



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE BRAGANÇA** Escola Superior Agrária

**Estudo de Populações de Mexilhão-de-Rio
(*Margaritifera margaritifera* L.): Análise da
Qualidade Ecológica de Ecossistemas Lóticos
da Bacia Hidrográfica do Rio Tua (NE Portugal)**

Ana Marília Barreira Claro

**Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção
do Grau de Mestre em GESTÃO DE RECURSOS FLORESTAIS**

BRAGANÇA

Novembro 2010



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE BRAGANÇA** Escola Superior Agrária

**Estudo de Populações de Mexilhão-de-Rio
(*Margaritifera margaritifera* L.): Análise da
Qualidade Ecológica de Ecossistemas Lóticos
da Bacia Hidrográfica do Rio Tua (NE Portugal)**

Ana Marília Barreira Claro

**Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção
do Grau de Mestre em GESTÃO DE RECURSOS FLORESTAIS**

Orientação: Professor Doutor Amílcar António Teiga Teixeira

Co-Orientação: Professora Doutora Simone Graça Pinto Varandas

Bragança

Novembro 2010

Editado por

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA – ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE BRAGANÇA

Campos de Santa Apolónia Apartado - 1172

5301-855 BRAGANÇA

Portugal

Telefone: (+351) 273 303 200 ou (+351) 273 331 570

✉ sacd@ipb.pt ou grei@ipb.pt

🌐 <http://www.esa.ipb.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Gestão de Recursos Florestais – 2009/2010 – Departamento Ambiente e Recursos Naturais, Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, Portugal, 2010.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica cedida pelo Autor.

AGRADECIMENTOS

Agora que esta dissertação está concluída, não posso deixar de demonstrar o meu reconhecimento e gratidão a todas as pessoas que de forma directa ou indirecta contribuíram e me ajudaram na realização deste trabalho.

Antes de mais agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Amílcar Teixeira e à co-orientadora, Professora Doutora Simone Varandas pela paciência, simpatia, boa disposição, prontidão e apoio científico, fundamentais para a elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Manuel Lopes-Lima do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar e ao Professor Doutor Ronaldo Sousa da Universidade de Braga pela colaboração no trabalho de campo e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Eng.º Daniel Saraiva, essencial no trabalho de campo.

Aos meus Pais, Francisco e Teresa pelo apoio prestado sempre que necessário.

À Sónia Geraldês, pela amizade e simpatia que sempre demonstrou.

Aos meus amigos académicos e afilhados de curso.

Às minhas colegas de casa Lucília e Cristiana.

RESUMO

Na bacia hidrográfica do Rio Tua, no Nordeste de Portugal, estão referenciadas as últimas populações viáveis duma espécie ameaçada a nível nacional e mundial, o mexilhão-de-rio *Margaritifera margaritifera* Linnaeus 1758. Apesar de existirem trabalhos acerca da distribuição e densidade da espécie em Portugal, são poucos os estudos que analisam os requisitos ecológicos desta náíade em sistemas aquáticos da região transmontana. Neste estudo fez-se uma abordagem global da qualidade ecológica de sistemas lóticos da bacia do Tua e, mais especificamente, uma análise detalhada da qualidade da água e sedimentos e do habitat/microhabitat usado pela náíade na cabeceira dos rios Tuela e Rabaçal.

O bom estado de integridade ecológica detectado nos cursos de água do Alto Tua, ao nível abiótico (bom estado de conservação de habitats aquáticos e ribeirinhos e boa qualidade da água) e biótico (domínio de espécies estenobiontes e composição faunística autóctone) contrastou com sinais de perturbação presentes em troços amostrados no Baixo Tua (e.g. poluição, regularização, degradação de habitats e presença de espécies exóticas). Relativamente aos requisitos ecológicos da náíade, foi caracterizado o habitat (*River Habitat Survey*) e o microhabitat usado pela espécie. Foram seleccionados 30 transectos por cada troço de rio e determinadas as variáveis da profundidade, substrato dominante e subdominante, velocidade da corrente, medida na coluna de água e no leito, e cobertura para cada área amostrada (0,25 m²). Verificou-se que a *M. margaritifera* apresentou uma distribuição espacial muito agregada. As curvas de preferência detectaram diferenças entre juvenis, presentes maioritariamente em habitats com corrente, menor profundidade e substrato grosseiro (pedras) e adultos, também presentes em zonas lânticas, com maior profundidade e substrato de granulometria fina (areias). Paralelamente, foi ainda encontrada uma similitude de comportamento entre a *M. margaritifera* e os juvenis e alevins de *Salmo trutta*, o que permite confirmar a importância assumida pelo hospedeiro na preservação da náíade. Apesar da boa qualidade da água foi encontrada alguma influência antrópica dada a presença de coliformes totais na água e sedimentos.

No futuro, será importante proceder regularmente à monitorização dos sistemas aquáticos e avaliar os efeitos de potenciais impactos (e.g. regularização, poluição, sobrepesca) com o intuito de evitar a regressão assinalada noutros rios de Portugal e definir e aplicar medidas de conservação orientadas especificamente para a espécie mas também para os ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, nomeadamente nos sectores localizados no Parque Natural de Montesinho.

Palavras-chave: *Margaritifera margaritifera*, qualidade da água, habitat, biomonitorização

ABSTRACT

The last viable populations of pearl mussel populations *Margaritifera margaritifera* Linnaeus 1758, a threatened national and world species, are reported in the River Tua basin, northeastern Portugal. Despite of the knowledge about species distribution and density, there is a lack of information related with ecological quality of aquatic systems of the region. In this study, it was made a global approach of ecological quality of lotic systems and, in detail, a particular analysis of sediment and water quality and the habitat/microhabitat used by the pearl mussel populations in the headstreams of Tuela and Rabaçal rivers.

The good ecological integrity status detected in the water courses of Upper Tua, in terms of abiotic (*i.e.* good aquatic and riparian habitats and excellent water quality) and biotic features (dominance of autochthonous species with high ecological requirements) differed, markedly, from some sampled reaches in the Lower Tua, where different signs of disturbance (*e.g.* pollution, regulation, habitat disruption and presence of alien species) were found. The ecological requirements of pearl mussel populations were evaluated through the habitat characterization (*River Habitat Survey*) and the microhabitat used by *M. margaritifera*. 30 transects were selected in each river reach and measured the following variables: total depth, dominant and sub-dominant substrate, water current into the water column and near the bottom and cover for each sampled area (0.25 m²). It was found an aggregated spatial distribution by the pearl mussel populations. Preference curves detected differences between juvenile, mainly present in riffle zones, with lower depth and coarse substrate (cobble) and adult pearl mussels, also present in pool zones with higher depths and fine substrate (silt and sand). The same behaviour for the microhabitat used was found between *M. margaritifera* and *Salmo trutta*, namely with young-of-year and juveniles, confirming the importance assumed by this unique obligatory host species in the preservation of the bivalve species. Despite of the good water quality, typically found in these headwater streams, it was found some microbiological contamination of water and sediments.

In the future, it will be important promote a regular monitoring of aquatic systems and the evaluation of potential impacts (*e.g.* regulation, pollution, over-fishing) in order to avoid the regression of pearl mussel populations reported in other Portuguese rivers. At the same time, conservation measures must be defined and applied not only for this species but also for all the aquatic and riparian ecosystems where this species is present, namely in segments located inside of Montesinho Natural Park.

Key-words: *Margaritifera margaritifera*, water quality, habitat, biomonitoring

INDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. BIO-ECOLOGIA DA ESPÉCIE <i>Margaritifera margaritifera</i> L.....	1
1.2. OBJECTIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
BIBLIOGRAFIA.....	9
CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS LÓTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUA (NE PORTUGAL)	11
RESUMO.....	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	13
2.2. METODOLOGIA.....	18
3. RESULTADOS	25
3.1. Avaliação físico-química	25
3.2. Habitats fluviais	28
3.3. Comunidades de macroinvertebrados	29
3.3.1. Riqueza taxonómica	29
3.3.2. Diversidade e equitabilidade	31
3.3.3. Índices bióticos IBMWP e IPT _N (Índice Português de Invertebrados do Norte).....	31
3.3.4. Grupos tróficos	32
3.3.5. Biotipologia das comunidade de macroinvertebrados	33
3.4. Comunidades piscícolas	35
4. DISCUSSÃO	39
BIBLIOGRAFIA.....	42
CAPÍTULO 3: ANÁLISE DO HABITAT E MICROHABITAT USADO PELAS POPULAÇÕES DE MEXILHÃO-DE-RIO (<i>Margaritifera margaritifera</i> L.) NOS RIOS RABAÇAL E TUELA (NORDESTE DE PORTUGAL)	46
RESUMO.....	46
1. INTRODUÇÃO	47
2. MÉTODOS	48
3. RESULTADOS	55
4. DISCUSSÃO	59
BIBLIOGRAFIA.....	62
CAPÍTULO 4: CONCLUSÕES	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
ANEXOS	69

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1.1. BIO-ECOLOGIA DA ESPÉCIE *Margaritifera margaritifera* L.

Actualmente, existe uma preocupação mundial com o declínio global detectado nos moluscos não-marinhos e, muito em particular, nos moluscos bivalves de água-doce (LYDEARD *et al.* 2004). Nos ambientes dulçaquícolas existem duas ordens pertencentes à classe Bivalvia, caso dos Unionoida (náíades) e Veneroida (esféridos, entre outros), que têm características marcadamente distintas. As náíades atingem normalmente grandes dimensões e longevidade e são conhecidas pela ligação do seu ciclo de vida com a íctiofauna, mediante o desenvolvimento de uma larva parasita, denominada gloquídeo (Figura 1). Esta fase de parasitismo obrigatório consiste numa notável estratégia de dispersão, uma vez que aproveita a mobilidade e capacidade de colonização da fauna piscícola, especialmente em troços situados a montante da ocorrência dos progenitores. Pelo contrário, a maioria dos bivalves da ordem Veneroida, possui usualmente uma baixa longevidade (< 3 anos) e tamanho diminuto (< 1cm), distinguindo-se também das náíades pela sobrevivência da espécie não necessitar de parasitar obrigatoriamente hospedeiros para completar o seu ciclo de vida (REIS 2006).

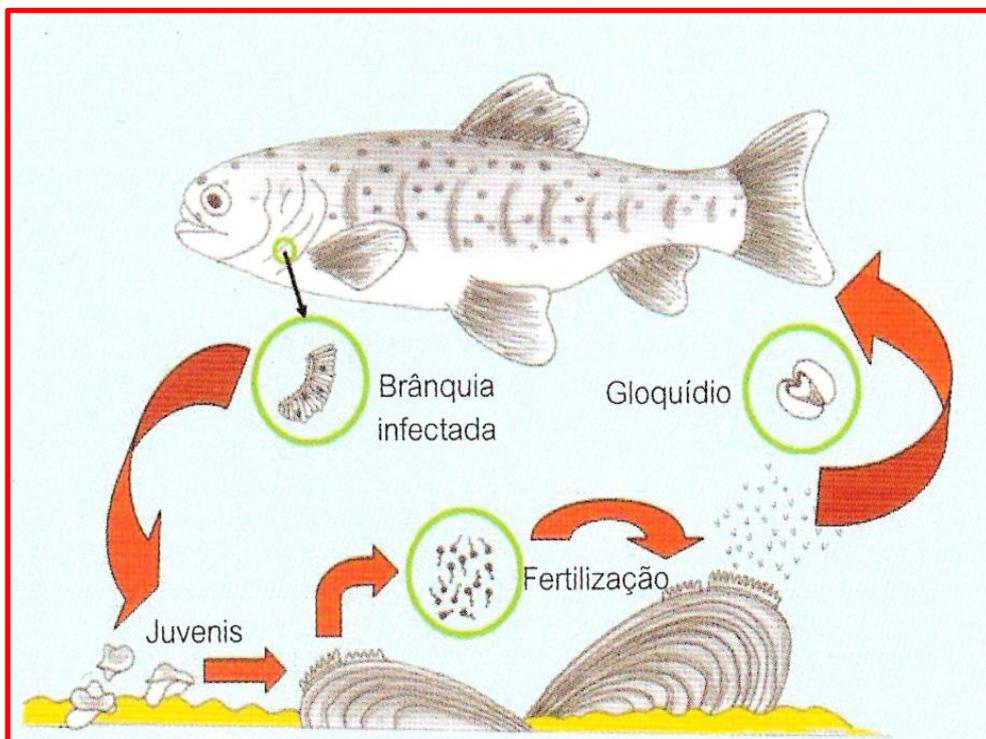


Figura 1. Ciclo de vida duma náíade (adaptado de REIS 2006).

Segundo REIS (2006) a fauna de bivalves de água doce de Portugal inclui 16 espécies que pertencem às famílias Margaritiferidae (1 espécie), Unionidae (5 espécies), Sphaeriidae (9 espécies) e Corbiculidae (1 espécie).

Nos cursos de água da bacia hidrográfica do Rio Tua estão presentes quatro espécies autóctones de náíades (Figura 2), distribuídos pelas famílias **Margaritiferidae**: Mexilhão-de-rio ou Náíade perlífera *Margaritifera margaritifera* e **Unionidae**: Náíade pequena *Unio delphinus*, Náíade negra *Potomida littoralis* e Almeijão-de-rio *Anodonta anatina*.



Figura 2. Náíades (Ordem Unionoida) presentes na bacia hidrográfica do rio Tua: Náíade perlífera *Margaritifera margaritifera* (A); Náíade pequena *Unio delphinus* (B); Almeijão-de-rio *Anodonta anatina* (C); e Náíade negra *Potomida littoralis* (D).

Estão também referenciadas diversas espécies de esféridos autóctones da família **Sphaeriidae**, nomeadamente *Sphaerium corneum*, *Pisidium subtruncatum*, *Pisidium casertanum* e *Pisidium personatum*. Finalmente, deve ainda registar-se a presença duma espécie exótica da família **Corbiculidae**, a amêijoia-asiática *Corbicula fluminea* (REIS 2006) (Figura 3).

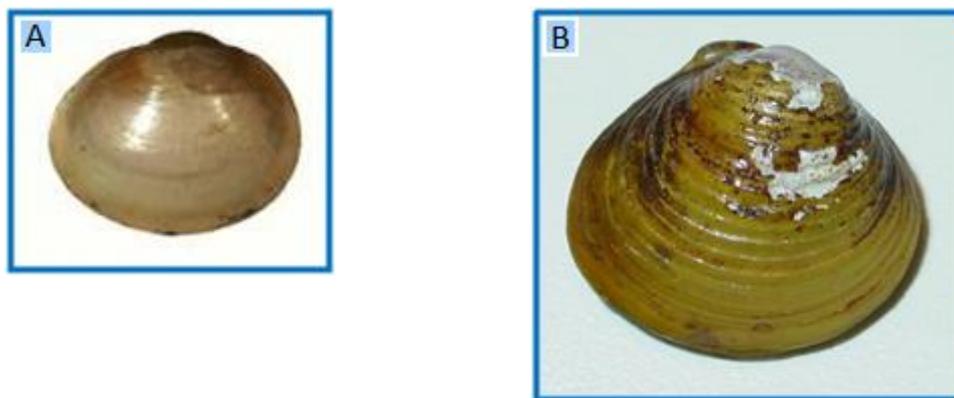


Figura 3. Outros bivalves de água doce (Ordem Veneroida) presentes na bacia hidrográfica do rio Tua: esféridos autóctones (Família Sphaeriidae) (A) e a amêijoasiática *Corbicula fluminea* (Família Corbiculidae) (B).

Dentro dos bivalves, os mexilhões de água-doce (Mollusca, Bivalvia, Unionoida) são um dos grupos mais ameaçados e com maior perigo de extinção (BOGAN 1993; WILLIAMS *et al.* 1993; NEVES *et al.* 1997; STRAYER *et al.* 2004). Segundo BAUER (1988), as estimativas até aos anos 90 permitiram assinalar um declínio superior a 90% nas populações europeias. Associado ao desaparecimento destas espécies, está para além da diminuição na biodiversidade outras consequências ecológicas ao nível do funcionamento dos ecossistemas aquáticos resultante, por exemplo, das alterações promovidas no processamento de partículas em suspensão, transformação de nutrientes e revolvimento dos sedimentos (VAUGHN & HAKENKAMP 2001).

O mexilhão-de-rio (*Margaritifera margaritifera* Linnaeus, 1758) é actualmente, uma das espécies de náíades mais ameaçada a nível nacional e mundial. Por isso mesmo, trata-se de uma espécie internacionalmente protegida pela Convenção Sobre a Conservação da Vida Selvagem e dos Habitats Naturais (Convenção de Berna), pela Directiva CE sobre a Convenção dos Recursos Naturais e habitats semi-naturais da Fauna e da Flora e foi ainda listada como “Vulnerável” na Lista Vermelha da IUCN (ÁLVARES *et al.* 2000; REIS 2003). Outrora, foi muito abundante na região Holárquica (Norte da Europa, Eurásia e América do Norte). No entanto, actualmente, no continente europeu a distribuição e densidade da espécie está muito reduzida, como por exemplo na Grã-Bretanha onde estão referenciadas algumas populações dispersas, enquanto noutros países está quase extinta, como na França e Alemanha. Na Península Ibérica existem ainda algumas populações viáveis (ÁLVARES *et al.* 2000; REIS 2003). Em Portugal, este mexilhão-de-rio foi registado pela primeira vez em 1845, por MORELET, e pode actualmente ser encontrado apenas nas bacias hidrográficas do Douro (Paiva, Mente, Rabaçal e Tuela, embora segundo LOPES-

LIMA (com. pessoal) existam alguns núcleos recentemente detectados nos rios Beça e Terva) e do Noroeste (Neiva e Cávado) (REIS 2003).

O mexilhão-de-rio tem um crescimento lento e um ciclo de vida bastante complexo e longo, comparativamente com outros invertebrados. Alguns autores (GEIST *et al.* 2006) referem que pode atingir 200 anos, enquanto outros (ÁLVARES *et al.* 2000) assinalam 80 a 100 anos, embora na Península Ibérica, segundo os registos que existem não ultrapassará os 60 anos. A longevidade desta espécie é tanto maior quanto maior a latitude em que se encontra (REIS 2006). Pode atingir um comprimento que varia entre 22 e 116 mm, tendo na maioria dimensões entre os 65 e os 70mm. No seu ciclo de vida tem uma fase parasita obrigatória e são encontrados exclusivamente nas brânquias de peixes da família Salmonidae (ÁLVARES *et al.* 2000) (Figura 4).



Figura 4. Exemplar de truta, *Salmo trutta*, infestado com larvas (gloquídeos) de mexilhão-de-rio, *Margaritifera margaritifera*, nas brânquias.

Esta espécie tem uma estratégia reprodutiva complexa, uma única fêmea pode produzir vários milhões de larvas (gloquídeos) por ano. Atinge a maturidade sexual entre os 7 e os 20 anos, é uma espécie dióica, mas existem relatos de hermafroditismo, em situações em que a densidade populacional caia abaixo de um valor crítico. A gestação, dura 2-3 meses desde Junho e a fase larvar inicia-se em Agosto. Os gloquídeos são parasitas e têm uma estrutura em forma de gancho que utilizam para se fixar nas brânquias das trutas, onde podem ficar várias semanas (até 10 meses), dependendo da temperatura da água, sofrendo metamorfoses durante esse período (GEIST *et al.* 2006).

Relativamente à bio-ecologia da espécie destaca-se a preferência por rios oligotróficos colonizando habitats próximos das margens de rios sombrios, com águas correntes e frias, substrato grosseiro, tipicamente composto por cascalho, areias e pedras, onde se enterra

total ou parcialmente. Geralmente a temperatura da água é inferior a 20° C, com pH próximo de 7, e alto teor de oxigénio dissolvido. A nível da alimentação, todos os bivalves de água doce alimentam-se filtrando a água por um sistema de cílios, sendo a sua dieta constituída por plâncton. Em condições óptimas, os bivalves atingem densidades elevadas e são determinantes na qualidade de água, devido ao elevado volume que filtram. São extremamente intolerantes a qualquer tipo de poluição (ÁLVARES *et al.* 2000).

Para além da conservação do habitat, a sua sobrevivência depende também da disponibilidade do hospedeiro (ARAUJO & RAMOS 2000; GEIST *et al.* 2006). Os peixes hospedeiros desta espécie conhecidos na Europa são a truta comum (*Salmo trutta fario* L.), a truta marisca (*Salmo trutta trutta* L.) e o salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.). Muitos peixes hospedeiros tornam-se progressivamente resistentes à infecção pelos gloquídeos. O hospedeiro também pode ter algumas vantagens com este processo, dado ser provável que beneficie da reduzida suspensão de matéria orgânica na água do rio. Neste sentido, existem autores que consideram esta relação como sendo uma simbiose em vez de simples parasitismo (GEIST *et al.* 2006).

As principais ameaças para a *Margaritifera margaritifera* resultam essencialmente de (REIS 2006; GEIST *et al.* 2006):

- Regularização dos sistemas hídricos: os cursos de água transformam-se em valas artificiais com a uniformização do substrato, o que leva à modificação drástica do leito do rio, à destruição da mata ripícola e da vegetação aquática e à reestruturação artificial das margens, provocando a homogeneização do habitat, eliminando a alternância das zonas de remanso e de rápidos, essenciais para a sobrevivência destes bivalves e para o refúgio, reprodução e alimentação dos peixes hospedeiros;
- Descargas de efluentes: trata-se uma espécie muito sensível a alterações das propriedades físicas e químicas da água;
- Construção de barragens e açudes: provocam uma série de alterações no sistema, já que o sistema passa de lótico a lêntico, ocorrendo, muitas vezes, fenómenos de eutrofização e alteração dos parâmetros físico-químicos da água (aumento de temperatura, diminuição do oxigénio dissolvido e alteração de pH). As barragens e os açudes provocam também fragmentação do habitat, ou seja, uma população é isolada perdendo a viabilidade futura;
- Desaparecimento dos hospedeiros: observar o estado das populações de peixes hospedeiros, pertencentes à família Salmonidae, é o primeiro passo para ter uma noção de como se encontra a população de mexilhões-de-rio. Este mesmo estado pode ser verificado por meio de pesca eléctrica, metodologia que tem pouco impacto

sobre os peixes e é inofensiva para os mexilhões. As alterações do habitat dos hospedeiros funcionam como ameaça também para a *M. margaritifera*;

- Extracção de inertes: os bivalves podem ser removidos juntamente com os inertes. Ocorrem alterações da morfologia do leito do rio e destruição da vegetação ripícola. Os peixes hospedeiros são também afectados no que respeita ao abrigo, alimentação e desova. Durante os trabalhos de extracção há aumento da turbidez da água num troço considerável a jusante, o que pode ser responsável pela deposição de sedimentos finos que colmatam o substrato, impedindo o desenvolvimento dos bivalves juvenis;
- Introdução de espécies exóticas: podem restringir o número de espécies autóctones hospedeiras. As espécies exóticas de lagostim alimentam-se dos juvenis e adultos desta espécie, e as espécies exóticas de outros bivalves competem com a *M. margaritifera*;

Para ARAUJO e RAMOS (2000) e (ÁLVARES *et al.* 2000), existe um conjunto de medidas de conservação que devem ser tomadas, como sejam:

- Restringir a colheita, já que a sobre-exploração de pérolas provocou grandes estragos em alguns países. Em Portugal tem-se registado ainda a exploração com fins gastronómicos que pode também ameaçar algumas populações;
- Proceder a estudos de investigação, dado que a monitorização permite ter uma base de dados adequada (e.g. tamanho das populações, idades, recrutamento anual);
- Proteger os peixes hospedeiros;
- Proteger os habitats essenciais para os mexilhões-de-rio e hospedeiros;
- Estabelecer colónias de reprodução em cativeiro;
- Fazer a reintrodução de mexilhões-de-rio, de preferência através de hospedeiros infestados, sempre que esgotadas outras medidas de recuperação das populações residentes;
- Monitorizar a quantidade e qualidade da água;
- Educar e sensibilizar os cidadãos.

O panorama associado à espécie em Portugal aponta também para uma regressão considerável, entre outros factores, devido à acção do homem. Em relação aos rios Cávado, Neiva e Paiva, o declínio registado foi causado pela poluição e pela alteração do canal do rio, sendo que as populações de mexilhão destes rios são pequenas e sem evidências de recrutamento recente. As duas populações que se encontram estáveis e com sucesso reprodutor, estão localizadas nos rios Tuela e Rabaçal no interior do Parque Natural de

Montesinho. O Rio Rabaçal destaca-se pelos 63 km de extensão ocupados por *M. margaritifera* e com uma população estimada em aproximadamente 1 000 000 de indivíduos. As razões para as populações destes rios serem consideradas prósperas, consiste no facto destes locais estarem em bom estado de conservação. No entanto, no rio Rabaçal, foram já construídas barragens que, a longo prazo, podem vir a provocar um efeito desastroso sobre as populações de mexilhão-de-rio, como aconteceu no passado no rio Cávado (REIS 2003).

1.2. OBJECTIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho pretendeu contribuir para um conhecimento mais aprofundado das condições ambientais presentes em diferentes cursos de água da bacia hidrográfica do rio Tua e mais especificamente dos requisitos ecológicos da *Margaritifera margaritifera* L.. Os objectivos mais específicos deste estudo foram:

- 1) Caracterizar o *status* ecológico e determinar a integridade biótica em alguns cursos de água distribuídos ao longo da bacia hidrográfica do Rio Tua (rios Rabaçal, Mente, Tuela, Baceiro, Tinhela, Tua, e ribeiras de Aila e S. Cibrão) com base nas características abióticas (qualidade da água, habitat) e bióticas (comunidades de macroinvertebrados e peixes). Actualizar a informação referente à distribuição e densidade de espécies autóctones, com relevo para endemismos piscícolas ibéricos.
- 2) Avaliar e actualizar os estudos do mexilhão-de-rio (*Margaritifera margaritifera* L.), espécie com elevado valor conservacionista, ameaçada a nível nacional e mundial. Sabendo que as populações mais estáveis e com sucesso reprodutivo se encontram nos rios Tuela e Rabaçal optou-se por privilegiar os troços de cabeceira destes rios, situados no Parque Natural de Montesinho, com o intuito de conhecer, em pormenor, os requisitos ecológicos associados à qualidade da água e sedimentos e ao uso do habitat/microhabitat pela espécie. Por outro lado, foi ainda caracterizado o uso de recursos disponíveis (e.g. habitat) pelas populações de truta, hospedeiro obrigatório da *M. margaritifera* na fase larvar.

A dissertação está organizada em quatro capítulos, correspondendo o primeiro (capítulo 1) à presente introdução na qual é feita, para além da definição dos objectivos uma caracterização ecológica sucinta da espécie *Margaritifera margaritifera*. Os dois capítulos seguintes (capítulos 2 e 3) são apresentados sob a forma de artigos científicos e são os seguintes:

CAPÍTULO 2. Caracterização Ecológica de Ecossistemas Lóticos da Bacia Hidrográfica do Rio Tua (NE Portugal)

CAPÍTULO 3. Análise do Habitat e Microhabitat Usado pelas Populações de Mexilhão-de-Rio (*Margaritifera margaritifera* L.) nos Rios Rabaçal e Tuela (Nordeste de Portugal)

No capítulo 4 é feita a conclusão do estudo, baseada nos vários estudos parcelares realizados e apresentados separadamente nos capítulos 2 e 3. Finalmente, nas considerações finais é destacada a necessidade de desenvolvimento de novas linhas de investigação de modo a esclarecer as dúvidas que subsistem no âmbito dos estudos associados à espécie.

BIBLIOGRAFIA

- ÁLVARES, C.C.; GARCÍA, P.R.; OCHARAN, R. & CABRAL, J. A. 2000. A new record of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia Unionoida) from the River Narcea (Asturias, north-western Spain). *Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst.* 10: 93–102.
- ARAUJO, R. & RAMOS, M.A. 2000. Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Conservation*, 96: 233-239.
- BAUER, G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. In Central Europe. *Biological Conservation*. 45:239-253.
- BOGAN, A.E. 1993. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionoida): a search for causes. *American Zoologist* 33: 599- 609.
- 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.
- LYDEARD, C., COWIE, R., PONDER, W., BOGAN, A., BOUCHET, P. & CLARK, S. 2004. The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience*, 54, 321-330.
- NEVES, R.J.; BOGAN A.E.; WILLIAMS J.D.; AHLSTEDT S.A. & HARTFIELD P.W. 1997. Status of aquatic mollusks in the Southeastern United States: A downward spiral of diversity, p. 43-85. In: G.E. BENZ & D.E. COLLINS (Eds). *Aquatic Fauna in Peril: The southeastern perspective*. Decatur, Southeast Aquatic Research Institut. Special Publication 1, 554p.
- REIS, J. 2003. The freshwater pearl mussel [*Margaritifera margaritifera* (L.)] (Bivalvia, Unionoida) rediscovered in Portugal and threats to its survival. *Biological Conservation*, 114: 447–452.
- REIS, J. 2006. *Atlas dos Bivalves de Água Doce em Portugal Continental*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa. 130 pp.
- STRAYER, D.L., DOWLING J.A., HAAG W.R., KING T.L., LAYZER J.B., NEWTON T.J. & NICHOLS, S.J. 2004. Changing perspectives on Pearly Mussels, North America's most Imperiled Animals. *BioScience* 54:429-439.
- VAUGHN, C.C., & HAKENKAMP C.C. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*. 46:1431–1446.

WILLIAMS J.D., WARREN M.L. Jr., CUMMINGS K.S., HARRIS J.L. & NEVES R.J. 1993.
Conservation Status of Freshwater Mussels of the United States and Canada. Fisheries,
Vol. 18, No. 9.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS LÓTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TUA (NE PORTUGAL)

RESUMO

Foi avaliada a integridade ecológica do rio Tua e de vários afluentes, caso dos rios Rabaçal, Mente, Tuela, Baceiro, Tinhela, Macedo, e ribeiras de S. Cibrão e Aila, com base em parâmetros abióticos e bióticos determinados no Verão de 2009. Verificou-se uma qualidade ecológica superior nos troços de cabeceira dos rios Rabaçal, Mente, Tuela e Baceiro inseridos numa área protegida, o Parque Natural de Montesinho. Relativamente à qualidade da água detectaram-se elevados teores de oxigénio dissolvido e baixos teores em sais dissolvidos e nutrientes, para além duma temperatura estival da água baixa, típica de zonas de aptidão salmonícola. Estes cursos de água apresentaram sinais de baixa influência antrópica e uma boa capacidade de auto-depuração do meio aquático. Para tal contribuem as características fisiográficas do Alto-Tua, que conferem declives acentuados dos cursos de água, normalmente encaixados em vales estreitos e fortemente ensombrados por galerias extensas de bosques ripícolas. A elevada heterogeneidade de microhabitats aquáticos e ribeirinhos associada à boa qualidade da água garantem condições ambientais adequadas à ocorrência de uma biodiversidade assinalável ao nível dos macroinvertebrados e peixes. Realce para a presença de muitos endemismos ibéricos e de espécies com estatuto de conservação importante, como seja o mexilhão-de-rio (*Margaritifera margaritifera* L.). Em contraste, foram identificados diferentes fenómenos de perturbação nos sectores do Baixo Tua devido principalmente aos impactos resultantes dos aglomerados populacionais rurais e urbanos, à agricultura praticada nas margens do rio, assim como a indústrias de média (e.g. complexo do Cachão) e pequena dimensão (e.g. unidades pecuárias familiares) que, associados à presença e expansão de espécies exóticas invasoras (e.g. *Lepomis gibbosus*, *Procambarus clarkii*) e à regularização de caudais prevista no futuro Aproveitamento Hidroeléctrico de Foz-Tua (AHFT) vão, certamente, contribuir para um cenário dominado pela diminuição da integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: integridade ecológica, qualidade da água, habitats, *biota*

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o homem sempre se serviu dos ecossistemas aquáticos em benefício próprio, sem dar importância aos impactos e consequências que resultavam de uma gestão incorrecta. O modo como as diferentes componentes de um ecossistema aquático estão organizadas, ou seja, a influência de factores abióticos, a composição e estrutura da fauna e flora presentes, as interações existentes, e especialmente as alterações de origem antrópica, justificam, na actualidade, a necessidade de conservar e/ou melhorar o “estado de saúde” de muitos sistemas aquáticos e prevenir situações alarmantes para a conservação de muitas espécies autóctones ameaçadas (e.g. peixes, bivalves).

Segundo a Directiva-Quadro da Água (DQA) todas as massas de água dos países membros da Comunidade Europeia deverão atingir, até 2015, não só um bom estado químico como também ecológico (DIRECTIVA 2000/60/CE). É neste enquadramento que a monitorização dos cursos de água assume uma importância vital e estratégica para Portugal, perante um cenário desfavorável em termos de uma baixa integridade ecológica manifestada por muitos sistemas aquáticos. De facto, são facilmente identificadas perturbações de índole diversa, entre as quais podemos destacar: poluição tóxica e difusa, eutrofização, cortes excessivos da galeria ripícola, extracção de inertes, introdução de espécies exóticas, regularização de caudais e sedimentação (CORTES *et al.* 2002).

Na monitorização dos ecossistemas aquáticos é, desde logo, essencial contemplar uma boa caracterização do meio abiótico, uma vez que interfere decisivamente com o estabelecimento e desenvolvimento dos organismos aquáticos e muitas das variações detectadas, por exemplo, nos parâmetros físico-químicos da água resultam das interações dos factores ambientais que incidem sobre a bacia de drenagem (e.g. clima, relevo, geologia, vegetação, uso do solo) (VIDAL-ABARCA *et al.* 1994). Adicionalmente importa qualificar e quantificar a diversidade de habitats e microhabitats aquáticos e ribeirinhos e, por fim, analisar mediante o uso de metodologias diferenciadas as diferentes populações presentes num dado ecossistema. Nesta medida, através da biomonitorização é possível fazer uma avaliação da qualidade biológica de um dado ecossistema aquático e perceber, em caso de perturbação, o desvio relativamente à situação de referência. Só assim se poderão definir as medidas apropriadas à requalificação, em caso de perturbação, de modo a atingir o bom estado químico e ecológico que a DQA impõe.

Fazem parte dos **objectivos deste trabalho** fazer uma avaliação do “status ecológico” de ecossistemas lóticos da bacia hidrográfica do rio Tua, mediante o estudo da qualidade da água, e das comunidades de macroinvertebrados e peixes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O **Rio Rabaçal** (Figura 1) nasce na Galiza, próximo da fronteira com Portugal e entra no país pelo concelho de Vinhais, onde conflui com o Rio Mente. Possui duas barragens antes de se juntar ao Rio Tuela a Norte de Mirandela, para formar o Rio Tua, uma no extremo sul do concelho de Vinhais (Barragem de Rebordelo) e a segunda no conselho de Mirandela /Valpaços (Barragem de Buçoais-Sonim) (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Rabacal; http://cnpqb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapanorte.htm);



Figura 1. Localização do troço amostrado no Rio Rabaçal (próximo da localidade de Gestosa).

O **Rio Mente** (Figura 2) nasce a 1292m de altitude na Serra de Teixeira (Galiza) e tem uma extensão de 57km. É um rio profundamente encaixado, com um desnível entre o leito e a montanha pode ultrapassar os 400m (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Mente);



Figura 2. Localização do troço amostrado no Rio Mente (próximo de Sandim)

O **Rio Tuela** (Figura 3) nasce igualmente em Espanha, na província de Castela e Leão, na Serra Secundera, a 1896m de altitude. Tem como afluentes principais 4 rios, 2 no território espanhol e 2 no território português. É um Rio com uma extensão semelhante ao Rio Rabaçal e possui uma barragem no conselho de Vinhais em Vila Verde (Barragem de Nunes) (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tuela; http://cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapanorte.htm);



Figura 3: Localização do trecho amostrado no Rio Tuela (próximo de Soeira).

O **Rio Baceiro** (Figura 4) nasce na Serra da Tejera em Espanha, a cerca de 1600m de altitude. Nos vales existem muitos lameiros que se mantêm verdes todo o ano. Insere-se numa zona onde se encontra uma das maiores manchas de carvalho da Península Ibérica (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Baceiro);

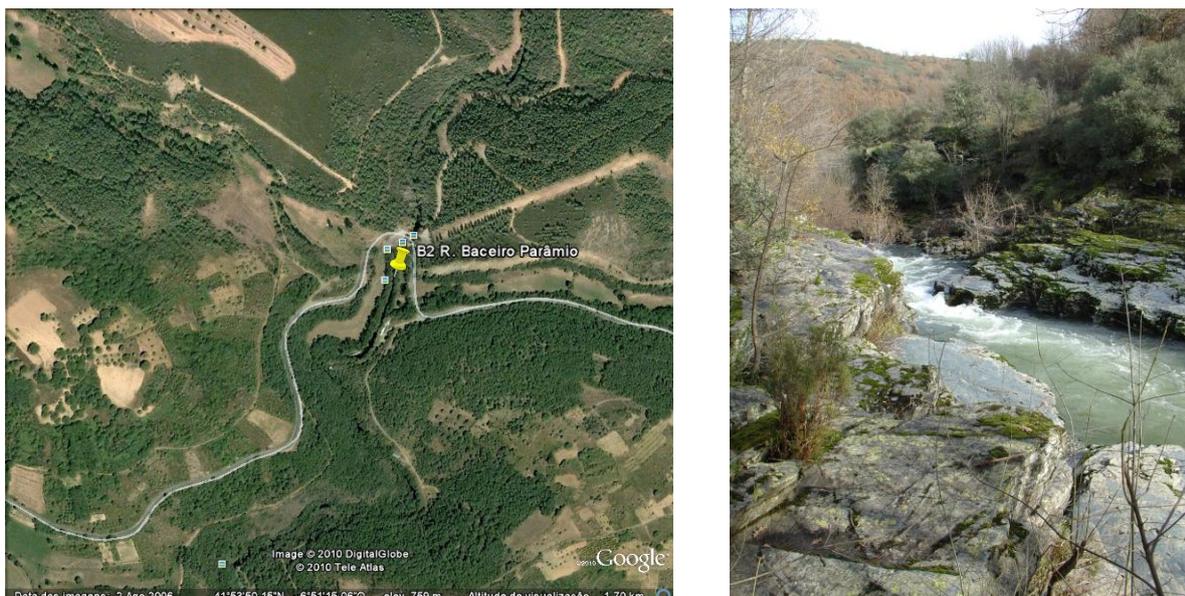


Figura 4: Localização do trecho amostrado no Rio Baceiro (próximo do Parâmio).

A **Ribeira de S. Cibrão** (Figura 5) nasce na Serra da Nogueira correndo encaixado na paisagem, numa zona de baixa densidade populacional, até confluir com o Rio Macedo;



Figura 5: Localização do troço amostrado na Ribeira de S. Cibrão (próximo de S. Cibrão).

O **Rio Macedo** (Figura 6) resulta da junção de vários afluentes originários da Serra da Nogueira. É um afluente da margem esquerda do rio Tuela. Tem algumas planícies de aluvião onde se pratica uma agricultura (pomares de cerejeira; olival; soutos e zonas hortícolas);



Figura 6: Localização do troço amostrado no Rio Macedo (próximo de Vilarinho de Agrochão).

O **Rio Tinhela** (Figura 7) é um afluente da margem direita do Rio Tua. Possui zonas com galerias ripícolas importantes (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tinhela);

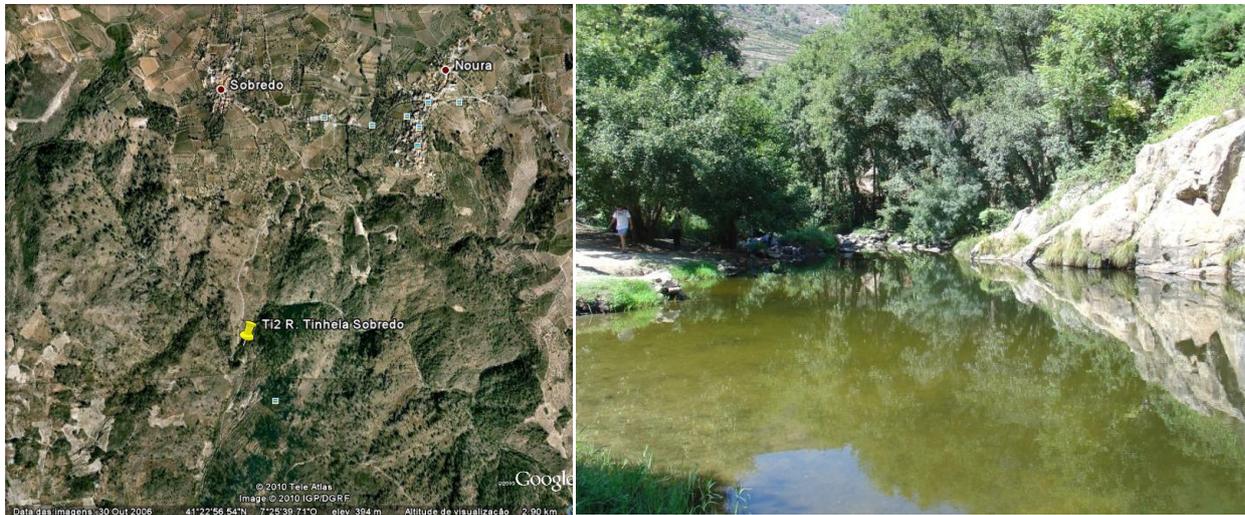


Figura 7: Localização do troço amostrado no Rio Tinhela (próximo de Sobredo/ Murça).

A **Ribeira de Aila** (Figura 8) é um pequeno afluente da margem esquerda do rio Tinhela, Durante o período estival pode adquirir carácter temporário devido à redução drástica do caudal.



Figura 8: Localização do troço amostrado na Ribeira de Aila (próximo do Franco/ Murça).

O **Rio Tua** (Figura 9) resulta da junção dos rios Tuela e Rabaçal e é um afluente da margem direita do Rio Douro. Tem uma influência antrópica elevada devido às descargas de efluentes domésticos e industriais e à agricultura praticada nas margens do rio (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tua).

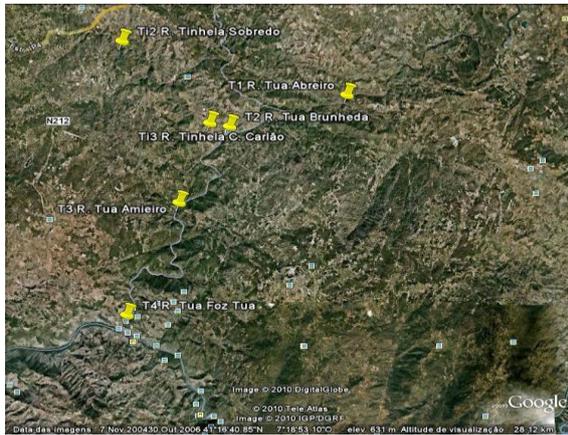


Figura 9: Localização do trecho amostrado Rio Tua (T1- Abreiro, imagem A; T2- Brunheda, imagem B; T3- Amieiro, imagem C; T4- Foz, imagens D e E).

2.2. METODOLOGIA

Neste estudo, realizado no Verão (Setembro de 2009), foram seleccionados 16 locais de amostragem distribuídos pelos rios Tua (4 locais de amostragem), Rabaçal (2), Tuela (1), Baceiro (2), Tinhela (3), Mente (1), Macedo (1), Ribeiras de S. Cibrão (1) e Aila (1), situados no Nordeste Transmontano (Bacia do Rio Douro) (Figura 10). Nos locais seleccionados foi realizada uma análise biofísica prévia do território em diversos aspectos como sejam a geologia, clima, uso do solo e influência antrópica (e.g. barragens, poluição).

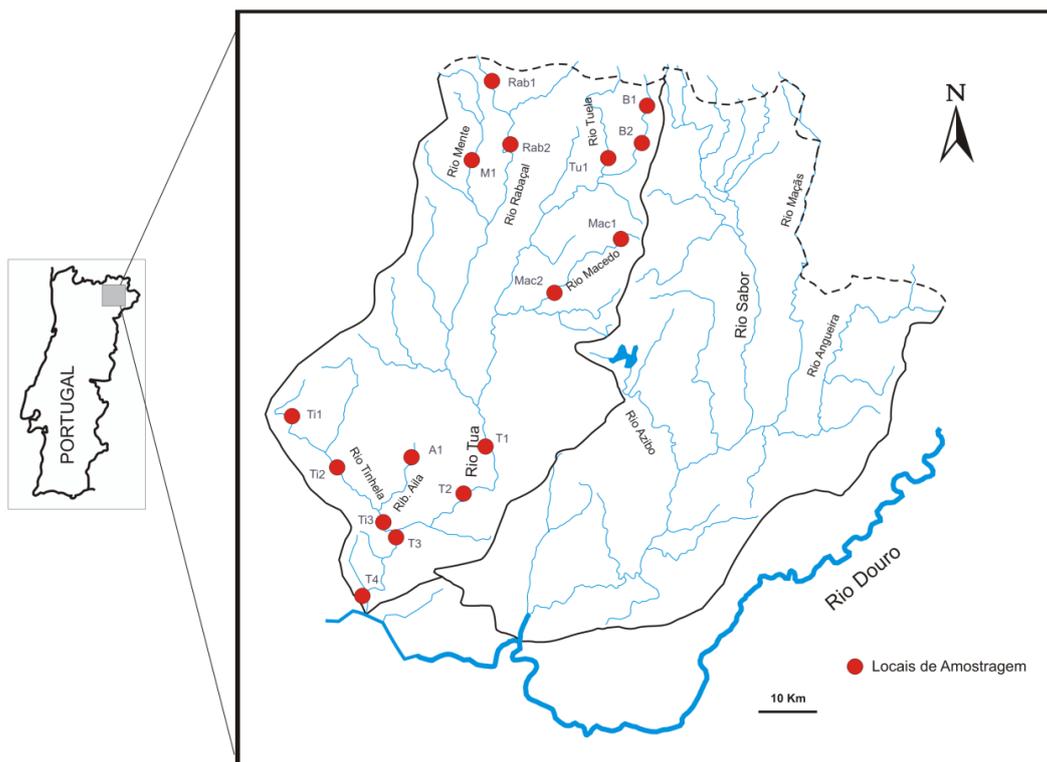


Figura 10. Localização dos troços amostrados na bacia hidrográfica do rio Tua.

Para a **caracterização da qualidade físico-química da água** foram recolhidas amostras convenientemente preservadas para realização de análises físico-químicas (e.g. fósforo e azoto totais) em laboratório. No campo, foram mensurados, através de métodos potenciométricos, os parâmetros da temperatura, pH, oxigénio dissolvido (OD), condutividade eléctrica e sólidos dissolvidos totais (TDS).

Para além da caracterização físico-química da água, é ainda muito importante conhecer o estado dos habitats presentes no curso de água e respectivas margens. Assim, em cada local de amostragem foi caracterizada a galeria ripícola e a morfologia e hidrodinâmica fluvial baseada na identificação de diferentes variáveis físicas do habitat, necessárias para a

determinação de índices adaptados a rios da Península Ibérica (Anexo I). A avaliação dos habitats fluviais foi então feita através do recurso aos seguintes índices:

- 1) **Índice de Qualidade do Bosque Ribeirinho- QBR** (MUNNÉ *et al.* 1998); e
- 2) **Índice de Qualidade do Canal- GQC** (CORTES *et al.* 1999)

Nos Quadros 1 e 2 estão discriminadas as amplitudes de variação consideradas para cada índice e o seu significado ecológico.

Quadro 1. Amplitudes de variação consideradas para o índice QBR, e seu significado.

Amplitude de valores	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 uma importante alteração, qualidade aceitável
30 – 50	IV	Forte alteração, má qualidade
0 – 25	V	Degradação extrema, péssima qualidade

Esta caracterização é de fulcral importância dado que o declínio está intimamente associado com a alteração antropogénica dos habitats, como os cortes excessivos da vegetação ribeirinha, a construção de açudes, a extracção de inertes, as captações de água para irrigação e os fenómenos de eutrofização e poluição tóxica e difusa que podem ocorrer ao longo dos diferentes ecossistemas aquáticos que constituem a rede hídrica da bacia hidrográfica do rio Tua.

Quadro 2. Amplitudes de variação consideradas para o índice GCQ, e seu significado.

Amplitude de valores	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)

A **caracterização do biota** foi baseada na amostragem das comunidades de invertebrados e de peixes com base nos protocolos estabelecidos em Portugal pelo Instituto da Água no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água (DQA) (INAG 2008a, b).



Figura 11. Comunidade de macroinvertebrados bentónicos e método de amostragem usado (rede de mão) na sua captura. Rio Rabaçal, Verão 2009.

a) Comunidades de macroinvertebrados

Na amostragem dos macroinvertebrados seleccionaram-se troços de 50 m, representativos dos habitats presentes, de modo a incluir no centro uma unidade de erosão (fluxo turbulento) a partir da qual se amostraram as unidades de sedimentação adjacentes (fluxo laminar). As comunidades foram amostradas com recurso a uma rede de mão com malha de 0,5 mm. Em cada local de amostragem efectuaram-se 6 arrastos de 1 metro de comprimento por 0,25 m de largura com a rede de mão (Figura 11), distribuídos de forma proporcional pelos habitats existentes. Foram ainda recolhidos invertebrados fixos ao substrato. Em laboratório, procedeu-se à triagem dos invertebrados e subsequente preservação em álcool a 70% para posterior identificação até maioritariamente ao nível taxonómico de Família, mediante o uso de lupas estereoscópicas com zoom de ampliação de 10-80x. A identificação foi feita com base em chaves dicotómicas apropriadas (e.g. TACHET *et al.* 1981, 2010).

A avaliação da qualidade biológica patente em cada local de amostragem foi realizada através do cálculo de dois índices, seguidamente descritos:

1) Índice IBMWP (ALBA-TERCEDOR & SANCHÉZ-ORTEGA 1998; ALBA-TERCEDOR 2000): Método relativamente rápido e simples de avaliar a qualidade biológica, uma vez que só necessita que os organismos sejam identificados até ao nível taxonómico de família. A cada família é atribuída uma pontuação, que oscila entre 10 e 1 (Anexo II), segundo um gradiente de menor a maior tolerância à poluição. Efectuando o somatório de todas as pontuações, relativas às famílias presentes em cada amostra, é possível enquadrar os valores obtidos nas cinco classes de qualidade apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Amplitudes de variação consideradas para o 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

2) Índice Português de Invertebrados do Norte IPTI_N (INAG 2009): Este índice integra diferentes métricas, abaixo definidas, como o nº de taxa, EPT, equitabilidade de Pielou J' (*Evenness*), índice de diversidade de Shannon-Weaner H', IASPT e Sel. ETD que aparecem combinadas na seguinte fórmula:

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

sendo:

- **EPT:** N^o de famílias pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera;
- **Evenness:** Designado por índice de Pielou ou Equitabilidade, é calculado como:

$$E = H' / \ln S$$

em que:

H' - diversidade de Shannon-Wiener

S - número de taxa presentes

Ln - logaritmo natural ou neperiano

O índice **Shannon-Wiener** calcula-se pela expressão $H' = - \sum p_i \ln p_i$ em que:

$$p_i = n_i/N$$

n_i - nº de indivíduos de cada *taxon i*

N- nº total de indivíduos presentes na amostra

- **IASPT**: ASPT Ibérico, que corresponde ao IBMWP (ALBA-TERCEDOR 2000) dividido pelo número de famílias presentes;
- **Log (Sel. ETD+1)** - Log10 de (1 + soma das abundâncias de indivíduos pertencentes às famílias Heptageniidae, Ephemeridae, Brachycentridae, Goeridae, Odontoceridae, Limnephilidae, Polycentropodidae, Athericidae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Stratiomyidae);

O valor de $IPtI_N$ depende do somatório das métricas ponderadas. No cálculo do índice são realizados dois passos de normalização, de modo que seja expresso em termos de **Rácios de Qualidade Ecológica (RQE)**. Para obter as devidas normalizações é necessário determinar o quociente entre o valor observado e o valor de referência de cada tipo de rio (mediana dos locais de referência). No Anexo III, são apresentados os valores de referência para as diferentes tipologias de rios de Portugal Continental e os valores das fronteiras entre as classes de qualidade em RQE (INAG 2009).

Por outro lado foi ainda feita uma **caracterização da estrutura trófica das comunidades de macroinvertebrados** com base na classificação de MERRIT & CUMMINS (1978, 1996; Anexo IV) Os cinco grupos funcionais considerados e abaixo definidos, são classificados tendo por base as adaptações alimentares dos macroinvertebrados bentónicos e as categorias de recursos nutricionais:

- ✓ **Detritívoros**- alimentam-se essencialmente de CPOM (matéria orgânica particulada grosseira), previamente condicionada pela actividade dos microorganismos (fungos hifomicetas e bactérias). Da sua actividade resultam partículas de dimensão inferior FPOM (matéria orgânica particulada fina), devido à actividade trituradora do alimento e à própria produção de fezes;
- ✓ **Colectores de depósito**- alimentam-se de FPOM, depositado no leito, resultante da actividade dos detritívoros e do mecanismo da abrasão física determinada pelos caudais verificados no sistema aquático;
- ✓ **Colectores filtradores**- alimentam-se de matéria orgânica particulada fina (FPOM), embora estejam adaptados a capturá-la circulando suspensa na coluna de água.

- ✓ **Fitófagos ou raspadores-** alimentam-se de matéria verde, especialmente de algas de *periphyton* e estão dependentes da produção autóctone do ecossistema.
- ✓ **Predadores e Parasitas-** são macroinvertebrados que se alimentam de presas vivas ou então são seus parasitas, alimentando-se de fluidos ou tecidos vivos.

b) Comunidades piscícolas: A monitorização das comunidades piscícolas presentes em diferentes troços da bacia hidrográfica do rio Tua e afluentes foi feita através de pesca eléctrica (Figura 12), no Verão de 2009. Foi usada a metodologia definida no Manual para a Avaliação Biológica da Qualidade da Água em Sistemas Fluviais segundo a Directiva Quadro da Água: Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola (INAG 2008b).



Figura 12. Amostragem das comunidades piscícolas, realizada através da pesca eléctrica. Rio Rabaçal, Verão de 2009.

No método de captura recorreu-se a um aparelho de pesca eléctrica portátil com *output* de corrente contínua e por impulsos (Hans Grassl ELT; 300-600V), adaptando o tipo de corrente eléctrica aos valores de condutividade da água. Todos os peixes capturados foram identificados, medidos com um íctiometro (precisão de 0,1 cm) e posteriormente devolvidos ao meio aquático (Figura 13).



Figura 13. Amostragem das comunidades piscícolas, realizada através da pesca eléctrica. Rio Rabaçal, Verão de 2009.

No tratamento estatístico dos dados, procedeu-se à análise multivariada, através de uma DCA (*detrended correspondence analysis*), das comunidades de macroinvertebrados para discriminar os locais classificados de boa qualidade ambiental vs. mais degradados. Os dados foram previamente transformada através de $[\text{Log}(x+1)]$. A análise CCA (*canonical correspondence analysis*) permitiu avaliar o grau de associação entre comunidades de macroinvertebrados e as variáveis ambientais. Na realização da CCA seleccionaram-se as variáveis estatisticamente significativas. A significância em termos estatísticos da CCA foi determinada através de um teste de permutação de Monte-Carlo. Na realização das técnicas DCA e CCA usou-se o software Canoco 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER 1998).

Recorreu-se ainda à análise multivariada através do software PRIMER 6 (CLARKE & GORLEY 2006), mais precisamente à *non-metric Multi dimensional scaling* (MDS) para análise das comunidades de peixes dos vários troços amostrados. Para esta análise os dados de abundância foram transformados $[\text{Log}(x+1)]$ 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 troços de aptidão salmonícola e ciprinícola dos cursos de água da bacia do rio Tua. Este programa permitiu também a determinação de várias métricas apresentadas no estudo (e.g. índice H' de Shannon-Weaner).

3. RESULTADOS

3.1. Avaliação físico-química da água

Os resultados obtidos mostraram uma boa qualidade físico-química da água da maioria dos troços amostrados. Por norma, na cabeceira dos cursos de água foram detectadas águas com temperaturas estivais relativamente baixas ($T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$), com uma boa taxa de oxigenação ($\text{O.D.} > 8,0\text{ mg O}_2/\text{L}$) e teores diminutos de sais dissolvidos (condutividade eléctrica $< 70\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$) e de nutrientes, nomeadamente de azoto ($\text{N-Total} < 0,3\text{ mg/L}$) e fósforo ($\text{P-Total} < 0,05\text{ mg/L}$). Nos troços do Baixo-Tua e da zona inferior da bacia hidrográfica (Tinhela e Aila) existe um conjunto de fenómenos de perturbação resultantes, por exemplo da poluição agrícola e efluentes domésticos provenientes dos aglomerados rurais que interferem negativamente na qualidade da água.

Da observação da Figura 14, destaca-se uma condutividade relativamente baixa em todas as estações de amostragem como em Rabaçal Fronteira e Baceiro Fronteira (Rab1 e B1), onde há menos iões dissolvidos, já que a intervenção humana é menor. Nestes locais a temperatura é mais baixa (Figura 15). Os valores mais altos da condutividade encontraram-se em duas estações de amostragem- Mac2 e T4 (Macedo, em Vilarinho de Agrochão e Tua, na Foz). Verificou-se também que os valores de pH, estão próximos da neutralidade, embora tivesse sido detectado um valor superior (7,8), na estação T1 (Tua Abreiro). Os valores de pH dependem de variadíssimos factores, por exemplo, da geologia, da vegetação, mas também das mais variadas actividades humanas.

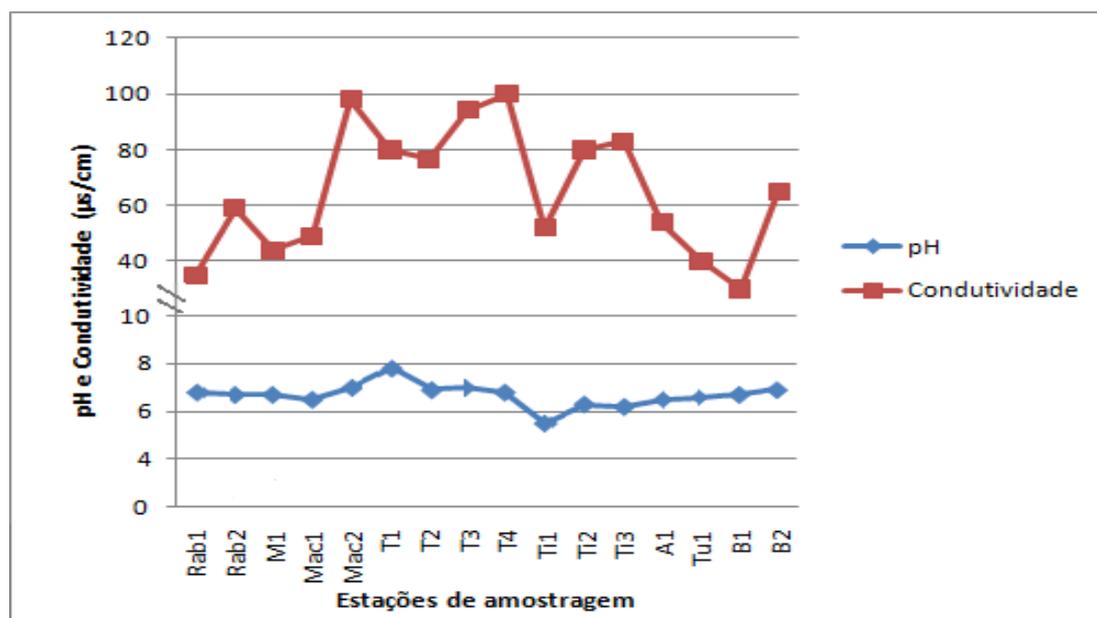


Figura 14. Variação do pH e da Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no Verão/2009.

Se compararmos os valores da temperatura com os valores do oxigénio dissolvido podemos ver que variam quase de forma inversamente proporcional, sendo que as estações com mais oxigénio dissolvido são exactamente as que têm menor temperatura, *i.e.* Rabaçal Fronteira, Tinhela Jales, Tuela Soeira e Baceiro Fronteira. Pelo contrário, as estações com menos oxigénio dissolvido correspondem ao rio Tua, caso de T1, T2 e T3 (Tua Abreiro, Tua Amieiro e Tua Brunheda) e apresentam valores de temperatura mais elevados.

Há uma tendência para a temperatura aumentar de montante para jusante, tal como aconteceu com a condutividade, o que demonstra existirem diferenças significativas nas condições ambientais entre as diferentes estações de amostragem (e.g. 26 °C em T4, na Foz do Tua em oposição a 12,5 °C em M1 no Rio Mente, em Sandim).

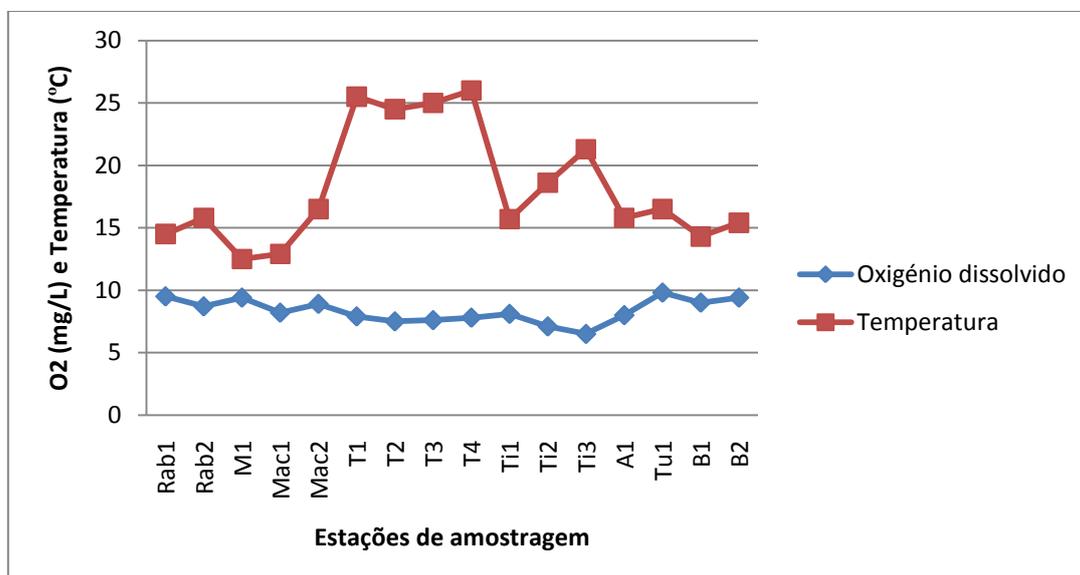


Figura 15. Variação do Oxigénio Dissolvido (mg/L) e da temperatura (°C), nos locais amostrados na bacia do rio Tua, no Verão de 2009.

Em relação aos sólidos dissolvidos totais (TDS), representados na figura 16, verificou-se que foi no rio Tua que se obtiveram os teores mais elevados. A estação de amostragem Mac2 também registou uma quantidade significativa de sólidos dissolvidos. Ao invés, nas estações que se situam na cabeceira dos rios, foram observados os menores valores de TDS, o que se percebe, fruto das alterações quase inexistentes no uso do solo da bacia hidrográfica.

Relativamente às concentrações de azoto e fósforo, normalmente limitantes da produtividade aquática, estão representadas na figura 17, e ocorrem em quantidades baixas, embora o azoto se encontra em maiores concentrações.

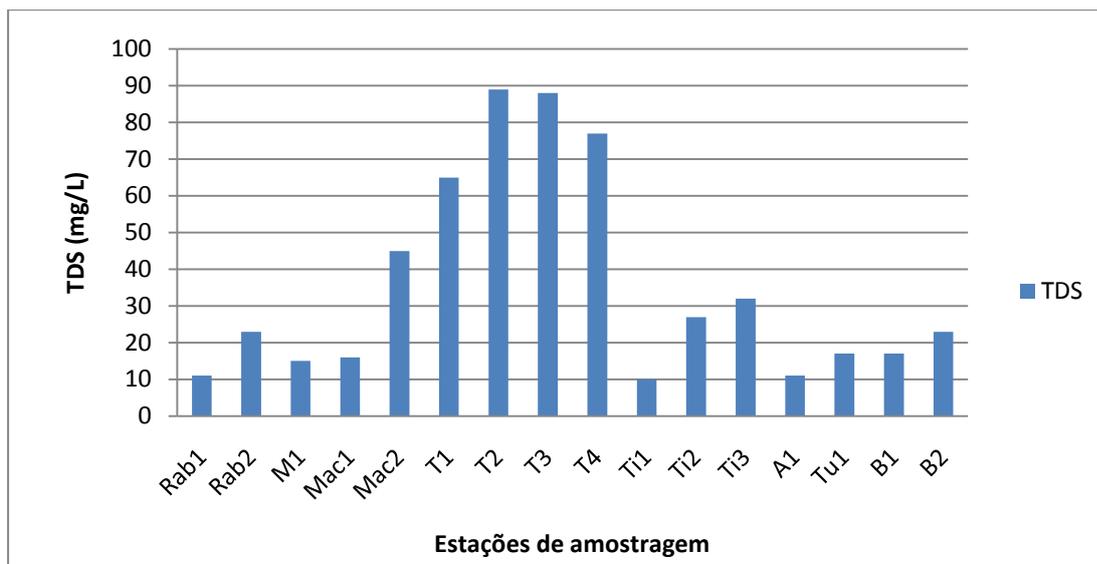


Figura 16. Variação dos sólidos dissolvidos totais (mg/L) nos locais amostrados na bacia do rio Tua, no Verão de 2009.

Comparativamente, nas zonas de cabeceira existe muito menos fósforo e azoto dissolvido do que nas zonas a jusante, contribuindo para o carácter oligotrófico destes ecossistemas.

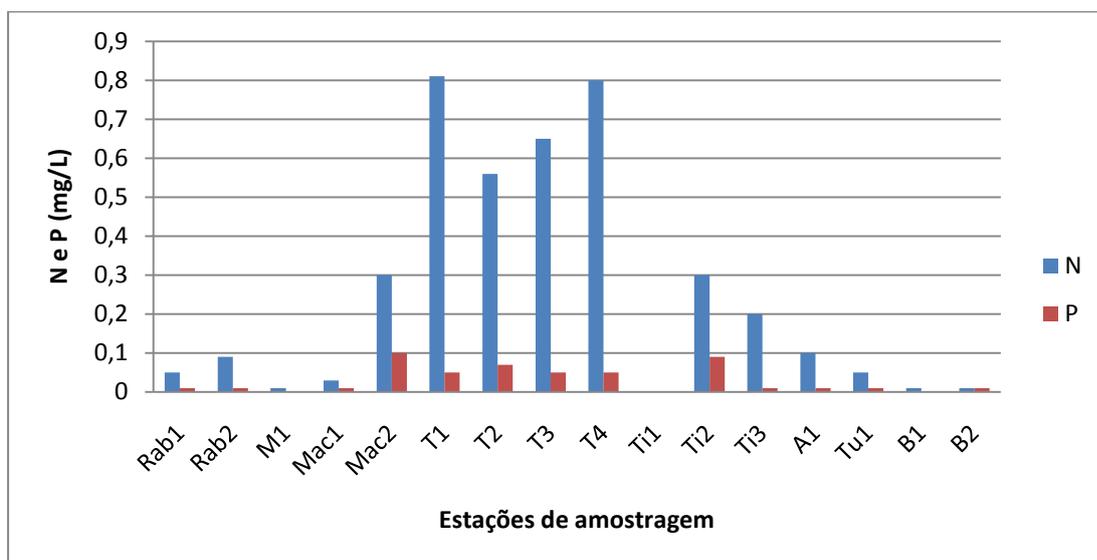


Figura 17. Variação de azoto e fósforo (mg/L) nos locais amostrados na bacia do rio Tua, no Verão de 2009.

A turbidez registada foi também muito baixa na maioria dos locais de amostragem e especialmente na cabeceira dos rios. Nas estações mais a jusante, como no rio Tua (e.g. T1, T2, T3, T4) e no rio Tinhela (Ti3, Sobredo) a turbidez detectada foi já maior, uma vez que são troços mais alterados, nos quais se dá a entrada de mais substâncias no meio aquático com a subsequente circulação e dispersão na coluna de água.

3.2. Habitats fluviais

Relativamente aos habitats fluviais, e com base nos valores obtidos e ilustrados no Quadro 4, verifica-se que a maioria dos locais de amostragem estudados não apresenta perturbações assinaláveis na cortina ripária e na hidrodinâmica do canal. Os sinais mais visíveis de alterações ao nível da qualidade do bosque ripícola (QBR- Classe III) foram identificados no Baixo Tua, precisamente nos rios Tua (Brunheda e Foz) e Tinhela (Sectores médio e final) e na Ribeira de Aila, fruto de diferentes actividades (e.g. agricultura, pecuária) desenvolvidas na proximidade das margens dos cursos de água (Figura 18). Nos troços de cabeceira, com menor influência antrópica, predominam condições naturais muito próximas da situação de referência típica destes cursos de água de aptidão salmonícola, *i.e.* com um bosque ripícola extenso (QBR- Classe I) capaz de garantir um ensombramento efectivo do canal e uma heterogeneidade e naturalidade nas condições hidromorfológicas do canal (GQC- Classe I).

Quadro 4. Valores dos índices QBR (Qualidade dos ecossistemas ribeirinhos) e GQC (Grau de qualidade do canal), Verão 2009.

Rio/(Local de Amostragem)		Pontuações Finais		Índices de Habitat (Classes)	
		QBR	GQC	QBR	GQC
Rabaçal (Fronteira)	Rab1	100	35	I	I
Rabaçal (Gestosa)	Rab2	85	33	II	I
Mente (Sandim)	M1	90	34	II	I
S. Cibrão (Zoio)	Mac1	100	33	I	I
Macedo (V. Agrochão)	Mac2	75	28	II	II
Tua (Abreiro)	T1	80	29	II	II
Tua (Amieiro)	T2	80	30	II	II
Tua (Brunheda)	T3	70	26	III	II
Tua (Foz)	T4	70	28	III	II
Tinhela (Jales)	Ti1	90	32	II	I
Tinhela (Sobredo)	Ti2	60	28	III	II
Tinhela (Carlão)	Ti3	65	28	III	II
Aila (Franco)	A1	65	26	III	II
Tuela (Soeira)	Tu1	100	34	I	I
Baceiro (Fronteira)	B1	100	34	I	I
Baceiro (Parâmio)	B2	100	34	I	I



Figura 18. Habitats fluviais com diferentes graus de perturbação: Rio Rabaçal (A) e Ribeira de Aila (B), no Verão de 2009.

3.3. Comunidades de macroinvertebrados

No presente estudo foram identificados 15 351 indivíduos, distribuídos por 15 Ordens e 81 Famílias (Anexo V). Registo para a presença de espécies exóticas, algumas com carácter invasor como o lagostim sinal (*Pacifastacus leniusculus*, detectado no Rio Macedo, Vilarinho de Agrochão- Mac2) e o lagostim vermelho (*Procambarus clarkii*) e a amêijoasiática (*Corbicula fluminea*) de distribuição generalizada pelo Baixo Tua.

3.3.1. Riqueza taxonómica

Na figura 19, é possível analisar, de uma forma global, a importância que as diferentes ordens assumem no conjunto das 16 estações de amostragem, sendo que a ordem mais significativa é a Diptera, seguida da Ephemeroptera e Trichoptera.

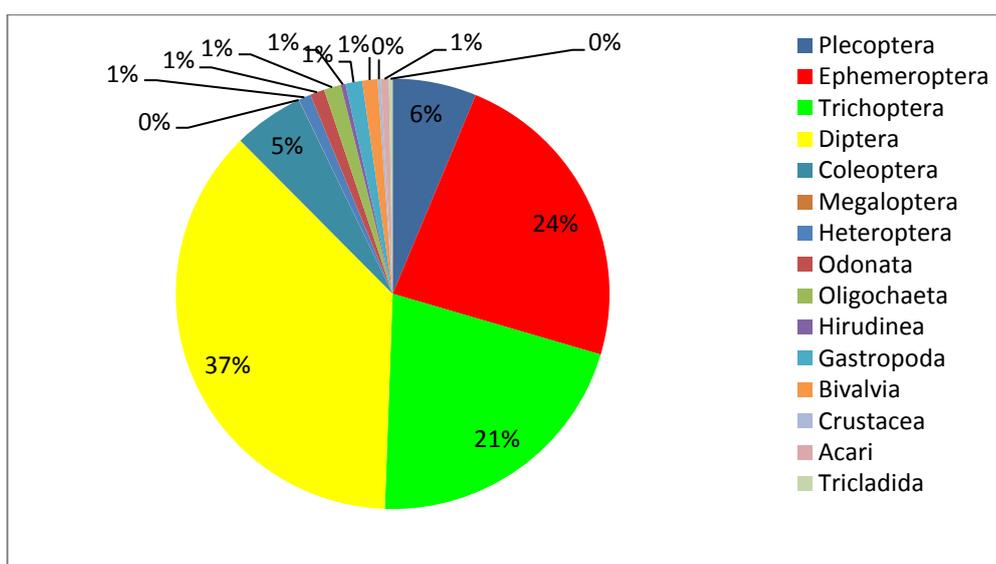


Figura 19. Composição geral dos principais grupos faunísticos na bacia do Tua, Verão de 2009.

Uma análise diferenciada (Figura 20), orientada especificamente para os locais onde está presente a espécie ameaçada *M. margaritifera*, nomeadamente os rios Rabaçal (Rab 1 e Rab2), Mente (M1) e Tuela (Tu1) permite fazer o enquadramento deste molusco bivalve na comunidade de macroinvertebrados. Refira-se que estes locais possuem uma boa qualidade da água, dada a elevada proporção de invertebrados pertencentes às ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera.

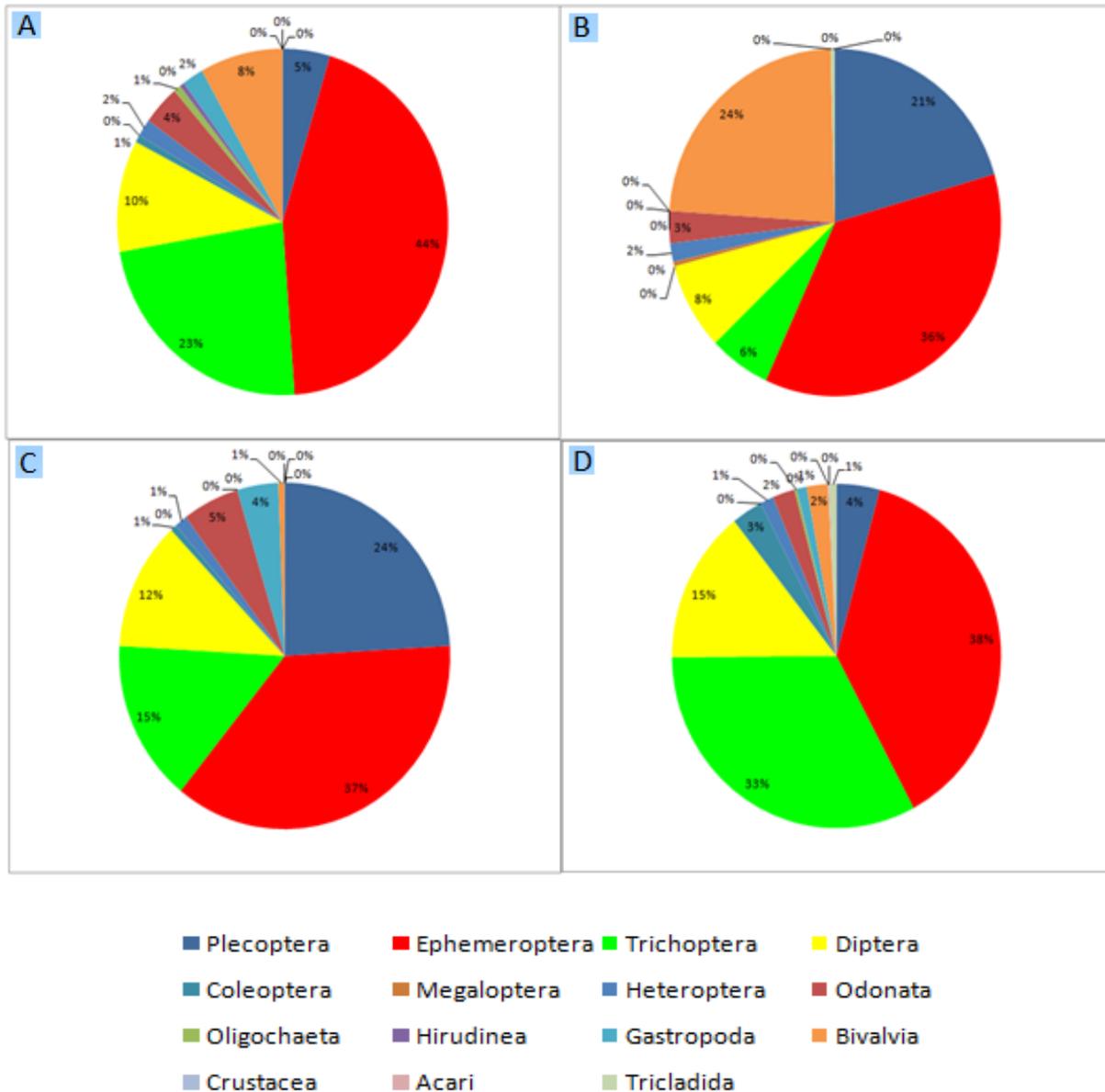


Figura 20. Proporção dos diferentes grupos faunísticos de macroinvertebrados presente na cabeceira do rio Tua, onde a *Margaritifera margaritifera* está presente (A- corresponde ao rio Rabaçal, situado na proximidade da fronteira com Espanha: Rab1; B- Rio Rabaçal, Gestosa: Rab2; C- Rio Mente, Sandim: M1; D- Rio Tuela, Soeira: Tu1).

3.3.2. Diversidade e equitabilidade

Na figura 21 estão representadas as curvas de variação dos índices de diversidade de Shannon-Weaner e de equitabilidade de Pielou. Foi detectada uma diversidade superior nos cursos de cabeceira da bacia hidrográfica do rio Tua, caso dos rios Mente, Rabaçal, Tuela, Baceiro e Macedo, ainda que também tenha sido observada uma diversidade assinalável na foz do rio Tinhela (Ti3, Caldas de Carlão). A influência antrópica visível no vale do Tua estará na base da menor diversidade e equitabilidade observadas nos troços finais do rio Tua.

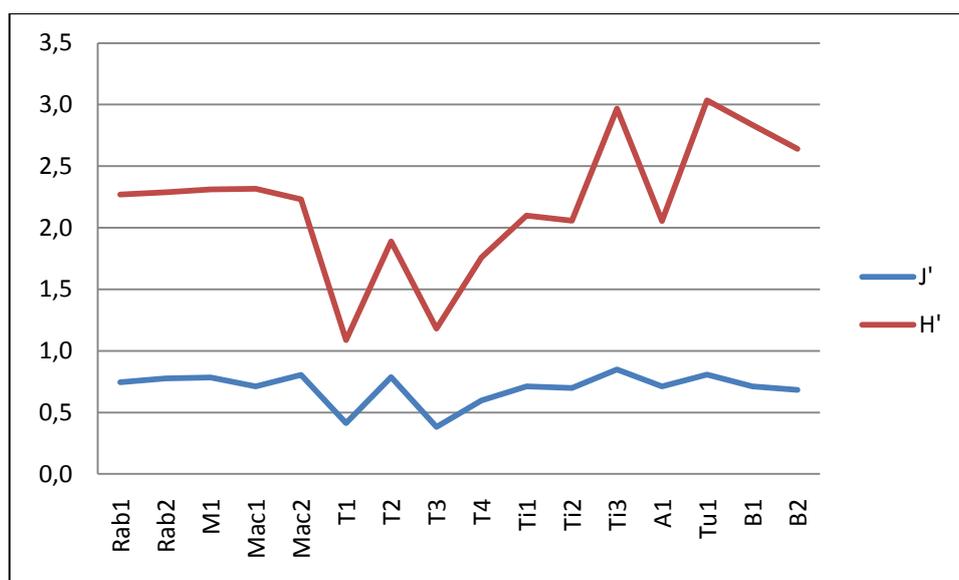


Figura 21. Variação do Índice de Shannon-Weaner (H') e do índice de equitabilidade de Pielou (J') nos diferentes locais amostrados na bacia hidrográfica do rio Tua (Verão de 2009).

3.3.3. Índices bióticos IBMWP e IPTI_N (Índice Português de Invertebrados do Norte)

Os resultados obtidos para os dois índices, IBMWP e IPTI_N revelam que a maioria dos cursos de água amostrados possui uma boa qualidade biótica (Quadro 5). A presença de uma elevada biodiversidade, nomeadamente de táxones tipicamente estenobiontes conferem um estado de integridade biológica a muitos sistemas lóticos da bacia do rio Tua. Confirmando outras métricas anteriormente apresentadas, é nos troços médio e final do curso de água principal, o rio Tua (e.g. T1 e T2), que se observam os valores mais baixos dos índices e, por consequência, a pior classificação obtida (Classes III e IV; água com razoável a medíocre qualidade). O IPTI_N, tendo sido recentemente desenvolvido e adaptado às tipologias definidas para cada curso de água amostrado do Norte do País, mostrou-se, comparativamente com o IBMWP, mais sensível na detecção de alterações na comunidade de macroinvertebrados fornecendo indicações mais precisas acerca de potenciais focos de perturbação.

Quadro 5. Valores obtidos para os índices IBMWP e IPTl_N nos diferentes troços amostrados na bacia hidrográfica do rio Tua, no Verão de 2009.

Locais de amostragem	IBMWP	IPTl _N
Rab1	130	0,91
Rab2	126	0,89
M1	128	0,84
Mac1	168	0,88
Mac2	114	0,93
T1	47	0,31
T2	34	0,31
T3	95	0,48
T4	81	0,54
Ti1	95	0,59
Ti2	102	0,79
Ti3	188	0,95
A1	115	0,65
Tu1	276	1,34
B1	328	1,30
B2	299	1,18

3.3.4. Grupos tróficos

A variação do regime trófico da comunidade de invertebrados está ilustrada na figura 21.

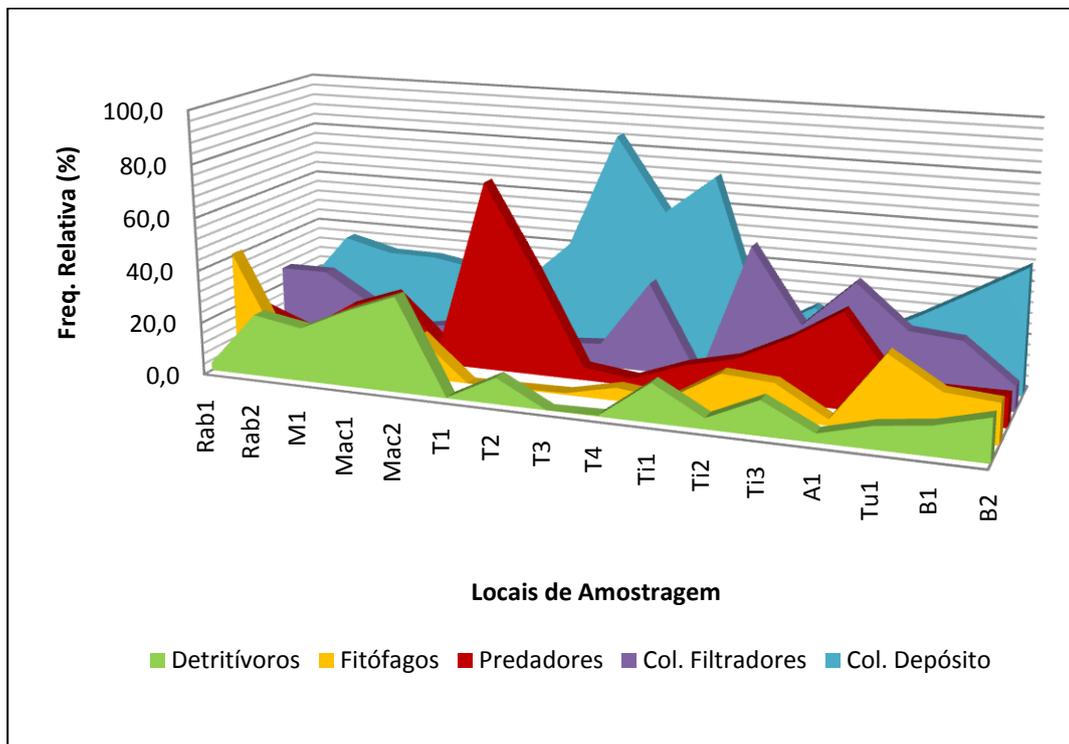


Figura 22: Grupos tróficos nos diferentes locais de amostragem da bacia do Tua (Verão 2009).

Realce para o domínio dos **colectores filtradores** e especialmente dos **colectores de depósito**, encontrados nos locais situados mais a jusante do rio Tua. Estas comunidades de macroinvertebrados estão fortemente dependentes, em termos energéticos, dos materiais particulados orgânicos finos (FPOM). No caso do grupo funcional dos colectores filtradores, do qual fazem parte os bivalves como a *Margaritifera margaritifera*, é conhecido o papel vital assumido no funcionamento dos sistemas aquáticos ao filtrar muitas partículas do *seston* que circulam na coluna de água. A baixa proporção de **fitófagos** está, muitas vezes, associada ao elevado ensombramento proporcionado pela galeria ripícola enquanto os **detritívoros** têm a sua maior expressão na cabeceira dos rios, ainda que o ciclo de vida esteja particularmente adaptado para surgirem com proporções assinaláveis noutra período do ano (e.g. Outono) onde ocorre uma maior entrada de folhada da vegetação caducifólia da margem (e.g. amieiros, choupos, salgueiros, freixos) dos cursos de água. Os **predadores e parasitas** ocorrem dentro do balanço normal predador/presa, com excepção dos locais T1 (Tua Abreiro) e A1 (ribeira de Aila) onde foram encontrados em proporções significativas.

3.3.5. Biotipologia das comunidade de macroinvertebrados

A caracterização da biotipologia das comunidades de macroinvertebrados do rio Tua foi obtida com base na conjugação de duas técnicas de ordenação (CCA e DCA). Na figura 23 está ilustrado o *biplot* da CCA construído para o Verão de 2009, envolvendo locais de amostragem e variáveis ambientais significativas ($P < 0,05$) representadas por setas indicadoras do sentido da máxima variação e de comprimento proporcional à sua importância para a ordenação. Constatou-se que as variáveis ambientais que mais contribuíram para diferenciar a estrutura tipológica existente ao longo do eixo longitudinal dos cursos de água da bacia do rio Tua foram a largura do canal, o substrato de granulometria fina (areia e limo) e os valores altos de condutividade e TDS nos locais do Baixo Tua (e.g. T1, T2, T3 e T4), enquanto as variáveis da velocidade da corrente, a granulometria grosseira (blocos e pedras) e a extensa galeria ripícola responsável pelo ensombramento e produção de materiais orgânicos particulados grosseiros (CPOM) aparecem associadas aos locais situados no Alto Tua (e.g. Rab1, Rab2, M1, B1, Tu1). Na ordenação DECORANA (DCA) das estações de amostragem e comunidades de macroinvertebrados (Fig. 24) é feita uma separação segundo o eixo 1 (com um *eigenvalue* de 0,42) entre as estações situadas em zonas de cabeceira (esquerda) com pouca influência antrópica relativamente às zonas situadas nos troços inferiores do rio Tua (direita). Aliás, mesmo entre os troços de cabeceira é possível observar uma separação entre locais (e.g. rio Rabaçal vs. Ribeiras de Aila e Macedo) explícita para o 2º eixo (*eigenvalue* de 0,20).

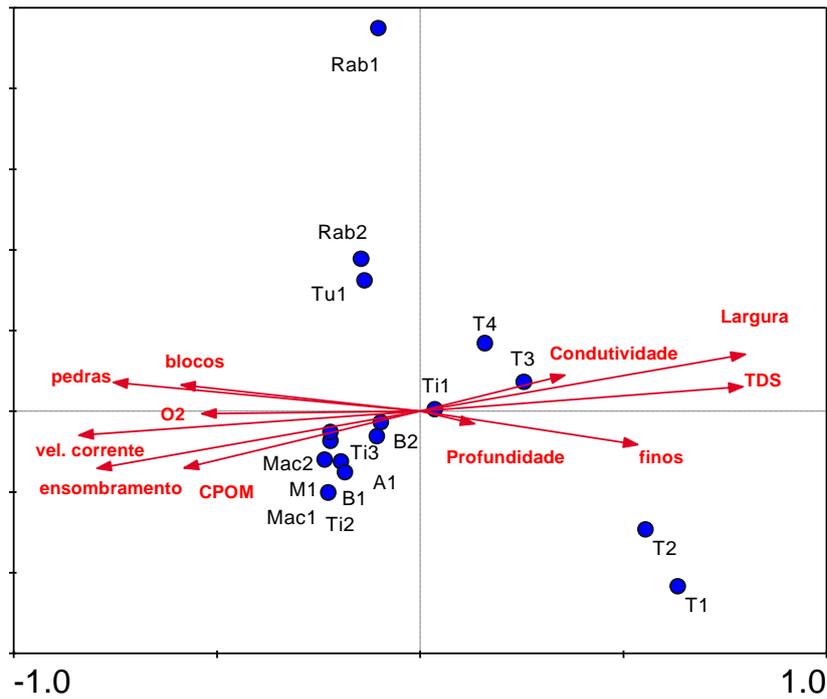


Figura 23. Ordenação CCA- *biplot* de locais de amostragem (círculos azuis) e variáveis ambientais (setas vermelhas) para o período de amostragem referente ao Verão de 2009.

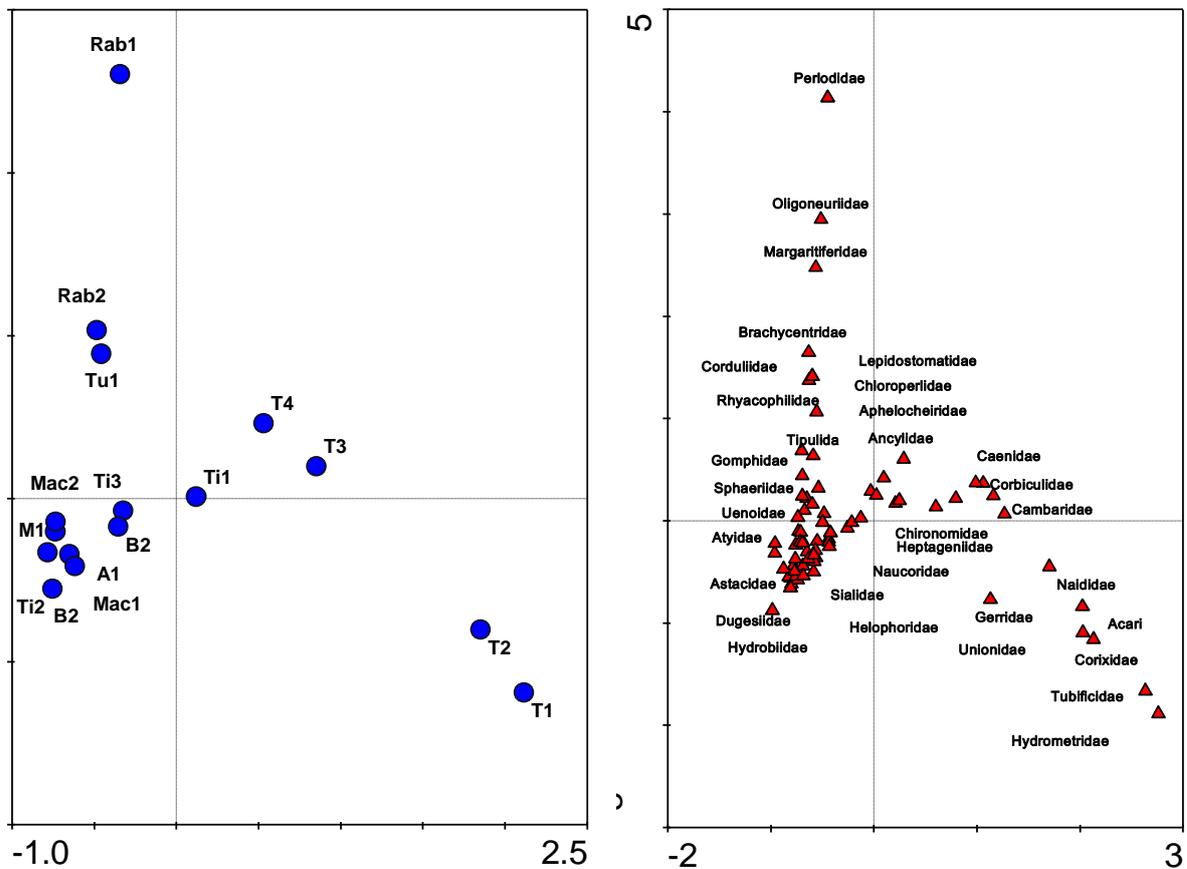


Figura 24. Ordenação DCA dos locais de amostragem (esquerda) e comunidades de macroinvertebrados (direita) para o período de amostragem referente ao Verão de 2009.

Na ordenação DCA respeitante à comunidade de macroinvertebrados (Figura 24; figura da direita) é possível visualizar (parte esquerda da figura) as comunidades típicas de zonas de montanha, compostas maioritariamente por *taxa* estenobiontes pertencentes aos Plecoptera (Perlodidae, Leuctridae), Trichoptera (Brachycentridae, Rhyacophilidae, Unenoidae) e Ephemeroptera (Oligoneuriidae). As espécies presentes nos troços inferiores dos rios (parte direita da figura), caso de Oligochaeta (Tubificidae, Naididae), Diptera (Chironomidae), Heteroptera (Corixidae) e Bivalvia (Corbiculidae) são táxones que normalmente colonizam com sucesso locais perturbados.

3.4. Comunidades piscícolas

Nos inventários da fauna piscícola detectaram-se, seis (6) espécies autóctones pertencentes às famílias: Salmonidae (truta-de-rio, *Salmo trutta*), Cyprinidae (escalo-do-Norte, *Squalius carolitertii*; bordalo, *Squalius alburnoides*; barbo-do-Norte *Barbus bocagei* boga-do-Norte; *Pseudochondrostoma duriense*) e Cobitidae (verdemã-do-Norte, *Cobitis calderoni*) (Figura 25 e 26) e ainda quatro (4) espécies exóticas pertencentes às famílias: Cyprinidae (pimpão, *Carassius auratus*), Centrarchidae (achigã, *Micropterus salmoides*; perca-sol, *Lepomis gibbosus*) e Poecilidae (Gambúsia, *Gambusia holbrooki*) (Figura 27).

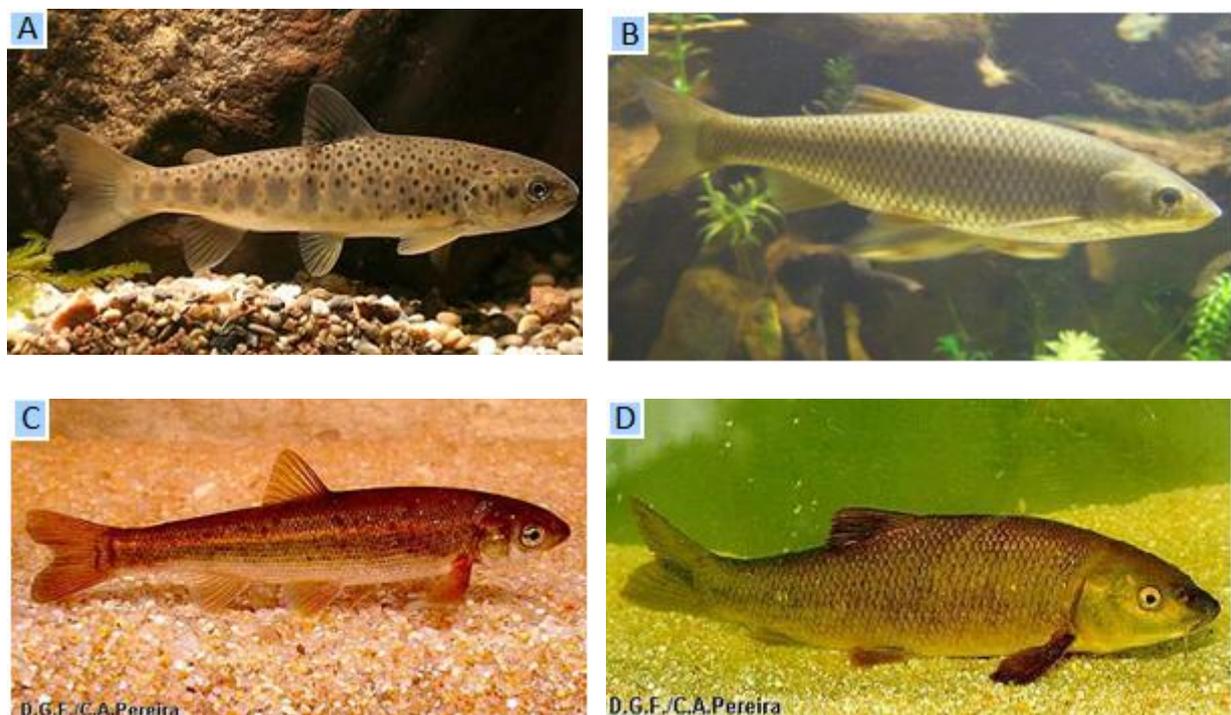


Figura 25. Espécies autóctones (A- truta, B- escalo-do-Norte, C- boga-do-Norte e D- barbo-do-Norte) presentes na bacia hidrográfica do rio Tua.

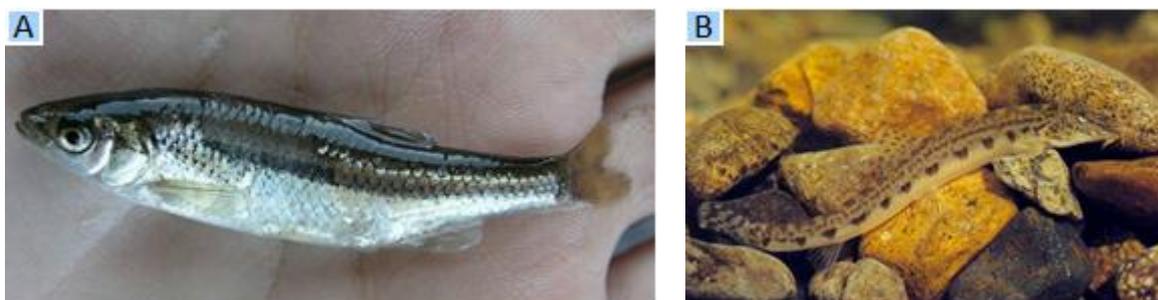


Figura 26. Espécies autóctones (A- bordalo e B- verdemã-do-Norte) presentes na bacia hidrográfica do rio Tua.



Figura 27. Espécies exóticas (A- achigã, B- perca-sol, C- gambúsia e D- pimpão) presentes na bacia hidrográfica do rio Tua.

A distribuição das diferentes espécies pelos diferentes cursos de água amostrados na bacia hidrográfica do rio Tua está ilustrada na figura 28.

Nos troços de cabeceira da bacia do Tua (e.g. Rios Rabaçal- Rab1 e Rab2, Mente- M1, Baceiro- B1 e B2 e Tuela- Tu1) ainda não ocorrem espécies piscícolas exóticas, sendo claramente um indicador da boa integridade ecológica destes cursos de água, em contraste com os troços médio e final do rio principal (e.g. Rio Tua, T1 a T4), onde já ocorrem em densidades elevadas espécies exóticas como a perca-sol e a gambúsia.

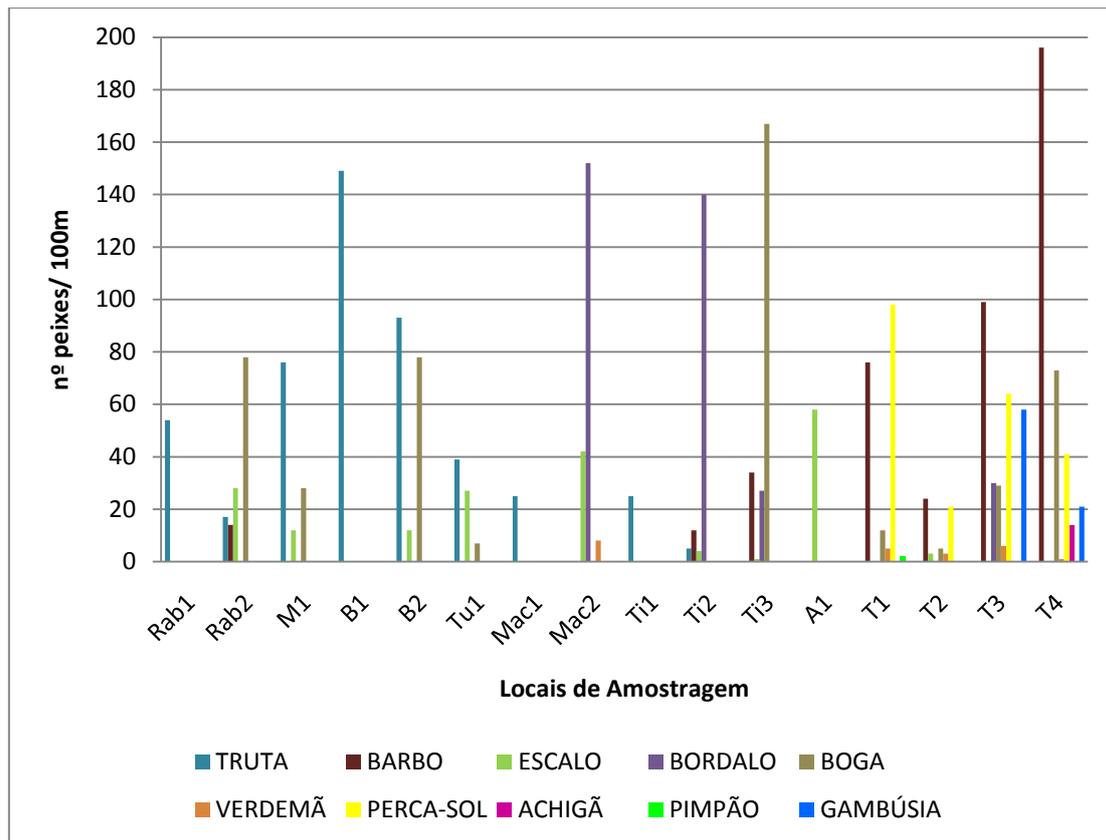


Figura 28. Composição da fauna piscícola presente nos diversos troços amostrados dos cursos de água da bacia hidrográfica do rio Tua, no Verão de 2009.

Aliás, este padrão de distribuição aparece explícito na ordenação MDS das espécies e locais de amostragem (Figuras 29 e 30). O baixo stress da análise (2D Stress $\leq 0,07$) confirma a separação evidente entre os troços de aptidão salmonícola, onde as espécies autóctones (parte direita da figura) como a truta requerem condições ecológicas muito específicas (e.g. águas frias, bem oxigenadas, substratos grosseiros e baixo grau de perturbação), e os troços de aptidão ciprinícola, onde ocorrem espécies autóctones como por exemplo o barbo-do-Norte e o verdemã-do-Norte que podem estar co-associadas com espécies exóticas adaptadas a ambientes de águas mais quentes e com menores teores de O_2 , substratos finos, tolerando alguma degradação na qualidade da água e do habitat. Quanto mais acelerada e persistente for a degradação das condições aquáticas, maior será a facilidade com que as espécies exóticas dominarão os ambientes entretanto modificados, dadas as vantagens competitivas decorrentes da superior plasticidade ecológica.

Na análise de similaridade ANOSIM (*one-way*) estabelecida ente os troços de aptidão salmonícola e ciprinícola da bacia do rio Tua detectaram-se diferenças altamente significativas ($P < 0,001$) entre ambos os conjuntos de troços amostrados com características peculiares da fauna piscícola presente.

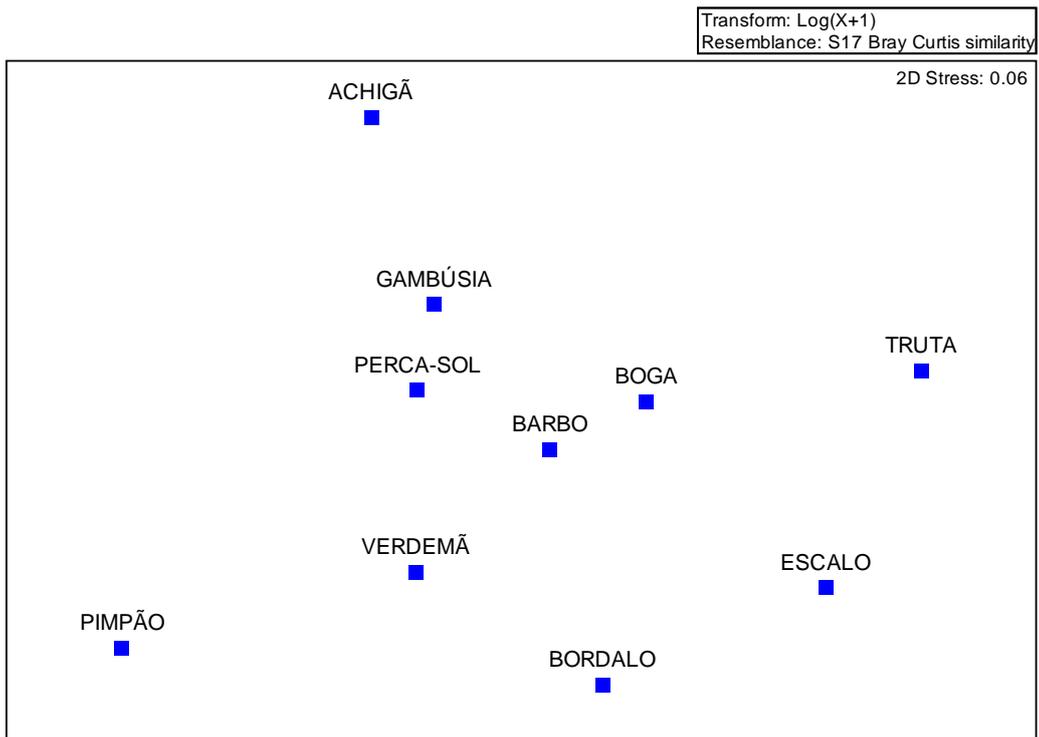


Figura 29. Ordenação MDS da fauna piscícola presente nos diversos troços amostrados dos cursos de água da bacia hidrográfica do rio Tua, no Verão de 2009.

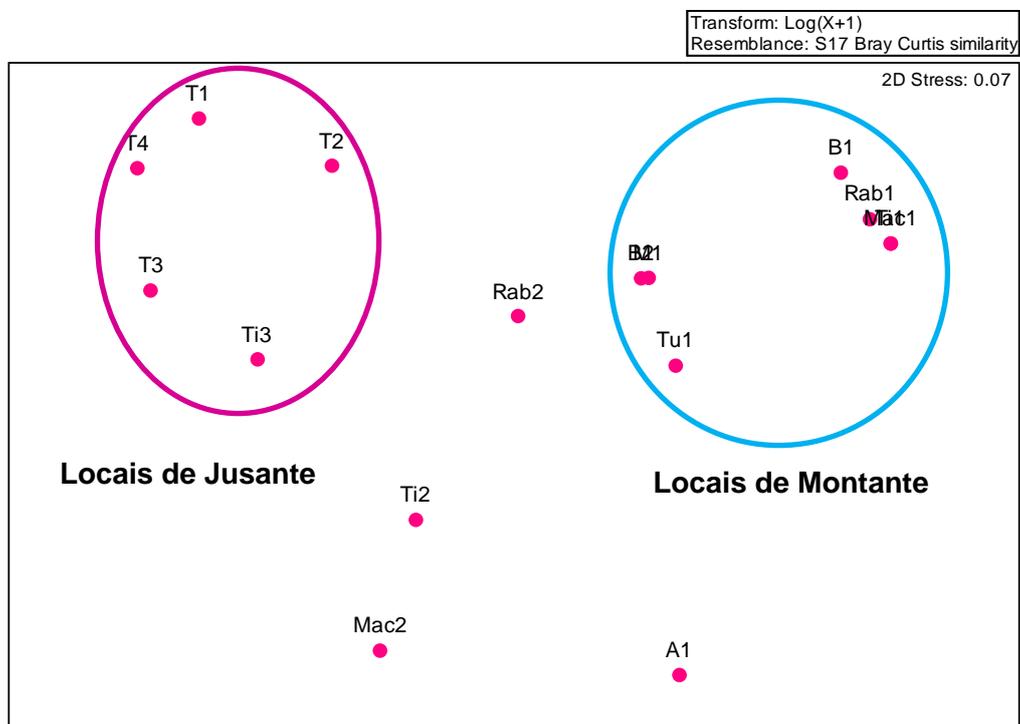


Figura 30. Ordenação MDS dos locais de amostragem, baseada na fauna piscícola dos cursos de água da bacia hidrográfica do rio Tua, no Verão de 2009.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo permitiu caracterizar diferentes cursos de água da bacia hidrográfica do rio Tua e identificar locais onde existe uma boa integridade ecológica em contraste com outros onde são evidentes sinais de clara perturbação com reflexos no meio abiótico e comunidades de organismos presentes. Mais especificamente apareceram clarificados os seguintes aspectos:

- Os cursos de água do Alto Tua, nomeadamente os rios Rabaçal, Mente, Tuela e Baceiro, possuem uma integridade ecológica notável, explícita por condições ambientais naturais, com pouca influência antrópica. De facto, as características físicas e químicas da água demonstram uma boa qualidade, confirmada pelos baixos teores de sais dissolvidos e de nutrientes (e.g. compostos azotados e fosfatados) no meio aquático. Adicionalmente ocorrem sempre teores elevados de oxigénio dissolvido e temperaturas baixas da água, inclusive no Verão. Para o regime térmico verificado muito contribuem os habitats aquáticos e ribeirinhos presentes que, neste caso, promovem um elevado ensombramento devido à extensa galeria ripícola que margina os rios, composta maioritariamente por amieiros (*Alnus glutinosa*) e salgueiros (*Salix* spp.) mas também por freixos (*Fraxinus angustifolia*) e choupos (*Populus nigra*). A orografia presente, com vales encaixados em zonas com declives acentuados contribui ainda para fomentar a oxigenação da água em zonas sujeitas a fenómenos erosivos que realçam os substratos de elevada granulometria, compostos basicamente por blocos, pedras e, em muitos casos, por rocha dura. Estes ecossistemas conservam um estado de integridade ecológica fundamental para todas as espécies autóctones presentes, muitas delas, endemismos ibéricos, algumas com estatuto de conservação e outras com interesse para diferentes fins como por exemplo a pesca desportiva (MONZÓN 1996; CABRAL *et al.* 2005; TEIXEIRA *et al.* 2006, 2007).
- No Baixo Tua, quer o curso de água principal, o Rio Tua, sujeito a diversos tipos de fenómenos, caso da regularização (Mirandela) e da poluição (Complexo do Cachão) quer os afluentes que atravessam zonas de agricultura intensiva (e.g. vinha, Ribeira de Aila) ou sob influência doutro tipo de perturbação (actividade mineira- Rio Tinhela) a qualidade ecológica está francamente diminuída. Em termos da qualidade da água, verificaram-se temperaturas da água mais elevadas e taxas de oxigenação inferiores. Foram também observados incrementos, em termos gerais, na condutividade específica da água ($> 100 \mu\text{S}/\text{cm}$), no teor de sais dissolvidos (TDS $> 60 \text{ mg}/\text{L}$) e de nutrientes (N-NTotal $> 0,5 \text{ mg}/\text{L}$; P-PTotal $> 0,05 \text{ mg}/\text{L}$) que em algumas épocas do

ano, especialmente no período estival e na redução drástica de caudais, poderá conduzir a fenómenos de crescimentos massivos de produtores primários (e.g. macrófitos aquáticos e algas filamentosas e do fitoplâncton) como resultado da eutrofização do meio aquático. Paralelamente assistiu-se, em muitos casos, à degradação dos habitats com a ocorrência de fenómenos de sedimentação e obliteração do leito do rio, regularização de troços relativamente extensos e cortes acentuados da galeria ripícola, avaliados pelos índices determinados, *i.e.* QBR e GQC. Segundo FERREIRO (2007) são notórias as alterações no rio Tua a jusante de Mirandela com a perda da qualidade ecológica do rio.

- Ao nível do *biota*, mais especificamente das comunidades de macroinvertebrados presentes nos troços amostrados do Rio Tua, foi possível observar uma sucessão longitudinal de espécies, visível na análise tipológica efectuada (e.g. ordenações das figuras 23 e 24). Por outro lado, a separação dos locais perturbados relativamente aos locais de boa integridade ecológica aparece bem explícita, fruto da alteração substancial na composição de tais comunidades. A maior diversidade associada à comunidade de macroinvertebrados (índice de Shannon-Weaner) foi detectada nos troços de cabeceira, precisamente nos locais onde existia uma integridade e heterogeneidade de habitats superior. Os táxones estenobiontes dominaram nestas comunidades, nomeadamente espécies pertencentes às Ordens Plecoptera, Trichoptera e Ephemeroptera. Em oposição, densidades superiores normalmente concentradas em poucas espécies pertenceram aos locais mais perturbados presentes no Baixo Tua. Neste caso registou-se o predomínio de Diptera, Hemiptera e Annelida que são organismos euribiontes, com grande labilidade ecológica.
- Sob o ponto de vista trófico, verificou-se uma maior representatividade de colectores de depósito no Baixo Tua. A presença de fitófagos, pouco expressiva, foi observada muito pontualmente e localizada nos rios Rabaçal (Rab1) e Tuela (Tu1), devido às famílias Elmidae e Oligoneuriidae. Os colectores filtradores ocorrem com mais frequência em zonas situadas a jusante de açudes. Por fim, com excepção do rio Tua (T1), os predadores e parasitas mantiveram uma relativa constância ao longo dos locais de amostragem (< 15%). Confirmou-se o forte carácter heterotrófico em todos os locais de amostragem, sinal da dependência em termos energéticos dos *inputs* provenientes do meio exógeno, em especial da galeria ripícola. Pelo contrário, a via autotrófica quando observada estava fortemente limitada no espaço e tempo. Este padrão detectado está presente na maioria dos rios da região transmontana (TEIXEIRA 1994; OLIVEIRA 1996)

- A avaliação biológica da qualidade da água, baseada nos dois índices IBMWP e IPTl_N, permitiu detectar os locais cuja comunidade de macroinvertebrados toleram perturbações importantes (e.g. forte contaminação orgânica), como no Baixo Tua. Pelo contrário as cabeceiras dos rios são os locais com menos perturbação e portanto com melhor qualidade biológica. Observou-se ainda alguma discrepância na classificação da qualidade ecológica entre os dois índices. De facto, o IPTl_N revelou-se mais sensível e exigente e afigura-se vantajoso ao integrar diferentes métricas.
- No que respeita às comunidades piscícolas, a análise tipológica permitiu fazer a separação da zona tipicamente salmonícola, situada no Alto Tua, das restantes zonas ciprinícolas, localizadas a jusante. De momento, no Alto Tua foram unicamente referenciadas espécies autóctones, como a truta, o escalo, o bordalo, a boga e o barbo. A diferenciação que ocorre entre as estações de amostragem permite visualizar o padrão tipológico presente nas comunidades piscícolas (figuras 29 e 30). Contudo, dado o baixo número de locais amostrados será necessário proceder a inventários futuros mais ambiciosos no sentido de ter uma panorâmica mais consistente acerca das associações piscícolas existentes. Nesta medida, refira-se que o aparecimento de espécies exóticas (e.g. perca-sol, gambúsia), com um carácter invasor já demonstrado em ambientes modificados, poderá levar no futuro a uma rápida colonização e expansão para montante de troços actualmente classificados como possuindo uma boa integridade ecológica.
- A gestão e ordenamento dos recursos aquáticos associados à bacia do rio Tua devem contemplar, no futuro e em termos dos Planos de Gestão da ARH do Norte, medidas para conservar toda a riqueza específica ainda presente. Embora este estudo tenha sido orientado apenas para as comunidades de macroinvertebrados e peixes, é possível, por si só, perceber o interesse existente na conservação destes sistemas aquáticos. É inevitável que o Aproveitamento Hidroeléctrico da Foz-Tua (AHFT) irá provocar alterações profundas ao nível abiótico e das comunidades que actualmente residem no espaço que irá ser ocupado pela futura albufeira. Contudo, para além da manutenção das zonas de referência concentradas nos troços de cabeceira da bacia do Tua, será necessário, o quanto antes, definir um campo de acção que vise a mitigação e reabilitação das zonas perturbadas de modo a perpetuar um contínuo lótico que assegure uma grande biodiversidade e ao mesmo tempo funcione como um elemento essencial para preservação espécies aquáticas e terrestres.

BIBLIOGRAFIA

- ALBA-TERCEDOR, J. & SANCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simples para evaluar la calidad biológica de las águas correntes basado en el de Hellawell. Facultad de Ciências. Universidad de Granada, España.
- ALBA-TERCEDOR, J. 2000. BMWP', un adattamento spagnolo del British Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score System. *Biologia Ambientale*, **14**, 2, pp. 65 - 67.
- 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 (eds.) 2005. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza. Lisboa. 660 pp.
- CLARKE K.R. & GORLEY R.N. 2006. "*PRIMER v6: User Manual/Tutorial*". PRIMER-E: Plymouth.
- 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.
- CORTES, R.M.V.; FERREIRA, M.T.; OLIVEIRA, S.V.; GODINHO, F. 1998. Contrasting Impact of Small Dams on the Macroinvertebrates of Two Iberian Mountain Rivers. *Hydrobiologia*, **389**, 51-61.
- CORTES, R. M. V., FERREIRA, M. T. OLIVEIRA, S. M. & OLIVEIRA, D. 2002. Macroinvertebrate Structure in a Regulated River Segment with Different Flow Conditions. *River Research and Applications*, **18**: 367-382.
- DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU e do CONSELHO*, 23 de Outubro de 2000.
- FERREIRO, N.R. 2007. *Caracterização da Qualidade Ecológica do Rio Tua*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.
- INAG a, 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 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. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. 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, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. 1978. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt, Dubuque. Iowa. USA.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. 1996. Trophic relations of macroinvertebrates. In: *Stream Ecology* editado por Hauer & Lamberti. Academic Press. San Diego. USA. 453-474 pp..
- MONZÓN, A. 1996. Caracterización Limnológica de los Macroinvertebrados Fluviales de la Cuenca del Rio Tua (Cuenca del Duero, Portugal). Univ. Autónoma de Madrid. Madrid 313 pp.
- MUNNÉ, A., SOLÁ, C. & PRAT, N. 1998. QBR: Un Índice para la Evaluación de la Calidad de los Ecosistemas de Ribeira. Barcelona. 175: 20-37.
- OLIVEIRA S.G.V. 1996. Importância das Ripícolas no Funcionamento dos Ecosistemas Lóticos – Caso do Rio Olo (P.N. Alvão). Tese de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- TACHET H., RICHOUX P.H., BOURNARD M. E USSEGLIO-POLATERA, P. 2010. Invertébrés d'eaux douces. Systématique, biologie, écologie. CNRS Éditions, Paris.
- TACHET, H.; BOURNAUD M.; RICHOUX, PH. 1981. *Introduction à l'étude des macroinvertebrés d'eaux douces*. Univ. Claude Bernard et Assoc. de Limnol., Lyon.
- 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* 582:171-185. (DOI 10.1007/s10750-006-0551-z)
- 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: 1-18.
- TEIXEIRA, A. 1994. *Variações naturais e antropogénicas na sucessão longitudinal de ecossistemas lóticos*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- TER BRAAK, C.J.F. & SMILAUER, P. 1998. CANOCO, Reference Manual and User's Guide to CANOCO for Windows: Software for Canonical Community Ordination (Version 4) Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- VIDAL-ABARCA GUTIERREZ, M., ALONSO, M.L., CEREZO, R. & RAMIREZ-DIAZ, L. 1994. *Ecología de aguas continentales. Prácticas de Limnología*. Univ. Murcia. Murcia. 266 pp.

SITES CONSULTADOS (acessos em Junho 2010)

-http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Rabacal;

-http://cnpqgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Mapanorte.htm;

-http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Mente;

-http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tuela;

-http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Baceiro;

-http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tinhela;

-http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Tua.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DO HABITAT E MICROHABITAT USADO PELAS POPULAÇÕES DE MEXILHÃO-DE-RIO (*Margaritifera margaritifera* L.) NOS RIOS RABAÇAL E TUELA (NORDESTE DE PORTUGAL)

RESUMO

As condições ecológicas dos rios Rabaçal e Tuela onde existem as populações mais viáveis de mexilhão-de-rio (*Margaritifera margaritifera* L.) em Portugal, estão pouco referenciadas. Estudos preliminares realizados no Verão de 2009 e de 2010 permitiram caracterizar o habitat e microhabitat usado por esta espécie. Relativamente ao habitat foi aplicada a metodologia do River Habitat Survey (RHS), complementada com uma análise mais específica ao nível do microhabitat. Foram realizados 30 transectos em cada troço de rio seleccionado e determinadas as variáveis da profundidade, substrato dominante e subdominante, velocidade da corrente, medida na coluna de água e junto ao leito, e cobertura em cada área amostrada (0,25 m²). A espécie *M. margaritifera* apresentou uma distribuição espacial não aleatória, concentrando-se em zonas específicas. Assim, as curvas de preferência elaboradas permitiram detectar diferenças entre os juvenis, presentes maioritariamente em *riffles*-habitats com corrente, menor profundidade e substrato grosseiro (pedras e seixos), e os adultos, de distribuição mais ampla, capazes de colonizar também *pools*-habitats lânticos, com maior profundidade, ausência de corrente e substrato de granulometria fina (areias). No que respeita à qualidade da água detectaram-se baixos teores em sais dissolvidos (condutividade < 50 µS/cm), nutrientes (N-Total <0,2 mg/L) e materiais particulados (POM <3 mg/L e PIM <0,01mg/L). Foram ainda detectadas concentrações microbianas na água e sedimento que indicam alguma influência antropogénica. Como medida de conservação da espécie nestes troços de rios, situados no interior de uma Área Protegida, o Parque Natural de Montesinho (PNM), afigura-se essencial a proceder de forma contínua à monitorização da qualidade da água e do habitat e aferir os potenciais efeitos decorrentes da regularização e da sobrepesca, com o intuito de evitar a regressão assinalada noutros rios de Portugal.

Palavras-chave: *Margaritifera margaritifera*, habitat, qualidade da água, sedimentos

1. INTRODUÇÃO

Os moluscos bivalves têm sofrido um declínio severo nas últimas décadas havendo, actualmente, várias espécies em risco de extinção. Dentro do grupo dos bivalves de água-doce, os mexilhões de água-doce (Mollusca, Bivalvia, Unionoidea) são provavelmente o grupo de animais mais ameaçado e aquele que apresenta maior perigo de extinção (BOGAN 1993; WILLIAMS *et al.* 1993; NEVES *et al.* 1997; STRAYER *et al.* 2004). Estima-se que até aos anos 1990 houve uma queda de mais de 90% das populações Europeias destes organismos (BAUER 1988), uma tendência que obviamente se manteve ou aumentou até aos nossos dias. As consequências do declínio catastrófico deste grupo faunístico, contemplam não só a perda de espécies, presentes em muitos nichos ecológicos com elevada abundância (na ordem das centenas de mexilhões por metro quadrado), como também a ocorrência de alterações no funcionamento dos ecossistemas fluviais, nomeadamente no processamento de partículas em suspensão, transformação de nutrientes e revolvimento dos sedimentos (VAUGHN e HAKENKAMP 2001). São vários os factores de ameaça que estão na origem do desaparecimento dos bivalves. Entre eles destaca-se a poluição tóxica resultante de aglomerados urbanos (efluentes domésticos e industriais) e difusa (agricultura, pecuária), a regularização dos cursos de água (represamentos e construção de barragens) que interfere directamente na qualidade da água e do habitat disponível (deposição de quantidades elevadas de sedimentos finos), a extracção de inertes (destruição de habitats), o desaparecimento dos hospedeiros e a introdução de espécies exóticas que alteram profundamente a composição faunística do *biota* presente nos sistemas aquáticos (HASTIE *et al.* 2003; REIS 2003).

A espécie de mexilhão-de-água doce *Margaritifera margaritifera* (LINNAEUS 1758) tem uma distribuição bastante ampla na Europa desde o norte da Rússia até ao norte de Portugal e Espanha e na costa oeste americana (MACHORDOM *et al.* 2003). Esta espécie encontra-se muito ameaçada a nível nacional e mundial, estando incluída nos Anexos II e V da Directiva Habitats, no Anexo III da Convenção de Berna e ainda classificada como "Em Perigo" pelo Livro Vermelho da IUCN (2008). A nível nacional estão referenciadas algumas populações de pequena dimensão ou restritas a um número exíguo, como é o caso dos rios Paiva, Cávado e Neiva (REIS 2006) tendo sido, mais recentemente, encontrada uma outra população no rio Beça (REIS, com. pessoal). Contudo, as duas principais populações, estáveis e com sucesso reprodutivo, encontram-se nos rios Tuela e Rabaçal, mais precisamente na zona do Parque Natural de Montesinho (PNM). A conservação desta espécie depende da preservação da qualidade ambiental dos dois cursos de água (REIS 2003, 2006). Algumas obras de regularização efectuadas nos rios Rabaçal e Tuela implicam a destruição do habitat físico essencial para a sobrevivência da espécie. Nesta perspectiva,

o presente trabalho teve como objectivos: 1) avaliar e analisar as condições ecológicas dos rios Rabaçal e Tuela baseadas nas características físicas e químicas de água e dos sedimentos; 2) caracterizar o habitat aquático e ribeirinho com recurso ao RHS- River Habitat Survey (RAVEN 1998); e 3) determinar a preferência manifestada pela *Margaritifera margaritifera* relativamente aos microhabitats disponíveis em cada um dos rios.

2. MÉTODOS

Para este estudo realizado no Verão (Setembro de 2009) foram seleccionados dois troços nos rios Rabaçal e Tuela (Bacia do Rio Douro) situados no Nordeste Transmontano e inseridos no PNM (Figuras 1 e 2).

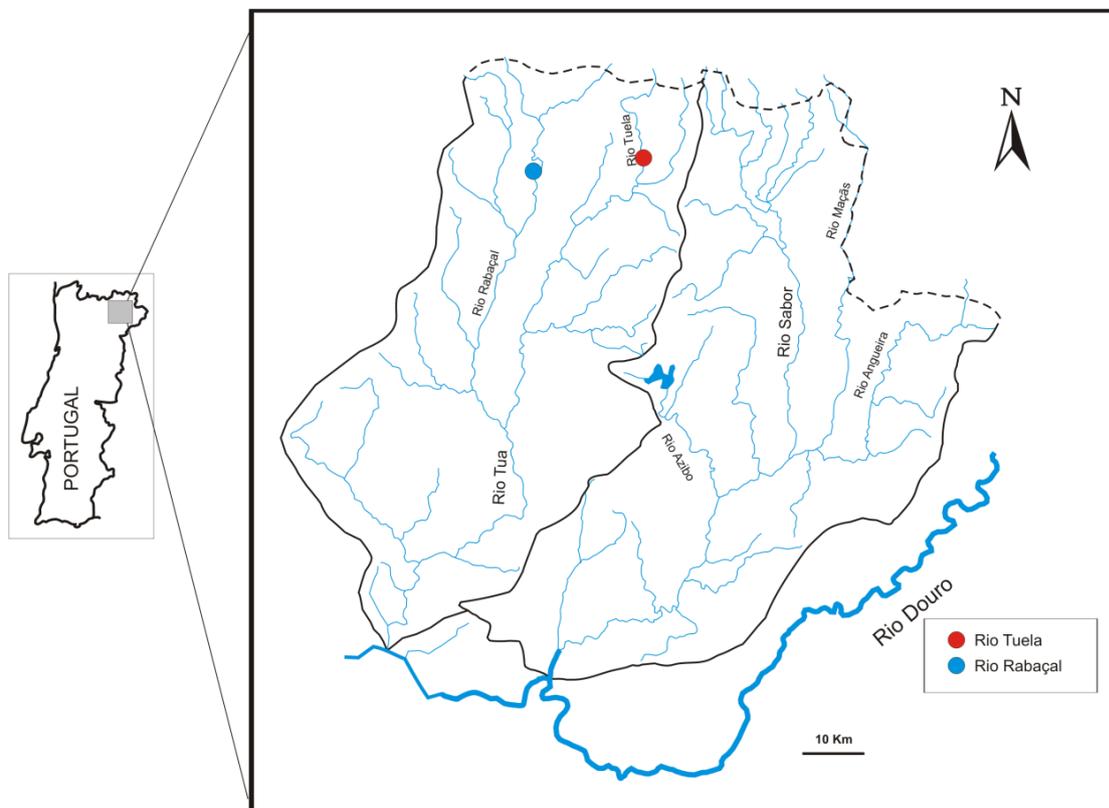


Figura 1. Localização dos troços amostrados nos rios Rabaçal e Tuela (Bacia do Douro).

Para uma avaliação mais detalhada da qualidade ambiental dos troços dos rios Rabaçal e Tuela recorreu-se à caracterização da qualidade da água, mediante a recolha de amostras que foram convenientemente preservadas e transportadas para o laboratório para realização de análises físico-químicas (e.g. fósforo, azoto, alcalinidade, dureza, cálcio) e microbiológicas (e.g. *Escherichia coli* e *Enterococcus*).

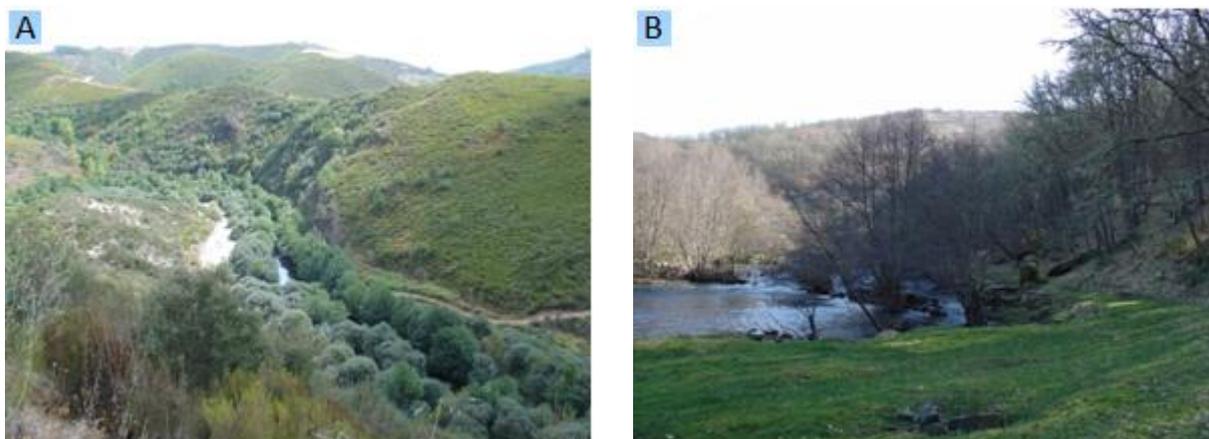


Figura 2. Troços amostrados nos rios Rabaçal (A) e Tuela (B) (Bacia do Douro).

No campo, foram medidos, através de métodos potenciométricos, os parâmetros da temperatura, pH, oxigénio dissolvido (OD), condutividade eléctrica e sólidos suspensos totais (SST) (Figura 3). Todos os processos de colheita e determinação foram realizados de acordo com EATON *et al.* (2005). Em função das características determinadas a água foi classificada segundo a sua qualidade para usos múltiplos, utilizando a classificação adoptada pelo INAG (DSCP da ex-DGRAH 1990). Nos sedimentos recolheram-se amostras e determinaram-se as fracções correspondentes aos materiais orgânicos particulados (POM) e aos materiais inorgânicos particulados (PIM), de acordo com a metodologia ESS 340.2 (1993).

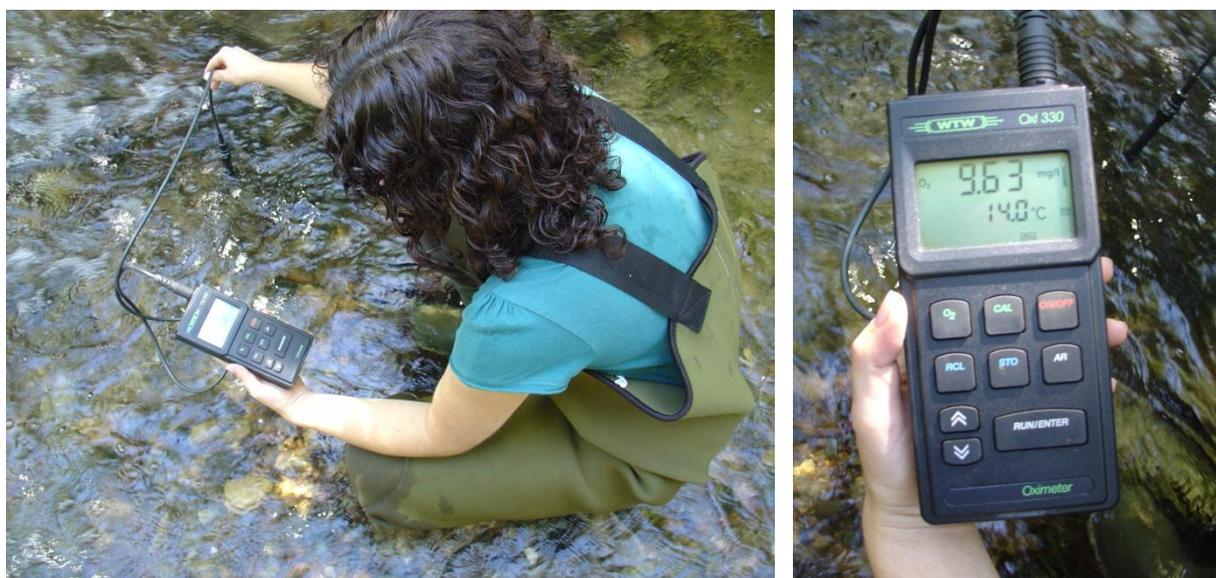


Figura 3. Medição dos parâmetros físico-químicos da água, *in situ*, através de métodos potenciométricos, no rio Rabaçal (Setembro 2009).

A avaliação dos habitats aquáticos e ribeirinhos foi realizada com base no RHS- River Habitat Survey (RAVEN *et al.* 1998). Esta técnica recorre a dados físicos e de habitat, qualitativos e quantitativos, do sistema aquático e da zona ribeirinha envolvente. Por cada rio foi seleccionado um troço de 500 m, de modo a abranger a análise duma faixa de 50m de cada lado do rio. Estas observações foram realizadas em duas escalas distintas: **a)** em transectos dispostos em intervalos de 50 m e **b)** de modo contínuo ao longo de todo o troço (Figura 4).

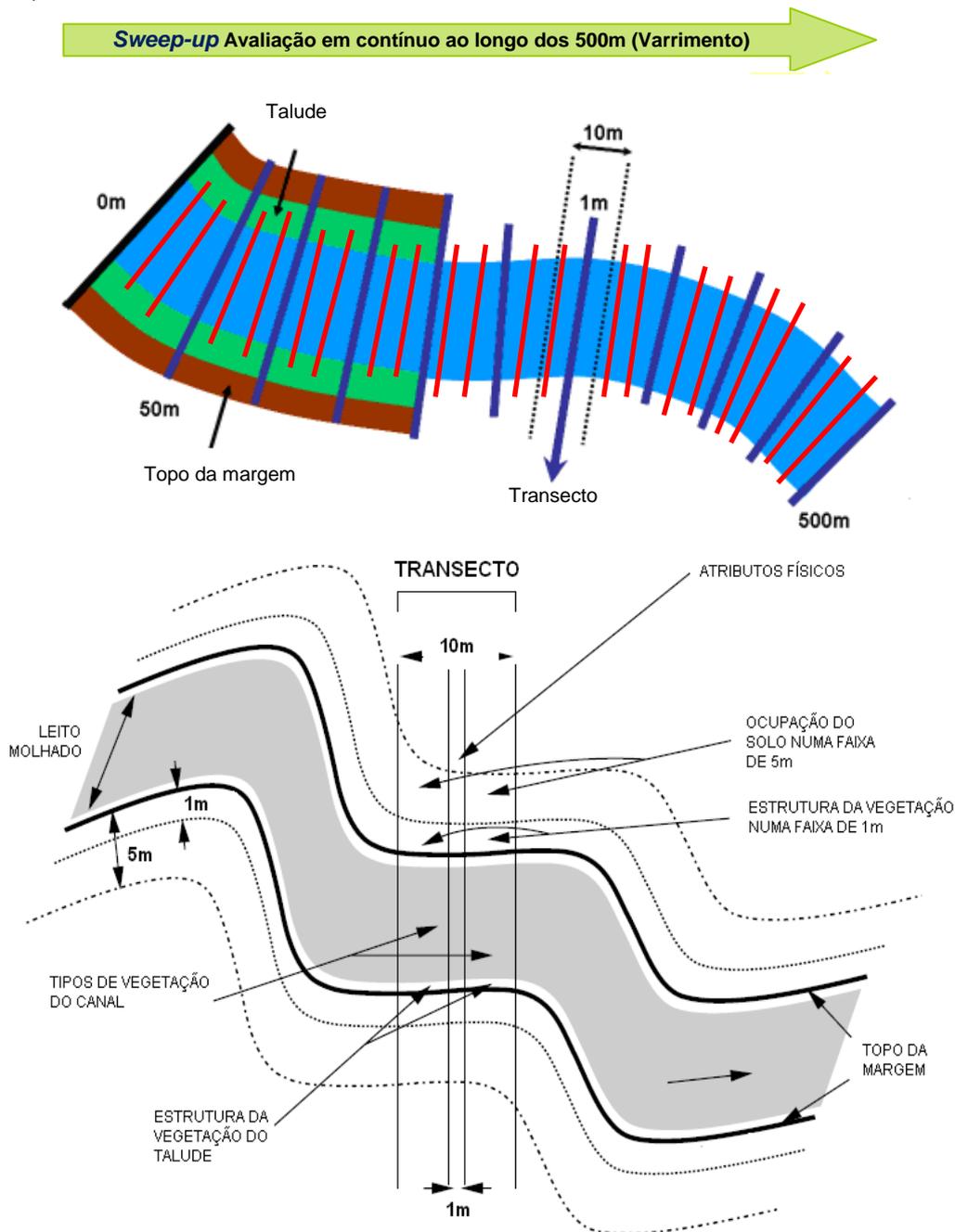


Figura 4. Desenho esquemático da metodologia do River Habitat Survey (RHS) e transectos adicionais entre spot-checks (linhas vermelhas) para análise do microhabitat disponível e usado pela espécie *M. margaritifera* [adaptado de ENVIRONMENT AGENCY (2003)].

Da aplicação do RHS derivam o índice de Qualidade de Habitat (HQA) e o índice de Modificação do Habitat (HMS) com base no software RAPID 2.1 (DAVY-BOWKER *et al.* 2008). O HQA resulta de 10 sub-índices e é uma medida de riqueza, raridade e diversidade dos habitats fluviais, enquanto o HMS quantifica o grau de artificialização do canal.

No que respeita à avaliação do microhabitat disponível, recorreu-se à elaboração de transectos nos troços de 500 m seleccionados nos rios Rabaçal e Tuela. Para além dos 10 transectos definidos para o RHS (*spot-checks*) foram realizados, de forma complementar, mais 2 transectos aleatoriamente seleccionados entre cada par de transectos anteriormente definidos (*i.e.* no RHS os *spot-checks* são realizados de forma sistemática de 50 em 50 metros), perfazendo um total de 30 transectos. Em cada transecto, a amostragem reportou-se a uma área de 0,25 m² (quadrado de 50x50 cm) com um espaçamento de 1 metro e medidas as variáveis profundidade total (vara graduada), velocidades da corrente (molinete Valeport, Model 002) medidas na coluna de água e no leito, substrato dominante e sub-dominante (segundo código definido no Quadro 1) e cobertura (Quadro 2).

Quadro 1. Código referente ao substrato (adaptado de BOVEE 1982)

Código	Descrição do substrato
1	Detritos de plantas (deposição de folhada)
2	Materiais finos (argila e silte) < 0,062 mm
3	Areia (0,062 - 1,9 mm)
4	Seixo pequeno (0,2 - 4,0 cm)
5	Seixo grosseiro (4,1 - 7,5 cm)
6	Calhau pequeno (7,6 - 15,0 cm)
7	Calhau médio (15,1 - 22,5 cm)
8	Calhau grande (22,6 - 60,0 cm)
9	Blocos (> 60,0 cm)
10	Leito rochoso

Quadro 2. Código referente à cobertura (adaptado de BOVEE 1982)

Código	Descrição da cobertura
1	Sem cobertura;
2	Objectos com diâmetro Ø < 15 cm;
3	Objectos com 15 cm < Ø < 30 cm;
4	Objectos com Ø >30 cm;
5	Vegetação ripícola pendente sobre a superfície de água (altura <1,5 m);
6	Raízes, troncos submersos, margens escavadas;
7	Objectos com Ø < 15 cm e vegetação ripícola pendente;
8	Objectos com Ø < 15 cm e raízes ou margens escavadas;
9	Objectos com 15 cm < Ø < 30 cm e vegetação ripícola pendente;
10	Objectos com 15 cm < Ø < 30 cm e raízes ou margens escavadas;
11	Objectos com Ø > 30 cm e vegetação ripícola pendente;
12	Objectos com Ø >30 cm e raízes ou margens escavadas;
13	Superfície turbulenta;
14	Vegetação aquática submersa.

Para determinar o microhabitat usado pela *M. margaritifera* recorreu-se também a transectos. Em cada transecto, procedeu-se à amostragem das náides mediante o uso de um *Aquascope*, tendo sido determinadas para cada área de 0,25 m² as seguintes variáveis:

- i) contagem do número de bivalves emergentes (uso de Aquascope) e enterrados numa profundidade de 10 cm (captura e análise do substrato num crivo de malha de 500 μm);
- ii) mensuração do comprimento máximo da concha (em mm) entre a parte anterior e posterior do bivalve para cada exemplar capturado (uso de craveira) (Figura 5);



Figura 5. Metodologia de amostragem, mediante o uso dum Aquascope e mensuração de exemplares adultos e juvenis de *M. margaritifera*, no Rio Rabaçal (Setembro 2009).

- iii) medição das variáveis do microhabitat usado, *i.e.* profundidade total, substrato dominante, cobertura e velocidade da corrente, na coluna de água e junto ao leito do rio (Figura 6).

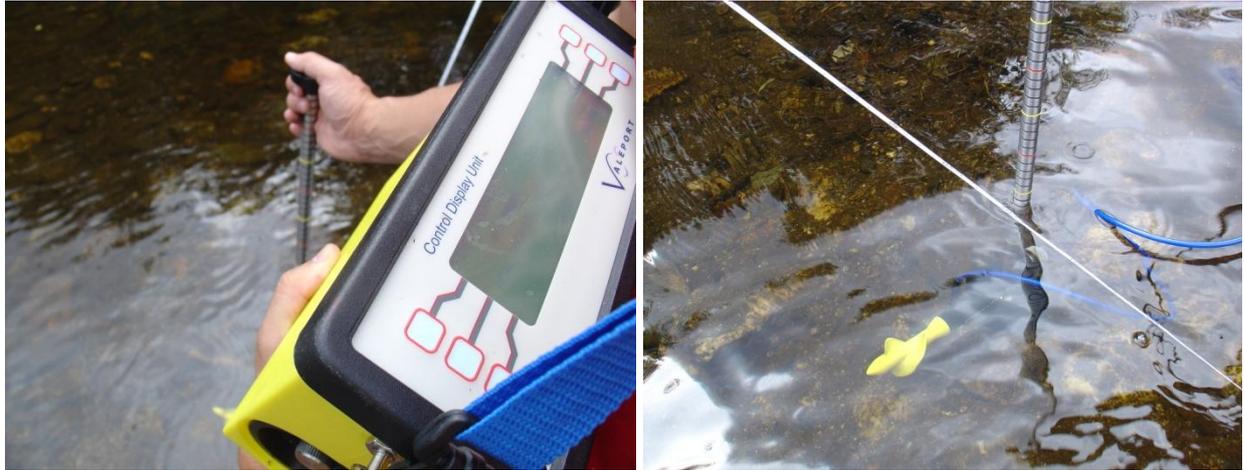


Figura 6. Medição da variável do microhabitat usado- Velocidade da corrente (molinete) pela espécie *M. margaritifera*, no rio Rabaçal (Setembro 2009).

No sentido de ampliar a informação do microhabitat usado pelos bivalves procedeu-se à prospeccção selectiva, através de observação sub-aquática (*snorkelling*) do troço (Figura 7). Assim, sempre que foram encontrados locais com 5 indivíduos visíveis numa quadrícula de 50x50 cm fizeram-se amostragens adicionais nas quadrículas contíguas, continuando sempre que aparecesse pelo menos mais do que 1 indivíduo.



Figura 7. Prospeccção selectiva de *M. margaritifera* e de *Salmo trutta*, através de *snorkelling*, e registo de dados nas margens, no rio Rabaçal (Setembro 2009).

A mesma técnica de observação sub-aquática (*snorkelling*) foi utilizada para determinar as preferências da truta-de-rio *Salmo trutta*, hospedeiro obrigatório do mexilhão-de-rio *M. margaritifera* (Figura 8). Foram consideradas duas classes: 1) juvenis (idade 1+) e alevins (0+), com dimensões inferiores a 15 cm e 2) de adultos (>1+; > 15 cm).

Nesta técnica de observação sub-aquática, o mergulhador move-se no sentido de montante, em ziguezague para amostrar a globalidade dos microhabitats existentes e aumentar a probabilidade de visualizar quer os peixes quer os mexilhões. Optou-se por aplicar a técnica de forma separada para as duas populações de trutas e de náíades. Assim, na amostragem do uso do microhabitat pela truta, o mergulhador, sempre que observou um peixe, considerado como não perturbado (*i.e.* somente quando mantinha a posição durante pelo menos 1 minuto) estimou o comprimento do peixe (por comparação com partículas na proximidade, medidas *a posteriori*) sinalizou (*i.e.* com uma bóia numerada) o local da detecção, fornecendo de imediato para o anotador situado na margem os dados referentes às variáveis da profundidade total, substrato dominante e sub-dominante e cobertura. Outra equipa de campo foi responsável pela medição da velocidade da corrente na coluna de água e na proximidade do leito.



Figura 8. Prospecção selectiva de *M. margaritifera* e de *Salmo trutta*, através de *snorkelling*, e registo de dados nas margens, no rio Rabaçal (Setembro 2009).

Recorreu-se ao programa STATISTICA 7 (STATSOFT Inc. 2004) para a obtenção das curvas de preferência, baseadas em regressões polinomiais, para as variáveis definidas do microhabitat, tendo em consideração duas abordagens complementares, considerando:

- 1) Apenas o mexilhão-de-rio e duas classes de idade, juvenis (exemplares com comprimento inferior a 65 mm) e adultos de *M. margaritifera*.
- 2) Duas espécies, *M. margaritifera* (apenas os indivíduos adultos) e respectivo hospedeiro obrigatório *Salmo trutta* (alevins e juvenis vs. adultos)

A preferência demonstrada pela espécie foi determinada em função do microhabitat disponível, através do cálculo para cada variável da razão entre o microhabitat usado/disponível seguido de uma standardização de modo a obter uma escala de variação entre 0 (sem preferência) e 1 (máxima preferência).

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos mostraram uma boa qualidade físico-química da água de ambos os rios Rabaçal e Tuela (Classe A de acordo com a qualidade para usos múltiplos) (Quadro 3). As análises detectaram águas bem oxigenadas ($O.D. > 10 \text{ mg O}_2/\text{L}$) e com temperaturas estivais baixas ($T < 20 \text{ }^\circ\text{C}$). Foram também registados teores baixos de sais dissolvidos (condutividade eléctrica $< 50 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$) e de nutrientes, caso de compostos azotados (N- Total $< 0,2 \text{ mg}/\text{L}$) e fosfatados (P- Total $< 0,1 \text{ mg}/\text{L}$). Os valores da alcalinidade ($< 35 \text{ mgHCO}_3^-/\text{L}$) e dureza ($< 20 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$) demonstram a baixa resistência que estes sistemas aquáticos opõem, por norma, a fenómenos de perturbação resultantes, por exemplo da poluição agrícola e efluentes domésticos provenientes dos aglomerados rurais. Tal motivo poderá estar na origem da detecção de uma qualidade microbiológica mais baixa do que seria de esperar, como revelam, por exemplo, os valores obtidos para *Escherichia coli* (6 CFU/100 mL no rio Tuela) e *Enterococcus* spp ($< 1 \text{ CFU}/100 \text{ mL}$) no rio Tuela. Ao nível dos sedimentos foram encontrados valores médios relativamente baixos para as fracções POM ($< 5 \text{ mg}/\text{L}$) e PIM ($< 0,01 \text{ mg}/\text{L}$).

Quadro 3. Valores das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas às águas superficiais e aos sedimentos (fracções POM e PIM) dos troços amostrados nos rios Rabaçal e Tuela (Setembro, 2009).

	O.D. ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	pH	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Oxidabilidade (mgO_2/L)	Alcalinidade ($\text{mgHCO}_3^-/\text{L}$)	Dureza (mgCaCO_3/L)
Rabaçal	10,1	6,7	33,7	1,2	25,0	15,6
Tuela	10,9	7,2	48,0	1,5	33,6	19,0
	Nitratos ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	Amónia (mgNH_4^+/L)	N-Total (mgN/L)	P-Total (mgP/L)	Ortofosfatos ($\text{mgPO}_4^{3-}/\text{L}$)	Cálcio ($\text{mgCa}^{2+}/\text{L}$)
Rabaçal	$< 0,01$	0,1	$< 0,1$	$< 0,1$	0,1	2,5
Tuela	0,1	0,05	0,16	$< 0,1$	0,1	4,3
	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	SST (mg/L)	<i>E. coli</i> (CFU/100ml)	<i>Enterococcus</i> (CFU/100ml)	POM (mg/L)	PIM (mg/L)
Rabaçal	15,8	10,0	< 1	< 1	2	$< 0,01$
Tuela	16,5	5,0	6	0	4,5	$< 0,01$

A aplicação do RHS possibilitou qualificar de excelente os habitats aquáticos e ribeirinhos de ambos os rios, como se pode inferir dos índices HQA (Classe I, máxima qualidade) e HMS (Classe I e Classe II), calculados respectivamente para os rios Rabaçal e Tuela. Os transectos “spot-checks” complementados pela análise global do troço “sweep-up”, forneceram associações mais perceptíveis entre a espécie-alvo do estudo e as seguintes variáveis do RHS: 1) *Características do canal*: com ocorrência maioritária em *riffles* e *runs*, embora muitos exemplares adultos estejam também presentes em zonas específicas de *pools* 2) *Substrato do canal*: presente nos interstícios mais finos situados entre blocos e

pedras estáveis do leito do rio; 3) *Perfil das margens e galeria ripícola*: ocupação de margens escavadas com presença de raízes em áreas do leito do rio permanentemente inundadas (Quadro 4).

Quadro 4. Variáveis do RHS mais associadas com a distribuição de *M. margaritifera* no rio Rabaçal (Setembro, 2009).

Variáveis gerais	Variáveis específicas	Impacto (+ versus -)
<i>Substrate channel</i>	<i>Boulder (BO), Cobble (CO)</i>	++
	<i>Gravel-Pebble (GP)</i>	+
	<i>Sand (SA), Silt (SI)</i>	-
<i>Flow type</i>	<i>Unbroken standing waves (UW)</i>	++
	<i>Broken standing waves (BW), Rippled (RP)</i>	+
	<i>Smooth laminar (SM)</i>	-
<i>Riparian land-use</i>	<i>Broadleaf/mixed woodland (BL)</i>	+++
	<i>Improved/ semi-improved grass (IG)</i>	-
<i>Bank profiles</i>	<i>Vertical/undercut</i>	+
	<i>gentle</i>	-
<i>Riffles, pools and point bars</i>	<i>nº of riffles</i>	+

Numa escala mais detalhada é possível observar o uso do microhabitat pela espécie no Rio Rabaçal (Figura 9). As curvas de preferência elaboradas para os juvenis e adultos de *M. Margaritifera* mostraram um comportamento semelhante nas variáveis da velocidade da corrente na coluna de água ($0,10-0,20 \text{ m.s}^{-1}$) e na proximidade do leito ($0-0,10 \text{ m.s}^{-1}$), no substrato dominante (preferência por areia grosseira e seixos pequenos) e na profundidade (30-40 cm). Ao invés são perceptíveis diferenças entre as duas classes de idade (juvenis vs. adultos) nas variáveis do substrato sub-dominante (finos e areias para juvenis e blocos e pedras para os adultos) e da cobertura (blocos para juvenis e raízes, vegetação ripícola pendente e blocos para adultos).

No rio Tuela foi encontrado um comportamento em termos de uso dos recursos disponíveis em todo semelhante ao verificado no rio Rabaçal, para o qual contribuem as condições ambientais muito semelhantes.

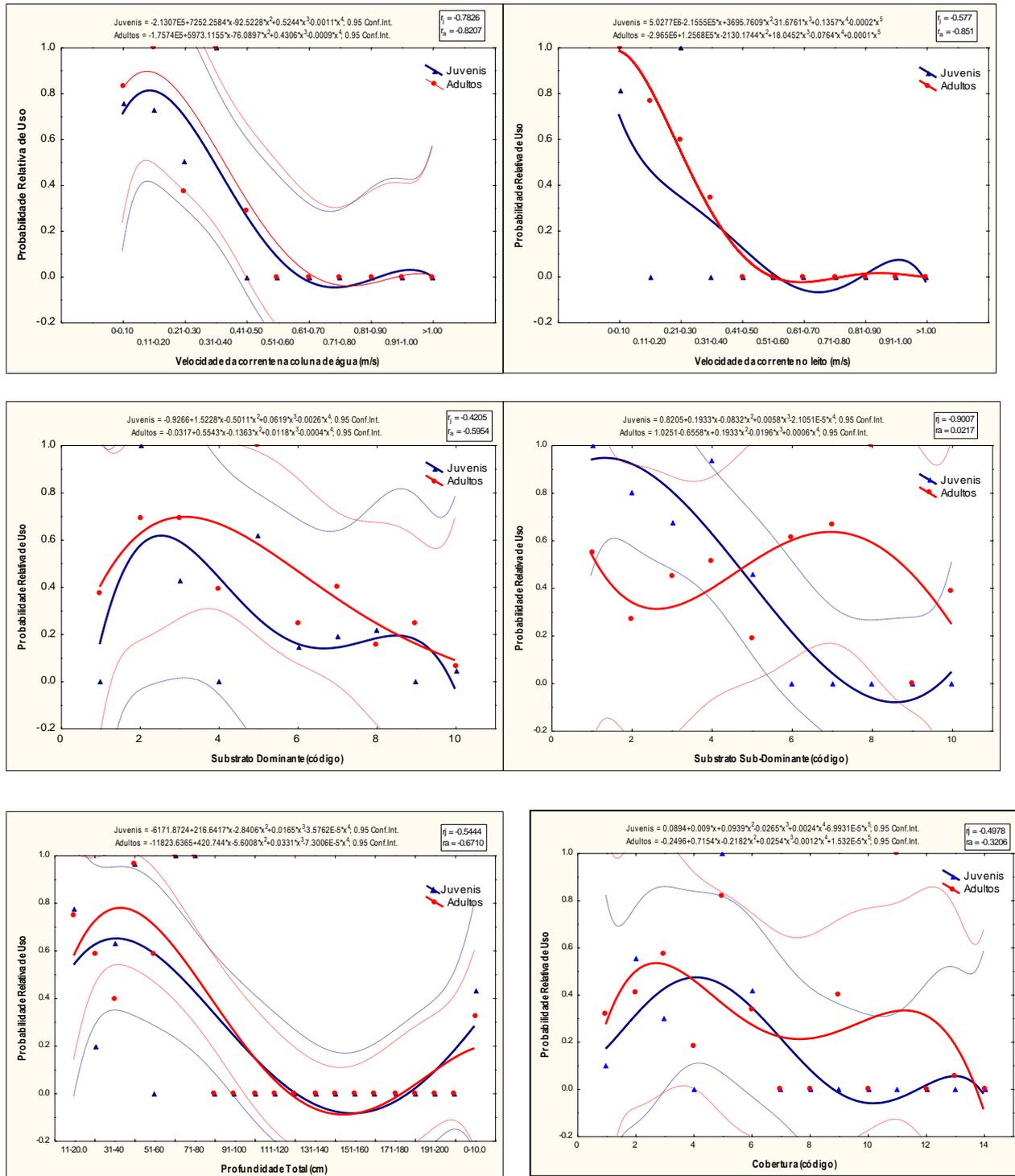


Figura 9. Curvas de preferência construídas com base em regressões polinomiais, para exemplares juvenis ($n=35$) e adultos ($n=111$) de *Margaritifera margaritifera* relativamente às variáveis da velocidade da corrente na coluna de água e no leito, substrato dominante e sub-dominante, profundidade total e cobertura no Rio Rabaçal, durante o verão de 2009. A variável dependente representa a probabilidade relativa de uso (standardizada numa escala de 0 a 1). As curvas referentes aos mexilhões-de-rio, juvenis e adultos, estão representadas por linhas de cor azul e vermelha, respectivamente.

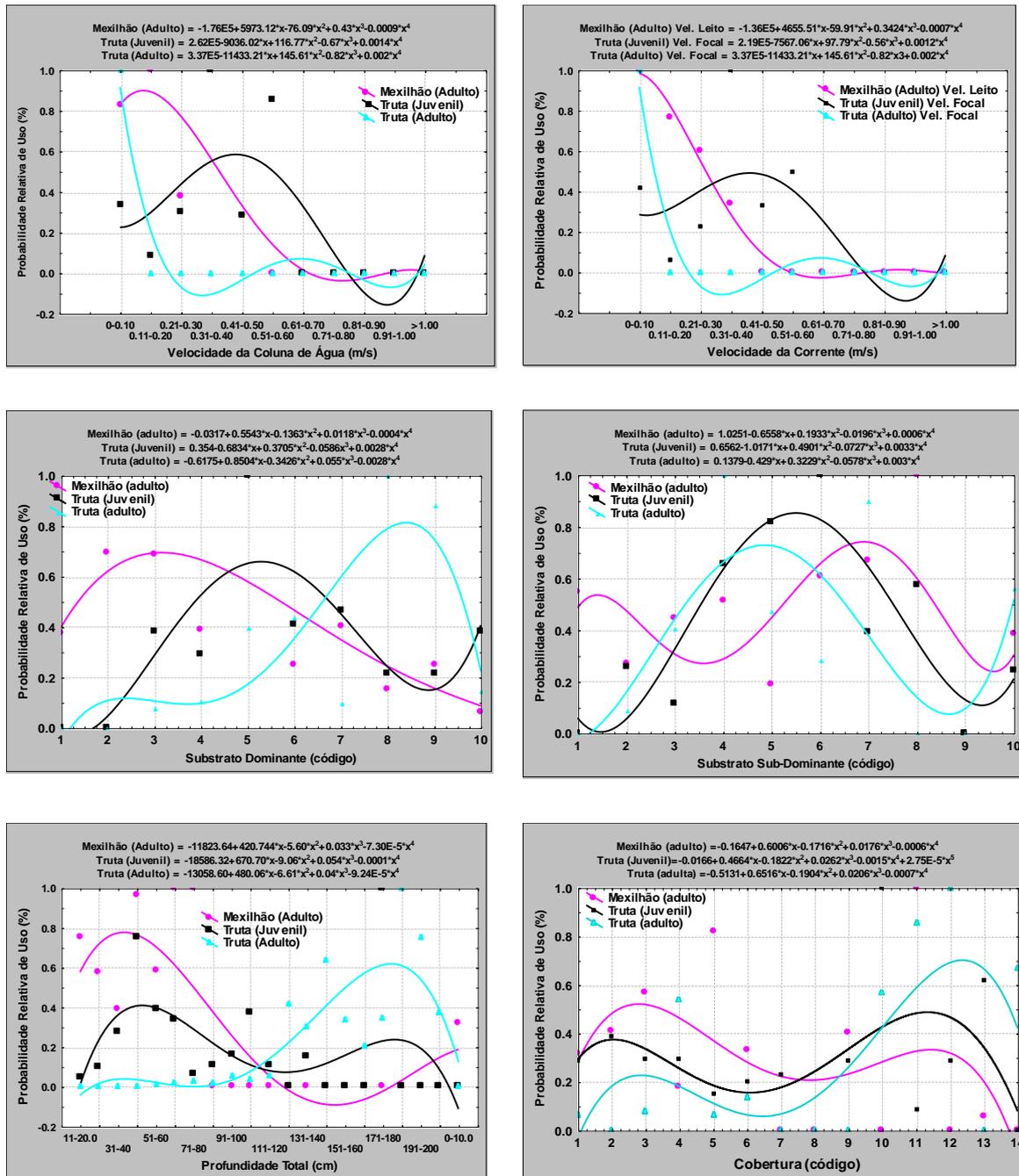


Figura 10. Curvas de preferência construídas com base em regressões polinomiais, para exemplares adultos ($n=111$) de *M. margaritifera* e de *S. trutta*, considerando as classes juvenis ($n=95$) e adultos ($n=76$) relativamente às variáveis da velocidade da corrente na coluna de água e no leito, substrato dominante e sub-dominante, profundidade total e cobertura no Rio Rabaçal (Verão/2009). A variável dependente representa a probabilidade relativa de uso (standardizada numa escala de 0 a 1). As curvas referentes aos mexilhões-de-rio adultos estão representadas por linhas de cor rosa, enquanto as curvas referentes às trutas juvenis e adultos, são de cor negra e azul claro, respectivamente.

Sabendo que a truta é o hospedeiro obrigatório do mexilhão, foram construídas conjuntamente curvas de preferência dos reprodutores de *M. margaritifera* e de juvenis e adultos de *S. trutta*, que podem ser analisadas comparativamente na Figura 10.

Quando se fez a análise comparativa entre o mexilhão-de-rio e a truta para o uso do microhabitat, verificou-se serem as trutas juvenis aquelas que manifestaram maior coincidência ou proximidade relativamente às preferências da *M. margaritifera*. De facto, sendo os bivalves, organismos filtradores colonizam preferencialmente zonas com alguma velocidade da corrente, como é o caso dos *riffles*. É precisamente nestes locais que abundam os juvenis e alevins das trutas, fruto da segregação espacial estabelecida no meio aquático, que são os grandes responsáveis por assegurar o recrutamento anual da *M. margaritifera*.

4. DISCUSSÃO

Este estudo permitiu confirmar que os dois troços amostrados nos rios Rabaçal e Tuela possuem uma excelente qualidade ambiental para a ocorrência de populações viáveis de *Margaritifera margaritifera* na cabeceira destes rios. Não só a qualidade mas também a quantidade da água dos rios, em especial na época de Verão, assume primordial importância para a abundância registada desta espécie ameaçada e que importa preservar pelo elevado valor em termos de conservação que assume numa área protegida como o Parque Natural de Montesinho. Embora a amostragem tenha sido realizada no Verão, período onde normalmente existem valores das variáveis ambientais mais críticos, aparece bem evidente o carácter oligotrófico destas águas. A litologia presente, essencialmente xistos, é responsável pela fraca mineralização da água cuja baixa capacidade tamponizante demonstra também a vulnerabilidade destes sistemas aquáticos. De facto, são de assinalar baixos teores em sais dissolvidos e nutrientes, em parte devida à reduzida actividade antrópica, que limitam a produção primária destes sistemas eminentemente heterotróficos que, à semelhança de muitos rios da região, são fortemente dependentes, em termos energéticos, dos inputs de matéria orgânica de origem alóctone, nomeadamente da folhada caducifólia de amieiros e salgueiros proveniente das margens dos cursos de água (TEIXEIRA 1994; CORTES *et al.* 1998). Paralelamente, os teores assinaláveis de oxigénio dissolvido ($> 10 \text{ mg O}_2/\text{l}$) e o regime térmico da água, com temperaturas relativamente baixas, mesmo no Verão ($< 20 \text{ }^\circ\text{C}$), são o resultado combinado do contínuo lótico em cujas margens existe uma vegetação ribeirinha bem estruturada. De facto, as galerias ripícolas para além de ensombrarem os cursos de água, estão suportadas por raízes fortes e salientes que fornecem habitats únicos onde os sedimentos acumulados permitem a

ocorrência de colónias apreciáveis de mexilhão-de-rio e servem de refúgio para peixes, nomeadamente para a truta-de-rio, hospedeiro obrigatório da espécie-alvo do estudo. MORALES *et al.* (2004) registaram características físico-químicas da água similares em populações de mexilhão-de-rio presente em rios próximos situados em Espanha. As principais colónias da espécie foram também localizadas em habitats pouco profundos, com alguma corrente e fortemente ensombrados pela vegetação ribeirinha. Nesta medida, a qualidade do habitat aquático e ribeirinho foi amplamente confirmado pelo River Habitat Survey, nomeadamente pelos índices HQA e HMS determinados. Ficou ainda patente a associação positiva entre as variáveis do RHS e a distribuição de núcleos populacionais de mexilhão-de-rio, especialmente concentrados em determinados mosaicos de habitats. Vários estudos têm realçado a sensibilidade e capacidade deste método (RHS) para descrever o macrohabitat da *Margaritifera margaritifera* noutros rios da sua ampla distribuição holárctica assim como diversas medidas de gestão e conservação apropriadas para diferentes populações (HASTIE *et al.* 2003). Contudo, afigura-se essencial a informação recolhida numa outra escala de análise, o microhabitat. Também nesta abordagem, foram detectados requisitos do microhabitat muito semelhantes aos observados por HASTIE *et al.* (2000), com preferência da espécie por zonas pouco profundas (30-40 cm), com substratos estáveis (mosaico de blocos com areias e seixos) e com boa cobertura (bastante ensombramento). Por outro lado, foram encontradas em zonas com velocidades de corrente relativamente inferiores ($< 0,20 \text{ cm.s}^{-1}$), em parte devido às variáveis hidrológicas assumirem valores mínimos mais críticos nesta região europeia, precisamente no final do período estival. No que respeita à diferenciação de comportamento entre juvenis e adultos de *M. margaritifera* no uso do recurso habitat verificou-se que, os exemplares juvenis estão mais confinados em zonas de corrente, caso de *riffles* e *runs*, enquanto nos indivíduos adultos foi detectada uma distribuição mais ampla, com colónias assinaláveis também em zonas lânticas (*pools*). A preferência demonstrada pelas zonas de corrente está directamente relacionada com a actividade alimentar, *i.e.* sendo filtradores necessitam de um fluxo de água que transporte o alimento para a zona envolvente do mosaico habitado pelo bivalve. Por outro lado, é fundamental que tais zonas tenham também capacidade para albergar populações de trutas que permitam assegurar a sobrevivência da espécie. De facto é precisamente nestes locais que existe, normalmente, a maior densidade de juvenis de truta. Tal facto resulta da segregação espacial estabelecida nas populações de trutas residentes devido ao comportamento territorial associado ao uso dos recursos disponíveis (*e.g.* alimento, refúgio). A hierarquia social patente depende de vários factores mas o tamanho tem um papel fulcral, sendo de esperar que os melhores microhabitats com menor exigência sob o ponto de vista energético sejam ocupados pelas trutas reprodutoras dominantes (normalmente de idade $> 3+$ e tamanho $> 20\text{cm}$). A competição e potencial

predação que se pode estabelecer no meio aquático “obriga” os alevins e juvenis da truta a habitarem estas zonas mais desfavoráveis. São, no entanto, estas classes de idade nas quais a infestação com gloquídeos de *M. margaritifera* é maior, supondo-se que as trutas adultas tenham já adquirido alguma “imunidade” e deixem de funcionar como hospedeiros efectivos destas náíades.

Estes estudos necessitam ser confirmados e ampliada a informação da qualidade ambiental dos habitats existentes, especialmente em troços onde outrora existiram populações cujas densidades têm vindo a decrescer como resultado, por exemplo, da poluição e da regularização de caudais nos dois rios investigados. A manutenção dos requisitos óptimos em termos do habitat e microhabitat são alguns dos factores que assumem uma elevada importância na conservação das populações de *Margaritifera margaritifera* em Portugal.

BIBLIOGRAFIA

- BAUER, G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*, **45**, 239 - 253.
- BOGAN, A.E. 1993. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionoida): a search for causes. *American Zoologist* **33**, 599 - 609.
- BOVEE, K.D. 1982. *A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology*. Office of Biological Sciences, U. S. Fish and Wildlife Service (FWS/OBS-82/26).
- CORTES, R.M.V.; FERREIRA, M.T.; OLIVEIRA, S.V.; GODINHO, F. 1998. Contrasting Impact of Small Dams on the Macroinvertebrates of Two Iberian Mountain Rivers. *Hydrobiologia*, **389**, 51-61.
- DAVY-BOWKER, J.; DAVIES, C.E.; MURPHY, J.F. 2008. *RAPID 2.1: User Manual, River Habitat Survey data input and calculations*. Centre for Ecology and Hydrology. Natural Environment Research Council.
- EATON, A.D.; CLESCERI, L.; E.W.; GREENBERG, A.E. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition.
- ENVIRONMENT AGENCY 2003. *River Habitat Survey in Britain and Ireland: Field Survey Guidance Manual: 2003 version*. Environment Agency.
- ESS METHOD 340.2 1993. *Total Suspended Solids, Mass Balance, Volatile Suspended Solids*. Environmental Sciences Section Inorganic Chemistry Unit.
- HASTIE, L.C.; BOON, P.J.; YOUNG, M.R. 2000. Physical Microhabitat Requirements of Freshwater Pearl Mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Hydrobiologia*, **429**, 59 - 71.
- HASTIE, L.C.; COOKSLEY, F.; SCOUGALL, M.R.; YOUNG, M.R.; BOON, P.J.; GAYWOOD, M.J. 2003. Characterization of Freshwater Pearl Mussel, (*Margaritifera margaritifera*) Riverine Habitat Using River Habitat Survey Data. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **13**, 213 - 224.
- MACHORDOM, A.; ARAUJO, R.; ERPENBECK, D.; RAMOS, M.A. 2003. Phylogeography and conservation genetics of endangered European Margaritiferidae (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Journal of the Linnean Society*, **78**, 235 - 252.
- MORALES, J.J.; NEGRO, A.I.; LIZANA, M.; MARTINEZ, A.; PALACIOS, J. 2004. Preliminary study of the endangered populations of pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in the River Tera (north-west Spain): habitat analysis and management considerations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **14**, 587 - 596.

- NEVES R.J.; BOGAN A.E.; WILLIAMS J.D.; AHLSTEDT S.A.; HARTFIELD, P.W. 1997. *Status of aquatic mollusks in the Southeastern United States: A downward spiral of diversity. In: Aquatic Fauna in Peril: The southeastern perspective*, editado por G.E. Benz e D.E. Collins. Decatur, Southeast Aquatic Research Institute, Special Publication 1, pp. 43-85
- RAVEN, P.J.; HOLMES, N.T.H.; DAWSON, F.H.; FOX, P.J.A.; EVERARD, M.; FOZZARD, I.R.; ROUEN, K.J. 1998. *River Habitat quality: the physical character of rivers and streams in the UK and the Isle of Man. River Habitat Survey report no. 2, Environment Agency, Bristol.*
- REIS, J. 2003. "The Freshwater Pearl Mussel [*Margaritifera margaritifera* (L.)] (Bivalvia, Unionoida) rediscovered in Portugal and threats to its survival", *Biological Conservation*, **114**, 447 - 452.
- REIS, J. (coord.) 2006. *Atlas dos bivalves de água-doce em Portugal continental*. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- STATSOFT Inc. 2004. STATISTICA (Data Analysis Software System). Version 7. www.statsoft.com. Tulsa, USA.
- STRAYER, D.L.; DOWNING, J.A.; HAAG, W.R.; KING, T.L.; LAYZER, J.B.; NEWTON, T.J.; NICHOLS, S.J. 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America's most imperiled animals. *BioScience*, **54**, 5, 429 - 439.
- TEIXEIRA, A. 1994. *Variações naturais e antropogénicas na sucessão longitudinal de ecossistemas lóticos*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- VAUGHN C.C.; HAKENKAMP C.C. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, **46**, 1431 - 1446.
- WILLIAMS, J.D.; WARREN, M.D.; CUMMINGS, K.S.; HARRIS, J.L.; NEVES, R.J. 1993. "Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada". *Fisheries*, **18**, 9, 6 - 22.

SITES CONSULTADOS (accedidos em Junho 2010)

www.iucnredlist.org

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

Do estudo desenvolvido acerca das condições ambientais e integridade biótica dos cursos de água da bacia hidrográfica do rio Tua assim como dos requisitos ecológicos das populações de *Margaritifera margaritifera* destacam-se as seguintes conclusões:

1. Existência de uma qualidade das água superior na cabeceira dos rios Rabaçal, Mente, Tuela e Baceiro, nomeadamente nos troços classificados de aptidão salmonícola, comparativamente com os troços de aptidão ciprinícola do Baixo Tua. No que respeita às características físicas e químicas da água presentes nas zonas de cabeceira realçam-se, mesmo nos períodos críticos da época estival, elevados teores de oxigénio dissolvido ($> 9,0 \text{ mg O}_2/\text{L}$), temperaturas da água relativamente baixas ($T < 22^\circ\text{C}$) e teores diminutos em sais dissolvidos (condutividade $< 50 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$) e nutrientes (e.g. N-Total $< 0,2 \text{ mg/L}$; P-Total $< 0,01 \text{ mg/L}$). Saliente-se que estas zonas estão maioritariamente inseridas no Parque Natural de Montesinho, contribuindo decisivamente para uma boa integridade ecológica que deve nortear uma área protegida. Pelo contrário, no Baixo Tua, a poluição (e.g. efluentes provenientes do Cachão), a agricultura intensiva em várias zonas marginais do vale do Tua, a sucessiva regularização do canal (e.g. açudes), a degradação da zona ripária (e.g. cortes excessivos e erosão das margens) contribuem marcadamente para um incremento acentuado na maioria dos parâmetros avaliados com reflexos evidentes na diminuição da qualidade da água;
2. Uma boa qualidade e elevada heterogeneidade de microhabitats aquáticos e ribeirinhos, avaliados pelos índices QBR e GQC que, associada à boa qualidade da água anteriormente mencionada, garantem condições ambientais adequadas à ocorrência de uma biodiversidade assinalável ao nível das comunidades de macroinvertebrados do Alto Tua. Táxones estenobiontes pertencentes às ordens dos Plecoptera (e.g. Leuctridae, Nemouridae, Perlodidae), Ephemeroptera (e.g. Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae) e Trichoptera (e.g. Limnephilidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Glossosomatidae) constituem uma prova do bom estado bio-ecológico patente nesses cursos de água. Complementarmente, ao nível da íctiofauna deve-se destacar, nos mesmos troços, a presença exclusiva de espécies piscícolas nativas, que são endemismos ibéricos com diferente estatuto de protecção, mas sempre importantes em termos de conservação. Embora, muitas vezes se associe a boa qualidade ecológica a uma diversidade elevada, no caso da íctiofauna tal critério não pode ser aplicado. De facto, na cabeceira dos rios com boa integridade ecológica deverá ocorrer exclusivamente uma só espécie, a truta-de-rio (*Salmo trutta*). À medida que se caminha

para os troços de aptidão ciprinícola ocorrem naturalmente em populações mistas e posteriormente exclusivas de ciprinídeos. São pois comuns espécies como o escalado-norte (*Squalius caroliterti*), o bordalo (*Squalius alburnoides*) a boga-do-norte (*Pseudochondrostoma dueriense*) e o barbo-do-norte (*Barbus bocagei*). Em contraste, as comunidades de macroinvertebrados do Baixo Tua podem espelhar os diferentes fenómenos de perturbação anteriormente identificados. Para além duma maior expressão de macroinvertebrados de carácter euribionte, pertencentes aos grupos faunísticos dos Diptera (e.g. Chironomidae, Simuliidae), Acari (e.g. Hidracarina), Hirudinea (e.g. Erpobdellidae, Glossiphoniidae), Oligochaeta (e.g. Lumbriculidae, Tubificidae), detectou-se ainda a presença de espécies exóticas de peixes e macroinvertebrados, como o achigã (*Micropterus salmoides*), a gambúsia (*Gambusia holbrooki*) o pimpão (*Carassius auratus*) tendo algumas delas comportamento invasor, como sejam a perca-sol (*Lepomis gibbosus*) e o lagostim-vermelho-da-Louisiana (*Procambarus clarkii*). O Aproveitamento Hidroeléctrico de Foz-Tua (AHFT) irá, no futuro, contribuir para uma menor integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos do Baixo e Médio Tua;

3. A biomonitorização efectuada permitiu proceder a uma avaliação biológica da qualidade da água baseada em dois índices, o IBMWP e IPTI_N que diferenciaram os locais com diferentes graus de perturbação a partir das alterações mensuradas nas comunidades de macroinvertebrados. O Índice Português dos Invertebrados do Norte IPTI_N ao considerar a ponderação de várias métricas revelou-se mais sensível e exigente comparativamente com o IBMWP. No entanto, ambos os índices classificaram as cabeceiras dos rios como sendo os locais com menos perturbação e portanto com melhor qualidade biológica (i.e. Classes I e II, respectivamente de excelente e boa qualidade) havendo maiores discrepâncias relativamente à classificação dos troços amostrados no Médio e Baixo Tua;
4. A excelente qualidade ambiental detectada nas zonas de cabeceira do Alto Tua está na base da ocorrência das únicas populações viáveis de *Margaritifera margaritifera* em Portugal, mais propriamente nos rios Rabaçal e Tuela. A qualidade e quantidade da água dos rios, em especial nos períodos críticos como na época de Verão, assumem primordial importância na abundância registada desta espécie ameaçada. Por outro lado, as galerias ripícolas garantem o ensombramento dos cursos de água e as raízes salientes fornecem habitats onde os sedimentos acumulados permitem a presença de colónias apreciáveis de mexilhão-de-rio, servindo ainda de refúgio para a truta-de-rio, hospedeiro obrigatório da espécie-alvo do estudo. Nesta medida, a boa qualidade do habitat aquático e ribeirinho foi confirmada pelo River Habitat Survey, nomeadamente pelos índices HQA e HMS calculados. Foi ainda encontrada uma correlação positiva entre algumas variáveis do RHS e núcleos populacionais de mexilhão-de-rio;

5. Os requisitos ao nível do uso do microhabitat pela *M. margaritifera* são semelhantes a outros rios europeus, mostrando preferência por zonas de *riffles*, pouco profundas (30-40 cm) mas com fluxo de corrente contínuo, com substratos estáveis (mosaico de blocos com areias e seixos nos interstícios) e com boa cobertura (bastante ensombramento). Contudo, foram também detectadas, ainda que em menor proporção, em *pools* (*i.e.* zonas tipicamente mais profundas), enterradas em substratos finos.
6. A análise comparativa dos comportamentos referentes à ocupação dos habitats entre o mexilhão-de-rio e a truta demonstrou que ambas as espécies frequentam os mesmos microhabitats e tal sobreposição, mais pronunciada com os alevins e juvenis da truta, é responsável pelas taxas de sucesso evidenciadas pelo recrutamento anual de *M. margaritifera*.
7. A gestão e ordenamento dos recursos aquáticos associados à bacia do rio Tua deverão contemplar, no futuro e em termos dos Planos de Gestão da ARH-Norte (Douro), medidas de conservação orientadas para as zonas de referência, que garantam a sobrevivência da *M. margaritifera*, sempre enquadrada numa escala ecossistémica. Só assim será possível perpetuar a presença desta espécie e potenciar a sua expansão para outros troços que no passado colonizou. Por outro lado deverão ser equacionadas medidas de mitigação/reabilitação das zonas perturbadas de modo a assegurar a biodiversidade e preservação de espécies autóctones aquáticas e terrestres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos efectuados necessitam ser continuados e ampliada a informação acerca da qualidade ambiental dos habitats existentes, especialmente em troços onde outrora existiram populações cujas densidades têm vindo a decrescer como resultado, por exemplo, da poluição e da regularização de caudais. A manutenção dos requisitos óptimos em termos do habitat e microhabitat são alguns dos factores que assumem uma elevada importância na conservação das populações de *Margaritifera margaritifera* em Portugal. Neste sentido, é necessário desenvolver futuras linhas de investigação cujos principais objectivos deverão passar por:

1. Monitorizar, de forma contínua, o comportamento das náíades e dos peixes hospedeiros por períodos de tempo mais prolongados, tendo em conta, por exemplo, aspectos ligados com o crescimento, a reprodução, a fisiologia, entre outros;

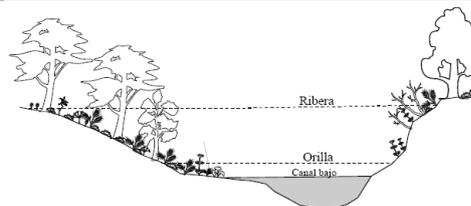
2. Melhorar a gestão e ordenamento dos rios de salmonídeos e elaborar planos estratégicos adequados à especificidade de cada rio, sempre que detectadas populações de *M. margaritifera*.
3. Definir protocolos práticos de avaliação e mitigação dos riscos ecológicos, sempre que existam ameaças decorrentes de modificações das condições bióticas e abióticas dos ecossistemas aquáticos;
4. Considerar e implementar técnicas de melhoria do habitat piscícola que visem o incremento do potencial piscícola de uma dada massa de água e avaliar e definir as medidas de legislação e regulamentação da actividade piscatória mais apropriadas à capacidade de carga de cada sistema aquático e à salvaguarda das populações de mexilhão-de-rio;
5. Desenvolver um Plano de Reprodução em Cativeiro, que assegure a possibilidade de reintroduzir a espécie *Margaritifera margaritifera* e o seu hospedeiro, a *Salmo trutta*, noutros cursos de água com condições ambientais adequadas;
6. Elaborar Planos de Monitorização e de Contenção, Controlo e Erradicação de espécies exóticas (e.g. *Lepomis gibbosus*, *Procambarus clarkii*, *Pacifastacus leniusculus*), de modo a evitar o seu estabelecimento e expansão necessariamente nas áreas prioritárias definidas com estatuto de protecção especial, como por exemplo Parque Natural de Montesinho, último reduto de populações viáveis de *Margaritifera margaritifera* no nosso país.
7. Desenvolver acções de informação e sensibilização ambiental que alertem para a importância da conservação de espécies ameaçadas e ecossistemas com boa integridade ecológica e ao mesmo tempo sirvam para obter junto das populações em geral uma participação activa na defesa dos valores naturais únicos da região transmontana.

ANEXOS

ANEXO I: Índices de Qualidade do Habitat Fluvial (QBR e GQC)

ÍNDICE QBR: CLASSIFICAÇÃO DA ZONA RIBEIRINHA DE ECOSISTEMAS 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	
25	> 80% de cobertura vegetal da zona ribeirinha (as plantas anuais não se contabilizam)
10	50-80% de cobertura vegetal da zona ribeirinha
5	10-50% de cobertura vegetal da zona ribeirinha
0	< 10% de cobertura vegetal da zona ribeirinha
+10	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é total
+5	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é superior a 50%
-5	Se a conectividade entre o bosque ribeirinho e o ecossistema florestal adjacente é entre 25 e 50%
-10	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	
25	Cobertura de árvores superior a 75%
10	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%
5	Cobertura de árvores inferior a 50% e o resto da cobertura com arbustos entre 10 e 25%
0	Sem árvores e arbustos abaixo dos 10%
+10	Se na margem a concentração de helófitos ou arbustos é superior a 50%
+5	Se na margem a concentração de helófitos ou arbustos é entre 25 e 50%
+5	Se existe uma boa conexão entre a zona de arbustos e árvores com um sub-bosque
-5	Se existe uma distribuição regular (linearidade) nos pés das árvores e o sub-bosque é > 50%
-5	Se as árvores e arbustos se distribuem em manchas, sem uma continuidade
-10	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)

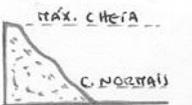
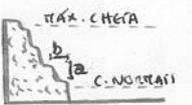
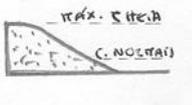
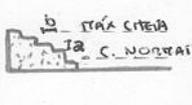
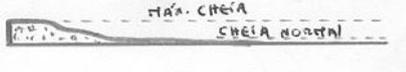
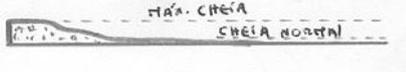
Pontuação		Tipo1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de espécies diferentes de árvores autóctones	> 1	> 2	> 3
10	Número de espécies diferentes de árvores autóctones	1	2	3
5	Número de espécies diferentes de árvores autóctones	-	1	1 - 2
0	Sem árvores autóctones			
+10	Se existe uma continuidade da comunidade ao longo do rio, uniforme e ocupando > 75% da zona ribeirinha (em toda a sua largura)			
+5	Se existe uma continuidade da comunidade ao longo do rio (entre 50 – 75% da zona ribeirinha)			
+5	Se existe uma disposição em galeria de diferentes comunidades			
+5	Se o número de espécies diferentes de arbustos é:	> 2	> 3	> 4
-5	Se existem estruturas construídas pelo homem			
-5	Se existe alguma espécie de árvore introduzida (alóctone)** isolada			
-10	Se existem espécies de árvores alóctones** formando comunidades			
-10	Se existem lixos			

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

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

Pontuação final (soma das pontuações anteriores)	
---	--

* **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.

Tipos de desnível da zona ripária	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 m		-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	Tipo 1	Zonas ribeirinhas fechadas, normalmente de cabeceira, com baixa potencialidade para suportar um extenso bosque de ribeira
Entre 5 - 8	Tipo 2	Zonas ribeirinhas com uma potencialidade intermédia para suportar uma zona vegetada, sectores médios dos rios
< 5	Tipo 3	Zonas ribeirinhas extensas, sectores baixos dos rios, com elevada potencialidade para possuir um bosque extenso.

**** Espécies frequentes e consideradas alóctonas**

- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| - <i>Populus deltoides</i> | - <i>Populus nigra ssp. italica</i> | - <i>Ailanthus altissima</i> | - <i>Robinia pseudo-acacia</i> |
| - <i>Populus x canadensis</i> | - <i>Salix babylonica</i> | - <i>Celtis australis</i> | - <i>Platanus x hispanica</i> |

ANEXO I: ÍNDICE GQC: Índice Grau de Qualidade do Canal

ÍNDICE DE QUALIDADE DO CANAL	Código:
(realizado em pelo menos três transectos com distâncias 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

<i>W/D < 7, não ocorre inundação das margens</i>	4
<i>W/D = 8-15, inundação das margens rara</i>	3
<i>W/D = 15-25, inundação frequente das margens</i>	2
<i>W/D > 25, inundação muito frequente das margens</i>	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 consolidadas 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 margem)	2
Como no caso anterior mas a estrutura da margem é de betão armado ou ciclópico	1

ÍNDICE DE QUALIDADE DO CANAL	Código:
(realizado em pelo menos três transectos com distâncias entre si de 20 metros)	

6 - Heterogeneidade do canal

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

7 - Estrutura do leito

Tipo 1	Troços encaixados, normalmente de cabeceira e com muita rocha; baixa potencialidade de suportar um extenso bosque ribeirinho
Tipo 2	Troços com desníveis médios das margens; potencialidade intermédia para suportar um bosque ribeirinho; "zonas médias do rio"
Tipo 3	Troços com desníveis das margens muito pouco acentuados; 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 (saibro)	3
Predomina a areia e 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 material grosseiro (> 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 grosseira (0,5 cm)	8
30 - 50% do material é constituído por dimensões superiores a areia grosseira (0,5 cm) e o resto é formado por limo e areia fina	6
< 30% do material é constituído por dimensões superiores a areia grosseira (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 é < 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 II

Anexo II: Pontuações atribuídas às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos para o cálculo do IBMWP (adaptado de ALBA-TERCEDOR & SANCHEZ ORTEGA 1988).

FAMÍLIAS	PONTUAÇÃO
E: Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae P: Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae T: Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae D: Athericidae, Blephariceridae H: Aphelocheiridae	10
T: Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae O: Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeschnidae, Corduliidae, Libellulidae C: Astacidae	8
E: Ephemerellidae, Prosopistomatidae P: Nemouridae T: Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnomidae	7
M: Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae, Unionidae T: Hydroptilidae C: Gammaridae, Atyidae, Corophiidae O: Platycnemididae, Coenagrionidae	6
E: Oligoneuriidae, Polymitarcidae C: Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae T: Hydropsychidae, Helicopsychidae D: Tipulidae, Simuliidae Pl: Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae	5
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	4
H: Mesovellidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Veliidae, Notonectidae, Corixidae C: Helodidae, Hydrophilidae, Higiobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae M: Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeriidae Hr: Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae C: Asellidae, Ostracoda	3
D: Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Thaumaleidae, Ephydriidae	2
O: Oligochaeta (Todas As Famílias) D: Syrphidae	1

ANEXO III

ANEXO III– VALORES DE REFERÊNCIA DO ÍNDICE PORTUGUÊS DE INVERTEBRADOS IPTIN

VALORES DE REFERÊNCIA DAS MÉTRICAS PARA OS DIFERENTES TIPOS DE RIOS DE PORTUGAL CONTINENTAL

Tipos de Rios	EPT Taxa	Nb Taxa	IASPT-2	Evenness	Log (Sel ETD+1)	Log (Sel EPTCD+1)
Rios Montanhosos do Norte	16.00	29.00	4.48	0.65	1.86	-
Rios do Norte de Pequena Dimensão	16.00	30.00	4.52	0.71	1.95	-
Rios do Norte de Média-Grande Dimensão	13.00	26.00	3.97	0.63	1.68	-
Rios do Alto Douro de Média-Grande Dimensão	14.00	31.50	3.80	0.64	1.48	-
Rios do Alto Douro de Pequena Dimensão	18.00	39.00	4.17	0.61	2.00	-
Rios de Transição Norte-Sul	12.00	30.50	3.67	0.64	1.73	-
Rios do Litoral Centro	8.00	20.00	3.60	-	-	2.57
Rios do Sul de Pequena Dimensão	10.00	27.00	3.29	-	-	2.48
Rios do Sul de Média-Grande Dimensão	9.00	21.00	3.37	-	-	2.57
Rios Montanhosos do Sul	10.50	26.00	3.73	0.56	1.32	-
Depósitos Sedimentares do Tejo e Sado	10.00	22.00	3.48	-	-	2.45
Calcários do Algarve	10.00	27.00	3.29	-	-	2.48

ANEXO III– VALORES DE REFERÊNCIA DO ÍNDICE PORTUGUÊS DE INVERTEBRADOS IPTIN

MEDIANA DOS VALORES DE REFERÊNCIA E FRONTEIRAS PARA OS TIPOS DE RIOS DE PORTUGAL CONTINENTAL

Tipos de Rios	Índice adoptado	Valor de Referência	Exc./Bom (RQE)	Bom/Raz. (RQE)	Raz./Med. (RQE)	Med./Mau (RQE)
Rios Montanhosos do Norte	IPtI_N	0.98	0.86	0.60	0.40	0.20
Rios do Norte de Pequena Dimensão	IPtI_N	1.02	0.87	0.65	0.44	0.22
Rios do Norte de Média-Grande Dimensão	IPtI_N	1.00	0.88	0.66	0.44	0.22
Rios do Alto Douro de Média-Grande Dimensão	IPtI_N	1.01	0.83	0.61	0.41	0.20
Rios do Alto Douro de Pequena Dimensão	IPtI_N	1.01	0.85	0.59	0.40	0.20
Rios de Transição Norte-Sul	IPtI_N	1.00	0.86	0.64	0.42	0.21
Rios do Litoral Centro	IPtI_S	0.98	0.74	0.56	0.37	0.19
Rios do Sul de Pequena Dimensão	IPtI_S	0.99	0.95	0.70	0.47	0.23
Rios do Sul de Média-Grande Dimensão	IPtI_S	0.98	0.97	0.72	0.48	0.24
Rios Montanhosos do Sul	IPtI_N	0.99	0.82	0.56	0.38	0.19
Depósitos Sedimentares do Tejo e Sado	IPtI_S	1.05	0.88	0.66	0.44	0.22
Calcários do Algarve	IPtI_S	0.99	0.95	0.70	0.47	0.23

ANEXO IV

Anexo IV: Principais categorias tróficas dos macroinvertebrados aquáticos (adaptado de MERRITT & CUMMINS 1978, 1996)

DETRITÍVOROS	FITÓFAGOS ou RASPADORES	PREDADORES E PARASITAS	COLECTORES DE DEPÓSITO	COLECTORES FILTRADORES
PLECOPTERA <i>Nemouridae</i> <i>Leuctridae</i> <i>Capniidae</i> <i>Taeniopterygidae</i> Taeniopteryx	MOLLUSCA GASTROPODA HETEROPTERA <i>Corixidae</i> TRICHOPTERA <i>Glossosomatidae</i> <i>Hydroptilidae</i> <i>Limnephilidae</i> Drusinae <i>Thremmatidae</i> <i>Goeridae</i> <i>Helicopsychidae</i> COLEOPTERA <i>Limnebiidae</i> (a) <i>Hydraenidae</i> <i>Elmidae</i> <i>Hydroscaphidae</i> <i>Dryopidae</i> (a) <i>Hidrophilidae</i> Laccobius (a) <i>Helodidae</i>	ANNELIDA HIRUDINEA PLATHELMINTES TRICLADIDA ACARI (Hidracarina) ODONATA HETEROPTERA MEGALOPTERA PLANIPENNIA PLECOPTERA <i>Perlidae</i> <i>Perlodidae</i> <i>Chloroperlidae</i> TRICHOPTERA <i>Rhyacophilidae</i> DIPTERA <i>Ceratopogonidae</i> <i>Anthomyidae</i> <i>Athericidae</i> <i>Dolichopodidae</i> <i>Empididae</i> <i>Muscidae</i> <i>Chironomidae</i> Tanypodinae <i>Limoniidae</i> Dicranota <i>Tabanidae</i> Tabanus	ANNELIDA OLIGOCHAETA CRUSTACEA <i>Asellidae</i> EPEMEROPTERA <i>Siphonuridae</i> <i>Baetidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Ephemerellidae</i> <i>Caenidae</i> <i>Leptophlebiidae</i> <i>Ephemeridae</i> <i>Prosopistomatidae</i> <i>Polymitarcidae</i> COLEOPTERA <i>Hydrophilidae</i> (a) <i>Sphaeridiidae</i> (a) <i>Noteridae</i> TRICHOPTERA <i>Beraeidae</i> <i>Psychomyidae</i> <i>Polycentropodidae</i> Plectrocnemia DIPTERA <i>Psychodidae</i> <i>Dixidae</i> <i>Chironomidae</i> Diamesinae Orthoclaadiinae Chironominae Corynoneurinae <i>Syrphidae</i> <i>Limoniidae</i> Antocha sp. <i>Ephydriidae</i> <i>Stratiomyiidae</i> <i>Tabanidae</i> Chrysops sp.	TRICHOPTERA <i>Philopotamidae</i> <i>Hydropsychidae</i> <i>Brachycentridae</i> Brachycentrus sp. <i>Polycentropodidae</i> Polycentropus sp. <i>Ecnomidae</i> DIPTERA <i>Simuliidae</i> <i>Culicidae</i> MOLLUSCA Bivalvia EPEMEROPTERA <i>Oligoneuriidae</i>
TRICHOPTERA <i>Lepidostomatidae</i> <i>Limnephilidae</i> <i>Sericostomatidae</i> <i>Odontoceridae</i> <i>Leptoceridae</i> <i>Calamoceratidae</i> <i>Brachycentridae</i> Micrasema sp.	COLEOPTERA <i>Limnebiidae</i> (a) <i>Hydraenidae</i> <i>Elmidae</i> <i>Hydroscaphidae</i> <i>Dryopidae</i> (a) <i>Hidrophilidae</i> Laccobius (a) <i>Helodidae</i>	TRICHOPTERA <i>Rhyacophilidae</i> DIPTERA <i>Ceratopogonidae</i> <i>Anthomyidae</i> <i>Athericidae</i> <i>Dolichopodidae</i> <i>Empididae</i> <i>Muscidae</i> <i>Chironomidae</i> Tanypodinae <i>Limoniidae</i> Dicranota <i>Tabanidae</i> Tabanus	COLEOPTERA <i>Hydrophilidae</i> (a) <i>Sphaeridiidae</i> (a) <i>Noteridae</i> TRICHOPTERA <i>Beraeidae</i> <i>Psychomyidae</i> <i>Polycentropodidae</i> Plectrocnemia DIPTERA <i>Psychodidae</i> <i>Dixidae</i> <i>Chironomidae</i> Diamesinae Orthoclaadiinae Chironominae Corynoneurinae <i>Syrphidae</i> <i>Limoniidae</i> Antocha sp. <i>Ephydriidae</i> <i>Stratiomyiidae</i> <i>Tabanidae</i> Chrysops sp.	DIPTERA <i>Simuliidae</i> <i>Culicidae</i> MOLLUSCA Bivalvia EPEMEROPTERA <i>Oligoneuriidae</i>
LEPIDOPTERA	DIPTERA <i>Blephariceridae</i>	TRICHOPTERA <i>Rhyacophilidae</i> DIPTERA <i>Ceratopogonidae</i> <i>Anthomyidae</i> <i>Athericidae</i> <i>Dolichopodidae</i> <i>Empididae</i> <i>Muscidae</i> <i>Chironomidae</i> Tanypodinae <i>Limoniidae</i> Dicranota <i>Tabanidae</i> Tabanus	TRICHOPTERA <i>Beraeidae</i> <i>Psychomyidae</i> <i>Polycentropodidae</i> Plectrocnemia DIPTERA <i>Psychodidae</i> <i>Dixidae</i> <i>Chironomidae</i> Diamesinae Orthoclaadiinae Chironominae Corynoneurinae <i>Syrphidae</i> <i>Limoniidae</i> Antocha sp. <i>Ephydriidae</i> <i>Stratiomyiidae</i> <i>Tabanidae</i> Chrysops sp.	
DIPTERA <i>Tipulidae</i> <i>Limoniidae</i> Hexatoma sp.	PLECOPTERA <i>Taeniopterygidae</i> Brachyptera sp.	COLEOPTERA <i>Gyrinidae</i> <i>Dytiscidae</i> <i>Hydrophilidae</i> (l) <i>Limnebiidae</i> (l) <i>Sphaeridiidae</i> (l)	TRICHOPTERA <i>Beraeidae</i> <i>Psychomyidae</i> <i>Polycentropodidae</i> Plectrocnemia DIPTERA <i>Psychodidae</i> <i>Dixidae</i> <i>Chironomidae</i> Diamesinae Orthoclaadiinae Chironominae Corynoneurinae <i>Syrphidae</i> <i>Limoniidae</i> Antocha sp. <i>Ephydriidae</i> <i>Stratiomyiidae</i> <i>Tabanidae</i> Chrysops sp.	
CRUSTACEA <i>Atyidae</i>	EPEMEROPTERA <i>Heptageniidae</i> Heptagenia sp. <i>Leptophlebiidae</i> Choroerpes sp.	COLEOPTERA <i>Gyrinidae</i> <i>Dytiscidae</i> <i>Hydrophilidae</i> (l) <i>Limnebiidae</i> (l) <i>Sphaeridiidae</i> (l)	TRICHOPTERA <i>Beraeidae</i> <i>Psychomyidae</i> <i>Polycentropodidae</i> Plectrocnemia DIPTERA <i>Psychodidae</i> <i>Dixidae</i> <i>Chironomidae</i> Diamesinae Orthoclaadiinae Chironominae Corynoneurinae <i>Syrphidae</i> <i>Limoniidae</i> Antocha sp. <i>Ephydriidae</i> <i>Stratiomyiidae</i> <i>Tabanidae</i> Chrysops sp.	

ANEXO V

Anexo V: Listagem de macroinvertebrados capturados nos cursos de água amostrados na bacia hidrográfica do rio Tua (Verão 2009).

Família	Rab1	Rab2	M1	Mac1	Mac2	T1	T2	T3	T4	Ti1	Ti2	Ti3	A1	Tu1	B1	B2
Leuctridae	0	48	65	121	23	0	0	0	0	14	6	18	4	18	122	265
Nemouridae	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	4
Perlidae	8	0	13	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	14	122	30
Perlodidae	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chloroperlidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Baetidae	0	20	2	17	16	14	17	137	215	42	32	17	12	47	79	89
Leptophlebiidae	0	38	87	102	21	1	0	18	23	13	0	1	18	71	650	533
Ephemereillidae	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	50	20
Heptageniidae	0	6	30	18	18	0	0	0	1	0	0	3	0	54	123	58
Ephemeridae	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	47	7
Polymitarcyidae	0	0	0	0	0	0	0	29	4	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	21	13	0	0	0	8	47	299	98	0	0	1	0	0	16	5
Oligoneuriidae	165	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	0	0
Siphonuridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Polycentropodidae	14	0	14	2	4	0	0	0	0	0	1	7	0	3	98	37
Psychomyiidae	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	2	3	3
Uenoidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Sericostomatidae	13	5	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	37	77	56
Hydropsychidae	48	0	18	21	9	0	0	215	416	0	7	14	4	92	67	92
Rhyacophilidae	9	0	0	12	5	0	0	0	0	0	4	7	0	18	7	4
Brachycentridae	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	16	0
Lepidostomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Goeridae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
Limnephilidae	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3	12	0	0	6	184	24
Philopotamidae	6	3	16	12	1	0	0	0	0	0	214	22	72	47	708	15

Família	Rab1	Rab2	M1	Mac1	Mac2	T1	T2	T3	T4	Ti1	Ti2	Ti3	A1	Tu1	B1	B2
Leptoceridae	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	11	17	8
Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	4
Calamoceratidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	6	0	8	26
Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	29	4
Beraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Chironomidae	43	19	17	12	0	103	67	2396	441	56	28	36	36	70	492	524
Tabanidae	2	0	0	6	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	16	3
Limoniidae	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	31	12
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	1	3	5
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	2
Dixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	10	0
Dolichopodidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1
Rhagionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2
Athericidae	0	0	21	2	1	0	0	0	0	0	16	1	2	16	88	32
Simuliidae	0	0	0	0	0	1	0	48	46	0	6	12	86	28	29	75
Anthomyiidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	19	8
Dryopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	1	6	3
Helodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Elmidae	3	0	0	4	1	0	0	0	0	2	12	12	8	14	198	215
Hydraenidae	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	6	0	0	8	243	47
Helophoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Gyrinidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	13
Hydrophilidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Haliplidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Sialidae	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23
Corixidae	0	0	0	0	0	1	29	0	0	3	0	0	0	0	1	0
Hydrometridae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Familia	Rab1	Rab2	M1	Mac1	Mac2	T1	T2	T3	T4	Ti1	Ti2	Ti3	A1	Tu1	B1	B2
Aphelocheiridae	7	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	15
Gerridae	0	0	0	0	0	6	23	1	0	0	0	0	0	6	10	6
Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	25	0	0	0	0
Calopterygidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	2
Aeschnidae	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	7	3	14
Cordulegasteridae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	15	3
Gomphidae	14	5	17	0	0	0	0	0	0	3	12	4	24	10	1	15
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Corduliidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	0	0	0	0	0	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naididae	0	0	0	0	0	1	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Lumbricidae	3	0	0	0	0	1	0	2	3	14	6	1	1	0	0	0
Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	14	0	0	2	86	25
Erpobdellidae	0	0	0	1	0	0	0	9	27	0	0	1	0	0	17	0
Glossiphoniidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	7	0	0	0	0
Ancylidae	9	0	4	0	0	0	1	21	60	0	14	3	1	8	19	18
Lymnaeidae	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrobiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0
Sphaeriidae	0	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	3	4	4
Margaritiferidae	35	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Unionidae	0	0	0	0	0	10	24	14	3	0	0	0	0	0	0	0
Corbiculidae	0	0	0	0	0	1	0	23	1	0	0	0	0	0	0	0
Atyidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Cambaridae	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Astacidae	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acari	0	0	0	1	0	307	103	155	9	0	0	2	0	1	23	14