



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Reabilitação de Ribeiras Urbanas: Aplicação ao caso do Rio Tinto no Concelho do Porto

RAQUEL VIEIRA LEMOS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
Mestre em Engenharia do Ambiente – Ramo de Gestão

Presidente do júri: Professor Doutor Rui Boaventura

Orientador: Professor Doutor Joaquim Poças Martins

Co-orientadora: Engenheira Fernanda Lacerda

Porto, Julho de 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200 – 465 Porto

Portugal

Tel. +351-22-508-1400

Fax +351-22-508-1440

feup@fe.up.pt

<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de ser mencionado o Autor e feita referência a Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – 2009/2010 – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

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

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



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Reabilitação de Ribeiras Urbanas: Aplicação ao caso do Rio Tinto no Concelho do Porto

RAQUEL VIEIRA LEMOS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
Mestre em Engenharia do Ambiente – Ramo de Gestão

Orientador: Professor Doutor Joaquim Poças Martins,
da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente do Departamento de Engenharia
Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientadora: Engenheira Fernanda Lacerda,
da Águas do Porto, E.E.M.

Porto, Julho de 2010

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Professor Doutor Joaquim Poças Martins, da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

A todos os elementos da Sala das Ribeiras da Águas do Porto, E.E.M., mas um especial agradecimento ao Engenheiro Pedro Teiga e à Engenheira Rita Cunha, pela disponibilidade, apoio e interesse demonstrados ao longo do período de realização desta dissertação.

À irmã Daniela Lemos e ao cunhado Hugo Soares por tudo.

Aos amigos André Brito, Dânia Gomes e Marta Sousa pela amizade, companhia, paciência e ajuda durante todo o percurso académico e, em particular, durante a execução do presente trabalho.

Aos pais, restantes amigos e colegas de curso que, tendo acompanhado e apoiado todo o meu percurso académico, de forma directa ou indirecta, tornaram possível a realização deste trabalho.

RESUMO

A história do Homem esteve desde sempre associada à utilização, mais ou menos intensa, dos cursos de água para aproveitamento directo dos recursos por eles oferecidos. Porém, o contínuo uso intensivo e abusivo destes recursos conduziu à degradação dos ecossistemas ribeirinhos bem como ao entubamento das linhas de água reduzindo, assim, o espaço necessário para a ocupação do leito.

Face à importância dos recursos hídricos, surge então a necessidade de os reabilitar. O desenvolvimento desta dissertação inclui-se no programa “Porto, uma cidade sensível à água”, que contempla diversos projectos de reabilitação das linhas de água do Município do Porto, e pretende abordar alguns conceitos fundamentais relacionados com a reabilitação de rios e ribeiras e aplicá-los a uma linha de água do concelho do Porto.

Neste contexto, e numa perspectiva de melhorar o ambiente, qualidade de vida e segurança da cidade do Porto, a presente dissertação tem como objectivo a elaboração de uma proposta de reabilitação de um troço do Rio Tinto, com vista à valorização das suas áreas ribeirinhas.

ABSTRACT

The history of humankind has always been related to the use, more or less intense, of the water channels for direct exploitation of the resources they provide. However, the continuous intensive and abusive use of these resources has led to degradation of stream ecosystems as well as tubing water lines, thereby reducing the space required for the occupation of the river channel.

Due to the importance of water resources urges the need for restoration. The development of this work is included in the program "Porto, uma cidade sensível à água", which includes several projects for water lines' restoration in the city of Oporto, and intends to approach some basic concepts related to the restoration of rivers and streams and apply to a water line in Oporto.

In order to improve the environment, quality of life and safety of the city, this thesis aims to develop a proposal to restore a stretch of the "Rio Tinto", towards the recovery of its riparian areas.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	9
ÍNDICE	11
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABELAS	17
ÍNDICE DE ANEXOS	19
NOMENCLATURA	21
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. A REABILITAÇÃO DE RIOS E RIBEIRAS	27
2.1. Conceitos e Perspectivas	27
2.2. Pressões e Impactes em Linhas de Água.....	29
2.2.1. Alterações naturais que afectam os sistemas fluviais	29
2.2.2. Principais actividades humanas que afectam os sistemas fluviais	29
2.2.3. Principais impactes em linhas de água	30
2.3. Princípios Básicos para a Reabilitação de Rios e Ribeiras	33
2.4. Principais Objectivos da Reabilitação Ribeirinha.....	40
2.5. Enquadramento Legal.....	40
2.5.1. Legislação Comunitária	41
2.5.2. Legislação Nacional.....	42
2.6. Principais Técnicas de Reabilitação	46
2.6.1. Técnicas de reabilitação de rios e ribeiras.....	48

2.7. Revegetação de Ribeiras.....	63
2.7.1. Papel da vegetação na reabilitação de ribeiras	63
2.7.2. Etapas básicas de reabilitação da vegetação.....	65
2.8. Metodologia Geral de Reabilitação de Rios e Ribeiras	66
3. METODOLOGIA	69
4. PROPOSTA DE ESTABILIZAÇÃO E REABILITAÇÃO DAS MARGENS DE UM TROÇO-PILOTO DO RIO TINTO.....	75
4.1. Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica do Rio Tinto	75
4.1.1. Caracterização geral do troço-piloto a reabilitar	88
4.2. Definição de Cenários.....	99
4.2.1. Cenário 0 – Ausência de Intervenção	100
4.2.2. Cenário 1 – Ideal	101
4.2.3. Cenário 2 – Minimalista	107
4.2.4. Cenário 3 – Solução Proposta	112
4.3. Condições de Execução do Projecto	123
4.3.1. Planeamento da intervenção.....	123
4.3.2. Estimativa orçamental	126
4.4. Planos de monitorização	129
4.4.1. Qualidade da água	129
4.4.2. Resíduos.....	130
4.4.3. Fauna.....	130
4.4.4. Flora	131
4.4.5. Estabilidade dos solos.....	131
4.4.6. Ruído	131
4.5. Plano de manutenção.....	132
4.5.1. Flora	132
4.5.2. Estruturas.....	132
4.6. Participação pública	133

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
BIBLIOGRAFIA.....	137
ANEXOS.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Representação esquemática dos conceitos de reabilitação, restauração e requalificação, adaptado de (Lovett & Edgar, 2002 in Rodrigues, 2009)	28
Figura 2.2 - Representação esquemática do conceito de ecossistema aquático na perspectiva da definição de integridade ecológica, adaptada de (Teiga, 2003).....	34
Figura 2.3 - Representação esquemática da correcção do declive de taludes com revegetação e estabilização física na base, adaptado de (Cortes, 2004).....	54
Figura 2.4 – Declive das margens como factor essencial na escolha do tipo de intervenção (Maia, 2009)	54
Figura 3.1 - Localização do Rio Tinto no Concelho do Porto	70
Figura 3.2 – Classificação de cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos, fonte: (Instituto da Água, 2010)	71
Figura 3.3 - Troço-piloto do Rio Tinto para aplicação de técnicas de estabilização de margens	72
Figura 4.1 – Representação espacial do Rio Tinto e dos seus afluentes	75
Figura 4.2 - Mapa representativo do Rio Tinto no Concelho do Porto (a amarelo) e da respectiva bacia hidrográfica (a vermelho), adaptado de (Águas do Porto, E.E.M).....	76
Figura 4.3 – Representação gráfica do regime de caudais ao longo do Rio Tinto no Concelho do Porto ..	80
Figura 4.4 – Representação gráfica do regime de caudais ao longo do Rio Tinto no Troço-Piloto	81
Figura 4.5 – Representação esquemática dos limites de cheias média e centenária	82
Figura 4.6 - Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto à Foz.....	84
Figura 4.7 – Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto à ETAR do Freixo	85
Figura 4.8 - Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto à Ponte de Azevedo	86
Figura 4.9 - Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto ao Viaduto da IC29	87
Figura 4.10 - Identificação do troço-piloto a reabilitar e dos respectivos focos de poluição e locais prioritários para estabilização de margens	88
Figura 4.11 – Vista geral das margens do Rio Tinto a jusante da Ponte de Pêgo Negro e pormenor da margem esquerda caída no leito (à esquerda).....	89
Figura 4.12 – Aspecto superficial da água junto à Ponte de Pêgo Negro e pormenor de uma descarga ilegal directa no rio (à direita)	90

Figura 4.13 – Panorâmica geral do sub-troço em termos vegetativos (em cima); Existência de resíduos no leito e margens (em baixo).....	90
Figura 4.14 - Pormenor do açude (à esquerda) e vista geral do açude (à direita)	91
Figura 4.15 - Vista geral do sub-troço considerado	92
Figura 4.16 - Vista para montante da passagem junto à IC29	92
Figura 4.17 - Vista de jusante da passagem junto à IC29 e pormenor da forte erosão da margem esquerda do rio (à direita).....	93
Figura 4.18 – Aspecto superficial da água junto à passagem da IC29 e vidente poluição (aparentemente por gorduras).....	94
Figura 4.19 - Vista da passagem e das margens esquerda (à esquerda) e direita (à direita) junto à IC29.	94
Figura 4.20- Forte erosão sobre a margem esquerda a jusante do pequeno açude (em cima); enrocamento parcialmente caído no leito (em baixo)	95
Figura 4.21 – Ilustração do estado de degradação das margens e leito do rio na zona central do Parque Oriental.....	96
Figura 4.22 – Evidência da presença de resíduos nas margens e leito do rio na zona do Parque Oriental	97
Figura 4.23 - Ponte parcialmente destruída na zona final do Parque Oriental	98
Figura 4.24 - Representação esquemática da proposta de reabilitação face ao Cenário Ideal.....	106
Figura 4.25 – Representação esquemática da proposta de reabilitação face ao Cenário Minimalista....	111
Figura 4.26 - Representação esquemática da solução Proposta de reabilitação	117
Figura 4.27 – Evolução do número de prédios não ligados ao saneamento e do volume de esgoto na Bacia do Rio Tinto no Concelho do Porto, fonte: (Águas do Porto, E.E.M., 2010)	120
Figura 4.28 – Identificação e localização de habitações não ligadas ao saneamento na Bacia do Rio Tinto no Concelho do Porto.....	121

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Principais pressões antropogénicas sobre sistemas fluviais, ao nível da bacia hidrográfica, adaptado de (FISRWG, 2001;Tánago & Jalón, 1998).....	30
Tabela 2.2 – Alguns cuidados para a mitigação de impactes durante a reabilitação, adaptado de (Teiga, 2003).....	38
Tabela 2.3 - Principais medidas estruturais e não estruturais de reabilitação de rios e ribeiras, adaptado de (Teiga, 2003)	47
Tabela 2.4 – Exemplos de técnicas de reabilitação e respectivos materiais adequados aos objectivos pretendidos, adaptado de (Teiga, 2003)	48
Tabela 2.5 - Caracterização geral dos materiais frequentemente utilizados na reabilitação de rios e ribeiras, adaptado de (Teiga, 2003).....	50
Tabela 2.6 – Técnicas estruturais de reabilitação fluvial, adaptada de (Cortes, 2004), (Maia, 2009), (Pereira, 2001) e (Teiga, 2003)	55
Tabela 2.7 - Principais vantagens e desvantagens do uso de vegetação como material construtivo, adaptado de (Tánago & Jalón, 1998).....	65
Tabela 4.1 - Constrangimentos no Rio Tinto, adaptado de (Gomes, et al., 2007).....	77
Tabela 4.2 - Principais potencialidades de reabilitação no Rio Tinto, adaptado de (Gomes, et al., 2007)	79
Tabela 4.3 – Caracterização geral do Cenário 0	101
Tabela 4.4 - Estimativa orçamental para o Cenário Ideal.....	106
Tabela 4.5 – Caracterização geral do Cenário Ideal	107
Tabela 4.6 - Estimativa orçamental para o Cenário Minimalista.....	111
Tabela 4.7 – Caracterização geral do Cenário minimalista.....	111
Tabela 4.8 - Potenciais espécies de fauna colonizadoras das Ribeiras do Porto, adaptado de (Ribeiro, 2009).....	114
Tabela 4.9 – Caracterização geral da Solução Proposta	118
Tabela 4.10 – Custos típicos de ligação ao saneamento	121
Tabela 4.11 - Planeamento típico de uma obra de reabilitação de ribeiras, adaptado de (Águas do Porto, E.E.M., 2010)	124
Tabela 4.12 – Estimativa orçamental da execução de um projecto de reabilitação de ribeiras, adaptado de (Águas do Porto, E.E.M., 2010).....	127

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A1 – Caracterização do regime de caudais do Rio Tinto no Concelho do Porto	143
Anexo A2 – Caracterização de secções transversais do troço-piloto numa cheia média.....	143
Anexo A3 - Caracterização de secções transversais do troço-piloto numa cheia Centenária	144
Anexo A4 - Larguras de inundação nas secções transversais do troço-piloto.....	145
Anexo B5 - Caracterização da qualidade da água junto à Foz.....	145
Anexo B6 - Caracterização da qualidade da água junto à Ponte de Azevedo	146
Anexo B7 - Caracterização da qualidade da água junto à passagem da IC29	147

NOMENCLATURA

€	Euro
CF	Coliformes fecais
cm	Centímetro
CQO	Carência Química de Oxigénio
d	Dia
DQA	Directiva Quadro da Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
hab	Habitante
INAG	Instituto da Água
km	Quilómetro
L	Litro
m	Metro
ml	Metro linear
mL	Mililitro
mm	Milímetro
°C	Graus célsius
PDM	Plano Director Municipal
PGBH	Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica
PNA	Plano Nacional da Água
PP	Plano de Pormenor
RAN	Reserva Agrícola Nacional
REN	Reserva ecológica nacional
s	Segundo
St	Sub-troço
UCF	Unidades de Colónias Formadas
uni	Unidades
vg	Valor global

1. INTRODUÇÃO

A história do Homem esteve desde sempre associada à utilização, mais ou menos intensa, dos cursos de água para aproveitamento directo dos recursos por eles oferecidos (água, pesca, meio de transporte, energia, recreio, etc.). Indirectamente, os cursos de água, através das suas zonas ribeirinhas, constituem também uma fonte de riqueza a diversos níveis: fertilidade dos seus solos para a agricultura, disponibilidade de água para alimentação e rega e temperaturas amenas. Tais características favorecem não só o desenvolvimento de fauna e flora diversa, como atraem as populações, fixando-as nestas zonas.

Durante vários anos, o homem viveu em equilíbrio com os sistemas ribeirinhos, usando os seus recursos de forma racional. Porém, o contínuo uso intensivo e abusivo destes recursos, nomeadamente através do desenvolvimento de indústrias, comércio e populações, conduziu à degradação destes ecossistemas, bem como ao entubamento das linhas de água reduzindo, assim, o espaço necessário para a ocupação do leito.

Como resultado da sucessiva intervenção humana nos rios surge, a uma escala global, a perda de funções e valores oferecidos pelos sistemas fluviais. Actualmente, a maioria dos cursos de água caracteriza-se por um vasto conjunto de problemas e evidentes sinais de poluição, dos quais se podem destacar:

- edificação das zonas envolventes e consequentes descargas de águas residuais industriais e domésticas;
- deposição de entulho;
- construções em leitos de cheia;
- destruição da galeria ripícola;
- canalização das linhas de água.

Esta temática tem assumido, actualmente, um grande ênfase, não só pela necessidade de cumprimento dos diplomas legais relativos à gestão dos recursos hídricos (Directiva Quadro da Água - DQA, Lei da Água, Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas - PGBH, entre outros), mas também porque se verifica uma crescente consciencialização da população para a necessidade de proteger e recuperar estes ecossistemas ribeirinhos.

Actualmente, tem-se assistido a um aumento do número de fenómenos naturais extremos, nomeadamente cheias cada vez mais frequentes e intensas, cujos impactes mais significativos decorrem da incorrecta gestão dos recursos hídricos; tal pôde constatar-se recentemente na ilha da Madeira, no passado Fevereiro. Os impactes verificados são resultado do incorrecto planeamento e ordenamento do território, pois a total ou parcial artificialização

das linhas de água dificulta/impede o seu escoamento natural em períodos de precipitação extrema, verificando-se o galgamento das margens e a inundação das zonas adjacentes, provocando conseqüentemente a destruição de diversas infra-estruturas.

Analisando casos semelhantes ao da Madeira e outros de menor dimensão, constata-se a emergente necessidade de actuar rapidamente nestas situações, evitando/minimizando a probabilidade de ocorrência de situações semelhantes. Neste contexto, facilmente se justifica a crescente necessidade de se recuperar os ecossistemas ribeirinhos degradados e proteger os que actualmente ainda reúnem as suas características originais, resultando num equilíbrio e simbiose entre os elementos hídricos, geológicos e biológicos.

Dada a actualidade e importância da reabilitação dos recursos hídricos, o presente trabalho visa a abordagem de alguns conceitos relacionados com a reabilitação de rios e ribeiras e a sua aplicação prática a uma linha de água do concelho do Porto.

O desenvolvimento desta dissertação inclui-se no programa “Porto, uma cidade sensível à água”, que contempla diversos projectos de reabilitação das linhas de água do Município do Porto. Este programa inclui igualmente a redução das perdas e a optimização energética da rede de abastecimento de água, a reutilização de águas residuais tratadas e de águas pluviais e a concepção de praias com Bandeira Azul.

Com projectos de despoluição das Ribeiras do Porto, do Estuário do Rio Douro e da Orla Costeira, o Município pretende aliar o carácter fortemente urbano da cidade aos seus recursos naturais, tendo por base três dimensões de sustentabilidade: ecológica, social e económica.

O lema do Projecto “Ribeiras do Porto” é “despoluir, desentubar e reabilitar”.

A despoluição das ribeiras passa assim pela correcta ligação dos esgotos domésticos e industriais à rede de saneamento, para que estes efluentes sejam devidamente tratados em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). No entanto, esta correcta ligação depende de alguns factores, tais como:

- Completar a rede de saneamento, através da instalação de colectores e execução de ramais de saneamento, a fim de cobrir toda a cidade com rede de saneamento;
- Melhorar a qualidade do serviço prestado, reparando ou substituindo os colectores;
- Ligar as casas à rede de saneamento, sensibilizando os clientes.

O desentubamento das linhas de água nem sempre é possível, resultante da sólida urbanização existente. Porém, sempre que possível, o desentubamento dos cursos de água deve ser realizado, resultando na: diminuição do risco de inundações, maior facilidade de

detecção de focos de poluição, melhoria da capacidade de autodepuração da água, aumento da conectividade ecológica e criação de espaços de lazer e contacto com a natureza.

Por fim, a reabilitação de ribeiras urbanas tem como objectivo o restabelecimento das funções ecológicas das linhas de água, actuando sobre a hidrologia, morfologia, qualidade da água e biodiversidade das mesmas. No caso específico, a reabilitação dos rios e ribeiras do município do Porto resultará na construção de percursos temáticos pedonais e cicláveis (potenciando a ligação entre locais de interesse cultural e áreas verdes públicas adjacentes) que, com vista à sustentabilidade da cidade, permitem criar novas artérias de mobilidade favoráveis à circulação de peões e ciclistas.

No âmbito da estratégia de despoluição e reabilitação das ribeiras do Porto, a Águas do Porto, E.E.M. tem vindo a desenvolver estudos e projectos para a reabilitação de alguns troços a céu aberto das ribeiras da cidade. Inicialmente, desenvolveram-se projectos para a reabilitação de vários troços das ribeiras da Granja (troços do Viso, Ramalde do Meio e Casa de Ramalde) e Asprela (Pólo Universitário e Bairro do Outeiro). Actualmente, encontra-se em estudo o projecto de reabilitação dos rios Tinto e Torto, no concelho do Porto.

Neste contexto, e numa perspectiva de melhorar o ambiente, qualidade de vida e segurança da cidade do Porto, a presente dissertação tem como objectivo a elaboração de uma proposta de reabilitação de um troço do Rio Tinto, com vista à valorização das suas áreas ribeirinhas. Especificamente, com o desenvolvimento deste trabalho, pretende-se analisar e caracterizar um troço-piloto do Rio Tinto e propor soluções de estabilização e requalificação de margens que, satisfazendo os objectivos específicos da reabilitação da linha de água, conciliem o uso urbano e natural, através da recuperação das funções ecológicas do rio, do incremento da biodiversidade e da melhoria da qualidade de vida junto ao rio.

2. A REABILITAÇÃO DE RIOS E RIBEIRAS

2.1. CONCEITOS E PERSPECTIVAS

A utilização do termo *reabilitação* não é consensual no meio científico. Frequentemente, o mesmo conceito é definido pelo termo *reabilitação* mas é indiscriminadamente substituído ou utilizado em conjunto com outros, particularmente, *restauração*, *recuperação*, *requalificação*, *regularização fluvial* e *remediação*.

Como refere Teiga (2003), a utilização do termo mais adequado depende do alvo da acção de *reabilitação* pretendida no que se refere às funções dinâmicas dos ecossistemas:

- A que ecossistema e limite se está a referir (terrestre, aquático,...)?
- Quanto tempo se deve recuar para observar a tendência de evolução do ecossistema (1, 10, 50 anos, ...)?
- Que objectivos estão em causa?
- Que tipo de intervenção e conjunto de intervenções se atribui ao conceito de *reabilitar* ?
- Que actividades construtivas são possíveis de executar neste âmbito?
- Que durabilidade prospectiva se promove?

Reabilitação, segundo o Dicionário da Língua Portuguesa da Porto Editora, significa “regeneração”, “recuperação”. De acordo com Augusto Moreno no grande dicionário de língua portuguesa, in (Teiga, 2003), refere-se ao “processo que conduz à recuperação total ou parcial de um estado perdido para o restabelecimento das capacidades funcionais”. O ecossistema obtido assemelha-se ao original, mas apenas algumas características são repostas conduzindo, igualmente, a uma melhoria no sistema degradado.

Restauração, refere-se ao acto de “restaurar”, “consertar”. A definição do Dicionário da Língua Portuguesa da Porto Editora remete para “repor no estado primitivo”, “repor em bom estado”, “reparar”.

Para alguns autores, a *restauração* implica a reposição das condições originais do rio, incluindo as condições naturais de qualidade da água, sedimentos e regime de cheias, geometria do canal, plantas e animais autóctones e galeria ripícola (Rodrigues, 2009).

Recuperação, acto ou efeito de recuperar, “melhorar”, “regenerar”, “reabilitar”.

Requalificação, “apreciação da qualidade ou matéria de alguma coisa”, “melhoria a nível ambiental, urbanístico”.

Este termo pressupõe a existência de atribuição de mais valias, de novos valores ambientais a esse local; pode ser um processo repetível ao longo do tempo (Teiga, 2003).

Regularização fluvial, acto ou efeito de regularizar, “corrigir”, “pôr em ordem”.

A regularização fluvial é normalmente utilizada em resultado de acções, vulgarmente de engenharia civil, que visam o eficiente aproveitamento e distribuição de água, e através de estruturas (canais de rega, açudes, linearização do leito), minimizam/controlam as cheias (Teiga, 2003).

Remediação, é um termo associado a uma solução última, cujo objectivo é “prover do indispensável”, “resolver de forma provisória e insuficiente”.

Promove as condições ecológicas do rio, mas não permite prever as condições finais que certamente serão afastadas das originais (Rodrigues, 2009).

Na figura seguinte pretende representar-se de forma esquemática alguns dos conceitos anteriormente definidos.

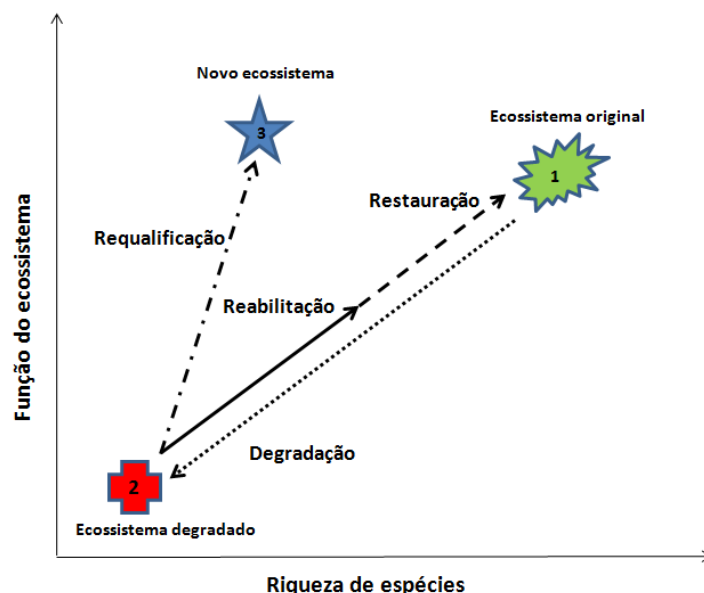


Figura 2.1 - Representação esquemática dos conceitos de reabilitação, restauração e requalificação, adaptado de (Lovett & Edgar, 2002 in Rodrigues, 2009)

Ao longo da presente dissertação será preferencialmente utilizado o conceito de reabilitação, com o objectivo de tornar o ecossistema actual o mais semelhante possível com o original, não descurando as limitações existentes (económicas, temporais, espaciais, entre outras) e o enquadramento do corredor fluvial na zona urbana adjacente.

2.2. PRESSÕES E IMPACTES EM LINHAS DE ÁGUA

No passado, os principais problemas associados aos recursos hídricos traduziam-se na sua indisponibilidade, sendo que; actualmente, a progressiva degradação da qualidade destes recursos assume uma maior relevância.

As alterações que ocorrem nas linhas de água e, conseqüentemente, nos seus ecossistemas, podem ser de origem natural ou antropogénica. Individual ou simultaneamente, estes distúrbios alteram, de forma irreversível ou reversível, a estrutura e função dos ecossistemas, numa relação de causa-efeito.

Qualquer projecto de reabilitação de linhas de água pretende definir alternativas que, tanto quanto possível, permitam repor as condições iniciais do sistema fluvial. Para tal, é necessário identificar as pressões sobre a linha de água e compreender o modo com estas afectam o sistema em causa (FISRWG, 2001).

2.2.1. Alterações naturais que afectam os sistemas fluviais

O modo como os ecossistemas respondem a este tipo de alterações depende, essencialmente, da sua estabilidade, resistência e resiliência. Por vezes, as alterações naturais não são mais do que agentes de regeneração e restauração do sistema fluvial.

Alguns exemplos de fenómenos naturais com impacte nos ecossistemas ribeirinhos são:

- Secas e inundações;
- Tornados e furacões;
- Erupções vulcânicas;
- Sismos;
- Deslizamentos de terra;
- Temperaturas extremas.

2.2.2. Principais actividades humanas que afectam os sistemas fluviais

As actividades humanas podem afectar um sistema fluvial ao nível da sua bacia hidrográfica ou até entre bacias hidrográficas, através da contaminação atmosférica, deposição ácida ou fugas e escapes.

Como referem FISRWG (2001) e Tánago (1998), ao nível da bacia hidrográfica, as principais pressões antropogénicas sobre um sistema fluvial são as alterações do uso do solo e as actividades nas ribeiras e leitos de cheia, que se reflectem em impactes directos nos rios e ribeiras. Na tabela 2.1, referem-se, de forma mais detalhada, algumas destas pressões antropogénicas sobre os sistemas fluviais.

Tabela 2.1 – Principais pressões antropogénicas sobre sistemas fluviais, ao nível da bacia hidrográfica, adaptado de (FISRWG, 2001; Tánago & Jalón, 1998)

Alterações do uso do solo	Agricultura	Realojamentos e desflorestação Cultivo e compactação de terras Irrigação e drenagem Contaminação de solos e sedimentos
	Silvicultura	Remoção de árvores
	Pecuária	Perda da cobertura vegetal Impactos físicos no terreno
	Extracção mineira	Perda de cobertura vegetal Alteração dos solos Alteração das condições hidrológicas Contaminação de águas e solos
	Actividades de recreio	
	Urbanização	
	Captações de água (obras de drenagem)	
	Infra-estruturas (obras viárias)	
Actividades nos rios e leitos de cheia	Remoção de vegetação Dragagens e obras de regularização fluvial Extracção de inertes Agricultura e plantações de choupais Pastorícia Actividades recreativas Canalização/entubamento Obras de defesa contra cheias	
Impactos no rio	Regulação de caudais (barragens) Contaminação orgânica e inorgânica Extracção/introdução de caudais (alterações térmicas) Exploração de espécies nativas Introdução de espécies exóticas Navegação	

2.2.3. Principais impactes em linhas de água

De acordo com o descrito no Plano Nacional da Água (INAG, 2001), os principais problemas associados aos recursos hídricos, que de forma directa ou indirecta influenciam os sistemas ribeirinhos, podem ser agrupados em sete temas:

- Recursos hídricos;
- Procura e oferta de água;
- Domínio hídrico e ordenamento;
- Conservação da natureza;
- Meios institucionais e dispositivos legais;
- Regime económico e financeiro;
- Informação, participação e conhecimento.

De forma mais detalhada, estes problemas são indicados nos quadros seguintes.

Recursos Hídricos

- Estado da qualidade dos meios hídricos (águas interiores superficiais e subterrâneas, águas de transição e águas costeiras)
- Desequilíbrio do sistema de transporte e deposição de sedimentos e alteração da deriva litoral
- Riscos de poluição accidental

Procura e oferta de água

- Escassez e falta de garantia para utilizações e requisitos ambientais
- Insuficiência e precariedade dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas
- Deficiente protecção das origens e captações
- Baixa eficiência das utilizações da água
- Conflituosidade entre os diferentes usos e entre estes e os requisitos ambientais
- Ausência significativa de aplicação dos instrumentos de monitorização, controlo e autocontrolo
- Falta de integração das múltiplas perspectivas sectoriais
- Deficiente articulação na gestão das origens e captações de água

Domínio Hídrico e Ordenamento

- Ausência de tradição e de definição de estratégias de planeamento integrado e participado
- Deficiente ordenamento dos recursos hídricos a nível das bacias hidrográficas
- Visão localizada e não integrada dos impactes das intervenções
- Ocorrência recorrente de Inundações em zonas urbanas e agrícolas ribeirinhas e inundações induzidas pelas actividades humanas
- Deficiente sistematização fluvial
- Clarificação da titularidade do domínio público hídrico
- Complexidade na tomada de decisões
- Dificuldade na aplicação do quadro legal

Conservação da Natureza

- Degradação dos ecossistemas das águas interiores superficiais
- Perda de valores conservacionistas

- Défice de prevenção e de conhecimento na conservação de ecossistemas

Meios Institucionais e Dispositivos Legais

- “Défice de execução” do direito da água, nacional, comunitário e internacional
- Fragilidade nas áreas do licenciamento e fiscalização
- Modelo institucional desajustado às necessidades da gestão dos recursos hídricos
- Desajustamento de algumas disposições legais vigentes às novas exigências de gestão dos recursos hídricos
- Ausência de um quadro legal definidor do modelo institucional de planeamento e gestão dos empreendimentos de fins múltiplos
- Aplicação da Directiva Quadro da Água e das Convenções internacionais
- Insuficiência de quadros com formação adequada

Regime Económico e Financeiro

- Não implementação do regime económico e financeiro (DL 47/94)
- Ineficácia dos preços. Sem reflexos no uso eficiente da água
- Desequilíbrio entre custos e receitas
- Não internalização de todos os custos no preço do serviço da água
- Falta de critérios nacionais, coerentes e homogéneos, na fundamentação das tarifas e taxas
- Desconhecimento dos custos nos sistemas não públicos e deficiência de dados em todos os sistemas

Informação, Participação e Conhecimento

- Escassa participação nos processos públicos e insuficiente eficácia nos resultados
- Desconhecimento do sistema de participação
- Dificuldade de acesso público à informação sobre ambiente e em particular sobre a água
- Insuficiente sensibilização, interesse, curiosidade, compreensão e capacidade crítica e de diálogo em relação à problemática integrada da água
- Deficit de historial de monitorização sobre a ocorrência e estado da água e do domínio hídrico
- Informação insuficiente para aplicação da legislação vigente
- Fluxos de informação inadequados
- Deficit de conhecimento sistémico sobre a água

A necessidade de reabilitar e conservar os sistemas ribeirinhos advém do facto de, cada vez mais, estes ecossistemas estarem sujeitos a pressões cujos impactes podem ou não ser irreversíveis. Assim, e de forma sumária, pode afirmar-se que os principais motivos para reabilitar ecossistemas naturais, nomeadamente os fluviais são (Tánago & Jalón, 1998):

- A manutenção dos sistemas que suportam vida;
- O seu valor prático, nomeadamente, controlo de erosão, potencial terapêutico, potencial genético para espécies, entre outros;
- Importância económica (turismo, por exemplo);
- Investigação científica;
- Educação;
- Valor estético e recreativo;
- Questões éticas.

2.3. PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA A REABILITAÇÃO DE RIOS E RIBEIRAS

Com base no valor e dinâmica fluviais, qualquer projecto de reabilitação de rios ou qualquer tipo de intervenção nos cursos de água devem ter em conta um conjunto de princípios básicos. De um modo geral, visam a restauração, ou não alteração, dos componentes estruturais (e respectivas funções) do rio relativamente a (Tánago & Jalón, 1998):

- Morfologia (perfis longitudinal e transversal, traçado);
- Tipo de substrato (granulometria, formas e estabilidade do leito e margens);
- Condições hidráulicas do escoamento (velocidade, profundidade, força de arraste);
- Comunidades biológicas (algas, macrófitas, macroinvertebrados, peixes);
- Leito de cheia (galeria ripícola, zonas aquáticas);

Os princípios básicos da reabilitação são fundamentos teóricos que funcionam como linhas orientadoras para reabilitar rios e ribeiras, sem uma alteração significativa da estrutura e função dos seus elementos constituintes, visando a aproximação ao seu estado natural. Seguidamente, indicam-se e descrevem-se os princípios básicos da reabilitação de sistemas fluviais.

1º Integridade ecológica, qualidade da água, regime de caudais e morfologia do corredor fluvial como factores-chave do ecossistema

Integridade ecológica é um conceito que se centra no sistema como um todo, mas que depende do estado de todas as suas componentes, nomeadamente da presença de espécies sensíveis, populações autóctones, a ocorrência de processos ecológicos a taxas e escalas apropriadas e a prevalência de todas as condições ambientais que suportam o ecossistema (Teiga, 2003).

Baseada no conceito de sustentabilidade (manutenção do sistema com os seus recursos característicos), a integridade ecológica descreve o “estado natural” do ecossistema, isto é, a sua capacidade de resistência e resiliência à perturbação (FISRWG, 2001).

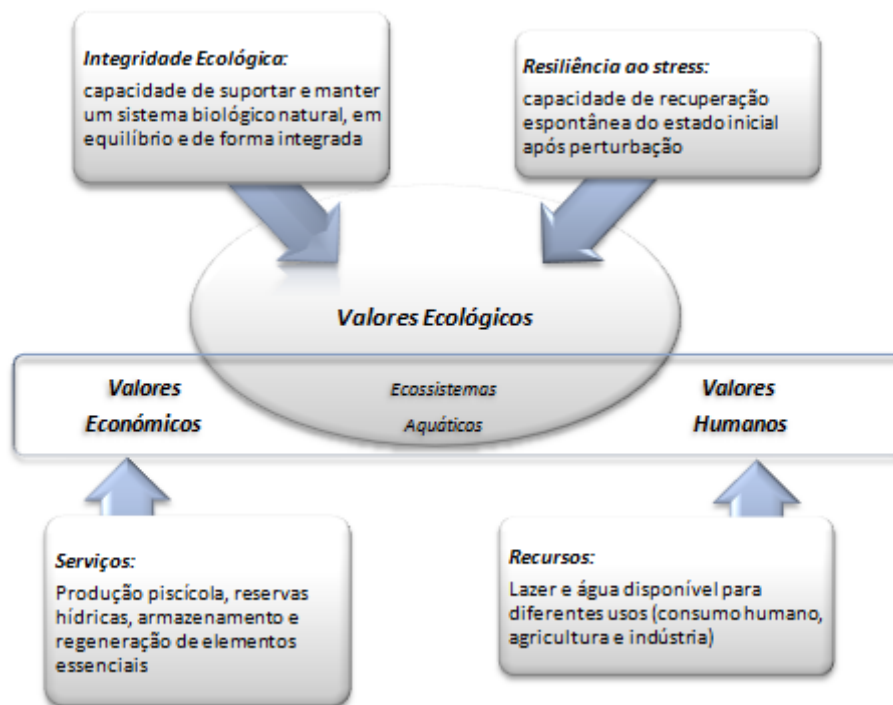


Figura 2.2 - Representação esquemática do conceito de ecossistema aquático na perspectiva da definição de integridade ecológica, adaptada de (Teiga, 2003)

Analogamente ao conceito de resiliência em engenharia (estado da capacidade de estabilidade), a resiliência ecológica pode definir-se como a capacidade do sistema conservar as propriedades que lhe permitem recuperar o seu estado inicial após uma perturbação (Teiga, 2003).

Deste modo, a perda de integridade reflecte-se na alteração significativa de uma ou várias componentes do sistema que podem ser descritas como indicadores de integridade ecológica (riqueza de espécies, estrutura e distribuição espacial da comunidade, produtividade primária).

Num projecto de reabilitação é necessário considerar valores humanos, ecológicos e económicos, e verificar a capacidade do sistema ribeirinho suportar diferentes usos e recuperar espontaneamente, reflectindo adequados índices de integridade ecológica (figura 2.2).

A *qualidade da água* é um dos aspectos prioritários num projecto de reabilitação de rios e ribeiras. Contudo, a quantidade de água que circula nesses cursos é também um factor limitante. O *regime de caudais* de um rio influencia todo o sistema fluvial, determinando a sua estrutura e ligação às áreas adjacentes (Tánago & Jalón, 1998).

As intervenções numa linha de água devem então garantir um regime de caudais, designados caudais ecológicos, que assegure não só um caudal mínimo como uma sequência de caudais flexíveis, como consequência das condições hidrológicas naturais.

Também o conhecimento da *morfologia da linha de água*, do comportamento hidrológico na sua bacia e dos processos de erosão e sedimentação são essenciais na execução de projectos de reabilitação, cujo objectivo é atingir uma situação de equilíbrio dos processos e formas naturais aí presentes (Teiga, 2003).

As diferentes formas e traçados dos rios são o reflexo dos regimes de caudais e de sedimentos da bacia hidrográfica, dos processos de erosão e sedimentação que ocorrem no próprio leito do rio e das actividades humanas no referido leito (Tánago & Jalón, 1998).

2º Integração do rio na sua bacia hidrográfica

A origem das águas bem como o transporte de sedimentos nos cursos de água tornam crucial a integração de qualquer rio na sua bacia hidrográfica, nomeadamente na definição da causa do problema. O estado de degradação de um troço de rio pode ou não depender de causas que lhe são alheias, e caso dependa torna inútil qualquer tipo de reabilitação (Tánago & Jalón, 1998).

Esta dependência de um troço de rio relativamente à sua bacia hidrográfica deve-se à dinâmica existente entre água, sedimentos, nutrientes, energia e seres vivos que circulam ao longo de todo o curso de água nas diversas orientações: descendente (da nascente para a foz), ascendente (da foz para a nascente), transversal (do leito para as margens) e vertical (da superfície para o fundo e vice-versa).

3º Biodiversidade do rio como resultado de uma heterogeneidade de habitats interligados

A *diversidade biológica* baseia-se na manutenção de toda a cadeia trófica do ecossistema, que no caso de um rio se exprime maioritariamente pela matéria vegetal

desenvolvida no rio ou no seu leito de cheia. A diversidade biológica requer, por isso, uma diversidade de habitats adequados às diferentes fases de desenvolvimento das espécies que formam a comunidade local, conferindo-lhe uma maior capacidade de resiliência, em caso de perturbação (Tánago & Jalón, 1998).

A reabilitação de sistemas fluviais deve potenciar a heterogeneidade de habitats, contribuindo assim para a diversidade e irregularidade de formas e aspectos naturais, e evitar alterações bruscas no ecossistema, ou seja, alterações que transformem irreversivelmente as características iniciais de um sistema ribeirinho.

4º Individualidade do troço ribeirinho

Cada rio apresenta características próprias mediante as condições hidrológicas da sua bacia hidrográfica e as actividades humanas desenvolvidas na mesma. Apesar da aplicabilidade de todos estes princípios a qualquer projecto de reabilitação, este deve considerar a morfologia do curso de água, a intensidade dos processos e os objectivos da reabilitação.

O regime de caudais (períodos secos, oscilações bruscas), o balanço de sedimentos (excessiva carga sólida de vido à erosão dos solos) e o uso desmedido da ribeira (sobrepastoreio, deposição de entulho e de resíduos sólidos urbanos, descargas de efluentes) são algumas das condições locais que caracterizam de forma individual um troço ribeirinho.

A individualidade biológica de cada troço de rio ou ribeira é posta em evidência quando se estuda a componente genética das populações ecológicas que alberga, podendo haver diferenças para cada espécie, diferentes raças ou variedades de um local para outro, como consequência de diferentes processos biológicos (Garcia, Abril, & Navajas, 2001; Tánago & Jalón, 1998) in (Teiga, 2003)

5º Actuação a favor da Natureza mais eficaz e económica

Em termos de reabilitação deve, tanto quanto possível, agir-se no sentido de preservar aquilo que se considera natural, pois obtêm-se resultados mais económicos, estéticos e eficazes (Teiga, 2003).

A selecção do material a utilizar depende da dimensão dos cursos de água a reabilitar. Deve seleccionar-se materiais naturais e de proveniência local (madeira, plantas, pedras, solo, etc.) e conjugá-los com materiais mais rígidos; a aplicação de materiais naturais é mais adequada a pequenos cursos de água, uma vez que em sistemas de maior dimensão os materiais têm de ser suficientemente resistentes à força da água. Em ambos os casos, os

sistemas adoptados devem permitir a colonização e fixação da vegetação para estabilização e recriação das condições naturais.

Existem porém opiniões opostas, que consideram a incorporação de elementos naturais mais dispendiosa relativamente às soluções de regularização. No entanto, há que considerar os benefícios obtidos no funcionamento ecológico e no valor estético de rios e ribeiras, bem como os menores custos de conservação a longo prazo (Teiga, 2003).

6º A reabilitação de rios requer espaço

Na sua maioria, os problemas de instabilidade e degradação dos sistemas fluviais que agora se identificam foram provocados pelo confinamento e até entubamento das linhas de água, reduzindo as suas largura e capacidade de comunicação com o leito de cheia (Tánago & Jalón, 1998). Como tal, o correcto funcionamento do ecossistema fluvial depende da existência de espaço disponível para o rio se desenvolver livremente, alterando o seu traçado, e comunicar com as zonas adjacentes.

Em meios urbanos por exemplo, onde os troços de rios estão mais sujeitos à intervenção humana, é necessária uma maior atenção na resolução dos conflitos de uso exaustivo das margens ribeirinhas, a fim de evitar cheias maiores riscos de poluição.

Para levar a cabo a reabilitação em alguns troços, é necessário ampliar o espaço disponível com aquisição de solos, para criar as faixas “tampão” e restabelecer a dinâmica lateral da linha de água. Por outro lado, o projecto de requalificação necessita de ter uma extensão mínima, para que o efeito de orla e a influência das actividades do uso de solo adjacentes não se tornem incompatíveis com a reabilitação (Tánago & Jalón, 1998).

7º A reabilitação de rios requer investimento para estudos e projectos, pessoal especializado e participação pública

Qualquer intervenção para reabilitação de um curso de água implica a execução de um projecto. Por sua vez, a realização de um projecto exige a realização de estudos para recolha de informação que permita definir prioridades e condições de execução. Todas estas etapas têm associados custos, não só com materiais mas também com pessoal.

Todo o pessoal interveniente nos estudos e na realização dos projectos deve ser especializado em sistemas fluviais, para que sejam assim evitados erros de planeamento e execução do projecto. É importante a publicação das técnicas utilizadas na reabilitação e os resultados obtidos, permitindo incrementar o conhecimento sobre a resposta dos rios às

alterações e melhorar a formação dos técnicos envolvidos na sua reabilitação e conservação (Tánago & Jalón, 1998).

Outro factor muito importante da reabilitação de rios é a participação pública. São as populações que vivem nas zonas adjacentes aos rios que usufruem mais directamente da reabilitação. Desta forma, os projectos de reabilitação e conservação de sistemas naturais devem ser aceites e apoiados por estas populações, uma vez que são quem determina, a médio ou longo prazo, o êxito ou fracasso dos investimentos feitos (Tánago & Jalón, 1998).

8º A reabilitação de rios deve estar incluída nos Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas

A reabilitação dos ecossistemas fluviais deve corresponder à execução de projectos concretos mas reflectir os objectivos previstos em Planos de Gestão de bacias Hidrográficas.

9º Mitigação dos impactes do processo de reabilitação

Descritos todos os princípios básicos da reabilitação, torna-se igualmente necessário referir alguns cuidados a ter na mitigação de impactes durante a execução da reabilitação. Na tabela 2.2 apresentam-se alguns desses cuidados.

Tabela 2.2 – Alguns cuidados para a mitigação de impactes durante a reabilitação, adaptado de (Teiga, 2003)

-
- Acompanhar e fiscalizar as operações (técnicos com formação ambiental adequada);
 - Intervir de forma rápida e o mais silenciosa possível;
 - Elaborar um plano de manutenção do ecossistema reabilitado que constitua uma perturbação mínima;
 - Cortar a vegetação quando necessário mas de forma gradual;
 - Respeitar os períodos de floração e frutificação, bem como os de reprodução de animais mais sensíveis;
 - Revegetar apenas depois de correctamente estabilizadas as margens;
 - Evitar o incumprimento do projecto relativamente à realização de ligações clandestinas à rede de águas pluviais;
 - Ter cuidados ao nível da remoção de sedimentos: desenvolver as acções de jusante para montante; evitar e remover continuamente o material depositado no leito, resultante dos trabalhos, que provoque a obstrução do leito;
 - Considerar, no caso de limpeza mecânica: o peso da máquina, o tipo de rasto, o comprimento e ângulo de rotação d braço, entre outros;
 - Assegurar um escoamento mínimo durante o período de trabalhos;
 - Controlar a velocidade do leito, preferencialmente sem alteração da linha de água durante o período de trabalhos.
-

Estes princípios baseiam-se essencialmente em questões técnicas e científicas mas, tal como na maioria das actividades de gestão ambiental, a participação pública e as suas perspectivas não podem ser negligenciadas. O contributo e aprovação do projecto por parte das comunidades ribeirinhas podem ditar o sucesso ou fracasso da reabilitação. Stein *et al.*, (2001) referem ainda que a relação entre objectivos humanos e ecológicos na reabilitação de zonas ribeirinhas deve assentar no seguinte conjunto de princípios:

- **Princípios gerais**

- Reconhecer o benefício mútuo entre os objectivos ecológicos e os de desenvolvimento económico;
- Proteger e restaurar as características e funções naturais do rio;
- Recuperar a zona ribeirinha como um bem humano para todos;
- Reconhecer a necessidade de acordos no alcance de objectivos para ribeiras urbanas;
- Tornar a informação do projecto clara, transparente e acessível a todos.

- **Princípios de planeamento:**

- Integrar os princípios ecológicos de desenvolvimento e revitalização de rios nos princípios sociais e económicos;
- Compreender a relação entre o rio – cidade, mas reflectir no projecto as especificidades de cada um;
- Conhecer o ecossistema fluvial, incluindo as suas características históricas;
- Considerar o rio a uma escala superior, e não apenas confiná-lo ao seu curso;
- Reconhecer a dinâmica fluvial;
- Maximizar as acessibilidades públicas ao local;
- Maximizar os usos recreativos;
- Potenciar a educação ambiental.

- **Princípios ecológicos do projecto:**

- Preservar as características e funções naturais do rio;
- Isolar/proteger áreas naturais sensíveis;
- Recuperar os habitats aquáticos e ribeirinhos com alternativas naturais reabilitação;
- Fazer uma correcta gestão de águas pluviais no local, recorrendo a medidas não-estruturais sempre que possível;
- Conjuguar os objectivos recreativos e de acesso ao público com a protecção e restauração do rio;

2.4. PRINCIPAIS OBJECTIVOS DA REABILITAÇÃO RIBEIRINHA

A definição dos objectivos da reabilitação do sistema fluvial é uma etapa fundamental para a implementação e sucesso deste tipo de intervenção. Consoante os objectivos definidos, escolhem-se as técnicas mais adequadas e respectivas metodologias de actuação, com vista à solução dos problemas identificados.

Diferentes problemáticas exigem diferentes objectivos; no entanto pode considerar-se que existe um conjunto de objectivos comuns à reabilitação de sistemas ribeirinhos, tendo sempre por base as respectivas especificidades dos sistemas:

- Protecção, controlo e melhoria da qualidade das águas superficiais;
- Gestão adequada dos valores ribeirinhos;
- Mitigação dos efeitos de entubamento;
- Protecção da natureza;
- Protecção contra situações hidrológicas extremas e acidentes de poluição;
- Estabilização de margens em locais sujeitos a forte erosão;
- Melhoria da qualidade de vida das pessoas;
- Criação de zonas de lazer;
- Implementação de uma rede de monitorização e criação de bases de dados;
- Melhoria e aprofundamento do conhecimento relativo aos meios ribeirinhos.

É de salientar a efectiva importância da reabilitação das linhas de águas, não só pelo seu valor ecológico mas também pelo seu valor socioeconómico. De acordo com a USEPA (2010) são substanciais os benefícios ecológicos e sociais associados à reabilitação de rios: transportam água, sedimentos e nutrientes da terra até ao mar, assumem um papel importante na formação das praias e regulam a salinidade a fertilidade dos estuários e zonas costeiras. Os rios funcionam ainda como corredores para a fauna migratória e criam habitats para diversas espécies de plantas e animais, nomeadamente as em extinção.

2.5. ENQUADRAMENTO LEGAL

Neste capítulo pretende-se fazer um breve enquadramento legal, referindo os principais diplomas legais com relevância no âmbito da reabilitação de cursos de água. Relativamente à legislação comunitária, analisa-se a Directiva Quadro da Água que veio definir um enquadramento para a protecção e utilização sustentável das águas, na União Europeia. No que respeita à legislação nacional, são mencionados os principais diplomas com aplicação na gestão dos recursos hídricos nacionais.

2.5.1. Legislação Comunitária

❖ Directiva Quadro da Água

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. A DQA visa a prevenção, protecção e melhoria da qualidade do ambiente, a protecção da saúde humana e a utilização racional e prudente dos recursos naturais.

O objectivo da presente directiva é estabelecer um enquadramento para a protecção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas que:

a) Evite a continuação da degradação e proteja e melhore o estado dos ecossistemas aquáticos, e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas directamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades em água;

b) Promova um consumo de água sustentável, baseado numa protecção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;

c) Vise uma protecção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual das descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias e da cessação ou eliminação por fases de descargas, emissões e perdas dessas substâncias prioritárias;

d) Assegure a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evite a agravação da sua poluição;

e) Contribua para mitigar os efeitos das inundações e secas.

Algumas novidades introduzidas pela DQA são:

- A abordagem integrada de protecção das águas (águas de superfície e águas subterrâneas);
- Avaliação do estado das águas através de uma abordagem ecológica;
- Planeamento integrado a nível da bacia hidrográfica;
- Estratégia para a eliminação da poluição causada por substâncias perigosas;
- Instrumentos financeiros;
- Incremento da divulgação da informação e incentivo da participação pública.

2.5.2. Legislação Nacional

❖ Lei da Água

Nos termos do disposto no número 1 do Artigo 29º da Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro, que aprova a Lei da Água, e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, os planos de gestão de bacia hidrográfica são instrumentos de planeamento das águas que, de um modo geral, visam a gestão, a protecção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível da bacia hidrográfica.

Ainda ao abrigo da referida lei, mas nos termos do disposto no Artigo 33º, as medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas compreendem:

- a) Limpeza e desobstrução dos álveos das linhas de água, de forma a garantir condições de escoamento dos caudais líquidos e sólidos em situações hidrológicas normais ou extremas;
- b) Reabilitação de linhas de água degradadas e das zonas ribeirinhas;
- c) Prevenção e protecção contra os efeitos da erosão de origem hídrica;
- d) Correção dos efeitos da erosão, transporte e deposição de sedimentos, designadamente ao nível da correção torrencial;
- e) Renaturalização e valorização ambiental e paisagística das linhas de água e das zonas envolventes;
- f) Regularização e armazenamento dos caudais em função dos seus usos, de situações de escassez e do controlo do transporte sólido;
- g) Criação de reservas estratégicas de água, quando e onde se justifique;
- h) Amortecimento e laminagem de caudais de cheias;
- i) Estabelecimento de critérios de exploração isolada ou conjugada de albufeiras.

Ainda no Capítulo IV do presente diploma são estabelecidos objectivos ambientais, nomeadamente para as águas superficiais, os quais:

1 – Devem ser aplicadas as medidas necessárias para evitar a deterioração do estado de todas as massas de água superficiais.

2 – Com o objectivo de alcançar o bom estado das massas de águas superficiais, com excepção das massas de águas artificiais e fortemente modificadas, devem ser tomadas medidas tendentes à sua protecção, melhoria e recuperação.

3 – Com o objectivo de alcançar o bom potencial ecológico e bom estado químico das massas de águas artificiais ou fortemente modificadas devem ser tomadas medidas tendentes à sua protecção e melhoria do seu estado.

4 – Deve ainda ser assegurada a redução gradual da poluição provocada por substâncias prioritárias e cessação das emissões, descargas e perdas de substâncias prioritárias perigosas.

5 – São definidas em normas a aprovar, a classificação e apresentação do estado ecológico das águas de superfície e a monitorização do estado ecológico e químico das águas de superfície.

A Lei da Água prevê também a monitorização do estado das águas de superfície:

1 – Devem ser definidas para cada região hidrográfica redes de recolha de dados para monitorização de variáveis biológicas, hidrológicas e climatológicas, físico-químicas, de sedimentos e da qualidade química e ecológica da água.

3 – Para as águas superficiais o programa deve incluir:

- a) O volume e o nível de água ou o caudal na medida em que seja relevante para a definição do estado ecológico e químico e do potencial ecológico;
- b) Os parâmetros de caracterização do estado ecológico, do estado químico e do potencial ecológico.

❖ **Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto**

Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Numa perspectiva de protecção da saúde pública, de gestão integrada dos recursos hídricos e de preservação do ambiente, este diploma legal pretende também clarificar as competências das várias entidades intervenientes no domínio da qualidade da água, bem como conciliar esta matéria com alterações legislativas ocorridas.

Define os requisitos a observar na utilização das águas para os seguintes fins:

- Águas para consumo humano (águas doces superficiais, águas subterrâneas e águas de abastecimento);
- Águas para suporte da vida aquícola (águas doces superficiais, águas do litoral e salobras);
- Águas balneares;
- Águas de rega;

bem como as normas de descarga das águas residuais na água e no solo, visando a promoção da qualidade do meio aquático e a protecção da saúde pública e dos solos.

A aplicação do disposto no Decreto-Lei n.º 2363/98 não pode, em caso algum, ter como efeito, directo ou indirecto, a deterioração da qualidade das águas.

❖ **Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro**

Aprova normas relativas à qualidade da água destinada ao consumo humano transpondo para o direito interno a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.

❖ **Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto**

Este Decreto-Lei estabelece o regime de qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, e tem por objectivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização da água salubre, limpa e equilibrada na sua composição.

O presente diploma estabelece ainda os critérios de repartição da responsabilidade pela gestão de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano, quando a mesma seja partilhada por das ou mais entidades gestoras.

❖ **Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro**

Estabelece a titularidade dos recursos hídricos.

De acordo com o disposto no artigo 1º do presente diploma, os recursos hídricos a que se aplica esta lei compreendem as águas, abrangendo ainda os respectivos leitos e margens, zonas adjacentes, zonas de infiltração máxima e zonas protegidas. Em função da titularidade, os recursos hídricos compreendem os recursos dominais, ou pertencentes ao domínio público, e os recursos patrimoniais, pertencentes a entidades públicas ou particulares.

❖ **Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho**

Estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos previsto pela Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, disciplinando a taxa de recursos hídricos, as tarifas dos serviços públicos de águas e os contratos-programa em matéria de gestão dos recursos hídricos.

❖ **Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio**

Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos e respectivos títulos.

❖ **Portaria n.º 1450/2007, de 12 de Novembro**

Na sequência da aprovação da Lei da Água, foi aprovado o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos. Tendo este decreto remetido a regulação de um conjunto de matérias para instrumento regulamentar, a presente portaria pretende fixar as regras em falta de que depende a própria aplicação daquele diploma legal.

❖ **Decreto-Lei n.º 353/2007, de 26 de Outubro**

Estabelece o regime a que fica sujeito o procedimento de delimitação do domínio público hídrico.

A delimitação do domínio público hídrico é o procedimento administrativo pelo qual é fixada a linha que define a estrema dos leitos e margens do domínio público hídrico confinantes com terrenos de outra natureza.

❖ **Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro**

Este decreto-lei aprova a delimitação georreferenciada das regiões hidrográficas.

❖ **Decreto-Lei n.º 348/2007, de 19 de Outubro**

Estabelece o regime a que fica sujeito o reconhecimento das associações de utilizadores do domínio público hídrico, abreviadamente designadas por associações de utilizadores. Compete ao Instituto da Água, I.P., reconhecer as associações de utilizadores.

❖ **Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de Abril**

Aprova o Plano Nacional da Água.

❖ **Decreto-Lei n.º 79/2009, de 31 de Março**

Aprova o novo regime jurídico da Reserva Agrícola Nacional.

O novo regime da RAN introduz na ordem jurídica a nova metodologia de classificação das terras, conforme recomendação da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação.

❖ **Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto**

Este decreto-lei estabelece o regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional, abreviadamente designada por REN.

A REN é uma estrutura biofísica que integra o conjunto das áreas que, pelo valor e sensibilidade ecológicos ou pela exposição e susceptibilidade perante riscos naturais, são

objecto de protecção especial. É uma restrição de utilidade pública, à qual se aplica um regime territorial especial que estabelece um conjunto de condicionamentos à ocupação, uso e transformação do solo, identificando os usos e acções compatíveis com os objectivos desse regime nos vários tipos de áreas.

De um modo geral, a REN visa contribuir para a ocupação e o uso sustentáveis do território.

2.6. PRINCIPAIS TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

A reabilitação pode assentar na capacidade natural que um sistema tem de recuperar por si mesmo; no entanto, face aos potenciais problemas, esta pode não ser uma solução viável e como tal existem outras medidas que podem ser aplicadas.

As designadas medidas *não estruturais*, de carácter maioritariamente preventivo, têm como objectivo minimizar os impactes negativos de projectos e actuam ao nível do planeamento e ordenamento do território. São exemplos o PNA, REN, RAN e PDM.

As medidas estruturais recorrem à utilização de material vivo e inerte para edificar estruturas físicas. A sua intervenção pode ser preventiva ou curativa e visa a melhoria do usufruto da paisagem ribeirinha.

Na sua maioria, os projectos de reabilitação integram medidas estruturais e não estruturais, quer como preventivas quer como correctivas.

Tabela 2.3 - Principais medidas estruturais e não estruturais de reabilitação de rios e ribeiras, adaptado de (Teiga, 2003)

TIPO	LEITO	MARGEM	LEITO DE CHEIA
Medidas não estruturais	Regime do Direito público hídrico (Dph)		
	Regime das REN, Natura 2000, áreas classificadas (sitios de interesse nacional, reservas, parques,...)		
	Plano de Bacias Hidrográficas (PBH)		
	Estudos de Impacte Ambiental		
	Anulação da poluição, afectação do solo para permitir o processo de recuperação		
	Outras modalidades de ordenamento e regulação do uso do solo (PDM, PP)		
	SIG (Sistemas de Informação geográfica), Modelação Ambiental		
	Educação Ambiental		
Medidas estruturais	Protecção, limpeza, remoção e desobstrução, substituição de represas por rápidos Emparedar, ladear, revestir, barricar, cobrir		
	Recuperação e reabilitação de condições naturais, Colocação de pedras ou pedregulhos, criação de bacias de retenção, colocação de substrato		
	Valorização ecológica estetica, colocação de armadilhas de lixo		
	Modelação do leito	Facilitar a propagação, revegetação plantações e sementeiras Plantação de: árvores, arbustos e herbácea	
	Meandrização	Estabilização, compactação, protecção e/ou revestimento natural, semi-natural e artificial	Incremento da comunicação hidrológica com o leito e margens
	Estreitamento/ alargamento	Entrançados, faxinagem, utilização de rizomas de caniço	Rebaixamento de níveis
	Regime de caudais ecológicos	Utilização de gabiões, troncos, "rip-rap", geotêxteis, fibras, enrocamentos, etc., isolados ou em conjunto com material vegetal	Modelação e criação de depressões para construção de zonas húmidas e incremento da diversidade e de habitats
	Modificação do substrato	Construção de deflectores de corrente	Criação de zonas e bacias de retenção de cheias
	Retenção de sedimentos "silttraps"	Modelação de taludes	Criação ou manutenção de sistemas de compartimentação
	Criação de rápidos e remansos	Criação de muros, muretes de suporte e de retenção	
	Criação de leitos alternativos	Remoção ou afastamento de diques, canais ou outras estruturas	
	Construção de represas, soleiras, degraus e açudes	Faixas de protecção "buffer strips"	
	Construção de deflectores de corrente		
	Repovoamento de espécies florísticas e faunísticas		
Introdução de espécies autóctones (vegetais e animais)			
Manutenção/ monitorização			

Na aplicação destas técnicas é necessário ter em consideração o facto de estas terem limites de aplicabilidade, nomeadamente no que respeita a condições físicas e climatéricas. A

selecção de uma técnica em detrimento de outra deve considerar não só o seu campo de aplicabilidade como as funções e valor do ecossistema a reabilitar.

2.6.1. Técnicas de reabilitação de rios e ribeiras

Neste subcapítulo pretende fazer-se um resumo das principais técnicas actualmente usadas na reabilitação de linhas de água. Este tipo de técnicas incluem-se no designado grupo de medidas estruturais, as quais recorrem a um conjunto de estruturas edificantes nos locais a reabilitar.

A selecção da(s) técnica(s) de reabilitação de um local deve ser adequada às especificidades do projecto a desenvolver, tendo em conta: os objectivos pretendidos, os princípios da reabilitação, os constrangimentos locais e financeiros e a facilidade de execução das tarefas pretendidas (Teiga, 2003).

Como anteriormente referido, o processo de reabilitação conjuga normalmente técnicas construtivas de bioengenharia (maior riqueza ecológica e paisagística) com técnicas exclusivamente lineares (materiais mais rígidos e estranhos ao meio).

Consoante os objectivos, podem então ser aplicadas diferentes técnicas de reabilitação, cujos efeitos e materiais aplicados são os que se encontram na seguinte tabela.

Tabela 2.4 – Exemplos de técnicas de reabilitação e respectivos materiais adequados aos objectivos pretendidos, adaptado de (Teiga, 2003)

Objectivo da construção	Efeito pretendido	Exemplos
Controle da erosão	Estabilização das margens; Correcção, consolidação, sustentação e drenagem de taludes; Protecção das margens contra a erosão; Controle de situações extremas (cheias).	Naturalização do talude; Empacotamentos vivos; Enrocamentos com vegetação; Gabiões com vegetação; Estruturação da cortina ripária; Regularização fluvial e controle de cheias; Aplicação de geotêxteis; Fachinas; Paliçadas vivas; Represas vivas; Barreiras vivas; Deflectores de asa.
Protecção da Natureza e habitat	Incremento da diversidade autóctone e aumento da heterogeneidade de habitat para a vegetação, avifauna e ictiofauna.	Deflectores de asa; Agrupamento específico de pedras; Deflectores submersos;

		Alternância de fácies (lóticas/ lânticas); Abrigos para peixes (troncos, pedras, ramos); Cobertura com vegetação.
Qualidade da paisagem	Valorização estética e ecológica.	Estacaria viva; Placas de relva; Remoção de entulhos; Hidrossementeira; Plantação por torrões.
Boa qualidade da água superficial	Melhoria de qualidade da água, com controlo da poluição difusa, pontual ou acidental.	Construção de ETAR; Aumento da largura da galeria ripícola; Acção de limpeza e remoção de entulho; Melhoria do comportamento cívico
Qualidade de vida das pessoas	Maior conforto pelo usufruto do espaço; Regalias económicas.	Bancos, papelerias, ecopontos, praias fluviais, fontes, turismo, espaços de lazer (convívio, desporto); Presença de: açudes, peixes, água (consumo, agricultura).

2.6.1.1. Materiais

Sempre que possível, como já foi referido, deve recorrer-se a materiais naturais em vez de artificiais, uma vez que estes últimos são mais desvantajosos no que se refere a aspectos económicos, estéticos e de conservação.

A selecção dos materiais a utilizar no projecto de reabilitação deve ter em conta não só os objectivos a alcançar mas também o cumprimento dos princípios básicos de reabilitação de rios e ribeiras, enumerados anteriormente.

Nos projectos de reabilitação de rios e ribeiras são frequentemente utilizados: material vegetal, madeira, pedra, betão e recentemente materiais sintéticos cujas principais funções são de drenagem, separação e de reforço (Teiga, 2003).

Na tabela seguinte apresentam-se sumariamente as principais vantagens e desvantagens dos referidos materiais, bem como alguns cuidados a ter na sua escolha e aplicação.

Tabela 2.5 - Caracterização geral dos materiais frequentemente utilizados na reabilitação de rios e ribeiras, adaptado de (Teiga, 2003)

Material	Vantagens	Desvantagens	Cuidados
<p><u>Material vegetal vivo</u></p> <p>Sementes</p> <p>Estacas</p> <p>Galhos</p> <p>Árvores</p> <p>Arbustos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estabilização crescente e capacidade regenerativa intrínseca; ▪ Protecção (absorve elementos e acções prejudiciais, minimizando o seu impacto); ▪ Biologicamente activo; ▪ Impacto visual benéfico (valorização estética e paisagística); ▪ Melhora as condições de habitats aquáticos e terrestres; ▪ Controle da poluição difusa e interceptação de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nem sempre permite a consolidação e segurança requeridas; ▪ A aplicação depende do sítio e da época do ano; ▪ Praticável apenas em áreas com bons acessos; ▪ A sua eficiência técnica só é atingida após um certo período de tempo; ▪ Sujeito a ocorrência de cheias no período de estabilização, que inviabiliza o seu sucesso; ▪ Exige disponibilidade de área e solo adequado (matéria orgânica disponível); ▪ Indisponibilidade das espécies autóctones necessárias no mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origem do material vegetal; ▪ Estado vegetativo; ▪ Vigor; ▪ Características da espécie; ▪ Clima; ▪ Solo; ▪ Humidade.
<p><u>Madeira seca e tratada</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite a colonização; ▪ Boa integração paisagista; ▪ Aumenta a diversidade de habitat e funciona como abrigo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durabilidade limitada. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistência/durabilidade; ▪ Forma/ tamanho/ cor.
<p><u>Pedra</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil obtenção, dada a abundância na maioria das regiões nacionais; ▪ Baixo impacto na paisagem; ▪ Permite a colonização por vegetação; ▪ Aumenta a diversidade de habitat e funciona como abrigo; ▪ Elevado nível de protecção; ▪ Adequada para elevadas velocidades de escoamento; ▪ Relativa facilidade de instalação; ▪ Baixa necessidade de 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mão-de-obra dispendiosa; ▪ Artificialização do traçado; ▪ Material pesado para manuseio; ▪ Elevado custo de material e transporte; ▪ Transição do problema para jusante ou para a base. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistência/durabilidade; ▪ Quantidade/qualidade; ▪ Forma/ dimensões/ cor; ▪ Toxicidade (entulho).

	<p>manutenção;</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Protecção imediata e duradoura; ▪ Pode usar material drenante (geossintéticos) ou integrar vegetação (estacas vivas). 		
Material	Vantagens	Desvantagens	Cuidados
<p><u>Betões</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada estabilidade; ▪ Independência das características locais; ▪ Aplicação menos limitada temporalmente; ▪ Menor área de implementação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perda de eficácia devido à corrosão; ▪ Ausência de capacidade de regeneração; ▪ Ausência de função biológica; ▪ Impacte negativo na paisagem. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistência/durabilidade; ▪ Forma/ cor; ▪ Acessibilidade ao local.
<p><u>Geotêxteis e geossintéticos</u></p> <p>- Não tecido (grande permeabilidade e elasticidade); - Tecido (grande resistência; dificuldade de aplicação)</p> <p><u>Material:</u> malha de palha, malha de coco, malha de palha de coco, geotêxtil, geotêxtil antiervas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada durabilidade; ▪ Grande eficácia juntamente com outro material (pedra, madeira, vegetação, betão); ▪ Favorece o estabelecimento de vegetação com total controlo erosão do solo; ▪ Evita o entupimento dos canais de drenagem (redução de custos); ▪ Elevado nível de acabamento de obra e rápida integração paisagística; ▪ Custo do sistema acessível e instalação relativamente simples; ▪ Fornece alimento e abrigo para os peixes; ▪ Fibra de coco é mais duradoura. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alguns tipos de geossintéticos são dispendiosos; ▪ Em linhas de água com velocidade da corrente superior ao valor crítico para os solos das margens é necessária a utilização de protecções com recurso a outros materiais (pedras, madeira). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acessos ao local
<p><u>Arame</u></p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil danificação por corrosão; ▪ Possibilidade de lesão durante a aplicação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistência/durabilidade; ▪ Ductibilidade; ▪ Diâmetro.

<i>Material</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>	<i>Cuidados</i>
<u>Materiais reciclados</u>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aproveitamento de desperdícios. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impacte paisagístico desfavorável em alguns casos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resistência/durabilidade; ▪ Toxicidade; ▪ Forma; ▪ Facilidade de instalação

2.6.1.2. Técnicas de estabilização de margens de rios e ribeiras

A erosão de margens é um fenómeno natural provocado pela remoção de partículas de solo que acabam por depositar a jusante, desde que o sistema fluvial esteja em equilíbrio. Porém, existem acções externas que potenciam o aumento substancial da erosão, podendo provocar degradação do terreno, instabilidade fluvial, deslizamentos de solo, afectações em edifícios, estradas e/ou outras infra-estruturas.

Assim, são necessárias medidas de protecção de margens, que adequadas às diferentes situações, têm como principais objectivos (Maia, 2009):

- Estabilizar as margens;
- Garantir protecção da erosão, por acção do escoamento;
- Proteger estradas vizinhas, áreas recreativas, etc.
- Reduzir o fornecimento de sedimentos, perda de solo;
- Garantir a capacidade de suportar cheias;
- Garantir a auto-manutenção e eficácia de custo;
- Proteger a zona de cheias.

Associado às três dimensões do conceito de sustentabilidade (ambiental, social, económica), destaca-se o seguinte conjunto de objectivos adicionais:

- Requalificar o ambiente;
- Dar espaço ao rio;
- Melhorar os valores visuais e a qualidade da água;
- Promover e proteger o habitat selvagem e a diversidade biológica;
- Criar um rio naturalmente estável.

A recuperação e renaturalização das margens (através da fixação dos taludes), a remodelação das infra-estruturas existentes, como pontes e passagens, (evitando a interferência com o processo hidrodinâmico) ou a construção de infra-estruturas mais flexíveis que permitam a evolução natural dos cursos de água são alguns exemplos de intervenções de

reabilitação de margens que permitem o controlo da erosão. Apesar de estas intervenções terem um carácter maioritariamente preventivo visam, de um modo geral, evitar a migração dos sedimentos, impedir a extracção dos mesmos em zonas de risco de erosão, preservar a integridade paisagística das margens e permitir a meandrização.

De um modo geral, as medidas de protecção de margens baseiam-se em dois tipos de soluções: as designadas de tradicionais (engenharia clássica) e as de bioengenharia (engenharia natural). As primeiras são mais resistentes à acção do escoamento, uma vez que utilizam materiais tipicamente utilizados na engenharia Civil, tendo, no entanto, um impacto ambiental mais “agressivo” e que artificializa a linha de água. As soluções de bioengenharia, apesar de oferecerem uma menor resistência à acção do escoamento, recorrem ao uso de vegetação para estabilizar as margens e naturalizar o ecossistema, proporcionando um bom impacto ambiental e visual (Maia, 2009).

FISRWG (2001) refere que a estabilização de margens pode agrupar-se numa das seguintes categorias: métodos indirectos, protecção de superfície e métodos vegetativos. Os métodos indirectos actuam sobre o canal de vazão através do redireccionamento do escoamento, evitando deste modo que as forças hidráulicas que incidem nas margens provoquem a sua erosão. Os diques (permeáveis ou impermeáveis) ou outros deflectores de corrente, como açudes, são considerados métodos indirectos. A protecção de superfície consiste na colocação de materiais nas margens que contactam directamente com o escoamento, podendo ser do tipo enrocamento, gabiões ou blocos de cimento. Os métodos vegetativos actuam quer ao nível do redireccionamento do escoamento quer ao nível de protecção de margens.

❖ Técnicas Biofísicas

Frequentemente, antes da aplicação das diversas técnicas biofísicas é necessário realizar a correcção do talude, a qual pressupõe a disponibilidade de espaço que por vezes é limitado por outros usos (caminhos, habitações, estradas, etc.). Esta é uma das técnicas menos intensivas no controlo de erosão de margens e constitui muitas vezes a etapa de preparação para aplicação de outras técnicas de estabilização de margens. Refira-se que, a sua aplicação adequa-se a troços do curso de água sujeitos a correntes preferencialmente baixas, sendo a sua aplicação mais comum nas seguintes condições (Cortes, 2004):

- Quando ocorra a necessidade de minimizar a erosão das margens e modelá-las de forma a adquirirem uma conformação mais regular;

- Perante declives perturbados por actividades antropogénicas e em situações de perda de cobertura vegetal;
- Quando seja excedido o ângulo de repouso da massa de solo local;
- Quando as quantidades e velocidades de escoamento superficial nas encostas e taludes excedam os limites aceitáveis para os tipos de solo e vegetação presentes.

A base da margem deverá posteriormente ser plantada com espécies adequadas e capazes de resistir à acção da corrente, sendo que a parte superior deverá ser coberta por vegetação capaz de reter a escorrência/escoamento superficial; pode, por vezes, reforçar-se a base com colocação de enrocamento e geotêxtil (figura 2.3).

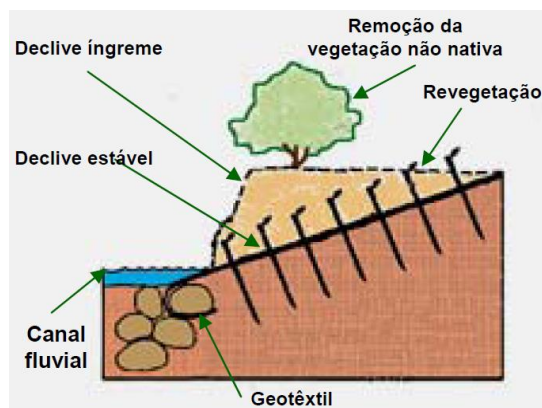


Figura 2.3 - Representação esquemática da correção do declive de taludes com revegetação e estabilização física na base, adaptado de (Cortes, 2004)

Na figura 2.4 pretende representar-se a importância do declive das margens (expresso como a razão da projecção horizontal do talude pelo seu comprimento) na escolha do tipo de técnica de estabilização.

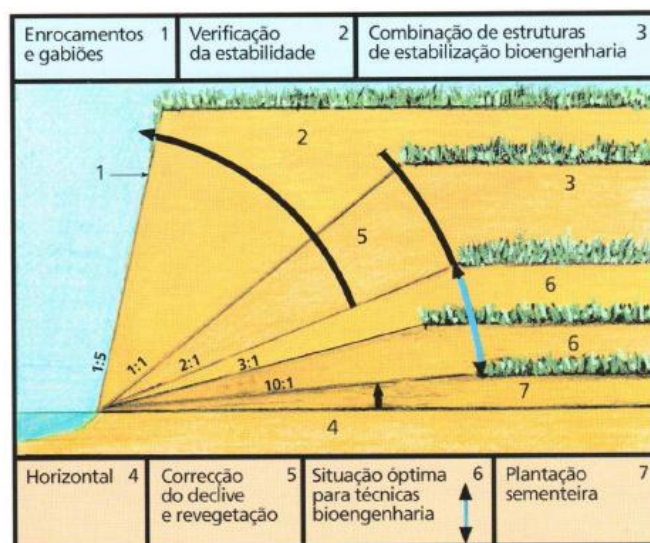


Figura 2.4 – Declive das margens como factor essencial na escolha do tipo de intervenção (Maia, 2009)

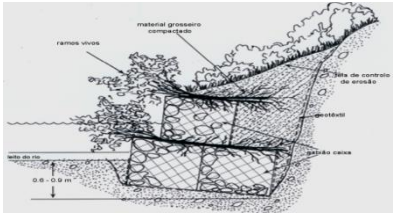

Na presença de margens verticais ou aproximadamente verticais a intervenção deve ser conduzida no sentido de reduzir o seu declive para a proporção 2:1, ou inferior, podendo depois ser replantadas espécies nativas (Cortes, 2004). Quando tal não for possível, devido às condições do escoamento ou às limitações de espaço, é necessário recorrer à estabilização física dos taludes recorrendo a técnicas apropriadas.

A selecção da técnica de estabilização apropriada é extremamente importante e depende de diversos factores tais como:

- declive das margens;
- velocidade do escoamento;
- tipo de solo e margens;
- existência ou não de vegetação;
- disponibilidade de espaço;
- objectivos da reabilitação pretendidos.

Na tabela 2.6 são apresentadas as principais técnicas estruturais de reabilitação fluvial, que correspondem a intervenções no canal, nas margens e no leito de cheia.

Tabela 2.6 – Técnicas estruturais de reabilitação fluvial, adaptada de (Cortes, 2004), (Maia, 2009), (Pereira, 2001) e (Teiga, 2003)

Intervenções no canal e nas margens	
<p style="text-align: center;">Gabião</p> <p>Caixa prismática rectangular, tipicamente de rede com malha hexagonal, feita em arame galvanizado reforçado. Estas caixas são enchidas com qualquer tipo de pedra não friável (pedra de pedreira ou seixo) ou outro material inerte, garantindo a sua integridade estrutural com a necessária flexibilidade.</p> <p>Os gabiões podem ter três formas básicas: gabião caixa, gabião saco e gabião colchão.</p> <p><u>Vantagens:</u> construção muito simples e expedita; grande permeabilidade à água (bons resultados mecânicos de suporte e estabilização de taludes); podem ser instalados em declives elevados; protegem mais eficazmente urbanizações e caminhos situados em leito de cheia.</p> <p><u>Desvantagens:</u> artificialização da linha de água, a não ser que as</p>	 

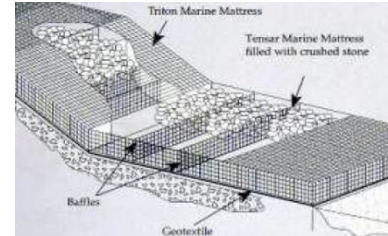
plantas se desenvolvam por entre as camadas dos gabiões; reconstrução difícil e dispendiosa.

Limitações: deterioração da malha de arame; a dificuldade de acessos aumenta os custos.

Colchão Reno (tapete de gabiões)

Tapete formado por células semelhantes entre si, cujo invólucro é constituído por rede, que apresentam uma espessura de cerca de 0,20 m. A sua ligação é feita por arame ou por cordas de polímeros e preenchidos no local com blocos de pedra. Pode ser usado no fundo do leito ou na margem, podendo ser vegetado.

Limitações: sempre que a velocidade do escoamento seja superior a 3 m/s deve incorporar-se uma camada filtrante com cerca de 0,20 m de espessura entre o solo de fundação e os colchões. Nos restantes casos é suficiente colocar os gabiões directamente sobre os geossintéticos.



Gabiões e rolos de caniço

Construção de gabiões com terra e rizomas, dispostos ao longo do sopé da margem fixos por estacas; podem ser associados a gabiões estéreis, para protecção acrescida em cursos de água mais rápidos. Têm particular interesse na protecção de margens de linhas de água com caudais pouco variáveis e com base em sistemas combinados de protecção do conjunto da margem.

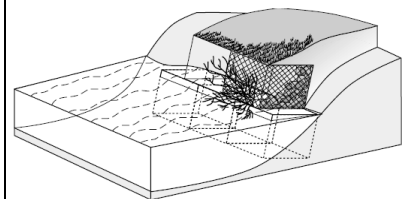
Gabiões com vegetação


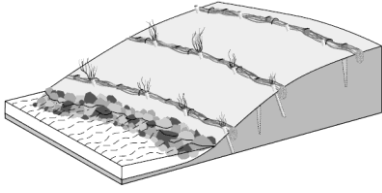

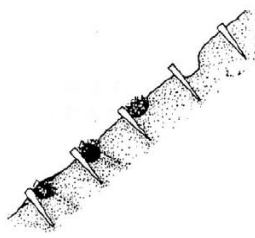
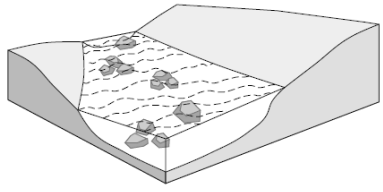
Utilizam apenas materiais secos (pedra e arame) e a cobertura vegetal sobre a estrutura garante a integração ambiental e reflecte o êxito técnico da intervenção; funcionam como drenantes permeáveis. Úteis na protecção de encostas íngremes ou sujeitas a elevadas cargas e quando são necessárias pedras de maior dimensão que a disponível no local. Estão disponíveis com revestimento de vinil ou aço galvanizado que lhes conferem durabilidade.

Vantagens: construção simples (dispensam equipamentos especiais e não requerem mão-de-obra especializada).

Desvantagens: instalação e substituição dispendiosas.

Limitações: exigem fundação estável.



<p style="text-align: center;">Blocos pré-fabricados</p> <p>Revestimento em rios e canais. Utilizados para protecção de margens contra a erosão. Podem também ser usados em zonas onde não é possível recorrer a pedras de grandes dimensões.</p>	
<p style="text-align: center;">Preenchimento do leito com troncos de árvores</p> <p>A colocação de troncos de árvores no canal junto às margens protege-as da erosão, e ao mesmo tempo aumenta a quantidade de substrato orgânico na água.</p>	
<p style="text-align: center;">Fachina</p> <p>Estrutura vegetal permeável colocada no sopé da margem e dentro do canal, permeável e sensível, com uma tensão tangencial resistente baixa. Construída essencialmente por uma estrutura de madeira e vegetação, permite: drenagem, consolidação de bases de margens de linhas de água e pode ser construída em forma de socalcos em leitos de cursos de água. Pode ser fachina viva, fachina de ramos mortos ou gabionada, normalmente de salgueiros.</p> <p><u>Vantagens:</u> método bastante difundido e diversificado que se adapta facilmente às necessidades; estrutura resistente ao encharcamento e que rebenta facilmente, consolidando os taludes</p> <p><u>Desvantagens:</u> material vegetal sujeito a danos quando combinado com material rígido, como gabião ou enrocamento; muito sensível ao pisoteio do solo, principalmente quando este é pouco agregado.</p>	  
<p style="text-align: center;">Agrupamento de pedras no leito</p> <p>Consiste na colocação de pedras em determinados locais da base da linha de água, usadas para cobrir, criar buracos ou reduzir a velocidade de corrente. Pode utilizar-se na maioria dos tipos de linhas de água mas a sua aplicação é mais eficaz em canais com escoamento médio superior a cerca de 0,60 m/s e em leitos que não sejam de areia. As pedras devem ser colocadas em grupo; apenas em pequenos riachos podem ser colocadas individualmente. Normalmente, são utilizadas pedras angulares (0,9 – 1,5 m), de forma irregular.</p> <p><u>Vantagens:</u> potencia o aumento da diversidade de habitats, a formação substrato para os organismos bentónicos, abrigo e repouso para a ictiofauna e a dissipação de energia, bem como o arejamento</p>	

da água.

Desvantagens: implica equipamento pesado para a colocação das pedras; pode provocar áreas de sedimentação em rios onde exista elevado transporte de material.

Intervenções nas margens

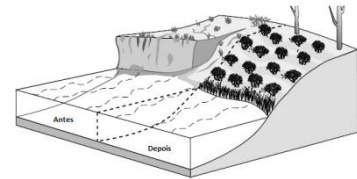
Reperfilamento das margens com plantação

Controlo do talude por diminuição do volume e do peso das terras, substituindo-as por terra vegetal que suporte vegetação apropriada ao local. É utilizado em conjunto com outras técnicas de protecção quando as velocidades do escoamento excedem o intervalo de tolerância das plantas disponíveis.

Os constituintes do solo, a provável variação do nível freático e a resistência do talude determinam o declive adequado.

Vantagens: melhora as condições de colonização das espécies nativas;

Limitações: apropriado para margens sujeitas a erosão moderada, sendo muitas vezes necessário reforçar o sopé do talude; são recomendadas análises de estabilidade do talude.

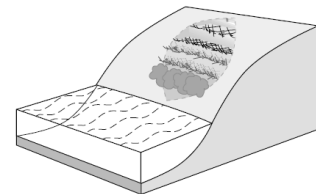


Branch packing

Camadas alternadas de ramos vivos e terra compactada que são colocadas nos "buracos" resultantes da queda parcial de margens, para as estabilizar e revegetar. Cria uma barreira filtrante que evita a erosão e controla as cheias.

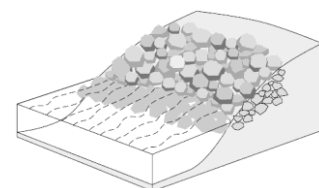
Vantagens: rápido estabelecimento da vegetação; melhoria das condições de colonização de espécies nativas; reforço imediato do solo.

Desvantagens: normalmente é pouco eficaz em áreas de queda superior a 1,20 m de profundidade ou de largura.



Enrocamento

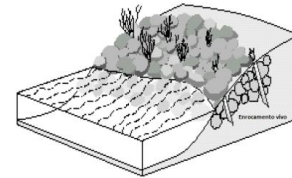
Conjunto de rochas (pedras) de diferentes tamanhos aplicado livremente e a granel, ao longo do declive, para controlo da erosão. As camadas de pedra promovem a protecção estrutural e minimizam a erosão nas margens; proporcionam também a acumulação de sedimentos, facilitando assim a colonização espontânea ou plantada de vegetação.



Vantagens: elevado nível de protecção para velocidades de corrente elevadas; relativa facilidade de instalação; baixa necessidade de manutenção; protecção imediata e durável; materiais localmente acessíveis; facilidade de integração da vegetação.

Desvantagens: elevado custo do material e transporte; remoção do material pré-existente no talude.

Limitações: dificuldade de implementação por falta de acessibilidade; equipamento pesado para a obra, podendo aumentar a degradação da zona envolvente; complexidade de instalação da base do enrocamento.



Introdução de estacaria viva e criação de terraços

Técnicas que favorecem o controlo da erosão: uma por introdução de plantas altas e de raízes profundas que funcionam como estacas; outra pela criação de terraços longitudinalmente à margem, onde geralmente se pode plantar vegetação.

Estacas lenhosas são colocadas no solo e as suas raízes formam uma camada que promove a agregação de partículas e a remoção de humidade em excesso, e conseqüentemente a estabilização do solo.

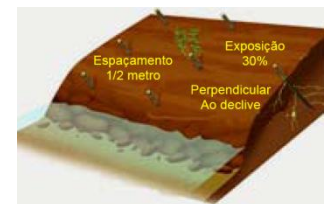
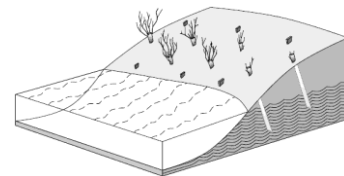
Eficazes perante: condições locais simples, tempo de construção limitado e reparações de pequenos deslizamentos de terra frequentemente molhada.

É aconselhado o uso de estacas de salgueiro ou choupo com 2-5 anos, com diâmetro mínimo de 3 cm e cerca de 30 cm de comprimento

Vantagens: baixo custo; melhor e mais extenso estabelecimento natural da galeria ripária; melhora as condições de colonização da vegetação; melhoria estética da paisagem e dos habitats aquáticos e terrestres.

Desvantagens: praticável apenas em áreas com bons acessos; necessidade de tempo para o enraizamento da vegetação.

Limitações: requer protecção do sopé quando prevista erosão; na preparação das estacas deve eliminar-se os ramos laterais e cortar o extremo inferior em ângulo para fácil inserção o solo.



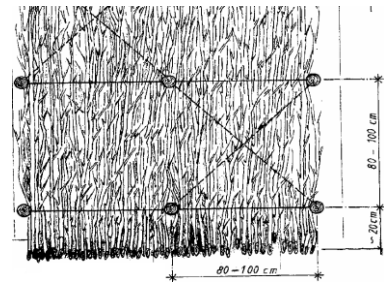
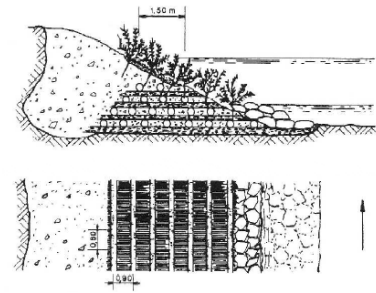
Empacotamento

Colocação de camadas sobrepostas de ramos e gravilha, ancorados por estacas ou arame galvanizado, e eventualmente reforçados por fachinas, e cobertos por solo ou geotêxtil. Destinam-se a proteger todo o talude, cobrindo-o totalmente com ramos de comprimento > 2 m e diâmetro 2-4 cm, colocados perpendicularmente ao eixo do rio e com a base em contacto com a água.

Vantagens: construção de um troço de margem permeável que, com o passar do tempo, tende a consolidar devido ao crescimento da vegetação e à deposição de materiais; resultado visual agradável num curto período de tempo.

Desvantagens: pode atrasar a recolonização por outras espécies, diminuindo a diversidade florística nos primeiros anos.

Limitações: pode necessitar de um grande número de ramos de salgueiros, nem sempre disponíveis.



Rolo de fibra de coco

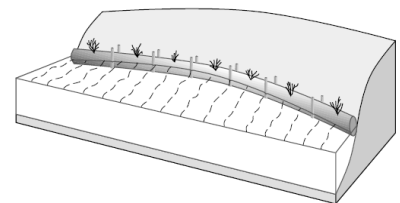
Estrutura cilíndrica composta por fibra de casca de coco usada para proteger encostas da erosão, onde se acumulam sedimentos que ajudam ao crescimento da planta no rolo; normalmente disponível em rolos de 300 mm de diâmetro por 6m de comprimento. Adequado para a estabilização moderada do sopé da margem e quando o local a reabilitar requer a menor perturbação possível.

Se apropriado, pode ser usado conjuntamente com outras técnicas de bioengenharia para estabilização da parte superior da margem e garantia de regeneração da vegetação.

Vantagens: proporciona um excelente meio para crescimento da planta na borda da água; flexibilidade para se moldar à curvatura da margem; requer pouca perturbação do local; melhora as condições para a colonização da vegetação nativa.

Desvantagens: pode ser dispendioso.

Limitações: não é adequada para sítios com elevadas velocidades de escoamento; vida útil de 6 a 10 anos.



Sementeira e hidrossementeira

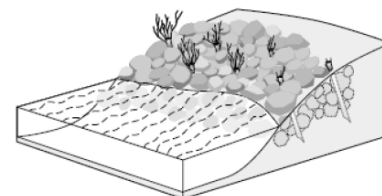
Plantação de mistura de sementes adequadas ao local que asseguram uma solução económica e rápida para a vegetação das margens, podendo ser um complemento de outras técnicas estruturais quando há um défice de cobertura vegetal. Devem ser utilizadas espécies de instalação rápida, de enraizamento profundo e intenso e leguminosas; o sistema radicular melhora a capacidade de drenagem do solo.

As sementeiras podem ser realizadas com combinações coloidais, que conferem uma maior agregação física do solo, no entanto são mais frequentes com fertilizantes naturais (estrume e palha), de forma a proporcionar um bom desenvolvimento da vegetação instalada.

Vantagens: método mais eficaz na cobertura do solo, a menor custo e tempo; vasta utilização e pouco dispendiosa.

Limitação: a escolha das sementes deve ser de acordo com a caracterização fitossociológica do local a reabilitar.

A hidrossementeira adiciona ainda substâncias hidrofílicas, assegurando a humidade necessária para a germinação.



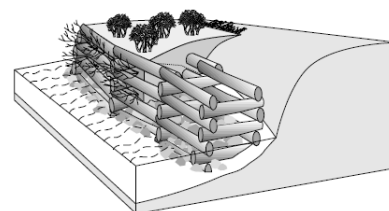
Cribwalls

São uma espécie de caixas feitas com toros de madeira não tratada interligados, que são preenchidos com camadas alternadas de solo e ramos, que gradualmente assumem as funções estruturais da madeira. Protegem de imediato e eficazmente encostas íngremes e aceleram o estabelecimento de vegetação lenhosa, conferindo uma aparência mais natural ao local.

Eficazes na parte externa das curvas de rios com altas velocidades ou quando é necessário estabilizar o sopé de uma margem e reduzir a sua inclinação, substituindo com vantagem estética os enrocamentos ou gabiões; a aplicar em margens muito degradadas e sujeitas a intensa pressão humana

Vantagens: boa opção em áreas muito degradadas e com elevada limitação de espaço; protecção eficaz, e com impacto visual reduzido, de urbanizações e caminhos situados em leitos de cheia (substituição de gabiões com vantagem estética); rápida colonização por vegetação.

Desvantagens: pode ser uma técnica complexa e dispendiosa – requer



mão-de-obra relativamente experiente e material lenhoso adequado.
Limitações: disponibilidade de materiais no local; os ramos devem estar no estado seco, não sendo permitido secá-los entre a colheita e instalação; devem ser implementados durante o período seco (baixo nível de água); implica a construção de uma fundação sólida.

<u>Intervenções no canal, margem e leito de cheia</u>	
Bacia de retenção	Zonas de armazenamento temporário fora do leito onde se depositam águas e detritos arrastados em situações mais críticas, escavadas e/ou moldadas em zonas adjacentes ao leito.
Canal de derivação	Estabelecido para o desvio de caudais, nomeadamente para sistemas de rega, a partir de pequenos açudes. Consiste no desvio, por um canal, de um pequeno caudal do curso de água principal, para fazer uma recarga das margens durante o Inverno e evitar o congelamento das plantas e a recarga durante os períodos de maior carência hídrica, permitindo uma banda de vegetação hidrófila mais larga. Deve ser constituído por paredes impermeáveis mas com capacidade vegetativa, para garantir a estabilidade do solo. A forma mais elaborada do canal é basicamente construída por estacas com capacidade vegetativa inseridas no substrato, as quais estão ligadas a outros ramos longitudinais também com capacidade vegetativa, capazes de enraizar e garantir a estabilidade do solo.
Canal de derivação de caudais de cheia	Canal alternativo que será o principal em casos em que o volume de água afluente ultrapassa em determinado valor limite.
Re-meandrização	Construção de meandros num troço de um rio rectilíneo, para diminuição da energia da corrente e diminuição da inclinação do canal.
Introdução de espécies autóctones	Reintrodução artificial de fauna aquática e terrestre originária da zona de reabilitação e adaptada às suas condições.
Exclusão e gestão da vida animal	Implantação de um sistema de gestão e protecção do espaço físico do canal da fauna; aplica-se principalmente em regiões ricas em pastorícia.
Faixa de floresta ribeirinha	Plantação de vegetação arbórea e arbustiva no leito de cheia, acompanhando o percurso do rio.

Independentemente da técnica de estabilização de margens a utilizar, Cortes (2004) refere um conjunto de princípios gerais a ter em conta, que visam o sucesso da intervenção:

- Escolher o período adequado à ocorrência dos trabalhos:
 - Época de propagação da vegetação seleccionada a instalar;
 - Período de reprodução das espécies-chave de fauna aquática;

- Evitar escorrências superficiais ao longo dos taludes:
 - Construção de valas de drenagem;
 - Melhoria das condições de infiltração, evitando o arrastamento de margens instáveis para o rio;
- Armazenar o solo retirado durante os trabalhos de mobilização de forma a reutilizá-lo nas etapas finais da reabilitação:
 - Estabelecimento mais rápido e conveniente de espécies nativas.

2.7. REVEGETAÇÃO DE RIBEIRAS

Os corredores ribeirinhos são elementos fundamentais na conservação e requalificação dos sistemas aquáticos, devido à sua interação com os ecossistemas adjacentes, à sua elevada resiliência e à conectividade que proporcionam em toda a extensão do curso de água. A revegetação de ribeiras é normalmente a principal, se não a única, intervenção em certos projectos de recuperação e reabilitação de linhas de água, constituindo sempre uma medida fundamental da reabilitação das linhas de água.

Relativamente ao zonamento transversal do rio, é possível distinguir duas grandes zonas caracterizadas por dois tipos de vegetação (Tánago & Jalón, 1998):

Zona de vegetação aquática: formada maioritariamente por macrófitas que germinam apenas em meios com elevada humidade, desenvolvendo-se pelo menos parte do seu ciclo vegetativo dentro de água;

Zona de vegetação ripícola: faixa compreendida entre o limite do nível médio das águas e o alcance máximo das mesmas.

O sucesso do restabelecimento de vegetação ribeirinha depende essencialmente da estabilidade dos taludes das margens. Por este motivo, é frequente proceder à prévia consolidação dos taludes para posteriormente se proceder à recolonização vegetal. Caso não seja considerado o referido procedimento, os primeiros picos de cheia poderão degradar ou retirar toda a vegetação.

2.7.1. Papel da vegetação na reabilitação de ribeiras

A vegetação ribeirinha desempenha um enorme conjunto de funções no ecossistema fluvial sendo inúmeros os estudos onde se referem as vantagens e benefícios da vegetação ribeirinha, mais concretamente na (Tánago & Jalón, 1998):

- Melhoria do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica
 - Redução da velocidade de escoamento;
 - Redução dos danos causados pela erosão das margens;
 - Redução da deposição de sedimentos a jusante;
 - Maior recarga de aquíferos;
- Estabilização de margens e taludes
 - Maior coesão do solo devido aos sistemas radiculares;
 - Aumento da resistência à erosão pela corrente;
 - Em caudais de cheia a erosão é maior no leito que nos taludes;
 - Aumento da rugosidade, e conseqüente redução da velocidade das escorrências e do próprio escoamento principal;
- Controlo da influência da bacia hidrográfica sobre o rio
 - Retenção de escorrências provenientes da bacia hidrográfica;
 - Protecção da linha de água contra a eutrofização, pela absorção de nutrientes contidos nas escorrências (de campos agrícolas, por exemplo);
 - Elevada retenção de sedimentos;
- Influência no funcionamento do ecossistema fluvial
 - Controlo do grau de luminosidade/sombreamento e temperatura da água;
 - Entrada de carbono orgânico sob a forma de matéria vegetal, com importância na cadeia trófica ao nível dos macroinvertebrados;
 - Oferta de habitats para diversas espécies;
- Interesse paisagístico
 - Melhoria da qualidade, diversidade e beleza paisagísticas;
 - Maior valor recreativo.

A utilização exclusiva de vegetação demonstra-se, no entanto, insuficiente em certos casos, sendo necessário recorrer a estruturas auxiliares de reforço, tais como: diques e açudes (permitindo controlar a erosão de fundo e do leito do rio) e deflectores (para controlo da erosão de margens), entre outras. Na tabela 2.7 encontram-se, de forma sumária, as principais vantagens e desvantagens do uso restrito de vegetação.

Tabela 2.7 - Principais vantagens e desvantagens do uso de vegetação como material construtivo, adaptado de (Tánago & Jalón, 1998)

<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Estabilização crescente devido ao aumento da capacidade regenerativa;	Garantia de consolidação e segurança limitadas, em determinadas situações;
Absorção de elementos e acções agressivas (diminuição da sua intensidade);	Implementação dependente da época do ano;
Biológica e ecologicamente activas;	Necessidade de tempo para alcançar a eficácia plena;
Valorização estética da paisagem.	Exigência de espaço.

2.7.2. Etapas básicas de reabilitação da vegetação

Segundo Teiga, (2003) a reabilitação da vegetação deve ocorrer de acordo com as seguintes etapas, devendo efectuar-se pela seguinte ordem: Caracterização geral, Selecção de espécies, Dimensionamento da faixa ripária, Controlo de infestantes, Preparação do terreno para plantação, Técnicas de plantação (cova, estaca, sementeira), Podas de formação, crescimento e manutenção e Usufruto do espaço verde criado.

1) Caracterização geral

As espécies a utilizar devem respeitar os objectivos da reabilitação devendo corresponder às características do local, pelo que deve ser feita uma caracterização de clima, vegetação, topografia e solo locais.

2) Selecção de espécies

É importante que a selecção passe pela reintrodução de espécies autóctones, as quais estão mais adaptadas a situações extremas. A presença natural de espécies autóctones e em equilíbrio são um bom indicador de integridade ecológica.

3) Dimensionamento da faixa ripária

Não existem critérios rígidos para definir a largura das faixas ripárias a instalar.

Teiga, (2003) propõe para controlo dos sedimentos durante as cheias e protecção do leito e margens respectivamente as larguras de 15-60 m e 25-60 m. O mesmo autor refere ainda que após a selecção das espécies e respectiva densidade de indivíduos a sua disposição deve garantir uma distância de 2-3 m entre si, de modo a facilitar o processo de plantação e o acesso à linha de água, se necessário.

Tánago & Jalón, (1998) recomendam o desenho de uma plantaço heterogénea, semelhante à de ocorrência natural, para que a galeria ripícola desempenhe as suas funções e possibilite a adequada instalação das espécies seleccionadas.

4) Controlo de infestantes

À partida, não deverão ser utilizadas espécies exóticas nem espécies potencialmente infestantes.

5) Usufruto do espaço verde criado

A existência de espaços verdes em zonas edificadas, e o seu usufruto pela população, tem não só um efeito pedagógico como vantagens directas económico-ambientais (Teiga, 2003):

- Deixam transparecer os ciclos naturais que tendem a desaparecer principalmente nas cidades;
- Favorecem a orientação das pessoas no espaço;
- Dinamizam a curiosidade e o interesse pelas espécies vegetais e o seu ciclo natural;
- Incrementam o seu valor com o passar do tempo, pelo significado que adquirem;
- Apresentam inúmeras vantagens visuais (cor, textura, tamanho, formas, etc.).

2.8. METODOLOGIA GERAL DE REABILITAÇÃO DE RIOS E RIBEIRAS

A reabilitação de rios e ribeiras tem como objectivo global a restituição de um estado o mais natural possível ou, no mínimo, semelhante ao existente antes da deterioração do ecossistema.

Tánago & Jalón, (1998) referem que na maioria dos países europeus, é praticamente impossível atingir o dito estado natural dos ecossistemas naturais, devido a três motivos fundamentais:

- (1) a acção do homem sobre estes recursos é muito antiga;
- (2) desconhece-se o estado dos rios em condições naturais;
- (3) as alterações climáticas, alheias à intervenção humana, não permitem a existência das condições verificadas até à data.

Actualmente, face ao estado das massas de água e aos diplomas legais existentes que lhes são aplicáveis, os gestores de recursos hídricos necessitam de ferramentas e metodologias de reabilitação que lhes permitam intervir de um modo rápido, eficaz e com baixos custos.

De forma a aumentar a qualidade do projecto e a eficácia da intervenção, minimizando os impactes negativos, é aconselhável seguir um conjunto de etapas básicas de reabilitação, as quais devem ir ao encontro das especificidades do ecossistema em causa. No trabalho realizado por Gomes, F. Veloso; Teiga, Pedro; Cabral, João é proposta uma metodologia geral de reabilitação de ribeiras em zonas edificadas, formada por oito etapas básicas:

1. Identificação dos problemas: a identificação dos problemas existentes é uma etapa fundamental para o desenvolvimento de um programa de reabilitação de sucesso. Identificados todos os problemas e as suas possíveis consequências, imediatas ou futuras, é necessário seleccionar os mais relevantes para assim estabelecer prioridades de actuação para a sua resolução.

2. Identificação dos objectivos de reabilitação: os objectivos da reabilitação, como reflexo da priorização dos problemas identificados, devem ser estabelecidos de forma clara e evidente, contemplando requisitos ambientais, opções tecnológicas, financeiras e operacionais, bem como pareceres dos intervenientes no sistema ribeirinho e no processo de reabilitação. Estes objectivos devem ainda estar de acordo com os princípios gerais da reabilitação, (referidos supra no subcapítulo 2.3).

3. Identificação das soluções: identificados os problemas e objectivos da reabilitação, deve identificar-se um conjunto de soluções, frequentemente sob a forma de diferentes cenários. A opção a escolher deve ser a mais viável, rápida, de menor custo, duradoura e de fácil implementação.

4. Elaboração do projecto: o projecto deve incluir e descrever todos os componentes do processo de reabilitação, estando de acordo com as exigências das instituições proponentes.

5. Implementação e gestão: esta fase deve reflectir o proposto nos objectivos da reabilitação. Deve indicar a atribuição de responsabilidades aos vários níveis e funções relevantes na reabilitação, meios e prazos a cumprir. As funções, responsabilidades e autoridades devem ser definidas e documentadas de forma a facilitar a eficácia da gestão e garantir o cumprimento de requisitos operacionais.

6. Monitorização: a monitorização consiste na medição periódica das actividades e operações com possível impacte na reabilitação. Deve ser documentada, incluindo registo da informação, acompanhamento do desempenho e controlo operacional em conformidade com os objectivos estabelecidos. O programa de monitorização deve ter em conta as características particulares do sistema aquático em questão.

7. Programa de verificação e avaliação: a fase de avaliação é importante para a eficácia do processo de reabilitação, devendo assentar em bases técnico-científicas e valores padronizados para comparação de resultados e avaliação da evolução das medidas implementadas.

8. Implementação de medidas mitigadoras e correctoras: qualquer acção, correctiva ou preventiva, implementada para eliminar ou mitigar as causas de não conformidade, deve ser adequada ao problema e proporcional ao impacte identificado. Um projecto de reabilitação de ribeiras deve incluir equipas multidisciplinares que desenvolvam, acompanhem e avaliem cada etapa com vista à melhoria contínua das linhas de água.

Complementarmente a esta metodologia, Tánago & Jalón (1998) referem um conjunto de acções básicas na reabilitação de rios as seguintes:

1. Estabelecimento da galeria ripícola;
2. Redução da inclinação das margens;
3. Revegetação da galeria ripícola;
4. Recuperação da sinuosidade do leito;
5. Formação de rápidos e remansos;
6. Criação de zonas húmidas e canais aluviais.

As etapas, bem como as acções, referidas anteriormente funcionam apenas como linhas orientadoras em projectos de reabilitação de cursos de água, permitindo no entanto a realização sequencial de um conjunto de etapas, facilitando consequentemente a estruturação, organização e minimização de lacunas na recolha de dados.

3. METODOLOGIA

A metodologia seguida para o desenvolvimento do caso de estudo desta dissertação teve por base a metodologia geral de reabilitação de rios e ribeiras proposta por Gomes, F. Veloso; Teiga, Pedro; Cabral, João, referida no Capítulo 2. De acordo com esta metodologia, a reabilitação de rios e ribeiras deve passar por oito etapas básicas: identificação dos problemas, identificação dos objectivos da reabilitação, identificação de soluções, elaboração do projecto de reabilitação, implementação e gestão, monitorização, programa de verificação e avaliação e implementação de medidas mitigadoras e correctoras. Nesta dissertação apenas serão directamente abordadas as três primeiras fases, sendo que a identificação de soluções será apresentada sob a forma de cenários.

Realizaram-se três saídas de campo, uma em Fevereiro, outra em Abril e a última em Junho. A primeira saída de campo teve como principal objectivo o reconhecimento do local e uma avaliação visual geral do estado de conservação/degradação do rio; uma vez que se realizou logo após o período de intensa precipitação, foi possível observar as condições locais em caudal de cheia e respectivas consequências locais imediatas. A segunda visita ao local realizou-se com o intuito de recolher algumas amostras para avaliação expedita da qualidade da água e observar os principais danos causados pelas cheias Facilitando assim a identificação de problemas em determinados pontos do Rio Tinto e respectiva definição de objectivos de reabilitação do local. A terceira visita decorreu já no troço-piloto escolhido, com vista à realização de um levantamento fotográfico e observação das condições no local.

A caracterização do Rio Tinto no Concelho do Porto, onde percorre cerca de 3 km (figura 3.1), baseou-se na observação directa *in loco* e em informação contida no *Relatório Final de Estudos de Intervenção para a Reabilitação do Rio Tinto no Concelho do Porto*; analisou-se o regime de caudais, bem como a evolução da qualidade da água do Rio Tinto ao longo do seu percurso no Concelho do Porto.



Figura 3.1 - Localização do Rio Tinto no Concelho do Porto

A determinação do regime de caudais no Rio Tinto teve por base a simulação hidráulica realizada no âmbito do Relatório citado acima, para os caudais de cheia média e centenária; os valores de caudal de escoamento normal resultaram da medição *in loco* aquando da segunda saída de campo; os registos efectuados para a determinação do caudal escoado, bem como os valores recolhidos a partir da simulação hidráulica encontram-se no Anexo A.

Relativamente à qualidade da água, os parâmetros analisados nesta dissertação foram os medidos e registados periodicamente pela Águas do Porto, E.E.M.: caudal, temperatura, carência química de oxigénio e coliformes fecais. No entanto, pôde verificar-se que a falta de registo de alguns dos parâmetros em certos locais ou períodos de amostragem. Todos os registos encontram-se documentados no Anexo B. A classificação da qualidade da água baseou-se na proposta pelo INAG para classificação dos cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos, e que se indica na figura seguinte.

PARÂMETRO:	UNIDADES:	MÉTODO DE CÁLCULO		A		B		C		D		E
				Excelente		Boa		Razoável		Má		Muito má
				PERCENTIL	FREQUÊNCIA	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
Arsénio	mg/l As	85	3	-	0.01	-	0.05	-	-	-	0.1	>0.1
Azoto amoniacal	mg/l NH4	85	8	-	0.5	-	1.5	-	2.5	-	4	>4
Azoto Kjeldahl	mg/l N	85	4	-	0.5	-	1	-	2	-	3	>3
Cádmio	mg/l Cd	85	3	-	0.001	-	0.005	-	0.005	-	>0.005	
Carência bioquímica de oxigénio	mg/l O2	85	8	-	3	-	5	-	8	-	20	>20
Carência química de oxigénio	mg/l O2	85	8	-	10	-	20	-	40	-	80	>80
Chumbo	mg/l Pb	85	3	-	0.05	-	-	-	0.1	-	0.1	>0.1
Cianetos	mg/l CN	85	3	-	0.05	-	-	-	0.08	-	0.08	>0.08
Cobre	mg/l Cu	85	3	-	0.05	-	0.2	-	0.5	-	1	>1
Coliformes fecais	/100 ml	85	8	-	20	-	2000	-	20000	-	>20000	
Coliformes totais	/100 ml	85	8	-	50	-	5000	-	50000	-	>50000	
Condutividade	µS/cm, 20°C	85	8	-	750	-	1000	-	1500	-	3000	>3000
Crómio	mg/l Cr	85	3	-	0.05	-	-	-	0.08	-	0.08	>0.08
Estreptococos fecais	/100 ml	85	4	-	20	-	2000	-	20000	-	>20000	
Fenóis	mg/l C6H5OH	85	4	-	0.001	-	0.005	-	0.01	-	0.1	>0.1
Ferro	mg/l Fe	85	3	-	0.5	-	1	-	1.5	-	2	>2
Fosfatos P2O5	mg/l P2O5	85	8	-	0.4	-	0.54	-	0.94	-	1	>1
Fósforo P	mg/l P	85	8	-	0.2	-	0.25	-	0.4	-	0.5	>0.5
Manganês	mg/l Mn	85	3	-	0.1	-	0.25	-	0.5	-	1	>1
Mercúrio	mg/l Hg	85	3	-	0.0005	-	-	-	0.001	-	0.001	>0.001
Nitratos	mg/l NO3	85	8	-	5	-	25	-	50	-	80	>80
Oxidabilidade	- -	85	8	-	3	-	5	-	10	-	25	>25
Oxigénio dissolvido (sat)	% saturação de O2	85	8	90	-	70	-	50	-	30	-	<30
pH	Escala Sorensen	85	8	6.5	8.5	5.5	9	5	10	4.5	11	>11
Selénio	mg/l Se	85	3	-	0.01	-	-	-	0.05	-	0.05	>0.05
Sólidos suspensos totais	mg/l	75	8	-	25	-	30	-	40	-	80	>80
Substâncias tensoactivas	mg/l, sulfato de lauril e sódio	85	4	-	0.2	-	-	-	0.5	-	0.5	>0.5
Zinco	mg/l Zn	85	3	-	0.3	-	1	-	3	-	5	>5

Figura 3.2 – Classificação de cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos, fonte: (Instituto da Água, 2010)

Por questões práticas de priorização de acções e de disponibilidade de tempo para a realização deste trabalho, optou-se por seleccionar apenas um troço do Rio Tinto, o qual se designou de troço-piloto, de acordo com os objectivos da dissertação.

Nas visitas realizadas ao local, a questão da estabilização de margens demonstrou ser uma problemática em certas zonas do rio, evidenciada pelas cheias do passado Inverno; observou-se o arrastamento de árvores e vegetação de grande porte das margens, bem como a forte erosão e destruição das próprias margens. Tendo sido definido como principal objectivo da dissertação uma proposta de estabilização de margens num troço do Rio Tinto, foi necessário estabelecer prioridades no que se refere à escolha do local.

A zona inicial do rio Tinto no Concelho do Porto, bem como as margens do rio que percorrem o Parque Oriental definiram o troço-piloto escolhido para a implementação de técnicas de estabilização de margens (figura3.3).



Figura 3.3 - Troço-piloto do Rio Tinto para aplicação de técnicas de estabilização de margens

Escolhido o local onde intervir, definiram-se os objectivos da reabilitação e com base nestes seleccionou-se um conjunto de técnicas de estabilização de margens passíveis de ser aplicadas aos diferentes locais do troço-piloto e capazes de satisfazer os objectivos da reabilitação. No entanto, aliada a esta selecção, e seguindo a metodologia geral proposta por Gomes, F. Veloso; Teiga, Pedro; Cabral, João, optou-se por criar cenários alternativos à solução proposta, os quais serão descritos no capítulo 4, mas assentam numa base comum de pretender dar resposta a um conjunto de parâmetros base: funcionamento geral do rio, qualidade da água, biodiversidade, estabilização de margens e suporte de cheias, ocupação do solo e participação pública. A escolha de certas técnicas em detrimento de outras baseou-se principalmente na sua aplicabilidade ao local em causa, mas teve em consideração aspectos económicos, ecológicos e de interesse público.

Porém, a realização de um projecto com base na solução proposta deveria ter por base um conjunto de critérios e fundamentos técnicos, os quais não se incluem na realização desta dissertação. Por este motivo, a solução proposta foi ainda analisada e discutida à luz de dois parâmetros fundamentais: caudal e qualidade da água. Avaliou-se a aplicabilidade da solução proposta face a diferentes níveis de qualidade da água e diferentes regimes de caudais, que venham a ocorrer no Rio Tinto.

Realizou-se uma estimativa orçamental genérica para cada um dos cenários propostos, com base em quatro parâmetros fundamentais numa proposta de intervenção para

reabilitação de linhas de água: trabalhos preparatórios, intervenção no rio, criação de percursos e participação pública e monitorização da qualidade da água.

Nesta dissertação apresentou-se ainda uma estimativa orçamental específica de uma obra de reabilitação já realizada numa ribeira, a qual apresenta valores unitários para cada uma das acções que possam ser transpostas para a intervenção no Rio Tinto, e encontra-se no Anexo C.

Os resultados obtidos serão apresentados seguidamente no capítulo 4, em conjunto com todo o tipo de informação adicional utilizada.

4. PROPOSTA DE ESTABILIZAÇÃO E REABILITAÇÃO DAS MARGENS DE UM TROÇO-PILOTO DO RIO TINTO

4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TINTO

De acordo com a definição prevista na Directiva Quadro da Água (INAG), a Bacia Hidrográfica define a área terrestre a partir da qual todas as águas fluem, através de uma sequência de ribeiros, rios e eventualmente lagos para o mar, desembocando numa única foz, estuário ou delta.

O Rio Tinto nasce no lugar de “Montes da Costa”, freguesia de Ermesinde, Concelho de Valongo, a uma altitude próxima dos 200 m e desagua na margem direita do rio Douro, na zona do Freixo, freguesia de Campanhã, Concelho do Porto.

Durante vários séculos o Rio Tinto foi um importante recurso natural, tendo sido as suas águas límpidas e margens verdejantes motivo de fixação de pequenos povoados medievais. Estes, através de pequenos moinhos de rodízio ou azenhas, aproveitavam a força motriz da água que corria em direcção ao Douro. Nas últimas décadas, parte do património natural e edificado constituinte da bacia hidrográfica do Rio Tinto foi-se degradando, essencialmente devido à elevada pressão urbanística e à poluição a que foi sujeita.

A bacia hidrográfica do Rio Tinto tem uma área de aproximadamente 23,5 km² e o curso de água cerca de 11,4 km de comprimento. A bacia abrange os Concelhos de Valongo, Gondomar, Maia e Porto, porém sem grande significado nos Concelhos de Valongo e Maia, como se pode verificar na figura 4.1.

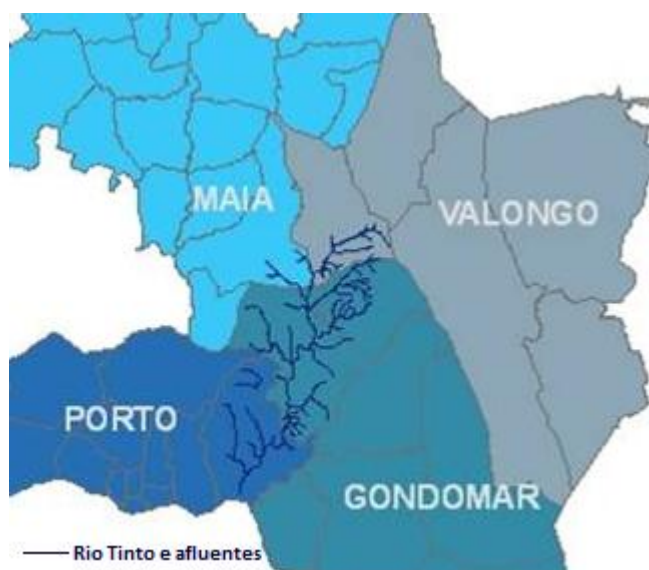


Figura 4.1 – Representação espacial do Rio Tinto e dos seus afluentes

A inclinação média do talvegue do rio, desde a nascente até à foz, é de 1,6%; nas zonas designadas por “Alto da Maia” e “Alto de Valongo” a inclinação do rio atinge os 3% e nos Concelhos de Gondomar e Porto a inclinação média do rio é de cerca de 1,5% e 1,1%, respectivamente.

No que respeita ao Concelho do Porto, estende-se num comprimento de cerca de 3 km. Desde o limite do Concelho do Porto, percorre essencialmente campos agrícolas e terrenos com alguma vegetação marginal; a cerca de 280 m da foz do rio, e ao longo de 110 m encontra-se entubado (sob a rotunda do Freixo); e daí até à foz encontra-se a céu aberto mas limitado marginalmente por muros de pedra (Gomes, et al., 2007). É um rio com significativa expressão ao nível das linhas de água que atravessam o concelho e reflecte perfeitamente a problemática associada às linhas de água situadas em zonas urbanas.



Figura 4.2 - Mapa representativo do Rio Tinto no Concelho do Porto (a amarelo) e da respectiva bacia hidrográfica (a vermelho), adaptado de (Águas do Porto, E.E.M)

O Rio Tinto caracteriza-se por uma grande diversidade de actividades humanas, com utilização do solo marginal, onde todos os utilizadores procuram usufruir ao máximo deste recurso natural. Ao longo do seu traçado podem observar-se diversos aspectos com

consequências nefastas para a população e próprio ecossistema ribeirinhos; são exemplo os campos agrícolas nas margens do rio, as habitações construídas no leito de cheia do rio, a existência de algumas ligações indevidas que descarregam directamente no rio e o consequente nível de poluição da água do Rio Tinto.

No estudo realizado entre os meses de Julho de 2004 e Setembro de 2005 (Gomes, et al., 2007), foi feita uma caracterização de toda a bacia hidrográfica do Rio Tinto, tendo-se verificado o estado crítico generalizado dos vários troços do rio, mais problemático e evidente a montante do Concelho do Porto. Em particular, destacaram-se o aspecto e odor da água superficial, a elevada concentração de sólidos suspensos, a presença de espécies de mamíferos associadas a níveis de poluição elevados (ratos) e a existência de vegetação queimada, que reflecte a má qualidade da água superficial.

Ainda no referido estudo, foram identificados *in loco* os principais constrangimentos do Rio Tinto, divididos em quatro tipos: aspectos ecológicos, aspectos hidromorfológicos, qualidade de vida das pessoas e situações extremas, e constam da tabela seguinte. Estes apresentavam diferentes níveis de severidade e probabilidade de ocorrência, mas capacidade de provocar impactes negativos no local.

Tabela 4.1 - Constrangimentos no Rio Tinto, adaptado de (Gomes, et al., 2007)

Aspectos ecológicos (protecção da natureza e do habitat)	<ul style="list-style-type: none">- Destruição parcial e/ou total da galeria ripícola em alguns troços do rio- Ausência de protecção das margens ribeirinhas devido a acções de limpeza- Ausência de ictiofauna observável pelo método directo- Presença de infestantes- Presença de plantas exóticas- Presença de espécies de mamíferos associadas a níveis de poluição elevados (ratazanas)- Falta de planeamento dos bosques ribeirinhos (ocorrência de cortes na vegetação e presença de plantas exóticas)- Falta de dados históricos de monitorização ecológica e fiscalização- Destruição parcial ou total da comunidade ecológica<ul style="list-style-type: none">o Desaparecimento de macroinvertebrados aquáticoso Ausência de espécies sensíveis e indicadoras de boa qualidade ambientalo Ausência de predadores naturais das espécies infestantes (cobras, raposas, etc.)o Falta de espaço para o desenvolvimento de um ecossistema naturalo Ausência de um ecossistema natural em equilíbrio com o desenvolvimento humanoo Falta de sensibilização ecológica e participação pública
---	--

**Aspectos
hidromorfológicos**

- Inúmeros locais com erosão excessiva
- Alteração do traçado natural do rio com a linearização e regularização do leito
- Ocorrência de assoreamentos
- Impermeabilização do solo
- Ocupação e redução do leito de cheia
- Deposição de entulho nas margens
- Ocupação das margens até ao limite do escoamento por campos agrícolas
- Presença de infra-estruturas
 - o Habitações familiares e indústrias localizadas no leito de cheia e no domínio público hídrico
 - o Travessias com problemas de segurança e de escoamento
 - o Pontes degradadas
 - o Património histórico
 - o Construção de vias de comunicação

**Qualidade de vida das
pessoas**

- Impacte visual do aspecto da água e das margens
- Presença de odores nauseabundos
- Perda, por parte da população, da sua função como espaço de lazer e de usufruto
- Falta de infra-estruturas de apoio e informação
- Deposição de entulho
- Degradação da paisagem
- Disfunções de actividades humanas
- Falta de sensibilidade ecológica/cívica por parte dos moradores das proximidades da linha de água. O Rio Tinto é tratado pelos residentes da sua bacia hidrográfica como vazadouro de entulho e resíduos domésticos

Situações extremas

- Aspecto da água superficial com muito má qualidade
- Canalização de troços das linhas de água
- Poluição da água com descargas de efluentes industriais, domésticos e agrícolas, com tratamento inadequado ou inexistente, por via directa ou difusa
- Ausência de saneamento básico em algumas habitações ribeirinhas
- Uso de água para rega de produtos hortícolas

Identificados e tipificados os principais problemas existentes no Rio Tinto, no mesmo Estudo já referido foram ainda indicadas algumas potencialidades observadas também *in loco*. As principais potencialidades do Rio Tinto são as seguintes:

Tabela 4.2 - Principais potencialidades de reabilitação no Rio Tinto, adaptado de (Gomes, et al., 2007)

-
- Existência de espaços com potencial de reabilitação elevado
 - Presença de galeria ripícola bem desenvolvida, em alguns troços
 - Existência de troços que mantêm o traçado natural, com diversidade de corrente e com um potencial de habitat
 - Grande diversidade aparente de avifauna
 - Existência de alguma sensibilidade ecológica por parte da população próxima
 - Proximidade a núcleos urbanos (potenciais utilizadores de um sistema ribeirinho reabilitado)
-

Conforme referido, todos os constrangimentos e potencialidades do rio anteriormente indicados resultaram de um levantamento em todo a extensão do Rio Tinto, no âmbito do estudo de intervenção para a Reabilitação do Rio Tinto no Concelho do Porto realizado entre 2004 e 2005, porém, de um modo geral, reflectem a situação actual, que nalguns casos se apresenta de forma mais agravada.

No contexto desta dissertação, foi feita uma caracterização geral do troço do Rio Tinto que atravessa o Concelho do Porto, relativamente a regimes de caudais e qualidade da água.

O regime de caudais dos rios é uma característica fundamental e das mais afectadas pela actividade humana, nomeadamente pela regulação dos caudais através da construção de barragens e pelos diversificados usos do solo ribeirinho. No caso do Rio Tinto, não se coloca a questão da regulação de caudais em barragens, mas o facto de o seu percurso atravessar uma malha marcadamente urbana torna os solos adjacentes muito impermeabilizados, condicionando o escoamento do rio, principalmente em caudais de cheia.

O caudal de um rio, naturalmente variável ao longo de um ano e dos anos, influencia a morfologia do seu leito, bem como as respectivas espécies que o habitam, e a qualidade da água, motivo pelo qual é necessário caracterizar o regime de caudais do rio, aquando da definição de um projecto de reabilitação. O desenvolvimento de certos organismos aquáticos, por exemplo, é condicionado pela periodicidade de determinadas condições hidráulicas, como caudais baixos, médios e altos, associada a uma determinada temperatura favorável ao seu desenvolvimento; por sua vez, a qualidade é directamente afectada pelo regime de caudais: devido a condições naturais ou a usos de água para diversos fins, a escassez de água no leito de um rio reduz a sua capacidade de diluir descargas e contaminações, influenciando o nível de qualidade da água e a subsistência de certas espécies aquáticas (Tánago & Jalón, 1998).

Assim, pretende-se fazer uma breve caracterização do regime de caudais bem como da qualidade da água, predominantes no Rio Tinto no Concelho do Porto. Porém, esta caracterização está limitada pela existência e registo contínuo destes dados.

❖ Regime de caudais

Esta caracterização tem por base a simulação hidráulica realizada sobre o Rio Tinto presente no relatório “Estudos de Intervenção para a Reabilitação do Rio Tinto no Concelho do Porto” (Gomes, et al., 2007). As simulações foram efectuadas para uma cheia média (cheia a que se associa um período de retorno de uma vez em cada quatro ou cinco anos), associada à delimitação do Domínio Público Hídrico, e para uma cheia centenária (cheia com um período de retorno de cem anos), associada ao conceito de zona adjacente (Gomes, et al., 2007).

Os gráficos seguintes pretendem, perante uma cheia média e uma cheia centenária, representar o regime de caudais no troço do Rio Tinto que atravessa o Concelho do Porto (figura 4.3), e também no troço-piloto (figura 4.4), sobre o qual incidirá a proposta de intervenção para reabilitação das margens. Contudo, importa referir que estes valores remetem para as condições do rio aquando da realização do estudo, em 2006.

Os valores de caudal de escoamento indicados referem-se aos determinados aquando da segunda saída de campo, durante a qual foi determinado o caudal de escoamento em determinadas secções do Rio Tinto: as pontes de Pêgo Negro e do Lagarteiro e o pontão junto à ETAR do Freixo. A sua indicação serve apenas como uma referência para os caudais de cheia média e cheia centenária, já que a sua determinação foi feita in loco e com uma distância temporal considerável (cerca de quatro anos).

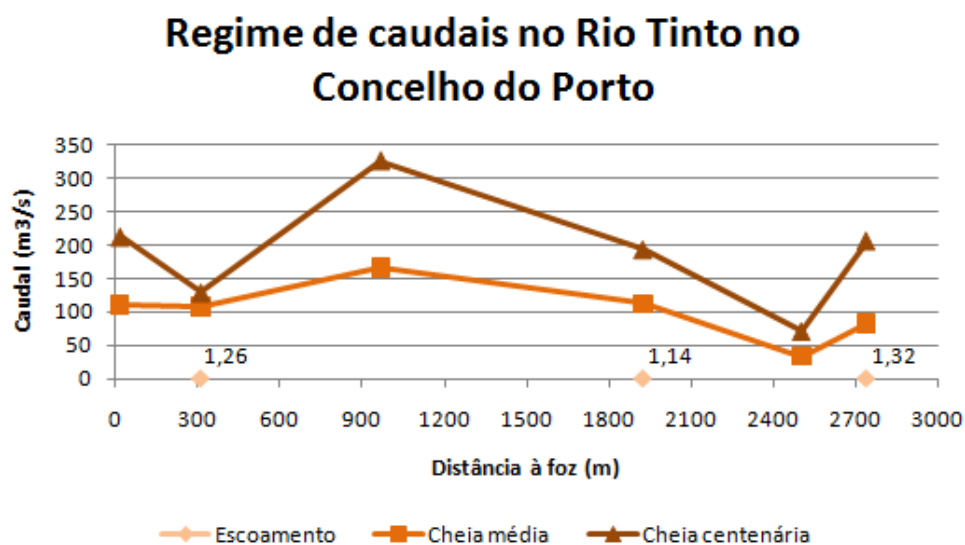


Figura 4.3 – Representação gráfica do regime de caudais ao longo do Rio Tinto no Concelho do Porto

A análise do regime de caudais do Rio Tinto permite inferir acerca da variação do caudal ao longo do seu percurso, desde a Foz ao limite do Concelho do Porto, e a sua variação perante cheias. Conforme seria de esperar, o Rio Tinto está sujeito a diferentes regimes de caudais, os quais se reflectem na altura de água no leito e no respectivo galgamento das margens. Uma vez que a proposta de reabilitação de margens proposta nesta dissertação visa um determinado troço do Rio Tinto, o designado troço-piloto, importa fazer uma análise mais detalhada do regime de caudais neste troço, a qual se representa na figura seguinte.

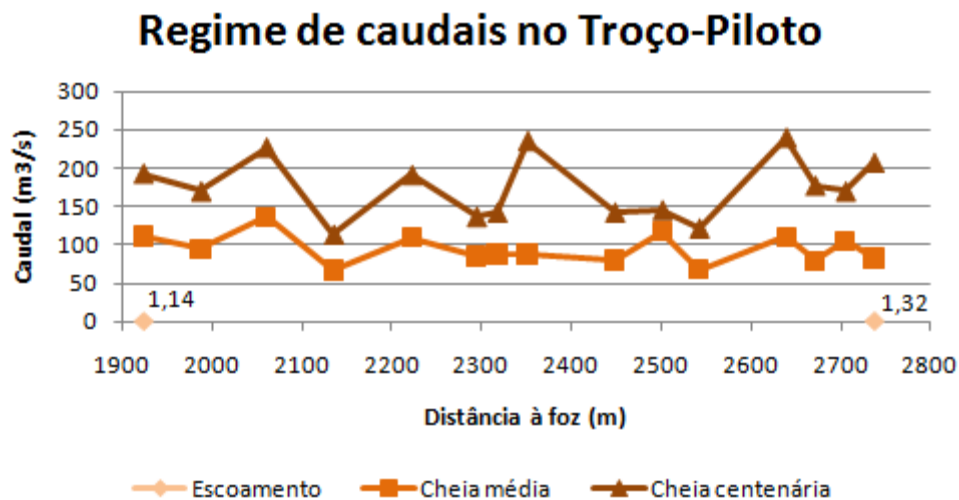


Figura 4.4 – Representação gráfica do regime de caudais ao longo do Rio Tinto no Troço-Piloto

Face aos caudais de escoamento, verifica-se que numa cheia média estes aumentam cerca de 100 vezes, e numa cheia centenária aproximadamente 200 vezes. Tais resultados devem ser tidos em consideração num projecto de reabilitação, a fim de determinar as condições que asseguram a resistência do ecossistema e eventuais estruturas a uma cheia semelhante, especialmente as cheias médias, cujo período de retorno se prevê que seja cerca de 2 anos.

A determinação destes valores de caudal é importante não só para a selecção e dimensionamento das diversas técnicas de estabilização de margens, mas também na determinação de altura de água no leito e eventual galgamento das margens face a diferentes regimes de caudal.

A figura seguinte pretende ilustrar a largura da zona inundada por uma cheia média e uma cheia centenária, nos terrenos adjacentes ao troço-piloto do Rio Tinto; esta análise é fundamental para que se possa determinar o perfil das margens mais favorável ao escoamento do rio nas variadas situações, e prever a distância a que devem ser colocadas estruturas, como

passadiços, mobiliário urbano, etc., passíveis de ser utilizadas em segurança pela população e utilizadores do espaço.

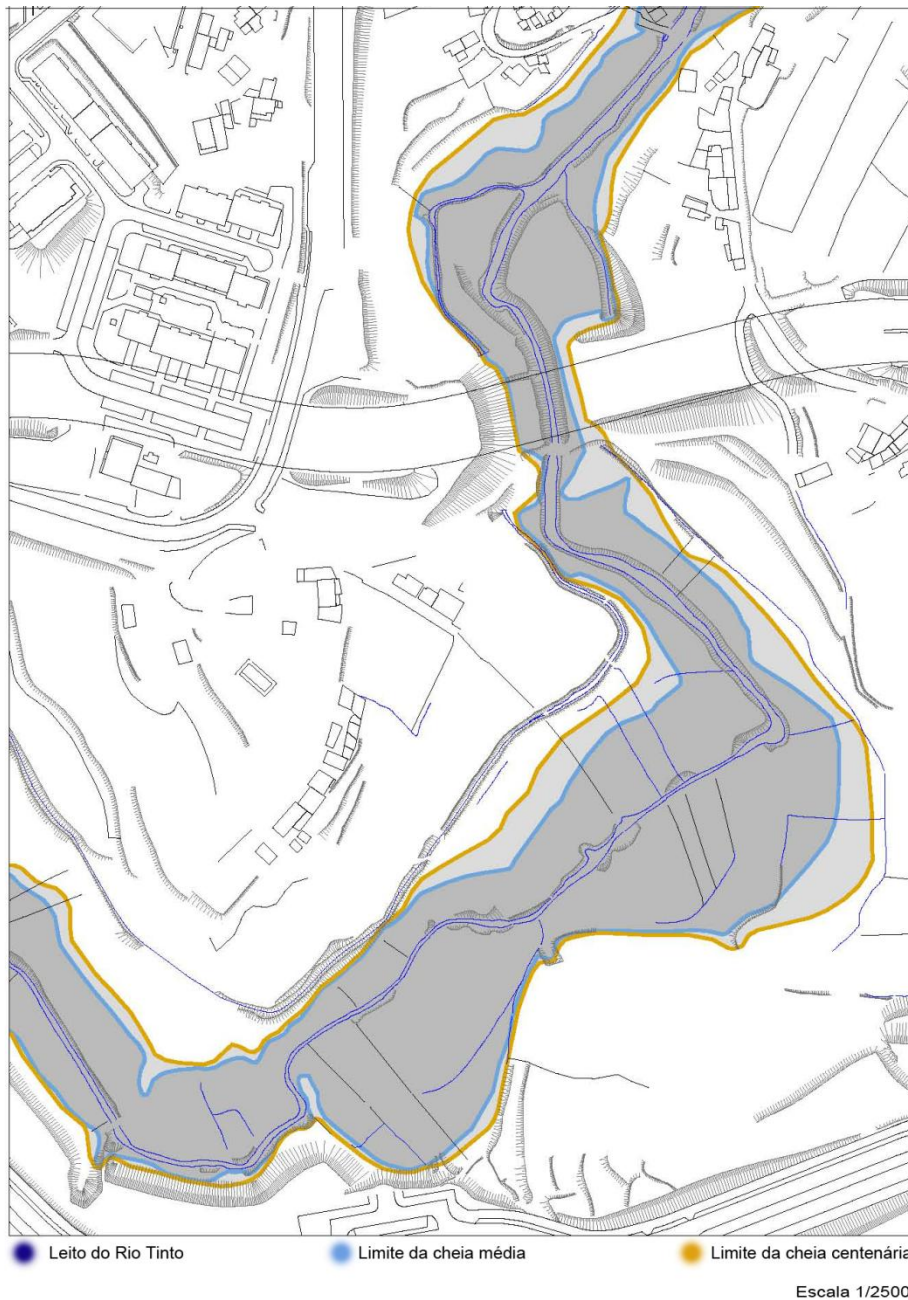


Figura 4.5 – Representação esquemática dos limites de cheias média e centenária

Constata-se que no troço-piloto o limite da cheia centenária não varia significativamente em relação ao limite da cheia média. No entanto, verifica-se que em ambos os casos a água inunda o leito e atinge consideráveis distâncias, cerca de 25 m para a cheia média e 30 m para a cheia centenária. No anexo I estão indicadas as respectivas larguras de inundação para as

margens esquerda e direita do rio, em ambos os cenários de simulação, para diversas secções ao longo do troço-piloto do Rio Tinto.

Apesar de os valores obtidos resultarem de uma simulação baseada em condições diferentes das actuais (usos do solo adjacente ao rio no troço-piloto terão sofrido alterações, nomeadamente onde foi criado o Parque Oriental), referentes à data da sua realização em 2006, permitem prever o comportamento e funcionamento do rio face a condições de cheia semelhantes que se venham a verificar.

❖ **Qualidade da água**

A monitorização da qualidade da água do Rio Tinto no Concelho do Porto é da responsabilidade da Águas do Porto, E.E.M., a qual procura fazer amostragens mensais para análise de três parâmetros: temperatura, coliformes fecais e carência química de oxigénio (CQO). O registo contínuo destes parâmetros data de 2007, no entanto, existem algumas lacunas e não existe um efectivo registo mensal de todos estes parâmetros. Em certas amostragens foi feita também uma determinação do caudal escoado, igualmente representado nos resultados.

As amostras para monitorização de qualidade da água são recolhidas em cinco pontos de amostragem, ao longo do percurso do Rio Tinto no Porto: *Foz, Foz - lomba, ETAR do Freixo, Ponte de Azevedo e Viaduto da IC29*; destes, foram seleccionados quatro para apresentação de resultados, tendo-se excluído o local *Foz – lomba*, pelo facto de o registo ser menos completo que o local *Foz*.

Os resultados da análise da qualidade da água serão apresentados sob a forma gráfica e por local de amostragem.

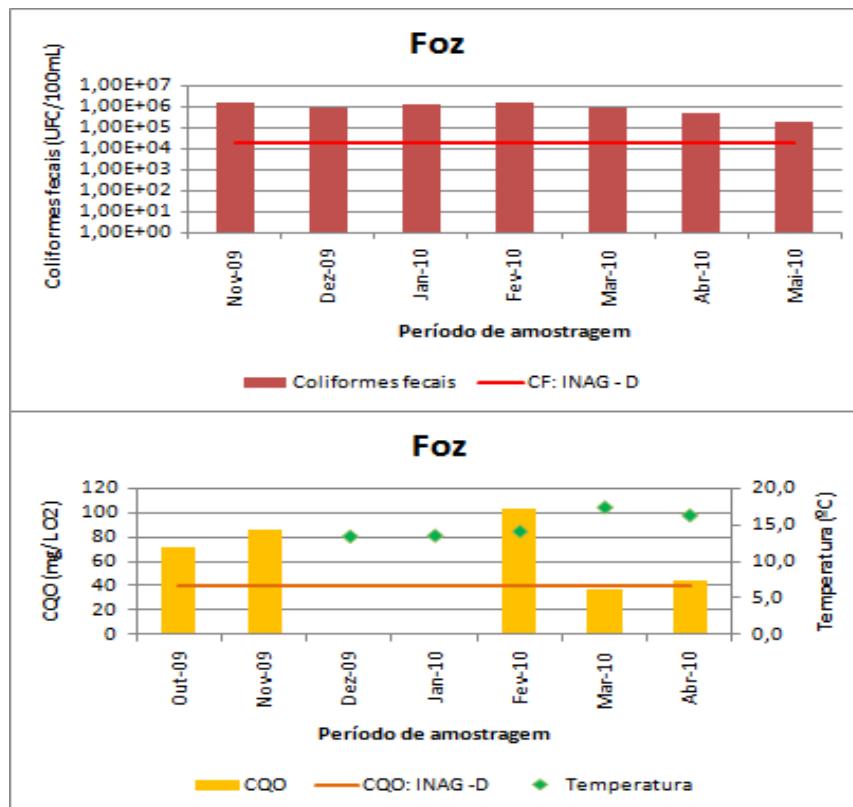


Figura 4.6 - Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto à Foz

Relativamente à Foz do Rio Tinto é evidente o reduzido período de amostragem, tendo-se iniciado apenas em Outubro de 2009. Neste período não foi feita qualquer medição de caudal no local e nos meses de Dezembro de 2009 e Janeiro de 2010 não se analisou a CQO.

Especificamente em relação à qualidade da água, verifica-se que os valores indicados pelo INAG que classificam uma água como “Má” são totalmente excedidos para os coliformes fecais, e na maioria dos casos para a CQO.

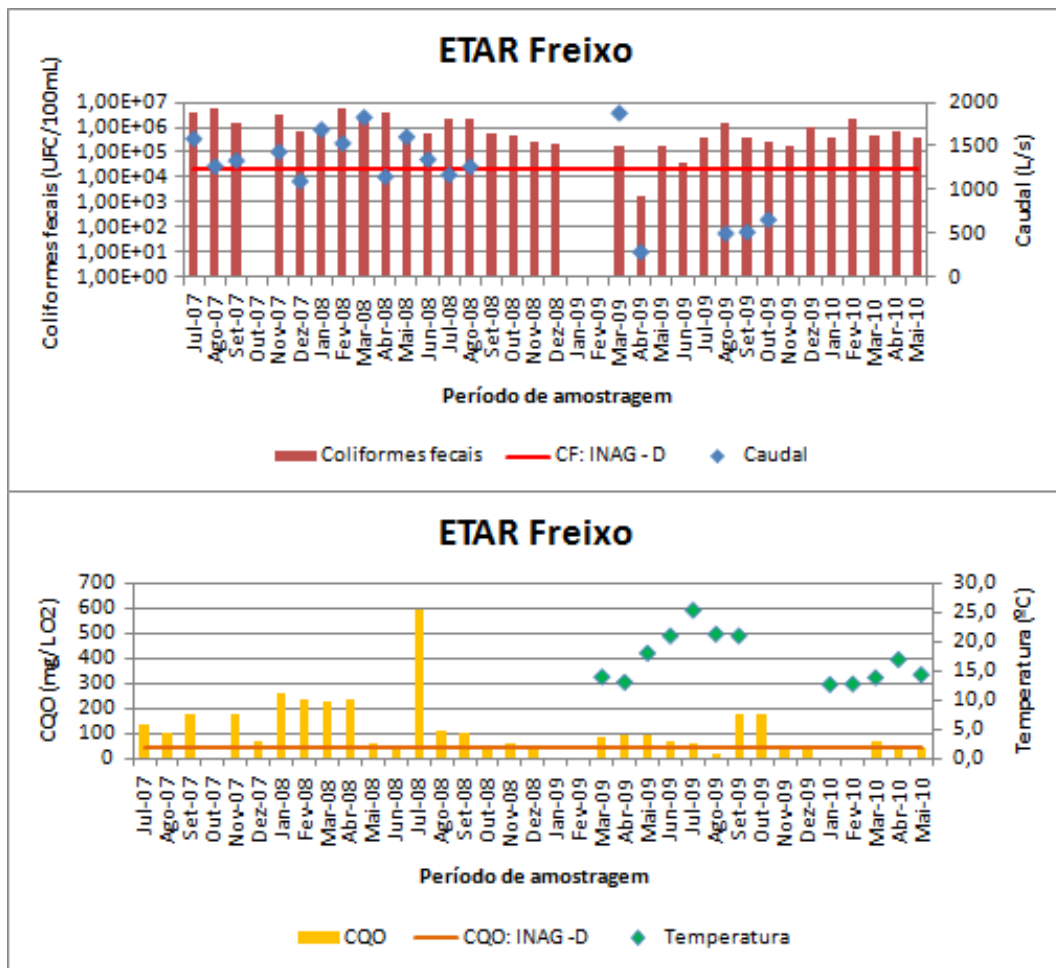


Figura 4.7 – Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto à ETAR do Freixo

Junto à ETAR do Freixo, o período de amostragem é visivelmente mais alargado, porém existem alguns meses onde não foram determinados caudais, coliformes fecais, CQO e temperatura.

À semelhança da Foz, também este local é caracterizado por elevados níveis de coliformes fecais na água, classificando-a como “Má”, com base na classificação proposta pelo INAG para fins múltiplos. No entanto, e apesar de não muito evidente, desde 2009 estes valores são tendencialmente inferiores, relativamente ao período de 2007/2008, possivelmente como reflexo do aumento do número de habitações ligadas à rede de saneamento básico.

Em relação aos valores de CQO, estes excedem na sua maioria o limite que atribuí à água uma classificação de “Má”. Nos meses de Julho de 2008 e Setembro e Outubro de 2009 podem observar-se uns picos de concentração, porém, é de notar a redução dos níveis de CQO desde o início de 2008 até à actualidade.

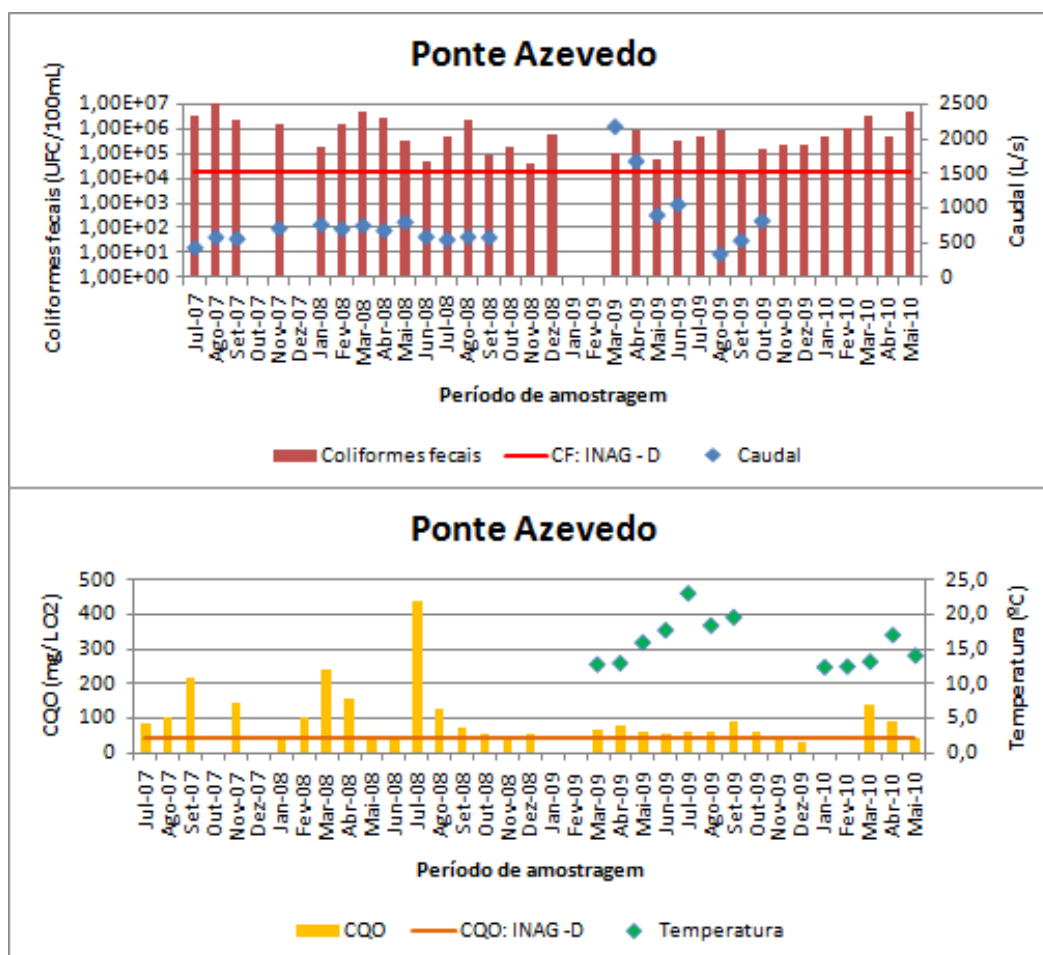


Figura 4.8 - Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto à Ponte de Azevedo

Junto à Ponte de Azevedo, as condições são semelhantes às verificadas nos pontos anteriores. A poluição fecal é igualmente evidente, já que em todas as datas amostradas o valor de coliformes fecais excedeu o limite proposto pelo INAG para a classificação da água como “Má”; no período de amostragem considerado, em quatro meses não foi analisado este parâmetro.

Relativamente à CQO, os valores também excedem, na maioria das vezes, o limite previsto pelo INAG, porém é evidente a redução da concentração actual da CQO face aos valores registados em 2007 e 2008; em relação aos de 2009 nota-se uma ligeira subida.

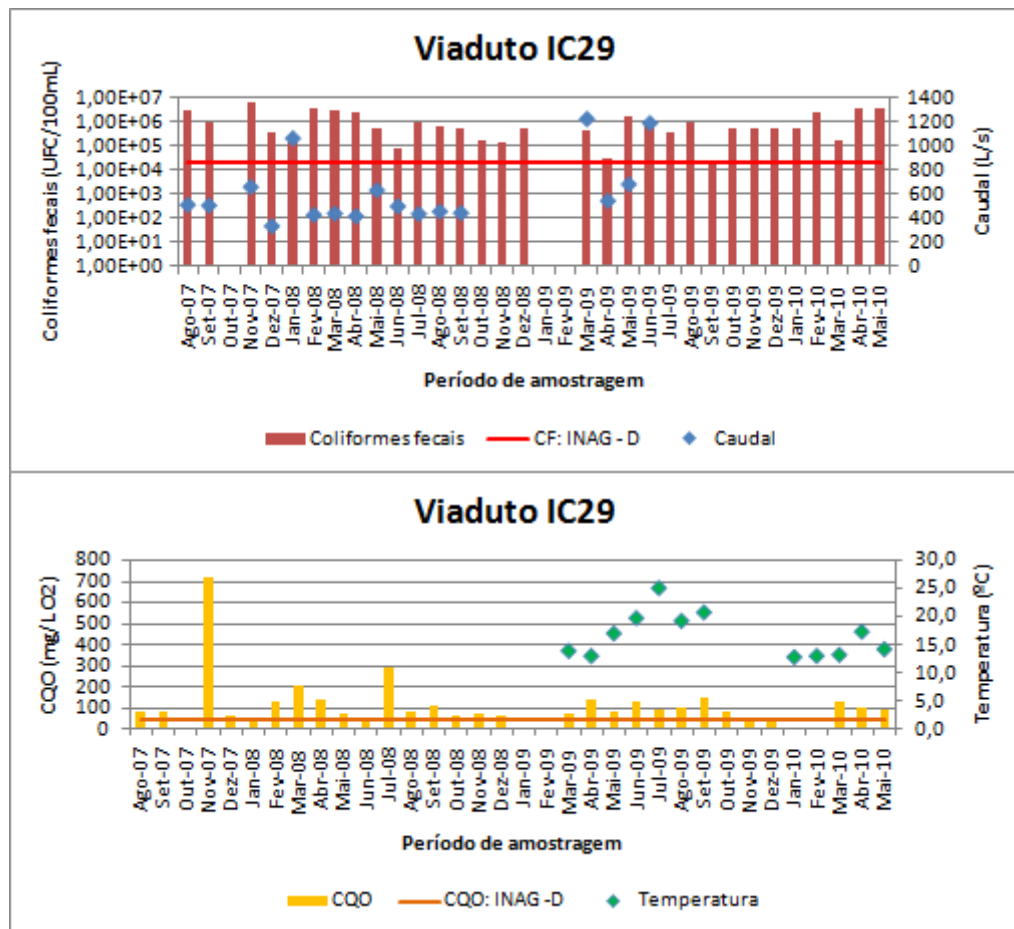


Figura 4.9 - Representação gráfica da qualidade da água do Rio Tinto junto ao Viaduto da IC29

Também junto ao Viaduto da IC29, predominam as falhas no período de amostragem e também o exceder dos valores limite para os parâmetros coliformes fecais e CQO. Neste local, relativamente à CQO, à excepção de alguns picos de concentração os valores amostrados não evidenciam qualquer tendência decrescente.

Na sua generalidade, em todos os pontos de amostragem não é evidente um padrão que se possa associar à época do ano ou até mesmo ao local, eventualmente devido ao facto de ser feita uma amostragem mensal pontual, que reflecte a qualidade da água apenas naquele momento, podendo por vezes induzir em erro relativamente habitual. Tanto para os coliformes fecais como para a CQO os valores encontrados são aparentemente aleatórios, no entanto, evidenciam o elevado estado de degradação da qualidade da água no Rio Tinto, uma vez que maioritariamente excedem os valores limite indicados pelo INAG que atribuem uma classificação de “Má” ao curso de água em questão.

Devido às obras que têm vindo a ser feitas pela Águas do Porto, E.E.M., no sentido de aumentar o número de habitações ligadas à rede de saneamento público (minimizando as descargas directas no Rio Tinto), seria expectável uma evidente redução dos valores de coliformes fecais na água; porém, esta redução pode não ser tão evidente também devido à carga poluente que chega ao Rio Tinto no Concelho do Porto, vinda dos Concelhos a montante.

A análise destes dois parâmetros evidencia a necessidade urgente de intervir no que respeita à qualidade da água no Rio Tinto no Concelho do Porto, uma vez que os resultados obtidos no período de amostragem classificam esta água como “Má”, de acordo com a caracterização prevista pelo INAG para águas superficiais para fins múltiplos.

Também a necessidade de um controlo mais contínuo se revela ser fundamental, isto é, deveria ser garantida uma amostragem mensal de coliformes fecais, CQO, temperatura e caudal.

4.1.1. Caracterização geral do troço-piloto a reabilitar

O troço-piloto escolhido para a reabilitação de margens corresponde ao ilustrado na figura 4.10), que vai desde a ponte de Pêgo Negro até ao limite jusante do Parque Oriental, onde percorre cerca de 1 km. Esta foi uma zona fortemente afectada pelas passadas cheias de Dezembro, o que contribuiu para a forte erosão e parcial destruição das margens do Rio Tinto.



Figura 4.10 - Identificação do troço-piloto a reabilitar e dos respectivos focos de poluição e locais prioritários para estabilização de margens

De um modo geral, as margens ao longo do troço-piloto encontram-se bastante degradadas (existem inúmeros pontos de erosão onde as margens chegam a estar destruídas) e com elevadas quantidades de resíduos diversificados (vegetação arrancada, plásticos, pneus, objectos metálicos, inertes, entre outros). Além das zonas de evidente instabilidade das margens, na figura 4.9 estão ainda representados os principais focos de poluição identificados nas visitas ao local. Considerando qualquer tipo de intervenção torna-se comum e prioritário remover todo o tipo de resíduos do leito e margens, e se necessário remover a vegetação indesejada.

A caracterização feita baseou-se na observação *in loco* (suportada por registo fotográfico) de diferentes sub-troços do troço-piloto, representados na figura 4.10, e apresenta-se de seguida.

- **St1-2: Ponte de Pêgo Negro – açude**

No troço situado entre a Ponte de Pêgo Negro e o açude, de um modo geral, em toda a sua extensão verificam-se características similares tornando-o um troço homogéneo mas que difere dos restantes (figura 4.11).



Figura 4.11 – Vista geral das margens do Rio Tinto a jusante da Ponte de Pêgo Negro e pormenor da margem esquerda caída no leito (à esquerda)



Figura 4.12 – Aspecto superficial da água junto à Ponte de Pêgo Negro e pormenor de uma descarga ilegal directa no rio (à direita)

Apesar de visivelmente afectado pelas referidas cheias (remoção de árvores de grande porte e margem esquerda parcialmente destruída), é um local não muito degradado mas onde é evidente a elevada poluição da água. Além do aspecto e odor que se fazem sentir no local, é possível identificar descargas ilegais directamente no rio (figura 4.12).

Uma vez que este sub-troço se caracteriza por um escoamento pouco turbulento, poderá optar-se por técnicas de estabilização de margens exclusivamente naturais que permitam o livre escoamento do rio e a sua penetração nas zonas adjacentes às margens.

Analisando de forma mais cuidada este troço, pode dizer-se que a margem direita do rio se encontra praticamente intacta, e apenas a margem esquerda reflecte de forma mais evidente a acção das cheias, visível nas figuras seguintes.



Figura 4.13 – Panorâmica geral do sub-troço em termos vegetativos (em cima); Existência de resíduos no leito e margens (em baixo)

A observação das fotografias apresentadas anteriormente permite constatar a necessidade de primeiramente efectuar uma limpeza e desobstrução das margens. No leito do rio, junto às margens, encontram-se não só resíduos depositados durante as cheias, mas também restos de árvores arrancadas pela corrente e ramos. A margem esquerda é não só a mais degradada como também a que dispõe de menos espaço livre para intervenção, uma vez que existem habitações aí construídas (figura 4.11). Junto à margem direita encontra-se apenas um campo agrícola, sem qualquer tipo de cultivo. No entanto, as fotografias anteriores evidenciam também a predominância de vegetação no local e conseqüentemente o potencial valor ecológico deste sub-troço (figura 4.13).

No açude propriamente dito a situação é semelhante (figura 4.14). Existem grandes quantidades de resíduos no próprio açude, bem como nas margens, e o mau estado de conservação e grau de erosão das margens é facilmente visível, como evidenciam as figuras seguintes.

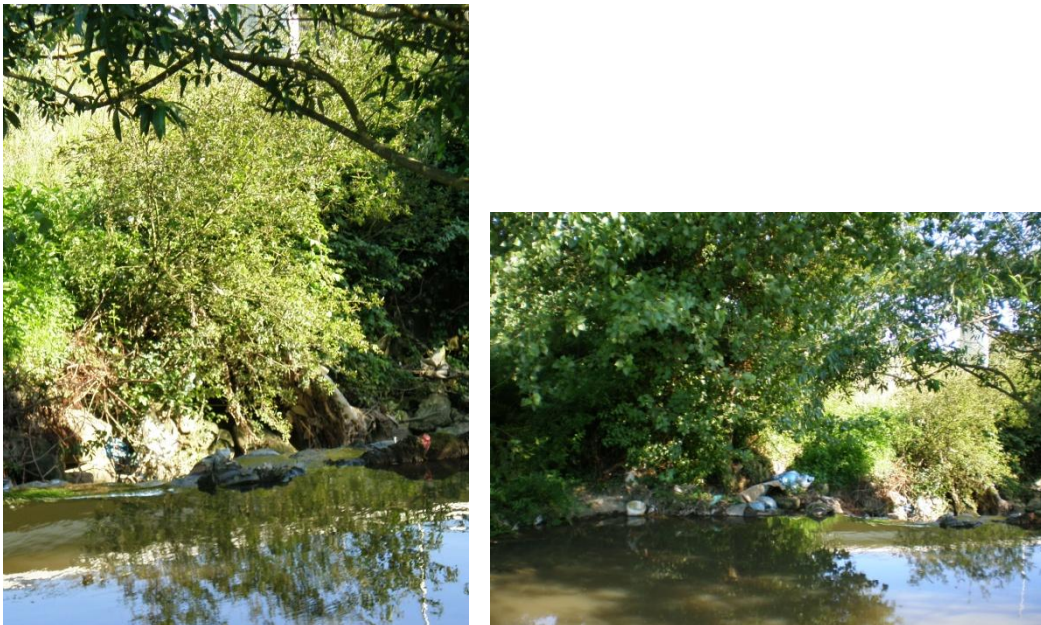


Figura 4.14 - Pormenor do açude (à esquerda) e vista geral do açude (à direita)

- **St2-3: Açude - passagem junto à IC29**

O sub-troço situado entre o açude a jusante da Ponte de Pêgo Negro e montante da passagem junto ao viaduto da IC29 é uma zona de escoamento mais turbulento, o que implica técnicas que suportem maiores forças erosivas.

Este sub-troço caracteriza-se pela predominância de margens de pequena altura bastante degradadas mas com uma grande predominância de vegetação. Existem alguns resíduos, aparentemente deixados pelas correntes de cheia, que são maioritariamente resíduos plásticos de pequenas dimensões, os quais deverão ser removidos e devidamente encaminhados para o destino final adequado.

Uma vez que a altura das margens se encontra praticamente à altura da superfície da água em condições normais, qualquer variação de caudal, ainda que não muito significativa, levará o escoamento a transbordar o leito.



Figura 4.15 - Vista geral do sub-troço considerado

Dada a abundante presença de vegetação, este é um local com elevado potencial de promoção da biodiversidade e criação de um espaço de lazer.

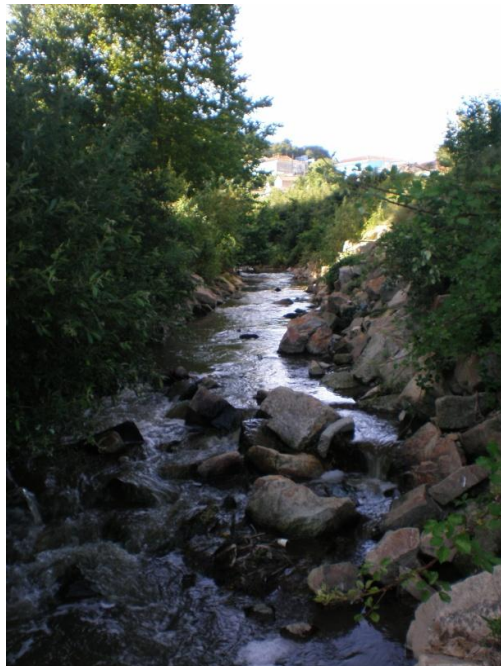


Figura 4.16 - Vista para montante da passagem junto à IC29

A zona imediatamente a montante da passagem junto à IC29 tem características ligeiramente diferentes. O escoamento é igualmente mais acelerado, mas as margens são sustentadas por enrocamento, e não apenas vegetação; contudo, este enrocamento está parcialmente caído, obstruindo o leito, o que demonstra a instabilidade das margens no local (figura 4.16).

Tanto na margem esquerda como na margem direita existem algumas habitações, o que possivelmente limitará qualquer proposta de intervenção de reabilitação. Em relação à qualidade da água, as condições mantêm-se; a água tem um aspecto muito turvo e o odor que se faz sentir é igualmente desagradável.

- **St4-5: jusante da passagem junto à IC29**

Este sub-troço caracteriza-se por margens muito degradadas e parcialmente caídas. Na zona imediatamente a jusante da passagem junto ao viaduto da IC29 é visível a necessidade de espaço do rio em situação de cheia. Assim sendo, a intervenção de reabilitação das margens deve considerar tal facto e ser conduzida no sentido de alargar o leito do rio.



Figura 4.17 - Vista de jusante da passagem junto à IC29 e pormenor da forte erosão da margem esquerda do rio (à direita)

É uma zona onde predomina a existência de campos agrícolas em ambas as margens do rio, mas em certos casos sem qualquer tipo de cultivo. Relativamente à qualidade de água, o seu aspecto é muito turvo e, em alguns casos, de contaminado, como ilustra a figura 4.18.



Figura 4.18 – Aspecto superficial da água junto à passagem da IC29 e vidente poluição (aparentemente por gorduras)

Outro aspecto a salientar diz respeito ao elevado grau de degradação da referida passagem junto ao viaduto da IC29. Uma vez que é uma passagem diariamente utilizada como caminho de ligação entre as zonas adjacentes ao rio, será inviável a sua destruição. Porém, é conveniente que qualquer proposta de reabilitação vise a recuperação desta passagem e o seu adequado enquadramento, minimizando os possíveis impactes no local.



Figura 4.19 - Vista da passagem e das margens esquerda (à esquerda) e direita (à direita) junto à IC29

- **St5-6: Campos agrícolas**

Ambas as margens neste local são actualmente ocupadas por campos agrícolas. Não são evidentes locais de forte erosão, no entanto as margens encontram-se parcialmente degradadas devido essencialmente à presença de vegetação não cuidada.

Dadas as limitações ao nível do espaço, qualquer proposta de intervenção deve considerar prioritária a limpeza das margens e eventualmente o reperfilamento da margem esquerda, o qual poderá ser mais susceptível à erosão.

- **St6-7: Curva erodida**

Este é um forte ponto de erosão do troço-piloto, onde existe a jusante um pequeno açude. Dado o estado actual deste local, margem esquerda fortemente erodida, é notória a necessidade de espaço para o rio correr livremente.



Figura 4.20- Forte erosão sobre a margem esquerda a jusante do pequeno açude (em cima); enrocamento parcialmente caído no leito (em baixo)

Na sua margem direita existem actualmente campos agrícolas, sustentados por enrocamento degradado e alguma vegetação; a margem esquerda, praticamente inexistente, mas onde existe alguma vegetação, insere-se já na área do Parque Oriental. A intervenção neste local torna-se prioritária, não só pelo elevado estado de degradação, mas também pelo potencial risco de derrocada (na margem direita) e risco que pode representar para os utentes do Parque (na margem esquerda)

- **St7-8: frente do Parque Oriental**

Toda esta faixa que se situa em frente à entrada do Parque Oriental pode ser designada como prioritária, dado o elevado estado de degradação das margens neste troço do rio. É uma zona com um caudal significativo e tendencialmente turbulento, cujas margens estão totalmente sustentadas por muros de pedra, que se pensa terem sido construídos pelos agricultores há diversos anos. Dadas as características do escoamento neste local e a eventual instabilidade das margens, o referido enrocamento encontra-se muito degradado e na maioria dos locais já terá sido removido e arrastado pelo curso de água (figura 4.21 à esquerda).

Nomeadamente na margem esquerda, junto ao Parque Oriental, existem locais onde não só já não existe muro, como é evidente o arrastamento da própria margem, em consequência da sucessiva erosão (figura 4.21 à direita). Tal facto remete também para necessidade de alargamento do leito, de forma a dar espaço ao rio, o qual poderá ser obtido através de patamares, dada a ocupação do solo adjacente.



Figura 4.21 – Ilustração do estado de degradação das margens e leito do rio na zona central do Parque Oriental

Ainda neste sub-troço foi possível constatar a existência de grandes quantidades e variedades de resíduos, desde estruturas em betão, vegetação de grande porte, ramos de árvores, plásticos finos e outros objectos de plástico, pedras a obstruir o leito, entre outros. À semelhança do que já foi dito relativamente a outros sub-troços, também aqui é prioritário proceder à limpeza de leito e margens, encaminhando os resíduos para o respectivo destino final adequado.



Figura 4.22 – Evidência da presença de resíduos nas margens e leito do rio na zona do Parque Oriental

No registo fotográfico é possível observar o aspecto da água, o qual reflecte o seu estado de qualidade, e numa das visitas feitas ao local foi ainda possível observar, junto ao leito, indivíduos de espécies que evidenciam poluição (ratos).

- **St8-9: zona final do Parque Oriental**

Esta zona corresponde ao limite sul do Parque Oriental, caracterizada por elevadas velocidades de escoamento e margens sustentadas por muros de pedra visivelmente degradados.

Tal como o sub-troço anterior, a margem esquerda é contígua ao Parque Oriental, e a margem direita é maioritariamente ocupada por terrenos agrícolas. Neste local existe ainda uma ponte, inicialmente construída em betão, que actualmente se encontra parcialmente destruída.



Figura 4.23 - Ponte parcialmente destruída na zona final do Parque Oriental

É evidente que a construção da ponte, tal como se encontra, não se adequa às condições do escoamento, não tendo capacidade para o suportar em situação de caudais mais elevados. Uma das prioridades será recuperar a referida ponte, dando-lhe as características necessárias para o correcto escoamento do rio.

Face à caracterização actual do troço-piloto seleccionado, e à necessidade de intervenção local, definiram-se como principais objectivos de reabilitação das margens do troço Ponte de Pêgo Negro – Limite jusante do Parque Oriental os seguintes:

- Requalificar e estabilizar as margens;
- Valorizar os habitats em estado crítico;
- Garantir a protecção da erosão;
- Garantir o suporte de cheias;
- Atrair a população às imediações do Rio Tinto, promovendo o contacto entre os utilizadores e os elementos naturais;
- Enquadrar a linha de água na malha urbana envolvente;
- Promover a biodiversidade;
- Contribuir para a implementação da DQA e Lei da Água.

Contudo, a implementação e cumprimento destes objectivos deve assentar numa caracterização pormenorizada do local a intervir, a qual não pôde ser feita no âmbito desta dissertação, por falta de tempo, meios e formação pessoal. Para colmatar esta lacuna, fez-se uma breve caracterização físico-química e biológica da qualidade da água no local, ilustrada pelo ponto de amostragem “Viaduto IC29” a apresentou-se de forma simplificada, para o troço-piloto, a caracterização do regime de caudais do Rio Tinto.

4.2. DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS

A solução proposta nesta dissertação para a intervenção nas margens do Rio Tinto no Concelho do Porto, com vista à sua estabilização e reabilitação, tem por base a definição de cenários, resultando a solução proposta da sua conjugação. Porém, a solução proposta não se limita exclusivamente à estabilização das margens e pretende enquadrar o rio na sua envolvente, dando ênfase à noção de corredor fluvial.

Assim, a caracterização dos diferentes cenários propostos tem subjacentes cinco conceitos, considerados fundamentais na reabilitação do espaço ribeirinho. Estes conceitos são:

- Qualidade da água;
- Biodiversidade;
- Estabilização de margens e controlo de cheias;
- Ocupação do solo;
- Participação pública.

Relativamente à qualidade da água, para cada cenário, será definida a qualidade mínima que a água deve ter e eventuais soluções para a sua melhoria. No que diz respeito à biodiversidade, serão definidos padrões qualitativos de biodiversidade para o local, bem como as intervenções necessárias para o seu desenvolvimento. Definir-se-á ainda, para cada cenário, a função do corredor fluvial perante fenómenos de cheia, com base nas soluções propostas para a estabilização das margens, bem como a ocupação do solo adjacente ao leito do rio. A participação pública e o modo como esta será feita são também um aspecto a considerar na definição dos diferentes cenários.

Nos subcapítulos seguintes são indicados e descritos os diferentes cenários, bem como justificadas as diferentes opções tomadas, suportadas pelos critérios anteriormente estabelecidos.

4.2.1. Cenário 0 – Ausência de Intervenção

O designado *Cenário 0* caracteriza-se pela *ausência de intervenção*, isto é, pretende não só referir-se ao estado actual do troço-piloto, como prever a evolução do local caso nada seja feito.

Na caracterização feita no capítulo 4.1 foi já possível constatar o elevado grau de degradação do Rio Tinto, relativamente a diversos aspectos, como a qualidade da água, a presença de biodiversidade, a estabilidade das margens e a ocupação do solo.

De um modo geral, caso não seja proposto e executado qualquer tipo de intervenção prevê-se que o estado actual em que se encontra o troço-piloto se agrave ainda mais, devido à sua consecutiva degradabilidade e vulnerabilidade, e se repercuta não só no leito do rio, mas também nas zonas adjacentes.

Relativamente à qualidade da água, se nada for feito, prevê-se a sua consecutiva degradação, cujos impactes se farão sentir ao nível do leito (na impossibilidade de potenciar o desenvolvimento de biodiversidade aquática faunística e florística) e nas margens (pela degradação das condições de desenvolvimento da vegetação). Do ponto de vista social, a qualidade da água é uma questão fundamental, uma vez que, tal como se encontra actualmente, tem um impacte visual negativo (cor e aspecto desagradáveis) associado a um odor bastante desagradável. Tal facto, para além de se tornar uma questão de saúde pública, potencia o abandono do espaço ribeirinho pelas pessoas, dado o elevado grau de desconforto.

No que respeita à biodiversidade, já foi sumariamente referido, as condições actuais do curso de água condicionam significativamente o seu desenvolvimento. A vegetação ribeirinha encontra-se muito degradada e cada vez mais susceptível, não se reunindo as condições necessárias para a instalação de fauna neste corredor fluvial. Esta situação tenderá a agravar-se cada vez mais se nada for feito.

Em relação à capacidade de suporte de cheias, as condições actuais estão muito aquém do ideal ou até mesmo do indispensável. Nas passadas cheias de Dezembro foi notória a forma como o rio galgou as suas margens, degradando e até mesmo destruindo margens e infra-estruturas existentes, arrastando grandes quantidades de diversos tipos de resíduos, através do leito, mas também para os terrenos adjacentes. Se esta situação não for controlada, é de esperar que o rio se desenvolva livremente, procurando o espaço que ele necessita, agravando o grau de erosão dos locais mais problemáticos e criando novos pontos de erosão. Esta situação pode parecer a ideal, pelo facto de se pretender que o rio seja o mais natural possível, porém é necessário ter em consideração toda a envolvência do leito do rio, nomeadamente habitações e infra-estruturas já existentes, e a própria estabilidade dos solos.

A ocupação do solo é igualmente um factor muito importante num projecto de reabilitação. É necessário repensar a sua utilização, para que esta se adequue o mais possível ao correcto funcionamento do ecossistema em causa mas também que potencie a sua utilização pela população, criando uma certa harmonia entre os interesses do rio e os da população ribeirinha. Perante a situação actual do Rio Tinto, e na ausência de uma intervenção, os solos marginais continuarão a ser utilizados da forma que mais convier aos seus proprietários, independentemente das consequências nefastas que esse uso possa ter para o ecossistema: construção em leitos de cheia, práticas de agricultura intensiva, entre outras pressões sobre o sistema ribeirinho.

Importa também referir que este cenário, não prevê qualquer tipo de intervenção pública, ou seja, tudo permanece tal como está, e cria-se uma espécie de hábito e resignação perante a situação actual. Perante a situação de degradação actual do Rio Tinto, quer ao nível da qualidade da água quer ao nível das suas margens, as populações ribeirinhas e eventuais utilizadores do espaço não se sentem motivados para a sua participação activa na recuperação do corredor fluvial, e continuam a ignorar as potencialidades deste rio, tornando-o uma espécie de “contentor do lixo”.

A tabela seguinte pretende, de uma forma resumida e simplificada, caracterizar os principais aspectos que definem o cenário 0.

Tabela 4.3 – Caracterização geral do Cenário 0

Funcionamento geral	Degradação contínua do ecossistema ribeirinho
Qualidade da água	Classificada como “Má”
Biodiversidade	Presente mas reduzida
Estabilização de margens	Instabilidade das margens
Ocupação do solo	Indiscriminada
Participação pública	(não se aplica)

4.2.2. Cenário 1 – Ideal

O Cenário 1 pretende representar as condições consideradas ideais para o rio, desprovidas de pontos problemáticos, independentemente de qualquer tipo de limitação, daí a sua designação de *Ideal*. É um cenário que apresenta solução para todos os problemas identificados e paralelamente valoriza o espaço em todas as suas dimensões: ambiental, ecológica, social, entre outras.

Genericamente, o cenário ideal poderia ser descrito do seguinte modo:

- Curso de água totalmente naturalizado;
- Ausência de todo o tipo de pressões até ao limite do leito de cheia;
- Elevada diversidade de fauna e flora;
- Espaço de usufruto público sustentável;
- Corredor ver perfeitamente integrado na malha urbana;
- Qualidade da água “Excelente”.

A concretização deste cenário assenta nos seguintes pressupostos:

- Não existe qualquer limitação a nível económico-financeiro;
- O tempo para execução do projecto não é uma limitação;
- Todo o espaço necessário será utilizado para os fins definidos;
- Será realizada qualquer acção que vise o cumprimento dos objectivos.

➤ **Qualidade da água**

Idealmente, a qualidade da água deve ser tal que permita a sua classificação como “Excelente”, de acordo com a classificação prevista no INAG, (2010) (tabela 3.2); as medidas devem ser implementadas no sentido de resolver de forma completa o problema e dotar o rio de estruturas que potenciem a melhoria continua da qualidade da água. Face à qualidade actual da água do Rio Tinto, as acções devem ser conduzidas de forma a:

- Identificar e eliminar todas as descargas e ligações indevidas, que descarregam directamente no rio;
- Garantir que os efluentes tratados nas estações de tratamento de águas residuais apenas são lançados após o devido tratamento, e não alteram a “Excelente” qualidade da água nem perturbam de forma alguma o ecossistema;
- Recuperar as águas pluviais em bacias de retenção, evitando a entrada directa de água no leito do rio.

➤ **Biodiversidade**

Perante um cenário ideal, este corredor fluvial deverá funcionar como uma mancha de biodiversidade numa malha tipicamente urbanizada, isto é, ainda que posicionado entre habitações, indústrias, vias de comunicação, etc., o rio deverá apresentar-se quase como um sistema isolado repleto de espécies que originalmente caracterizavam a zona. Esta

biodiversidade deve respeitar a ictiofauna, avifauna, répteis e também espécies vegetais. Para que esta biodiversidade se instale e subsista devem ser criadas as respectivas condições:

- No leito: qualidade da água que permita a existência de peixes, plantas aquáticas e restante vegetação ribeirinha; passagens para peixes que lhes permitam a subida do rio;
- Nas margens: estabilidade e condições de instalação e subsistência de vegetação;
- Nas zonas adjacentes: qualidade dos solos para instalação de vegetação; criação de micro habitats, com as características necessárias à fixação de aves, anfíbios e répteis.

A definição destas características depende do tipo de espécies que mais se adequa ao ecossistema em causa.

A adequabilidade das espécies ao local é um parâmetro fundamental, porém é conveniente considerar, de entre as possíveis, a selecção de espécies que tipicamente são melhor aceites pela população.

➤ **Estabilização de margens**

A estabilização das margens de um rio com vista à criação de um corredor fluvial ideal deverá recorrer única e exclusivamente a técnicas estruturais naturais (técnicas de bioengenharia); como tal, a utilização de cimentos e betões, gabiões ou até mesmo enrocamentos, será desde logo excluída. Contudo, as opções de estabilização definidas deverão permitir um efectivo controlo da erosão das margens, bem como assegurar a capacidade de resposta do rio a situações de cheia. As diferentes técnicas propostas para este troço-piloto são:

• **St1-2: Ponte de Pêgo Negro – açude**

- Na margem direita: colocação de rolo de fibra de coco; criação de percurso pedonal;
- Na margem esquerda: reperfilamento do talude com auxílio de estacaria viva e colocação de vegetação;
- No açude: recuperação do próprio açude nomeadamente com vista à construção de uma passagem para peixes, pelo facto de ser o primeiro açude de dimensão considerável desde o Estuário do Douro.

• **St2-3: Açude – passagem junto à IC29**

- Na margem direita: recuperação da vegetação existente; criação de percurso pedonal;

- Na margem esquerda: reperfilamento e revegetação da margem;
- Montante da passagem: redução da inclinação dos taludes e revegetação;
- Na passagem: destruir a actual passagem e construir uma ponte com a mesma finalidade, mas com materiais mais naturais como por exemplo madeira.

- **St4-5: jusante da passagem junto à IC29**

- Na margem direita: colocação de cribwall;
- Na margem esquerda: reperfilamento da margem para alargamento do leito e colocação de vegetação; criação de percurso pedonal

- **St5-6: campos agrícolas**

- Em ambas as margens: proceder ao reperfilamento das margens e, mediante análise da vegetação já existente, revegetar as margens com espécies que estejam ausentes e possam promover a biodiversidade.

- **St6-7: curva erodida**

- Na margem esquerda: aterrar esta zona com terra vegetal para aumentar a altura da margem, sustentando-a com vegetação;
- Em ambas as margens: reperfilamento das margens para alargamento do leito.

- **St7-8: frente do Parque Oriental**

- Em ambas as margens: correcção dos taludes, para uma inclinação de cerca de 2:1 – 1:1 e proceder à sua revegetação; uma vez que é uma zona de velocidade de escoamento elevada poderia recorrer-se à utilização de estacaria viva como reforço.

- **St8-9: zona final do Parque Oriental**

- Em ambas as margens: colocação de cribwall;
- Na ponte: alargamento do leito e destruição da ponte existente; se necessário, para utilização pública, construir uma ponte em madeira.

➤ **Ocupação do solo**

Idealmente, a utilização do espaço adjacente à linha de água deve corresponder ao cumprimento das funções do corredor fluvial, nomeadamente, a promoção da biodiversidade

e o seu equilíbrio com a utilização pela população. Neste sentido, a reabilitação do troço-piloto para concretização de um espaço ideal deve considerar os seguintes aspectos:

- Ausência de infra-estruturas artificializadas em toda a área de Domínio público hídrico;
- Criação zonas de lazer e espaços lúdicos que atraiam a população: parques, centros de educação ambiental, zonas com identificação de espécies presentes, etc.
- Criação de caminhos pedonais e cicláveis que potenciem o usufruto do espaço.

Especificamente, estas medidas poderão ser concretizadas da seguinte forma:

- Criação de caminho pedonal/ciclável na margem direita do rio, desde a Ponte de Pêgo Negro até à passagem junto à IC29;
- Utilização do Parque Oriental como zona de lazer;
- Criação de um centro de educação ambiental na margem direita do rio, junto ao actualmente designado *St5-6:campos agrícolas*;
- Na zona do Parque Oriental, colocar algumas placas informativas com identificação de espécies existentes na zona.

➤ **Participação pública**

Num cenário ideal, a participação pública é tanta quanto possível. Se a criação do espaço visa o seu usufruto principal pela população ribeirinha, é importante que esta participe activamente nas decisões e estas, por sua vez, vão de encontro às necessidades da população. Participando activamente em todas as fases do projecto a população não só expressa a sua opinião como se responsabiliza pelo sucesso da intervenção e se envolve particularmente com todos os aspectos abordados. Assim sendo, idealmente, a participação pública de verá ocorrer da seguinte forma:

- Na fase de projecto: tomar conhecimento das acções previstas e ter voz activa na sugestão de medidas que lhes possam ser mais convenientes;
- Durante a execução do projecto/intervenção: acompanhar, de forma calendarizada, a evolução da obra, podendo identificar potenciais problemas e propor soluções;
- Após a conclusão da intervenção: através de acções de sensibilização e educação ambiental, avaliar o estado do rio e participar activamente na sua conservação; eventualmente integrar o Projecto Rios, através da adopção de troços do rio; frequência do Centro de Educação Ambiental.

Uma vez que este cenário pretende aproximar-se duma situação naturalizada, em que o estado do rio após a intervenção se assemelha ao seu estado inicial (praticamente sem intervenção humana), a figura seguinte pretende representar estas condições.



Figura 4.24 - Representação esquemática da proposta de reabilitação face ao Cenário Ideal

A estimativa orçamental prevista para este tipo de intervenção está indicada na tabela

Tabela 4.4 - Estimativa orçamental para o Cenário Ideal

Designação Trabalhos	Quantidades	Unidades	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
Trabalhos Preparatórios	1	vg	5.000	5.000
I - Rio				
Limpeza e Desmatação Selectiva da Vegetação	1.000	ml	6,00	6.000,00
Limpeza e Remoção de Resíduos	1.000	ml	12,00	12.000,00
Estabilização de Margens	1.000	ml	36,25	36.250,00
Desentubar	100	ml	27,00	2.700,00
Escada para Peixes	1	vg	1.000,00	1.000,00
Plantação	1.000	ml	1,00	1.000,00
II - Percurso				
Placas Indicativas	1.000	ml	2,50	2.500,00
Pavimentação em Betuminoso Colorido	600	m ²	30,25	18.150,00
Pontes	2	un	9.586,15	19.172,30
III - Participação Pública e Monitorização	1	vg	7.000,00	7.000,00
			TOTAL	110.772,30

A tabela seguinte contém os objectivos gerais da intervenção para cada uma das categorias analisadas.

Tabela 4.5 – Caracterização geral do Cenário Ideal

Funcionamento geral	Resolução de todos os problemas e valorização ecológica e social do espaço
Qualidade da água	Classificação como “Excelente”
Biodiversidade	Presença do maior número de espécies autóctones
Estabilização de margens	Margens estabilizadas e controlo de erosão e cheias, com base em técnicas de bioengenharia
Ocupação do solo	Sustentável e não conflituosa com a esperada função do corredor
Participação pública	Total

4.2.3. Cenário 2 – Minimalista

O *Cenário 2* foi designado de *minimalista*, uma vez que o seu objectivo é simplesmente resolver os problemas identificados como prioritários. Paralelamente, é um cenário que visa a resolução dos problemas de forma condicionada, isto é, as soluções apontadas poderão não ser as mais eficazes, devido a limitações económicas, à disponibilidade de tempo para a execução da obra, entre outras. De um modo geral, pode dizer-se que este cenário pretende identificar as soluções que garantem o funcionamento mínimo do rio, as quais serão seguidamente descritas.

A concretização deste cenário assenta nos seguintes pressupostos:

- Apenas serão resolvidos problemas prioritários;
- Existem limitações económico-financeiras;
- Os actuais usos do solo poderão ser uma limitação à intervenção;
- O tempo para execução do projecto poderá ser condicionado;

➤ **Qualidade da água**

Relativamente à qualidade da água, este cenário prevê um conjunto de soluções que permitam a sua classificação como “Razoável”, de acordo com a classificação proposta pelo INAG, (2010) para a classificação dos cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos (Capítulo 3, figura 3.2). Subjacente a esta melhoria da qualidade físico-química e biológica da qualidade da água, está a sua melhoria em termos de aspecto visual superficial (menor turvação e ausência de resíduos) e odor (minimização do odor a esgoto).

As propostas de intervenção que visam o cumprimento destes objectivos são:

- Limpeza e desobstrução do leito e margens, que actualmente possuem grandes quantidades de diferentes tipos de resíduos. É importante que, ao serem retirados,

estes resíduos sejam correctamente encaminhados para as respectivas entidades gestoras, consoante a sua tipologia;

- Melhoria da rede pública de saneamento para ligação das habitações à rede (redução das descargas directas de esgoto no rio);
- Identificação de eventuais ligações ilegais ao rio;
- Garantia de tratamento adequado dos esgotos domésticos que são depois encaminhados para o rio, de acordo com a legislação em vigor.

➤ **Biodiversidade**

Este cenário pretende promover a biodiversidade, quer faunística quer florística, mas não vai muito mais além da já existente no local, uma vez que, apesar do seu estado actual, é um rio com elevado potencial a este nível. Desta forma prevê-se:

- Aproveitamento e recuperação da vegetação existente;
- Reintrodução de alguma vegetação entretanto destruída;
- Eliminação de vegetação infestante ou indesejada;
- Instalação de algumas espécies vegetais características da região;
- Criação condições para instalação de fauna autóctone;

➤ **Estabilização de margens**

No que diz respeito à estabilização de margens, este cenário prevê a efectiva estabilização das margens, considerando também o controlo de erosão e de cheias. Neste cenário serão apenas considerados os locais prioritários, em termos de estabilização de margens, do troço-piloto em estudo.

Com base nas técnicas de estabilização de margens descritas no capítulo 2, propõe-se um conjunto de técnicas a aplicar especificamente nos diferentes sub-troços definidos. A selecção de dadas técnicas em detrimento de outras baseou-se na sua aplicabilidade ao local, nos custos associados, na capacidade de promoção de biodiversidade e na frequência de utilização em projectos semelhantes.

De um modo geral, as técnicas seleccionadas foram as mais comumente utilizadas em projectos de reabilitação de rios, as que satisfazendo os requisitos locais tinham menor custo de implementação associado e as que de algum modo promovessem a biodiversidade. As técnicas propostas são meramente de intervenção nas margens e não prevêem a alteração, substituição ou eliminação de estruturas físicas existentes no rio (açudes, passagens, pontes, etc.).

Assim sendo, para cada sub-troço (St_i) do troço-piloto, a proposta de técnicas de estabilização de margens é a seguinte:

- **St1-2: Ponte de Pêgo Negro – açude**

- Na margem direita: enrocamento imediatamente a jusante da ponte, para reconstrução do muro existente; vegetação (fachinas entrançadas) da restante margem até ao açude, para estruturação e criação de biodiversidade;

- Na margem esquerda: aproveitamento das estruturas de suporte (fachinas) já existentes, colocação de vegetação e especificamente de algumas árvores que terão sido arrancadas e levadas pelas cheias.

- No açude: colocação de enrocamento vivo em ambas as margens.

- **St2-3: Açude – passagem junto à IC29**

- Na margem direita: colocação de cribwall em toda a sua extensão e recuperação do enrocamento vivo imediatamente a montante da passagem;

- Na margem esquerda: colocação de enrocamento vivo em toda a sua extensão, com recuperação do actualmente existente.

- **St4-5: jusante da passagem junto à IC29**

- Em ambas as margens: colocação de enrocamento vivo;

- **St5-6: campos agrícolas**

- Em ambas as margens: proceder ao reperfilamento das margens e, mediante análise da vegetação já existente, revegetar as margens com espécies que estejam ausentes e possam promover a biodiversidade.

- **St6-7: curva erodida**

- Em ambas as margens: colocação de enrocamento vivo, mas com reperfilamento da margem esquerda de forma a alargar o curso de água.

- **St7-8: frente do Parque Oriental**

- Na margem esquerda: colocação de cribwall e enrocamento vivo;

- Na margem direita: colocação de enrocamento vivo, potencialmente com dois níveis de largura.

- **St8-9: zona final do Parque Oriental**

- Em ambas as margens: colocação de enrocamento vivo
- Na ponte: uso de betão para recuperação da zona destruída da ponte e possível alargamento do leito.

➤ **Ocupação do solo**

A criação deste cenário não prevê alterações significativas do actual uso do solo ribeirinho. A implementação das técnicas de estabilização de margens anteriormente propostas poderá implicar ligeiras alterações, devido a necessidades de espaço, mas na sua generalidade, os terrenos adjacentes terão a mesma função. As zonas habitacionais e os campos agrícolas adjacentes constituirão uma limitação à intervenção, e não uma possibilidade de requalificação e utilização para diferentes usos.

➤ **Participação pública**

Dada a relevância da participação pública neste tipo de projectos, ainda que perante um cenário minimalista, é conveniente informar e consultar a população. O projecto deve ser-lhe apresentado, criando-se um espaço de discussão e apresentação de sugestões por parte da população. Após a implementação do projecto, que se espera ter a aprovação da população, devem ser criadas acções de formação e sensibilização da população para a manutenção e melhoria contínua de ecossistema ribeirinho.

Na figura seguinte pretende representar-se esquematicamente o perfil transversal do rio face a uma intervenção de reabilitação do tipo minimalista, tal como descrita anteriormente.

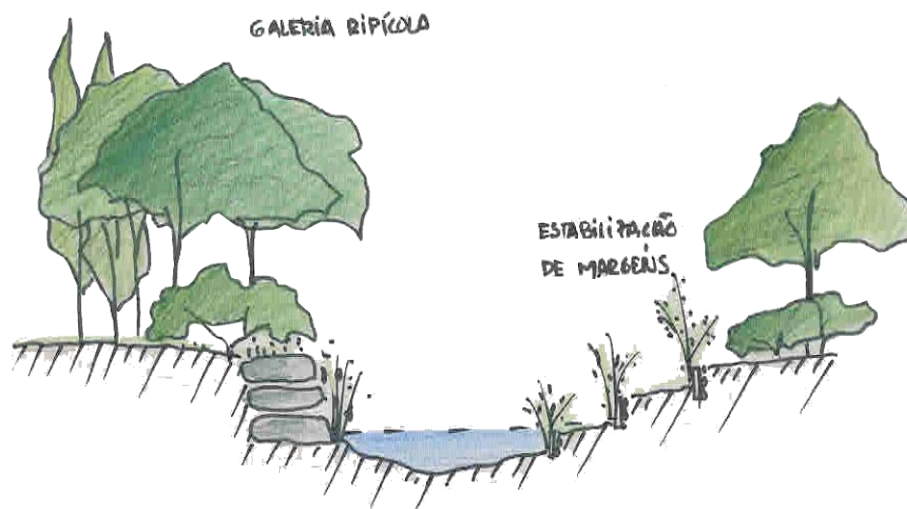


Figura 4.25 – Representação esquemática da proposta de reabilitação face ao Cenário Minimalista

A estimativa orçamental associada a este tipo de intervenção corresponde à indicada na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Estimativa orçamental para o Cenário Minimalista

Designação Trabalhos	Quantidades	Unidades	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
Trabalhos Preparatórios	1	vg	5.000	5.000
I - Rio				
Limpeza e Desmatação Selectiva da Vegetação	1.000	ml	6,00	6.000,00
Limpeza e Remoção de Resíduos	1.000	ml	12,00	12.000,00
Estabilização de Margens	600	ml	46,00	27.600,00
Plantação	1.000	ml	1,00	1.000,00
III - Participação Pública e Monitorização	1	vg	4.000,00	4.000,00
			TOTAL	55.600,00

Na tabela 4.7, estão descritos de forma simplificada os principais objectivos desta reabilitação para cada um dos parâmetros analisados.

Tabela 4.7 – Caracterização geral do Cenário minimalista

Funcionamento geral	Resolução dos problemas prioritários
Qualidade da água	Classificação mínima como “Razoável”
Biodiversidade	Capacidade de promoção da biodiversidade
Estabilização de margens	Estabilização das margens com parcial controlo de erosão e cheias
Ocupação do solo	Aumento da compatibilidade do uso do solo com a função do rio
Participação pública	Apresentação do projecto; sensibilização pós-execução

4.2.4. Cenário 3 – Solução Proposta

A solução proposta resulta da conjugação dos cenários 1 e 2, isto é, pretende aliar soluções de carácter mais minimalista a soluções mais arrojadas que tendem a aproximar o ecossistema da idealidade. É um cenário que, pretendendo naturalizar e valorizar ao máximo o ecossistema em causa, entra em consideração com as limitações existentes.

Sumariamente, a solução proposta assenta nos seguintes pontos:

- Resolução de situações prioritárias e minimização da ocorrência de problemas futuros;
- Remoção de infestantes e promoção da biodiversidade;
- Valorização ambiental, ecológica e social do espaço;
- Integração do corredor fluvial da malha urbana;

Porém, a concretização desta solução está condicionada pelos seguintes aspectos:

- Limitações económico-financeiras;
- Tempo de intervenção potencialmente limitado;
- Actuais usos do solo;
- Aceitação e colaboração públicas.

➤ **Qualidade da água**

A qualidade da água no local é talvez a problemática de resolução prioritária, uma vez que condicionará a maioria dos restantes parâmetros: a utilização do espaço pela população dependerá da do aspecto, odor e qualidade da água, a instalação e desenvolvimento de certas espécies faunísticas e florísticas será condicionada pela qualidade da água, entre outros; ou seja, a valorização global do espaço ribeirinho a reabilitar está fortemente dependente da melhoria da qualidade da água no Rio Tinto.

A solução proposta prevê-se que a qualidade da água cumpra os requisitos para a obtenção da classificação mínima como “Boa” (figura 3.2), prevista pelo INAG, (2010).

Como tal, ao nível da melhoria da qualidade da água, propõem-se as seguintes acções:

- Limpeza e desobstrução do leito e margens, que actualmente possuem grandes quantidades de diferentes tipos de resíduos. É importante que, ao serem retirados, estes resíduos sejam correctamente encaminhados para as respectivas entidades gestoras, consoante a sua tipologia;
- Consciencialização da população ribeirinha para a necessidade da correcta ligação das habitações à rede pública de saneamento;

- Identificação e redução das descargas ilegais para o rio;
- Tratamento adequado das águas residuais.

➤ **Biodiversidade**

Em qualquer intervenção que vise a reabilitação de linhas de água é fundamental assegurar e/ou promover a diversidade biológica. Esta biodiversidade diz nomeadamente respeito a aves, peixes, répteis e vegetação, pelo que se devem recuperar ou criar as condições necessárias ao seu desenvolvimento.

Desta forma, este cenário prevê:

- Aproveitamento e recuperação da vegetação existente;
- Reintrodução de alguma vegetação entretanto destruída;
- Eliminação de vegetação infestante ou indesejada;
- Instalação de algumas espécies vegetais características da região;
- Criação condições para instalação de fauna autóctone;

Esta biodiversidade deve respeitar a ictiofauna, avifauna, répteis e também espécies vegetais. Para que esta biodiversidade se instale e subsista devem ser criadas as respectivas condições:

- No leito: qualidade da água que permita a existência de macroinvertebrados de maior sensibilidade, algumas plantas aquáticas e restante vegetação ribeirinha;
- Nas margens: estabilidade e condições de instalação e subsistência de vegetação;
- Nas zonas adjacentes: qualidade dos solos para instalação de vegetação; criação de micro habitats, com as características necessárias à fixação de aves, anfíbios e répteis.

A definição destas características dependerá do tipo de espécies que mais se adequa ao ecossistema em causa.

No *Projecto de Recuperação das Ribeiras do Porto - componente Fauna* é referido que recolha bibliográfica feita permitiu compilar registos relativos a uma grande diversidade de espécies, evidenciando o grande potencial das ribeiras do Porto e das áreas adjacentes para determinados grupos faunísticos. Ribeiro, (2009) refere ainda que, caso sejam melhoradas as condições ambientais destas zonas, poderão ocorrer algumas espécies raras ou ameaçadas no contexto nacional, referentes a estes grupos faunísticos:

Tabela 4.8 - Potenciais espécies de fauna colonizadoras das Ribeiras do Porto, adaptado de (Ribeiro, 2009)

ANFÍBIOS		RÉPTEIS		AVES
Nome comum	Espécie	Nome comum	Espécie	Nome comum
salamandra-lusitânica	<i>Chioglossa lusitanica</i>	lagarto-de-água	<i>Lacerta schreiberi</i>	águia
tritão-palmado	<i>Triturus helveticus</i>	fura-pastos	<i>Chalcides striatus</i>	falcão
rã-de-focinho-pontiagudo	<i>Discoglossus galganoi</i>	licranço	<i>Anguis fragilis</i>	mocho
sapo-de-unha-negra	<i>Pelobates cultripes</i>	cobra-de-ferradura	<i>Coluber hippocrepis</i>	coruja

➤ **Estabilização de margens**

Relativamente, à estabilização de margens, este cenário prevê a efectiva estabilização das margens, considerando também o controlo de erosão e de cheias. Neste cenário serão considerados os locais prioritários, mas também se pretende minimizar a ocorrência de problemas futuros, tanto ao nível da estabilização de margens como ao nível do controlo de cheias.

Com base nas técnicas de estabilização de margens descritas no capítulo 2, propõe-se um conjunto de técnicas a aplicar especificamente nos diferentes sub-troços definidos. Será dada preferência a técnicas de engenharia natural, mas em locais onde o escoamento tenha velocidades superiores (maior necessidade de resistência) recorrer-se-á a técnicas estruturais mais tradicionais. Contudo, a utilização de betões ou gabiões para estabilizar margens está desde logo excluída; serão então preferencialmente utilizadas técnicas naturais de estabilização de margens mas poderá recorrer-se ao enrocamento vivo.

A selecção de dadas técnicas em detrimento de outras baseou-se na sua aplicabilidade ao local, nos custos associados, na capacidade de promoção de biodiversidade e na frequência de utilização em projectos semelhantes.

No caso de estruturas existentes ao longo do curso de água, como pontes e passagens, optar-se-á pela sua recuperação, caso estas tenham valor social significativo, ou substituição por soluções mais naturalizadas.

Desta forma, as propostas para cada um dos sub-troços identificados para estabilização de margens são as seguintes:

- **St1-2: Ponte de Pêgo Negro – açude**

- Na margem direita: reconstrução (com pedra) do muro existente imediatamente a jusante da Ponte de Pêgo Negro; colocação de vegetação (fachinas entrançadas) na restante margem até ao açude, para estruturação e criação de biodiversidade;

- Na margem esquerda: aproveitamento das estruturas de suporte (fachinas) já existentes, colocação de vegetação e especificamente de algumas árvores que terão sido arrancadas e levadas pelas cheias.

- No açude: colocação de enrocamento vivo em ambas as margens e potencial recuperação do próprio açude, potenciando uma passagem para peixes.

- **St2-3: Açude – passagem junto à IC29**

- Na margem direita: colocação de cribwall em toda a sua extensão e recuperação do enrocamento vivo imediatamente a montante da passagem;

- Na margem esquerda: recuperação da vegetação existente e recuperação do enrocamento vivo imediatamente a montante da passagem

- Na passagem: eliminação da passagem actual e construção de uma ponte em madeira.

- **St4-5: jusante da passagem junto à IC29**

- Em ambas as margens: redução da inclinação aproximadamente vertical e colocação de enrocamento vivo.

- **St5-6: campos agrícolas**

- Em ambas as margens: proceder ao reperfilamento das margens e, mediante análise da vegetação já existente, revegetar as margens com espécies que estejam ausentes e possam promover a biodiversidade.

- **St6-7: curva erodida**

- Em ambas as margens: colocação de enrocamento vivo, mas com reperfilamento da margem esquerda de forma a alargar o curso de água.

- **St7-8: frente do Parque Oriental**

- Na margem direita: colocação de cribwall na zona inicial, enrocamento vivo nos pontos críticos de erosão e redução da inclinação do talude na zona final com auxílio de estacaria viva;

- Na margem esquerda: redução da inclinação do talude, reforço com estacaria e revegetação e colocação de enrocamento vivo nos pontos mais sujeitos a erosão.

- **St8-9: zona final do Parque Oriental**

- Em ambas as margens: colocação de enrocamento vivo

- Na ponte: uso de betão para recuperação da zona destruída da ponte e possível alargamento do leito.

➤ **Ocupação do solo**

No que respeita à utilização do solo, o ideal seria que esta não correspondesse a algum tipo de pressão para o sistema fluvial, tal como descrito no Cenário Ideal. No entanto, e dada a actual utilização do solo na área de intervenção, é necessário considerar todo o tipo de limitações existentes mas contornar as passíveis de o ser.

Assim, este cenário pretende valorizar, tanto quanto possível, a zona a intervir mas de forma a incluir as limitações identificadas. As principais acções a considerar para valorização do espaço são:

- Criação zonas de lazer e espaços lúdicos que atraiam a população;
- Criação de caminhos pedonais e cicláveis que potenciem o usufruto do espaço;
- Na impossibilidade de evitar a actividade agrícola, tentar acordar com os proprietários a prática de agricultura biológica (menos prejudicial para água e solos);
- Verificar a correcta ligação das habitações existentes à rede pública de saneamento;
- Recuperação dos espaços com vegetação mais próximos dos originais;
- Criação de esconderijos e abrigos para a fauna.

➤ **Participação pública**

O sucesso deste tipo de intervenções depende em grande parte da sua aceitação pela população ribeirinha. Como tal, é fundamental o envolvimento dos utentes durante as diferentes fases de projecto e respectiva execução. Quanto maior a participação pública, maior a sua identificação com o projecto de reabilitação e com o resultado final. Desta forma, e com vista ao sucesso e melhoria contínua da reabilitação em causa, propõe-se o seguinte:

- Na fase de projecto: dar a conhecer o projecto e criar espaços de discussão onde a população tenha voz activa na sugestão de medidas que lhes possam ser mais convenientes;
- Durante a execução do projecto/intervenção: permitir o acompanhamento da evolução da obra, de forma calendarizada, para que possam ser identificados potenciais problemas e propostas soluções alternativas;
- Após a conclusão da intervenção: criação de acções de sensibilização e educação ambiental, para avaliação do estado do rio e participação activa na sua conservação e melhoria contínua; eventual integração no Projecto Rios, através da adopção de troços do rio.

No entanto, é necessário prever que a eventual integração da população no projecto poderá comprometer a sua implementação. Assim, a população deve ser claramente esclarecida e informada acerca de todas as prioridades de intervenção bem como de todas as condicionantes existentes.

À semelhança dos cenários anteriores, a figura 4.26 ilustra o perfil transversal do rio após uma intervenção semelhante à designada como solução proposta.

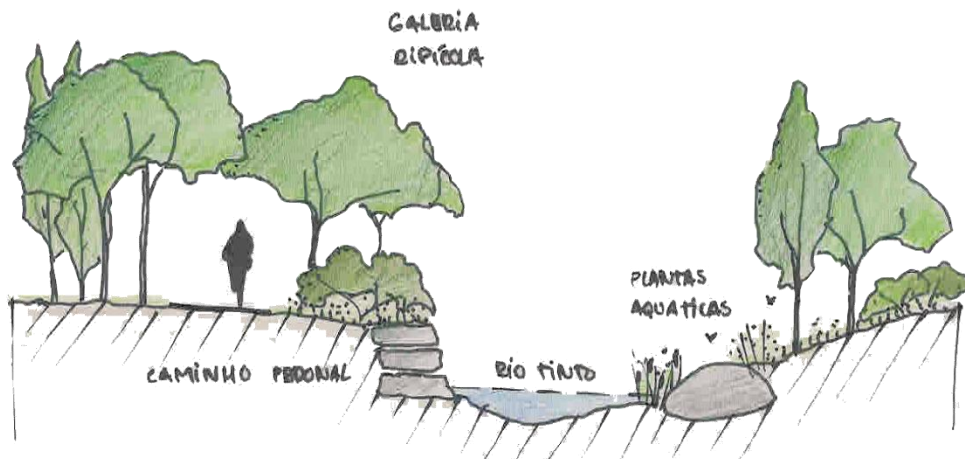


Figura 4.26 - Representação esquemática da solução Proposta de reabilitação

Na tabela seguinte constam as intervenções e a respectiva estimativa orçamental associada.

Designação Trabalhos	Quantidades	Unidades	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
Trabalhos Preparatórios	1	vg	5.000	5.000
I - Rio				
Limpeza e Desmatação Selectiva da Vegetação	1.000	ml	6,00	6.000,00
Limpeza e Remoção de Resíduos	1.000	ml	12,00	12.000,00
Estabilização de Margens	600	ml	46,00	27.600,00
Plantação	1.000	ml	1,00	1.000,00
II - Percurso				
Placas Indicativas	1.000	ml	2,50	2.500,00
Pavimentação em Betuminoso Colorido	400	m ²	30,25	12.100,00
Pontes	2	un	9.586,15	19.172,30
III - Participação Pública e Monitorização	1	vg	5.000,00	5.000,00
			TOTAL	90.372,30

A tabela 4.9 tem como objectivo caracterizar de uma forma genérica a solução proposta, face a todos os parâmetros analisados nos diferentes cenários.

Tabela 4.9 – Caracterização geral da Solução Proposta

Funcionamento geral	Resolução dos problemas prioritários e valorização condicionada do espaço
Qualidade da água	Classificação mínima como “Boa”
Biodiversidade	Capacidade de incremento da biodiversidade
Estabilização de margens	Margens estabilizadas e resistentes à erosão
Ocupação do solo	Compatibilização dos actuais usos do solo com os adequados para o rio
Participação pública	Fases de projecto, execução e pós-execução

A solução pretende e tende a ser a mais realista, isto é, a que tem maior probabilidade de vir a ser implementada e com garantia de maior sucesso. No entanto, e conforme referido, existem algumas limitações e diversos factores a ter em consideração: custos (de intervenção e de manutenção), tempos de obra e condicionantes locais de execução. Uma vez que a elaboração do projecto, de acordo com todas as condicionantes existentes, está fora do âmbito da realização desta dissertação, pretende-se apenas levantar algumas questões, mais do que propor soluções, as quais devem ser tidas em consideração e respondidas aquando da realização de um projecto de intervenção para estabilização e requalificação de margens, no troço-piloto definido do Rio Tinto.

Perante o cenário actual do Rio Tinto, será que vale a pena reabilitar? Não deverá ser garantida a qualidade da água, e somente depois equacionada a reabilitação e requalificação das margens do Rio Tinto? E as intervenções, serão baseadas em que regime de caudais? Relativamente à satisfação dos requisitos da população, estará esta totalmente sensibilizada para a necessidade da criação de biodiversidade e espaços naturalizados?

4.2.4.1. Caudais

Relativamente aos diferentes regimes de caudais verificados no Rio Tinto, é necessário considerar a sua existência aquando da realização de um projecto de estabilização e requalificação das margens. Ou seja, ao dimensionar as estruturas de estabilização e ao considerar o reperfilamento das margens do rio, é necessário prever as cotas de água e a largura da zona inundada para diferentes regimes de caudais.

Perante o regime de caudal normal do Rio Tinto, aparentemente não há qualquer problema e a reabilitação das margens deve ter apenas em consideração as condições visíveis durante este período.

Porém, ao considerar o regime de caudais de cheia média, é necessário contemplar as cotas de água e respectivas larguras de inundação, motivo pelo qual qualquer tipo de estrutura deverá ser colocado a um nível superior e mais afastado das margens do rio em regime normal de escoamento.

O mesmo se aplica para regimes de caudais de cheias centenárias, perante os quais as distâncias e alturas anteriormente referidas devem ser ainda maiores.

	<i>Vantagens</i>	<i>Inconvenientes</i>
CAUDAL NORMAL	<ul style="list-style-type: none"> ○ Maior facilidade de execução do projecto ○ Menores custos de investimento ○ Maior proximidade da população ao rio 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Maior probabilidade de danos ○ Eventuais custos de manutenção superiores
CAUDAL DE CHEIA MÉDIA	<ul style="list-style-type: none"> ○ Segurança de estruturas e de pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilização de materiais mais resistentes, e eventualmente mais dispendiosos ○ Maior distância da população ao rio
CAUDAL DE CHEIA CENTENÁRIA	<ul style="list-style-type: none"> ○ Segurança de estruturas e pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Distância da população ao rio

4.2.4.2. Qualidade da água

A qualidade da água é, sem dúvida, um parâmetro fundamental a considerar na reabilitação de uma linha de água. No Rio Tinto esta é efectivamente uma problemática a resolver, não só por questões visuais mas também de saúde pública.

Uma vez que a poluição fecal resultante dos volumes de esgoto que chegam diariamente ao Rio Tinto, através do curso principal e dos seus afluentes, é a mais evidente e problemática, torna-se prioritário resolver esta questão. Como tal, é necessário analisar a evolução do número de prédios não ligados à rede pública de saneamento e consequentemente o volume de esgoto que chega ao rio (figura 4.27).

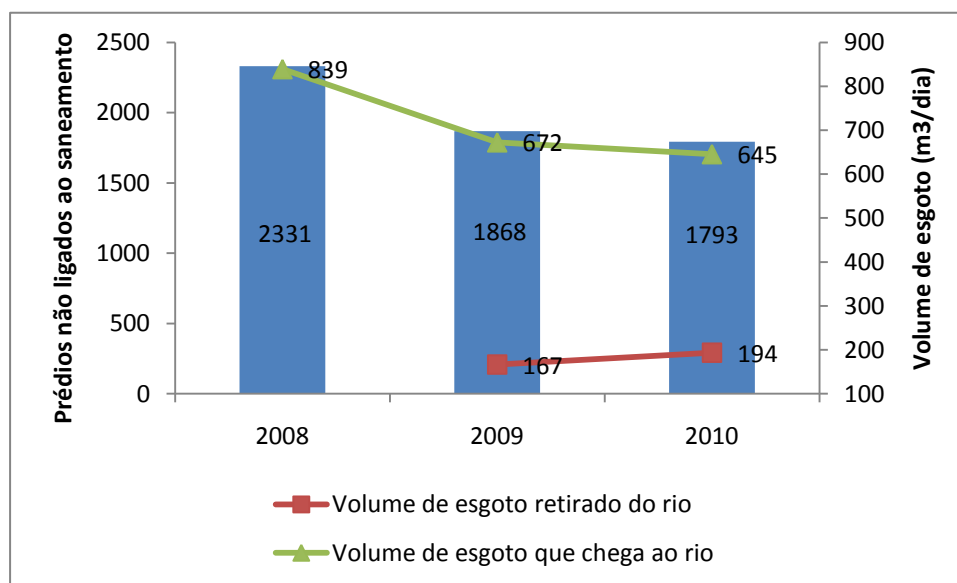


Figura 4.27 – Evolução do número de prédios não ligados ao saneamento e do volume de esgoto na Bacia do Rio Tinto no Concelho do Porto, fonte: (Águas do Porto, E.E.M., 2010)

Verifica-se a redução do número de prédios não ligados ao saneamento, e a consequente redução do volume de esgoto descarregado directamente no rio a partir das habitações. No entanto, é necessário eliminar todos os focos de poluição, nomeadamente os que provêm das ligações ilegais das habitações.

A não ligação das habitações à rede pública de saneamento decorre de duas situações, cuja situação actual é a seguinte:

- Ausência de ramal em ponta:
 - Nº de prédios com colector e sem ramal – 309
 - Nº de prédios sem colector e sem ramal – 749
- Existência de ramal em ponta mas ausência de ligação por parte do proprietário:
 - Nº de prédios com ramal em ponta – 724.

Nos casos em que não existe ramal de ligação ou colector, cabe à empresa realizar as empreitadas necessárias à criação das condições de ligação por parte do proprietário. Concluídas as referidas empreitadas, a empresa notifica o proprietário e este tem 45 dias para regularizar a situação. A regularização da situação consiste na eventual realização de obras interiores (fiscalizadas pela empresa) e pedido de ligação, bem como pagamento de todos os custos inerentes (ramal e ligação).

No caso dos prédios com ramal em ponta, a ligação ao saneamento depende única e exclusivamente do proprietário. Este pode fazer um requerimento à empresa no sentido de ser feita a ligação, ou pode ser oficiado pela empresa, tendo igualmente 45 dias para regularizar a situação.

Na figura seguinte estão representadas as situações anteriormente referidas, sendo indicada no mapa a sua localização.



Figura 4.28 – Identificação e localização de habitações não ligadas ao saneamento na Bacia do Rio Tinto no Concelho do Porto

A ligação tem um custo fixo e corresponde a um máximo de 250 € por fracção (por habitação); o custo do ramal é variável, dependendo da profundidade do colector, da profundidade da caixa do ramal de ligação e da distância do ramal ao colector, mas de um modo geral os custos associados a este tipo de empreitada são os constantes da tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Custos típicos de ligação ao saneamento

Custo do ramal de ligação	Custo da ligação
800 – 1000 €	250 €

Face à actual classificação da qualidade da água do Rio Tinto no Concelho do Porto como “Má” e à sua maioritária dependência do número de habitações não ligadas à rede pública de saneamento, pretende-se fazer uma análise do número de habitações que seria necessário ligar ao saneamento, para que se atingissem diferentes níveis de qualidade da água. Os níveis de qualidade da água, bem como os respectivos limites de concentração de coliformes fecais na água, coincidem com os previstos na tabela de classificação dos cursos de água superficial proposta pelo INAG, e cujos valores são indicados no quadro de resultados.

Para tal, partiu-se dos seguintes pressupostos:

- Contaminação fecal no rio à entrada do Concelho do Porto: 0 *CF/100 mL*
- Agregado familiar médio: 3 *hab/casa;*
- Produção média de esgoto: 120 *L esg/(hab.dia);*
- Nº actual de habitações não ligadas ao saneamento: 1793 *casa*
- Concentração de CF no esgoto: 1,00E+08 *CF/100 mL esg;*
- Caudal médio do rio: 1,04E+05 *m³/dia.*

E obtiveram-se os seguintes resultados:

	<i>Qualidade da água</i>		
	Razoável	Boa	Excelente
Coliformes fecais (/100mL)	2,00E+04	2,00E+03	2,00E+01
Habitações não ligadas	58	6	0
Ligações necessárias	1735	1787	1793

Analisando os resultados obtidos, e admitindo que a contaminação fecal no rio resulta apenas das ligações indevidas no Concelho do Porto, verifica-se que para obter uma classificação de apenas “Razoável” é necessário reduzir o número de habitações não ligadas para 58, o que face ao número actualmente existente (1793 habitações não ligadas) resulta na ligação de 1735 casas. Com base nas mesmas hipóteses, o alcance de um “Bom” nível de qualidade da água depende da existência de um número de habitações não ligadas ao saneamento inferior a 6. Para atingir a classificação da água de “Excelente” não poderá existir nenhuma ligação directa ao rio, correspondendo à ligação ao saneamento da totalidade de habitações actualmente não ligadas (1793 casas).

4.3. CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO PROJECTO

4.3.1. Planeamento da intervenção

O programa de trabalhos de obra sugerido nesta dissertação, e constante na tabela seguinte, tem por base o planeamento previsto no Programa de Trabalhos para a Reabilitação das ribeiras do Porto – Troços da ribeira da Granja e da Asprela. Importa referir que este planeamento depende de especificidades e condicionantes locais, as quais podem diferir das existentes no presente caso de estudo, o troço-piloto do rio Tinto.

No entanto, e salvo as referidas diferenças, o tipo de trabalhos é semelhante, podendo ser transposto. A solução proposta para a reabilitação do troço-piloto inclui as mesmas etapas: trabalhos preparatórios de limpeza e remoção de resíduos diversos do local, demolições da passagem junto à IC29 e da ponte existente no final do Parque Oriental, modelação do terreno para consequente estabilização de margens (com técnicas idênticas) e revegetação das mesmas. Inclui ainda a proposta de construção de duas pontes de madeira e a colocação de mobiliário urbano na zona do Parque Oriental.

Relativamente ao Material Vegetal, o planeamento depende directamente das espécies a colocar no local. Porém, e uma vez que a área global de intervenção é comum (Concelho do Porto) a vegetação e utilizar será semelhante, e como tal as condições de implementação e execução também.

As principais condicionantes que poderão fazer variar os tempos previstos para a conclusão da obra são:

- Condições meteorológicas;
- Comprimento do troço a reabilitar;
- Estado geral de degradação do local a intervir;
- Acessibilidades ao local de intervenção;

Tabela 4.11 - Planeamento típico de uma obra de reabilitação de ribeiras, adaptado de (Águas do Porto, E.E.M., 2010)

<i>DESIGNAÇÃO DA TAREFA</i>	<i>DURAÇÃO PREVISTA</i>	<i>UNIDADES</i>
TRABALHOS COMUNS		
	Duração do projecto	d
Execução de Plano de Segurança e Saúde de acordo com a legislação em vigor, a aprovar pela Fiscalização		
Execução de Plano de Gestão e Prevenção de Resíduos de Construção e Demolição de acordo com a legislação em vigor, a aprovar pela Fiscalização		
Execução do Plano de Sinalização da Obra, efectuado de forma a minimizar os inconvenientes para a população; a aprovar pela Fiscalização e cumprir ao longo da execução da obra		
Fornecimento e aplicação de painéis informativos da Obra		
Montagem, desmontagem e demolição do estaleiro		
1 - TRABALHOS PREPARATÓRIOS		
Limpeza e desmatação de infestantes, conforme definido localmente pela Fiscalização, da área composta principalmente por prados em médio e mau estado de conservação e zonas arbóreas existentes	377,14	m ² /d
Limpeza e remoção de entulhos e resíduos domésticos da área intervencionada para entidade operadora licenciada a definir pelo adjudicatário, conforme definido localmente pela Fiscalização	22,50	m ² /d
2 - DEMOLIÇÕES		
Demolição de ponte de betão incluindo fundações, bem como carga, transporte e descarga para entidade operadora licenciada a definir pelo adjudicatário	0,50	vg/d
Desmantelamento de postes de electricidade, bem como carga, transporte e descarga a depósito das Águas do Porto, E.E.M.	0,33	vg/d
3 - MODELAÇÃO DO TERRENO		
Escavação de terreno de qualquer natureza até à cota necessária para construção de sapatas de fundação, incluindo o transporte de material a entidade operadora licenciada a definir pelo adjudicatário	17,54	m ³ /d
Fornecimento e aterro de terra vegetal de boa qualidade para colocação em possíveis zonas de aterro para modelação de terreno às cotas de projecto incluindo compactação de solos	26,69	m ³ /d
Aterro com terras provenientes da escavação dos pavimentos para modelação de terreno às cotas de projecto incluindo compactação dos solos	179,20	m ³ /d

Nivelamento definitivo do terreno e ancinhagem, conforme definido localmente pela Fiscalização	1320,00	m ² /d
--	---------	-------------------

4 - ESTABILIZAÇÃO DAS MARGENS

Reperfilamento de margens e taludes, tipo "Caminhos Verdes", de acordo com as cotas de projecto e compactação adequada de forma a evitar o deslizamento de terras, conforme definido no Caderno de Encargos e localmente pela Fiscalização	4,31	ml/d
Fornecimento e execução de fachinas vivas de salgueiro tipo "Caminhos Verdes" com espaçamento de 0,8 ou 1,2m, de acordo com o definido no Caderno de Encargos e indicado localmente pela Fiscalização	7,00	ml/d
Execução de empacotamento vivo tipo "Cribwalls2, tipo "Caminhos Verdes", de acordo com o definido no Caderno de Encargos e indicado localmente pela Fiscalização	7,00	ml/d
Execução de tapete de enrocamento vivo, tipo "Caminhos Verdes" de acordo com o definido no Caderno de Encargos e indicado localmente pela Fiscalização	7,00	ml/d

5 - PONTES

Fornecimento e aplicação de fundações em betão de regularização	8,43	m ³ /d
Fornecimento e assentamento de betão armado para execução de sapatas de fundação e encontros com o terreno	25,02	m ³ /d
Concepção da estrutura da ponte pedonal em madeira lamelada para atravessamento do rio	14,20	m ² /d

6 - EQUIPAMENTOS, MOBILIÁRIO URBANO E ILUMINAÇÃO

Fornecimento a aplicação de fundações em betão para mobiliário urbano	0,50	m ³ /d
Fornecimento e colocação de bancos com e sem costas em madeira de pinho	4,00	uni/d
Fornecimento e colocação de papeleiras	5,00	uni/d
Fornecimento e colocação de novos postes de iluminação, com 4m de altura	4,00	uni/d

7 - MATERIAL VEGETAL

Fornecimento, transporte e plantação de árvores, incluindo abertura de cova, tutores de madeira tratada (2 por árvore), fornecimento de terra de mistura e fertilização	7,00	uni/d
Fornecimento, transporte e plantação de arbustos de grande porte, incluindo abertura de cova	4,50	uni/d
Fornecimento, transporte e sementeira de espécies autóctones, incluindo o arejamento do solo e os trabalhos necessários para o pleno revestimento final	2,50	kg/d
Fornecimento, transporte e plantação de plantas aquáticas, conforme plano de plantação	53,00	uni/d
Fornecimento de sementeira, mistura e modelação final de terras	13,88	kg/d

4.3.2. Estimativa orçamental

A estimativa orçamental de uma obra resulta da informação contida no caderno de encargos e das condições de execução previstas no projecto de intervenção. Uma vez que a realização de um projecto de intervenção para a reabilitação do Rio Tinto estava fora do âmbito desta dissertação, fez-se uma estimativa orçamental unitária, baseada proposta de orçamento de uma obra semelhante. A estimativa orçamental unitária, indicada na tabela 4.12, baseou-se no orçamento previsto pela Águas do Porto, E.E.M. para a reabilitação das ribeiras da Granja e Asprela (Águas do Porto, E.E.M., 2010).

Salvo as respectivas especificidades, a reabilitação destas ribeiras deverá ocorrer de modo similar, motivo pelo qual a estimativa orçamental para a reabilitação do Rio Tinto foi adaptada e transposta da proposta orçamental da reabilitação das ribeiras da Granja e Asprela.

Uma vez que os custos acima apresentados estão sob a forma unitária, os principais parâmetros que poderão fazer variar estes custos são:

- Comprimento do troço a reabilitar;
- Estado de degradação do troço a reabilitar;
- Limitações ao nível das acessibilidades locais;
- Cotas de escavação ou aterro;
- Implementação das técnicas de estabilização de margens;
- Tipo de mobiliário urbano;
- Espécies de material vegetal a utilizar.

Tabela 4.12 – Estimativa orçamental da execução de um projecto de reabilitação de ribeiras, adaptado de (Águas do Porto, E.E.M., 2010)

DESIGNAÇÃO DA TAREFA	VALOR	UNIDADES
TRABALHOS COMUNS		
Execução de Plano de Segurança e Saúde de acordo com a legislação em vigor, a aprovar pela Fiscalização	400	€/vg
Execução de Plano de Gestão e Prevenção de Resíduos de Construção e Demolição de acordo com a legislação em vigor, a aprovar pela Fiscalização	400	€/vg
Execução do Plano de Sinalização da Obra, efectuado de forma a minimizar os inconvenientes para a população; a aprovar pela Fiscalização e cumprir ao longo da execução da obra	250	€/vg
Fornecimento e aplicação de painéis informativos da Obra	100	€/uni
Montagem, desmontagem e demolição do estaleiro	2500	€/vg
1 - TRABALHOS PREPARATÓRIOS		
Limpeza e desmatização de infestantes, conforme definido localmente pela Fiscalização, da área composta principalmente por prados em médio e mau estado de conservação e zonas arbóreas existentes	0,5	€/m ²
Limpeza e remoção de entulhos e resíduos domésticos da área intervencionada para entidade operadora licenciada a definir pelo adjudicatário, conforme definido localmente pela Fiscalização	4	€/m ²
2 - DEMOLIÇÕES		
Demolição de ponte de betão incluindo fundações, bem como carga, transporte e descarga para entidade operadora licenciada a definir pelo adjudicatário	300	€/vg
Desmantelamento de postes de electricidade, bem como carga, transporte e descarga a depósito das Águas do Porto, E.E.M.	250	€/vg
3 - MODELAÇÃO DO TERRENO		
Escavação de terreno de qualquer natureza até à cota necessária para construção de sapatas de fundação, incluindo o transporte de material a entidade operadora licenciada a definir pelo adjudicatário	4,25	€/m ³
Fornecimento e aterro de terra vegetal de boa qualidade para colocação em possíveis zonas de aterro para modelação de terreno às cotas de projecto incluindo compactação de solos	8	€/m ³
Aterro com terras provenientes da escavação dos pavimentos para modelação de terreno às cotas de projecto incluindo compactação dos solos	3,5	€/m ³
Nivelamento definitivo do terreno e ancinhagem, conforme definido localmente pela Fiscalização	0,5	€/m ²

4 - ESTABILIZAÇÃO DAS MARGENS

Reperfilamento de margens e taludes, de acordo com as cotas de projecto e compactação adequada de forma a evitar o deslizamento de terras, conforme definido no Caderno de Encargos e localmente pela Fiscalização	5	€/ml
Fornecimento e execução de fachinas vivas de salgueiro com espaçamento de 0,8 ou 1,2m, de acordo com o definido no Caderno de Encargos e indicado localmente pela Fiscalização	45	€/ml
Execução de empacotamento vivo tipo "Cribwalls, de acordo com o definido no Caderno de Encargos e indicado localmente pela Fiscalização	50	€/ml
Execução de tapete de enrocamento vivo, de acordo com o definido no Caderno de Encargos e indicado localmente pela Fiscalização	85	€/ml

5 - PONTES

Fornecimento e aplicação de fundações em betão de regularização	70	€/m ³
Fornecimento e assentamento de betão armado para execução de sapatas de fundação e encontros com o terreno	180	€/m ³
Concepção da estrutura da ponte pedonal em madeira lamelada para atravessamento do rio	271,65	€/m ²

6 - EQUIPAMENTOS, MOBILIÁRIO URBANO E ILUMINAÇÃO

Fornecimento e aplicação de fundações em betão para suporte de mobiliário urbano	70	€/m ³
Fornecimento e colocação de bancos com e sem costas em madeira de pinho	1480	€/uni
Fornecimento e colocação de papeleiras	380	€/uni
Fornecimento e colocação de novos postes de iluminação, com 4m de altura	1500	€/uni

7 - MATERIAL VEGETAL

Fornecimento, transporte e plantação de árvores, incluindo abertura de cova, tutores de madeira tratada (2 por árvore), fornecimento de terra de mistura e fertilização	12,3	€/vg
Fornecimento, transporte e plantação de arbustos de grande porte, incluindo abertura de cova	2,5	€/vg
Fornecimento, transporte e sementeira de espécies autóctones, incluindo o arejamento do solo e os trabalhos necessários para o pleno revestimento final	1	€/vg
Fornecimento, transporte e plantação de plantas aquáticas, conforme plano de plantação	24	€/vg
Fornecimento de sementeira, mistura e modelação final de terras	32	€/kg

4.4. PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

De um modo geral, os planos de monitorização têm como objectivo avaliar o comportamento de sistemas face a algum tipo de perturbação. No âmbito deste projecto, o plano de monitorização visa caracterizar a situação actual (situação referência: pré-intervenção) e perante as intervenções realizadas avaliar a resposta do ecossistema com base num conjunto de parâmetros.

Sugere-se então que cada parâmetro definido seja monitorizado nas fases:

- *Antes da intervenção*: caracterização da situação referência;
- *Durante a intervenção*: avaliação de potenciais alterações, positivas ou negativas, do sistema face às intervenções;
- *Após a intervenção*: avaliação da resposta do sistema às alterações e evolução face à situação referência.

De um modo geral, o plano de monitorização deve ser conduzido e executado por técnicos especializados, mas com vista à intervenção do público poderá ser implementado um programa complementar de monitorização da qualidade da água, da fauna e flora e da utilização geral do espaço ribeirinho.

Os parâmetros que se sugere ser monitorizados são os seguintes:

- Qualidade da água;
- Fauna e flora;
- Estabilidade do solo;
- Ruído.

4.4.1. Qualidade da água

Relativamente à qualidade da água é conveniente que o plano de monitorização inclua as três fases referidas; devem ainda ser definidos pontos de amostragem, preferencialmente três, situados a montante, a jusante e na área de intervenção.

Previamente ao início da intervenção deve ser feita a caracterização da situação actual, para avaliar qualquer alteração face a esta.

Durante o período de intervenção devem ser feitas amostragens, em maior ou menor número consoante a duração da intervenção e a abrangência de períodos eventualmente

críticos (Verão ou Inverno). Caso se notem alterações significativas e que possam ser directamente associadas à intervenção deverá analisar-se a situação de forma mais cuidada.

Após a intervenção será de esperar uma melhoria da qualidade da água, motivo pelo qual deverá ser também monitorizada nesta fase. Se não se observar a evolução deste parâmetro deverão ser analisadas e repensadas as acções definidas para tal fim.

4.4.2. Resíduos

A correcta gestão dos resíduos, existentes ou produzidos no local da intervenção, deve ser aplicada nas fases de projecto e execução da obra privilegiando a aplicação dos princípios da prevenção, da redução, da reutilização, da reciclagem, da recuperação e da hierarquia das operações de gestão de resíduos.

Numa fase inicial, pré-intervenção, deve ser feito um levantamento das quantidades e tipologias de resíduos existentes no local para que possa ser definido um plano de gestão de resíduos adequado à intervenção em causa.

Durante o período de intervenção deve ser feita a limpeza destes resíduos bem como o seu correcto encaminhamento para as entidades gestoras adequadas; relativamente aos resíduos produzidos durante a obra deve ser feita uma estimativa das respectivas quantidades acompanhada de um plano de gestão de resíduos também adequado.

4.4.3. Fauna

No que respeita à fauna, recomenda-se a implementação de um plano de monitorização cujo objectivo é observar a resposta da comunidade biológica à intervenção efectuada. De acordo com o sugerido por Ribeiro, (2009), o plano de monitorização deverá ter uma periodicidade trimestral, com uma visita por estação do ano, para que possam ser monitoradas as diferentes fases do ciclo de vida das espécies presentes. O plano de monitorização deverá decorrer em três fases distintas: pré-intervenção, durante a intervenção e pós-intervenção.

Numa *fase prévia à reabilitação* do rio, deverá ser feita uma caracterização da situação actual (situação referência) para identificação das espécies presentes, as quais, por já integrarem o ecossistema, serão designadas como prioritárias. A intervenção deverá ser conduzida no sentido de conservar estas espécies, através da implementação de medidas de conservação, e potenciar a colonização local por outras espécies diferentes.

Durante o *período de intervenção*, o plano de monitorização tem como principais objectivos garantir a efectiva implementação das medidas e intervenções previstas, bem como

assegurar que as intervenções necessárias não perturbam nem ameaçam a biodiversidade presente.

A monitorização *após as intervenções* permitirá observar a resposta das diferentes espécies às medidas implementadas, bem como o seu sucesso face aos objectivos. Os dados recolhidos poderão ser utilizados na caracterização final da área de intervenção, pelo que esta fase deverá ter uma duração mínima de um ano e prolongar-se até à estabilização dos resultados (Ribeiro, 2009).

4.4.4. Flora

O plano de monitorização da flora deve ser implementado nas três fases identificadas como principais.

No *período anterior à intervenção* deve ser feito um reconhecimento do local e respectiva caracterização florística, identificando as espécies: mais abundantes, em falta, a conservar e a eliminar. Deve ainda referenciar-se as espécies com elevado valor ecológico e que não podem ser removidas ou danificadas.

Durante a intervenção deve avaliar-se a influência da intervenção na comunidade vegetal: evitar danos na vegetação a conservar e remediar danos eventualmente causados.

Após a intervenção deve avaliar-se o sucesso da mesma em termos florísticos. O plano de monitorização deve dar resposta aos objectivos inicialmente propostos, identificando a adaptação, desenvolvimento e capacidade de fixação das espécies seleccionadas ao local.

A monitorização deve permanecer até que se estabeleça um equilíbrio e não se notem alterações significativas do ecossistema.

4.4.5. Estabilidade dos solos

A monitorização da estabilidade de solos assume maior relevância durante o período de intervenção, especialmente devido à escavação dos solos e movimentação de máquinas que poderão afectar significativamente a estabilidade, quer na área de intervenção, quer nas zonas adjacentes. Contudo, poderá ser importante caracterizar a situação referêncial e avaliar a situação final, depois de concluídas as intervenções.

4.4.6. Ruído

O ruído é um parâmetro que pode influenciar não só as populações ribeirinhas mas também o ecossistema em si através da fauna. Os elevados níveis de ruído poderão fazer-se

sentir durante o período de intervenção através de maquinaria necessária e acções inerentes à intervenção.

Desta forma, recomenda-se que, durante o período de intervenção, sejam feitas medições periódicas dos níveis de ruído, e caso estas excedam os valores impostos legalmente sejam tomadas medidas de minimização de ruído.

4.5. PLANO DE MANUTENÇÃO

O plano de manutenção tem como principal objectivo garantir o correcto funcionamento dos diversos componentes do sistema em causa. Genericamente podem considerar-se trabalhos de manutenção do sistema ribeirinho os seguintes: limpeza do curso de água da vegetação invasora, de árvores caídas, de resíduos e de obstruções e assoreamentos que impedem o escoamento ou dificultam o acesso ao rio.

A manutenção do ecossistema em causa deve visar os seguintes aspectos:

4.5.1. Flora

Relativamente à flora deve ser garantida a poda correcta de árvores e arbustos, consoante a espécie, tamanho e idade, entre outros; também deve ser feito o controlo de infestantes. Caso se verifique a danificação ou total destruição da vegetação esta deve ser recuperada ou restituída.

A manutenção deve ser feita de acordo com a necessidade, averiguada com visitas periódicas ao local. Após períodos de cheia ou intensa precipitação deve ser feita uma visita obrigatória.

4.5.2. Estruturas

Após a execução do projecto de reabilitação deve ser feita a adequada manutenção das estruturas existentes, como pontes, estruturas de sustentação de margens, entre outros.

A inspecção e rotina de manutenção dos enrocamentos deve ser conduzida no mínimo uma vez por ano, ou após a ocorrência de um evento de cheia; requer um especialista para a conveniente análise hidráulica e hidrológica a fim de avaliar a sua susceptibilidade à instabilidade/degradação (Cortes, 2004).

As estruturas em madeira (pontes ou cribwalls) devem ser analisadas periodicamente a fim de ser avaliado o seu estado de conservação e o seu correcto desempenho das funções previstas.

O material auxiliar, como placas informativas, caixotes do lixo, etc. também deve ser incluído no plano de manutenção.

4.6. PARTICIPAÇÃO PÚBLICA

Conforme proposto no *Cenário3 – solução proposta* a participação pública deve ser uma componente do projecto a ter em elevada consideração, que prevê não só o acompanhamento e definição do projecto mas também a implementação posterior do citado programa complementar de monitorização.

Sugere-se a participação pública nos seguintes períodos e do seguinte modo:

- Na fase de projecto: dar a conhecer o projecto e criar espaços de discussão onde a população tenha voz activa na sugestão de medidas que lhes possam ser mais convenientes; os interesses da população devem ser tidos em consideração mas nunca sobrepor-se aos objectivos da reabilitação nem comprometer o correcto funcionamento do ecossistema;
- Durante a execução do projecto/intervenção: de forma agendada, permitir o acompanhamento da evolução da obra, para que a população se sinta envolvida na intervenção, possa identificar potenciais problemas e, juntamente com as equipas técnicas multidisciplinares, propor soluções alternativas;
- Após a conclusão da intervenção: criar acções de sensibilização e educação ambiental, para avaliação do estado do rio e participação activa na sua conservação e melhoria contínua; eventual integração no Projecto Rios, através da adopção de troços do rio e conseqüente monitorização do espaço.

Importa referir que apesar da elevada importância da componente participação pública, na elaboração e implementação de um projecto de reabilitação de ribeiras, esta não deve interferir de tal forma que limite ou inviabilize a execução dos principais objectivos propostos pelas equipas técnicas.

Face à caracterização do Rio Tinto realizada, facilmente se percebe o elevado potencial de reabilitação e conseqüente usufruto do espaço, mas é igualmente evidente o número de constrangimentos que lhe estão associados.

Existem algumas prioridades, como a melhoria visível da qualidade da água e a estabilização e requalificação das margens nos locais identificados como problemáticos.

A qualidade da água depende essencialmente da ligação das habitações à rede pública de saneamento do Porto, à qual estão associados custos, mas está igualmente condicionada pela qualidade da água a montante do Concelho do Porto, nomeadamente pelo incorrecto funcionamento da ETAR de Rio Tinto neste concelho. É importante a requalificação do Rio Tinto no concelho do Porto mas a sua integração na respectiva bacia hidrográfica não pode ser descurada, sendo necessário actuar conjuntamente com os municípios por onde passa o rio a montante.

A estabilização e requalificação das margens do Rio Tinto estão condicionadas não só pela necessidade de investimento mas também pela melhoria da qualidade da água no Rio Tinto. Sendo um dos principais objectivos atrair a população às imediações do rio, independentemente das qualidades oferecidas pelo espaço, se a qualidade da água não for no mínimo melhorada visivelmente, o sucesso da reabilitação será fortemente condicionado.

O projecto de reabilitação do Rio Tinto no Concelho do Porto, e especificamente do troço-piloto seleccionado, deve considerar não só o regime de caudais previsto para o rio (em diferentes condições de escoamento – normal, em cheia média ou centenária) para que se possam garantir as condições de segurança de utilizadores e estruturas existentes no espaço.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desta dissertação permitiu a consolidação de alguns conceitos anteriormente abordados, mas essencialmente a aprendizagem de diversos conceitos referentes à reabilitação dos ecossistemas ribeirinhos.

Concretamente em relação ao Rio Tinto, foi possível detectar o seu elevado estado de degradação ao longo de todo o percurso no Concelho do Porto, mas também o seu elevado potencial de recuperação para consequente utilização do espaço ribeirinho.

Tornou-se evidente a urgência na resolução dos problemas associados à qualidade da água, a qual passa não só pela finalização da rede de saneamento no Porto, e efectivas ligações actualmente inexistentes, mas também pelo trabalho conjunto dos municípios atravessados por todo o percurso do Rio Tinto e os seus efluentes.

Para as zonas que evidenciavam a necessidade de intervenção ao nível da estabilização de margens, foram analisadas e propostas algumas soluções; com base na estimativa orçamental feita, a designada solução proposta é a que aparenta ser a mais indicada.

Relativamente a trabalhos futuros, propõe-se a efectiva intervenção de requalificação do Rio Tinto, ao nível da estabilização de margens, da qualidade da água, da promoção da biodiversidade e utilização do espaço ribeirinho.

BIBLIOGRAFIA

Águas do Porto, E.E.M. (s.d.). *Projecto Ribeiras do Porto*. Obtido em 2010, de <http://www.ribeirasdoporto.pt>.

Águas do Porto, E.E.M. (2010). *Estimativa Orçamental: Reabilitação das ribeiras do Porto - Troços das ribeiras da Granja e Asprela*.

Águas do Porto, E.E.M. (2009). *Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição*.

Águas do Porto, E.E.M. (2010). *Programa de Trabalhos: Reabilitação das ribeiras do Porto - Troços das ribeiras da Granja e Asprela*.

Águas do Porto, E.E.M. (2010). Registos internos da empresa.

Christofoletti, A. (1999). *Modelagem de Sistemas Ambientais*. S. Paulo, Brasil: Edgard Blucher LTDA.

Cortes, R. M. (2004). *Requalificação de cursos de água*. Universidade de Trás-os-Montes.

Dicionário da Língua Portuguesa da Porto Editora. (s.d.). Obtido em Maio de 2010, de <http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa/>.

Fernandes, M. J. (2009). *Projecto "Gestão Activa das Ribeiras da Granja e da Asprela: Relatório de apoio à elaboração do projecto - Componente Florística*. Águas do Porto, E.E.M.

FISRWG. (2001). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. Federal Interagency Stream Restoration Working Group (<http://www.usda.gov>).

Garcia, M., Abril, O., & Navajas, M. (2001). *Aspectos Sanitários del agua. Medicina Preventiva y Salud Pública*. S. A. Masson.

Gomes, F. V., Pinto, F. T., Boaventura, R., Teiga, P., Sena, S., Barbosa, J. P., et al. (2007). *Estudos de Intervenção para a Reabilitação do Rio Tinto no Concelho do Porto*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por solicitação da Câmara Municipal do Porto.

Gomes, F. V., Teiga, P., & Cabral, J. *Proposta de uma Metodologia Geral de Reabilitação de Ribeiras em Zonas Edificadas (Caso de Estudo - Morais - Macedo de Cavaleiros)*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (SHRHA) e Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (LEA).

Instituto da Água. (2010). *Instituto da Água*. Obtido em 2010, de Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH): http://snirh.pt/snirh/_dadossintese/QualidadeAnuario/boletim/tabela_classes.php

Instituto da Água. (2001). *Plano Nacional da Água*. (<http://www.inag.pt/>).

Lovett, S., & Edgar, B. (2002). *Planning for new restoration*. Canberra: Land & Water Australia.

Maia, R. (2009). Apontamentos académicos de Aproveitamentos Hidráulicos e Obras Fluviais II - Protecção de Margens. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pereira, A. H. (2001). *Requalificação e Limpeza de Linhas de Água*. Instituto da Água.

Proença, M. F. (2009). Apontamentos académicos de Aproveitamentos Hidráulicos e Obras Fluviais II - Estabilidade de Fundos e Margens. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ribeiro, S. B. (2009). *Projecto de Recuperação das Ribeiras do Porto - Componente Fauna: Relatório de Caracterização da Fauna Existente e Potencial das Ribeiras da Granja e Asprela*. Águas do Porto, E.E.M.

Rodrigues, M. A. (2009). *Avaliação dos benefícios da reabilitação de rios: Potencial para aplicação da Transferência de Benefícios*. Lisboa: Tese de Mestrado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Saraiva, M. (1999). *O Rio como Paisagem: Gestão de corredores no quadro do ordenamento do território*. Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência e Tecnologia, Ministério da Ciência e Tecnologia.

Stein, J., Otto, B., Souers, A., & Hancock, K. (2001). *River of Renewal - A Vision for Reconnecting Communities to a Living Upper Mississippi River*. Washington, DC: American Rivers, Inc.

Tánago, M. G., & Jalón, D. G. (1998). *Restauración de Ríos y Riberas*. Madrid: Coedición: Fundación Conde del Valle de Salazar, Ediciones Mundi-Prensa.

Teiga, P. (2003). *Reabilitação de ribeiras em zonas edificadas*. Porto: Tese de Mestrado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

USDA, U. S. (1996). Streambank and Shoreline Protection. In *Engineering Field Handbook* (p. Capítulo 16).

USEPA. (2010). Obtido de United States Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/owow/wetlands/restore>

ANEXOS

Anexo A1 – Caracterização do regime de caudais do Rio Tinto no Concelho do Porto

Distância à foz (m)	Área da secção (m ²)			Velocidade média (m/s)			Caudal (m ³ /s)		
	Normal	Cheia média	Cheia centenária	Normal	Cheia média	Cheia centenária	Normal	Cheia média	Cheia centenária
17	-	55	574	-	2,02	0,37	-	111	212
312	2,38	84	497	0,53	1,29	0,26	1,26	108	129
968	-	24	44	-	6,84	7,49	-	166	326
1923	1,71	37	56	0,67	3,04	3,45	1,14	112	193
2501	-	23	35	-	1,46	2,05	-	34	72
2737	3,34	36	67	0,39	2,30	3,08	1,32	83	206

Anexo A2 – Caracterização de secções transversais do troço-piloto numa cheia média

Distância à foz (m)	Cota do talvegue (m)	Cota de cheia (m)	Altura de água (m)	Largura da zona inundada (m)	Velocidade média (m/s)			Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
					Canal	Margem esquerda	Margem direita		
2737	32,7	35,4	2,7	22,8	2,30	0,85	1,08	36	83
2705	32,5	34,8	2,2	31,0	3,22	0,95	1,51	33	106
2671	32,2	34,5	2,3	34,7	2,76	0,89	1,22	29	79
2639	30,9	34,4	3,5	64,0	1,70	0,35	0,43	65	111
2608	30,7	34,5	3,8	80,6	0,93	0,26	0,64	-	-
2586	30,6	34,4	3,8	72,0	1,27	0,34	0,59	-	-
2561	30,1	34,4	4,3	69,2	1,31	0,40	0,57	-	-
2542	30,0	34,2	4,2	20,5	1,88	-	0,24	36	68
2513	29,6	34,2	4,6	30,2	1,67	0,45	0,41	-	-
2501	29,6	32,4	2,8	10,6	1,46	0,48	0,53	23	33
2474	29,2	32,0	2,9	57,1	1,98	0,64	0,92	-	-
2448	28,9	31,9	3,0	48,0	2,68	1,00	1,15	30	80
2376	28,4	30,9	2,5	39,5	3,44	0,92	1,14	-	-
2351	28,1	30,4	2,4	36,6	3,94	0,25	1,74	22	88
2317	28,4	30,5	2,1	68,8	1,94	0,45	0,85	45	88
2294	27,5	30,6	3,1	128,1	0,82	0,52	0,47	104	86
2270	27,5	30,6	3,1	107,4	0,98	0,59	0,35	-	-
2246	27,5	30,5	3,0	95,2	1,03	0,58	0,39	-	-
2236	27,1	30,5	3,4	88,6	0,93	0,63	0,43	-	-
2222	26,9	30,5	3,7	72,6	1,09	0,59	0,46	101	110
2204	26,4	30,5	4,1	55,6	1,15	0,71	0,54	-	-
2190	26,4	30,5	4,1	46,9	1,18	0,88	0,70	-	-
2170	26,0	30,5	4,5	48,4	1,28	0,88	0,61	-	-
2165	26,3	30,4	4,2	54,4	1,26	0,92	0,71	-	-
2135	25,5	30,5	4,9	69,1	0,66	0,59	0,31	101	67
2114	25,5	30,5	4,9	72,7	0,62	0,47	0,36	-	-
2091	25,7	30,5	4,8	83,7	0,57	0,36	0,40	-	-
2060	25,0	28,8	3,8	64,9	2,43	1,03	1,38	56	137
2030	24,8	27,7	2,8	25,7	4,64	-	2,13	-	-
2009	25,0	27,7	2,8	57,4	1,76	-	0,90	-	-
1987	25,1	27,6	2,5	54,7	1,94	-	0,95	49	95
1960	24,5	27,5	3,0	51,9	2,46	0,42	1,15	-	-
1923	23,7	27,1	3,4	46,0	3,04	1,82	1,52	37	112
1908	24,1	26,9	2,9	46,9	3,09	1,22	1,54	-	-

Anexo A3 - Caracterização de secções transversais do troço-piloto numa cheia Centenária

Distância à foz (m)	Cota do talvegue (m)	Cota de cheia (m)	Altura de água (m)	Largura da zona inundada (m)	Velocidade média (m/s)			Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
					Canal	Margem esquerda	Margem direita		
2737	32,7	36,0	3,3	27,7	3,08	1,33	1,58	67	207
2705	32,5	35,3	2,8	38,9	3,70	1,40	1,98	46	170
2671	32,2	35,1	2,9	47,1	3,06	1,13	1,58	58	177
2639	30,9	35,1	4,2	78,9	1,90	0,58	0,53	126	239
2608	30,7	35,2	4,5	89,3	1,07	0,46	0,77	-	-
2586	30,6	35,1	4,6	79,2	1,37	0,57	0,78	-	-
2561	30,1	35,1	5,0	70,1	1,43	0,64	0,79	-	-
2542	30,0	34,8	4,8	32,1	2,69	0,40	0,82	46	123
2513	29,6	34,7	5,1	34,4	2,39	0,83	0,87	-	-
2501	29,6	33,1	3,5	25,3	4,20	0,85	0,93	35	146
2474	29,2	32,5	3,4	62,0	2,36	1,05	1,16	-	-
2448	28,9	32,4	3,5	57,6	2,74	1,30	1,50	52	143
2376	28,4	31,3	2,9	59,4	4,18	1,53	1,51	-	-
2351	28,1	31,4	3,3	79,2	2,49	0,92	1,38	94	235
2317	28,4	31,4	3,0	143,1	1,39	0,52	0,75	103	143
2294	27,5	31,4	3,9	145,7	0,66	0,53	0,44	208	138
2270	27,5	34,1	3,9	124,2	0,86	0,61	0,42	-	-
2246	27,5	31,4	3,8	108,2	0,95	0,64	0,46	-	-
2236	27,1	31,4	4,2	108,1	0,87	0,70	0,48	-	-
2222	26,9	31,3	4,5	96,5	1,16	0,73	0,48	165	191
2204	26,4	31,3	4,9	72,5	1,30	0,90	0,62	-	-
2190	26,4	31,3	4,9	62,2	1,37	1,10	0,79	-	-
2170	26,0	31,3	5,3	64,4	1,45	1,04	0,76	-	-
2165	26,3	31,3	5,0	68,2	1,25	1,02	0,83	-	-
2135	25,5	31,3	5,7	76,8	0,72	0,72	0,45	159	114
2114	25,5	31,3	5,7	75,7	0,72	0,60	0,49	-	-
2091	25,7	31,3	5,6	89,2	0,67	0,48	0,51	-	-
2060	25,0	29,2	4,2	81,3	2,69	1,34	1,80	84	226
2030	24,8	28,1	3,3	57,6	4,71	1,02	2,73	-	-
2009	25,0	28,1	3,2	64,2	2,17	-	1,25	-	-
1987	25,1	28,0	2,9	61,5	2,39	-	1,34	71	170
1960	24,5	27,8	3,4	56,6	2,98	0,97	1,61	-	-
1923	23,7	27,4	3,8	53,1	3,45	2,38	2,02	56	193
1908	24,1	27,2	3,2	54,3	3,73	1,89	2,08	-	-

Anexo A4 - Larguras de inundação nas secções transversais do troço-piloto

Distância à foz (m)	Cheia média (m)		Cheia centenária (m)	
	Margem esquerda	Margem direita	Margem esquerda	Margem direita
2737	12	14	12	22
2705	4	18	8	22
2671	7	18	14	22
2643	10	24	12	34
2639	28	22	30	34
2608	44	30	46	38
2586	47	14	48	14
2561	35	22	36	22
2542	0	7	6	12
2513	6	13	9	13
2504	14	9	20	10
2474	28	10	40	12
2448	31	11	40	11
2376	14	17	21	29
2351	1	27	24	48
2318	14	40	20	59
2294	83	42	87	42
2270	67	32	70	46
2246	56	31	57	43
2236	48	28	49	48
2222	36	28	38	50
2204	23	24	25	40
2189	18	24	20	39
2170	18	26	21	40
2166	22	28	25	39
2135	50	16	52	22
2114	53	16	55	18
2091	60	18	66	19
2060	50	12	66	12
2030	0	22	27	26
2009	0	47	0	54
1987	0	43	0	50
1960	3	41	4	44
1923	7	35	7	43

Anexo B5 - Caracterização da qualidade da água junto à Foz

DATA	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/s)	CQO (MG/L O ₂)	COLIFORMES FECAIS (UCF/100ML)
NOV-09	-	-	71	1,60E+06
DEZ-09	-	-	86	9,20E+05
JAN-10	13,4	-	-	1,30E+06
FEV-10	13,5	-	-	1,60E+06
MAR-10	14,1	-	104	9,20E+05
ABR-10	17,4	-	37	5,40E+05
MAI-10	16,3	-	44	2,10E+05

Anexo B6 - Caracterização da qualidade da água junto à Ponte de Azevedo

DATA	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/s)	CQO (MG/L O₂)	COLIFORMES FECAIS (UCF/100ML)
JUL-07	-	431	82	3,40E+06
AGO-07	-	582	104	1,00E+07
SET-07	-	562	217	2,30E+06
OUT-07	-	-	-	-
NOV-07	-	711	147	1,50E+06
DEZ-07	-	-	-	-
JAN-08	-	765	41	1,80E+05
FEV-08	-	704	103	1,50E+06
MAR-08	-	750	238	4,60E+06
ABR-08	-	680	158	2,90E+06
MAI-08	-	802	51	3,50E+05
JUN-08	-	590	39	5,00E+04
JUL-08	-	549	438	5,00E+05
AGO-08	-	588	129	2,40E+06
SET-08	-	580	71	8,50E+04
OUT-08	-	-	56	1,80E+05
NOV-08	-	-	41	3,80E+04
DEZ-08	-	-	54	5,50E+05
JAN-09	-	-	-	-
FEV-09	-	-	-	-
MAR-09	12,8	2175	64	1,00E+05
ABR-09	13,0	1678	77	9,40E+05
MAI-09	16,0	901	59	5,40E+04
JUN-09	17,8	1054	57	3,50E+05
JUL-09	23,2	-	64	5,40E+05
AGO-09	18,5	339	63	9,20E+05
SET-09	19,7	536	92	1,60E+04
OUT-09	-	819	62	1,70E+05
NOV-09	-	-	45	2,20E+05
DEZ-09	-	-	33	2,40E+05
JAN-10	12,4	-	-	4,60E+05
FEV-10	12,5	-	-	1,10E+06
MAR-10	13,2	-	139	3,50E+06
ABR-10	17,1	-	91	4,90E+05
MAI-10	14,1	-	43	5,40E+06

Anexo B7 - Caracterização da qualidade da água junto à passagem da IC29

DATA	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (L/s)	CQO (MG/L O ₂)	COLIFORMES FECAIS (UCF/100ML)
AGO-07	-	510	85	2,90E+06
SET-07	-	505	84	9,50E+05
OUT-07	-	-	-	-
NOV-07	-	658	724	5,90E+06
DEZ-07	-	334	67	3,80E+05
JAN-08	-	1060	43	1,30E+05
FEV-08	-	427	132	3,50E+06
MAR-08	-	438	208	3,20E+06
ABR-08	-	416	140	2,50E+06
MAI-08	-	630	72	4,80E+05
JUN-08	-	498	42	7,60E+04
JUL-08	-	435	292	9,10E+05
AGO-08	-	455	81	6,90E+05
SET-08	-	443	115	5,50E+05
OUT-08	-	-	66	1,80E+05
NOV-08	-	-	72	1,50E+05
DEZ-08	-	-	66	5,80E+05
JAN-09	-	-	-	-
FEV-09	-	-	-	-
MAR-09	13,9	1220	70	4,10E+05
ABR-09	13,0	543	140	2,80E+04
MAI-09	17,0	680	84	1,60E+06
JUN-09	19,7	1185	131	9,20E+05
JUL-09	25,0	-	88	3,50E+05
AGO-09	19,2	-	104	9,20E+05
SET-09	20,7	-	150	1,60E+04
OUT-09	-	-	79	5,40E+05
NOV-09	-	-	37	5,40E+05
DEZ-09	-	-	40	5,40E+05
JAN-10	12,8	-	-	5,40E+05
FEV-10	13,0	-	-	2,40E+06
MAR-10	13,2	-	125	1,60E+05
ABR-10	17,3	-	100	3,50E+06
MAI-10	14,2	-	89	3,50E+06