

ANEXO 2

METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA NO ÂMBITO DO GUIA

Cofinanciado por:



ÍNDICES

TEXTO	Pág.
1 ENQUADRAMENTO	1
2 TRABALHO DE GABINETE	4
3 TRABALHO DE CAMPO	16
3.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	16
3.2 TROÇOS	16
3.3 SUBTROÇOS	24
3.3.1 Nota introdutória	24
3.3.2 Estrutura e sedimentos do leito menor	27
3.3.3 Micro-habitats disponíveis	34
3.3.4 Caracterização da vegetação ribeirinha	36
3.3.5 Caracterização de secções representativas	50
4 AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA E DOS EFEITOS DO RCE	54
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

FIGURAS	Pág.
Figura 2.1 – Tipologia morfológica de rios, em planta (adaptado de MAPAMA, 2019)	7
Figura 2.2 - Exemplos de tipologias de rio (a) retilíneo (rio Beça); b) sinuoso (rio Vez); c) meandriforme (ribeira da Sertã) e d) anastomosado (rio Lima)	8
Figura 2.3 - Infraestrutura transversal (pesqueira) identificada remotamente no rio Lima (à esquerda) e margens linearizadas e consolidadas identificadas remotamente no rio Mondego (à direita) (Fonte Google Earth Pro™)	9
Figura 2.4 - Zonas lânticas sequenciais existentes num troço da ribeira da Marateca, resultantes da construção de infraestruturas transversais (Fonte: Google Earth Pro™)	9
Figura 2.5 - Mesohabitats a considerar (adaptado de MAPAMA, 2019)	12
Figura 2.6 – Exemplos de mesohabitats. a) Cascata; b) Fundões e rápidos; c) Fundões e quedas	12
Figura 2.7 - Exemplos da utilização do Google Earth™ para identificação/delimitação preliminar de mesohabitats em gabinete: fundões e quedas ou rápidos	13

Figura 2.8 - Exemplos da utilização do Google Earth™ para identificação/ delimitação preliminar de mesohabitats em gabinete	13
Figura 3.1 - Exemplos de secções críticas (açudes tradicionais e obstáculos naturais)	17
Figura 3.2 - Tipologia de obstáculos avaliados pelo ICF (Fonte: Solà <i>et al.</i> , 2011)	20
Figura 3.3 - Ilustração dos três tipos de passagens para peixes consideradas no ICF, correspondendo, da esquerda à direita, às identificadas acima por A a C.....	20
Figura 3.4 - Representação esquemática dos leitos menor, maior e de cheia.....	26
Figura 3.5 - Representação esquemática da delimitação dos leitos menor e maior num curso de água confinado (ribeira da Sertã)	27
Figura 3.6 - Esquema a utilizar para avaliar a dimensão do sedimento	28
Figura 3.7 - Imbricamento num leito com material grosseiro	29
Figura 3.8 - Imbricamento num leito com material arenoso.	29
Figura 3.9 - Encouraçamento excessivo	30
Figura 3.10 - Encouraçamento fraco	30
Figura 3.11 - Depósitos bem estruturados de sedimento grosseiro	31
Figura 3.12 - Depósitos de areia mal estruturados (à esquerda) e bem estruturados (à direita, Fonte: <i>Bing Maps</i> ™).....	31
Figura 3.13 - Aspeto da pátina de elementos finos sobre sedimento grosseiro em local situado a jusante de AH com derivação de caudais	32
Figura 3.14 - Sinais de dinâmica vertical acelerada	34
Figura 3.15 - Exemplos de microhabitats: detritos vegetais, árvores mortas e folhada – (em cima), margens vegetadas (meio) e macrófitos (em baixo)	35
Figura 3.16 – Representação em planta da conectividade ecológica longitudinal.	38
Figura 3.17 - Representação esquemática da conectividade ecológica longitudinal.	39
Figura 3.18 - Representação em planta da conectividade ecológica transversal ...	39
Figura 3.19 - Representação esquemática da conectividade ecológica transversal	40
Figura 3.20 - Representação em planta do ensombramento do leito menor	40
Figura 3.21 - Representação esquemática da conexão entre estratos.....	41
Figura 3.22 - Exemplos da conexão entre estratos da vegetação	42
Figura 3.23 - Representação esquemática do grau de naturalidade. Vegetação plantada (choupal) e bosque ribeirinho natural	43
Figura 3.24 - Representação esquemática da presença de diferentes classes de idade [povoamento florestal equiénio (choupal plantado) e bosque ribeirinho misto].....	44

Figura 3.25 - Representação esquemática de indicadores de etapas de regressão. Choupal plantado e bosque com pastoreio excessivo (freixial vestigial)	45
Figura 3.26 - Exemplos de degradação de galeria/bosque ribeirinho	45
Figura 3.27 - Representação em planta da avaliação da funcionalidade	48
Figura 3.28 - Representação esquemática da avaliação da funcionalidade.....	48
Figura 3.29 - Representação esquemática da limitação da conectividade transversal por estruturas artificiais.....	49
Figura 3.30 - Ilustração dos trabalhos de topografia e respetivo <i>output</i>	51
Figura 3.31 - Exemplo de secção transversal da linha de água e medições a realizar para determinação do caudal com base no método secção-velocidade	51
Figura 3.32 - Procedimento de medição de caudal.....	52

QUADROS

Pág.

Quadro 1.1 - Classificação hierárquica hidromorfológica com base na classificação desenvolvida no projeto REFORM	2
Quadro 1.2 - Elementos considerados na aplicação da metodologia de caracterização hidromorfológica de massas de água a jusante de AH...3	
Quadro 2.1 - Troço fluvial: critério de delimitação, métodos e fontes de informação	4
Quadro 2.2 - Tipos de vale fluvial a considerar (adaptado de MAPAMA, 2019).....	5
Quadro 2.3 - Unidade geomorfológica (mesohabitat), Critério de delimitação, métodos e fontes de informação.....	11
Quadro 2.4 - Tipos hidrológicos naturais considerados em MAPAMA (2019).....	14
Quadro 3.1 - Classificação das espécies piscícolas nativas para o ICF (grupos adaptados de Solà <i>et al.</i> , 2011)	18
Quadro 3.2 - Classes de qualidade do ICF (adaptado de Solà <i>et al.</i> , 2011)	21
Quadro 3.3 - Classes de transponibilidade de obstáculos (adaptado de Bochechas, 2014)	22
Quadro 3.4 - Valores-limite para o obstáculo ser considerado transponível na migração para jusante (adaptado de MAPAMA, 2019).....	23
Quadro 3.5 - Unidades hidráulicas (habitats): critério de delimitação, métodos e fontes de informação.....	25
Quadro 3.6 - Unidades hidráulicas (habitats) a considerar	25
Quadro 3.7 - Classes de sedimento (adaptado de Bain e Stevenson, 1999).....	28
Quadro 4.1 - Indicadores de alteração hidromorfológica (adaptado da Norma EN 15843)	55
Quadro 4.2 - Intervalos e classes de classificação de qualidade hidromorfológica de acordo com a norma EN 15843	57
Quadro 4.3 - Exemplo de avaliação do grau de alteração hidromorfológica de dois troços com base na norma EN 15843	58

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ADCP	<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>
AH	Aproveitamento Hidráulico
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CEN	Comité Europeu de Normalização
COS	Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental
CNPGB	Comissão Nacional Portuguesa de Grandes Barragens
DGADR	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGT	Direção Geral do Território
DQA	Diretiva Quadro da Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
IAHRIS	<i>Indicators of Hydrologic Alteration in Rivers</i>
ICF	Índice de Continuidade Fluvial
ICNF	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas
IGEO	Repositório de Informação Geográfica de Portugal
INAG	Instituto da Água
MA	Massa de Água
MAFM	Massas de Água Fortemente Modificadas
MAI	<i>Morphological Alteration Index</i>
MQI	<i>Morphological Quality Index</i>
MQIM	<i>Morphological Quality Index for monitoring</i>
PGRH	Plano de Gestão de Região Hidrográfica
RCE	Regime de Caudais Ecológicos
RECAPE	Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução
RHS	<i>River Habitat Survey</i>
SNIAMB	Sistema Nacional de Informação de Ambiente

SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
TURH	Título de Utilização dos Recursos Hídricos

1 ENQUADRAMENTO

A avaliação da eficácia de um determinado Regime de Caudais Ecológicos (RCE) requer a caracterização hidromorfológica da extensão fluvial existente a jusante do Aproveitamento Hidráulico (AH) para o qual são definidos os caudais ecológicos. Esta informação deverá permitir caracterizar, de forma quantitativa (escalas contínuas e/ou semi-quantitativas), as características hidromorfológicas relevantes em termos ecológicos e que apresentem respostas mais notórias à alteração de caudais, servindo para avaliar a adequação do RCE e, eventualmente, como suporte à decisão relativamente à necessidade de adotar medidas mitigadoras adicionais.

A avaliação das características hidromorfológicas das massas de água (MA), incluindo a respetiva hidrologia, deverá ser replicável e suficientemente sensível, permitindo a análise da evolução temporal dessas características. Esta caracterização deve também identificar as condicionantes existentes, ambientais ou de origem antrópica, cuja mitigação seja independente do RCE descarregado. Estas condicionantes podem ser, por exemplo, a existência de barreiras intransponíveis e/ou que condicionem a mobilidade da fauna dulçaquícola – mesmo em condições de escoamento natural –, a ocorrência de descargas poluentes, a existência de captações ou a gestão silvícola da galeria ribeirinha.

A abordagem metodológica proposta utiliza como bases de suporte:

- o protocolo espanhol para avaliação hidromorfológica de rios (MAPAMA, 2019);
- os resultados do projeto europeu REFORM¹, em particular os índices desenvolvidos (*Morphological Quality Index* e *Morphological Quality Index for monitoring*); e
- as normas do Comité Europeu de Normalização (CEN): EN 14614: 2004² e EN 15843: 2010³.

Em termos gerais, a caracterização de cada MA é inspirada na estrutura hierárquica utilizada pelo projeto europeu REFORM (**Quadro 1.1**) e envolve as seguintes componentes principais:

- Delimitação preliminar, em gabinete, de troços homogéneos e de subtroços de amostragem representativos;
- Caracterização dos vários troços homogéneos, com recurso a trabalho de gabinete e de campo, incluindo a caracterização de secções críticas relativamente à mobilidade piscícola;

¹ <https://reformrivers.eu/results/deliverables>, consultado em dezembro de 2019.

² *Water Quality: Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*

³ *Degree of modifications of river hydromorphology*

- Avaliação de cada subtroço de amostragem, com a delimitação dos habitats que o constituem e a sua caracterização através de trabalho de gabinete e de campo;
- Avaliação de pormenor de cada subtroço em seções representativas;
- Produção de elementos de caracterização finais para cada troço e subtroço de amostragem (p.e. elementos cartográficos, bases de dados, portefólio fotográfico).

Quadro 1.1 - Classificação hierárquica hidromorfológica com base na classificação desenvolvida no projeto REFORM

Unidade espacial	Escala espacial indicativa	Escala temporal indicativa
Bacia hidrográfica	10^2 a 10^5 km ²	1 000 a 10 000 anos
Segmento ou setor	10 a 10^2 km	100 a 1000 anos
Troço	1 a 10 km (>20x largura do leito menor ⁴)	10 a 100 anos
Subtroço de amostragem	10x largura do leito menor, com uma extensão mínima de 100 m ⁵	10 a 100 anos
Unidade geomorfológica (mesohabitat)	1 a 100 m (0,1 a 20x largura)	1 a 10 anos
Unidade hidráulica (habitat)	0,1 a 10 m [5 a 20x a mediana da dimensão dos constituintes do sedimento fluvial (D_{50})]	1 mês a 10 anos
Micro-habitat	0,01 a 0,1 m [1 a 10x a mediana da dimensão dos constituintes do sedimento fluvial (D_{50})]	De alguns dias a 1 ano

No **Quadro 1.2** é apresentado o esquema geral da abordagem proposta para a caracterização hidromorfológica de uma MA, que é pormenorizada nos itens seguintes.

⁴ O leito menor é definido como aquele onde normalmente escoam as águas e os materiais que elas transportam. Este leito apresenta atividade hidromorfológica notória, visível através da abundância de sedimentos móveis e da ausência de vegetação lenhosa de porte elevado.

⁵ Em rios com bacia de drenagem > 10000 km².

Quadro 1.2 - Elementos considerados na aplicação da metodologia de caracterização hidromorfológica de massas de água a jusante de AH

Nível espacial	Descritores	Elemento de caracterização	Tipologia de trabalho
MA	Regime hidrológico	Caudal	Gabinete
		Identificação de origens da alteração hidrológica	
	Continuidade longitudinal	Identificação e caracterização de obstáculos (secções críticas) e avaliação das condições de passagem	Gabinete e campo
		Avaliação do efeito de barreira para a comunidade ictiofaunística (índice de conectividade longitudinal)	
Troço	Características morfológicas	Mesohabitats. Profundidade e largura do leito	Gabinete e campo
Subtroço		Habitats e microhabitats. Estrutura e sedimento do leito	Campo
		Estrutura e composição da vegetação ribeirinha	Gabinete e campo

2 TRABALHO DE GABINETE

Cada MA a jusante de AH será dividida em **troços** – a unidade base para avaliação no âmbito da caracterização hidromorfológica – que correspondem a frações de uma determinada MA com características hidromorfológicas homogéneas relativamente ao tipo de vale, dimensões e forma do leito, pressões e impactes, sedimento do leito e vegetação ribeirinha. As dimensões médias dos troços variam geralmente entre 1 e 10 km de comprimento.

Para o efeito, recorrer-se-á às fontes cartográficas disponíveis (p.e., ortofotomapas⁶, Modelos Digitais do Terreno, cartas militares, cartas geológicas), bem como a imagens de satélite (p.e., Bing Maps™, Copernicus, ESRI World Imagery, Google Earth Pro™).

A delimitação preliminar dos troços considerados em toda a MA será baseada na interpretação visual de padrões biogeomorfológicos consistentes e terá como objetivo a identificação das grandes zonas de transição de habitat que definem os troços fluviais (**Quadro 2.1**).

Quadro 2.1 - Troço fluvial: critério de delimitação, métodos e fontes de informação

	Troço
Descrição	Zonas de uma determinada MA com características hidromorfológicas homogéneas relativamente ao tipo de vale, dimensões e forma do leito, pressões e impactes, sedimentos e vegetação ribeirinha.
Critério de delimitação	Morfologia do leito. Mudanças do tipo de vale, do declive, das características do sedimento e da cobertura da vegetação ribeirinha podem ser relevantes na delimitação dos troços. As características do leito de cheia, a existência de obstáculos artificiais que afetem a conectividade e as condições de escoamento também devem ser considerados na delimitação, bem como a entrada de afluentes, dependendo da sua relevância. Classificação de acordo com tipologia de MA (INAG, 2008a) ou agrupamentos piscícolas (INAG e AFN, 2012).

⁶ Por exemplo da Direção Geral do Território (DGT): <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-topografica/ortofotos>

	Troço
Métodos e fontes de informação	As MA são divididas em troços através da interpretação visual de padrões biogeomorfológicos consistentes no rio e respetiva planície aluvial, através da utilização de ortofotomapas, imagens de satélite, etc. O reconhecimento de campo pode fornecer importantes confirmações e dados adicionais.

Os locais onde afluem outras linhas de água, assim como a respetiva importância em termos hidrológicos, serão também considerados como eventuais locais de transição hidromorfológica. A relevância hidrológica será avaliada, indiretamente, através da dimensão das respetivas bacias de drenagem, ou diretamente, pela análise de dados de escoamento.

Importa referir que, em algumas linhas de água (p.e., de pequena dimensão ou com elevada cobertura arbórea), a delimitação dos troços terá de ser efetuada sobretudo com base no reconhecimento de campo.

Como sugerido em MAPAMA (2019), será recomendável não definir um número excessivo de troços fluviais na MA. Os troços não deverão também ser muito pequenos, sendo recomendável que tenham pelo menos uma extensão de 15% do comprimento da MA. Estas condicionantes visam que as alterações hidromorfológicas pouco representativas na MA não sejam utilizadas para individualizar troços.

A forma do vale é uma das principais variáveis a utilizar na delimitação dos troços, já que condiciona, nomeadamente, a largura e a profundidade do leito, sendo classificada com base nos tipos de vale identificados no **Quadro 2.2**.

Quadro 2.2 - Tipos de vale fluvial a considerar (adaptado de MAPAMA, 2019)

Vale confinado	Quando o vale é inexistente ou muito estreito, delimitado pelas encostas, e não existe planície aluvial. Estes vales são típicos de linhas de água em cabeceiras e/ou em zonas calcárias, que correm entre desfiladeiros ou canhões com encostas íngremes. O desenvolvimento dessas linhas de água é determinado pela orografia e pela dureza dos materiais das margens, não permitindo a sua movimentação em resultado da dinâmica fluvial. Este tipo de vale não apresenta evidências topográficas de cheias e está geralmente associado a uma linha de água funcional pouco diversificada.	
-----------------------	---	--

Vale com planície aluvial estreita e descontínua	Quando o vale apresenta uma planície aluvial estreita, limitado ou não por encostas de um lado, ou de ambos os lados do leito. A planície aluvial estreita permite alguns movimentos laterais do rio em resultado da dinâmica fluvial. Este tipo de vale apresenta escassa evidência topográfica de cheias e geralmente tem uma zona ripária funcional associada, estreita e contínua.	
Vale com extensa planície aluvial	Quando o vale apresenta uma planície aluvial extensa para onde o rio transborda temporariamente durante episódios de cheias, inundando as margens. Este tipo de vale apresenta evidências topográficas das cheias e costuma estar associado a uma linha de água extensa e funcionalmente diversa.	

No âmbito da avaliação da forma do vale será determinado o **índice de confinamento**, que é calculado como a razão entre as larguras da planície aluvial e do leito menor. A planície aluvial é delimitada pelo nível de cheia com período de retorno de 100 anos ou pelo limite da cheia máxima provável. Neste índice o valor mínimo de 1 indica que não há planície aluvial, enquanto valores superiores do índice indicam uma importância crescente da planície aluvial. De acordo com o estabelecido no projeto REFORM serão utilizadas as seguintes classes do índice:

- **Confinamento elevado**: índice de confinamento de 1 a 1,5.
- **Confinamento moderado**: índice de confinamento de 1,5 a n , sendo $n = 5$ para rios com um único leito e $n = 2$ para rios com múltiplos leitos.
- **Confinamento reduzido**: índice superior a n , sendo $n = 5$ para rios com um único leito e $n = 2$ para rios com múltiplos leitos.

Será também determinada a tipologia morfológica de cada troço com base na avaliação de elementos em gabinete. Para o efeito e como elemento de suporte será calculado o **índice de sinuosidade**, que corresponde ao quociente entre as extensões do talvegue e do vale, sendo esta última medida em linha reta entre o ponto inicial e final do troço.

Com base no valor do índice de sinuosidade e na configuração planimétrica dos leitos, únicos ou múltiplos, são consideradas as seguintes tipologias (**Figura 2.1 e Figura 2.2**):

- **Retilíneo**: leito único com índice de sinuosidade inferior a 1,1.
- **Sinuoso**: leito único com índice de sinuosidade entre 1,1 e 1,3.
- **Meandriforme ou meandrizado**: leito único com índice de sinuosidade superior a 1,3.
- **Divagante**: com sinuosidades ou meandros, mas com material grosseiro abundante e aglutinado e alguma subdivisão do leito.
- **Entrançado**: com divisão em subleitos móveis que se cruzam e geralmente com leito cascalhento.
- **Anastomosado**: com sinuosidade e ilhas estáveis.
-

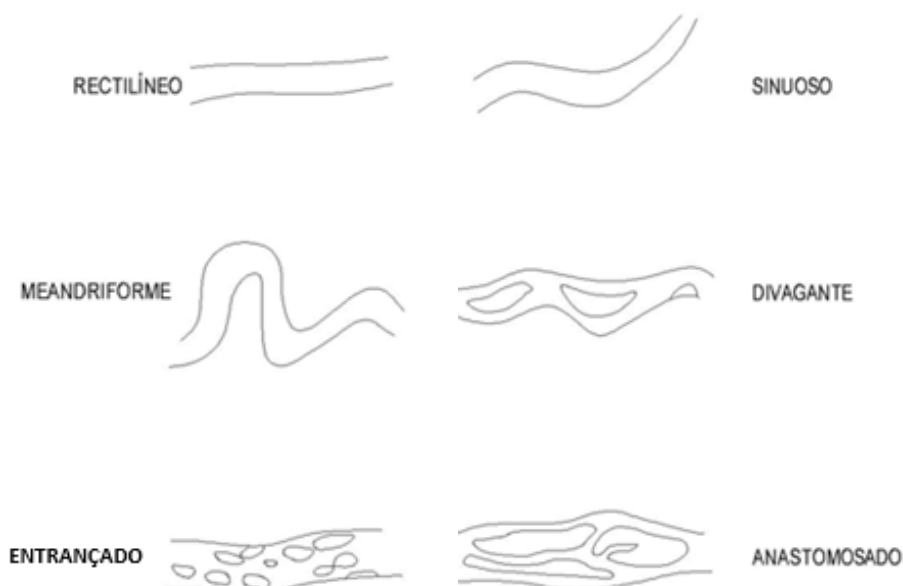


Figura 2.1 – Tipologia morfológica de rios, em planta (adaptado de MAPAMA, 2019)

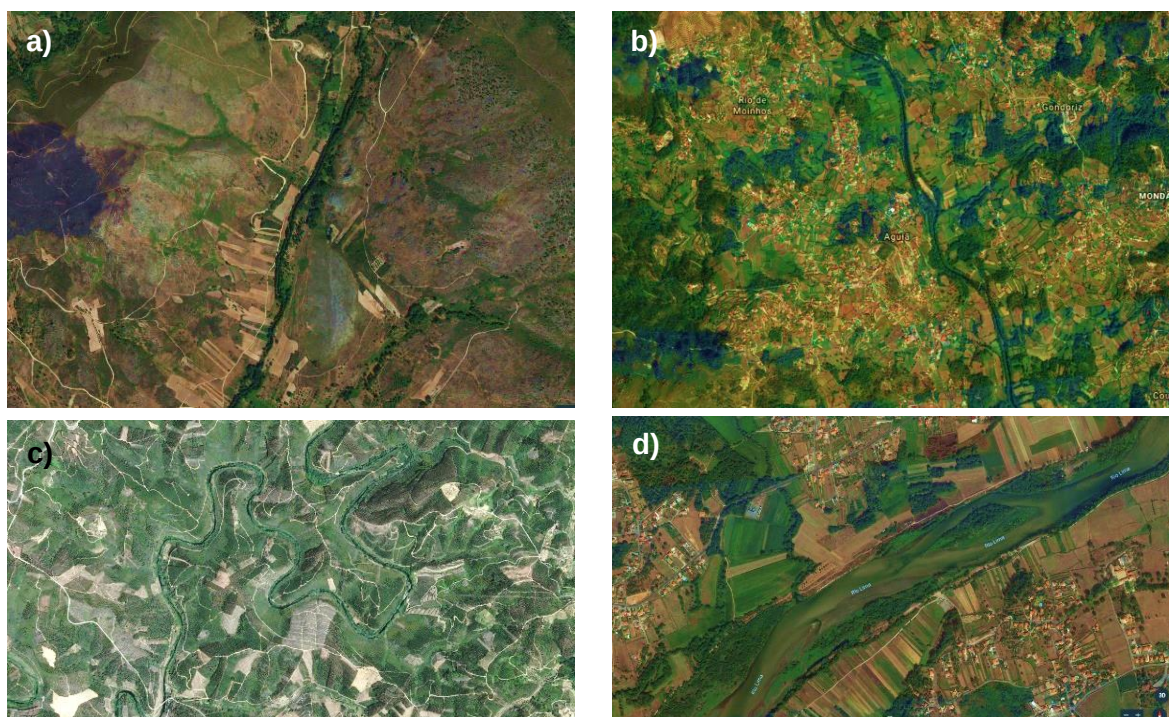


Figura 2.2 - Exemplos de tipologias de rio (a) retilíneo (rio Beça); b) sinuoso (rio Vez); c) meandriforme (ribeira da Sertã) e d) anastomosado (rio Lima)

Sempre que exista informação disponível (p.e., mapas e ortofotomapas antigos⁷), a configuração atual da MA deverá ser comparada com a configuração fluvial existente antes da construção da infraestrutura. A confrontação do sistema fluvial atual com o existente previamente à ocorrência de pressões hidromorfológicas significativas, em particular a presença do AH, deverá permitir identificar as partes da MA modificadas por ações diretas no leito, incluindo o respetivo desvio, estreitamento, regularização, canalização, encurtamento e estrangulamento.

Será também avaliada preliminarmente em gabinete a existência de obras e estruturas (**Figura 2.3**), transversais ou longitudinais, que possam interferir com o escoamento natural do curso de água. A inventariação destas estruturas recorrerá às fontes de informação disponíveis, nomeadamente aos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH), projetos de infraestruturas hidráulicas e outras fontes de dados disponibilizadas em bases cartográficas (p.e., SNIAMB da APA⁸, CNPGB⁹, DGADR¹⁰, SNIG¹¹, DGT¹²,

⁷ Existem ortofotomapas antigos no Centro de Informação Geoespacial do Exército e na Direção Geral do Território, bem como fotografias aéreas para algumas zonas do país desde os anos 30 do século XX [realizadas pela força aérea inglesa e que se encontram disponíveis na Força Aérea Portuguesa (Alexandra Maia, comunicação pessoal)]. Refere-se ainda a existência de ortofotomapas no arquivo do ex-INAG, bem como de versões antigas das cartas militares 1:25000.

⁸ Disponível em: <https://sniamb.apambiente.pt/>

⁹ Disponível em: https://cnpqb.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/index.htm

¹⁰ Disponível em: <https://sir.dgadr.gov.pt/barragens>

¹¹ Sistema Nacional de Informação Geográfica, disponível em <https://sniq.dgterritorio.gov.pt/>

¹² Disponível em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>

cartografia do ICNF¹³). Para estas infraestruturas serão também delimitadas, na MA, as áreas de regolfo das albufeiras por elas geradas (**Figura 2.4**).



Figura 2.3 - Infraestrutura transversal (pesqueira) identificada remotamente no rio Lima (à esquerda) e margens linearizadas e consolidadas identificadas remotamente no rio Mondego (à direita) (Fonte Google Earth Pro™)

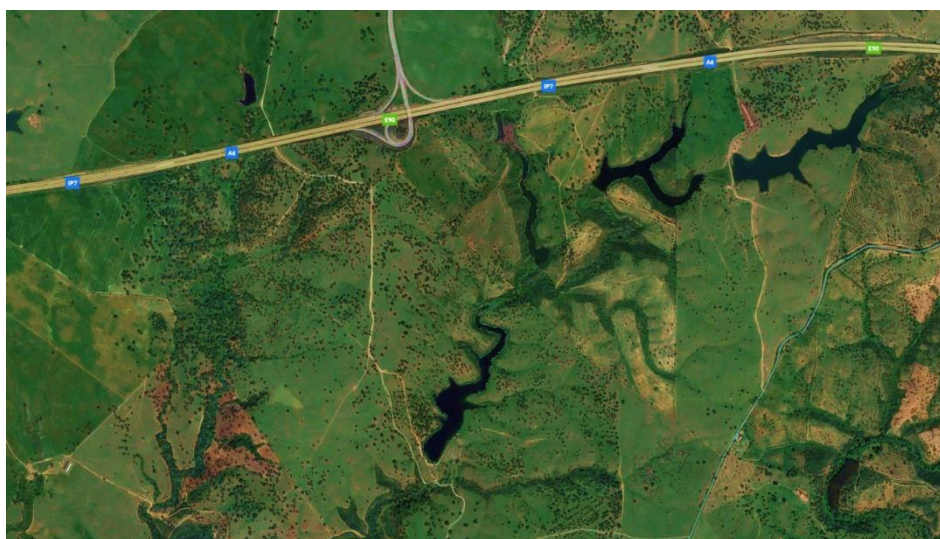


Figura 2.4 - Zonas lânticas sequenciais existentes num troço da ribeira da Marateca, resultantes da construção de infraestruturas transversais (Fonte: Google Earth Pro™)

Numa fase seguinte serão identificadas possíveis pressões qualitativas (pontuais e difusas), essencialmente com recurso às fontes de informação anteriormente identificadas, complementadas com a cartografia digital do SNIAmb, nomeadamente em relação à localização de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Neste item será

¹³ Disponível em: <https://geocatalogo.icnf.pt/>

também incorporada a informação sobre outras pressões antrópicas (p.e., captações, extração de inertes) que constem na Ficha da MA integrante do PGRH atualmente em vigor, ou a serem disponibilizadas por entidades oficiais (p.e., APA, ICNF).

A avaliação de outros aspetos relevantes do uso do solo (p.e., área de superfícies impermeáveis), quer ao nível da planície aluvial, quer da bacia hidrográfica, será efetuada com recurso à Cartografia de Ocupação do Solo para Portugal Continental (COS e/ou *CORINE Land Cover*)¹⁴, sendo determinado:

- o uso do solo na área afeta ao leito de cheia¹⁵;
- o uso do solo proximal (p.e., numa faixa de 100 m para cada lado do leito menor); e
- o uso do solo distal (p.e., numa faixa de 1000 m para cada lado do leito menor, desde que dentro da bacia hidrográfica).

Será também identificada a presença de zonas de pesca profissional e/ou desportiva, pois poderão influenciar as comunidades dulçaquícolas, por exemplo: i) pela procura direcionada ao efetivo de migradores anádromos; ou ii) pela realização de repovoamentos ou através da utilização de engodos, estes últimos com possível influência na deterioração da qualidade da água (ver pormenorização em Ferreira *et al.*, 2010; Amaral *et al.*, 2015).

Tendo por base a cartografia e estudos disponíveis deve ser elaborada, para cada subtroço, uma cartografia preliminar da vegetação ribeirinha ocorrente no leito menor e no leito de cheias.

Com o objetivo de estudar com maior detalhe as condições hidromorfológicas atuais, **selecionar-se-á em cada troço pelo menos um subtroço de amostragem**. Estes subtroços serão utilizados na avaliação da estrutura e sedimento do leito e da estrutura da vegetação ribeirinha.

Cada subtroço deve cumprir os seguintes requisitos:

- ser representativo das condições físicas e ambientais do troço;
- ser integrador dos diferentes tipos de habitats (mesohabitats e habitats) existentes na MA;
- estar vinculado às unidades hidromorfológicas (troços) consideradas.

As dimensões do subtroço de amostragem deverão depender da tipologia morfológica do leito menor, sendo que nos rios de pequena a média dimensão¹⁶ o **subtroço deverá ter um desenvolvimento da ordem das 10 vezes a largura do leito menor, com uma extensão mínima de 100 m**. De acordo com Magdaleno e Martínez (2014) esta é uma

¹⁴ A complementar, quando disponível, por outras fontes de informação (e.g. ortofotomapas).

¹⁵ Definido tendo por referência o período de retorno de 100 anos ou da cheia máxima provável.

¹⁶ Dimensão de bacia de drenagem inferior a 10000 km² (ver tipologia em INAG, 2008a)

extensão que garante a representatividade dos subtroços em rios ibéricos de diferentes características. Nos rios de grande dimensão¹⁷ esta extensão será definida caso-a-caso.

Durante a presente fase serão preliminarmente delimitados, planimetricamente, os mesohabitats (unidades geomorfológicas) existentes em cada subtroço de amostragem (**Quadro 2.3; Figura 2.5 a Figura 2.8**).

**Quadro 2.3 - Unidade geomorfológica (mesohabitat),
Critério de delimitação, métodos e fontes de informação**

Unidade geomorfológica (mesohabitat)	
Descrição	Área contendo uma unidade geomorfológica criada pela ação da erosão/deposição fluvial (unidade geomorfológica do leito).
Critério de delimitação	Grandes unidades geomorfológicas do leito são diferenciadas em função da forma, granulometria dos sedimentos, profundidade/velocidade e, por vezes, pela presença de vegetação ribeirinha.
Métodos e fontes de informação	Análise preliminar através da utilização de ortofotomapas e/ou imagens de satélite.

¹⁷ Dimensão de bacia de drenagem igual ou superior a 10000 km² (ver tipologia em INAG, 2008a).

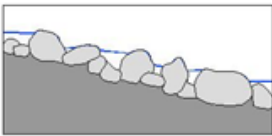
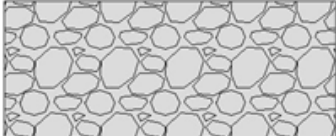
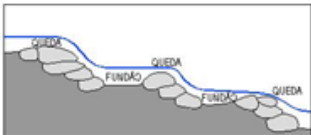
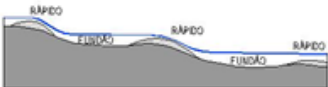
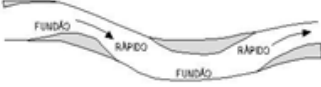
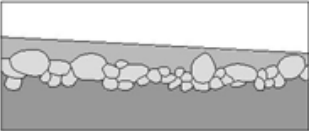
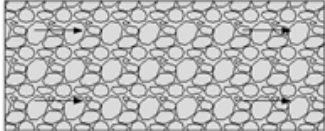
CASCATA	 
FUNDÕES E QUEDAS	
FUNDÕES E RÁPIDOS	 
FUNDO PLANO	 

Figura 2.5 - Mesohabitats a considerar (adaptado de MAPAMA, 2019)

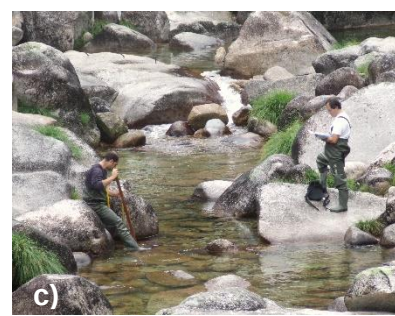


Figura 2.6 – Exemplos de mesohabitats.
a) Cascata; b) Fundões e rápidos; c) Fundões e quedas

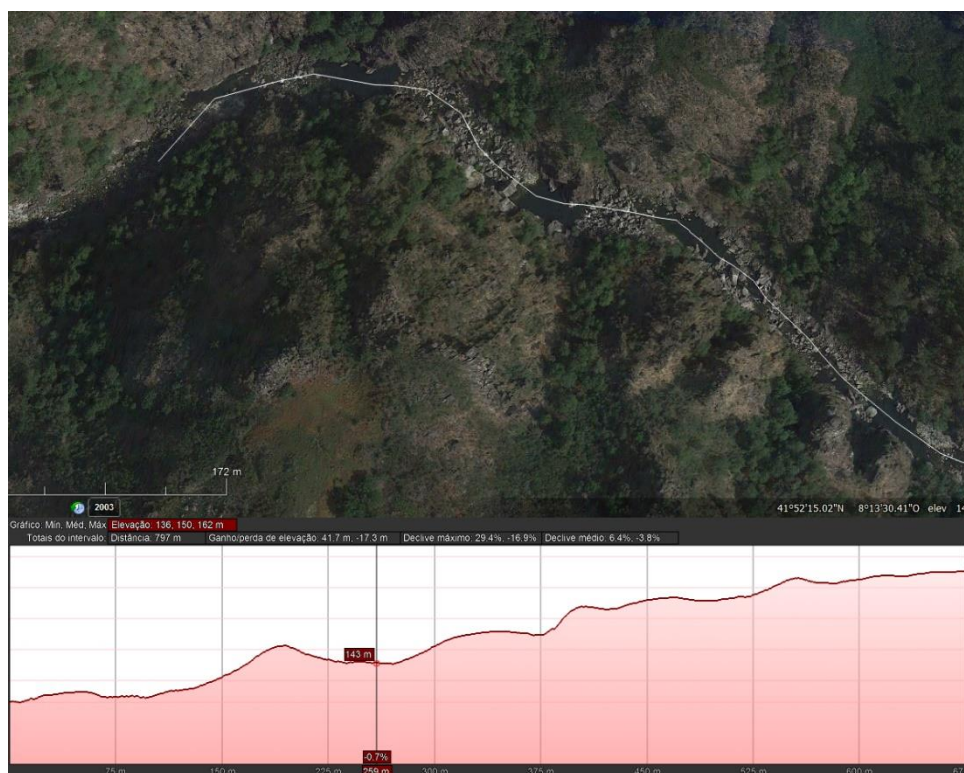


Figura 2.7 - Exemplos da utilização do Google Earth™ para identificação/delimitação preliminar de mesohabitats em gabinete: fundos e quedas ou rápidos

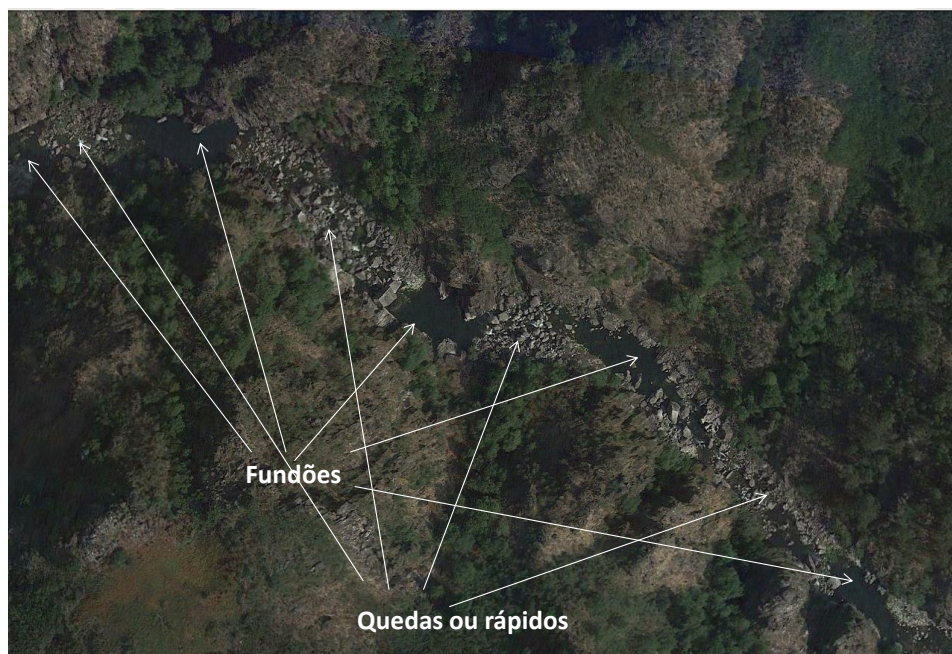


Figura 2.8 - Exemplos da utilização do Google Earth™ para identificação/delimitação preliminar de mesohabitats em gabinete

Tendo por base o trabalho de gabinete será ainda caracterizada a hidrologia da MA, quer em regime natural, quer em regime modificado. A caracterização hidrológica em regime natural (caudais médios diários) utilizará, quando disponíveis, os dados hidrológicos que estiveram na génese do projeto do AH e da determinação do respetivo RCE. Quando esta informação não existir, deverão ser utilizados os dados que se encontrem disponíveis na Rede Nacional de Estações Hidrométricas (SNIRH¹⁸). No entanto, por na maior parte das situações não existir uma estação hidrométrica suficientemente próxima da secção do curso de água onde o AH está implantado, as séries de caudais médios diários em regime natural deverão ser extrapoladas a partir dos registos disponíveis em estações hidrométricas localizadas no mesmo curso de água, ou em afluentes ou cursos de água de bacias hidrográficas próximas, preferencialmente com áreas não demasiado distintas, e com regimes de precipitação e morfologias semelhantes (Portela, 2000).

A informação hidrológica será enquadrada na classificação proposta em MAPAMA (2019), onde o regime natural é classificado em quatro tipos distintos: efémero; intermitente ou fortemente sazonal; temporal ou sazonal; e permanente, de acordo com as definições apresentadas no **Quadro 2.4**.

Quadro 2.4 - Tipos hidrológicos naturais considerados em MAPAMA (2019)

Efémero	Escoamento esporádico após episódios de escoamento torrencial (existência de escoamento <100 dias/ano)
Intermitente ou fortemente sazonal	Regime com elevada temporalidade (escoamento em período médio de 100-300 dias/ano)
Temporário ou sazonal	Regime sazonal, com baixo caudal (ou secos) no verão e escoamento em período médio em 300 dias/ano
Permanente	Escoamento permanente

Com base no regime de escoamento em condições naturais serão determinados vários indicadores de escoamento, nomeadamente caudais médios mensais, caudal médio anual e caudal máximo instantâneo para cheias com diferentes períodos de retorno. Estes mesmos indicadores hidrológicos serão determinados para o regime ecológico modificado com a presença da infraestrutura (incluindo os valores de RCE), servindo esta comparação para avaliar o grau de modificação hidrológica da MA.

¹⁸ <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1>

O grau de modificação hidrológica poderá ser avaliado através do *software* aberto IAHRIS¹⁹ (*Índices de Alteración Hidrológica en RÍoS*) que, com base em valores de caudais diários e escoamentos mensais (para um período mínimo de 15 anos para cada regime), calcula não apenas um conjunto de descritores hidrológicos para os dois regimes (natural e modificado), mas também índices que medem o grau de alteração hidrológica e critérios para a designação de uma MA como fortemente modificada (*sensu* Diretiva Quadro da Água, Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, DQA)²⁰.

Nesta fase deverão também ser identificadas pressões passíveis de alterar o regime hidrológico (p.e., barreiras transversais, captações).

Como resultado dos trabalhos antes descritos, será produzida cartografia preliminar dos troços delimitados e subtroços selecionados para amostragem, bem como dos restantes elementos obtidos remotamente (p.e., obstáculos). Esta base cartográfica será utilizada como suporte à realização da avaliação de campo.

¹⁹ Disponível em: http://www.ecogesfor.org/IAHRIS_es.html.

²⁰ Esta funcionalidade, quando aplicada a várias secções ao longo da MAFM, poderá ser utilizada para propor a reavaliação da extensão da MA designada como MAFM, bem como a influência de diferentes regimes de RCE nessa extensão.

3 TRABALHO DE CAMPO

3.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O trabalho de campo associado à aplicação da metodologia de caracterização hidromorfológica será baseado no preenchimento de Fichas de Campo especificamente desenvolvidas para o efeito. Por razões de segurança, os trabalhos a desenvolver nas linhas de água deverão envolver sempre equipas com pelo menos dois técnicos.

Do ponto de vista temporal, será desejável que a caracterização de campo seja efetuada no período de menores caudais, mas ainda com a ocorrência de escoamento, permitindo igualmente boas condições para a avaliação da vegetação ribeirinha. Assim, a época de amostragem terá de ser ajustada face às características hidrológicas específicas do curso de água, bem como ao tipo de ano hidrológico. De forma geral, o período de referência decorre entre o final do período primaveril e meados do verão. Contudo, deverá ser tido em consideração o gradiente sul-norte, pelo que os cursos de água temporários deverão ser caracterizados na primavera, enquanto os rios com regime hidrológico permanente poderão ser caracterizados até meados do verão.

3.2 TROÇOS

No campo, a MA será percorrida na sua totalidade, caminhando pelas margens ou utilizando uma embarcação. Nas zonas em que as condições de segurança não permitam este procedimento, o setor fluvial será avaliado a partir de pontos elevados e com boa visibilidade, podendo também recorrer-se a Aeronaves Não Tripuladas (UAS/*drones*) para obtenção de informação. Nos cursos de água de pequena largura bastará percorrer uma das margens (MAPAMA, 2019).

A avaliação global de campo permitirá confirmar a delimitação dos troços fluviais e dos subtroços de amostragem previamente estabelecida em gabinete. Esta avaliação permitirá ainda confirmar a localização das pressões identificadas em gabinete (p.e., obstáculos, obras de estabilização de margens), bem como identificar e georreferenciar pressões não documentadas (p.e., açudes antigos sem registo, captações não licenciadas).

A avaliação global de campo integra também a identificação e análise individual das **secções críticas** ao longo do troço, elemento essencial para aferir a continuidade fluvial na MA. As secções críticas são locais que evidenciam condições particulares para a interrupção superficial do escoamento, que se caracterizam por serem:

- locais com condições hidrodinâmicas particularmente sensíveis a reduções de escoamento (p.e., lâmina de água reduzida, leito de rugosidade/permeabilidade elevada);

- locais que, pela sua especificidade, constituem acidentes morfológicos relevantes (p.e., quedas de água);
- obstáculos artificiais (p.e., açudes).

Ao percorrer a MA, todas as secções críticas (ver **Figura 3.1**) que possam interferir com a eficácia do RCE serão georreferenciadas, fotografadas e cotadas (p.e., cota altimétrica do topo da estrutura, da superfície da água a jusante), sendo caracterizadas detalhadamente quanto à sua transponibilidade.



**Figura 3.1 - Exemplos de secções críticas
(açudes tradicionais e obstáculos naturais)**

Na avaliação da **transponibilidade de infraestruturas transversais artificiais** deverá ser utilizada a metodologia desenvolvida pelo ICNF (Bochechas, 2014; 2015), que adapta o Índice de Continuidade Fluvial (ICF) originalmente desenvolvido para cursos de água da Catalunha (Solà *et al.*, 2011).

O ICF possibilita uma avaliação do grau de transponibilidade ascendente de determinada barreira pelos peixes, estimando as suas consequências ecológicas relativamente à comunidade ictiofaunística, algo que poderá ser bastante útil na interpretação dos resultados da monitorização dos RCE. A recolha de dados para determinação do ICF deve ser realizada num período considerado representativo das condições normais no local, dando particular atenção às épocas em que se dão as principais deslocações das espécies piscícolas alvo. Por este motivo, poderão ser necessárias várias visitas em diferentes estações do ano, conforme a bibliografia citada acima.

O referido índice é baseado na comparação entre as características da barreira/obstáculo – e do dispositivo de transposição piscícola, caso exista – e a capacidade natatória dos

taxa piscícolas nativos potencialmente presentes. O ICF considera cinco etapas sequenciais:

- caracterização da comunidade piscícola nativa potencialmente presente no setor fluvial em estudo;
- classificação das espécies em grupos de acordo com a capacidade de transposição dos obstáculos;
- caracterização, *in situ*, do obstáculo e, a existir, do dispositivo de transposição piscícola;
- comparação da capacidade das comunidades piscícolas potencialmente presentes para transpor as barreiras recenseadas, fornecendo uma primeira indicação de quais os grupos piscícolas com capacidade para transpor o obstáculo; e
- verificação de moduladores relacionados com as características do obstáculo e com a possibilidade de migração para jusante, que aumentam (em caso de bonificação) ou reduzem (em caso de penalização) o valor final de ICF.

Para padronizar a avaliação da conectividade, estão identificadas, no **Quadro 3.1** as espécies nativas referenciadas para Portugal continental e a respetiva afiliação nos grupos estabelecidos por Solà *et al.* (2011).

Quadro 3.1 - Classificação das espécies piscícolas²¹ nativas para o ICF (grupos adaptados de Solà *et al.*, 2011)

Grupo	Definição	Taxa
Grupo 1 G1 - litorais e similares	Espécies migratórias (anádromas ou anfídromas) com movimentos de curta ou longa distância, com baixa ou moderada capacidade para transpor obstáculos	—
Grupo 1a (G1a)	Espécies de grande porte, com moderada capacidade para transpor obstáculos	<i>Alosa alosa</i> <i>Alosa fallax</i> <i>Chelon ramada</i> <i>Petromyzon marinus</i>
Grupo 1b (G1b)	Espécies de pequeno porte ou bentónicas, com baixa capacidade para transpor obstáculos	<i>Atherina boyeri</i> <i>Lampetra</i> spp. <i>Platichthys flesus</i>

²¹ Foi seguida a nomenclatura que o ICNF apresentou no Cadastro dos Valores Naturais, decorrente do n.º 1 do Artigo 29.º do Decreto-Lei n.º 242/2015, de 15 de outubro (Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Biodiversidade), complementado pelo recente Guia dos Peixes de Água Doce e Migradores de Portugal Continental (Collares-Pereira *et al.*, 2021).

Grupo	Definição	Taxa
Grupo 2 G2 - enguias e similares	Espécies migratórias (catádromas) com movimentos de longa distância e elevada capacidade para transpor obstáculos, mas sem capacidade de salto	<i>Anguilla anguilla</i>
Grupo 3 G3 - ciprinídeos e similares	Espécies holobióticas (potamódromas) com baixa ou moderada capacidade de transpor obstáculos	—
Grupo 3a (G3a)	Espécies de médio e grande porte, com moderada capacidade de transpor obstáculos	<i>Luciobarbus bocagei</i> <i>Luciobarbus comizo</i> <i>Luciobarbus microcephalus</i> <i>Luciobarbus sclateri</i> <i>Luciobarbus steindachneri</i> <i>Pseudochondrostoma duriense</i> <i>Pseudochondrostoma polylepis</i> <i>Pseudochondrostoma willkommii</i> <i>Squalius carolitertii</i> <i>Squalius pyrenaicus</i>
Grupo 3b (G3b)	Espécies de pequeno porte, com baixa capacidade de transpor obstáculos	<i>Achondrostoma occidentale</i> <i>Achondrostoma oligolepis</i> ²² <i>Achondrostoma salmantinum</i> <i>Anaocypris hispanica</i> <i>Cobitis calderoni</i> <i>Cobitis paludica</i> <i>Cobitis vettonica</i> <i>Gasterosteus aculeatus</i> <i>Iberochondrostoma almaiai</i> <i>Iberochondrostoma lemmingii</i> <i>Iberochondrostoma lusitanicum</i> <i>Iberochondrostoma olisiponensis</i> <i>Salvia fluviatilis</i> <i>Squalius alburnoides</i> <i>Squalius aradensis</i> <i>Squalius torgalensis</i>
Grupo 4 G4 - salmonídeos e similares	Espécies holobióticas (potamódromas) ou anádromas com elevada capacidade de transpor obstáculos, quer a nadar quer a saltar	<i>Salmo salar</i> <i>Salmo trutta</i>

²² Alguns estudos genéticos recentes apontam para a existência de uma nova espécie (Robalo, 2007), ainda por descrever, que ocorrerá na bacia hidrográfica do rio Minho e na sub-bacia hidrográfica do rio Sabor, que também deverá ficar enquadrada neste grupo

O ICF divide as estruturas a avaliar em três tipos (ver **Figura 3.2**):

- **A**: estruturas em que a água passa totalmente por cima, criando uma queda de água com altura variável (barragens ou açudes);
- **B**: estruturas na qual a água passa através de um ou mais orifícios de dimensão variada, com ou sem queda de água (passagens hidráulicas); e
- **C**: estruturas com soleira de baixo declive, em que a água passa sobre a soleira, mas não se formando quedas de água (açudes rampeados, barreiras de estabilização de sedimentos).

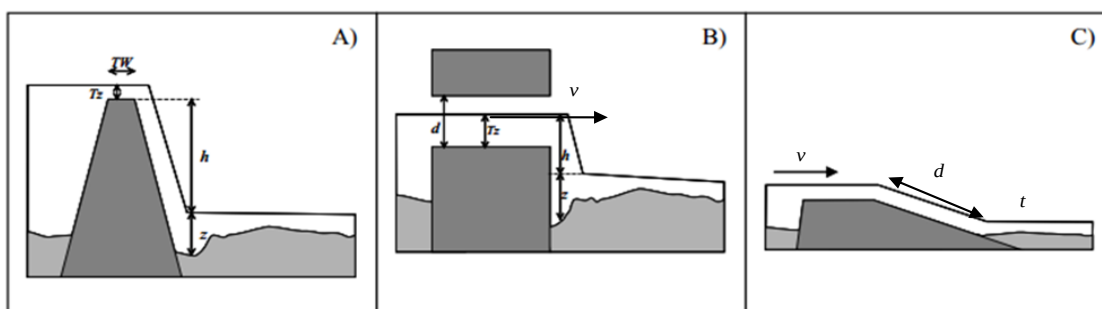


Figura 3.2 - Tipologia de obstáculos avaliados pelo ICF (Fonte: Solà et al., 2011)

(T_w - espessura da soleira descarregadora, expresso em metros (m); T_z - carga sobre a soleira descarregadora (m); H - diferença de cota entre a crista do descarregador e o nível de água imediatamente a jusante do obstáculo (m); z - profundidade de água imediatamente a jusante do obstáculo (m); d - altura média dos orifícios por onde circula a água (m))

O ICF também avalia a presença de dispositivos de transposição piscícola, existindo três tipos de estruturas, ilustradas na **Figura 3.3** e caracterizadas da seguinte forma:

- **A**: Passagens para peixes naturalizadas (p.e., rampas, *bypass*);
- **B**: Passagens para peixes técnicas (p.e., bacias sucessivas);
- **C**: Dispositivos especiais (p.e., eclusas Borland, ascensores, passagens para enguias).



Figura 3.3 - Ilustração dos três tipos de passagens para peixes consideradas no ICF, correspondendo, da esquerda à direita, às identificadas acima por A a C

A aplicação do ICF requer o preenchimento de uma ficha de campo (disponível em Bochechas, 2014), constituída por três Blocos: Bloco 1 (avaliação do obstáculo), Bloco 2 (dispositivo de transposição piscícola) e Bloco 3 (moduladores relacionados com características do obstáculo). A pontuação final está compreendida entre 0 e 110, possibilitando a classificação dos obstáculos em cinco classes de qualidade.

Quadro 3.2 - Classes de qualidade do ICF (adaptado de Solà *et al.*, 2011)

Valor	Qualidade	Descrição
[95-110]	Excelente	Todos os grupos de peixes potencialmente presentes deslocam-se livremente em todas as condições hidrológicas. Ausência de obstáculos para os peixes ou existência de obstáculos parcialmente destruídos
[75-95[	Bom	A maior parte dos grupos de peixes potencialmente presentes pode efetuar a transposição em quase todas as condições hidrológicas. Presença de um pequeno obstáculo ou de um obstáculo com dispositivo de transposição piscícola funcional
[50-75[	Moderado	A maior parte ou alguns dos grupos de peixes potencialmente presentes pode efetuar a transposição em algumas condições hidrológicas. Presença de um obstáculo relativamente permeável com passagem para peixes demasiado específica ou pouco funcional.
[25-50[	Medíocre	Apenas uma ou poucas espécies de peixes potencialmente presentes pode efetuar a transposição em determinadas condições hidrológicas. Presença de um obstáculo relativamente permeável com passagem para peixes muito específica ou pouco funcional
[0-25[	Mau	Nenhuma espécie de qualquer dos grupos piscícolas consegue efetuar a transposição, ou apenas algumas o conseguem sob condições hidrológicas excecionais. Presença de um grande obstáculo sem passagem para peixes ou com passagem para peixes inoperacional

Para **secções críticas naturais**, onde o ICF não se aplica, deverá ser utilizado o sistema de classificação desenvolvido por Steinbach (2010) e que contempla seis classes (**Quadro 3.3**). Importa referir que a presente classificação também se encontra referenciada na documentação do ICNF sobre continuidade fluvial (ver Bochechas, 2014).

**Quadro 3.3 - Classes de transponibilidade de obstáculos
(adaptado de Bochechas, 2014)**

CLASSE	AVALIAÇÃO
0	Ausência do obstáculo: em ruínas, removido ou sem qualquer impacto
1	Transponível sem dificuldade aparente: livre circulação assegurada para todos os níveis de caudal
2	Transponível, mas com risco de impacte: atraso ou bloqueio da migração em condições limitantes de caudal
3	Difícilmente transponível: impacte importante em condições médias de caudal
4	Muito dificilmente transponível: passagem possível apenas para caudais excecionais
5	Intransponível: passagem impossível para quaisquer condições

Com a atenção dos técnicos direcionada predominantemente às migrações para montante, tem sido dado menor relevo à promoção das **migrações piscícolas para jusante** (p.e., Northcote, 1998; Larinier e Travade, 2002). Estas migrações são geralmente consideradas como um processo passivo e menos exigente em termos de esforço, na medida em que a deslocação é efetuada a favor da corrente. No entanto, o problema das migrações para jusante das obras hidráulicas tem vindo a ganhar relevo, sendo considerado necessário garantir a mobilidade longitudinal da ictiofauna em ambos os sentidos – montante e jusante (Jungwith, 1998; Marmulla, 2001; Larinier e Travade, 2002; Larinier, 2008).

Existem diversos trabalhos na literatura da especialidade que demonstram que a migração para jusante através das infraestruturas afeta negativamente o bem-estar das comunidades piscícolas diádromas, mas também, embora em menor escala, das potamódromas (p.e., Therrien e Bourgeois, 2000, Marmulla, 2001 e Larinier e Travade, 2002; Ginneken e Maes, 2005). Os indivíduos migradores podem sofrer danos corporais diretos ao passarem pelas turbinas²³, em resultado da passagem através dos descarregadores de cheias ou mesmo sobre o obstáculo (Marmulla, 2001; Larinier e Travade, 2002; Pedersen *et al.*, 2012).

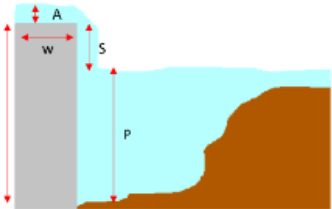
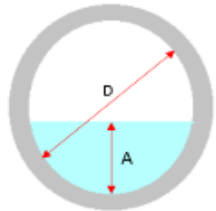
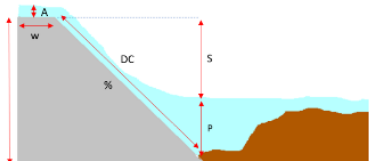
Os pressupostos para avaliação da permeabilidade das infraestruturas às deslocações para jusante são similares aos das deslocações para montante, incluindo os detalhes do obstáculo (p.e., existência de albufeira, grelhas, altura, presença e tipo de turbinas,

²³ Mortalidade piscícola nas do Tipo Kaplan de cerca de 5 a 20 % enquanto nas do tipo Francis pode chegar aos 90% (Odeh, 1999; Travade e Larinier, 2001).

descarregadores) e a existência/características de canais laterais e/ou dispositivos específicos de transposição piscícola.

Para a avaliação da permeabilidade para jusante foi efetuada uma adaptação do protocolo Espanhol (MAPAMA, 2019). A fase inicial do trabalho consiste em enquadrar cada obstáculo avaliado (**Quadro 3.4**) relativamente aos grupos ictiofaunísticos estabelecidos no ICF (ver afiliação no **Quadro 3.1**).

Quadro 3.4 - Valores-limite para o obstáculo ser considerado transponível na migração para jusante (adaptado de MAPAMA, 2019)

VALORES-LIMITE (m)	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA	GRUPOS PISCÍCOLAS			
		G3a	G2	G1a + G1b + G3b	G4
Obstáculos verticais					
Altura do salto ($\underline{S}$)		≤ 2	≤ 3	≤ 2	≤ 3
Altura de água a jusante do obstáculo (P)		$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$
Altura da lâmina de água sobre o coroamento (A)		$\geq 0,05$	$\geq 0,01$	$\geq 0,05$	$\geq 0,1$
Passagens Hidráulicas (PH)					
Altura da lâmina de água na PH (A)		$\geq 0,05$	$\geq 0,01$	$\geq 0,05$	$\geq 0,1$
Passagem sobre o paramento					
Altura da lâmina de água sobre o paramento (A)		$\geq 0,05$	$\geq 0,01$	$\geq 0,05$	$\geq 0,1$
Altura de água a jusante, no pé do obstáculo (P)		$\geq 0,2$	$\geq 0,1$	$\geq 0,1$	$\geq 0,2$

Assim, tendo por base as medições dos obstáculos anteriormente descrita e os valores-limite do **Quadro 3.4**, em conjunto com a informação do caudal medido durante a amostragem de campo e o determinado em gabinete (caudal médio mensal), será efetuado o enquadramento nos seguintes grupos:

- **Transponível em qualquer condição de caudal:** os valores determinados indiciam que o obstáculo será transponível ao longo de todo o ano;

- **Transponível nas condições de caudal da época reprodutiva:** os valores determinados indiciam que o obstáculo será transponível na época habitual de migração piscícola;
- **Transponível somente em algumas situações:** os valores determinados indiciam que o obstáculo só será permeável nos meses de maior caudal;
- **Intransponível:** os valores determinados sugerem que o obstáculo não será transponível.

Além do estudo das barreiras artificiais e obstáculos naturais, serão também caracterizados locais com condições hidrodinâmicas particularmente sensíveis a reduções de escoamento, nomeadamente por apresentarem uma lâmina de água reduzida.

À semelhança do identificado para as barreiras, estes locais críticos serão caracterizados pela sua localização geográfica (latitude e longitude), largura, velocidade (a metodologia de medição consta do **ponto 3.3.5**), profundidade máxima, extensão, altura da queda de água e tipo de secção (obstáculo vertical, passagem hidráulica com secção circular e obstáculo inclinado ou rampa).

3.3 SUBTROÇOS

3.3.1 Nota introdutória

Após validação dos limites dos troços e respetiva caracterização, será necessário concretizar a **avaliação dos subtroços selecionados**, considerando, nomeadamente, os habitats presentes, a profundidade e largura do curso de água, a estrutura e sedimentos do leito, bem como a continuidade, composição e estrutura da vegetação ribeirinha.

A caracterização da generalidade das variáveis²⁴ em cada secção representativa terá por base medições feitas ao longo de transetos representativos (10 a 20), estabelecidos perpendicularmente à direção do escoamento e distribuídos o mais equitativamente possível pelo subtroço fluvial a caracterizar.

A localização preliminar – efetuada em gabinete – dos mesohabitats existentes ao longo do subtroço de amostragem será confirmada no terreno e, as unidades de mesohabitat, serão divididas nas suas unidades hidráulicas constituintes (habitats; **Quadro 3.5**), a delimitar individualmente em função da caracterização da profundidade e área inundada, estrutura e sedimentos do leito (**Quadro 3.6**)

²⁴ Excluindo a **Conectividade ecológica longitudinal** da vegetação ribeirinha.

Quadro 3.5 - Unidades hidráulicas (habitats): critério de delimitação, métodos e fontes de informação

Unidade hidráulica (habitat)	
Descrição	Unidade espacialmente distinta caracterizada por um escoamento superficial e por sedimento relativamente homogéneo. Cada mesohabitat pode incluir uma ou várias unidades hidráulicas.
Critério de delimitação	Áreas de rio com profundidade de escoamento, escoamento, tensão tangencial e sedimento homogéneo.

Quadro 3.6 – Unidades hidráulicas (habitats) a considerar

Mesohabitat	Habitat	Descrição
Com maior velocidade média	<i>Riffle</i>	Locais relativamente baixos com velocidade do escoamento moderada a elevada, geralmente com turbulência à superfície, gradiente elevado e sedimento composto por pedras e cascalho. Também designados como rápidos.
	<i>Run</i>	Locais com talvegue bem definido e leito do rio longitudinalmente plano e lateralmente côncavo. Escoamento monótono não turbulento, fazendo geralmente a transição entre os <i>riffles</i> e os <i>pools</i> .
Com menor velocidade média	<i>Pool (fundão)</i>	Zonas de água mais profunda sem corrente ou com baixa velocidade de escoamento, geralmente resultantes da erosão localizada promovida pelo escoamento. Estas zonas podem ocorrer no lado exterior de meandros confinados e a jusante de afloramentos rochosos ou de outros obstáculos ao escoamento.

Nesta fase do trabalho será também efetuada uma **avaliação da estrutura, composição e fenologia da vegetação ribeirinha** no subtroço. A referida avaliação terá como base a cartografia preliminar da vegetação ribeirinha do subtroço efetuada durante o trabalho de gabinete (separadamente por margem), bem como a delimitação das zonas afetas ao leito menor, leito maior e leito de cheia.

Como atrás referido, o **leito menor** é definido como aquele onde normalmente escoam as águas e o caudal sólido por elas transportado. Este leito apresenta atividade hidromorfológica notória, visível através da abundância de sedimentos móveis e da ausência de vegetação lenhosa de porte elevado.

O **leito maior** representa o espaço que atualmente abriga vegetação natural (lenhosa e não lenhosa) associada às margens do curso de água, incluindo todos os habitats

ribeirinhos típicos da MA que estão naturalmente ligados ao leito e que são inundáveis em cheias com o período de retorno de 2 anos.

O **leito de cheia**, delimitado pelo nível de cheia com período de retorno de 100 anos ou pelo limite da máxima cheia conhecida, corresponde ao espaço ribeirinho potencial que engloba todo o terreno que, com a morfologia atual, poderia ter uma conexão com o ecossistema fluvial para que a sua vegetação tivesse características influenciadas pela inundação ocasional e por outros aspetos da hidrologia local. Em condições naturais, estes terrenos prolongar-se-iam até à área em contacto com a vegetação climácica natural terrestre e/ou os terrenos exteriores à dinâmica fluvial.

No **ponto 3.3.4** são apresentados alguns dos indicadores a utilizar no campo para confirmar a delimitação do leito de cheia.

Em geral, os leitos maior e de cheia apresentam uma correspondência com o tipo de vale, sendo previamente delimitados em gabinete com base em ortofotomapas e/ou imagens de satélite. Em vales confinados, os dois leitos serão muito semelhantes, enquanto em vales não confinados a extensão de ambos pode ser muito distinta (**Figura 3.4** e **Figura 3.5**).



Figura 3.4 - Representação esquemática dos leitos menor, maior e de cheia

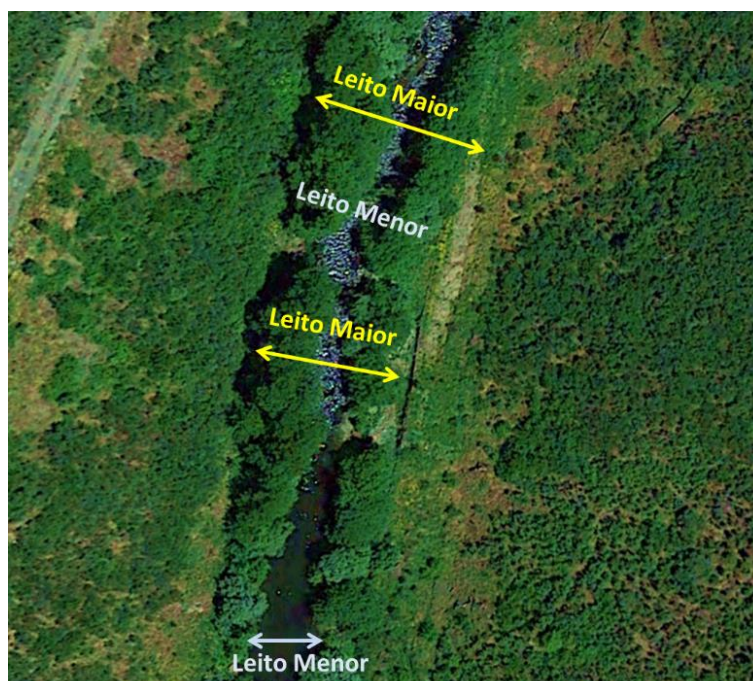


Figura 3.5 - Representação esquemática da delimitação dos leitos menor e maior num curso de água confinado (ribeira da Sertã)

Nas alíneas seguintes são identificados os vários descritores a avaliar no decurso da caracterização de campo dos subtroços.

3.3.2 Estrutura e sedimentos do leito menor

Em cada transeto estabelecido no subtroço de amostragem será avaliada a estrutura e sedimentos do leito menor através da metodologia proposta em MAPAMA (2019), que considera os seguintes elementos: **tipo de sedimento** (tamanho dominante e classificação), **mobilidade do sedimento** e **sintomas de dinâmica vertical acelerada**. Esta avaliação será feita em vários pontos ao longo de cada transeto, sendo no final determinado o valor médio de cada descritor.

3.3.2.1 Tipo de sedimento

A caracterização do tipo de sedimento é determinada em função da sua dimensão e da forma como se distribui no leito, devendo ser consideradas as classes identificadas no **Quadro 3.7**.

Quadro 3.7 - Classes de sedimento (adaptado de Bain e Stevenson, 1999)

CLASSE	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES (mm)
Rochoso	Blocos/lajes/rocha-mãe	>256
Grosso	Seixos, calhaus, cascalho, areão	2 - 256
Fino	Areia, silte e argila	<2

A caracterização da dimensão deverá basear-se na análise visual da dimensão dos sedimentos dominantes no leito, bem como na análise dos sedimentos existentes em depósitos. O tamanho dos sedimentos é determinado ao longo do maior eixo transversal de cada elemento (definindo a dimensão que caberia na malha de um crivo), de acordo com esquema constante da **Figura 3.6**.

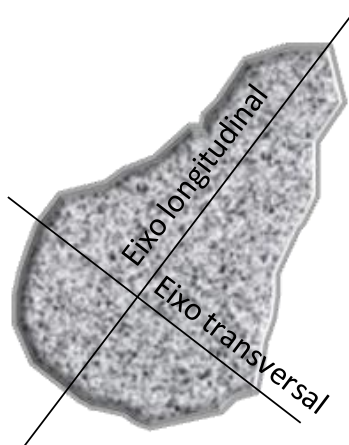


Figura 3.6 - Esquema a utilizar para avaliar a dimensão do sedimento

3.3.2.2 Deposição do sedimento

O modo como é feita a deposição dos sedimentos ao longo do leito também deve ser observada, devendo-se classificar a disposição do sedimento a partir dos seguintes descritores:

Imbricamento - ocorre quando cada elemento do sedimento está colocado devidamente em resposta às condições de escoamento naturais, com alguma inclinação e sobreposição entre elementos no sentido montante-jusante, à semelhança das telhas num telhado. A ocorrência de imbricamento indica uma boa condição do sedimento e, portanto, um bom funcionamento hidromorfológico (**Figura 3.7**). Um imbricamento ténue ou inexistente

pode sinalizar uma redução dos caudais de cheia ou outras alterações de origem antrópica (**Figura 3.8**).

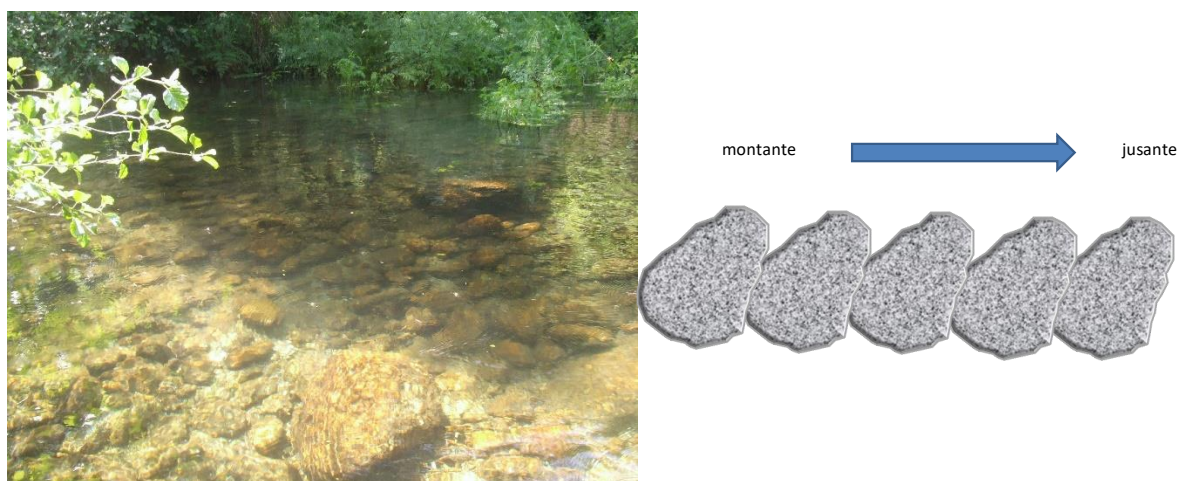


Figura 3.7 - Imbricamento num leito com material grosseiro

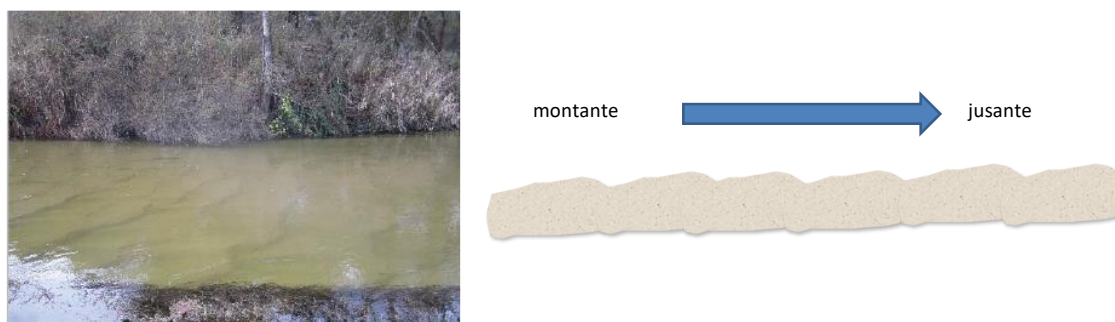


Figura 3.8 - Imbricamento num leito com material arenoso.

Encouraçamento - ocorre quando o sedimento mais superficial (couraça) é de maior dimensão que o imediatamente abaixo devido aos processos de mobilização condicionados pelo escoamento. Se o encouraçamento é muito marcado (**Figura 3.9**), com partículas superficiais de tamanho muito maior (> 3 ou 4 vezes) que as depositadas abaixo, a couraça é considerada excessiva e reveladora de perturbação. O encouraçamento pode também ser fraco ou inexistente (**Figura 3.10**).

Um sedimento fluvial pouco alterado apresenta uma couraça moderada, com os elementos superficiais com dimensão 1,5 a 3 vezes superior à dos elementos inferiores.

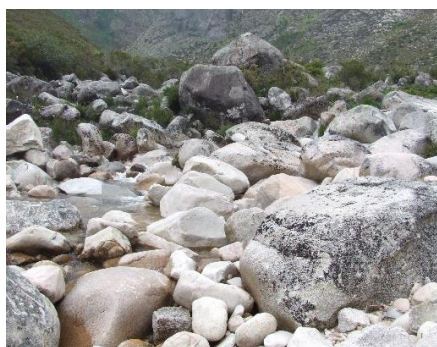


Figura 3.9 - Encouraçamento excessivo



Figura 3.10 - Encouraçamento fraco

Formação de depósitos contínuos de sedimento (ou barras) - ocorre quando a velocidade de transporte se reduz e os sedimentos se depositam. Deve ser observado se estes depósitos estão bem formados (completos, com formas pontiagudas, geralmente apontando para jusante (**Figura 3.11**) ou se, pelo contrário, são incipientes ou mal estruturados (**Figura 3.12**). A formação destes depósitos é rara nos troços de cabeceira dos rios, aumentando nos trechos intermédios e finais dos cursos de água.

Se o sedimento dominante é composto por areias ou finos, os dois primeiros indicadores podem não ser observados, devendo ser então dada especial atenção à formação de depósitos, isto é, se o sedimento se apresenta bem distribuído e com aparência natural no leito e nas margens.



Figura 3.11 - Depósitos bem estruturados de sedimento grosseiro

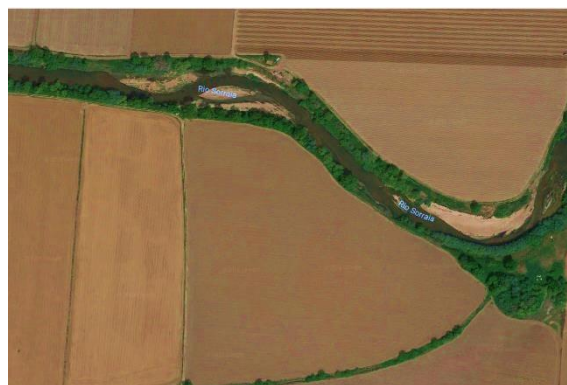


Figura 3.12 - Depósitos de areia mal estruturados (à esquerda) e bem estruturados (à direita, Fonte: *Bing Maps*™)

Com base na avaliação da forma como o sedimento se deposita no leito (imbricamento, encouraçamento e formação de depósitos) é possível classificá-lo quanto ao seu dinamismo:

- **Dinamismo eficaz:** os elementos do sedimento estão imbricados, há uma couraça moderada e os depósitos de sedimentos estão bem formados.
- **Dinamismo limitado:** alguns dos descritores falham - o imbricamento claro não é observado, a couraça é muito elevada ou muito baixa, ou os depósitos de sedimentos são incipientes.
- **Dinamismo nulo:** todos os descritores falham - nenhum imbricamento é registado, não há encouraçamento ou este é excessivo e não há depósitos sedimentares bem definidos.

3.3.2.3 Mobilidade do sedimento

Para a avaliação deste descritor será necessário verificar os seguintes quatro indicadores:

- **Compactação do sedimento** - Se o sedimento do leito ou dos depósitos nas margens está solto e é facilmente removível com a mão, ou então se está compactado ou com uma crosta de sedimento.
- **Existência de camada de finos** - Se o sedimento aparece coberto com uma pátina ou camada de sedimentos finos (**Figura 3.13**), o que pode ser um sintoma de problemas de inatividade nos processos hidrogeomorfológicos.
- **Colonização dos depósitos sedimentares** - está associada à presença de vegetação no interior do leito, o que geralmente indica escassez de cheias e de escoamento. A colonização por plantas enraizadas ou ancoradas ao substrato reduz ou impede a mobilização de sedimentos, que podem gerar défices a jusante, conduzindo a processos de incisão.
- **Presença de madeira morta transportada** (troncos, ramos e outros detritos) - a ocorrência de madeira morta é um bom indicador da dinâmica geomorfológica e eficácia do transporte por caudais de cheia, além de intervir nos processos de sedimentação, gerando efeitos de “armadilha” sobre o sedimento transportado.



Figura 3.13 - Aspeto da pátina de elementos finos sobre sedimento grosseiro em local situado a jusante de AH com derivação de caudais

A mobilidade do sedimento é classificada nas seguintes classes:

- **Mobilidade efetiva:** o sedimento está solto e é facilmente mobilizado, não está coberto por uma camada de finos, não há colonização vegetal ou esta é muito débil, há madeira morta transportada como parte integrante do sedimento.
- **Mobilidade limitada:** o sedimento apresenta alguns sintomas de compactação ou apresenta colonização vegetativa moderada.

- **Mobilidade nula:** o sedimento está coberto superficialmente, apresenta uma camada contínua de material fino ou está totalmente colonizado por vegetação.

Esta caracterização será realizada ao longo do subtroço de amostragem, incidindo mais na zona central do leito, onde o efeito da velocidade e da profundidade do rio são mais representativos. Não obstante, deve também ser caracterizada a mobilidade nas zonas marginais, sempre que estas forem antigas zonas do leito menor alteradas em resultado da regularização de caudais.

3.3.2.4 Sinais de dinâmica vertical acelerada

Os movimentos verticais na formação de um rio (dinâmica vertical) serão analisados no subtroço de amostragem, podendo ser nulos ou escassos. Na formação de um curso de água podem ocorrer dois tipos de processos, o de incisão ou aprofundamento do leito e, no sentido contrário o de acreção onde se verifica a elevação do leito por deposição de sedimentos.

Importa destacar que é frequente que setores fluviais de leito confinado, e com elevada inclinação, potenciem um processo natural de incisão progressiva, enquanto num leito plano e com pouca inclinação, onde o sedimento se acumula, ocorra um ligeiro alteamento resultado da deposição dos sedimentos (acreção).

A maioria dos cursos de água apresenta situações de equilíbrio, com zonas de incisão e outras de acumulação de sedimentos, sendo estes processos muito lentos, pouco perceptíveis à escala temporal humana. Os problemas surgem quando esta dinâmica vertical é acelerada, isto é, quando ela se manifesta muito rapidamente e é acompanhada de sinais óbvios, por exemplo: i) acumulação excessiva ou extensa de sedimentos devido a processos de acreção e descalçamento das margens; ou ii) nudez de raízes da vegetação ribeirinha por processos acelerados de erosão fluvial e incisão do leito (**Figura 3.14**).

Será necessário observar estes possíveis sintomas de dinâmica vertical acelerada no subtroço de amostragem, sendo de antever que será difícil identificar as causas apenas a partir da observação da ocorrência de acreção ou incisão. No entanto, e em muitas situações, são os fatores antrópicos que promovem a existência de fenómenos de incisão ou acreção muito acentuados e/ou muito rápidos.



Figura 3.14 - Sinais de dinâmica vertical acelerada

3.3.3 Micro-habitats disponíveis

Neste item é considerada a disponibilidade de habitats submersos, que desempenham funções fundamentais para determinados *taxa* (p.e., peixes, macroinvertebrados), gerando abrigo, proporcionando sombra, alimento, entre outros (**Figura 3.15**). Deve ser determinada a percentagem do leito menor do subtroço de amostragem ocupada por estes tipos de microhabitats, recorrendo a estimativa da superfície ocupada pelos mesmos.

A superfície vegetada nas duas margens será avaliada, considerando toda a vegetação (incluindo raízes) que ocupe o leito menor da massa de água.

Será levada em consideração a presença de macrófitos no leito do subtroço de estudo, contudo deverá ser tido em consideração que a ocorrência de macrófitos é sazonal e que estes podem não estar naturalmente presentes em todos os tipos de rio, em particular nas

zonas de cabeceira. Também deverá ser determinada, em percentagem de cobertura, a ocupação de macrófitos alóctones invasores²⁵.



Figura 3.15 - Exemplos de microhabitats: detritos vegetais, árvores mortas e folhada – (em cima), margens vegetadas (meio) e macrófitos (em baixo)

²⁵ De acordo com Lista Nacional de Espécies Invasoras, integrante do Anexo II do Decreto-Lei n.º 92/2019 de 10 de julho, que estabeleceu o regime jurídico aplicável ao controlo, à detenção, à introdução na natureza e ao repovoamento de espécies exóticas da flora e da fauna.

3.3.4 Caracterização da vegetação ribeirinha

Uma das componentes a integrar na caracterização hidromorfológica corresponde à avaliação da estrutura, composição e fenologia da vegetação ribeirinha (também denominada ripária ou ripícola) no subtroço de amostragem. Esta avaliação terá como base a cartografia preliminar da vegetação ribeirinha do subtroço, efetuada durante o trabalho de gabinete, que assim será complementada com a informação recolhida no trabalho de campo, sendo realizada separadamente por margem, bem como para as zonas do leito maior e do leito de cheia.

Mais especificamente, proceder-se-á à análise da vegetação da zona ribeirinha associada a cada subtroço de amostragem, incluindo os seguintes aspetos:

- Estrutura;
- Composição específica;
- Dimensões e qualidade do habitat.

Embora não funcionando exclusivamente como sistema fluvial, o leito de cheia é caracterizado por apresentar sinais de exposição à dinâmica fluvial (evidência topográfica), que podem ser identificados no terreno por uma combinação dos seguintes indicadores:

- Fisiografia do terreno: nível em relação ao leito menor.
- Presença de espécies freatófitas como *Alnus* spp., *Fraxinus* spp., *Populus* spp., *Salix* spp., *Tamarix* spp., *Corylus* spp. e *Frangula alnus*.
- Aspetos que revelam a ligação ao leito maior, por exemplo a presença de prados (comunidade herbácea dominada por gramíneas) numa matriz de outras culturas intolerantes em relação ao freatismo.
- Presença de indicadores de dinâmica fluvial: por exemplo, acumulação de sedimento ou restos vegetais, vestígios de erosão, presença de canais secundários ou marginais que só funcionam em cheia.

A diferença evidente dos bosques ribeirinhos existentes entre linhas de água com diferentes graus de intermitência, bem como a influência de pressões antrópicas, justifica uma análise diferenciada entre rios com galeria ribeirinha bem definida e aqueles em que esta formação vegetal é naturalmente escassa ou inexistente. Assim, nos subcapítulos seguintes são propostas abordagens distintas a adotar em cada uma destas realidades.

De acordo com Aguiar (2010), nas regiões de clima mediterrânico a vegetação ribeirinha, incluindo a sua componente lenhosa, é condicionada por fatores hidrológicos, geológicos, climáticos e de uso do solo, sendo estruturada em faixas de largura reduzida, frequentemente com menos de 10 metros. Nestas regiões, as expressões galeria ribeirinha ou galeria ripícola assumem a sua verdadeira aceção, uma vez que está implícita a maior importância da dimensão longitudinal face à lateral. Em oposição, as formações ribeirinhas

de climas mais temperados apresentam um desenvolvimento lateral superior, configurando verdadeiros bosques ribeirinhos.

As formações lenhosas típicas dos cursos de água temporários, de regime torrencial e sujeitos a acentuada secura estival, são dominadas por espécies de folha persistente, como o loendro (*Nerium oleander*), ou com adaptações à secura, como o tamujo (*Flueggea tinctoria*) e a tamargueira (*Tamarix africana*).

Em cursos de água de carácter permanente, ou torrencial com menor estiagem, os taxa acima referenciados são substituídos por bosques caducifólios, como os amiais, salgueirais arbóreo-arbustivos, freixiais e, mais raramente, olmedos (ulmeiros).

Embora existam formações monoespecíficas – amplamente dominadas por uma dada espécie lenhosa –, nestes bosques é frequente encontrar um zonamento transversal na composição da flora lenhosa, dependente do gradiente de humidade, com espécies adaptadas às condições geomorfológicas e edafo-climáticas.

Num sistema pouco alterado, é frequente ocorrer uma primeira banda de amieiros e/ou salgueiros, seguida de freixos e choupos-negros (*Populus nigra*). São também frequentes no sub-bosque o pilriteiro (*Crataegus monogyna*), o sabugueiro (*Sambucus nigra*), o sanguinho-de-água (*Frangula alnus*) e o loureiro (*Laurus nobilis*). Em contraste, em rios de pequena dimensão e nas zonas montanhosas do Noroeste e Norte-Centro do país (p.e., serras da Estrela, Peneda e Gerês), surgem sobretudo formações arbustivas dominadas por urze branca (*Erica arborea*) e acompanhadas por sanguinho-de-água.

A componente herbácea sob coberto é muito variada, albergando espécies com vários graus de associação ao meio aquático, desde emergentes (ou helófitas) tolerantes à oscilação do nível de água – p.e., taxa dos géneros *Juncus*, e *Typha* –, passando pelas higrófitas, que têm como habitat preferencial locais com grande humidade, embora se estabeleçam geralmente em substratos não alagados – p.e., taxa dos géneros *Mentha*, *Myosotis*, *Polygonum*, *Lythrum*, para além de várias espécies de briófitos (como musgos e hepáticas) e pteridófitos. Uma característica deste tipo de sistemas é a penetração de espécies terrestres, que dominam o elenco florístico relativamente aos taxa aquáticos.

A vegetação ribeirinha varia ainda ao longo do perfil longitudinal dos rios em resultados da variabilidade geográfica (p.e., altitude, declive, topografia) e local (p.e., largura do leito, tipo de sedimento). Os setores de cabeceira de vales encaixados e substratos rochosos suportam geralmente comunidades de reduzida complexidade, compostas maioritariamente por estratos arbustivos ou herbáceos. Os troços a jusante, com leitos de cheia frequentemente aluvionares e de solos mais profundos e enriquecidos em nutrientes, permitem o estabelecimento de comunidades de estrutura e composição mais complexa.

A amostragem da galeria ribeirinha utilizará também os transectos (itinerários transversais) equidistantes estabelecidos para caracterização do subtroço de amostragem.

Em cada transecto serão georreferenciados, com apoio de um GPS, os seus limites, sendo efetuadas com recurso a fita métrica/distanciómetro a caracterização das formações ribeirinhas presentes, sendo recolhida a informação descrita nos pontos seguintes.

3.3.4.1 Rios com galeria ribeirinha bem definida

Estrutura

Nos rios com galeria ribeirinha ou bosque ribeirinho bem definidos, a estrutura da vegetação é avaliada segundo os seguintes critérios:

Conectividade ecológica longitudinal: Cálculo da percentagem do comprimento do leito maior com vegetação lenhosa ribeirinha (**Figura 3.16 e Figura 3.17**). Será avaliada no subtroço, ao longo das duas margens, considerando a extensão de cada uma das margens que se encontra coberta por vegetação ribeirinha (ponderada em cada caso pela extensão total do subtroço). Uma primeira estimativa será realizada em gabinete a partir de ortofotomapas/fotografias aéreas, sendo posteriormente confirmada/afinada durante os trabalhos de campo.

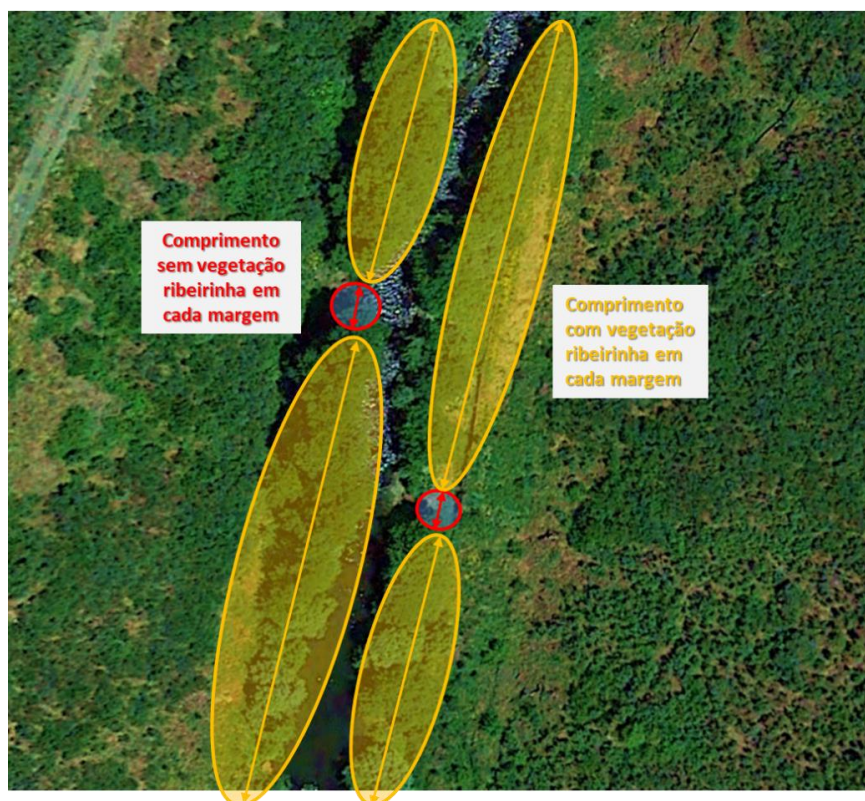


Figura 3.16 – Representação em planta da conectividade ecológica longitudinal.

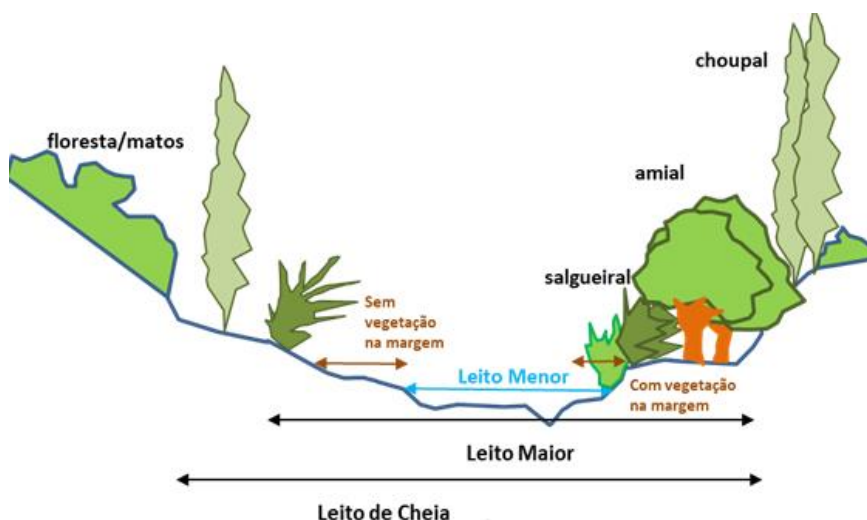


Figura 3.17 - Representação esquemática da conectividade ecológica longitudinal.

Conectividade ecológica transversal: Cálculo da percentagem da superfície do leito maior ocupada por habitats naturais (**Figura 3.18** e **Figura 3.19**). A sua determinação terá início em gabinete (ortofotomapas/fotografia aérea), sendo posteriormente confirmada e ajustada durante as medições realizadas nos transectos.



Figura 3.18 - Representação em planta da conectividade ecológica transversal

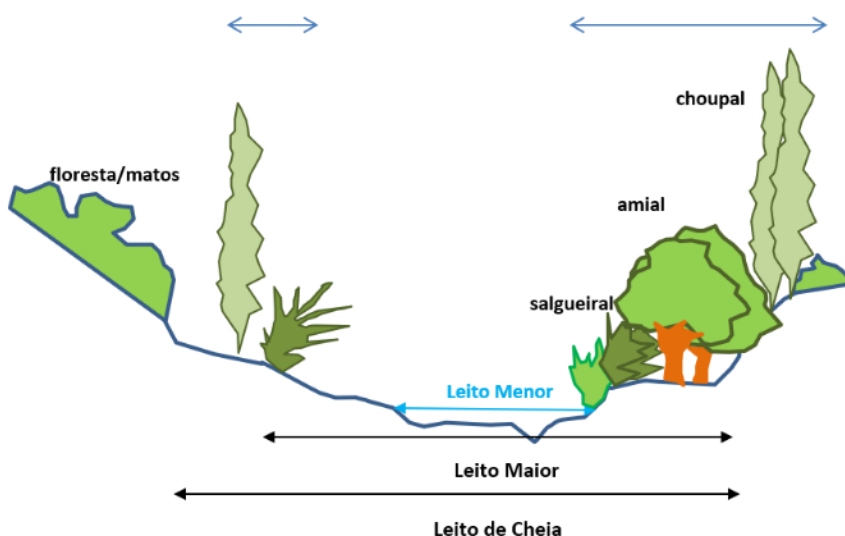


Figura 3.19 - Representação esquemática da conectividade ecológica transversal

Ensombramento do leito menor: Cálculo da percentagem da superfície do leito menor que é sujeito a ensombramento pela vegetação ribeirinha (**Figura 3.20**).

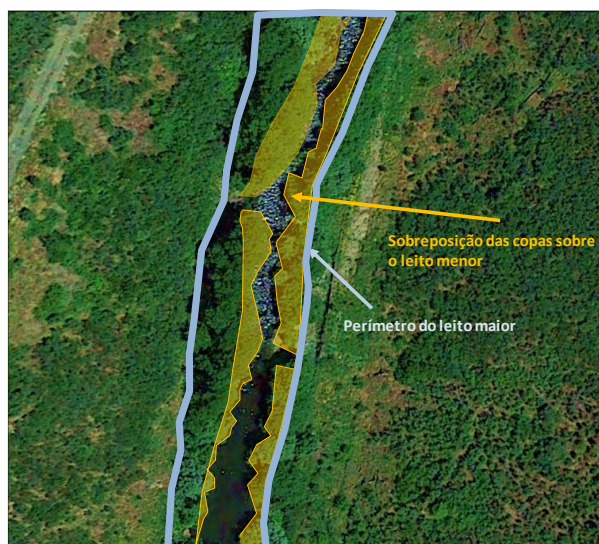


Figura 3.20 - Representação em planta do ensombramento do leito menor

Conexão entre estratos (arbóreo, arbustivo, não lenhoso): Avaliação da conexão entre os estratos da vegetação autóctone (lenhosa e não lenhosa) ao longo dos transectos.

A conexão será avaliada mediante a valoração do grau de contacto entre os diferentes estratos de vegetação (**Figura 3.21**) e será incluída, para cada margem, nas seguintes categorias:

- Imbricada: A vegetação lenhosa e não lenhosa forma um conjunto contínuo e ligado ao longo do subtroço de amostragem;
- Ligada: A vegetação lenhosa e não lenhosa está em contacto na fração maioritária dos transectos;
- Moderada: A vegetação lenhosa e não lenhosa está em contacto em vários pontos dos transectos;
- Escassa ou desligada: A vegetação lenhosa e não lenhosa não se contacta, ou fazem-no de forma esporádica.

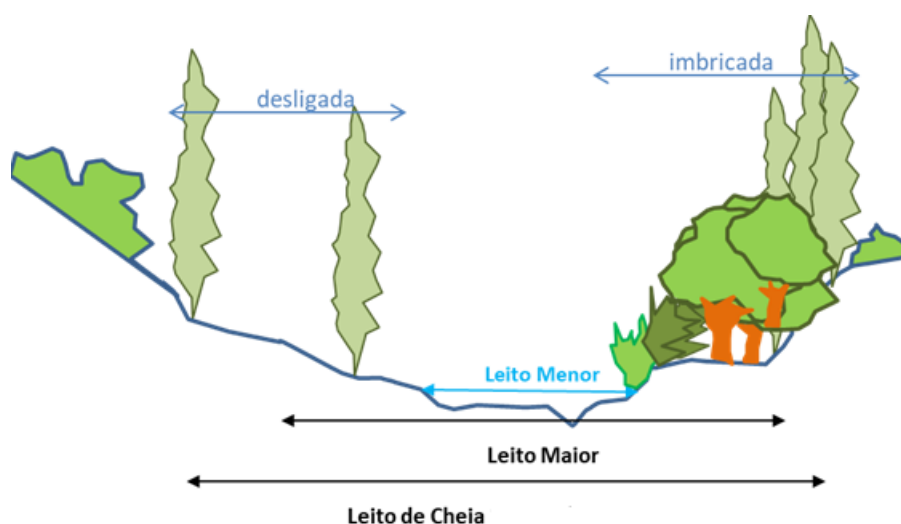


Figura 3.21 - Representação esquemática da conexão entre estratos

Nos resultados obtidos nos transectos transversais em cada margem utilizar-se-á a classe modal para caracterizar a conexão.

Como exemplo da conexão entre estratos, são apresentados exemplos na **Figura 3.22**.



Imbricada



Ligada



Moderada



Escassa



Sem ligação (numa das margens)

Figura 3.22 - Exemplos da conexão entre estratos da vegetação

Composição específica

Naturalidade: Proporção da superfície do leito maior ocupada por vegetação ribeirinha autóctone **Figura 3.23**. A determinação desta métrica pode ser efetuada através da avaliação da área ocupada por *taxa* alóctones, caso se verifique que são menos representativos que os autóctones; neste caso, a cobertura por espécies alóctones será depois subtraída à área vegetada total para determinação da área ocupada por *taxa* autóctones. Em alternativa, pode ser determinada diretamente a área ocupada por vegetação ribeirinha autóctone. Esta área será posteriormente utilizada para determinação da proporção da superfície do leito maior ocupada por vegetação autóctone.

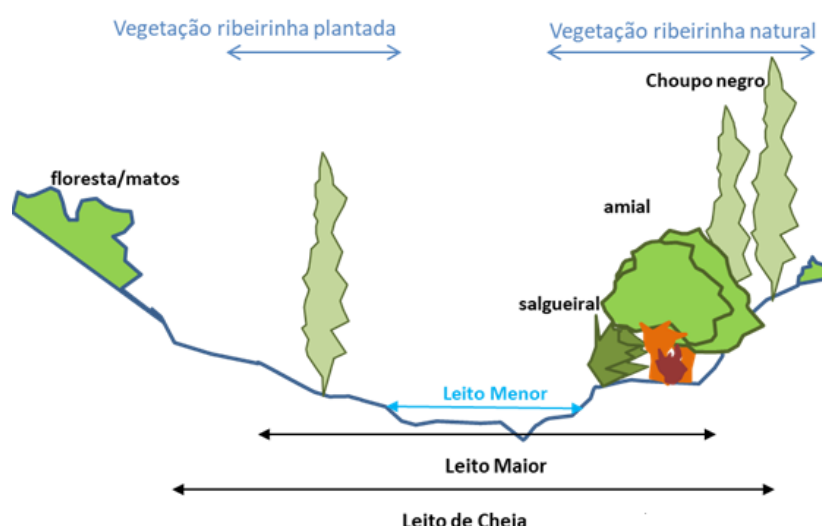


Figura 3.23 - Representação esquemática do grau de naturalidade. Vegetação plantada (choupal) e bosque ribeirinho natural

Estratos etários/classes de idade: Avaliação do equilíbrio etário da vegetação ribeirinha autóctone, incluindo regeneração, exemplares jovens, adultos e senescentes (**Figura 3.24**). A presente métrica possui quatro classes:

- Equilíbrio elevado: Estão representados todos os estratos/classes de idade.
- Equilíbrio moderado: Estão representados a maior parte dos estratos/classes de idade.
- Equilíbrio baixo: Estão representados poucos estratos/classes de idade, integrando geralmente árvores adultas e senescentes.
- Equilíbrio muito baixo: Está representado um único estrato ou classe de idade, em geral de árvores adultas ou senescentes.

Devem ser identificadas as situações em que a limitação da diversidade de estratos/classes de idade resulta de causas naturais (p.e., falta de luz, tipo de sedimento, tipo de vale) e não de pressões de origem antrópica.

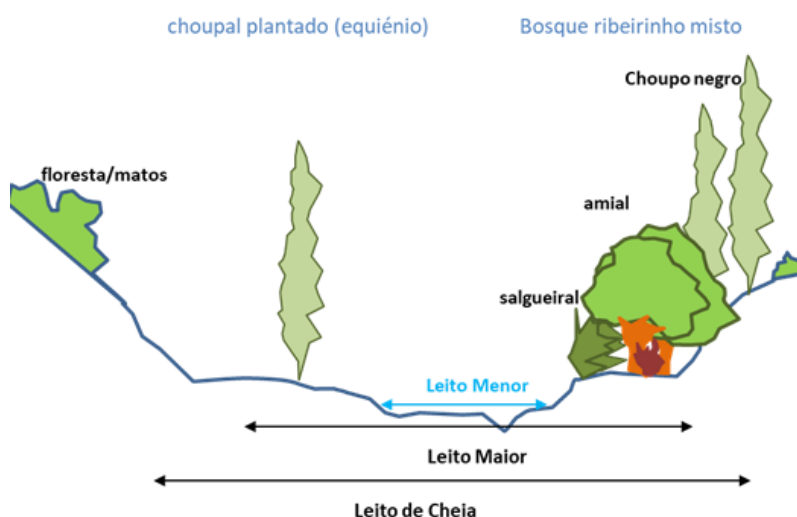


Figura 3.24 - Representação esquemática da presença de diferentes classes de idade [povoamento florestal equiênio²⁶ (choupal plantado) e bosque ribeirinho misto]

Indicadores de etapas de regressão: Esta métrica avalia a percentagem da superfície da zona ribeirinha ocupada por espécies indicadoras de etapas regressivas na formação vegetal (espécies nitrófilas²⁷, ruderais²⁸, arvenses²⁹, adventícias³⁰), incluindo *taxa* autóctones e alóctones (**Figura 3.25 e Figura 3.26**).

As etapas regressivas da vegetação ribeirinha surgem em resposta a pressões antrópicas como a alteração dos regimes hidrológicos naturais, a exploração de inertes e a mobilização agrícola de solos até à margem das linhas de água (Aguiar, 2010).

²⁶ Povoamento florestal com a mesma idade, também designado por povoamento regular.

²⁷ Espécies próprias de solos ricos em matéria orgânica, com elevados teores de nutrientes.

²⁸ Espécies próprias de sítios artificializados, como margens de caminhos, zonas de entulho, etc.

²⁹ Espécies com ciclos de vida curtos (anuais e bianuais) ou estruturas perenes enterradas (criptófitos), conseguindo desenvolver-se em situações de pressão ambiental intensa.

³⁰ Espécies dispersas a partir de culturas e plantações.

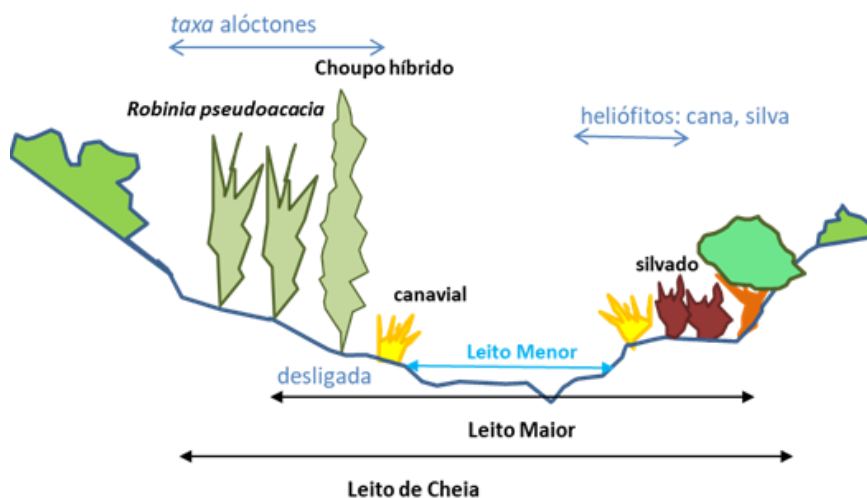


Figura 3.25 - Representação esquemática de indicadores de etapas de regressão. Choupal plantado e bosque com pastoreio excessivo (freixial vestigial)



Progressão de espécies invasoras (canavial, *Arundo donax*)



Progressão de silvados (*Rubus* spp.)



Perda do espaço fluvial devido a atividade humana (muros)



Figura 3.26 - Exemplos de degradação de galeria/bosque ribeirinho



Perda do espaço fluvial devido a atividade humana (acessos)



Degradação de vegetação ribeirinha por plantações florestais (choupal)



Degradação da vegetação por influência da atividade agropecuária



Degradação da vegetação por influência da atividade agropecuária e construção de acessos



Degradação da vegetação por influência da atividade agrícola (estabelecimento de canais de drenagem utilizando linhas de água)

Figura 3.26 (continuação) - Exemplos de degradação de galeria/bosque ribeirinho

A alteração da vegetação ribeirinha é traduzida em:

- Perda de espaço fluvial;
- Perda da estrutura das formações ribeirinhas (perda das conectividades longitudinal e transversal);
- Perda das orlas da vegetação ribeirinha;
- Maior pobreza florística, com intrusão de *taxa* exóticos, como acácias (*Acacia dealbata*, *Robinia pseudoacacia*), cana (*Arundo donax*), ailanto (*Ailanthus altissima*), e/ou espécies de cariz infestante como as silvas – sobretudo a espécie *Rubus ulmifolius*;
- Colonização por espécies heliófitas: por exemplo caniço (*Phragmites australis*);
- Presença na zona ribeirinha de alguns *taxa* que, embora autóctones, não apresentam carácter ribeirinho;
- Presença de espécies lenhosas associadas com atividade humana, nomeadamente espécies ornamentais e agrícolas/silvícolas.

Durante a amostragem de campo poderá não ser possível identificar a origem das pressões antrópicas que deram origem à degradação da vegetação ribeirinha, mas será necessário avaliar se a condição da vegetação ribeirinha é representativa de condições naturais ou se resulta de pressões.

Dimensões e qualidade do habitat

As dimensões da zona ribeirinha e a qualidade do habitat já foram em parte avaliadas nos descritores da conectividade ecológica transversal e longitudinal. Além desses aspetos, e também relacionados com a dimensão e qualidade do habitat, serão avaliados os seguintes descritores em cada subtroço:

Funcionalidade dos cursos de água: avaliação da percentagem da área do leito maior, em ambas as margens, em relação à área do leito de cheia (**Figura 3.27** e **Figura 3.28**). Grandes diferenças entre as áreas dos leitos maior e de cheia podem indiciar a existência de pressões (infraestruturas ou utilizações).



Figura 3.27 - Representação em planta da avaliação da funcionalidade



Figura 3.28 - Representação esquemática da avaliação da funcionalidade

Limitação da conectividade transversal por estruturas artificiais: Avaliação da percentagem do leito maior (**Figura 3.29**), em ambas as margens, que apresenta limitações na sua conectividade transversal com o leito de cheia em resultado da existência de estruturas artificiais ou alterações na morfologia ribeirinha associadas a atividades humanas (p.e., diques, pontões, muros, rede viária, aterros). Na determinação deste indicador não é utilizada a área do leito menor.



Figura 3.29 - Representação esquemática da limitação da conectividade transversal por estruturas artificiais

Limitação da permeabilidade e alteração dos materiais do leito de cheia por atividades humanas: Avaliação da percentagem da superfície do leito de cheia que regista limitações na sua permeabilidade e alterações nos materiais do sedimento em resultado de atividades humanas, nomeadamente compactação ou desagregação do sedimento, existência de escombrecas e taludes artificiais, edificações e outros tipos de impermeabilizações (como estradas), entre outros.

3.3.4.2 Rios sem galeria ribeirinha bem definida

Esta categoria inclui os leitos em que as condições hidrometeorológicas e hidromorfológicas do sistema fluvial não permitem naturalmente o desenvolvimento de uma galeria/bosque ribeirinho bem definido ou estável, ou por não ter caudal todos os anos, ou por ser tão escasso que corresponde à categoria efémero. Esta situação está na generalidade das situações associada à variabilidade extrema do regime hidrológico.

Um regime hidrológico fortemente torrencial define, no entanto, uma zona geomorfologicamente ativa que é facilmente identificável em relação ao ambiente geral, e que é sempre muito superior ao leito por onde se escoia o caudal (quando este existe). Os barrancos e alguns leitos do tipo entrançado e anastomosado podem ser enquadrados nesta definição, que integra no geral todos os rios com regime hidrológico efémero.

Pelas características especiais deste tipo de sistema fluvial, que se refletem na baixa cobertura da vegetação ribeirinha, é possível fazer a seleção dos subtroços de amostragem apenas em gabinete. Será também estimada, em gabinete, a largura do leito de cheia, caracterizado no subtroço de amostragem a partir do levantamento, no campo, de vários transectos equidistantes, perpendiculares ao leito do rio.

A caracterização da estrutura da vegetação ribeirinha será realizada a partir das pressões que limitam a qualidade do espaço fluvial (leito e margens) incluindo os aspetos referidos de seguida.

Estrutura: Avaliação do grau de alteração do espaço fluvial devido à existência de vias de comunicação, estruturas artificiais ou usos humanos do solo (p.e., agropecuários, florestais, urbanísticos), que limitem ou alterem a estrutura e dinâmica vegetal. Será efetuada uma interpretação qualitativa das seguintes categorias:

- alteração elevada: leito de cheia alterado em grande parte da sua superfície (>90%) por elementos impermeáveis ou usos humanos.
- alteração moderada: leito de cheia alterado numa parte significativa da sua superfície (90-60%) por elementos impermeáveis ou usos humanos.
- alteração reduzida: leito de cheia alterado numa percentagem pouco significativa da sua superfície (60-30%) por elementos impermeáveis ou usos humanos.
- Alteração muito reduzida: leito de cheia com poucas zonas impermeáveis ou usos humanos (<30% da sua superfície).

Composição específica: Tal como preconizado para os troços em que a galeria ribeirinha característica é bem definida, também neste caso deve ser efetuada uma avaliação, no campo, da proporção da superfície do leito maior ocupada por vegetação ribeirinha autóctone. Pode ser determinada a superfície ocupada por vegetação alóctone, sendo depois essa cobertura subtraída à área vegetada total para determinação da área ocupada por *taxa* autóctones. Em alternativa, pode-se determinar diretamente a área ocupada por vegetação ribeirinha autóctone.

3.3.5 Caracterização de secções representativas

Em cada subtroço de amostragem serão identificadas algumas secções transversais representativas. Serão selecionadas secções com relevância ecológica que demonstrem capacidade para apoiar a avaliação da eficácia/adequação do RCE. As secções representativas serão caracterizadas morfológicamente de forma detalhada, através da realização de levantamentos topográficos e medições de caudal. É de perspetivar que as referidas secções representativas se centrem em zonas de *riffles*³¹, por corresponderem a habitats relevantes para muitas espécies aquáticas, além de serem dos mais influenciados pela redução de caudais registada a jusante de AH.

Em cada subtroço serão levantados por um topógrafo entre 3 e 6 secções transversais representativas (**Figura 3.30**). O topógrafo deverá ser acompanhado por um técnico com

³¹ Caso não existam habitats deste tipo no subtroço a avaliar deverão ser escolhidos habitats alternativos, devendo ser privilegiados aqueles com maior velocidade de escoamento e menor profundidade.

experiência em ecohidráulica, garantindo a medição precisa das variáveis habitacionais fluviais: largura do leito menor e maior, profundidade, velocidade do escoamento e dimensão do sedimento. Em alternativa aos perfis transversais, poderá ser efetuado o levantamento da totalidade do subtroço de amostragem, que inclua além de habitats do tipo *riffle* os outros habitats presentes.

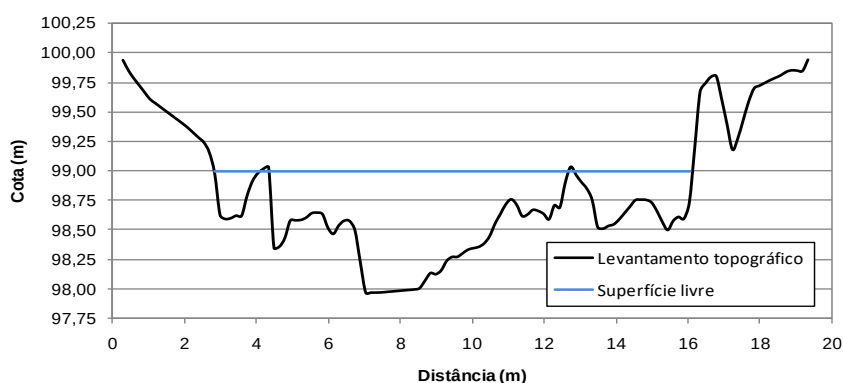


Figura 3.30 - Ilustração dos trabalhos de topografia e respetivo output

Deve ainda ser efetuada a medição do caudal, podendo recorrer-se à determinação com base na velocidade e área da secção (método secção-velocidade) ou à medição com aparelhos tipo ADCP (*acoustic Doppler current profiler*). Para aplicação do método secção-velocidade será escolhida uma secção perpendicular ao escoamento com o menor número possível de obstáculos e irregularidades que induzam variações na velocidade do escoamento. A secção transversal será dividida em partes de acordo com as irregularidades da secção, colocando um maior número de perfis nas zonas com maiores variações quer de velocidade quer de profundidade, conforme exemplo da **Figura 3.31**.

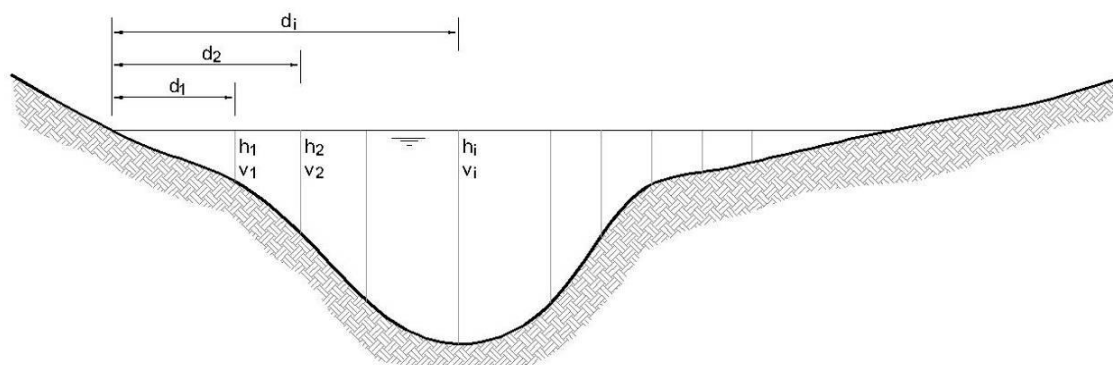


Figura 3.31 - Exemplo de secção transversal da linha de água e medições a realizar para determinação do caudal com base no método secção-velocidade

Os valores da velocidade e respetiva profundidade em cada ponto do perfil (h_i) são registados. Se a profundidade h for inferior a 0,75 m, deve ser executada a medição de velocidade a 0,6 h ; caso contrário, devem ser executadas duas medições, a 0,2 h e a 0,8 h , sendo depois adotado o valor médio.

A profundidade é medida com uma régua graduada e a velocidade com um molinete (**Figura 3.32**), mantendo o eixo na direção do escoamento e respeitando um tempo de espera não inferior a 30-50 segundos, dependendo das características do equipamento utilizado.



Figura 3.32 - Procedimento de medição de caudal

Para a determinação do caudal poderá recorrer-se à seguinte expressão (retirada de Lencastre e Franco, 1984):

$$Q = \sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{\bar{V}_i + \bar{V}_{i+1}}{2} \right) \left(\frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right) (l_{i+1} - l_i)$$

Em que:

$\bar{V}_i$ – velocidade média na vertical i ;

h_i – profundidade na vertical i ;

l_i – distância da vertical i à margem direita.

Detalhes adicionais sobre o método secção-velocidade e outras abordagens podem ser consultados no “Manual para a avaliação hidromorfológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Diretiva Quadro da Água” disponível em: <https://www.apambiente.pt/dqa/hidromorfologia.html>

A análise comparativa da informação obtida (p.e., caudal, cotas) em cada secção representativa, previamente e posteriormente à libertação/alteração do RCE, servirá para perceber em levantamentos futuros (ou através de modelação) a evolução habitacional registada com a implementação do RCE, sendo por isso importante a repetição dos levantamentos topográficos nos mesmos locais já caracterizados em ocasiões anteriores.

4 AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA E DOS EFEITOS DO RCE

O objetivo final da caracterização hidromorfológica a realizar nos troços delimitados na MA e, em particular, nos subtroços de amostragem, será o de avaliar os efeitos resultantes da presença e funcionamento do AH nas condições hidromorfológicas existentes, bem como a capacidade do RCE descarregado para as melhorar.

Além do contraste dos valores obtidos para os vários descritores hidromorfológicos entre períodos distintos (p.e. comparando o regime de caudais naturais com o regime modificado, ou comparando as condições do substrato antes e depois de implementar o RCE), os métodos de caracterização hidromorfológica existentes, nomeadamente os constantes das normas CEN e dos *outputs* do projeto REFORM, integram algumas ferramentas para avaliar o grau de alteração hidromorfológica da MA. No âmbito do presente documento é proposto avaliar o grau global de alteração hidromorfológica através da aplicação da Norma EN 15843: 2010, que estabeleceu um protocolo para avaliação das modificações hidromorfológicas de sistemas fluviais (incluindo o leito, margens, zona ribeirinha e leito de cheia).

No **Quadro 4.1** são apresentados os descritores considerados na avaliação da alteração hidromorfológica e a sua forma de pontuação, que considera uma escala quantitativa de três valores (1, 3 e 5), com a seguinte correspondência: 1) condições hidromorfológicas quase naturais a ligeiramente modificadas; 3) condições hidromorfológicas ligeiramente a moderadamente modificadas; e 5) condições hidromorfológicas extensivamente a severamente modificadas.

O grau de alteração hidromorfológica de cada troço é determinado como a média das pontuações dos vários descritores avaliados (**Quadro 4.2**). De acordo com a norma EN 15843 poderá avaliar-se a degradação hidromorfológica separadamente para as seguintes zonas: leito menor (incluindo os descritores 1a, 1b, 2, 5a, 5b, 5c e 6); Margens e galeria ripária (incluindo os descritores 7 e 8); e leito maior (incluindo os descritores 9, 10a e 10b).

Quadro 4.1 – Indicadores de alteração hidromorfológica (adaptado da Norma EN 15843)

Elemento hidromorfológico		Características Avaliadas	Classificação
1. Geometria do leito	1a. Forma do rio (em planta)	Alterações ao desenvolvimento planimétrico do leito (e.g. transformação de leito único em leito múltiplo por deposição de substrato, transformação de leito meandriforme em leito retilíneo por eliminação de meandros)	1) Desenvolvimento planimétrico do leito sem alterações; 3) Desenvolvimento planimétrico do leito moderadamente alterado; 5) Desenvolvimento planimétrico do leito alterado na maior parte da sua extensão.
	1b. Perfil longitudinal e transversal do leito	Alterações existentes no leito, com reflexos na sua seção transversal e no perfil longitudinal (e.g. indícios de dinâmica vertical acelerada, alteração dos ciclos de erosão/deposição, dragagens, reforço do leito com material artificial, presença de açudes, pontes, pontões e outras infraestruturas hidráulicas)	1) Leito sem ou com alterações mínimas; 3) Leito moderadamente alterado; 5) Leito alterado na maior parte da sua extensão.
2. Substrato ³²	2a.	Extensão de material artificial no leito do rio	1) Ausência ou presença mínima de substrato artificial; 3) Presença pequena a moderada de substrato artificial; 5) Presença extensiva de substrato artificial.
	2b. naturalidade do substrato	Composição, dinamismo e mobilidade do substrato	1) Características do substrato natural com alterações mínimas; 3) Características do substrato natural moderadamente alteradas; 5) Características do substrato natural extensivamente alteradas.
3. Vegetação aquática e ribeirinha e detritos lenhosos	3a. Gestão da vegetação	Ocorrência de gestão antrópica da vegetação aquática e ribeirinha (e.g. plantações e corte de vegetação)	1) Sem gestão da vegetação ou com gestão muito reduzida (< 10% da extensão do troço); 3) Nível moderado de gestão (10-50% do troço); 5) Nível elevado de gestão (>50% do troço);
	3b. Presença de detritos lenhosos	Presença de detritos lenhosos no leito	1) Quantidade e dimensão expectável de detritos lenhosos no leito; 3) Alteração ligeira a moderada da dimensão e quantidade de detritos lenhosos (adição ou remoção ocasional de detritos);

³² Avaliado com base nos elementos obtidos na caracterização dos subsectores de amostragem.

Elemento hidromorfológico		Características Avaliadas	Classificação
			5) Alteração elevada da dimensão e quantidade dos detritos lenhosos (adição ou remoção regular de detritos).
4. Balanço erosão/deposição		Mobilidade do substrato	1) Mobilidade efetiva; 3) Mobilidade limitada; 5) Mobilidade nula.
5. Escoamento	5a. Impactes de estruturas artificiais no leito do sector	Efeitos de estruturas artificiais existentes no leito (e.g. açudes, pontes, deflectores) na diversidade de escoamento e transporte de sedimentos	1) Características do escoamento naturais ou com alterações mínimas; 3) Características do escoamento moderadamente alteradas; 5) Características do escoamento extensivamente alteradas.
	5b. Regime escoamento	Alterações ao regime natural de escoamento ao nível da bacia de drenagem (ex.: captações, armazenamento em albufeiras)	1) Regime de caudais natural ou quase natural; 3) Regime de caudais moderadamente alterado; 5) Regime de caudais muito alterado.
	5c. Alterações diárias	Alterações não naturais diárias e bruscas de caudal (<i>hydropeaking</i>)	1) Aumentos bruscos de caudal quase inexistentes (<5% do tempo); 3) Aumentos bruscos de caudal irregulares ou raros (5-20% do tempo); 5) Aumentos bruscos de caudal regulares (>20% do tempo).
6. Continuidade longitudinal		Ao nível dos troços em análise: avaliação de impactes de infraestruturas transversais na mobilidade de espécies aquáticas e transporte sedimentos	1) Ausência de efeito de barreira; 3) Presença de estruturas com efeito reduzido a moderado na mobilidade de espécies e transporte de sedimentos; 5) Estruturas que geralmente constituem barreiras à mobilidade de todas as espécies e transporte de sedimentos.
7. Estrutura e modificação nas margens		Extensão das margens alteradas com materiais artificiais duros (e.g. betão) ou moles (e.g. faxinas vivas, geotêxteis, madeira)	1) Margens naturais ou minimamente alteradas; 3) Margens alteradas ligeiramente a moderadamente por materiais duros, ou maioritariamente por materiais macios; 5) Margens maioritariamente alteradas por materiais duros.
8. Galeria ribeirinha		Avaliação do uso do solo na zona ribeirinha	1) Uso do solo maioritariamente natural ou semi-natural; 3) Uso do solo não natural numa extensão moderada da galeria ribeirinha; 5) Uso do solo não natural dominante
9. Uso do solo		Avaliação do uso do solo para lá da galeria ribeirinha (na área do leito de cheia)	1) Uso do solo maioritariamente natural ou semi-natural; 3) Uso do solo não natural numa extensão moderada do troço; 5) Uso do solo não natural dominante

Elemento hidromorfológico		Características Avaliadas	Classificação
10. Interação leito maior-leito de cheia	10a. Conectividade lateral	Avaliação de estruturas ou medidas que impedem a inundação do leito de cheia	1) Estruturas ou medidas ausentes ou presentes numa extensão reduzida do troço; 3) Estruturas presentes numa extensão moderada do troço; 5) Estruturas presentes na maior parte do troço
	10b. Deslocação lateral	Avaliação de constrangimentos ao movimento lateral natural do rio em situação de cheia ³³	1) Ausência de constrangimentos; 3) movimento parcialmente constrangido; 5) Movimento totalmente constrangido.

Quadro 4.2 – Intervalos e classes de classificação de qualidade hidromorfológica de acordo com a norma EN 15843

Pontuação média do troço	Descrição
1 a <2,5	Estado quase natural a ligeiramente modificado
2,5 a <3,5	Ligeiramente a moderadamente modificado
3,5 a 5	Extensivamente a severamente modificado

³³ Se o rio naturalmente não inundava o vale (e.g. rios em vales confinados) esta variável não é considerada.

No **Quadro 4.3** é apresentado um exemplo de uma avaliação do grau de alteração hidromorfológica de dois troços fluviais.

Quadro 4.3 – Exemplo de avaliação do grau de alteração hidromorfológica de dois troços com base na norma EN 15843

Elemento hidromorfológico	Troço 1	Troço 2
1a. Forma do rio (em planta)	1	1
1b. Perfil longitudinal e transversal do leito	1	3
2a. Extensão de material artificial no leito do rio	1	1
2b. Naturalidade do substrato	3	3
3a. Gestão da vegetação	1	1
3b. Presença de detritos lenhosos	1	3
4. Balanço erosão/deposição	3	3
5a. Impactes de estruturas artificiais no leito	1	1
5b. Regime escoamento	5	5
5c. Alterações diárias	1	5
6. Continuidade longitudinal	5	5
7. Estrutura e modificação nas margens	1	1
8. Galeria ribeirinha	1	3
9. Uso do solo	1	3
10a. Conectividade lateral	1	1
Média total (todos os descritores)	1,8	2,6
Classificação	Quase natural a ligeiramente modificado	Ligeiramente a moderadamente modificado
Média do canal fluvial (descritores 1a, 1b, 2a, 2b, 5a, 5b, 5c e 6)	2,3	3,0
Classificação	Quase natural a ligeiramente modificado	Ligeiramente a moderadamente modificado
Média das margens e galeria ripária (descritores 7 e 8)	1,0	2,0
Classificação	Quase natural a ligeiramente modificado	Quase natural a ligeiramente modificado
Média do leito maior (descritores 9, 10a e 10b)	1,0	2,0
Classificação	Quase natural a ligeiramente modificado	Quase natural a ligeiramente modificado

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, F. (2010). *Galerias ribeirinhas mediterrânicas - "oásis lineares"*. Disponível em <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=2&cid=4663&bl=1§ion=2>, e consultado em Novembro de 2018.

Amaral, S., Franco, A. C. e M. T. Ferreira (2015). Moderate biomanipulation for eutrophication control in reservoirs using fish captured in angling competitions. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **416**: 14.

Bain, M. B., e N. J. Stevenson (editores). 1999. Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Bochechas, J. (2014). *Avaliação da continuidade fluvial em Portugal. Criação de bases para a inventariação e caracterização de obstáculos em linhas de água*. Relatório 25155/2014/DRNCN/DCB. Instituto de Conservação da Natureza.

Bochechas, J. (2015). *Avaliação da continuidade na ribeira do Vascão, Aplicação de critérios desenvolvidos para inventariação e caracterização de obstáculos em linhas de água*. Relatório não publicado. Instituto de Conservação da Natureza.

Collares-Pereira, M. J., Aves, M. J., Ribeiro, F., Domingos, I., Almeida, P. R., Costa, L., Gante, H., Filipe, A. F., Aboim, M. A., Rodrigues, P. M. e M. F. Magalhães (2021). *Guia dos Peixes de Água Doce e Migradores de Portugal Continental*. Edições Afrontamento

EC (2015). *Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive*. Guidance Document No. 31 European Commission.

Ferreira, M. T., Franco, A., Amaral, S., Albuquerque, A., Neves, R. e D. Brito (2010). *Pesca desportiva em albufeiras do centro e sul de Portugal: contribuição para a redução da eutrofização por biomanipulação*. Protocolo de Investigação, Relatório Não Publicado, Instituto Superior de Agronomia, Outubro de 2010.

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

INAG, I. P. (2008a). Tipologia de rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

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

INAG, I.P. (2008c). *Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água - Protocolo de amostragem e análise para os macroinvertebrados*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

INAG, I.P. e AFN (2012). *Desenvolvimento de um Índice de Qualidade para a Fauna Piscícola*. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território.

Jungwirth M. (1998). River continuum and fish migration – going beyond the longitudinal river corridor in understanding ecological integrity. In M. Jungwirth; S. Schmutz e S. Weiss (Edts.), *Fish migration and fish bypasses*. Vienna, Austria. pp 19-32.

Kondolf, G.M. e outros autores (2000). *Flow regime requirements for habitat restoration along the Sacramento River between Colusa and Red Bluff*. Report submitted by CH2MHill to the Calfed Bay-Delta Program, Integrated Storage Investigation.

Larinier, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia* **609**:97-108.

Larinier, M. e F. Travade (2002). Downstream migration; problems and facilities. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**: 181-207.

Lencastre, A., Franco, F. M. (1984). Lições de Hidrologia. Universidade Nova Lisboa.

Magdaleno, F. e R. Martínez (2014). Evaluating the quality of riparian forest vegetation: the riparian forest evaluation index. *Forest Systems* **23**(2): 259-272.

MAPAMA (2019). *Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos*. Ministério de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, versão 3, Abril 2019.

Marmulla, G. (Edt.) (2001). *Dams, fish and fisheries - opportunities, challenges and conflict resolution*. FAO Fisheries Technical Paper nº. 419. Rome, FAO.

Northcote, T. G. (1998). Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish facilities. In M. Jungwirth; S. Schmutz, S. Weiss (Edts.), *Fish migration and fish bypasses*. Vienna, Austria, pp 3-18.

Odeh, M. (1999). *A summary of environmentally Friendly turbine design concepts*. U.S. Department of Energy, Idaho Operations Office, DOE/ID -13741.

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

Portela, M. M. (2000). Chapter 4: Hydrology. In H. Ramos, (ed.) *Guidelines for the design of small hydropower plants*, CEHIDRO/WREAN/DED, pp. 21-38.

Robalo, J. I., V. C. Almada, Levy, A. e I. Doadrio (2007). Re-examination and phylogeny of the genus *Chondrostoma* based on mitochondrial and nuclear data and the definition of 5 new genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **422**: 362-372.

Solá, C., Ordeix, M., Pou-Rovira, Q., Sellarés, N., Queralt, A., Bardina, M., Casamitjana, A. e A. Munné (2011). Longitudinal connectivity in hydromorphological quality assessments of rivers. The ICF index: A river connectivity index and its application to Catalan rivers. *Limnetica* **30**(2): 273-292.

Therrien, J. e G. Bourgeois (2000). *Fish passage at small hydro sites*. Genivar Consulting Group for CANMET Energy Technology Centre, Ottawa.

Travade, F. e M. Larinier (2011). *Downstream bypass facilities for salmon and eel at small hydro power plants in France*. International Fish Screening Conference. Southampton 29-30 March 2011.