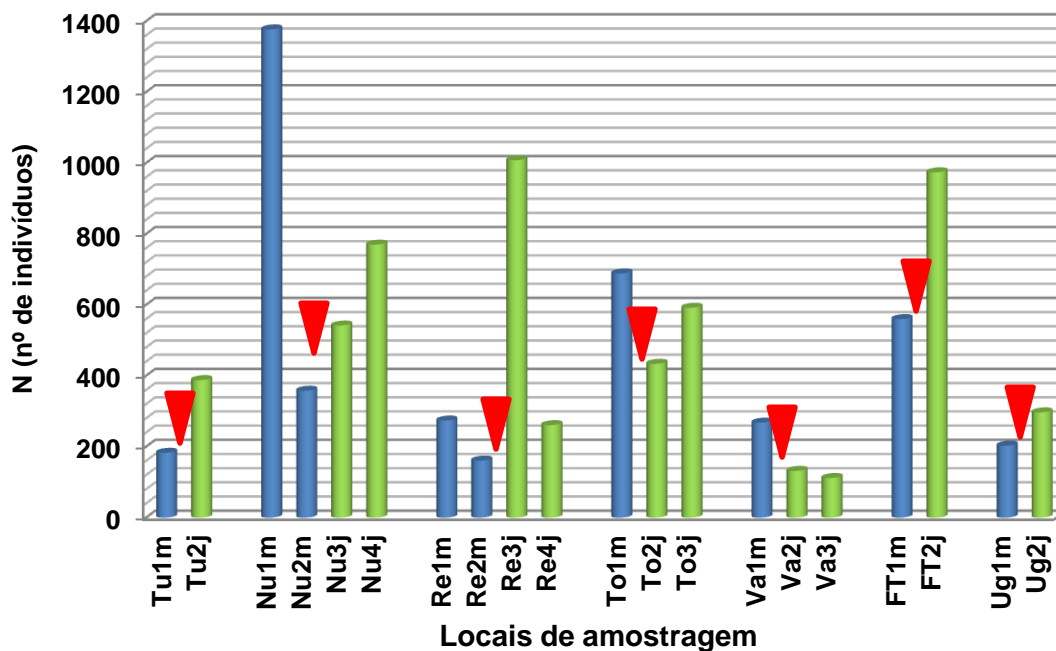


Figura 24. Número de indivíduos (N) presente em cada local amostrado (verão 2016).

### 3.4.1. Índice de diversidade e equitabilidade

Nas Figuras 25 e 26 encontram-se representadas as variações dos índices da diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e da equitabilidade de Pielou ( $J'$ ).

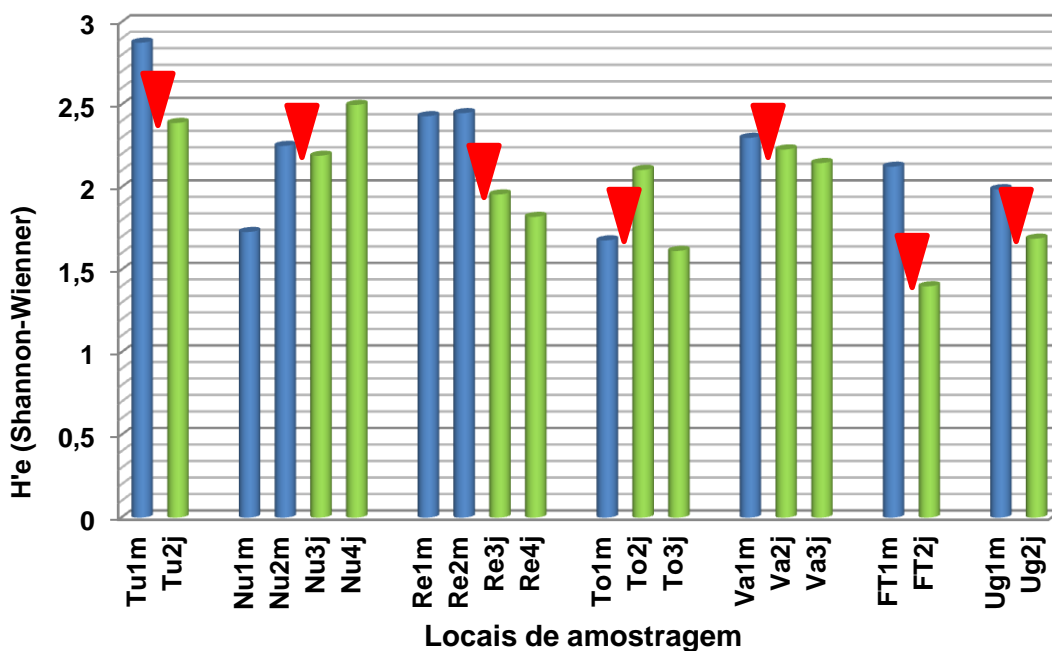


Figura 25. Índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (verão 2016).

Relativamente à diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foram detetados valores superiores nos locais situados a montante, tal como seria de esperar. Com efeito, à naturalidade dos sistemas lóticos corresponde um mosaico de habitats e condições hidrológicas que propiciam uma maior diversidade invertebrados. Nestes troços de montante as comunidades de macroinvertebrados são também mais equilibradas (maior equitabilidade). Por sua vez nos troços de jusante nota-se uma tendência de diminuição de diversidade faunística sendo a equitabilidade inferior devido ao domínio específico de alguns *taxa*, como resposta às condições adequadas num melhor quadro competitivo no ecossistema modificado.

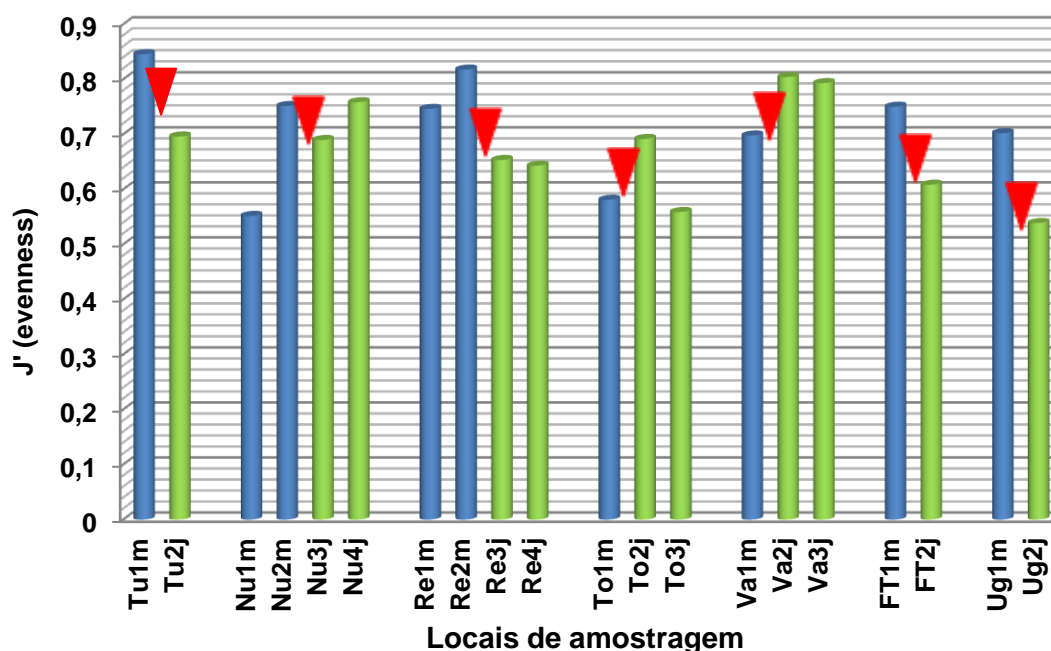


Figura 26. Índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) (verão 2016).

### 3.4.2. Composição faunística

Uma análise da comunidade de macroinvertebrados, por local de amostragem, (Figura 27) permite visualizar uma composição faunística diferenciada, nomeadamente de montante para jusante dos obstáculos físicos. No caso dos pequenos (açude) e médios (mini-hídricas) obstáculos o domínio pertence claramente à classe dos Insecta e em particular às ordens Plecoptera, Ephemeroptera e Trichoptera. Tal facto, indicia uma boa qualidade biológica dos sistemas aquáticos, mesmo depois das perturbações induzidas com a construção dos obstáculos, sabendo-se que são maioritariamente espécies estenobiontes. No entanto, no caso da AH Foz-Tua a presença massiva de Crustacea, Mollusca e Diptera a jusante do paredão é um claro indicador da menor qualidade biológica do ecossistema aquático.

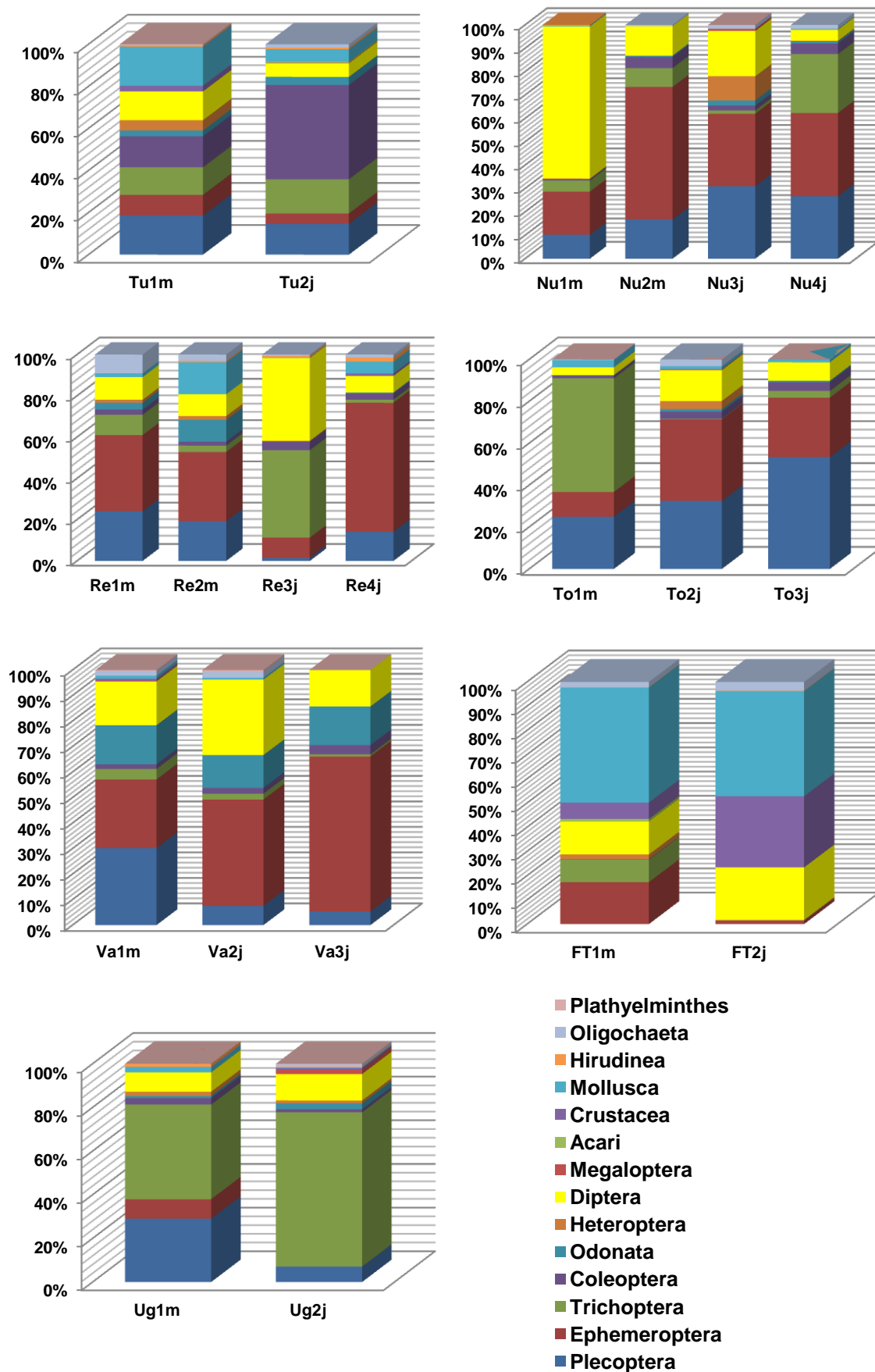


Figura 27. Composição faunística dos troços amostrados (verão 2016).

### 3.4.3. Índices IBMWP e $IP_{tIN}$

Os resultados dos índices IBMWP e  $IP_{tIN}$  podem ser consultados nas Tabelas 21 e 22.

**Tabela 21. Valores e classificação dos índices bióticos IBMWP e  $IP_{tIN}$  no AH Vales, AH Foz Tua, e AH Ucanha-Gouviães (verão de 2016).**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	ACRÓNIMO	IBMWP PONTUAÇÃO	IBMWP CLASSE	$IP_{tIN}$ PONTUAÇÃO	$IP_{tIN}$ CLASSE
<b>Açude de Dine (Rio Tuela)</b>					
Montante- Tuela	Tu1m	176	I	0,997	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tuela	Tu2j	183	I	1,028	I
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Nunes (Rio Tuela)</b>					
Montante- Tuela	Nu1m	130	I	0,958	I
Montante- Baceiro	Nu2m	126	I	0,907	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tuela	Nu3j	141	I	0,929	I
Jusante- Tuela	Nu4j	173	I	0,929	I
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Rebordelo (Rio Rabaçal)</b>					
Montante- Mente	Nu1m	164	I	1,015	I
Montante-Rabaçal	Nu2m	120	I	0,877	II
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Rabaçal	Nu3j	107	I	0,824	II
Jusante- Rabaçal	Nu4j	104	I	0,866	II
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Torga (Rio Tuela)</b>					
Montante- Tuela	To1m	112	I	1,002	I
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tuela	To2j	104	I	0,843	II
Jusante- Tuela	To3j	108	I	0,951	I

Os resultados obtidos no cálculo de ambos os índices bióticos revelam uma boa qualidade biológica. Contudo, o  $IP_{tIN}$  possui valores mais rigorosos do que os valores obtidos pelo IBMWP, uma vez que este índice foi desenvolvido especificamente para os rios do Norte de Portugal. No entanto, mesmo para o  $IP_{tIN}$  a qualidade de todas os locais de amostragem, com exceção dos locais situados a jusante do AH de Foz-Tua

(FT2j) e de AH Vales (Va2j) nunca desce abaixo da classificação de **BOM**, sinal claro da integridade ecológica patente nestes rios do Norte de Portugal, mesmo na proximidade de potenciais perturbações induzidas pelos obstáculos criados.

**Tabela 22. Valores e classificação dos índices de qualidade do dos índices bióticos IBMWP e IPT<sub>N</sub> no AH Vales, AH Foz Tua, e AH Ucanha Gouviães (verão de 2016).**

LOCAL DE AMOSTRAGEM	ACRÓNIMO	IBMWP PONTUAÇÃO	IBMWP CLASSE	IPT <sub>N</sub> PONTUAÇÃO	IPT <sub>N</sub> CLASSE
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Vales</b>					
Montante- Tinhela	Va1m	164	I	0,825	II
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tinhela	Va2j	91	II	0,645	III
Jusante- Tinhela	Va3j	94	II	0,807	II
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Foz Tua</b>					
Montante- Tua	FT1m	66	II	0,490	III
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Tua	FT2j	31	IV	0,341	IV
<b>Aproveitamento Hidroelétrico de Ucanha-Gouviães</b>					
Montante- Varosa	Ug1m	97	II	0,696	II
<b>Albufeira</b>					
Jusante- Varosa	Ug2j	139	I	0,760	II

#### 3.4.4. Estrutura trófica

A estrutura trófica dos pequenos e médios obstáculos demonstra, cumulativamente às métricas anteriormente calculadas, uma maior diversidade de grupos funcionais, quando comparada com os empreendimentos de grande dimensão (Figura 28). Com efeito, a representatividade de todos os grupos tróficos definidos, revela um aproveitamento mais eficaz dos recursos energéticos existentes a montante e jusante de cada obstáculo. Contudo, não se percebe uma tendência generalizada comum entre empreendimentos mas sim uma especificidade que pode resultar, por exemplo, num aumento na proporção de fitófagos (e.g. jusante de AH Torga), ou na proporção de coletores filtradores (e.g. jusante de AH Ucanha Gouviães e AH de Rebordelo). Por outro lado, a representação dos dados em termos relativos e a partir de densidade, e não de biomassas, pode mascarar a interpretação da informação obtida.

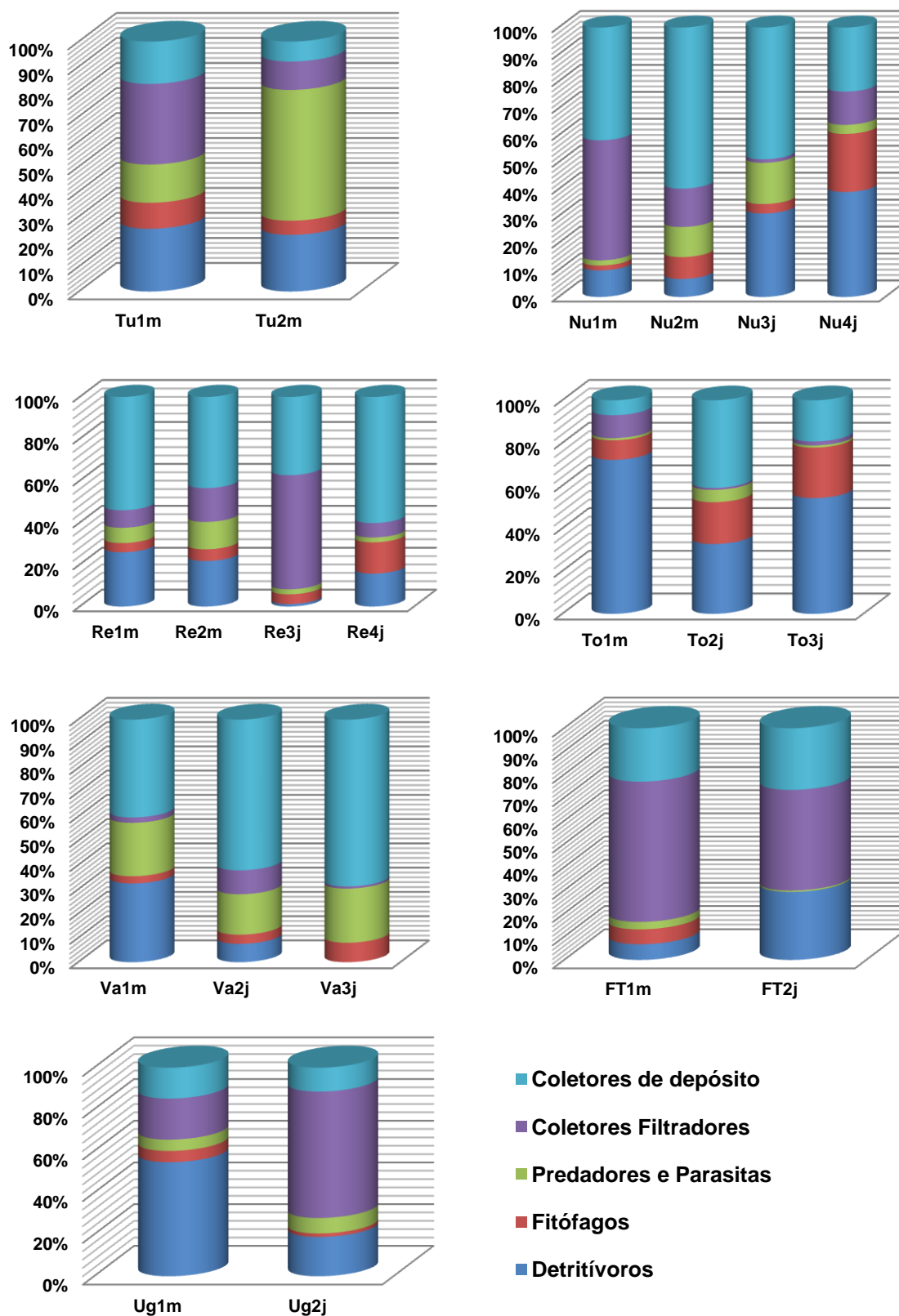


Figura 28. Composição trófica dos troços amostrados (verão 2016).

### 3.4.5. Biotipologia da comunidade de macroinvertebrados

Através da análise da ordenação NMDS dos locais de amostragem (Figura 29), baseada nas abundâncias dos táxones pertencentes às comunidades de macroinvertebrados, é possível identificar 4 grupos assim compostos: 1) Açude de Dine- troço de cabeceira 2) AH de Nunes, Torga e Rebordelo; 3) AH Foz-Tua e 4) AH Ucanha-Gouviães. A proximidade dos locais situados a montante e jusante de cada obstáculo revela, de forma inequívoca, a relativa semelhança na composição faunística. As maiores diferenças ocorrem entre o local de montante do Açude de Dine (Tu1m) e o local situado a jusante do AH Foz-Tua (FT2j) que integra não só o efeito da barragem como também a própria variação nos padrões de colonização e distribuição das espécies ao longo do eixo longitudinal dos cursos de água, neste caso afluentes do rio Douro.

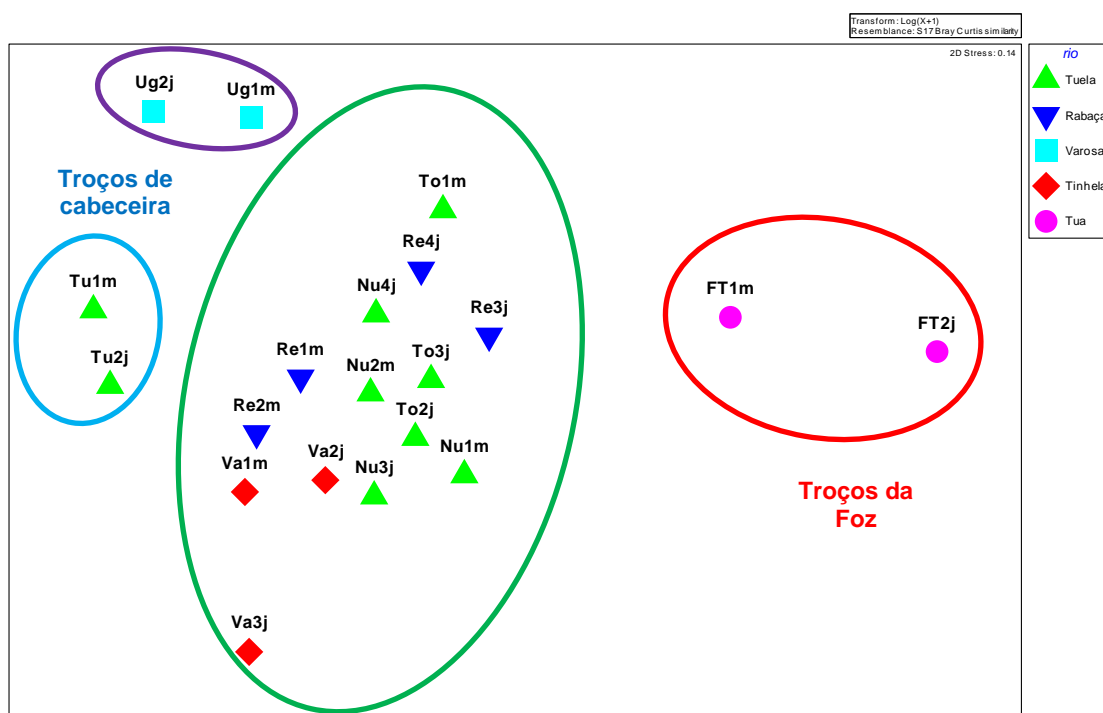


Figura 29. Ordenação dos locais de amostragem, baseada nas comunidades de invertebrados (verão 2016).

Na Figura 30 está explícita a ordenação NMDS das comunidades de macroinvertebrados que reflete a distribuição de famílias em função da variabilidade das condições ambientais. Assim, as famílias *Corbiculidae*, *Hydrobiidae*, *Atyidae* e *Unionidae*, *Cambaridae*, características de troços médios não estão presentes nos troços de cabeceira dos cursos de água dos afluentes do rio Douro. Pelo contrário, as famílias *Chloroperlidae*, *Nemouridae* (Plecoptera), *Margaritiferidae* (*Unionoida*), *Cordulegasteridae* (*Odonata*) têm, a sua distribuição praticamente confinada aos

troços de cabeceira, onde encontram os requisitos bioecológicos que permitem a sua presença no meio aquático.

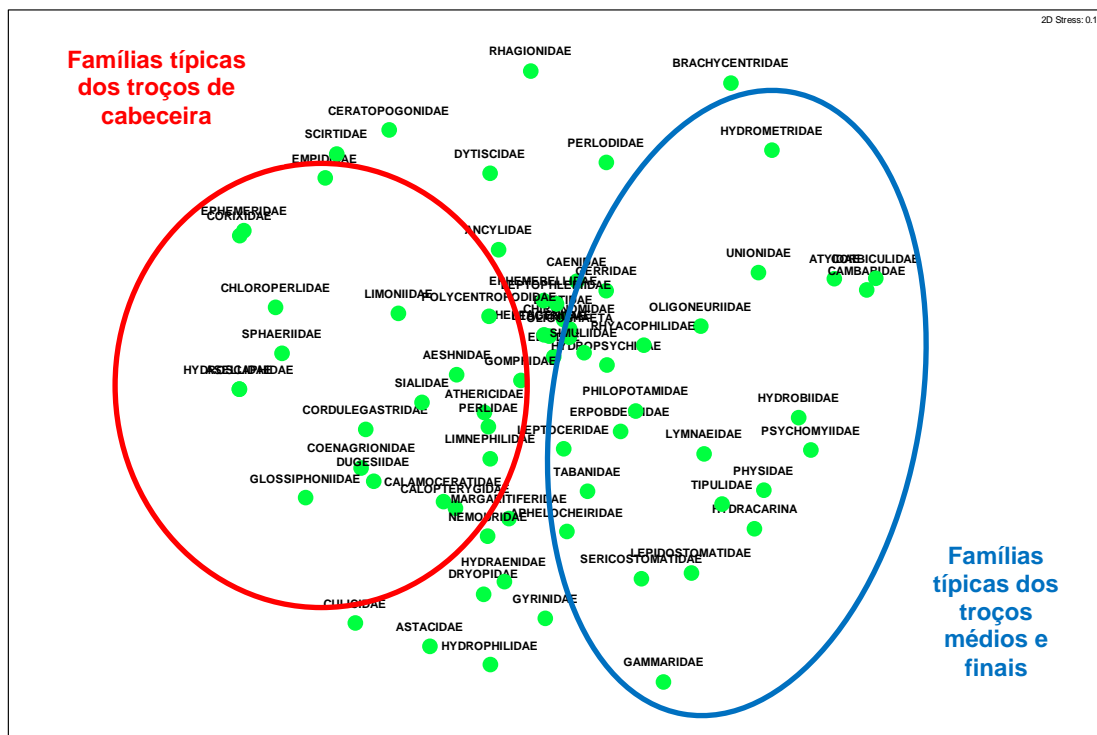


Figura 30. Ordenação NMDS das comunidades de invertebrados presentes nos locais amostrados.

### 3.5. COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DAS COMUNIDADES PISCÍCOLAS

A composição da ictiofauna compreendeu a captura de 10 espécies piscícolas distribuídas pelos 20 locais amostrados e 7 tipologias de obstáculos físicos, em diferentes tributários da bacia do Rio Douro. Do total (10) de espécies capturadas, 7 espécies são nativas, sendo maioritariamente (6) estritamente dulçaquícolas e com hábitos residentes a saber: 1) Truta-de-rio (*Salmo trutta*); 2) Escalo-do-Norte (*Squalius carolitertii*); 3) Bordalo (*Iberocypris alburnoides*); 4) Boga-do-Douro (*Pseudochondrostoma duriense*); 5) Barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*) e 6) Verdemã-do-Norte (*Cobitis calderoni*) tendo ainda sido detetada residualmente uma espécie migradora catádroma 7) Enguia (*Anguilla anguilla*). As restantes 3 espécies encontradas são de origem exótica e correspondem: 1) Perca-sol (*Lepomis gibbosus*); 2) Alburno (*Alburnus alburnus*) e 3) Pimpão (*Carassius auratus*). Existem registos recentes da presença doutras espécies exóticas caso do achigã (*Micropterus salmoides*), lúcio (*Esox lucius*), lucioperca (*Sander lucioperca*), góbio (*Gobio lozanoi*) e Rutilo (*Rutilus rutilus*), entre outras, nos rios amostrados, nomeadamente nas albufeiras das barragens. A abundância absoluta e relativa de peixes por local de amostragem pode ser visualizada nas Figuras 31 e 32.

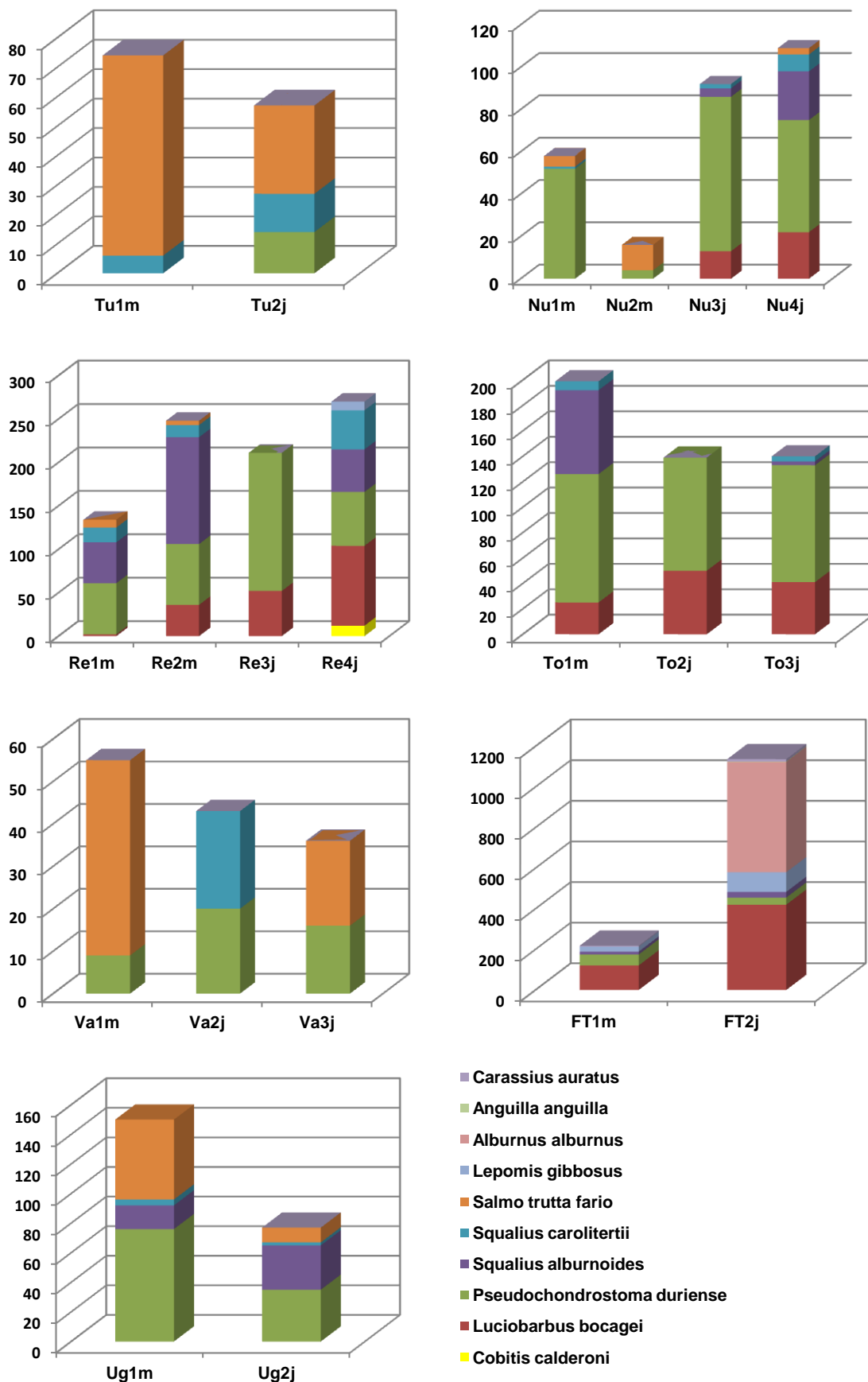


Figura 31. Composição piscícola (Freq. absoluta) dos troços amostrados (verão 2016)

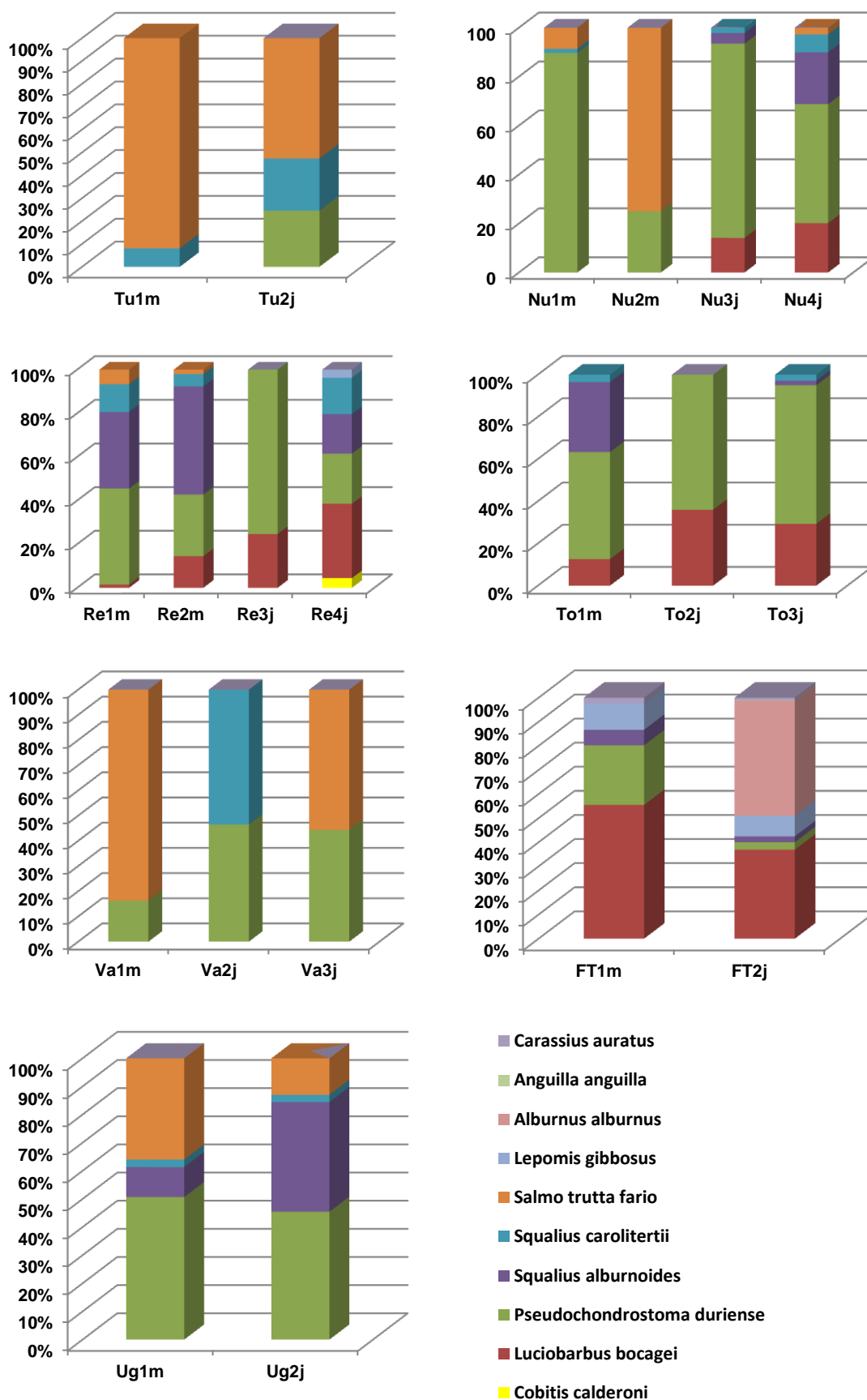


Figura 32. Composição piscícola (Frequência relativa) dos locais de amostragem.

Nos troços de cabeceira, apesar da presença das mini-hídricas (e.g. AH Nunes, AH Torga, AH Rebordelo, AH Vales, AH Ucanha-Gouviães), ainda não foram detetadas espécies piscícolas exóticas, sendo este um bom indicador da qualidade biológica destes troços. Nos troços médios e finais dos tributários e em especial na proximidade de grandes barragens as alterações na composição da fauna piscícola são evidentes. Por exemplo a jusante do AH Foz Tua as espécies dominantes contemplam peixes exóticos (e.g. alburno) e nativas (e.g. barbo), tendo sido detetados 2 exemplares de enguia, espécie listada como “Em Perigo- EN” pela União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN, 2016). Registe-se ainda a presença doutras espécies igualmente com estatuto de conservação na proximidade dos empreendimentos, caso do verdemã-do-norte (EN- Em perigo), bordalo (VU- Vulnerável) e boga do Douro (VU- Vulnerável).

### 3.5.1. Biotipologia das comunidades piscícolas

A análise resultante da ordenação NMDS realizada com base nas abundâncias de peixes pode ser observada na Figura 33.

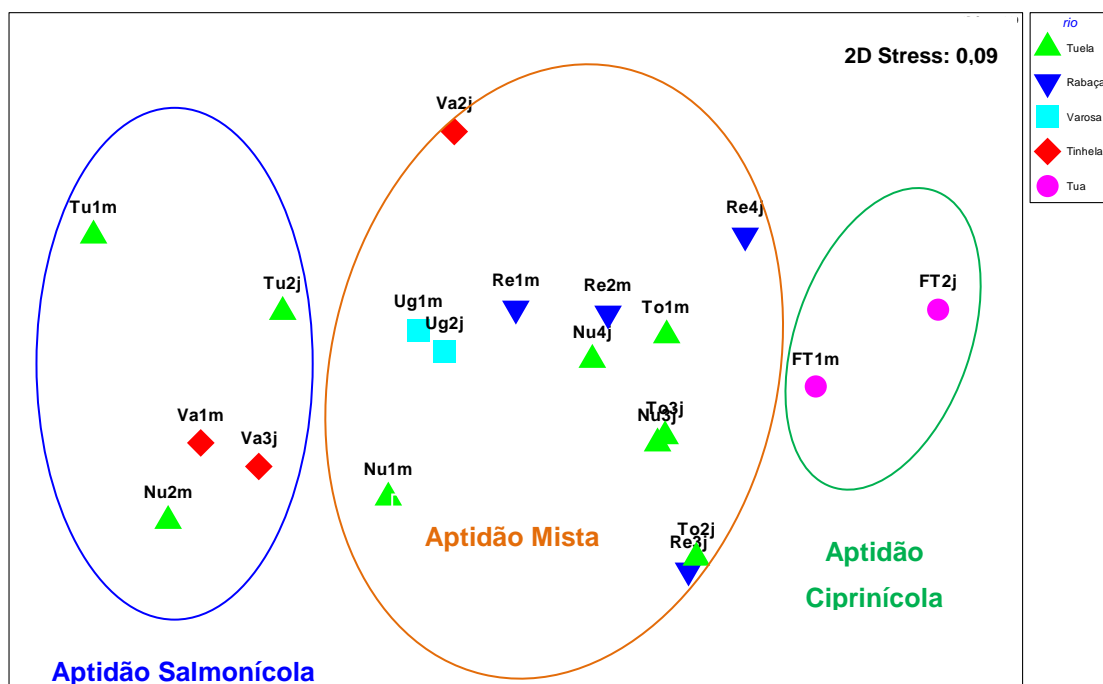


Figura 33. Ordenação NMDS dos locais de amostragem, baseada nas comunidades de peixes, considerando as 7 obstáculos físicos estudados: 1) Triângulos verdes- AH Nunes; 2) Triângulos azuis- AH Rebordelo; 3) Quadrados azuis- AH Torga; 4) losango vermelho- Açude Dine; 5) círculos rosa- AH Ucanha-Gouviães; 6) Sinal + - AH Vales e 7) Sinal X- AH Foz Tua.

O Valor 2D stress de 0,09 é um indicador da boa representação bidimensional da ordenação NMDS. Está, assim, bem explícita a separação efetiva entre os locais de

amostragem situados nos troços de cabeceira, tipicamente de aptidão salmonícola (e.g. troços a montante dos AH de Nunes, AH de Ucanha Gouviães) dos troços de aptidão mista (e.g. AH de Torga, AH de Rebordelo) e especialmente dos locais mais a jusante, próximo da foz dos tributários, claramente de aptidão ciprinícola e representados, neste estudo, pelo AH de Foz-Tua. De facto, os troços situados nas cabeceiras dos rios têm carácter oligotrófico, correspondendo tipicamente a ecossistemas aquáticos de montanha com águas frias e oxigenadas, onde a espécie dominante ou exclusiva é a truta-fário (por tal motivo são classificados como de Aptidão Salmonícola). Aos troços médios dos rios correspondem temperaturas da água mais moderadas, mas ainda com uma boa concentração de oxigénio dissolvido. Nestes troços coabitam vários ciprinídeos endémicos (escalo, bordalo, boga) conjuntamente com a truta-fário (de ocorrência mais residual), designam-se por isso troços de aptidão mista. Os troços baixos dos rios estão assinalados são zonas típicas de ciprinídeos. Nestes troços a comunidade piscícola é constituída exclusivamente por espécies de ciprinídeos (barbo, boga, escalo), apresentam águas mais ricas em nutrientes e a temperatura estival é normalmente elevada. Na Figura 34 está ilustrada a ordenação NMDS das espécies piscícolas presentes nos locais amostrados.

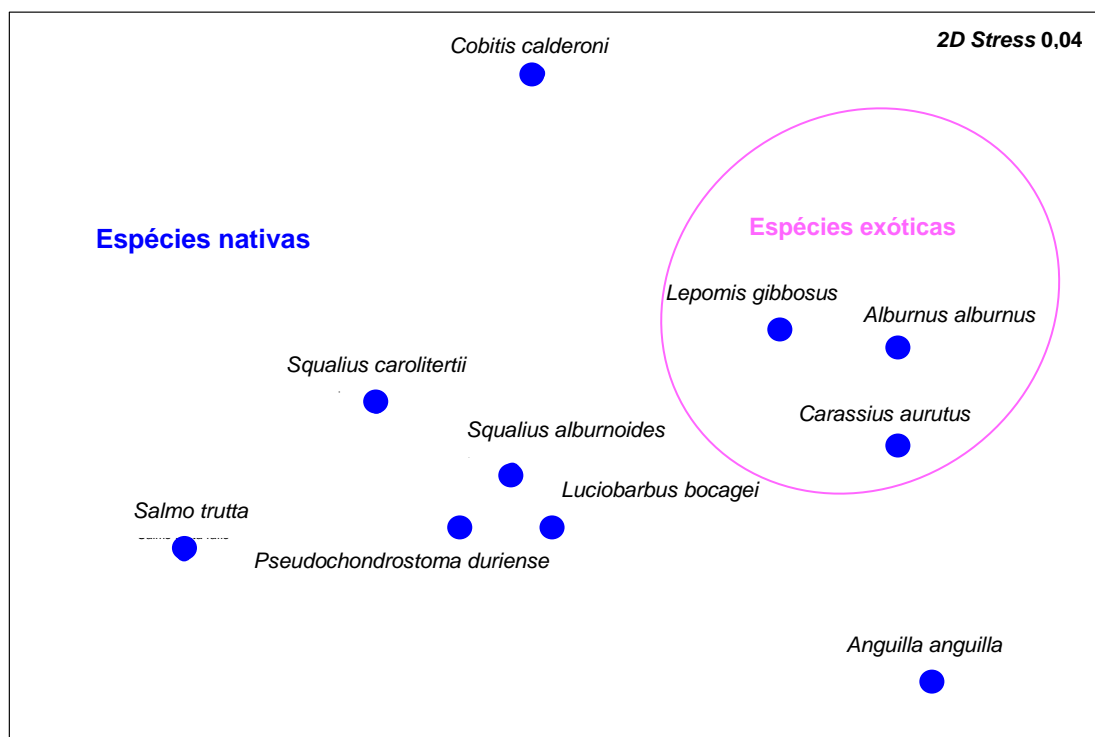


Figura 34. Ordemação NMDS das espécies piscícolas presentes nos locais amostrados pelos diferentes cursos de água da bacia hidrográfica do rio Douro.

Foram ainda realizados Testes ANOSIM *One-Way* entre os três grupos considerados tendo sido obtido diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) apenas entre os o AH Foz-Tua vs. restantes obstáculos.

### 3.5.2. Guildas ecológicas

As classificações das guildas ecológicas relativas ao: 1) Habitat- Grau de Reofilia; 2) Habitat- Zona de Alimentação; 3) Migratória; 4) Reprodutiva; 5) Trófica e 6) Nível de Tolerância à degradação do meio aquático da fauna piscícola; nos 20 locais de amostragem, são apresentadas nas figuras 35 a 40, respetivamente.

Com relação ao grau de reofilia, (Figura 35), é possível notar uma percentagem elevada de espécies reófilas na maioria dos troços amostrados, com destaque para os troços Tu1m, Nu1m, Ug1m e Va2j. Tal facto, pode estar diretamente relacionado com a localização dos troços amostrados, maioritariamente na cabeceira dos rios, sendo o habitat ideal de muitas espécies reófilas. A fauna piscícola que habita esses troços é composta principalmente por indivíduos das espécies *Salmo trutta* e *Pseudochondrostoma duriense*. Nos troços médios (AH Rebordelo e AHFT) é possível notar que a fauna é composta, na maioria, por espécies de hábitos euritópicos, enquanto as espécies reófilas também foram encontradas, porém em menor quantidade. Já as espécies limnófilas foram encontradas uma maior percentagem nos troços Re3j, To1m e To3j.

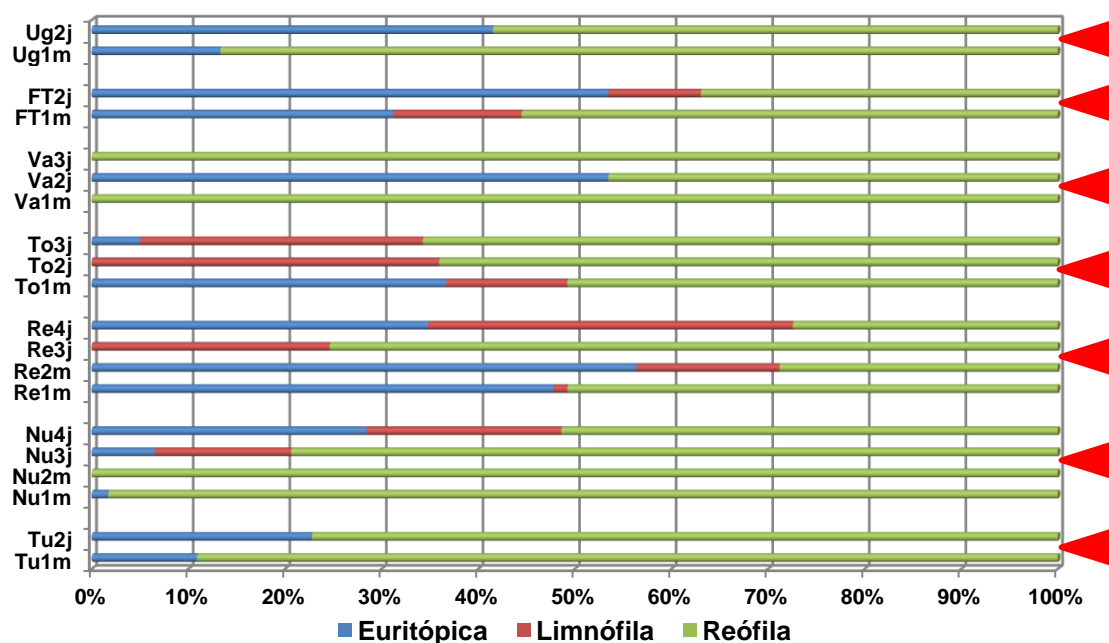


Figura 35. Classificação das guildas ecológicas: 1) Habitat- Grau de Reofilia nos locais amostrados (verão 2016)

Em relação ao habitat de alimentação (Figura 36), verifica-se que as espécies bentónicas se encontram maioritariamente nos troços de cabeceira com destaque para os troços Nu3j, Re3j e To1m onde ocorreram as maiores percentagens, enquanto as espécies pelágicas ocorrem com maior densidade nos troços mais a jusante com destaque para o troço Tu1m o qual possui mais de 70% de espécies pelágicas.

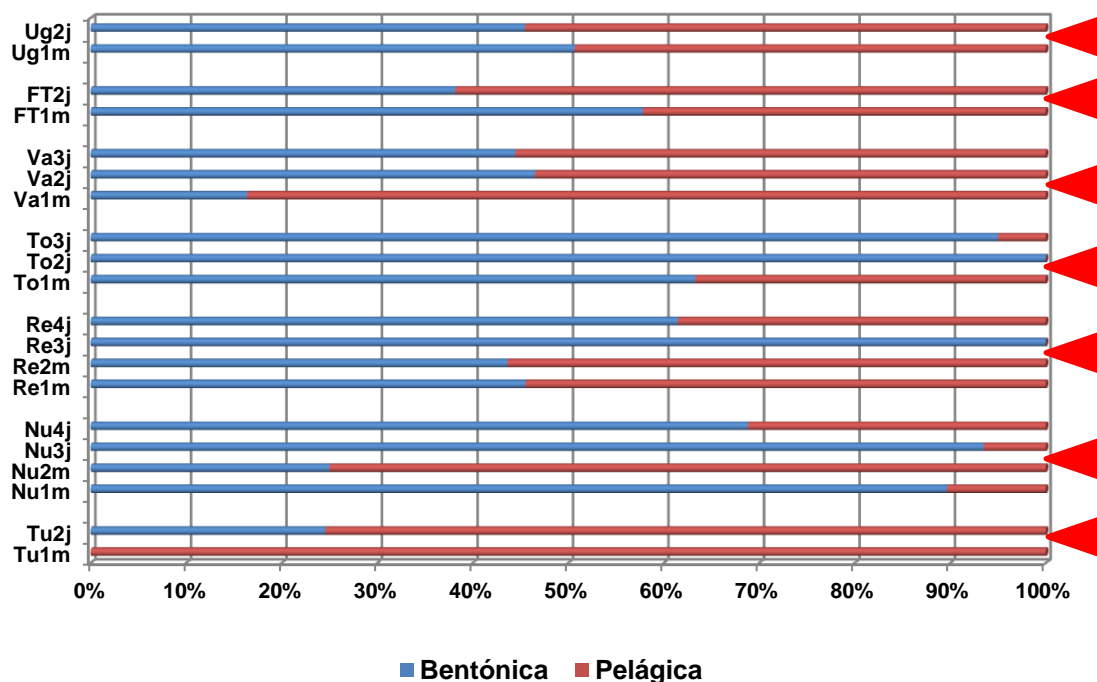


Figura 36. Classificação das guildas ecológicas: 2) Habitat- Zona de Alimentação nos locais amostrados (verão 2016)

As espécies migradoras potamódromas (e.g. *Luciobarbus bocagei*) são encontradas em locais diferentes do rio, caso estejam ou não na época de reprodução, fazendo com que as percentagens encontradas sofram uma variação sazonal. No caso deste estudo, que foi realizado no início do verão, as percentagens (Figura 37) mostraram que as espécies potamódromas corresponderam aos troços médios dos rios, tendo ênfase no troço To1m que apresentou a maior percentagem de espécies potamódromas. Nos troços de cabeceira, as espécies que realizam pequenas migrações, caso da espécie *Salmo trutta* (com destaque para o troço Tu1m), foram as representativas.

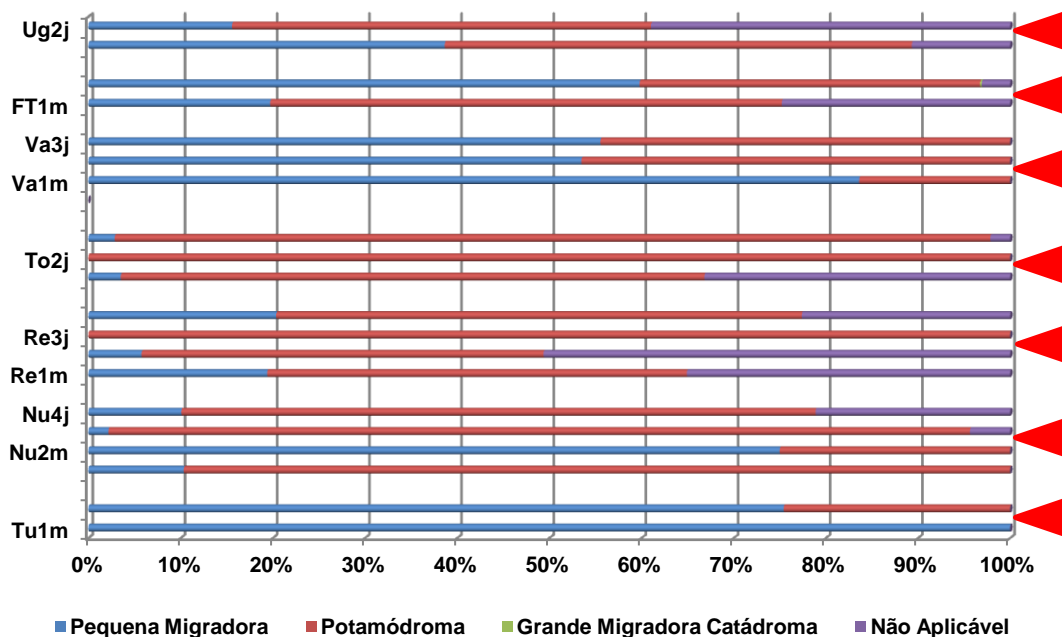


Figura 37. Classificação das Guildas Ecológicas: 3) Migratória nos locais amostrados (verão 2016)

Na figura 38 é possível notar que a maioria das espécies encontradas desovam em substratos grosseiros, caso das espécies litófilas. Os troços Tu1m, Nu1m e Va2j destacaram-se apresentando 100% de espécies litófilas. Nalguns troços médios aparece uma percentagem elevada de indivíduos que desovam sobre material vegetal (espécies fitófilas) no troço Ft1m devido à presença de *Squalius alburnoides*.

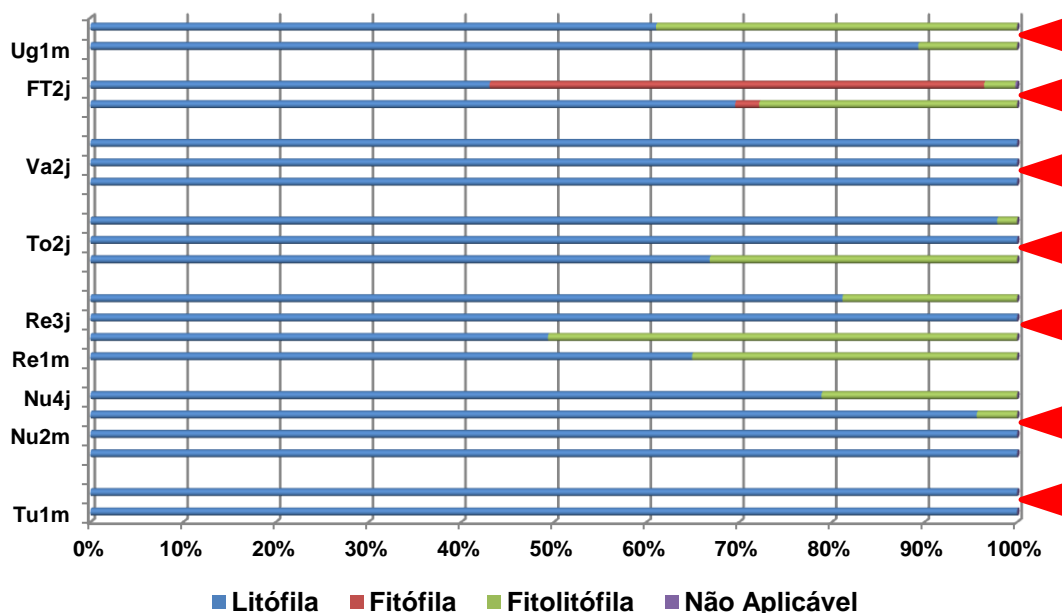


Figura 38. Classificação das Guildas Ecológicas: 4) Reprodutiva nos locais amostrados (verão 2016)

As espécies invertívoras são as dominantes na bacia do Tua principalmente nos troços de cabeceira Tu1m e Tu2j (Figura 39). A percentagem elevada de indivíduos invertívoros capturados está relacionada com a dominância da espécie *Salmo trutta* nesses locais. A espécie herbívora que foi encontrada é *Pseudochondrostoma duriense*, a qual está presente em todos os troços porém com uma percentagem inferior do que as invertívoras na maioria, com exceção do local Tu1m onde não foi encontrado nenhum indivíduo com hábitos herbívoros. A espécie *Luciobarbus bocagei* que é classificada como omnívora foi encontrada em 10 locais amostrados com destaque para o Ft2j que atingiu quase 50% dos indivíduos omnívoros.

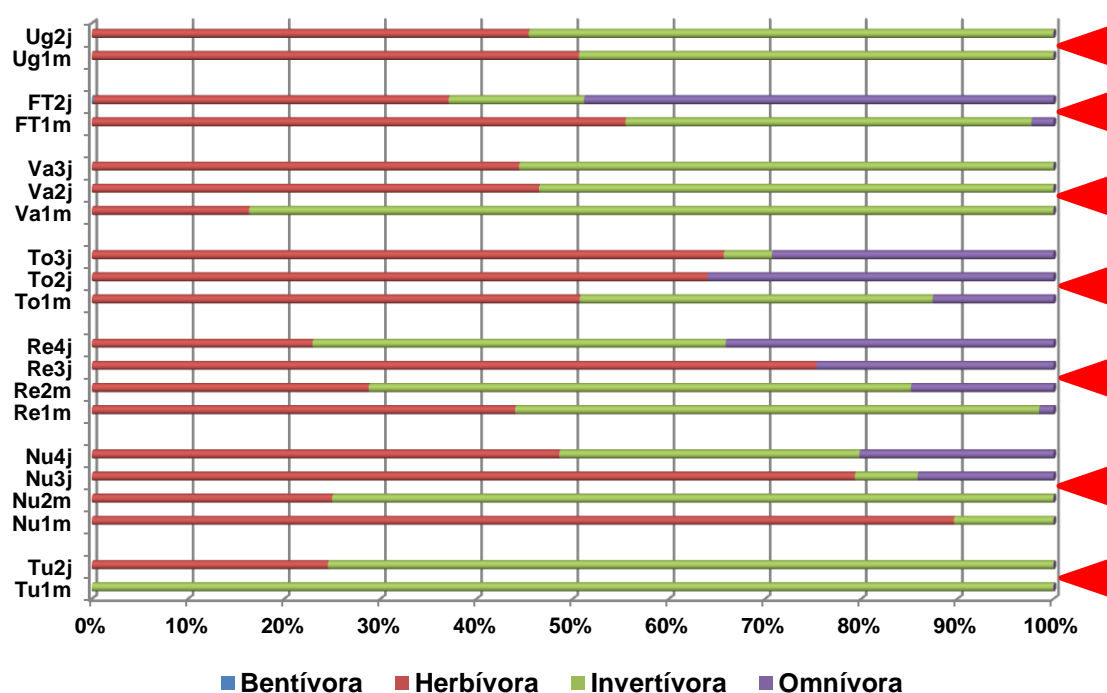


Figura 39. Classificação das Guildas Ecológicas: 5) Trófica nos locais amostrados (verão 2016)

Como mostra a Figura 40, em relação ao nível de tolerância à degradação do meio aquático nota-se que as espécies intermédias aparecem em uma grande percentagem em quase todos os locais amostrados e que as espécies sensíveis ou intolerantes foram capturadas em maior percentagem de indivíduos nos troços de cabeceira com destaque para os locais Tu1m e Va1m que apresentaram mais de 80% de indivíduos sensíveis ou intolerantes.

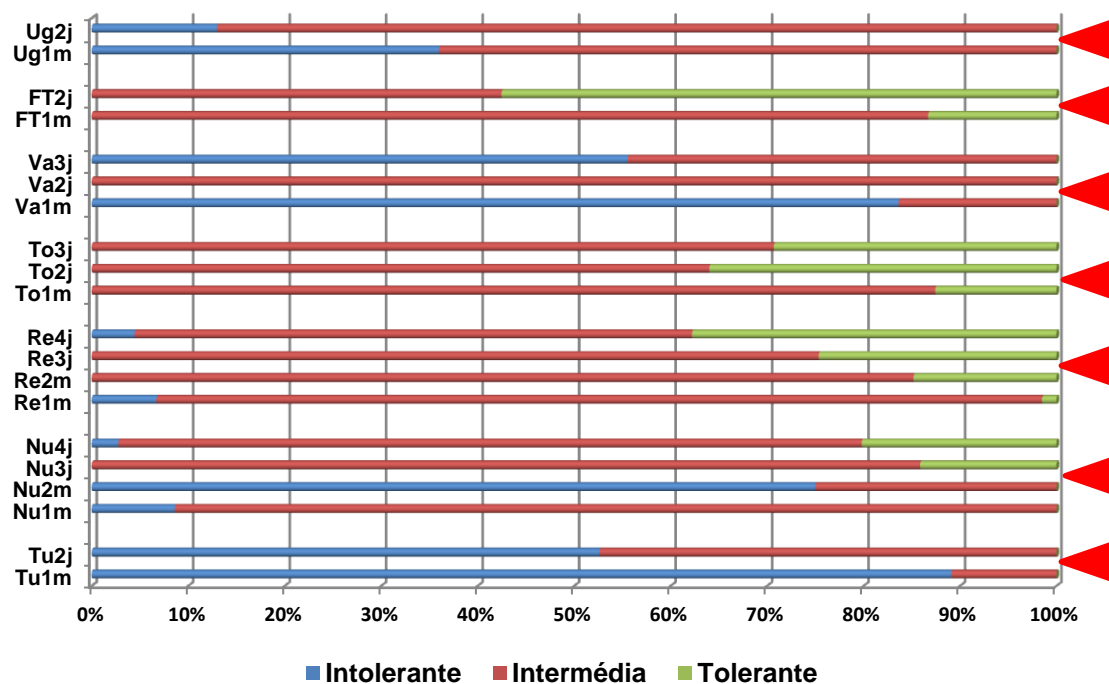


Figura 40. Classificação das Guildas Ecológicas: 6) Nível de Tolerância à degradação do meio aquático nos locais amostrados (verão 2016)

#### 4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Permanecem por perceber muitos dos impactes da presença de obstáculos físicos sobre os ecossistemas aquáticos. Existe um conjunto vasto de trabalhos que sumariam os impactos de grandes barragens (IEA, 2000, 2008, IEA 2010, Perkin & Gido, 2011. Costigan & Daniels, 2012; Dudgeon et al., 2012; Marren et al., 2014; Liew et al., 2016), enquanto a informação acerca das pequenas barragens continua sendo relativamente escassa (Dudhan et al., 2006; Sanchez, 2010; Alexandre & Almeida, 2010; Hanley, 2012, Fencl et al., 2015). Este trabalho de monitorização ambiental, efetuado na primavera/verão de 2016, permitiu recolher um conjunto de dados referentes a análises físico-químicas da água e dos habitats fluviais e ribeirinhos (abiótica) e ainda das comunidades de macroinvertebrados e de peixes (biótica) e contribuiu para um melhor conhecimento relativamente aos impactes da construção de obstáculos físicos. Os resultados obtidos permitem destacar, para dois níveis de análise, i.e. 1) montante para jusante de cada obstáculo; e 2) entre obstáculos da mesma bacia hidrográfica (afluentes do Rio Douro), os seguintes pontos:

1. **Influência na qualidade físico-química da água relativamente aos obstáculos de pequena dimensão:** nos troços de cabeceira dos rios apesar do ligeiro decréscimo detetado na qualidade da água, foram registadas oscilações mínimas nos parâmetros físico-químicos da água. Importa registar o baixo nº de parâmetros analisados, insuficiente para qualificar a qualidade da água. No entanto, trabalhos realizados em anos precedentes (Claro, 2010; Miranda, 2012; Sarmiento, 2013; Patrício 2013) demonstram que a maioria dos locais amostrados possui uma boa qualidade da água. Pelo contrário, **será de esperar um cenário de degradação da qualidade da água no rio Tua, nomeadamente na albufeira da barragem de AHFT**, conforme previsão da EDP, com reflexos nos troços de jusante e inclusive na água do rio Douro;
2. **Manutenção ou perturbação diminuta da integridade ecológica na proximidade das mini-hídricas.** Com efeito, todos os troços de cabeceira amostrados possuem uma boa integridade ecológica, especialmente nas zonas situadas a montante dos obstáculos. Galerias ripícolas bem estruturadas compostas por amieiros (*Alnus glutinosa*), salgueiros (*Salix* spp.), freixos (*Fraxinus angustifolia*) e choupos (*Populus nigra*) sustentam troços com características hidromorfológicas naturais com boa sequência *riffle/pool*, sinuosidade acentuada e um mosaico de microhabitats heterógeno. Tal facto

favorece a permanência de espécies autóctones, algumas delas endemismos Ibéricos e/ou com estatuto de conservação (Cabral *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2006, 2007). A jusante dos paredões das mini-hídricas podem ser detetadas algumas modificações (caso de AH Vales) que têm impactes negativos perfeitamente localizados, sendo visível o restabelecimento das condições naturais e funções ecossistémicas, poucos metros a jusante dos obstáculos;

3. **Forte perturbação na zona da albufeira do Aproveitamento Hidroelétrico Foz do Tua (AHFT) e respetivo troço de jusante.** A grande barragem de Foz Tua, com um paredão de 100 m de altura implicou uma mudança substancial nos habitats aquáticos e ribeirinhos. No troço F1m, na proximidade do Abreiro, ainda não são sentidos os potenciais efeitos da oscilação do regolfo da albufeira e o rio conserva, à data da realização da amostragem (junho 2016) condições lóticas, conservando muitas das características de troços médios de tributários do rio Douro. A eliminação, por completo, dos corredores ripícolas e a sedimentação do leito, para além da destruição do canal a jusante da zona de dissipação do paredão da barragem de Foz Tua, alteraram decisivamente a tipologia dos habitats e vão favorecer a colonização e dispersão de espécies exóticas, com a consequente degradação da qualidade ecológica. Tal efeito é perfeitamente detetável em muitos estudos (e.g. Ferreiro, 2007);
4. **Baixo impacte na riqueza taxonómica e diversidade das pequenas barragens** – Os índices de bióticos IBMWP e Iptl<sub>N</sub>, diferentes métricas como %EPT, número de taxa, diversidade de Shannon-Wiener H', entre outros, e a análise multivariada (NMDS) mostram que a riqueza taxonómica e a diversidade, não sofreram variações acentuadas com decréscimo substancial na qualidade biológica das comunidades e invertebrados e peixes, em particular nos troços de jusante das mini-hídricas. No entanto, quando esta abordagem é feita para a grande barragem de Foz Tua, notáveis modificações na composição e estrutura das comunidades de peixes e invertebrados acontecem na direta relação com a criação dum novo ambiente (lêntico);
5. **Monitorização de escala temporal e espacial limitada** – É de salientar que no presente estudo, realizado em 7 obstáculos de características marcadamente diferentes, a monitorização refere-se a um baixo número de locais de amostragem (maioritariamente composto por um local a montante e um local a jusante) em cada obstáculo e apenas a uma época de amostragem

(primavera/verão de 2016). São dados importantes de caracterização do estado ecológico atual na proximidade dos potenciais focos de perturbação, mas ainda assim manifestamente insuficientes para fazer uma análise rigorosa e uma projeção de todos os impactes negativos associados à regularização;

A estratégia da construção de novas pequenas e grandes barragens na bacia do rio Douro deverá ser equacionada de forma cuidada, no sentido de compatibilizar a exploração dos recursos com a conservação de ecossistemas, habitats e espécies nativa, aquáticas e ribeirinhas. Paralelamente, deverá ser equacionada a possibilidade de remoção de alguns obstáculos físicos (açudes, pequenas barragens) que venham aumentar a conectividade e permitir a mobilidade de espécies, nomeadamente peixes com migrações reprodutivas potamódromas. Com efeito, existem estudos nacionais (e.g. Branco et al., 2012; Branco et al., 2014) e internacionais (Claeson, 2016; King & O'Hanley, 2016) onde são estudados os impactos na comunidade e abordadas estratégias e, em alguns casos, com aplicação, no sentido de recuperar a condição lítica dos rios e diversos valores e funções associadas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA-TERCEDOR, J. 2000. BMWP', un adattamento spagnolo del British Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score System. *Biologia Ambientale* 14, 65- 67pp.
- ALEXANDRE, C. & ALMEIDA P. 2010. The impact of small physical obstacles on the structure of freshwater fish assemblages *River Research and Applications* 26, 977-994.
- ALLAN J.D. & FLECKER A.S. 1993. Biodiversity conservation in running waters. *BioScience* 43, 32–43.
- ALMAÇA, C. 1996. *Peixes dos rios de Portugal*. Edições Inapa, Lisboa.
- ALVES, M. H. & HENRIQUES A. G. 1994. O caudal ecológico como medida de minimização dos impactes nos ecossistemas lóticos. Métodos para a sua determinação e aplicações. Actas do 6º SILUSB/1º SILUSBA, Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Lisboa, 11 a 14 de Abril de 1994. APRH/ABRH, pp. 177-190.
- APA I.P. 2015. *Plano de Gestão de Região Hidrográfica 2016/2021*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Agência Portuguesa do Ambiente. I.P.
- APARICIO, E. & DE SOSTOA, A. 1998. Reproduction and growth of *Barbus haasi* in a small stream in the N.E. of the Iberian Peninsula. *Arch. Hydrobiol.* 142, 95–110.
- ATBERG – Eólicas do Alto Tâmega e Barroso, Lda. 2008. Parques Eólicos da Bulgueira e de Chão do Guilhado. Aproveitamento Hidroelétrico de Vales. Ribeira de Pena.
- BARBOUR, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. & Stribling, J.B. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2nd ed. EPA 841-B-99-002 Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.
- BOCHECHAS, J. 2000. Pesca nas águas interiores. In *Florestas de Portugal*. DGF, Lisboa. 217-221 pp
- BRANCO, P., SEGURADO, P., SANTOS, J.M., PINHEIRO, P.J. & FERREIRA, M.T. 2012. Does longitudinal connectivity loss affect the distribution of freshwater fish? *Ecological Engineering* 48, 70–78.

- BRANCO, P.; SEGURADO, P. SANTOS, JM; FERREIRA, MT. 2014. Prioritizing barrier removal to improve functional connectivity of rivers. *Journal of Applied Ecology* 51, 1197-1206
- CABRAL, M.J. (Coord.), ALMEIDA, J., ALMEIDA, P.R., DELLINGER, T.R., FERRAND DE ALMEIDA, N., OLIVEIRA, M.E., PALMEIRIM, J.M., QUEIROZ ,A.I., ROGADO, L. & SANTOS-REIS M. (eds.) 2005. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa. 660 pp.
- CLAESON, S.. 2016. Physical and Biological Responses to an Alternative Removal Strategy of a Moderate-sized Dam in Washington, USA: River Responses to Dam Removal. *River Research and Applications* 32, 1535-1467
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2006. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E: Plymouth.
- CLARO, A.M. 2010. *Estudo das populações de mexilhão-de-rio (Margaritifera margaritifera L.): Análise da qualidade ecológica de rios da bacia hidrográfica do rio Tua (NE Portugal)*. Mestrado Gestão de Recursos Florestais. ESA.
- CLAVERO, M. & GARCÍA-BERTHOU, E. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinction. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 110-120.
- COPP, G.H., 1991: Typology of aquatic habitats in the Great Ouse, a small regulated lowland river. *Regul. Rivers* 6, 125–134.
- CORTES, R.M.V., TEIXEIRA, A., CRESPI, A., OLIVEIRA, S., VAREJÃO, E. & PEREIRA, A. 1999. Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Lima. 1ª Fase. Análise e Diagnóstico da Situação de Referência (Componente Ambiental). Anexo 9. Ministério do Ambiente. 257 pp.
- COSTIGAN, K.H., DANIELS, M.D. 2012. Damming the prairie: human alteration of Great Plains rivers regimes. *J. Hydrol.* 444–445, 90–99.
- DGRF - Direção-Geral dos Recursos Florestais. 2001. Elementos diversos divulgados no site da Direção--Geral dos Recursos Florestais, em: <http://dgrf.min-agricultura.pt> (acedido em 22 Julho 2001).
- DOADRIO, I. 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 364 pp.

- DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.I., KNOWLER, D.J., LEVEQUE, C. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol Rev.* 81, 163–182.
- DUDHAN, S., SINHA, A.K., INAMDAR, S.S. 2006. Assessment of small hydropower potential using remote sensing data for sustainable development in India. *Energy Policy* 34, 3195–205.
- DUNCAN, J.R. & LOCKWOOD. J.L. 2001. Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's. *Biological Conservation* 102, 97-105.
- DYNESIUS, M. & NILSSON, C. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 266, 753–762.
- ELVIRA, B. 1995. Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biol. Conserv.* 72, 129–136.
- ELVIRA, B. 1998. Impact of introduced fish on the native freshwater fish fauna of Spain. pp. 186–190. In: I.G. Cowx (ed.) *Stocking and Introduction of Fish*, Fishing News Books, Oxford.
- EVERARD, M., BLACKHAM, B., ROUEN, K., WATSON, W., ANGELL, A., HULL, A. 1999. How do we raise the profile of ponds? *Freshwater Forum* 12, 32–43.
- FENCL, J.S., MATHER, M.E., COSTIGAN, K.H. & DANIELS M.D. 2015. How Big of an Effect Do Small Dams Have? Using Geomorphological Footprints to Quantify Spatial Impact of Low-Head Dams and Identify Patterns of Across-Dam Variation. *PLoS ONE* 10(11), e0141210. doi:10.1371/journal.pone.0141210
- FERREIRO, N.R. 2007. *Caracterização da Qualidade Ecológica do Rio Tua*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.
- FILIFE, A.F., MARQUES, T.A., SEABRA, S., TIAGO, P., RIBEIRO, F., COSTA, L.M.D., COWX, I.G. & COLLARES-PEREIRA, M.J. 2004. Selection of priority areas for fish conservation in Guadiana river basin, Iberian Peninsula. *Conservation Biology* 18, 189–200.
- GASITH, A. & RESH, V.H. 1999. Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30, 51–81.
- GEIST, J., PORKKA, M. & KUEHN, R. 2006. The status of host fish populations and fish species richness in European freshwater pearl mussel (*Margaritifera*

- margaritifera) streams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16, 251-266.
- GODINHO, F.N. 2006. Peixes fluviais exóticos em Portugal Continental: mediação ambiental das introduções de sucesso. *In: Rodrigues, L.; Reino, L.; Gordinho, L. O. e FREITAS, H. (Eds.), Actas do 1º Simpósio sobre Espécies Exóticas: Introduções, Causas e Consequências*, Março de 2000. LPN, Lisboa. 7-23pp; 24-25pp.
- GONÇALVES, A., BARBOSA, A., MAIA, A., MARTINHO, A., DOMINGUES, D., ALEXANDRINO, P., D'EÇA, P., VIEIRA, S. & VARANDAS, S. 2008. A pesca nas águas interiores do Entre Douro e Minho. Associação Regional do Norte da Pesca Desportiva. Jódique- Artes Gráficas, Lda. 219 pp.
- HANLEY, B. 2012. Providing clean power through micro hydro. (<http://www.wwf.or.id/en/>)
- HOCUTT, C.H. & WILEY, E.O. 1986. *The Zoogeography of North American Freshwater Fishes*. John Wiley: Chichester.
- IEA. 2008. Benign energy? The environmental implications of renewables. International Energy Agency; 1998128.
- INAG a, 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 os macroinvertebrados bentónicos. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- INAG b, I.P. 2008. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segunda a Directiva Quadro da Água Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola. MAOTDR. Instituto da Água, I.P.
- INAG, I.P. 2009. Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Rios e Albufeiras. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- International Energy Agency IEA 2000. Hydropower and the environment: present context and guidelines for future action. <http://www.ieahydro.org/reports/HyA3S5V2.pdf>,
- IUCN, 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 31 October 2016.
- KING, S. & O'HANLEY, J.R. 2016. Optimal Fish Passage Barrier Removal- Revisited. *River Res. Applic.* 32, 418–428

- KOTTELAT, M. 1997. European Freshwater Fishes. *Biologia* 52, 1-271.
- LEPRIEUR, F., HICKEY, M., ARBUCKLE, C.J., CLOSS G., BROSSE, S. 2006. Hydrological disturbance benefits a native fish at the expense of an exotic fish. *J Appl Ecol* 43, 930–939.
- LIEW, J.H., TAN, H.H., YEO, L., DARREN, C.J. 2016. Dammed rivers: impoundments facilitate fish invasions. *Freshwater Biology* 61, 1421-1429
- MAGALHÃES, M.F., RAMALHO, C.E. & COLLARES-PEREIRA, M.J. 2008. Assessing biotic integrity in a Mediterranean watershed: development and evaluation of a fish based index. *Fisheries Management and Ecology* 15, 273-289.
- MARCHETTI, M.P., LIGHT, T., MOYLE, P.B. & VIERS, J.H. 2004. Fish invasions in California watersheds: testing 1746 A.
- MARREN, P.M., GROVE, J.R., WEBB, J.A. & STEWARDSON, M.J. 2014. The potential for dams to impact lowland meandering river floodplain geomorphology. *Sci World J.* 2014, 1–24.
- MASON, C.F. 1991. *Biology of Freshwater Pollution*. Longman Scientific and Technical: New York.
- MIRANDA, F.J.V. 2012. *A Pesca Lúdica e Desportiva no Nordeste Transmontano (Bacia do Douro, Portugal)*. Mestrado em Gestão de Recursos Florestais. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.
- MOYLE, P.B. 1986. Fish introductions into North America: patterns and ecological impact. In *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii* (Mooney, H.A. & Drake, J.A. eds). 58, pp 27-43
- MOYLE, P.B. 1995. Conservation of native freshwater fishes in the Mediterranean-type climate of California, USA: a review. *Biol. Conserv* 72, 271–279.
- MUNNÉ, A., SOLÁ, C. & PRAT, N. 1998. QBR: Un Índice para la Evaluación de la Calidad de los Ecosistemas de Ribeira. Barcelona. 175: 20-37pp.
- OERTLI, B.; JOYE, D. A.; CASTELLA, E.; JUGE, R.; CAMBIN, D. & LACHAVANNE, J.-B. 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biol. Conserv.* 104, 59–70.
- OLIVEIRA, J.M., SANTOS, J.M., TEIXEIRA, A., FERREIRA, M.T., PINHEIRO. P.J., GERALDES, A. & BOCHECHAS, J. 2007. *Projecto AQUARIPORT: Programa Nacional de Monitorização de Recursos Piscícolas e de Avaliação da Qualidade Ecológica de Rios*. Direcção-Geral Recursos Florestais, Lisboa, 96 pp.

- OLIVEIRA, S.V. & CORTES, R.M.V. 2005. A biologically relevant habitat condition index for streams in northern Portugal. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems* 15,189–210.
- PATRÍCIO, C. 2013. *Contribuição para o estudo da bioecologia das populações de mexilhões de rio do Nordeste Transmontano*. Tese de Mestrado em Gestão de Recursos Florestais. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.
- PERKIN, J.S., GIDO, K.B. 2011. Stream Fragmentation Thresholds for a Reproductive Guild of Great Plains Fishes. *Fisheries* 36, 371-383.
- PINHEIRO, P. 2009. Ictiofauna dulçaquícola exótica em Portugal Continental. Naturlink - Informação Ambiental, S.A.
- REIS, J. 2006. Atlas dos Bivalves de Água Doce em Portugal Continental. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa. 130 pp.
- RIBEIRO, F., BELDADE, R., DIX, M. & BOCHECHAS, J. 2007. Carta Piscícola Nacional. Direcção-Geral dos Recursos Florestais e Fluviais, Lda. Publicação electrónica 01/2007, disponível em: <http://www.fluviatilis.com/dgf/?nologin=true> e acedido em Janeiro de 2008.
- ROBALO, J., SOUSA SANTOS, C., ALMADA, V. & DOADRIO, I. 2006. Paleobiogeography of Two Iberian Endemic Cyprinid Fishes (*Chondrostoma arcasii*-*Chondrostoma macrolepidotus*) Inferred from Mitochondrial DNA Sequence Data. *Journal of Heredity* 97, 143–149. doi:10.1093/jhered/esj025
- SANCHEZ, P.A. 2010. Tripling crop yields in tropical Africa. *Nat Geosci* 3, 299–300.
- SANTO, M. 2005. *Dispositivos de passagens para peixes em Portugal*. Direcção Geral dos Recursos Florestais. Lisboa
- SARMENTO, S. 2013. *Impactos de pequenas obras de regularização nas comunidades de invertebrados e peixes da bacia hidrográfica do rio do Tua (Bacia do Douro, Portugal)*. Tese de Mestrado em Gestão de Recursos Florestais. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.
- SIMON, T.C. 2003. Biological Response Signature: Indicator patterns using aquatic communities, Boca Raton, Florida: CRC Press.
- STATSOFT Inc. 2004. STATISTICA (Data Analysis Software System). Version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). Tulsa, USA.
- STEINER, E., 1988: Teichwirtschaft und Naturschutz. *O" ster. Fisch.* 41, 142–149.

- TEIXEIRA, A. & CORTES, R.M.V. 2007. Pit Telemetry as a Method to Study the Habitat Requirements of Fish Populations. Application to Native and Stocked Trout Movements. *Hydrobiologia* 582, pp. 171-185.
- TEIXEIRA, A., CORTES, R.M.V. & OLIVEIRA, D. 2006. Habitat Use by Native and Stocked Trout (*Salmo trutta* L.) In Two Northeast Streams, Portugal. *Bulletin Française de la Pêche et la Pisciculture* 382: 1-18pp.
- UNMACK, P.J. 2001. Biogeography of Australian freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 28, 1053-1089.
- WHEELER, A. 2000. Status of the crucian carp, *Carassius carassius* (L.), in the UK. *Fish. Manag. Ecol.* 7, 315–322.



# ANEXOS



## Anexo I : Galeria de fotos dos locais amostrados

### 1) AÇUDE DE DINE



Fotos 1: Local de amostragem situado a montante do Açude de Dine, no rio Tuela, próximo da povoação de Dine (Tu1m)

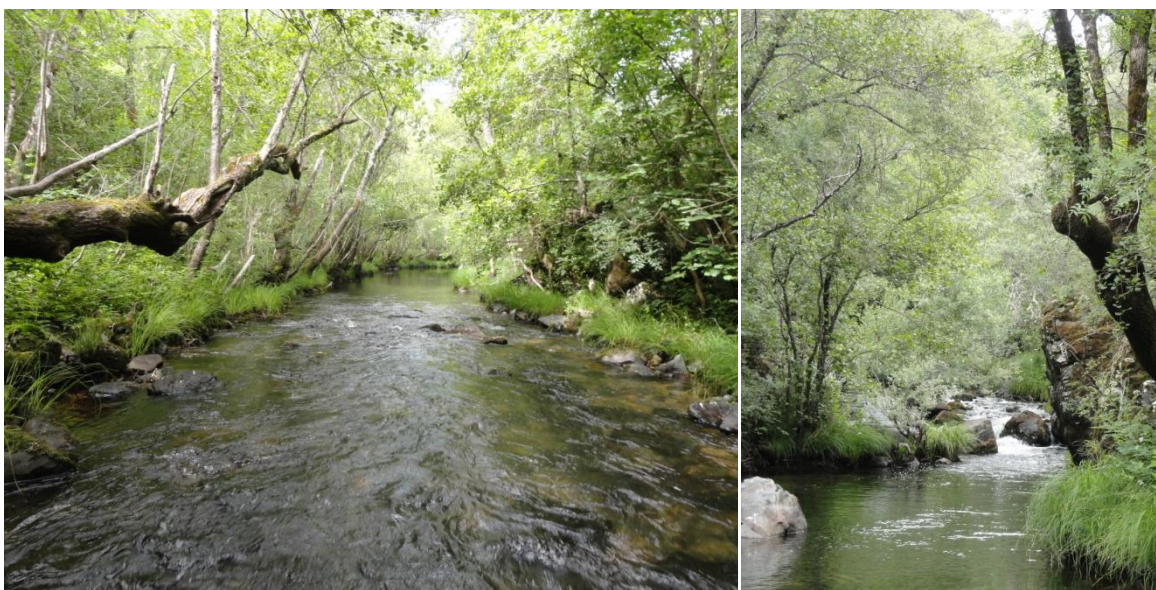


Fotos 2: Local de amostragem situado a jusante do Açude de Dine, no rio Tuela, próximo das povoações de Fresulfe e Dine (Tu2j)

## 2) APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE NUNES



Fotos 3: Local de amostragem situado a montante do regolfo do AH de Nunes e a jusante do AH das Trutas, no rio Tuela (Nu1m)



Fotos 4: Local de amostragem situado na proximidade da foz do rio Baceiro (Nu2m)



**Fotos 5: Local de amostragem situado a montante da restituição, no rio Tuela (Nu3j)**



**Fotos 6: Local de amostragem situado a jusante da restituição, no rio Tuela, próximo de Vinhais (Nu3j)**

### 3) APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE REBORDELO



Fotos 7: Local de amostragem situado a montante do AH de Rebordelo, no rio Mente (Re1m)



Fotos 8: Local de amostragem situado a montante do regolfo da AH de Rebordelo, no rio Rabaçal (Re2m)



**Fotos 9: Local de amostragem situado a jusante do AH de Rebordelo, no rio Rabaçal, próximo de Rebordelo (Re3j)**



**Fotos 10: Local de amostragem situado a jusante do AH de Rebordelo, no rio Rabaçal, próximo da Bouça (Re4j)**

#### 4) APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE TORGA



Fotos 11: Local de amostragem situado a montante do regolfo do AH de Torga, no rio Tuela (To1m)



Fotos 12: Local de amostragem situado a jusante do AH de Torga e a montante da restituição, no rio Tuela (To2j)



Fotos 13: Local de amostragem situado a jusante da restituição do AH de Torga, no rio Tuela (To3j)

#### 5) APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE VALES



Fotos 14: Local de amostragem situado a montante do regolfo do AH de Vales, no rio Tinhela (Va1m)

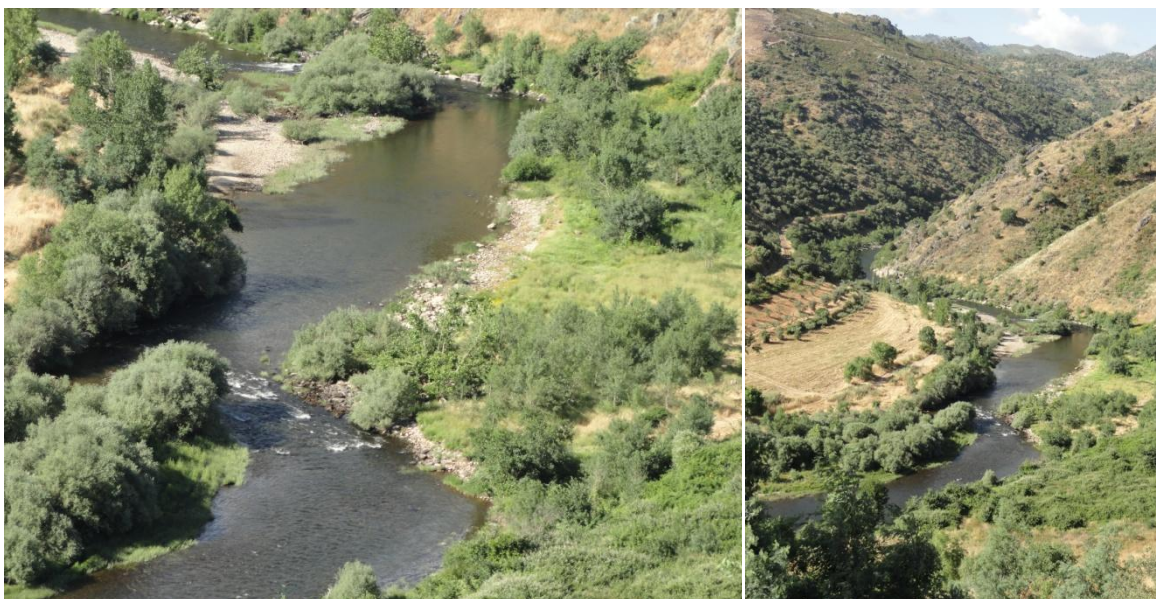


Fotos 15: Local de amostragem situado a jusante do AH de Vales, no rio Tinhela (Va2j)



Fotos 16: Local de amostragem situado a jusante da restituição do AH de Vales, no rio Tinhela (Va3j)

## 6) APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE FOZ TUA



Fotos 17: Local de amostragem situado a montante do regolfo do AH de Foz Tua, no rio Tua, próximo de Abreiro (Tu1m)



Fotos 18: Local de amostragem situado a jusante do AH de Foz Tua, no rio Tua, próximo de Foz Tua (Tu2j)

## 7) APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE UCANHA GOUVIÃES



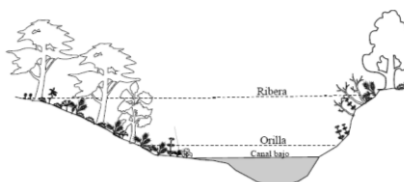
Fotos 19: Local de amostragem situado a montante do AH de Ucanha Gouviães, no rio Varosa, próximo de Ucanha (UG1m)



Fotos 20: Local de amostragem situado a jusante do AH de Ucanha Gouviães, no rio Varosa, próximo de Gouviães (UG2j)

## Anexo II : ÍNDICE QBR Classificação da zona ribeirinha de ecossistemas fluviais

- Esta classificação deve ser aplicada a toda a zona ribeirinha dos rios (margem e encostas propriamente dito). Zonas inundadas periodicamente pelas cheias e caudais máximos)
- Os cálculos serão realizados sobre a área que apresenta uma potencialidade de suportar uma massa vegetal nas encostas. Não se contemplam as zonas com substrato duro onde não é possível enraizar uma massa vegetal permanente.



A pontuação de cada um dos 4 blocos não pode ser negativa nem exceder os 25 pontos

Estação	
Classificação	

### 1 – Grau de cobertura da zona ribeirinha - Pontuação entre 0 e 25

Pontuação	
<b>25</b>	> 80% de cobertura vegetal da zona ribeirinha (as plantas anuais não se contabilizam)
<b>10</b>	50-80% de cobertura vegetal da zona ribeirinha
<b>5</b>	10-50% de cobertura vegetal da zona ribeirinha
<b>0</b>	< 10% de cobertura vegetal da zona ribeirinha
<b>+10</b>	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é total
<b>+5</b>	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é superior a 50%
<b>-5</b>	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é entre 25 e 50%
<b>-10</b>	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é inferior a 25%

### 2 – Estrutura da cobertura (contabiliza-se toda a zona ribeirinha) - Pontuação entre 0 e 25

Pontuação	
<b>25</b>	Cobertura de árvores superior a 75%
<b>10</b>	Cobertura de árvores entre 50 e 75% ou cobertura de árvores entre 25 e 50% e no resto da cobertura os arbustos superam os 25%
<b>5</b>	Cobertura de árvores inferior a 50% e o resto da cobertura com arbustos entre 10 e 25%
<b>0</b>	Sem árvores e arbustos abaixo dos 10%
<b>+10</b>	Se na margem a concentração de helófitos ou arbustos é superior a 50%
<b>+5</b>	Se na margem a concentração de helófitos ou arbustos é entre 25 e 50%
<b>+5</b>	Se existe uma boa conexão entre a zona de arbustos e árvores com um sub-bosque
<b>-5</b>	Se existe uma distribuição regular (linearidade) nos pés das árvores e o sub-bosque é > 50%
<b>-5</b>	Se as árvores e arbustos se distribuem em manchas, sem uma continuidade
<b>-10</b>	Se existe uma distribuição regular (linearidade) nos pés das árvores e o sub-bosque é < 50%

### 3 – Qualidade da cobertura vegetal (depende do tipo geomorfológico da zona ribeirinha\*) - Pontuação ( 0 e 25)




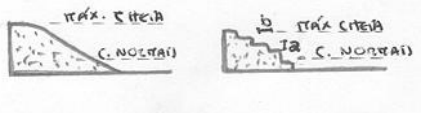

Pontuação		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
<b>25</b>	Número de espécies diferentes de árvores autóctones	> 1	> 2	> 3
<b>10</b>	Número de espécies diferentes de árvores autóctones	1	2	3
<b>5</b>	Número de espécies diferentes de árvores autóctones	-	1	1 - 2
<b>0</b>	Sem árvores autóctones			
<b>+10</b>	Se existe uma continuidade da comunidade ao longo do rio, uniforme e ocupando > 75% da zona ribeirinha (em toda a sua largura)			
<b>+5</b>	Se existe uma continuidade da comunidade ao longo do rio (entre 50 - 75% da zona ribeirinha)			
<b>+5</b>	Se existe uma disposição em galeria de diferentes comunidades			
<b>+5</b>	Se o número de espécies diferentes de arbustos é:	> 2	> 3	> 4
<b>-5</b>	Se existem estruturas construídas pelo homem			
<b>-5</b>	Se existe alguma espécie de árvore introduzida (alóctone)** isolada			
<b>-10</b>	Se existem espécies de árvores alóctones** formando comunidades			
<b>-10</b>	Se existem lixos			

### 4 – Grau de naturalidade do canal fluvial - Pontuação entre 0 e 25


Pontuação	
<b>25</b>	O canal do rio não está modificado
<b>10</b>	Modificações nos terraços adjacentes ao leito do rio com redução do canal
<b>5</b>	Sinais de alteração e estruturas rígidas intermitentes que modificam o canal do rio
<b>0</b>	Rio canalizado na totalidade do troço
<b>-10</b>	Se existe alguma estrutura sólida dentro do leito do rio
<b>-10</b>	Se existe alguma represa ou outra infraestrutura transversal no leito do rio

<b>Pontuação Final (soma das pontuações anteriores)</b>	
---	--

\* **Determinação do tipo geomorfológico da zona ribeirinha** (característica 3, qualidade da cobertura vegetal)  
Somar o tipo de desnível da margem direita e da esquerda, e somar a pontuação das restantes características.

Desnível da Zona Ripária	Esquerda	Pontuação	
		Esquerda	Direita
Vertical côncavo (declive > 75°), com uma altura não superável pelas máximas cheias		6	6
Igual, mas com um pequeno talude ou margem inundável periodicamente (cheias normais)		5	5
Declive entre 45 e 75°, escalado ou não. O declive mede-se a partir do ângulo entre a horizontal e a recta entre a margem e o último ponto da ribeira. $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Declive entre 20 e 45°, escalonado ou não. $\Sigma a > \Sigma b$		2	2
Declive < 20°, zona ribeirinha uniforme e plana.		1	1

**Existência de uma ilha ou ilhas no meio do leito do rio**

Largura conjunta "a" > 5 m		-2
Largura conjunta "a" entre 1 e 5		-1

**Potencialidade de suportar uma massa vegetal ribeirinha. Percentagem de substrato duro com incapacidade para enraizar uma massa vegetal permanente**

> 80%	No se pode medir
60 – 80%	+6
30 – 60%	+4
20 – 30%	+2

**Pontuação Total**

--	--

**Tipo geomorfológico segundo a pontuação**

> 8	<b>Tipo 1</b>	Zonas ribeirinhas fechadas, normalmente de cabeceira, com baixa potencialidade para suportar um extenso bosque de ribeira
Entre 5 – 8	<b>Tipo 2</b>	Zonas ribeirinhas com uma potencialidade intermédia para suportar uma zona vegetada, sectores médios dos rios
< 5	<b>Tipo 3</b>	Zonas ribeirinhas extensas, sectores baixos dos rios, com elevada potencialidade para possuir um bosque extenso.

\*\* **Espécies frequentes e consideradas alóctonas**

- *Populus deltoides*
- *Populus nigra ssp. italica*
- *Ailanthus altissima*
- *Robinia pseudo-acacia*
- *Populus x canadensis*
- *Salix babylonica*
- *Celtis australis*
- *Platanus x hispanica*

### Anexo III: ÍNDICE GQC: CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO CANAL

Índice da qualidade de canal:	Código:
(realizado em pelo menos três transectos com distância entre si de 20 metros)	

#### 1. Presença de estruturas de retenção

Ausência de estruturas	4
Açude rústico semi-desagregado	3
Açude rústico bem consolidado	2
Açude ou barragem de betão	1

#### 2. Estrutura do canal

$W/D < 7$ , não ocorre inundação das margens	4
$W/D = 8-15$ , inundação das margens rara	3
$W/D = 15-25$ , inundação frequente das margens	2
$W/D > 25$ , inundação muito frequente das margens	1

*W – Média da largura do leito molhado obtida nos transectos*

*D – Média da profundidade máxima obtida nos transectos.*

#### 3. Sedimentos e estabilidade do canal

Ausência de alargamento do canal ou de acumulações de materiais transportados; canal único;	4
Algumas acumulações de materiais transportados; canal único;	3
Línguas de cascalho, areia e limo; o leito de cheia apresenta canais independentes;	2
Canal dividido em múltiplas línguas de areia e limo (ou rio canalizado).	1

#### 4. Estrutura das margens

Margens estáveis com vegetação ripária contínua e estruturalmente complexa (árvores e arbustos); sem sinais de erosão;	4
Margens estáveis mas com vegetação ripária fragmentada; alguns regos desprovidos de vegetação;	3
Margens pouco consolidados mantidas por uma vegetação esparsa de herbáceas e arbustos;	2
Margens com vegetação muito escassa e uniforme, rebaixadas pela erosão ao longo do troço.	1

#### 5. Alteração artificial das margens

Ausência quase completa de alteração artificial das margens;	4
Uma das margens apresenta alterações moderadas (e.g. enrocamentos >30% do comprimento troço);	3
Ambas as margens apresentam alterações moderadas (e.g. enrocamentos >30%), ou uma delas está alterada significativamente (e.g. linearização da margem),	2
Como no caso anterior mas a estrutura da margem é de betão armado ou ciclópico.	1

## 6. Heterogeneidade do canal

Canal curvilíneo e sequencia lótica/lêntica muito marcada;	4
Canal rectilíneo com reduzida sequencia lótica/lêntica;	3
Velocidade praticamente constante ao longo de todo o troço;	2
Zona lêntica artificial ou rio canalizado.	1

## 7. Estrutura do leito

<b>Tipo 1</b>	Troços encaixados, normalmente de cabeceira e com muita rocha, baixa potencialidade de suportar um extenso bosque ribeirinho;
<b>Tipo 2</b>	Troços com desníveis médios das margens, potencialidade intermédia para suportar um bosque ribeirinho; “zonas médias do rio”;
<b>Tipo 3</b>	Troços com desníveis das margens muito pouco acentuadas, potencialidade elevada para suportar um bosque ribeirinho; zonas baixas de alguns rios.

### Tipo 1 (Troço em que predomina a erosão)

>50% do material é constituído por granulometria >25 cm (blocos);	8
>50% do material é constituído por granulometria >6,5 cm (pedra);	6
>50% do material é constituído por granulometria >2,0 cm (salto);	3
Predomina a areia e o limo (>50%).	1

### Tipo 2 (troço em que predomina o transporte)

> 50% do material é constituído por blocos e pedras (>6,5 cm);	8
50% do material é constituído por pedra ou superior (>6,5 cm);	6
< 25% do material é de dimensões superiores a cascalho (>1,5 cm);	3
O leito é exclusivamente de limo e areia fina (>1,5 cm) é inferior a 10%.	1

### Tipo 3 (troço em que predomina a sedimentação)

>50% do material é constituído por dimensões superiores a areia grossa (0,5 cm);	8
30-50% do material é constituído por dimensões superiores a areia grossa (0,5 cm) e o resto é formado por limo e areia fina;	6
<30% do material é constituído por dimensões superiores a areia grossa (0,5 cm) e o resto é formado por limo e areia fina;	3
O leito é exclusivamente de limo e areia fina (<0,125 cm).	1

## 8. Deposição de finos intersticiais

A % de finos e < 5%;	4
A % de finos é de 5-25%;	3
A % de finos é de 25-50%;	2
A % de finos é >50%.	1

- Para os rios Tipo 1 os finos consideram-se <0,5 cm.
- Para os rios Tipo 2 e 3 os finos consideram-se <0,125 cm.

**Anexo IV: Pontuações atribuídas às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para o cálculo do IBMWP (adaptado de ALBA-TERCEDOR 2000).**

FAMÍLIAS	<i>Pontuação</i>
E: Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeraeidae P: Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae T: Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae D: Athericidae, Blephariceridae H: Aphelocheiridae	<b>10</b>
T: Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae O: Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeschnidae, Corduliidae, Libellulidae C: Astacidae	<b>8</b>
E: Ephemerellidae, Prosopistomatidae P: Nemouridae T: Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnomidae	<b>7</b>
M: Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae, Unionidae T: Hydroptilidae C: Gammaridae, Atyidae, Corophiidae O: Platycnemididae, Coenagrionidae	<b>6</b>
E: Oligoneuriidae, Polymitarcidae C: Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae T: Hydropsychidae, Helicopsychidae D: Tipulidae, Simuliidae Pl: Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesidae	<b>5</b>
E: Baetidae, Caenidae C: Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae D: Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Rhagionidae Mg: Sialidae Pl: Piscicolidae A: Hidracarina	<b>4</b>
H: Mesovellidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Veliidae, Notonectidae, Corixidae C: Helodidae, Hydrophilidae, Hicrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae M: Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeriidae Hr: Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae C: Asellidae, Ostracoda	<b>3</b>
D: Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydridae	<b>2</b>
O: Oligochaeta (Todas As Famílias) D: Syrphidae	<b>1</b>