

# LIMPEZA E GESTÃO DE LINHAS DE ÁGUA

Pequeno guia prático

Volume III

**João Paulo Fernandes**  
(Universidade de Évora (ICAAM), APENA)

**Carlos Souto Cruz**  
Universidade de Évora



# ÍNDICE

<b>Palavras prévias</b>	5
<b>1. Introdução</b>	7
<b>2. Enquadramento legal</b>	12
<b>3. Enquadramento técnico</b>	16
3.1 A vegetação ripícola - características e funções ecológicas	21
3.2 A vegetação das margens e as suas funções técnicas	26
3.3 Características hidráulicas da vegetação ripícola	30
3.4 Usos das margens e leitos de cheia e ordenamento da Bacia Hidrográfica	32
<b>4. Abordagens práticas</b>	34
4.1 Gestão dos sistemas ribeirinhos	37
4.2 Diagnóstico	38
4.3 Limpeza	41
4.4 Erradicação e controle de plantas invasoras e infestantes	42
4.5 Limpeza e condução da vegetação ripícola natural	47
4.6 Consolidação e reconstrução	63
4.7 O caso particular dos troços urbanos	70
4.8 Gestão e manutenção	73
<b>5. Algumas considerações sobre material vegetal a aplicar na recuperação biofísica de linhas de água</b>	75
<b>6. Considerações finais</b>	78
<b>7. Bibliografia</b>	79
<b>Anexo 1</b>	80



## **PALAVRAS PRÉVIAS**

O presente trabalho pretende ser um simples contributo para as inúmeras dúvidas que, no quadro do projecto "Nascentes para a Vida" nos foram sendo colocadas acerca das obrigações que a nova Lei da Água coloca aos proprietários e municípios.

Procurou-se assim esclarecer o enquadramento normativo e fazer uma pequena introdução técnica à problemática da gestão das linhas de água no sentido da promoção da sua qualidade e funcionalidade.

Deu-se particular atenção às necessidades específicas dos pequenos proprietários, procurando apresentar exemplos e casos de estudo que reflectissem as mais frequente situações registadas em Portugal.

Esperamos, portanto dar o nosso pequeno contributo a esta complexa tarefa que exige de todos nós um envolvimento consciente e particularmente, informado.

Queríamos agradecer a colaboração da Prof.<sup>a</sup> Maria do Céu Tereno na elaboração de muitos das figuras e da Prof.<sup>a</sup> Marízia Menezes e do Eng<sup>o</sup> Nuno Guiomar na revisão do original.



## 1. INTRODUÇÃO

Quando falamos de Linhas de Água em que é que estamos a pensar?

Uma linha de água corresponde no essencial a uma estrutura de drenagem hidráulica permanente ou efémera de uma vasta área de concentração (a Bacia Hidrográfica). Por essa razão o seu carácter e funcionalidade dependem directa e indissolúvelmente das características da Bacia Hidrográfica por ela drenada e obviamente dos processos climáticos e hidrogeológicos nela ocorrentes, assim como, de uma forma determinante das características do uso do solo na superfície da Bacia.

Neste quadro, as linhas de água (incluindo as linhas de drenagem mais ou menos efémeras) são intrinsecamente dependentes do modo de manifestação local do ciclo hidrológico:

- O regime pluvial e o balanço hídrico determinam, em grande medida, o regime fluvial, funcionando, ao mesmo tempo, a componente geológica, pedológica e de coberto vegetal ou dos usos antrópicos como os reguladores desse regime.
- A morfologia do terreno determina não apenas a energia dos escoamentos, como também a maior ou menor probabilidade de ocorrência de espaços de retenção superficial ou sub-superficial e a origem de formas particulares de águas interiores como são os lagos, as charcas, os pauís e as turfeiras. Da mesma forma determina primariamente a dominância relativa dos processos de erosão e transporte relativamente aos processos de deposição, condicionando, desta forma a natureza dos substratos dos diferentes sistemas hídricos.
- A natureza geológica do terreno, além da já referida acção reguladora dos fluxos hidrológicos tem, conjuntamente com o regime pluvial, um papel crítico na determinação do quimismo das águas (aqui também em articulação com o regime de escoamento (a morfologia)). Esta influência decorre do facto que, é a sua natureza química e a sua alterabilidade, associada à agressividade das chuvas e dos escoamentos que irão determinar quais e quantas substâncias químicas e os materiais que afluem aos sistemas hidrológicos e neles vão fluir.
- Por outro lado o coberto vegetal, assim como os usos antrópicos da bacia hidrográfica e terrenos adjacentes vão também agir, não só como reguladores dos fluxos hidrológicos, mas também da natureza química dos sistemas hidrológicos através da libertação ou absorção de substâncias e compostos químicos presentes nos fluxos hidrológicos (precipitação, escoamento superficial ou sub superficial) ou pela libertação voluntária (caso dos sistemas antrópicos de substâncias de variadíssima natureza directamente nos corpos de água ou nos sistemas a eles afluentes).
- Finalmente (e os últimos também podem e são muitas vezes os primeiros), temos todo o biota dos diferentes tipos de águas interiores e dos ecótonos específicos a ele associados

que, integrando todas estas influências não funcionam como mera consequência determinística desses processos dinâmicos, mas apresentam uma individualidade e dinâmica específica que conferem natureza autónoma a cada sistema local de per si.

Temos ainda que os ecossistemas de águas interiores são muito mais que os corpos de água individualizáveis e incluem todos os ecossistemas que, de uma forma ou de outra são afectados e determinados pelos sistemas hidrológicos. Destes ecossistemas permitam-me realçar as várzeas e todas as planícies de inundação e leitos de cheia, normal e inadequadamente tratados como ecossistemas terrestres, quando a sua ligação aos ecossistemas hidrológicos não é conjuntural mas sim estrutural.

Os ecossistemas ribeirinhos constituem ecossistemas particulares, dado que a sua articulação a linhas e planos de água lhes confere características de ecótono com as consequentes trocas intensas de substâncias e materiais de acordo com gradientes de humidade, luminosidade e de natureza do substrato. Por outro lado, no caso das linhas de água, o carácter variável do seu caudal e energia de escoamento ao longo do seu traçado determina, igualmente, gradientes dinâmicos geradores de intensas variações na natureza intrínseca desses ecossistemas (Fig. 1.1).

Estas duas razões fundamentam a afirmação que os ecossistemas ribeirinhos preenchem funções charneira no espaço, em termos locais, articulando ecossistemas de natureza totalmente diversa e funcionando como planos dinâmicos de intercâmbio ecológico assim como, em termos regionais, espaços de diferente natureza, quer em termos do carácter variável do corpo de água, quer da ecologia dos terrenos atravessados ao longo do seu trajecto.

Estes gradientes característicos de variação transversal possuem uma diversidade extremamente grande, podendo assumir um carácter abrupto (caso de rios encaixados como o Tâmega entre Fridão e Atei ou o Douro Internacional), constituir amplos planos de interface como são os sistemas de várzea (Tejo em Santarém ou Trancão em Loures) ou as estruturas diversificadas de terraços antigos (Minho) ou articularem, de forma complexa e subtil, ecossistemas terrestres de planalto com estruturas complexas de vales encaixados, encostas erodidas e sistemas aluvionares distantes como é o caso do Alva e do Mondego. Da mesma forma, os gradientes longitudinais assumem também padrões muito variáveis, inter-relacionando domínios distintos dentro do mesmo troço (através, por ex. do diferente carácter dos afluentes), ou chegando mesmo a, aparentemente, perder a individualidade na paisagem, sem perder o seu carácter de eixo de concentração e transporte (caso de muitos cursos intermitentes no domínio mediterrânico).

Em suma, os ecossistemas ribeirinhos assumem uma diversidade e um carácter de tal modo rico que, a sua gestão no quadro mais global da gestão do território e dos recursos hídricos, constitui uma prioridade básica no quadro de uma política de uso sustentável do território.

Com efeito, as linhas e outros corpos de água, longe de constituírem simples estruturas hidráulicas, como infelizmente muitas vezes são consideradas, são capazes de, apenas

devido à sua complexa natureza e dinâmica ecológica, assegurar sustentavelmente a disponibilidade em recursos hídricos, a estabilidade dos terrenos adjacentes, a protecção contra cheias e secas, a disponibilidade em recursos piscícolas, cinegéticos e florísticos, que são as suas principais funções de uso para os sistemas económicos.

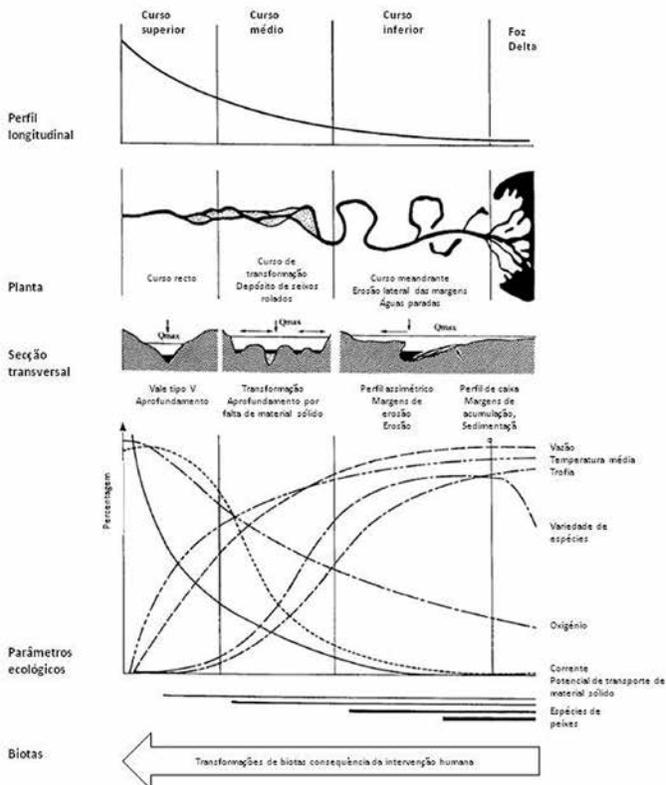


Fig. 1.1. Variação das distintas dimensões e características de uma linha de água tipo ao longo do seu traçado (Binder, 1998)

Estas funções, independentemente do seu valor económico assumem ainda um valor ecológico crucial, já que, pelo seu carácter linear e abrangente da totalidade do território, os ecossistemas ribeirinhos preenchem uma função de conectividade, que mais nenhuma estrutura ecológica está em condições de realizar. Não constituindo eixos universais de interligação entre ecossistemas, constituem, contudo, redes que interligam espaços diversificados e elementos potenciadores duma diferenciação da estrutura e capacidade de sustentação ecológica do território. Potenciam a existência de manchas de recursos e perturbação de natureza muito diversa, ao assegurarem para inúmeras espécies,

vias de intercâmbio genético capazes de contribuir para a existência de populações viáveis, ao favorecerem ou ao associarem-se a condições ecológicas locais particulares, potenciadoras de formações e capacidades particulares.

Estas funções e potenciais não se associam, contudo, a uma estrutura ecológica estável e mantida como tal. Grande parte do potencial anteriormente referido decorre da intensa dinâmica associada a estes ecossistemas e que se espelha na diferenciação registada nos substratos aluvionares (decorrente de diferentes regimes passados de correntes e de cheias e indutora de distintas condições ecológicas na matriz aluvionar) ou na diferenciação permanente das estruturas de várzea, em função do regime de cheias ou de secas, induzindo perturbações localizadas, responsáveis pela permanente criação do focos locais de diversidade estrutural e específica.

Por estes motivos, a articulação destes ecossistemas com os espaços de uso, sendo mutuamente benéfica em algumas situações, é historicamente fonte de conflitos pela incompatibilidade entre a necessidade de variação desses ecossistemas e a necessidade de estabilidade dos sistemas de produção económica. Contudo, as tentativas de simplificação e de controle dessa necessidade de variação têm redundado, regularmente, em perdas a médio ou longo prazo, por geração de perturbações de grande magnitude (por ex. cheias, erosão, sedimentação, secas, eutrofização) anteriormente amortecidas pela variabilidade localizada e pela ocorrência de micro-perturbações dentro do sistema estável.

A necessidade de conciliar estes dois sistemas, assegurando que os ecossistemas ribeirinhos preencham todas as suas funções numa forma compatível com a necessidade de os sistemas económicos usufruírem plenamente dos seus recursos e potencial produtivos, levanta problemas complexos de gestão que não são conciliáveis com visões parcelares (dominantemente hidráulicas ou conservacionistas) e que implicam uma abordagem tão criativa quanto diversificados são esses ecossistemas.

Dois princípios têm de reger a gestão destes espaços:

1. Princípio da intervenção mínima - a estabilidade dos sistemas é tanto maior quanto mais próximo do natural são as suas componentes e funções e quanto mais diversificados são os sistemas integrantes e os seus reguladores.
2. Princípio da área mínima - qualquer sistema exige uma área mínima para poder evoluir de uma forma equilibrada, gerando e amortecendo as perturbações associadas à variabilidade intrínseca das funções e processos naturais.

Estes dois princípios tomados com a necessária maleabilidade decorrente da enorme diversidade de exigências de uso colocadas relativamente a estes sistemas, permitem orientar a gestão das linhas de água e restantes ecossistemas ribeirinhos de uma forma muito mais equilibrada do que tem sido conduzida até agora.

Assim, a primeira regra de gestão é a de que se impõe uma perspectiva integrada de gestão do conjunto da bacia, já que as afluições e o seu regime decorrem directamente da natureza do uso de toda a bacia.

A segunda regra é a de que quanto mais próximos do natural forem os sistemas construtivos empregues, maior será a viabilidade e longevidade do sistema ou da estrutura construída.

A terceira regra é a da adequação das intensidades de uso à natureza e condicionantes do território. Assim, por ex. as várzeas não podem ser encaradas como espaços de vocação múltipla sem restrições, mas têm de ser consideradas e geridas como espaços de elevada capacidade de uso, condicionada e potenciada pela sua natureza de espaços de acumulação, inundáveis e de freático superficial, exigindo, portanto zonamento do uso em função da frequência dos riscos de inundação.

A quarta regra é a da rede ecológica. Os ecossistemas ribeirinhos ao constituírem uma rede que percorre numa forma extremamente diversificada o território da bacia hidrográfica, tem de ser preservado na capacidade de manter essas funções articuladas, num quadro de preservação da diversidade dos restantes ecossistemas terrestres.

Os ecossistemas ribeirinhos são sistemas ecológicos complexos de grande variabilidade e funcionando no território como sistemas charneira, não só entre os ecossistemas aquáticos e os terrestres, mas também dentro de cada um dos diversos tipos destes ecossistemas. O elevado potencial e produtividade apresentados por estes sistemas determina que sobre eles se exerçam grandes pressões de uso, que conduzem a práticas gestoras parcelares, normalmente indutoras de desequilíbrios gravosos em termos ecológicos e económicos. Impõe-se, portanto, uma perspectiva multifacetada de gestão, preservando e promovendo a funcionalidade e a particularidade destes espaços, numa articulação valorizadora com o conjunto da sua bacia hidrográfica.

## 2. ENQUADRAMENTO LEGAL

O conceito de limpeza e gestão de linhas de água está definido na Lei da Água - Lei n.º 58/2005 no seu Art.º 33º que estipula:

### **Medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas**

1. *As medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas compreendem, nomeadamente:*
  - a) *Limpeza e desobstrução dos álveos das linhas de água, por 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) *Correcção dos efeitos da erosão, transporte e deposição de sedimentos, designadamente ao nível da correcção 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 cheia;*
  - i) *Estabelecimento de critérios de exploração isolada ou conjugada de albufeiras.*
2. *A correcção dos efeitos da erosão, transporte e deposição de sedimentos que implique o desassoreamento das zonas de escoamento e de expansão das águas de superfície, quer correntes quer fechadas, bem como da faixa costeira, e da qual resulte a retirada de materiais, tais como areias, areão, burgau, godo e cascalho, só é permitida quando decorrente de planos específicos.*
3. *Os planos específicos de desassoreamento definem os locais potenciais de desassoreamento que garantam:*
  - a) *A manutenção das condições de funcionalidade das correntes, a navegação e flutuação e o escoamento e espraçamento de cheias;*
  - b) *O equilíbrio dos cursos de água, praias e faixa litoral;*
  - c) *O equilíbrio dos ecossistemas;*
  - d) *A preservação das águas subterrâneas;*
  - e) *A preservação das áreas agrícolas envolventes;*
  - f) *O uso das águas para diversos fins, incluindo captações, represamentos, derivação e bombagem;*
  - g) *A integridade dos leitos e margens;*
  - h) *A segurança de obras marginais ou de transposição dos leitos;*
  - i) *A preservação da fauna e da flora.*

Definindo no que respeita aos responsáveis pela execução das referidas medidas:

4. (...)

5. As medidas de conservação e reabilitação da rede hidrográfica devem ser executadas sob orientação da correspondente ARH, sendo da responsabilidade:

- a) Dos municípios, nos aglomerados urbanos;
- b) Dos proprietários, nas frentes particulares fora dos aglomerados urbanos;
- c) Dos organismos dotados de competência, própria ou delegada, para a gestão dos recursos hídricos na área, nos demais casos.

O Artigo 46º, por seu lado, define os objectivos a atingir com estas intervenções de conservação e reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas:

- 1- *Devem ser aplicadas as medidas necessárias para evitar a deterioração do estado de todas as massas de água superficiais, sem prejuízo das disposições seguintes.*
- 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, nos termos do n.º 3 do artigo 102.º, a classificação e apresentação do estado ecológico das águas de superfície e a monitorização do estado ecológico e químico das águas de superfície.*

Tendo os conceitos utilizados, sido anteriormente definidos no Art.º 4º da mesma lei:

a) **«Bom estado das águas superficiais»** o estado global em que se encontra uma massa de águas superficiais quando os seus estados ecológico e químico são considerados, pelo menos, «bons»;

p) **«Bom estado ecológico»** o estado alcançado por uma massa de águas superficiais, classificado como Bom nos termos de legislação específica;

(...)

t) **«Bom potencial ecológico»** o estado alcançado por uma massa de água artificial ou fortemente modificada, classificado como Bom nos termos das disposições de normativo próprio;

(...)

gg) «**Largura da margem**» a margem das águas do mar, bem como das águas navegáveis ou flutuáveis sujeitas actualmente à jurisdição das autoridades marítimas ou portuárias, com a largura de 50 m; margem das restantes águas navegáveis ou flutuáveis com a largura de 30 m; **margem das águas não navegáveis nem flutuáveis, nomeadamente torrentes, barrancos e córregos de caudal descontínuo, com a largura de 10 m;** quando tiver a natureza de praia em extensão superior à estabelecida anteriormente, a margem estende-se até onde o terreno apresentar tal natureza; a largura da margem conta-se a partir da linha limite do leito; se, porém, esta linha atingir arribas alcantiladas, a largura da margem é contada a partir da crista do alcantil;

(...)

jj) «**Margem**» a faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas com largura legalmente estabelecida;

Finalmente, no DL 77/2006 são clarificados os conceitos de estado ecológico "excelente", "bom" e "razoável" dos rios, no que se refere aos distintos elementos e, no caso concreto das margens e zonas ribeirinhas, os Elementos de qualidade hidromorfológica (QUADRO N.º 1.2.1 do Anexo V):

Elementos de qualidade hidromorfológica	
Elemento: Regime hidrológico	
Estado	
Excelente	Os caudais e condições de escoamento, e as consequentes ligações às águas subterrâneas, reflectem totalmente ou quase condições não perturbadas.
Bom	Condições compatíveis com os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.
Razoável	Condições compatíveis com os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.
Elemento: Continuidade do rio	
Excelente	A continuidade do rio não é perturbada por actividades antropogénicas e permite a migração de organismos aquáticos e o transporte de sedimentos sem perturbação.
Bom	Condições compatíveis com os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.
Razoável	Condições compatíveis com os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.
Elemento: Condições morfológicas	
Excelente	As estruturas do leito, as variações de largura e profundidade, as velocidades de escoamento, as condições do substrato e a estrutura e condição das zonas ripícolas correspondem totalmente ou quase às que se verificam em condições não perturbadas.
Bom	Condições compatíveis com os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.
Razoável	Condições compatíveis com os valores acima especificados para os elementos de qualidade biológica.

Esta legislação implica uma abordagem das intervenções nas linhas de água que tem de garantir a sua multifuncionalidade ao longo de toda a sua extensão, adaptando a sua gestão às condicionantes locais, dentro dos objectivos da preservação e promoção da funcionalidade das linhas de água e do seu valor ecológico e paisagístico na garantia simultânea da segurança dos bens e actividades humanas, desde que adequadamente integrados no território.

Analisando as diferentes medidas definidas no nº 1 do Art.º 33ª da Lei da Água verificam-se três objectivos principais:

1. Regularização hidrológica reduzindo o risco de inundação
2. Prevenções dos processos erosivos e de degradação das margens e álveos das linhas de água.
3. Recuperação e valorização ecológica e paisagística das linhas de água e seus espaços envolventes

É de realçar, no que se refere ao primeiro ponto, que a lei ponha em pé de igualdade a limpeza da secção de vazão para permitir o escoamento de cheia (alínea a) e o amortecimento e laminagem dos caudais de cheia (alínea h) determinando uma abordagem diferenciada da gestão das margens, em função dos riscos associados às cheias em cada local. Esta nova abordagem é concretizada abandonando a abordagem clássica de maximização do caudal escoado por priorização absoluta da limpeza das margens de qualquer objecto classificável como obstáculo ao escoamento (em particular, a vegetação).

Este complexo de objectivos implica que as intervenções nas linhas de água sejam pensadas e conduzidas considerando a diversidade das situações ocorrentes ao longo do traçado, em particular a diferente sensibilidade dos usos marginais, assim como o imperativo de preservação da diversidade morfológica, ecológica e hidráulica de cada local.

Por outro lado há que ter em consideração o estado actual das linhas de água e das suas margens e os diferentes tipos de riscos que daí decorrem.

### 3. ENQUADRAMENTO TÉCNICO

O factor determinante de uma linha de água é a sua corrente. Esta depende, em primeiro lugar da hidrologia do local, ou seja, das características da Bacia Hidrográfica e do modo como ela gera escoamento fluvial na sequência de uma chuvada. Este escoamento resulta do Balanço Hídrico ocorrente na Bacia e depende prioritariamente da sua geologia, solos, morfologia e uso (Fig. 3.1).

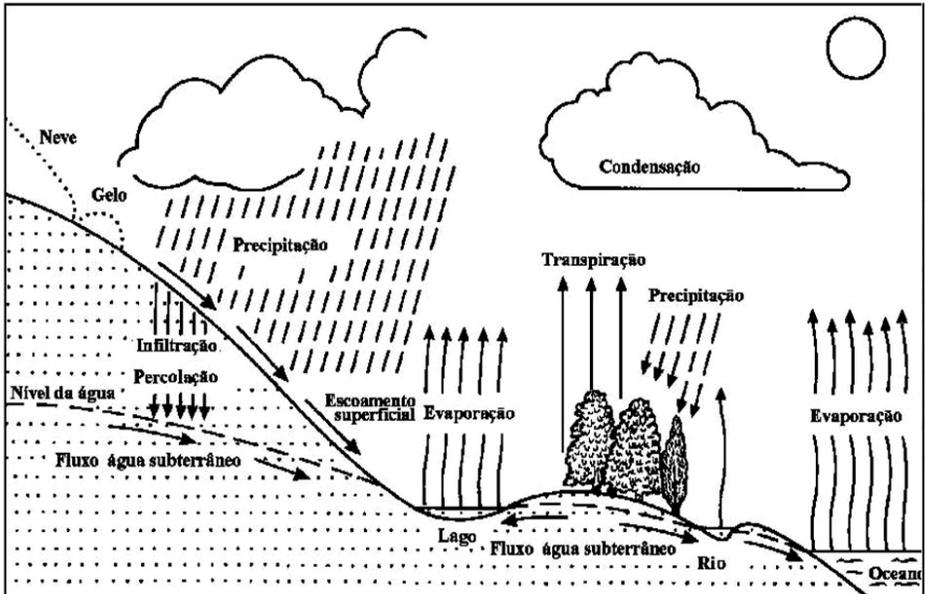


Fig. 3.1. Representação esquemática do balanço hídrico numa Bacia Hidrográfica tipo.

Como a distribuição da precipitação ao longo do ano e inter-anualmente é muito variável, existem momentos em que os caudais escoados são reduzidos ou muito reduzidos e outros em que o escoamento é extremamente caudaloso, podendo atingir velocidades elevadas e ocupando uma ampla secção de escoamento (Fig. 3.2).

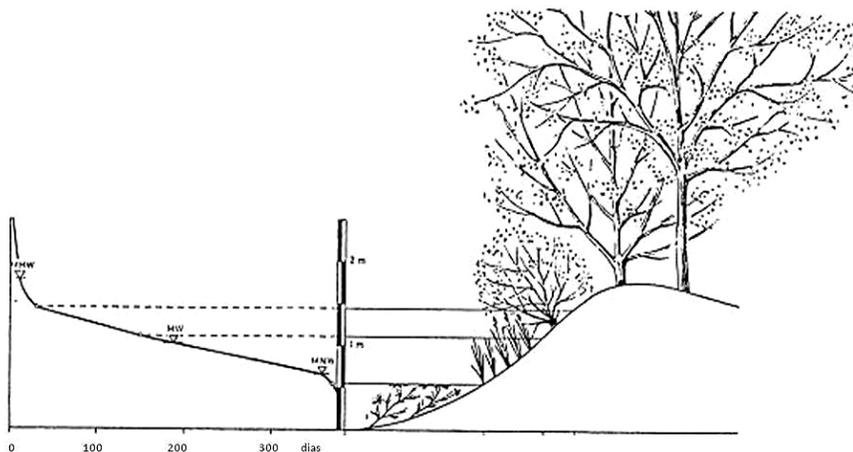


Fig. 3.2. Curva anual padrão dos caudais, indicando a frequência média de duração dos diferentes níveis de água durante o ano, em correlação com o perfil da vegetação existente (Seibert, 1968)

Contudo essas situações excepcionais ocorrem apenas durante poucos dias do ano, pelo que, uma adequada gestão das margens e zonas ribeirinhas de uma linha de água tem de ter em consideração todos os regimes de escoamento ocorrentes ao longo do ano.

O modo como este escoamento flui numa dada secção de uma linha de água é determinado por dois factores essenciais (Fig. 3.3):

- o declive do leito
- a rugosidade do leito

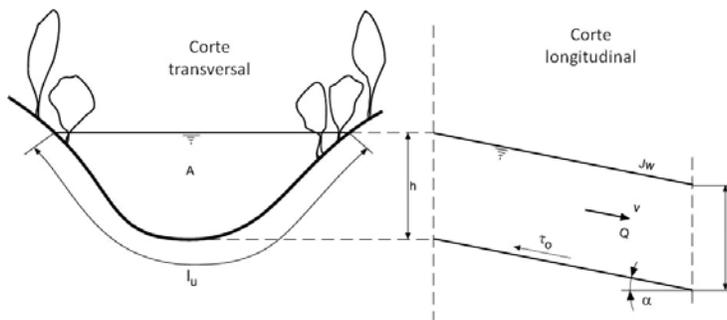


Fig. 3.3. Principais características hidráulicas de uma secção de uma linha de água (**A** - área transversal, **U** - perímetro molhado, **h** - profundidade, **J<sub>w</sub>** - inclinação, **v** - velocidade da água, **Q** - Caudal, **τ<sub>o</sub>** - resistência à tracção (rugosidade)) (Rauch, 2008)

De facto, se considerarmos a equação de vazão:

$$Q = A \cdot v_m \quad \text{em que:} \quad v_m = k_{st} \cdot R^{2/3} \cdot J_w^{1/2}$$

verificamos que o caudal (Q) que passa num determinado momento numa secção com a área A é directamente proporcional a um coeficiente de rugosidade  $k_{st}$  e ao declive dessa secção IE.

Esta característica determina que podemos gerir o escoamento num determinado troço da linha de água intervindo nessas duas variáveis. Como consequência iremos influenciar o caudal (e logo a velocidade, já que o caudal é igual ao produto da área da secção A pela velocidade média da água nessa secção  $v_m$ ). Por sua vez, uma vez que o caudal depende da área da secção, a variação da velocidade determina, inversamente a dimensão desta, logo a altura da água na secção.

Estes conceitos básicos são da maior importância para a definição dos critérios de gestão e manutenção de uma determinada secção de uma linha de água, já que nos permitem saber concretamente quais as características que a mesma deve ter para permitir o adequado escoamento da água nessa secção.

**Entenda-se que, quando se fala de escoamento adequado não significa o mais rápido possível, mas sim aquele caudal que melhor garante a funcionalidade, segurança e qualidade desse troço e de todos os troços a jusante.**

Este aspecto é da maior importância dado que, ao longo de uma linha de água, em função dos usos das suas margens, existem zonas mais sensíveis a situações de cheia (ou mais carenciadas em garantir um escoamento estival) e zonas que podem, sem danos ambientais e patrimoniais ser submersas durante os períodos de maior caudal. A gestão combinada das condições de escoamento nos diferentes troços em função de objectivos de garantia das melhores condições de qualidade e segurança em cada momento tem, pois, de constituir a regra fundamental do ordenamento do escoamento numa Bacia Hidrográfica.

Com efeito, a abordagem simplista e infelizmente muito generalizada de privilegiar como critério, muitas vezes único, de gestão das margens das linhas de água, a maximização das condições de rápido escoamento em cada secção, são normalmente contraproducentes do ponto de vista da prevenção das cheias nas zonas baixas dado que, ao acelerar o escoamento em toda a bacia, concentra no tempo todas as afluências na parte final da mesma, aumentando a frequência e dimensão dessas cheias, assim como a velocidade do escoamento, a sua capacidade erosiva e, conseqüentemente, destrutiva. Como foi referido no capítulo anterior, a actual Lei da Água alterou essa perspectiva, importando agora mudar uma cultura de décadas que muito tem perturbado os nossos sistemas fluviais.

Regressando aos factores determinantes do escoamento, importa saber que, devido à rugosidade do leito, uma linha de água apresenta em cada secção uma distribuição de velocidades como a representada na Fig. 3.4. Esta distribuição diferenciada (mais reduzida junto ao fundo e margens onde a fricção é maior e mais elevada no centro da secção), determina que a água não flua de modo linear e uniforme ao longo de um troço, mas antes que flua num trajecto em espiral que vai originar que uma linha de água natural tenda sempre a meandrar porque existem secções onde a velocidade é mais elevada numa das margens e menor na outra originando erosão na margem onde se regista uma maior velocidade e deposição na margem oposta.

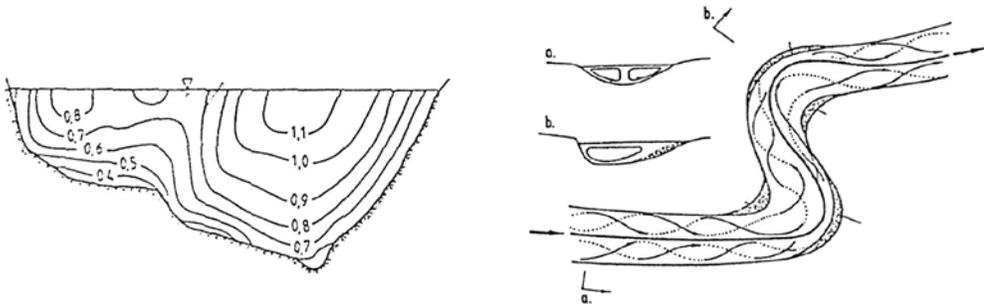


Fig. 3.4 .Distribuição típica da velocidade da água numa secção de uma linha de água e consequente acção na forma do escoamento longitudinal, originando um padrão espiralado e a formação de meandros com margens de erosão e margens de sedimentação

Este processo determina que qualquer linha de água apresente, naturalmente, uma dinâmica de variação do seu traçado e um permanente processo de erosão/sedimentação que contribuem para a diversidade dos biótopos que estão associados a qualquer linha de água.

Esta característica é da maior importância no processo de definição das abordagens de gestão a aplicar em cada troço.

Mas uma linha de água não é só o escoamento, mas também as características do substrato, a velocidade da corrente, as condições de luz e temperatura, o conteúdo em oxigénio, o quimismo da água, o input de substâncias orgânicas e inorgânicas a partir do meio e as aflúncias que, pela sua natureza ou quantidade podem afectar a qualidade da água (matéria orgânica, turvação, sedimentos ou substâncias tóxicas).

Todas essas características contribuem para que cada linha de água tenha características próprias e constitua ecossistemas e paisagens muito diversificados que importa valorizar e promover. Por exemplo, nas águas correntes geram-se em diferentes circunstâncias, zonas de águas calmas, que apresentam um elevado significado em termos biológicos,

quer por permitirem a fixação de uma fauna e flora consideráveis, quer por assegurarem condições de refúgio e alimento a inúmeros seres vivos.

Tanto elas como as zonas de águas correntes são partes integrantes e fundamentais das linhas de água, pelo que nas intervenções construtivas há que assegurar a sua protecção, viabilidade e eventual promoção, tendo em conta que uma linha de água é uma estrutura transversal e longitudinalmente integrada. A linearização e a simplificação de fundos, margens e regime hidráulico implicam o comprometimento de inúmeros habitats e um empobrecimento na fauna e flora da linha de água (logo uma redução da sua qualidade ecológica) (Fig. 3.5).

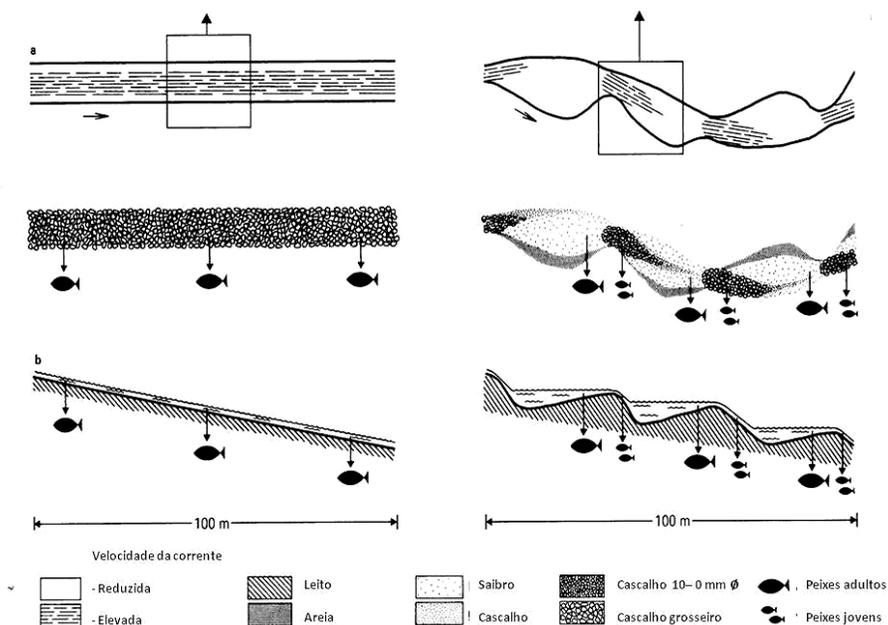


Fig. 3.5. Ilustração do impacte na fauna piscícola da simplificação e homogeneização de um troço de linha de água (Blab, 1993)

Nenhuma intervenção deve, pois, simplificar a estrutura ou traçados naturais, importando salvaguardar o espaço natural de expressão de cada linha de água. Obviamente que este espaço pode estar condicionado por utilizações das margens que, pelo seu carácter, forma de instalação, antiguidade ou valor particular, não possam ser condicionadas ou retiradas. Nestas situações importa identificar quais as reais condicionantes do processo de escoamento e gerir a linha de água e os seus diferentes componentes em consonância, sempre dentro do princípio da maximização da naturalidade e funcionalidade.

### 3.1. A vegetação ripícola - características e funções ecológicas

Corredor ripícola é o termo usado para designar os terrenos adjacentes às linhas de água incluindo as margens destas e parte do seu leito de cheia (ou mais correctamente, várzea). Este corredor é caracterizado por uma interacção água/solo muito intensa e pelas oscilações sazonais do nível da água, determinando áreas com diferentes períodos de submersão. A vegetação ripícola é a vegetação que se desenvolve nestas áreas e que apresenta um zonamento relativamente à linha de água correspondente às referidas oscilações do nível da água e períodos de submersão (Fig. 3.6).

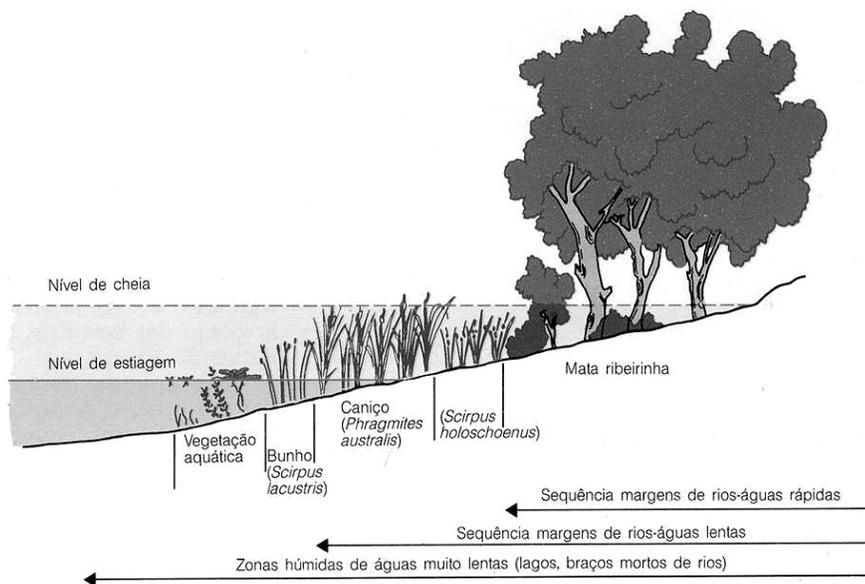


Fig. 3.6. Zonamento típico da vegetação num corredor ripícola, em função do nível da água e do período de enchimento.

Em áreas de influências de águas doces as diferentes fitocenoses ocorrentes apresentam características diferentes em função da profundidade da toalha freática e do regime de submersão do substrato pelas águas (em especial pelos níveis das cheias fluviais e os níveis de estiagem).

De um modo geral as espécies lenhosas de grande porte encontram-se associadas a solos estáveis ou em acumulação ou erosão pouco pronunciadas. Em solos de maior mobilidade ou em erosão as espécies lenhosas apresentam portes mais reduzidos, ou seja, constata-se um fenómeno característico de dominância de elementos lenhosos

de menor porte nas estações ecológicas onde os de maior porte não encontram as condições de sobrevivência adequadas.

Em estações onde a acumulação de materiais é muito elevada, ocorrem essencialmente elementos graminóides ou terófitos.

Esta sequência também se verifica em situações onde ocorre uma variação significativa dos níveis freáticos, com os elementos graminóides e terófitos a dominarem nas situações de elevada variação e as árvores nas situações de menor oscilação .

Nos rios com variação significativa dos leitos de cheia, as comunidades de graminóides e arbustivas ocorrem de forma dispersa ao longo das margens, mas quando se instala um pequeno açude no rio, o efeito de nível constante possibilita o desenvolvimento de espécies de maior porte, como salgueiros e amieiros.

A distribuição da vegetação obedece a um esquema de preferências individuais em termos ecológicos das diversas espécies vegetais, apoiado na estratégia específica de cada uma delas.

Nas cotas mais elevadas, zonas apenas cobertas pelas águas nos períodos de cheias fluviais ocorrem ou pelo menos já ocorreram, as matas ribeirinhas (ripícolas ou ripárias) dotadas de um coberto arbóreo caducifólio com altura máxima da ordem dos 30 metros.

Tais matas, genericamente dominadas por amieiros *Alnus glutinosa*), freixos (*Fraxinus angustifolia* ssp. *angustifolia*), ulmeiros<sup>1</sup> (*Ulmus minor*), salgueiros (*Salix alba* subsp. *alba*) e mesmo choupos (*Populus nigra*, *Populus alba*), incluem igualmente um estrato arbustivo (mais comum nas orlas) de borrazeiras (*Salix atrocinerea* e *Salix salvifolia*), loureiros (*Laurus nobilis*), sabugueiros (*Sambucus nigra*), sanguinhos de água (*Frangula alnus*), abrunheiro bravo (*Prunus spinosa*) e ainda por um estrato escandente (de trepadeiras) à base de silvas (*Rubus ulmifolius*), roseiras (*Rosa sempervirens*), heras (*Hedera helix*), madressilvas (*Lonicera periclymenum*), norça-preta (*Tamus communis*) correspondendo a uma complexa trama de estruturas vegetais frequentemente ocorrentes em mosaicos ou complexos.

Estas formações encontram-se associadas directamente às condições ecológicas determinadas pelas disponibilidades hídricas. Assim sendo, podem ocorrer frequentemente estruturas ripícolas dominadas por elementos florísticos geralmente dominantes em estações mesófilas , ou seja o *Quercus robur* pode "funcionar" como elemento ripário na zona de domínio clímax do *Quercus pyrenaica* ou do *Quercus faginea*, de igual modo o *Quercus faginea* ocorre como elemento ripário na zona de domínio clímax do *Quercus suber* ou do *Quercus rotundifolia* e mesmo do *Quercus suber* em zona de domínio clímax do *Quercus rotundifolia*.

Aggrupamentos de *Fraxinus angustifolia* ou de *Ulmus minor*, sendo claramente ripícolas na maior parte do território, podem ocorrer em estações sub-higrófilas, ou mesmo em situações mesófilas associadas a pluviosidades elevadas .

<sup>1</sup> Nas últimas décadas esta espécie tem sofrido um forte retrocesso devido à grafiose que elimina a quase totalidade dos indivíduos adultos. Consta-se em determinadas situações a sua substituição por freixos e lodãos

Em altitude são frequentes estruturas ripícolas com domínio de *Betula celtiberica* e/ou de *Sorbus aucuparia*.

Em solos turfosos no sul do País predominam os salgueirais de *Salix atrocinerea*, mas ocorrem frequentemente matas de *Frangula alnus*, em cujo subcoberto pode estar presente *Myrica gale*. No norte, a baixa altitude dominam comunidades de *Salix arenaria* (associados a *Salix atrocinerea*) e em altitude comunidades de *Salix repens*.

Em estações de elevada oscilação do nível freático as matas ribeirinhas dão lugar a matagais hidrófilos com domínio de *Myrica gale*, mas mais frequentemente apresentam-se sob a forma de urzais húmidos à base de *Erica erigena* e *Erica lusitanica*.

As matas ribeirinhas ocorrentes em linhas de água de carácter torrencial, embora apresentem muitos dos taxa atrás referidos e, em especial, os de menor porte, constituem normalmente estruturas de transição entre as matas ribeirinhas hidrófilas e as formações climax-climáticas da região.

No entanto, nesses ecótopos constata-se a ocorrência de um número relativamente elevado de espécies, caso dos lodões (*Celtis australis*) que eventualmente poderão constituir estruturas de relativo equilíbrio em ecótopos coluviais e antigos terraços fluviais, mas que são muito abundantes em linhas de água torrenciais e mesmo em escarpas interiores. Igualmente de referir a zelha (*Acer monspessulanum*) frequente em Trás-os-Montes e na Serra da Arrábida e muito localizada na Serra da Malcata e no centro do País. Nesses ecótopos ocorrem ainda *Sorbus torminalis*, *Pyrus bourgaeana* (no sul), *Amelanchier ovalis*.

Em linhas de água com nulas ou muito escassa disponibilidades hídricas no Verão ocorrem diversas comunidades como:

- tamargais de *Tamarix africana* (as características fortemente rústicas desta espécie permitem que ocorra em ecótopos aparentemente distintos, desde ilhas de gravilha no leito de rios, como colonizador de estruturas ripícolas degradadas, arribas marítimas e margem de lagoas e rias salobres);
- tamujais de *Securinega tinctoria* (funcionando essencialmente em leitos torrenciais ou então em linhas de água degradadas nas zonas mais continentais de Portugal);
- loendrais de *Nerium oleander*;
- comunidades de *Myrtus communis*;
- comunidades de *Buxus sempervirens* (frequentes no Sabor<sup>2</sup> e muito localizadas no Tâmega e Zezere<sup>3</sup>).

Nas zonas ribeirinhas de escoamento lento das águas, onde é susceptível a deposição de materiais finos (limos e areias finas), caso das áreas de assoreamento nos rios de planície, braços mortos de rios ou lagoas, ocorrem formações helófitas nos locais onde um excessivo período de emersão não permite a instalação de mata ribeirinha.

<sup>2</sup> Provavelmente frequentes no Alto Douro antes da construção das actuais barragens.

<sup>3</sup> No caso do rio Tâmega, ocorrem comunidades de *Myrtus communis* e *Buxus sempervirens*, com presença de *Rubus ulmifolius* e de *Crataegus monogyna* subsp. *brevispina*.

Tais formações distribuem-se em cinturas de vegetação perpendicularmente à linha de maior declive. Nas cotas imediatamente inferiores à mata ribeirinha é frequente encontrar-se uma formação dominada por *Scirpus holoschoenus*, a que se lhe seguem os caniçais, dominados por *Phragmites australis*, mas onde ocorrem ainda as tábuas *Typha* spp. e a espadana *Sparganium erectum*. Segue-se uma nova cintura vegetal nas cotas mais baixas dominada pelo bunho (*Scirpus lacustris*).

À medida que o substrato firme vai ficando permanentemente coberto pelas águas e a profundidade cada vez maior, encontra-se um tipo de vegetação enraizada com folhagem flutuante, caso dos golfões *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, *Ludwigia palustris*, *Potamogeton polygonifolius*, *Polygonifolius pectinatus* (Guadiana?).

Plantas flutuantes como *Lemna gibba*, *Lemna minor* e a *Pteridofitae* exótica *Azolla caroliniana* assim como *Wolffia arrhiza* em águas nitrofilizadas.

Plantas submersas como *Cerastophyllum demersum* subsp. *demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum alterniflorum*, etc..

Esta sequência de agrupamentos vegetais embora frequente em Portugal, encontra-se longe de ser exclusiva.

As características do substrato e a oscilação dos níveis freáticos podem determinar o estabelecimento de uma elevada diversidade de agrupamentos vegetais dominados por Graminae e Juncaceae, por exemplo:

- caniçais sub húmidos com *Carex hispida*, *Carex paniculata*, *Scirpus holoschoenus*,
- caniçais húmidos com *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Typha domingensis*, *Typha latifolia*, *Mariscus serratus*, *Glyceria declinata*, *Oenanthe crocata*,
- juncais com *Juncus tingitanus*, *Juncus inflexus*, *Juncus rugosus*, *Juncus effusus*, *Juncus acutiflorus*, *Juncus rugosus*,
- comunidades sempre húmidas com *Lobelia urens*, *Lotus pedunculatus*, *Trifolium resupinatum*;
- comunidades inundadas periodicamente com *Chenopodium ambrosioides*, *Polygonum lapatifolium*, *Paspalum dilatatum*, *Polypogon semiverticillatum*, *Hypericum humifolium*, *Cicendia filiformis*, *Hypericum elodes*, *Scirpus fluitans*, *Glyceria declinata*, *Eleocharis palustris*, *Paspalum paspalodes*, *Galium palustre*, *Ranunculus sceleratus* e prados com *Ranunculus aqualitis* (mais tempo inundada), *Isoetes velata*, *Isoetes setacea*, *Marsilea pibecens*, *Plantago coronopus*, *Sagina apetala*.
- comunidades de *Molinea caerulea*, *Lythrum junceum*, *Lythrum salicaria*, *Hypericum eloides*;
- embudais comunidades meso ou oligotróficos de *Oenanthe crocata*;

- rabaçais comunidades eutroficas de *Apium nodiflorum*;
- comunidades de *Glyceria declinata*, *Nasturtium officinale*;
- comunidades de *Eleocharis palustris*;
- comunidades de *Panicum repens*;
- comunidades de *Paspalum paspaloides*;
- comunidades de *Agrostis stolonifera*;
- comunidades de solos turfosos com *Utricularia* spp., *Hypericum elodes*, *Drosera intermedia*.

Os charcos temporários apresentam face à extrema variação das condições ecológicas uma diversidade florística igualmente elevada implicando mesmo uma variação anual das comunidades vegetais, estudos levados a cabo para o Algarve (Pinto-Gomes, 1999) apontam para o seguinte gradiente de vegetação nos charcos da periferia para o interior:

- comunidades de *Agrostis castellana* ou de *Agrostis pourretii*;
- comunidades de *Chaetopogon fasciculatus* e *Lotus subbiflorus*;
- comunidades pioneiras de primavera e início de verão com *Isoetes velatum* e *Juncus pygmaeus*, que são substituídas no decorrer do verão por comunidades de *Eryngium corniculatum*;
- comunidades de *Ranunculus peltatus* subsp. *saniculifolius*;
- comunidades de *Chara vulgaris*.

De referir como estruturas vegetais associadas a linhas de água torrenciais de comunidades rupícolas (leitões de cheia rochosos periodicamente submersos) e cujos exemplares de maior porte de lenhosos são geralmente a *Pistacia terebinthus*, *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Buxus sempervirens* (no norte interior) e que incluem: *Festuca duriotagana*, *Centaurea ornata*, *Phagnalon saxatile*, *Rumex induratus*, *Dianthus lusitanicus* (e localmente outras espécies de *Dianthus*), *Narcissus* spp., etc.

A grande complexidade dos sistemas ecológicos dulciaquícolas derivado do elevado número de espécies ocorrentes e do elevada diversidade das condições ambientais, aliadas ainda ao reduzido número de estudos efectuados até à data, não permite estabelecer um quadro sintético seguro. Numa simples tentativa prévia procuramos definir 4 tipos diferentes de estratégias das plantas, relacionadas com o "stress", neste caso, a dinâmica do substrato e a variação dos níveis das águas:

- stress muito baixo com domínio e formações arbóreas e/ou arbustivas;
- stress baixo com domínio de graminóides de alto porte;

- stress elevado como domínio de graminóides de baixo porte;
- stress muito elevado como domínio de terófitos e elementos perenes ruderais.

A vegetação ripícola garante a protecção das margens e constitui um espaço biológico de elevada diversidade, onde se encontram habitats muito diferenciados que materializam uma sequência ecológica desde as zonas terrestres sem influência directa ou indirecta da linha de água até os ecossistemas aquáticos. Por este motivo, estas zonas apresentam normalmente uma riqueza específica muito elevada dado que materializam uma intersecção dos domínios ecológicos terrestres e aquáticos.

Adicionalmente, não se pode ignorar que uma linha de água não é um corpo estranho num território, pelo contrário constitui um elemento de convergência e de integração onde a interacção de habitats terrestres e aquáticos determina uma enorme riqueza em habitats cuja simplificação determina perdas que não só comprometem essa biodiversidade, mas também prejudicam os usos adjacentes (por ex. através da exposição das áreas cultivadas a pragas ou doenças cujos vectores poderiam ser controlados pela fauna associada às formações ripícolas entretanto destruídas (Fig. 3.7).

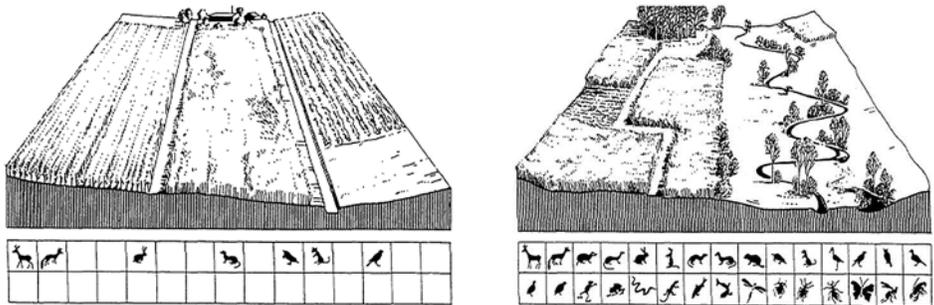


Fig. 3.7. Comparação entre a Biodiversidade de um vale com um corredor fluvial funcional e um território agrícola artificializado com uma linha de água canalizada e rectificada (Binder, 1998)

### 3.2. A vegetação das margens e as suas funções técnicas

A vegetação das margens preenche funções específicas determinantes para a segurança das margens e a integração das linhas de água na paisagem, funcionando simultaneamente como promotoras da continuidade ecológica.

Os diversos tipos de vegetação preenchem funções distintas:

- Árvores e arbustos das margens – são as espécies lenhosas associadas às linhas de água. Crescem na linha média de inundaçã ou acima desta e estão diferentemente

adaptadas a suportar vários tipos de intensidades e duração de inundação anual. Cumprem uma série de funções específicas como proteger com o seu raizame as margens da erosão e outros danos, sombrear a corrente evitando o desenvolvimento de processos eutróficos e de infestantes, um excessivo aquecimento do corpo de água e ainda oferecem um espaço para o desenvolvimento de um ecossistema estável.

- Juncos e caniços (vegetação aquática) – têm como principais funções enraizar a zona de variação da linha de água, evitando até um determinado ponto, a erosão nessa zona, sombrear parte da linha de água, oferecerem um meio de instalação para inúmeras espécies vegetais e animais, além de assegurarem funções depuradoras de poluição orgânica.
- Outros elementos (sub-bosque e herbáceas) – cumprem funções de consolidação das margens, de protecção no curto prazo e permitem um melhor desenvolvimento da sucessão ecológica.

Em suma, a vegetação preenche funções de estabilização das margens, criação de habitats aquáticos, regulação dos balanços de sedimentos e de nutrientes, controle de cheias e criação de habitats para a vida selvagem. Cada uma dessas funções é assegurada pela vegetação ripícola exigindo, contudo um adequado desenvolvimento da mesma, só possível se lhe fôr disponibilizado um espaço adequado (Fig. 3.8).

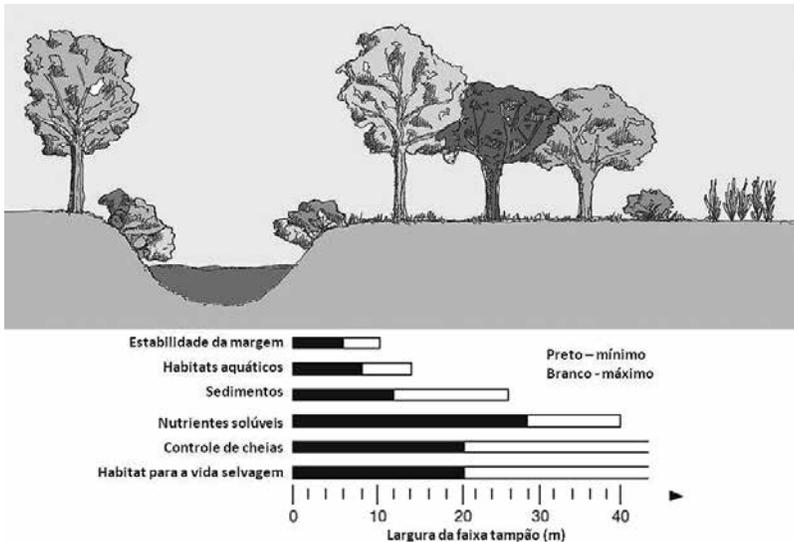


Fig. 3.8. Ilustração das diferentes funções asseguradas pela vegetação ripícola e das dimensões mínimas exigidas para o pleno preenchimento dessas funções (adaptado de RIPARIA, 2005)

De forma a ilustrar a importância da vegetação na consolidação e protecção das margens, consideremos a Fig. 3.9 onde se pode observar como os salgueiros arbustivos, conseguem, através da sua ramagem retardar o fluxo da água ou, no caso de serem suficientemente elásticos, cobrirem a margem, e evitando o arraste de solo e outros materiais. Ao mesmo tempo, o denso aparelho radicular confere armação, agregação e ancoragem ao solo da margem.

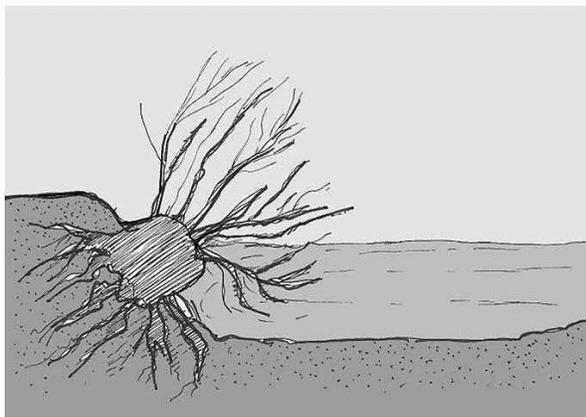


Fig. 3.9. Efeitos de protecção das formações arbustivas de salgueiros (adaptado de Jund *et al.*, 2000)

Contudo, essas funções são realizadas de diferente forma pelas distintas espécies, já que o desenvolvimento radicular das mesmas não é idêntica, havendo umas que desenvolvem as raízes abaixo do nível médio da água (amieiro, freixo, salgueiro), garantindo, portanto, uma boa consolidação da frente da margem, enquanto que as espécies como o choupo não desenvolvem as suas raízes em solo permanentemente encharcado, pelo que se adequam melhor a zonas mais recuadas das formações ripícolas (Fig. 3.10).

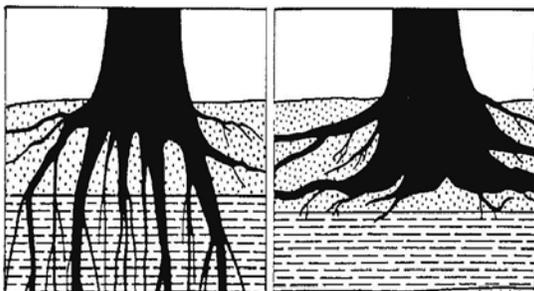


Fig. 3.10. Diferente desenvolvimento radicular das espécies ripícolas em função do nível médio da água: à esquerda raízes de amieiro, freixo ou salgueiro, à direita raízes de choupo

A vegetação vai preencher igualmente funções de construção da paisagem, assegurando uma imagem marcada e marcante da linha de água na paisagem. Deve estabelecer relações estruturais e funcionais com as restantes comunidades envolventes, integrando-se na estrutura de continuidade natural da região.

Este conhecimento implica um cuidado particular com a protecção das margens fluviais no sentido da prevenção e controle dos fenómenos erosivos, função que só pode ser eficazmente assegurada por uma pujante e adequadamente gerida mata ripícola e a correcta gestão dos leitos de cheia e das suas margens de invernía. Desta forma, a existência de corredores ripícolas densamente enraizados mas medianamente permeáveis ao escoamento no leito principal da linha de água e de corredores arbóreos densos e bem enraizados na orla dos leitos de cheia assume-se como fundamental para a prevenção dos principais riscos de erosão ravinar.

Mas a vegetação ripícola das margens preenche ainda uma outra função da maior importância na garantia da qualidade da água. As suas raízes funcionam com um filtro das substâncias dissolvidas que afluem às linhas de água a partir dos terrenos marginais (Fig. 3.11). Esta acção é concretizada pela absorção de nutrientes em excesso (que de outro modo poderiam causar eutrofização) e pela metabolização pelos microrganismos associados às raízes de muitas outras substâncias, com relevo para agro-químicos que poderiam vir a ser tóxicos para a flora ou fauna ou para os utilizadores dessa água para beber ou fins recreativos.

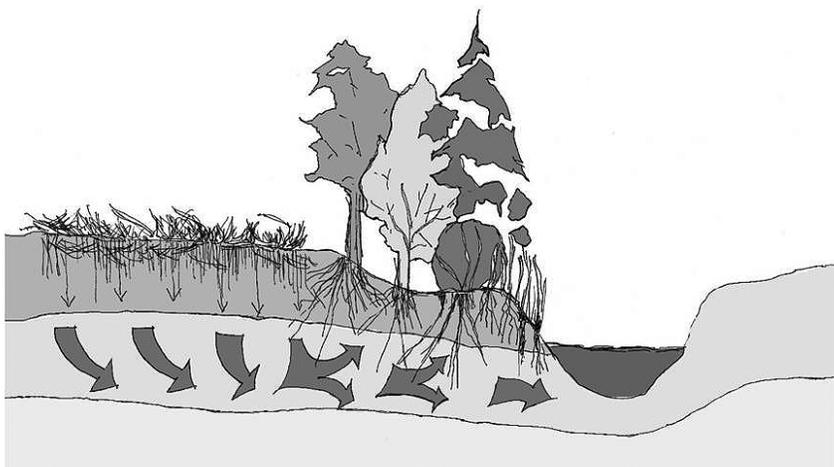


Fig. 3.11. Efeito de filtro e de extração exercido pela vegetação ripícola sobre as substâncias químicas dissolvidas nos fluxos sub-superficiais provenientes, por ex., de explorações agrícolas contíguas

### 3.3. Características hidráulicas da vegetação ripícola

A vegetação ripícola influencia drasticamente a velocidade da água numa secção já que afecta quer a área da secção, quer, particularmente, a rugosidade (o valor de  $k_{st}$ ) (Fig. 3.12).

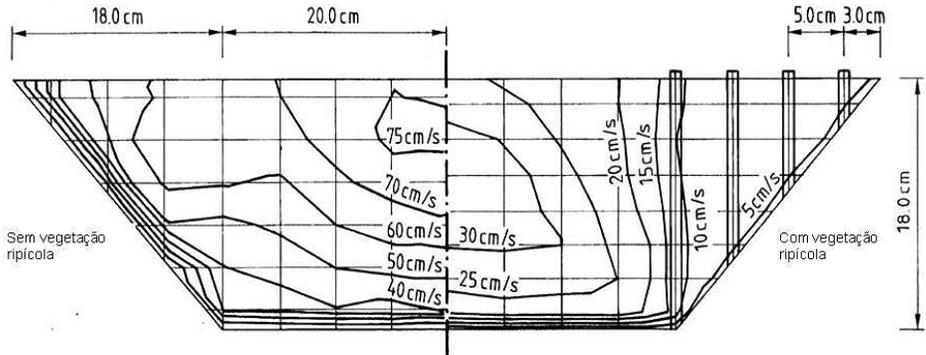


Fig. 3.12 - Distribuição da velocidade numa secção de um rio sem vegetação (esq.) e com vegetação (dir.) - é visível que na secção sem vegetação, a velocidade (e consequentemente o caudal) é significativamente superior à da secção com vegetação (DWVK, 1991)

Contudo, essa influência depende do tipo de vegetação (Fig. 3.13):

- Vegetação de pequeno porte - a vegetação está submersa. A altura da água é muito superior à altura das plantas. A rugosidade da vegetação é comparável à de um leito de areia.
- Vegetação de médio porte - a altura da vegetação é semelhante à profundidade da água. Em consequência a vegetação pode ser submergida ou não. No caso da vegetação ser flexível e esta se dobrar totalmente sobre o leito e margens, comporta-se como vegetação de pequeno porte.
- Vegetação de porte elevado - a altura da água é inferior à altura da vegetação. A vegetação comporta-se como um obstáculo rígido, reduzindo a secção de vazão e aumentando drasticamente a rugosidade total da secção.

Em consequência, pode-se afirmar que, conforme o tipo de vegetação, assim se tem um comportamento hidráulico distinto:

- A vegetação elástica:
  - Submerge

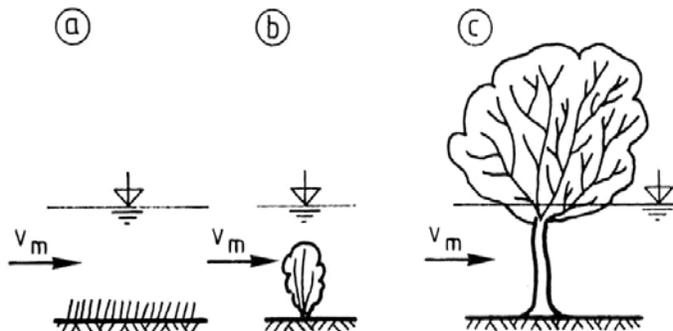


Fig. 3.13 - Classificação da vegetação ripícola de acordo com o seu comportamento hidráulico (DVWK, 1991)

- Inclina-se sobre a margem protegendo-a contra a erosão
- Reduz pouco a velocidade da água, bem como a secção de escoamento
- A vegetação rígida e densa:
  - aumenta (melhora) a protecção da margem contra a erosão
  - aumenta o nível da água
  - pode causar inundações nas áreas adjacentes

Se estivermos a considerar árvores rígidas isoladas (como é infelizmente o caso em muitos rios e ribeiras de Portugal) teremos então que estas:

- Desviam a água
- Reduzem pouco a velocidade da água
- Criam forte turbulência
- Criam uma crescente erosão da margem por lavagem do solo em torno do tronco e raízes

Por estes motivos, a proteção das margens contra a acção erosiva do escoamento de cheia só é conseguida:

- pela vegetação elástica e que verga durante a passagem da cheia
- pela vegetação rígida e densa que retarda o escoamento e reduz a sua capacidade erosiva.

No primeiro caso garante-se a protecção da margem e uma secção de vazão ampla com pouca rugosidade (logo permitindo um rápido escoamento de caudais significativos), enquanto que no segundo caso se protege a margem e se atrasa o escoamento (inundando eventualmente os terrenos marginais). Nesta segunda situação, caso estes terrenos não tenham usos incompatíveis com uma inundaçã o ocasional, um tal troço funcionaria como uma estrutura de retenção e laminagem da cheia.

Consequentemente, quando analisamos a vegetação e o seu comportamento hidráulico, temos de ter em consciência o tipo de vegetação em causa. Ao pretender gerir a vegetação das margens de uma linha de água, temos de clarificar muito bem que comportamento hidráulico é o pretendido para o troço em causa.

### 3.4. Usos das margens e leitos de cheia e ordenamento da Bacia Hidrográfica

Um dos problemas mais graves das linhas de água em Portugal é o uso abusivo das margens e leitos de cheia.

Apesar dessa situação já devesse ter sido alterada à luz das disposições da Lei da Água nomeadamente o nº 8 do Art.º 40º que impõe:

*7-Até à aprovação da delimitação das zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias, estão sujeitos a parecer vinculativo da administração da região hidrográfica territorialmente competente o licenciamento de operações de urbanização ou edificação, quando se localizem dentro do limite da cheia, com período de retorno de 100 anos, ou de uma faixa de 100 m para cada lado da linha de água, quando se desconheça aquele limite.*

continua a verificar-se uma ocupação abusiva de muitos leitos de cheia com construções e aterros, assim como o entulhamento abusivo de margens de linhas de água com construções quase até à vertical do eixo do leito.

Este tipo de situações abusivas, assim como todo o passivo decorrente destas práticas ao longo dos anos origina conflitos muito graves entre os processos hidrológicos e os usos das margens e leitos de cheia.

Esses conflitos assumem normalmente a forma de exigências de segurança para construções e infra-estruturas que ocupando zonas de frequência de cheia incompatíveis com a sua natureza e utilização, impõem agora que se constrengam e artificializem a linha de água para garantir a sua existência. Ao mesmo tempo, a artificialização do leito de cheia e a redução da secção de vazão que estas obras normalmente implicam, originam situações de aumento do risco de cheias a montante ou implicam intervenções hidráulicas muito pesadas, dispendiosas e de manutenção custosa.

Por estes motivos, deve-se procurar, progressivamente, retirar estas edificações e infra-estruturas para zonas mais adequadas em termos de segurança hidrológica e evitar, em absoluto, qualquer nova utilização incompatível com a natureza dessa área.

Importa aqui realçar o papel que deveria ser preenchido pelas companhias de seguros que à semelhança do que já é feito em muitos países, oneram muito substancialmente os prémios dessas edificações e infra-estruturas, reflectindo o risco muitíssimo superior que a sua inadequada localização origina.

Outra questão da maior relevância é a modificação das características hidrológicas de vastas áreas das bacias hidrográficas. Estas modificações, materializadas normalmente numa diminuição da permeabilidade do terreno (devida a urbanizações, outras construções e infra-estruturas ou a actividades agrícolas que substituam áreas de floresta ou matos), ocasionam, caso não sejam compensadas por medidas de retenção e laminagem de escoamentos, um aumento dos caudais afluentes às linhas de água e da velocidade dessa afluência, aumentando significativamente a frequência e intensidade das cheias.

Novamente, é da maior importância que, todas as linhas de água permanentes ou não e outras linhas de drenagem sejam geridas de forma a garantir a máxima retenção possível do escoamento, potenciando a sua infiltração e retardando a sua afluência a zonas de risco ou com usos susceptíveis a inundações.

Só assim se poderão evitar as situações que, com cada mais maior frequência se observam em bacias crescentemente urbanizadas, onde áreas e edificações anteriormente seguras são hoje regularmente inundadas.

A florestação das encostas e a eventual introdução de medidas de correcção torrencial em cabeceiras mais ameaçadas é um terceiro tipo de intervenção que permitirá, não só a redução do efeito catastrófico local e a jusante das cheias, como aumentar a retenção superficial e sub-superficial, potenciar a infiltração e reduzir a erosão.

## 4. ABORDAGENS PRÁTICAS

Quando consideramos a prática da gestão e manutenção de linhas de água à luz do espírito da nova legislação e da filosofia constante quer da Directiva Quadro da Água (que essa legislação transpõe), como da proposta em discussão de uma Directiva Quadro da protecção do solo há que atentar nas seguintes linhas orientadoras para a gestão de linhas e planos de água (Pflug, 1986):

- O ecossistema vale/linha de água deve ser considerado como uma unidade incluindo a Linha de Água e a Várzea por ela determinada, em estreita ligação com a Bacia Hidrográfica que a alimenta e determina.
- Os rios e ribeiras que, por via de intervenções várias, se encontram desequilibrados e não funcionais) devem ser recuperados através, nomeadamente de:
  - permissão de cheias controladas,
  - reconstrução de zonas húmidas e de encharcamento típicas,
  - recuperação de meandros destruídos por obras de linearização,
  - reposição de níveis freáticos mais elevados nas várzeas (diminuição da intensidade de enxugo),
  - manutenção dos existentes e construção de novos espaços de retenção hídrica,
  - recuperação e reconstrução de habitats diversificados para a fauna e flora,
  - limitação da área agrícola,
  - reconstrução da mata ripícola,
  - recuperação do corpo de água,
  - desvio de águas residuais.
- As margens devem ser libertadas de usos agrícolas, urbanos, industriais ou de recreio com carácter intensivo.
- Protecção das matas ripícolas ainda existentes, não só pelo seu elevado valor ecológico, mas igualmente como espaços de retenção, infiltração e armazenamento de água.
- As margens das linhas de água devem, no essencial, serem cobertas e consolidadas com a vegetação ripícola correspondente às condições ecológicas nelas prevaletentes, devendo para tal, serem edificadas as medidas construtivas de apoio adequadas e necessárias, assim como reservada a área indispensável ao seu desenvolvimento equilibrado dentro das exigências próprias de cada linha de água. A vegetação deve:

- diminuir a energia da corrente,
  - consolidar e armar o terreno através de um correcto e adequado desenvolvimento radicular,
  - sombrear o corpo de água, assegurando por via destas funções uma temperatura reduzida deste e garantir um fraco ou nulo desenvolvimento da vegetação infestante,
  - garantir uma diminuição do risco de erosão ou ruptura das margens, propiciando simultaneamente um nível adequado de sedimentação,
  - deve, simultaneamente, exigir um mínimo de cuidados de manutenção, devendo-se procurar combinações específicas tais, que maximizem os objectivos hidráulicos, minimizando simultaneamente o risco de ocorrências que possam gerar necessidades de correcção.
- A linha de água deve dispor de espaço para meandrar (sempre que tal corresponder às suas características morfológicas), devendo as formações aluvionares e os meandros existentes, serem protegidos e incluídos na zona consolidada e valorizada pela mata ripícola.
  - Devem-se evitar declives uniformes das margens, adaptando-se estes à forma do terreno, às características do substrato pedológico e às condições de escoamento.
  - Deve-se propiciar a ocorrência de numerosos e variados micro-biótopos, através de uma diversificação dos substratos do fundo e margens e da existência e promoção de obstáculos e variações bruscas do perfil do leito
  - Devem-se promover sistemas de que resultem aumentos da capacidade biodegradativa da linha de água (zonas de caniço, sombreamento (aumentando o valor do Oxigénio dissolvido devido ao decorrente abaixamento da temperatura da água), aumento da rugosidade e criação de obstáculos como degraus e quedas de água de modo a propiciar uma mais intensa reoxigenação natural).

Estas linhas orientadoras terão necessariamente de serem balanceadas caso a caso conforme as condições existentes e os condicionalismos decorrentes de usos já instalados ou de exigências particulares de rentabilização. Contudo, o seu carácter deverá no essencial ser respeitado, procurando-se uma maximização progressiva do seu grau de cumprimento.

Objectivos como a protecção contra cheias deverão, à luz dos princípios enunciados, ser vistos segundo duas perspectivas complementares:

- Os usos a implementar nos leitos de cheia têm de corresponder ao nível de risco aí existente, não se justificando em caso algum, a destruição de um sistema equilibrado e auto sustentado para o substituir por um sistema carente de constante manutenção e susceptível, caso falhe, de induzir níveis de risco muito mais elevados. Obviamente não se excluem obras de protecção e atenuação do efeito de cheias

ou de regularização de caudais, mas deve-se prestar particular atenção a que a destruição do ecossistema linha de água constitui não só um custo económico, com consequências e riscos já atrás desenvolvidos, como envolve também um custo ecológico extremamente elevado e em grande parte ou mesmo na quase totalidade, não amortizável.

- As obras a realizar na correcção de situações existentes, se bem que adaptando-se às condições (correctas ou incorrectas) criadas, devem procurar articular o grau de artificialidade (no sentido de afastamento do natural), com as exigências e limitações decorrentes do existente não susceptível de alteração e, em caso algum, permitir um aumento das limitações e utilizações abusivas

A legislação anteriormente transcrita, refere que os trabalhos de manutenção e gestão das linhas de água devem obedecer a um plano e decorrer sob orientação da ARH correspondente. Isso não obsta a que o proprietário conheça quais as regras a que essa gestão e manutenção deve obedecer e quais os cuidados a que a sua execução deve atender. É muito importante a existência de uma postura antecipativa, particularmente no que se refere aos trabalhos de manutenção regular como por ex.:

- Remoção de lixos e outros resíduos sólidos
- Remoção de entulhos
- Remoção de espécies vegetais invasoras (cana, silva, etc.)
- Remoção selectiva de material vegetal (podas, limpezas, condução da vegetação ripícola)
- Reparação de danos e consolidação dos corredores ripícolas (plantações de restauro, intervenções de restauro e consolidação, etc.)

Em suma podem-se resumir as questões atrás levantadas nos seguintes princípios básicos (Del Rio e Lastra, 1998):

1. Ligação do rio à sua Bacia Hidrográfica.
2. O regime de caudais é o factor chave do ecossistema fluvial.
3. A morfologia do leito é a resposta do rio ao comportamento hidrológico da sua bacia e aos processos fluviais de erosão e sedimentação.
4. A Biodiversidade do rio é o produto de uma heterogeneidade de habitats e de uma conectividade funcional entre eles.
5. Individualidade dos sistemas fluviais
6. Actuar a favor da Natureza, com os seus próprios meios, é mais económico e eficaz que actuar contra ela.

7. O restauro dos rios requer espaço.
8. Prevenir a degradação dos rios pode ser menos custoso do que proceder a um restauro.
9. O restauro dos rios requer investimentos para estudos e projectos, pessoal especializado e apoio das populações ribeirinhas.
10. O restauro do rios deve ser incluído no Plano Hidrológico de cada bacia.

#### 4.1. Gestão dos sistemas ribeirinhos

A gestão dos sistemas ribeirinhos, no sentido não somente estabelecido pela lei, mas na perspectiva global da sua valorização plena e da optimização da sua compatibilidade com as necessidades das sociedades humanas, tem de se basear, em simultâneo no conhecimento dos processos sociais, económicos e, particularmente ecológicos ocorrentes em cada troço a intervencionar no quadro do conhecimento integrado da Bacia Hidrográfica.

A sua concepção e condução tem de salvaguardar todas as funções dos sistemas aquáticos e ribeirinhos, considerando não apenas os processos hidráulicos e os riscos associados a situações extremas (cheia e seca), como aspectos técnicos associados à protecção das margens contra a erosão, o controle de espécies infestantes, a garantia da qualidade da água e dos ecossistemas, a qualidade paisagística e os valores económicos e sociais como o recreio e a adequada compatibilização com os usos marginais.

Interessa, no caso particular português, ultrapassar a má tradição da "limpeza" no sentido da total remoção dos obstáculos ao escoamento (particularmente a vegetação natural ribeirinha, com a consequente desestabilização das margens, o favorecimento da infestação por espécies invasoras ) e compreender que por "limpeza" se deve entender a remoção dos objectos estranhos garantindo, simultaneamente a preservação de:

- Árvores e arbustos, não infestantes, das margens
- Vegetação herbácea dos taludes
- Estrutura radicular da vegetação arbustiva e herbácea das margens

no sentido de diminuir os riscos de erosão dos taludes e, conseqüentemente, o assoreamento das linhas de água (ARH Tejo, 2011).

É fundamental, neste processo conhecer não só as linhas de água do ponto de vista técnico e ecológico mas, simultaneamente, compreender o significado cultural, histórico, social e económico de cada linha de água, de modo a integrar essas perspectivas nos processos de gestão e intervenção e de garantir que eles sejam compreendidos como, em decorrência, estruturalmente assumidos pelos proprietários dos terrenos marginais e a comunidade em geral. Se a comunidade não se reflectir nos seus rios e ribeiras, dificilmente estes poderão ser adequadamente geridos.

Por este motivo, é crucial que, apesar da nova legislação não salvaguarde devidamente a integração das comunidades e dos proprietários nos processos de planeamento e gestão, tratando-os essencialmente como executores, se consiga garantir essa efectiva participação e envolvimento, assim como o desenvolvimento de conhecimentos e capacidades técnicas que habilitem os proprietários a, numa base regular, assegurar de forma autónoma, as tarefas de manutenção, na compreensão das mais valias daí decorrentes.

Neste quadro, importa começar por conhecer bem o sistema (a Bacia Hidrográfica) e as condicionantes que são colocadas a cada troço. Seguidamente é necessária uma abordagem concertada dos diferentes gestores e a clarificação das funções, limitações e orientações para cada troço.

#### 4.2. Diagnóstico

Antes de realizar qualquer intervenção é crucial conhecer os factores dinâmicos que afectam a estabilidade das margens das linhas de água (Fig. 4.1), assim como as suas características ecológicas, factores de degradação e ameaça e, em suma, a sua qualidade ecológica no sentido amplo estabelecido não só pela legislação, mas também pelo conhecimento existente (Tab. 4.1).

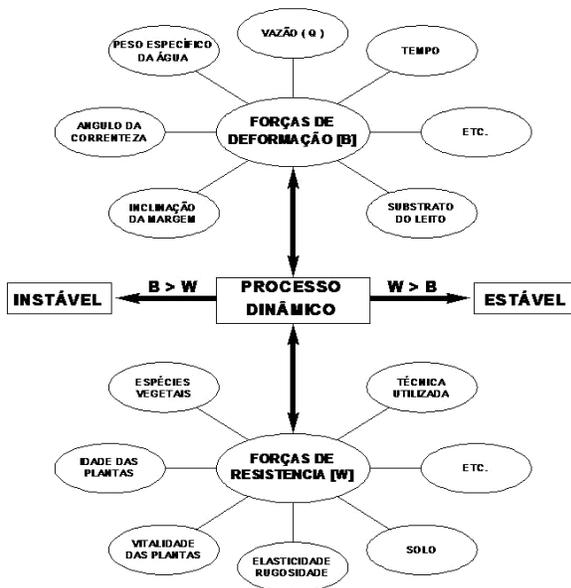


Fig. 4.1 - Principais fatores, que influenciam a estabilidade das margens de linhas de água durante uma cheia (Gerstgraser, 2000)

É facilmente visível neste diagrama a grande diversidade de indicadores de perturbação que importa ter em conta, já que eles são indicadores, não somente de uma eventual degradação da qualidade ecológica, como também da funcionalidade hidráulica.

Com efeito, muitos dos descritores enunciados indiciam processos de rectificação e de aceleração do escoamento. Esses processo são normalmente contraproducentes já que vão aumentar o potencial erosivo do escoamento e acumular caudais a jusante num menor espaço de tempo com graves consequências em termos da frequência e volume das cheias. É portanto da maior importância ter presente que qualidade e integridade de uma linha de água também significa funcionalidade hidrológica e hidráulica.

Neste processo importa fazer um levantamento e caracterização exaustivo do estado actual do troço a intervencionar, que pode ser conduzido considerando, por exemplo, as variáveis e descritores constantes da ficha de caracterização reproduzida no Anexo 1.

Tab. 4.1. Principais atributos que caracterizam as condições de salubridade das zonas ribeirinhas (Del Rio e Lastra, 1998)

Condições favoráveis	Condições desfavoráveis
Leito estreito e de largura relativamente constante, eficiente para escoar todos os caudais iguais ou inferiores à cheia média actual (período de retorno entre 1,5 e 2,5 anos sem produzir erosão na margem ou no leito.	Leito ineficiente, frequentemente de traçado anastomosado ou superficial e encaixado. A maioria dos caudais ficam confinados no leito onde se observam processos de erosão severa do leito e margens, que aumentam a sua largura.
Potência hidráulica inferior à potência crítica	Potência hidráulica superior à potência crítica.
O leito tem pouco gradiente hidráulico e elevada sinuosidade	O leito tem um elevado gradiente de energia hidráulica e baixa sinuosidade.
Os caudais superiores à cheia média anual perdem a sua energia hidráulica no leito de cheia, onde esta se dissipa, depositando os sedimentos transportados.	Os caudais superiores à cheia média anual mantêm a sua elevada velocidade no leito de cheia, dissipando muito pouca energia e arrastando sedimentos e nutrientes da mesma.
Formação de degraus por troncos ou açudes rochosos em determinados trechos. Presença rara de aumentos bruscos de declive (pontos de descontinuidade). Meandros bem desenvolvidos em leitos amplos.	Ausência de degraus no leito originados por troncos ou acumulações de matéria orgânica. Frequência de pontos de descontinuidade.
Leito geralmente estável, com um leito de cheia com processos de sedimentação.	Leito erodido com acumulações pouco frequentes de depósitos no leito de cheia. Afluentes degradados e erodidos.
Nível freático próximo da superfície e capacidade de acumulação de água em cheia.	Nível freático baixo e diminuição progressiva da capacidade de acumulação de água nos afluentes.
Vegetação ripícola abundante com raízes que penetram e estabilizam as margens	Vegetação ripícola escassa e reduzida estrutura radicular que proteja ou estabilize as margens.
Caudais de estiagem relativamente grandes	Caudais de fim de estiagem baixos ou inexistentes.

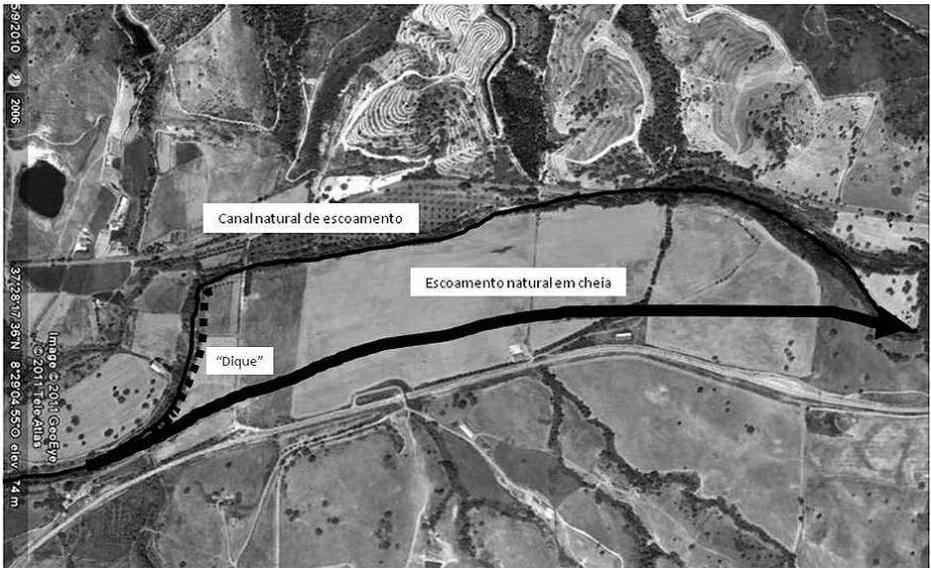


Fig. 4.2. Ribeira de Telhares pouco antes de desaguar no Rio Mira, indicando o canal normal e o canal de escoamento em cheia (imagem extraída do GoogleEarth em Jul 2011)

Há que dar particular importância aos caudais de cheia afluentes em cada secção (considerar as sub bacias afluentes) e, particularmente, ao canal natural de escoamento em cheia - que pode não ser coincidente com o canal normal da linha de água (Fig. 4.2).

Este exemplo da Ribeira de Telhares ilustra bem como a tentativa de contrariar a tendência natural do escoamento, construindo um dique na margem esquerda, teve como consequência a destruição dos solos da várzea pela acumulação do material usado na construção do referido dique, em particular pedras. O desconhecimento da dinâmica fluvial e a obsessão pelo controle dos processos hidrológicos comprometeram o património que se pretendia proteger e cuja existência nunca tinha sido posta em causa pelo processo natural de escoamento em cheia.

Por inúmeros motivos como este, importa conhecer bem os processos hidrológicos locais e o modo como eles variam nas diferentes situações de vazão, assim como a forma como esses processos de escoamento se processam no quadro da morfologia dos vales.

Ao nível local importa identificar a ocorrência de situações como:

- Situação da vegetação ripícola - ocorrência de espécies invasoras, degradação, inexistência de alguns estratos de vegetação, desvio do canal deixando exemplares

isolados ou descalçados, desenvolvimento desadequado perturbando ou obstruindo a secção de vazão, etc.

- Situação do canal - estabilizado, indefinido, sedimentado, afundado, constringido por muros, construções ou outras intervenções que reduzam ou comprometam a secção de vazão, etc.
- Situação das margens - estabilizadas, muradas, demasiado declivosas, mostrando sinais de erosão ou desmoronamento, morfologicamente indefinidas, por indefinição do canal e perturbação da vegetação ripícola, etc.
- Situação da várzea - existência de usos ou de ocupações indevidas ou conflituosas, obstrução da secção de vazão em cheia, existência de diques ou motas, etc.

Todas estas características influenciam decisivamente a qualidade e funcionalidade da linha de água, pelo que se não forem adequadamente tidas em consideração nos procedimentos de gestão e manutenção, estes podem vir a ser muito provavelmente ineficazes, já que não se orientam de acordo com as características e os problemas ocorrentes.

#### 4.3. Limpeza

A limpeza de linhas de água tem como objectivo retirar do leito e margens todos os elementos estranhos e que constituam obstáculos ao normal fluxo da água ou que possam induzir perturbações nos processos característicos das linhas de água e corredores ripícolas.

O processo de limpeza focaliza-se, portanto em três tarefas principais:

- Retirar e encaminhar para aterro ou outro destino adequado quaisquer resíduos sólidos (por ex. pneus, resíduos de obras, electrodomésticos, etc.) ou entulhos que tenham sido lançado para a linha de água (leito e margens). Remoção de exemplares mortos de plantas que possam represar águas, obstruir de alguma forma o normal escoamento da água ou em situações de cheia, entupir as linhas de água ou serem retidos em infra-estruturas originando situações de represamento e desvio de águas ou em ruptura, ondas de cheia muito destruidoras.
- Erradicar e controlar a posterior reinstalação de plantas autóctones com carácter invasor (por ex. Silva (*Rubus ulmifolius*)) ou infestantes (nas margens principalmente a cana (*Arundo donax*) e as acácias (*Acacia dealbata*) etc. no leito e corpo de água macrófitas aquáticas flutuantes como o Jacinto de água e a Azola ou enraizadas como o caniço, ou o bunho).
- Condução da vegetação ripícola de forma a garantir a sua vitalidade e capacidade de controle competitivo das infestantes.

Pode ainda incluir (em situações específicas) a retirada de sedimentos em excesso.

Em situação alguma podem as operações de limpeza envolver a retirada e destruição da vegetação ripícola característica dessa linha de água mas tão somente a sua condução e manejo de modo a garantir que ela preencha as funções técnicas que lhe foram atribuídas (em particular o comportamento em situações de cheia - retenção e retardamento do escoamento ou libertação do canal para garantir um fluxo rápido mas sem originar erosão ou degradação das margens).

#### 4.4. Erradicação e controle de plantas invasoras e infestantes

Por plantas invasoras ou infestantes entendem-se aquelas plantas cuja natureza (nomeadamente serem plantas estranhas às nossas comunidades vegetais como é o caso das acácias ou do jacinto de água) ou intensidade de desenvolvimento originam a perturbação dos diferentes ecossistemas associados à linha de água, prejudiquem a sua dinâmica natural e afectem as condições de escoamento fluvial.

Uma planta não é por si só invasora ou infestante. Por exemplo a silva integra-se nas comunidades características das formações ripícolas. Contudo, essa integração corresponde normalmente à zona terrestre dos corredores ripícolas. Quando se estabelece nas margens das linhas de água em situações de degradação da vegetação característica e se desenvolve para dentro do canal, pode originar obstruções que em situações de cheia podem originar situações de elevado risco.

As situações de infestação são muito claramente favorecidas pela destruição ou degradação da vegetação ripícola característica (salgueiral, amial, freixial, etc.) e a resultante abertura de soluções de continuidade que permitem a penetração e estabelecimento dessas espécies mas, mais importante ainda, pela destruição do sombreamento do canal, permitindo, desta forma, que espécies que só se conseguem desenvolver com muita luz incidente (cana, silva, infestantes aquáticas) encontrem todas as condições e nenhuma limitações ao seu desenvolvimento explosivo.

Por este motivo, qualquer acção de limpeza de linhas de água nunca será plenamente bem sucedida se não for acompanhada pela reposição e adequada condução da vegetação ripícola da linha de água em causa.

A limpeza da vegetação invasora envolve diferentes abordagens, de natureza mecânica (normalmente corte ou arranque), biológica (utilização de inimigos naturais ou favorecimento de espécies capazes de competir positivamente ou retirar factores de crescimento - luz directa) e química (recorrendo a fitoquímicos específicos para a erradicação das espécies em causa).

Recorre-se normalmente a combinações destas distintas abordagens de modo a maximizar a eficácia e reduzir os riscos e perturbações no ambiente e usos marginais ou na massa de água.

A primeira intervenção deve corresponder ao controle e desejável anulação dos factores de perturbação que permitiram a infestação.

O processo de controle de infestantes e invasoras é um processo longo que envolve um acompanhamento permanente da intervenção, o ajustamento das abordagens utilizadas e a repetição das intervenções até se conseguir a erradicação ou o controle do desenvolvimento da(s) espécie(s) em causa.

De seguida indicam-se as abordagens de controle das espécies infestantes mais frequentes nas linhas de água.

### **Cana (*Arundo donax*) (também aplicável ao Bambu)**

A cana é uma invasora muito eficaz pelo facto de ter um desenvolvimento vegetativo com taxas de crescimento muito elevadas. Estas características são acentuadas pela capacidade vegetativa dos rizomas que funcionam quer como formas de propagação, quer de recuperação após corte, fogo ou outra destruição da parte aérea. O desenvolvimento dos rizomas pode originar inúmeros clones que colonizam amplas áreas impedindo o crescimento de qualquer outra vegetação e comprometendo as condições de instalação de espécies animais. Constitui um obstáculo muito significativo ao escoamento, produzindo ainda resíduos que em cheia podem acumular-se em obstáculos e originar represamento e situações de desvio de águas ou ondas de cheia secundárias após ruptura.

A metodologia mais eficaz seria o arranque total da planta incluindo o rizoma. Contudo, não só esse arranque implica um trabalho dispendioso e prolongado como também significa a total destruição da margem da linha de água e a sua exposição aos agentes erosivos em particular as cheias, mesmo pouco intensas. Além disso a remoção completa dos rizomas é quase uma impossibilidade pelo que permanece sempre uma probabilidade elevada de reinstalação e reinfestação.

Neste quadro pode-se recorrer com menos custos ao corte sistemático e repetido, evitando o desenvolvimento dos rebentos e procurando dessa forma "matar o rizoma à fome". Contudo, de novo nos confrontamos com necessidades de mão de obra e de tempo muito elevadas sem garantias de sucesso.

As abordagens mais eficazes constituem na combinação de abordagens mecânicas (o corte) com abordagens químicas (herbicidas sistémicos - normalmente glifosato). Neste caso, o método mais eficaz envolve a aplicação de herbicida depois da rebentação resultante do corte. Após os rebentos atingirem a altura próxima de 1 m recomenda-se as aplicações de herbicida de 3 em 3 semanas até se verificar a inexistência de actividade vegetativa por parte da formação tratada. O facto de se permitir a rebentação e o desenvolvimento até um metro de altura dos rebentos prende-se com o objectivo de enfraquecer o rizoma, obrigando-o a consumir as suas reservas de alimentos e evitando a formação de novas reservas através da morte desses rebentos devido ao tratamento químico.

É importante garantir o máximo de condições de segurança na aplicação do herbicida - no mínimo 4 a 6 horas após uma chuvada e na previsão de não ocorrência de outras chuvadas nos tempos mais próximos. Não aplicar em dias ventosos, utilizar adjuvantes que maximizem a absorção do herbicida pelas plantas e dosear adequadamente as quantidades de acordo com a área a tratar.

Após o primeiro ano de tratamento deve-se proceder à plantação de vegetação ripícola característica da região, adequando os tratamentos químicos subsequentes de modo a não prejudicar as espécies ripícolas. Esta vegetação (salgueiros amieiros, freixos, etc.) irá garantir a consolidação das margens e o sombreamento das mesmas, criando condições desfavoráveis ao desenvolvimento de novos rebentos.

Não se conhecem formas de tratamento biológico sem ser o sombreamento e a competição.

#### *Cortadeira (Cortaderia selloana)*

Desenvolve-se com grande vigor a partir de rosetas densas e apresenta uma grande capacidade invasiva devido à grande produção e boa dispersão de sementes. Coloniza facilmente zonas degradadas sem sombreamento e com pouca competição, passando a inibir o estabelecimento de outras espécies através de uma muito elevada capacidade competitiva na utilização dos recursos disponíveis.

O controle mecânico implica a remoção quer da parte aérea quer do rizoma o que implica o recurso a maquinaria pesada e intervenções dispendiosas e muito perturbadoras do solo (com o consequente risco de erosão). O controle químico (glifosato) pode ser realizado através de pulverizações foliares intensas com uma solução de 2 a 4%. Pode recorrer-se a uma combinação de meios mecânicos e químicos cortando a parte aérea com uma moto roçadora e pintando imediatamente a parte cortada com glifosato de modo a eliminar o rizoma.

O acompanhamento deve ser semelhante ao aconselhado para o controle das canas.

#### *Mimosa (Acacia dealbata) e outras acácias*

Trata-se de espécies com grande capacidade de reprodução e desenvolvimento vegetativo e uma enorme adaptação ao fogo. Dessa forma rebenta de touça ou a partir de fragmentos de raiz com muita facilidade e produz grande quantidade de sementes cuja dispersão e germinação é estimulada pelo fogo. Sendo espécies fixadoras de azoto conseguem colonizar com facilidade solos pobres. Está referido que possuem características alelopáticas ou seja, conseguem inibir activamente o estabelecimento e desenvolvimento de outras espécies.

O controle mecânico pode ser realizado mediante o arranque (completo com todo o aparelho radicular) de plantas pequenas ou jovens ou, no caso de exemplares adultos, o

descasque do tronco desde o solo até 70 - 100 cm de altura de modo a cortar o fluxo de seiva e provocar a morte da planta.

Estes dois procedimentos implicam que todos os exemplares presentes sejam retirados ou "descascados". O arranque deve ser realizado em situações em que o solo húmido facilita a extracção total das raízes. O descasque deve ser realizado no início do período vegetativo em situação de temperatura e humidade favoráveis ao desenvolvimento da planta, de modo a garantir a máxima eficácia no processo de descasque e na destruição das células do câmbio vascular responsáveis pelo fluxo de seiva.

Estas duas abordagens mecânicas além de muito exigentes em mão de obra e em tempo, não dão garantias de sucesso, pelo que se recorre, tal como no caso da cana, a intervenções combinadas com métodos mecânicos e químicos (glifosato).

Nestes casos além do arranque das plantas jovens e de pequeno porte, procede-se ao corte rente ao solo e imediata (nos segundos que se seguem ao corte) pincelagem da touça com glifosato - a necessidade de pincelamento imediato é para garantir o transporte para as raízes do produto através do fluxo residual de seiva.

Se houver rebentamento este deve ser controlado por arranque (ao atingirem os rebentos uma altura de 15 a 30 cm) ou por pulverização com uma solução a 2% de glifosato (desaconselhada junto à água). Este tratamento de acompanhamento deve ser repetido tão frequentemente quanto necessário e durante o tempo que seja necessário ao desaparecimento de qualquer forma de desenvolvimento vegetativo.

Após a erradicação deve proceder-se ao rápido estabelecimento da vegetação ripícola adequada.

Importa garantir que não permaneçam na proximidade núcleos de acácia que possam produzir sementes que recolonizem as áreas tratadas.

### *Silva (Rubus ulmifolius)*

A silva é uma espécie autóctone que pertence às comunidades ripícolas naturais. Assume um carácter invasivo quando se desenvolve prioritariamente dentro do canal de escoamento originando com os seus ramos muito longos e flexíveis redes intrincadas que, em caso de cheia retêm todos os detritos transportados e podem originar estruturas de represamento que ao cederem causam ondas de cheia secundárias muitas vezes extremamente danosas.

A silva caracteriza-se por ter uma raiz/tronco subterrâneo de onde brotam rebentos novos com características trepadoras de desenvolvimento muito rápido (designados como turiões). Apresenta boa capacidade de desenvolvimento, renovação e enraizamento vegetativo conferindo-lhe uma grande resistência a perturbações e uma elevada capacidade de colonização - daí o seu carácter invasivo.

O facto de a silva ser uma espécie da comunidade ripícola implica que a sua remoção só deva ocorrer em situações em que o seu desenvolvimento condiciona as condições de escoamento e a segurança do mesmo e que deva restringir-se aos exemplares que causem esses problemas.

A remoção das silvas tem de ser realizada por meios mecânicos - preferivelmente arranque ou, alternativamente corte sistemático. Para haver sucesso implica um acompanhamento e intervenção regular e a prazo.

### **Plantas aquáticas enraizadas (por ex. Tabúa - *Typha* spp., caniço - *Phragmites australis*, Bunho - *Schoenoplectus* spp. ou Junco - *Juncus* spp)**

Estas plantas pertencem às comunidades ripícolas naturais, O seu desenvolvimento, é controlado pelo sombreamento originado pelas espécies arbóreas da mata ripícola e pela competição com as espécies arbustivas como as Borrazeiras ou os Salgueiros.

Em canais e linhas de água pouco profundos, com caudal permanente e ricos em nutrientes sem um corredor ripícola arbóreo, pode verificar-se um desenvolvimento explosivo destas espécies, chegando a obstruir toda a secção de vazão . Como consequência observa-se o impedimento total ou parcial do fluxo de água, a redução da secção da capacidade de armazenamento e a perda de grandes volumes de água por evapotranspiração (situações muito negativas em perímetros regados que utilizam os canais como fonte de água) e ainda a perturbação dos processos químicos e bioquímicos diminuindo a oxigenação da água.

O controle e/ou erradicação destas invasoras pode ser realizado através de remoção mecânica ou corte (ceifa). Existem experiências bem sucedidas de controle e erradicação recorrendo a métodos químicos (glifosato em caniço e tabúa) se bem que continue a ser desaconselhada a sua utilização directa junto a linhas e massas de água.

O controle a prazo do desenvolvimento invasivo envolve o desenvolvimento de um corredor ripícola lenhoso que garanta o sombreamento das margens e zonas ribeirinhas pouco profundas e reduzindo, em consequência, as condições de estabelecimento bem sucedido dessas plantas.

### **Plantas aquáticas flutuantes (Jacinto de água - *Eichornia crassipes*; Erva pinheirinha - *Myriophyllum aquaticum*, Lentilhas de água - *Lemna* spp., Azola - *Azolla filiculoides*)**

Ocorrem em linhas de água com velocidades muito baixas ou em canais de rega. Todas estas plantas apresentam uma elevada capacidade de desenvolvimento vegetativo o que lhes permite colonizarem áreas muito amplas e recuperar rapidamente após a extracção mecânica.

O controle mecânico (remoção com redes (Azola e Lentilhas de água) ou com ceifadoras

aquáticas (Jacinto de água e Erva pinheirinha)) apenas permitem manter as superfícies de água temporariamente desimpedidas pelo que constitui apenas um processo de controle que tem de ser repetido regularmente sem perspectivas de erradicação.

O controle químico (glifosato) não está autorizado e existem indicações de poder ter uma eficiência reduzida em algumas espécies.

Não existem ainda metodologias de controle biológico devidamente testadas.

Todas estas espécies não poderão, com os meios disponíveis ser erradicadas mas tão só controladas de modo a salvaguardar a funcionalidade das superfícies de água. O sombreamento das linhas de água reduz a capacidade infestante destas espécies, pelo que a reconstrução de uma galeria ripícola arbórea devidamente densa e bem estruturada poderá contribuir para algum controle adicional destas invasivas.

#### 4.5. Limpeza e condução da vegetação ripícola natural

Como ficou evidenciado atrás, a vegetação ripícola cumpre funções da maior importância na determinação e garantia da funcionalidade da linha de água, seja ele hidrológica, hidráulica ou biológica, influenciando determinantemente a qualidade, o bom estado e o potencial da mesma.

Por esse motivo é crítico assegurar uma adequada gestão dessa vegetação de modo a garantir que ela cumpra adequadamente as suas diferentes funções e que garanta o comportamento hidráulico adequado no contexto dos objectivos de gestão e das características da sua bacia hidrográfica e de cada troço em concreto.

Essa gestão, se incorrectamente conduzida, pode ser contraproducente, já que pode induzir processos de erosão e perda de solo muito significativos sem resolver o problema a prazo (Fig. 4.3).

Importa, pois conduzir a vegetação de forma a maximizar a sua funcionalidade técnica e garantir a perenidade da mesma. Os objectivos dessas intervenções são vários (adaptado de Jund *et al.*, 2000):

- *Assegurar o escoamento na totalidade do leito, preservando-o, simultaneamente da invasão de infestantes aquáticas e do risco de obstrução pela queda de árvores enfraquecidas ou mortas.*
- *Assegurar a estabilidade das margens através da manutenção e favorecimento dum coberto vegetal ripícola adequado (sistema radicular fixador do solo e parte arbórea garantindo uma boa cobertura das margens, evitando, ao mesmo tempo, a abertura de "feridas" por descalçamento e queda de árvores demasiado grandes, mal enquadradas ou isoladas.*

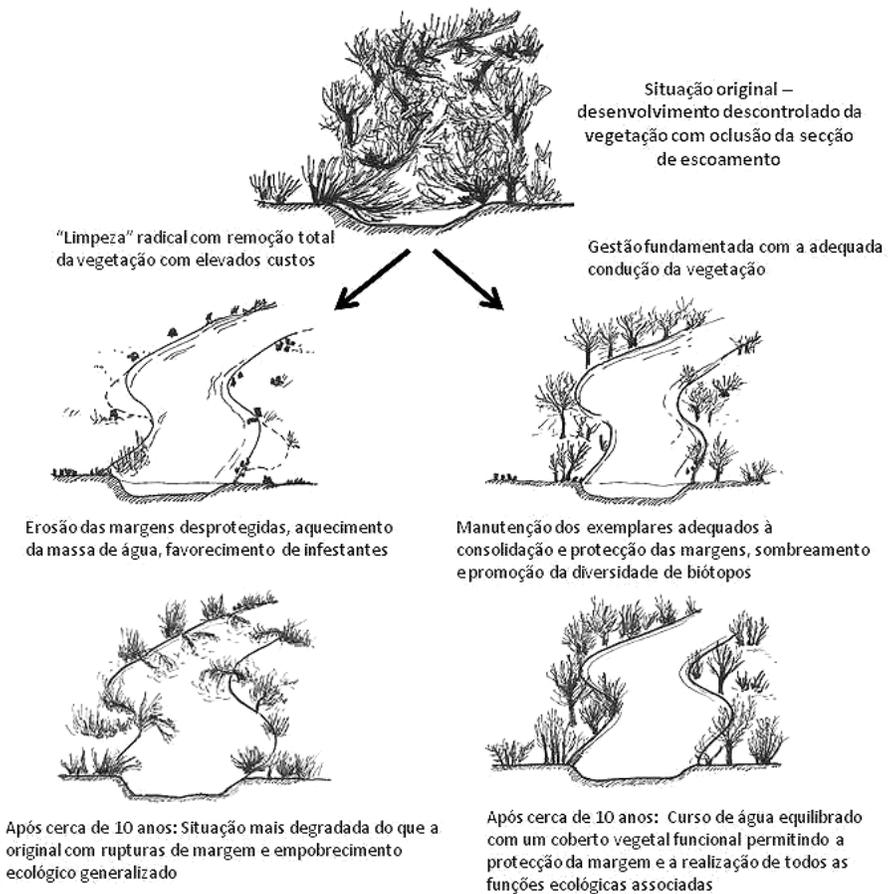


Fig. 4.3. Consequências de distintas estratégias de limpeza e condução da vegetação ripícola evidenciando as consequências de "limpezas" destruidoras da vegetação ripícola (adaptado de Jund et al., 2000)

- Evitar a formação de zonas de acumulação de detritos flutuantes e de excessiva turbulência por poderem originar rupturas da margem.
- Manter e melhorar as funções ecológicas e estéticas da vegetação
- Caso necessário, reconstituir a vegetação ripícola natural.

actividades de gestão, sempre que envolvam alterações drásticas do coberto vegetal, devem ser conduzidas em margens alternadas em anos consecutivos, de modo a reservar as condições de habitat para a fauna natural.

Importa sempre recordar que, nas ribeiras onde não ocorram conflitos de uso e a vegetação ripícola estiver bem estabelecida não se justificam intervenções mas sim a reserva dos processos naturais hidráulicos e ecológicos associados a qualquer linha e água natural - **nestes casos, a melhor gestão será a não intervenção.**

Todas as intervenções nas formações ripícolas devem ser conduzidas com um recurso mínimo a maquinaria pesada, devendo, antes pelo contrário recorrer preferencialmente a abordagens manuais (com maquinaria de operação manual), única forma de garantir que apenas são intervencionadas as áreas e os exemplares requeridos e que não ocorre uma intervenção generalizadamente perturbadora não só da vegetação que se pretende manter como do solo da margem, desestabilizando e expondo-o a agentes erosivos. Só uma intervenção consciente e responsável capaz de seleccionar o que tem de ser intervencionado em função dos objectivos definidos, pode garantir o sucesso destas intervenções.

**Intervenções de gestão da vegetação ripícola (adaptado de Jund et al. 2000):**

### **. Gestão da vegetação arbustiva**

Este estrato é frequentemente o objecto normal das operações de limpeza as quais, infelizmente consistem, na maior parte das vezes na remoção indiscriminada dessa vegetação.

#### **Esta situação tem de ser absolutamente evitada!**

Com efeito, a vegetação arbustiva marginal (vegetação ripícola) preenche, como referido no conjunto de funções da maior importância para a qualidade, funcionalidade e segurança do sistema fluvial:

- Fixação do solo pelos sistemas radiculares
- Redução da velocidade e da força de erosão da corrente por fricção com as partes aéreas (troncos, ramos e folhas).
- Fixação e filtração de substâncias poluentes afluentes dos terrenos envolventes.
- Contribuição para a diversidade biológica e para a qualidade ecológica e paisagística da região

**Por estes motivos, a vegetação ripícola tem de ser gerida e não erradicada!**

As principais intervenções de gestão são:

- **Condução da vegetação arbustiva de modo a garantir a densidade do coberto e a flexibilidade dos ramos de modo a libertar a secção de vazão em situações de cheia** - a vegetação arbustiva (salgueiros) se devidamente densa e com ramos flexíveis (diâmetros sempre inferiores a 3 cm) quando em situações de cheia verga sobre o fundo e margens, abrindo a secção de vazão e obstruindo minimamente o escoamento da cheia. Para garantir estas características a vegetação deve ser regularmente podada de todos os ramos que ultrapassem o referido diâmetro de 3 cm. Essa poda, realizada com serrote, tesouras ou motosserras tem de ser direccionada aos ramos a retirar (que o devem ser pela base) e nunca envolver o corte radical da totalidade do arbusto ou da formação arbustiva. Por esse motivo, são trabalhos de condução manual, por pessoal especializado.
- **Controle da vegetação aquática ou invasora cujo crescimento causa obstruções ao normal escoamento da água e em cheia, pode originar represamentos pontuais com elevado risco de ruptura catastrófica** - esta vegetação e o seu crescimento descontrolado são potenciados pela limpeza abusiva dos estratos arbustivos e arbóreos dos sistemas ripícolas. Por esse motivo, importa proceder, simultaneamente ao corte e erradicação dessa vegetação (canas, silvas e plantas aquáticas como o caniço e o bunho) acompanhado sempre de medidas de plantação (por estaca e plantação de exemplares enraizados) de espécies próprias dos corredores ripícolas (salgueiros, amieiros, freixos, etc.). Este processo não pode, contudo, ser feito de uma única vez e indiscriminadamente! Tem de ser conduzido em anos consecutivos em troços limitados e margens alternadas, de forma a salvaguardar o solo das margens que se for posto a descoberto ficaria sujeito à acção erosiva o que poderia implicar importantes danos para os terrenos marginais. O controle e erradicação dessa vegetação deve seguir os procedimentos indicados atrás e ser realizado preferencialmente sem o recurso a máquinas de grande porte, mas por moto-roçadoras e outra maquinaria de operação manual. As operações de plantação e recuperação da vegetação natural serão explicitadas mais adiante.
- **Condução da vegetação ripícola de modo a manter a secção hidráulica adequada a cada secção** - Este processo consiste na remoção de ramos e eventualmente exemplares arbustivos cujo crescimento ocasione obstruções ao normal escoamento da água na secção em causa (Fig. 4.4). Esta obstrução pode ter como consequências uma tal redução dos caudais que originem níveis e frequências de cheia excessivos, favorecendo a retenção de resíduos que podem originar represamentos danosos. Este processo de condução e limpeza dos ramos e exemplares hidráulicamente desadequados, deve ser realizado individualmente com recurso a maquinaria de operação manual, de modo a garantir que não provoquem danos nas margens e nas formações vegetais que importa preservar e valorizar.

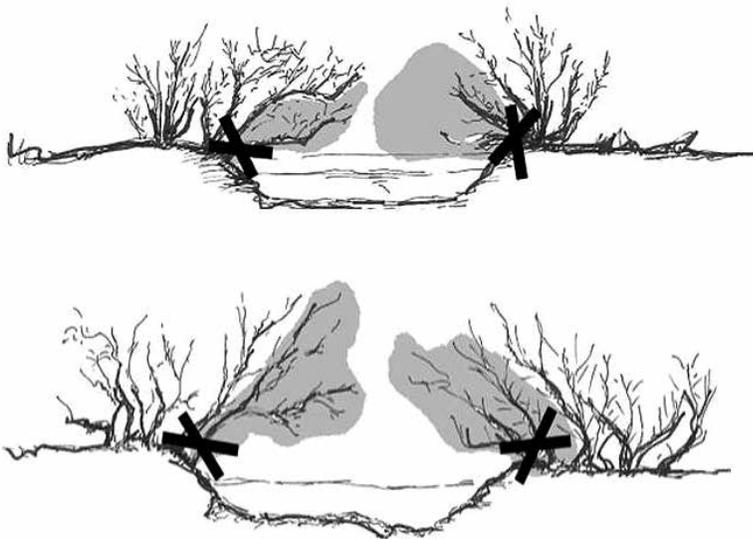


Fig. 4.4. Exemplos de situações onde importa proceder ao corte selectivo de ramos ou exemplares de modo a repor uma secção hidráulica adequada (adaptado de Jund *et al.* 2000)

• **Condução da vegetação marginal de modo a corrigir situações de desvio da corrente**

- Estas situações são semelhantes à anterior com a diferença da forma de desenvolvimento dos ramos ou exemplares provocarem o desvio da corrente podendo ocasionar a erosão da margem oposta ou o desequilíbrio da secção em causa (Fig. 4.5). De novo a remoção dos ramos ou exemplares deve ser realizada sem recurso a maquinaria pesada por intervenção direccionada e individualizada de pessoal especializado.



Fig. 4.5. Exemplo da formação de um "esporão" originando a erosão da margem oposta por desvio da corrente com indicação da intervenção de correcção (adaptado de Jund *et al.* 2000)

- **Complemento das formações exclusivamente arbustivas com exemplares arbóreos** - Estas intervenções destinam-se a repor os diferentes elementos constituintes das formações ripícolas, garantir maior diversidade morfológica e ecológica e garantir um maior equilíbrio no desenvolvimento dos estratos arbustivos e aquáticos através de um sombreamento mais amplo (Fig. 4.6). São intervenções a prazo, envolvendo plantações de exemplares de espécies arbóreas adequadas. Devem garantir a preservação da diversidade natural das formações ripícolas e não potenciar estruturas demasiadamente homogéneas.

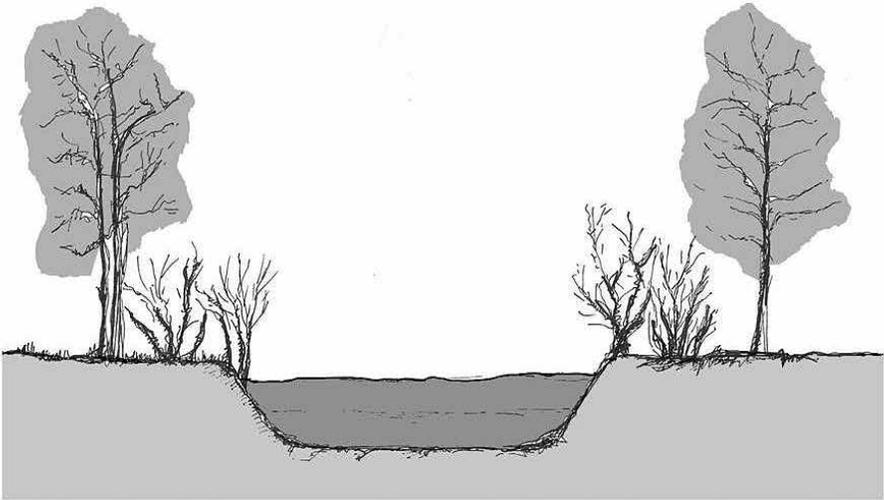


Fig. 4.6. Exemplo da instalação complementar de exemplares arbóreos reconstituindo os diferentes estratos das formações ripícolas (adaptado de Jund *et al.* 2000):

Importa ainda acentuar que estes processos de gestão e condução da vegetação arbustiva têm sempre de ser conduzidos com "conta peso e medida" garantindo sempre a manutenção de um coberto arbustivo nas margens, sem nunca comprometer a sua capacidade de proteger e consolidar as margens e garantir os habitats e outras funções dos corredores ripícolas (Fig. 4.7).

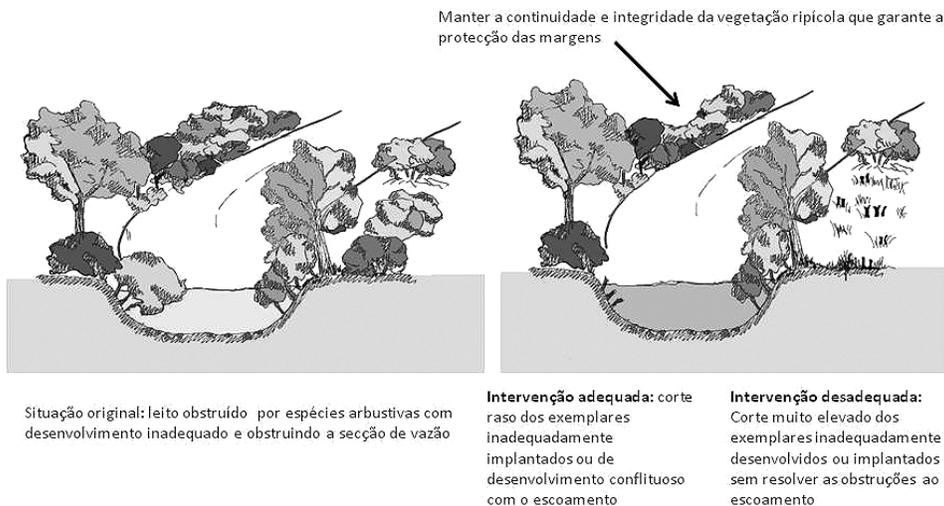


Fig. 4.7. Ilustração de como a intervenção num dado troço pode ser conduzida de forma correcta ou comprometer, nem que seja parcialmente, a eficácia e funcionalidade da vegetação ripícola arbustiva (adaptado de Jund *et al.* 2000)

## 2. Gestão das formações ou exemplares desequilibrados, densos ou demasiado uniformes

Em muitas situações verifica-se que as formações ripícolas se encontram desequilibradas quer no sentido de um excessivo desenvolvimento que pode obstruir inteiramente o canal, quer num desequilíbrio etário ou no predomínio de formações arbóreas ou arbustivas com claro prejuízo das funcionalidades hidráulica e ecológica.

Importa pois proceder à gestão dessas formações no sentido de repor as características e funcionalidades de um corredor ripícola. Assim podem indicar-se as seguintes medidas (Fig. 4.8):

- **Correcção de situações onde as formações ripícolas foram reduzidas ao estrato arbóreo com exemplares de grande porte e inadequadamente implantados num canal morfologicamente muito perturbado** - São demasiado frequentes as situações em que a gestão inadequada praticada ao longo de dezenas de anos conduziu a uma quase ou mesmo total erradicação dos estratos arbustivos, reduzindo-se as formações ripícolas ao estrato arbóreo muitas vezes reduzido a renques mais ou menos densos de exemplares antigos, com troncos muito grossos, localizados indiscriminadamente dentro do leito fluvial ou na sua margem, enquadrando leitos morfologicamente muito desequilibrados e na maior parte dos casos, profundamente erodidos. Estas situações, apesar de à distância poderem dar a impressão de se estar

perante um corredor ripícola em razoável estado de conservação, são, pelo contrário, situações extremamente degradadas e de elevado risco.



Linha de água com exemplares idênticos e da mesma idade



Cortes selectivos e plantações complementares de árvores e arbustos adequados



Linha de água com exemplares exclusivamente arbóreos



Cortes selectivos de alguns exemplares e plantação complementar de arbustivas adequadas



Linha de água com exemplares exclusivamente arbustivos



Cortes selectivos de alguns exemplares e plantação complementar de arbóreas adequadas

Fig. 4.8. Exemplos de intervenções em formações ripícolas inadequadamente desenvolvidas (adaptado de Jund *et al.* 2000)

A sua correcção implica uma abordagem bem planeada e calendarizada onde se deverá, progressivamente retirar exemplares que, pelo seu desenvolvimento dentro do canal hidráulico, pelo eventual descalce das suas raízes ou pelos evidentes efeitos de perturbação da morfologia do leito, estejam a potenciar riscos de ruptura do leito, queda e represamento do caudal em cheia ou desvio do leito principal após uma grande cheia.

Essa remoção selectiva tem de ser acompanhada pela plantação de vegetação arbustiva e arbórea que reconstituam, progressivamente um corredor adequadamente estratificado

e que garantam uma protecção do solo e uma regularização do canal (de estiagem ou de cheia), prevenindo rupturas de margens.

- **Reposição de um povoamento arbóreo e arbustivo estratificado** - Em situações onde se verifique a ocorrência (quase) exclusiva de formações apenas arbóreas ou apenas arbustivas importa proceder a desbastes selectivos que permitam o estabelecimento (por estacaria ou plantação) dos estratos em falta. Essas operações devem ser devidamente calendarizadas e realizadas de modo a não originar rupturas na continuidade da margem, nas formações vegetais, nem assumir a forma de cortes generalizados e abrangendo a totalidade do troço. Devem antes ser desbastes que, abram progressivamente espaços para o estabelecimento e desenvolvimento dos estratos arbóreos ou arbustivos (conforme os casos) e propiciem, simultaneamente, uma diversificação etária dos exemplares presentes.
- **Gestão de árvores mortas ou isoladas** - A presença de exemplares mortos ou isolados assim como de ramos mortos ou inadequadamente desenvolvidos pode, no curto prazo, originar situações de desestabilização da margem (por queda da árvore e ruptura da margem pelo arranque das raízes) ou de obstrução do escoamento e eventual desvio do mesmo. Por esse motivo deve-se proceder à sua remoção (quando comprovadamente representarem os riscos referidos) através de cortes rasos (caso dos exemplares cuja queda ou descalce possam provocar a ruptura da margem), ou corte parcial (no caso em que se verifiquem apenas riscos de partes da planta poderem originar os riscos referidos (Fig. 4.9)

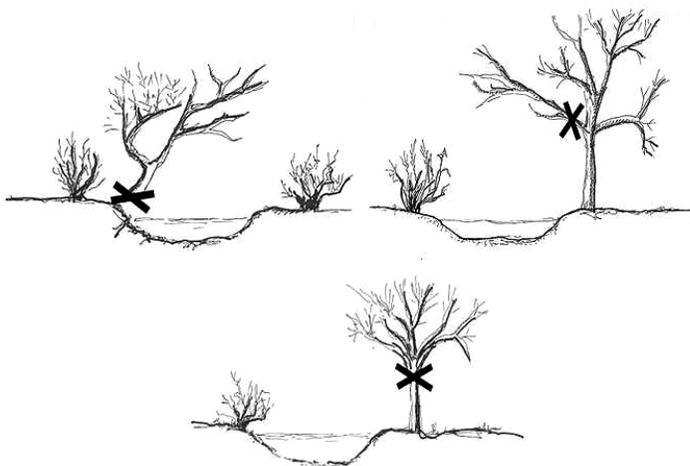


Fig. 4.9. Exemplos de intervenções em árvores isoladas mortas, parcialmente mortas, inadequadamente localizadas ou implantadas. No último caso indica-se a poda da copa permitindo um desenvolvimento renovado que deve ser associado a plantações de complemento nos termos anteriormente referidos (adaptado de Jund *et al.* 2000):

### 3. Gestão de árvores de grande porte

As árvores de grande porte constituem muitas vezes elementos equívocos no quadro do processo de gestão da vegetação ripícola. Isto deve-se a que muitas vezes são tomadas por formas saudáveis de vegetação ripícola, quando na realidade podem não só constituir elementos muito degradados da mesma, como, ainda pior, originar riscos para a segurança das margens e dos usos a jusante.

Com efeito, situações como as ilustradas na Fig. 4.10 são elucidativas de uma situação demasiado comum em Portugal e que aparentando constituir um corredor ripícola em estado aceitável, constitui efectivamente uma situação degradada e de elevado risco devido ao avançado estado de erosão do aparelho radicular das árvores (com o decorrente risco de descalce) e das margens adjacentes (que, em muitos casos já recuaram bastante em relação à posição das árvores que se encontram actualmente em plena secção de escoamento).

Estas situações decorrem de uma excessiva e inadequada "limpeza" da vegetação ripícola que comprometeu todo o estrato arbustivo, impediu o renovo do estrato arbóreo e reduziu o canal à sua expressão mais degradada.

A inversão desta situação começa por um levantamento detalhado do canal e pela sua redefinição em termos de traçado e perfil. (ver sub-capítulo "Consolidação").



Fig. 4.10. Ribeira de Alpedriche junto ao Bairro do Bacelo (Évora) - ilustração de uma ribeira com o corredor ripícola reduzido a algumas árvores rígidas isoladas, mostrando inclusive a erosão da secção envolvente e a total descaracterização da secção de drenagem associada ao risco de descalce das árvores isoladas (imagens cedidas por Ana Santos e Catarina Castanho)

Redefinidos o traçado e a secção importa proceder à condução, limpeza e eventual remoção dos exemplares arbóreos de grande porte. Estes trabalhos têm, contudo, de ser acompanhados (ou mesmo antecidos nos dois primeiros casos) pela plantação e reconstrução da vegetação marginal adequada.

A Fig. 4.11 ilustra alguns dos trabalhos de limpeza (retirada de ramos mortos), condução (extrair ramos que pelo seu desenvolvimento possam originar obstáculos na secção de vazão) e limpeza e remoção de exemplares instáveis que, devido à erosão da sua base, ficaram descalços e podem, em situações de cheia, cair para dentro do canal e vir a causar danos graves e obstruções a jusante.

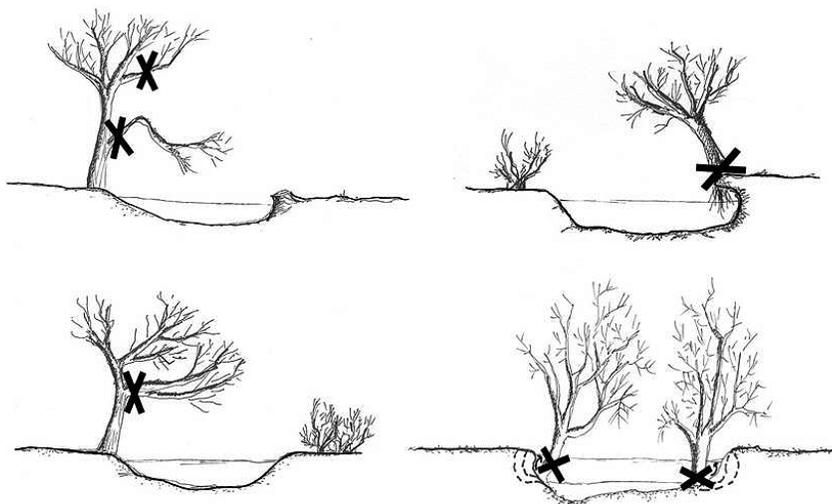


Fig. 4.11. Operações de condução e limpeza de exemplares arbóreos com ramos mortos ou com desenvolvimentos assimétricos que possam obstruir a secção de vazão e remoção de exemplares descalçados que poderão cair no canal assim como de exemplares localizados em plena secção de vazão (adaptado de Jund *et al.* 2000)

Nos dois primeiros casos, como em qualquer poda, o corte não pode envolver feridas para a árvore e deve ser realizado o mais rente possível ao tronco (Fig. 4.12), para evitar a formação de podridões que podem comprometer a longevidade e a segurança da árvore.

O corte e a remoção de árvores inteiras deve garantir que não são causados danos nos exemplares vegetais envolventes e que, no caso em que não seja necessária a extracção do toco e raízes devido aos riscos associados ao seu arranque por uma torrente de cheia, o remanescente seja cortado o mais rente possível ao solo. Estas exigências prendem-se com a necessidade de garantir que os tocos não irão constituir um obstáculo ao normal

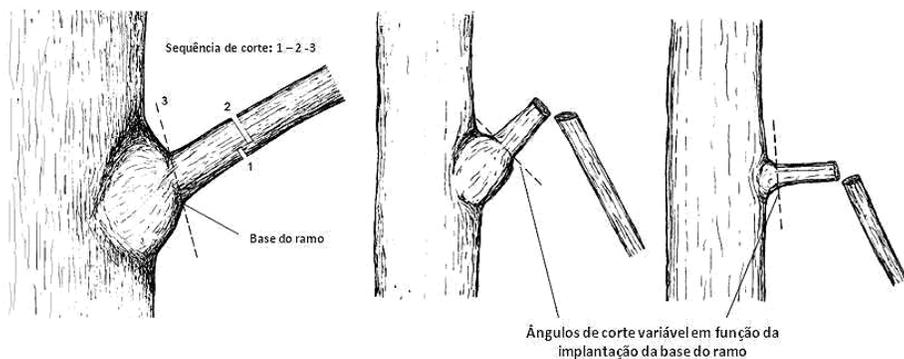


Fig. 4.12. Sequência do corte de um ramo de modo a evitar a formação de rachas ou outras feridas: cortes preparatórios 1 e 2 para garantir que o ramo ao partir não "rasga" o tronco, 3 - corte definitivo do toco remanescente, de modo a garantir a menor superfície de corte possível (Florineth, 2004).

escoamento da água ou originar remoinhos e a decorrente erosão pontual (Fig. 4.13). Todas as intervenções devem ser realizadas por pessoal qualificado em intervenções bem direccionadas para os exemplares concretos a intervir.

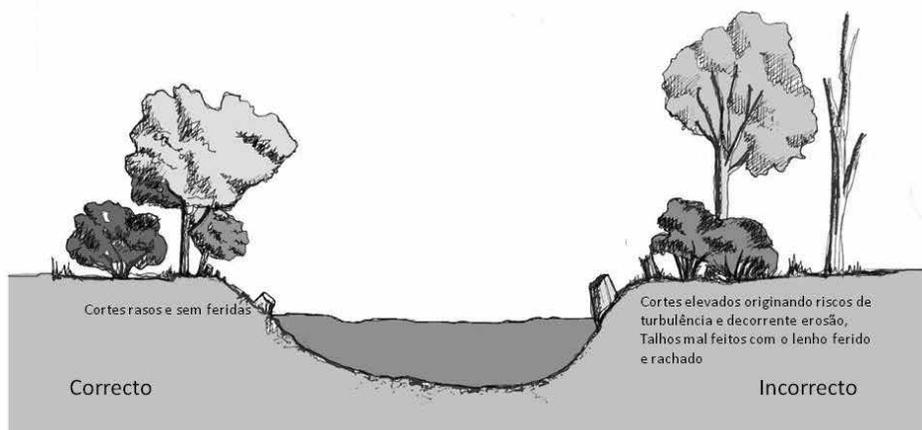


Fig. 4.13. Exemplo de um processo de limpeza de grandes árvores correcta e incorrectamente conduzidos (adaptado de Jund *et al.* 2000)

#### 4. Gestão da Vegetação Herbácea

A vegetação herbácea e aquática fazem parte da vegetação ripícola como as árvores e arbustos atrás referidos. Em particular, nas margens pouco declivosas e em linhas de água com mais de 4 / 5 metros de largura existem todas as condições para o desenvolvimento deste tipo de vegetação.

Nessas áreas onde ocorre naturalmente e sem carácter infestante, a vegetação herbácea e aquática deve ser adequadamente gerida dado os importantes papeis que preenche na funcionalidade ecológica da linha de água e a sua qualidade química e biológica. Com efeito, além de constituir um importante factor de protecção da margem e de consolidação do solo, essa vegetação constitui um habitat muito diversificado e preenche, conjuntamente com toda a microflora e fauna que se associa ao seu aparelho radicular e partes submersas, um sistema de depuração e metabolização extremamente eficiente.

O tratamento e manutenção destas zonas de vegetação deve ser feito atendendo às características de cada local e das comunidades vegetais ocorrentes:

- a) Margens com elevado hidromorfismo (zonas regularmente submersas durante parte do ano, ou com o solo encharcado na maior parte do ano) - estas zonas são as mais propícias ao estabelecimento de espécies de macrófitas como o bunho e o caniço, devendo o seu crescimento excessivo ser controlado pelo sombreamento garantido pela parte arbórea do corredor ripícola e pela adequada manutenção de um leito de estiagem suficientemente profundo que impeça o desenvolvimento dessas espécies.
- b) Margens muito planas ou utilizadas como zona de pastagem:
  - a. No caso de se pretender a manutenção do revestimento herbáceo denso deve-se proceder a uma ceifa regular (duas vezes no início e fim do verão), salvaguardando, contudo, os períodos de floração para assegurar a manutenção da diversidade florística (o material ceifado pode ser usado para fenação)
  - b. No caso de apenas se pretender impedir o crescimento de lenhosas sem comprometer a consolidação e cobertura da margem pelas herbáceas, bastará uma ceifa anual no fim do verão.
- c) Margens mantidas sem vegetação lenhosa de modo a garantir uma secção de vazão livre - no caso em que a manutenção de uma vegetação arbustiva densa e elástica não é considerado suficiente para garantir a secção hidráulica definida para o troço em causa, deve-se proceder ao corte (parcial para garantir a manutenção de zonas de nidificação para a avifauna) da vegetação macrófita (caniço, bunho, etc.) no início do Outono. Só desta forma se pode garantir a manutenção de uma adequada protecção das margens e a manutenção das comunidades vegetais.

Todos estes trabalhos podem ser realizados com o apoio de ceifeiras ou, no caso c), utilizando motoroçadoras manuais operadas por pessoal qualificado de modo a garantir as densidades de corte adequadas e preservar as manchas necessárias à preservação dos habitats da avifauna.

Importa ainda acentuar que, em zonas de pastagem, se deve procurar inverter a tendência de destruição da vegetação lenhosa, reconstruindo o corredor ripícola em toda a sua estrutura vertical, salvaguardando apenas áreas de acesso do gado à água, nas zonas menos declivosas e que deverão, então, ser devidamente geridas de modo a garantir um coberto resistente ao pisoteio e aos agentes erosivos.

### 5. Gestão da vegetação de canais de rega, drenagem ou de diques de protecção

Esta é uma das situações mais complexas e onde maiores equívocos permanecem acerca das formas mais adequadas de gestão e manutenção.

- a) **Diques** - Estas estruturas de protecção contra cheias têm exigências de segurança muito elevadas, o que desaconselha, de acordo com muitos autores, a presença de vegetação lenhosa nas margens e coroamento dos mesmos. Hoje em dia, essa posição já não aparece tão generalizada, até porque, a vegetação arbórea e arbustiva adequadamente conduzida na margem de terra (Fig. 4.14) tem-se mostrado do maior interesse na drenagem da infiltração de base e no aumento da estabilidade da estrutura.

É aconselhável, de modo a reduzir ao máximo o risco de danos para o corpo do dique devidos à acção do vento sobre árvores de grande porte, que estas se situem na base do mesmo. É também importante que estejam enquadradas por copas de outras lenhosas de modo a dissipar a energia do vento e que nunca se deixe ultrapassar um altura máxima de 2.5 a 3 vezes a altura do dique.

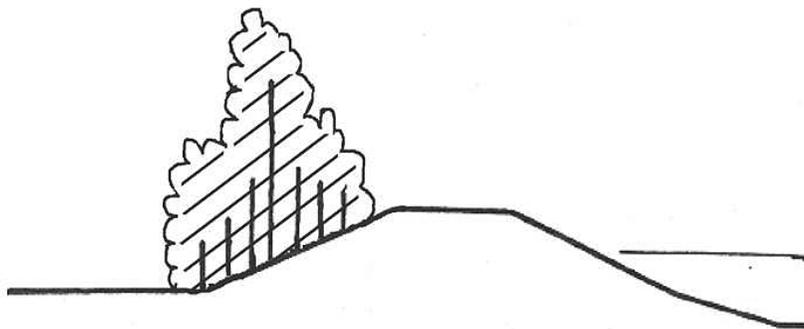


Fig. 4.14. Representação da utilização da vegetação como estrutura de drenagem e consolidação da margem terrestre de um dique (deixando livre o coroamento e a margem "molhada" para manutenção mecânica)

A utilização de vegetação arbustiva na margem "molhada" se bem que não desaconselhada (se adequadamente mantida no que toca à manutenção da sua densidade e elasticidade) levanta o problema da manutenção mecânica, que deixa de poder ser realizada no caso de se pretender uma abordagem muito selectiva aos cortes da vegetação arbustiva. Contudo, têm-se obtido bons resultados com cortes sectoriais em anos consecutivos realizados com sistemas mecânicos a baixo custo e com elevada eficiência global no que respeita à protecção da margem do dique em cheia e à estabilidade do respectivo talude.

- b) Canais de rega e de enxugo - Estes canais apresentam exigências técnicas muito elevadas no que se refere à limpeza de sedimentos (de modo a garantir o adequado escoamento e drenagem) e, decorrentemente, à manutenção da secção.

Tem-se verificado, contudo, que essas exigências têm conduzido a um sistema de gestão das margens exclusivamente baseado na limpeza regular de toda a vegetação ou, quando muito, na manutenção de formações herbáceas de sequeiro. Estas abordagens de gestão têm determinado que a maior parte destes canais estão destituídos de vegetação lenhosa, apresentam uma susceptibilidade extremamente elevada à infestação por plantas aquáticas ou flutuantes (vejam-se os inúmeros canais entupidos de macrófitas como o caniço ou o bunho, ou cobertos por Jacinto de água, erva-pinheirinha, lentilha de água, etc.). Simultaneamente, a destruição da vegetação determina a sua permanente erosão e a decorrente sedimentação do canal, gerando-se um círculo vicioso que resulta, muitas vezes num permanente alargamento do canal, com redução da cota de escoamento, aumento das perdas por evapotranspiração e das condições de infestação por macrófitas aquáticas.

Por todos estes motivos, estes canais e, em particular a sua vegetação, têm de ser geridos com todo o cuidado.

Para começar, em canais sujeitos a grande afluência de sedimentos de afluentes de montante, é aconselhável a instalação de um sedimentador. Esta estrutura consiste num alargamento represado, onde esses sedimentos se possam depositar, com um acesso a máquinas (por ex. retroescavadoras ou giratórias) para retirarem o material acumulado.

Em segundo lugar importa considerar as vantagens de um corredor arbóreo numa das margens para através do sombreamento, dificultar o desenvolvimento de vegetação aquática infestante. Este corredor só se justifica se localizado nos quadrantes SE a SW, já que só assim se pode maximizar o sombreamento. A gestão da vegetação lenhosa deve seguir as indicações atrás enunciadas.

Nas margens livres de vegetação lenhosa deve ser garantida a existência de uma via de serviço que possibilite a deslocação de maquinaria de ceifa de forma a, tal como atrás referido, realizar ceifas regulares que garantam uma cobertura herbácea

densa que proteja e consolide o solo, evitando a erosão e minimizando os riscos de afluência de sedimentos ao canal. Excepcionalmente poderão ser consideradas limpezas de sedimentos acumulados recorrendo a uma retroescavadora ou uma giratória, sendo que, num cálculo de custos/benefícios, é óbvio que a combinação de bacias de sedimentação nas entradas de afluência, com a adequada gestão da vegetação das margens de modo a garantir a inexistência de erosão, reduz drasticamente a necessidade dessas intervenções extremamente onerosas.

Em todas as situações em que se lida com canais artificiais com elevadas exigências de cuidado e manutenção, importa sempre identificar quais os factores de degradação e desestabilização, procurando analisar as possibilidades da sua prevenção (caso da instalação de bacias de sedimentação). Tal abordagem é economicamente mais eficaz e não só reduz os custos de manutenção, como permite que essa manutenção, por não ser tão intrusiva não exija uma situação completamente artificializada (logo potencial geradora de novos factores de desestabilização), seja compatível com estruturas vegetais funcionalmente mais eficazes e ecologicamente mais valorizadoras da linha de água e da sua envolvente.

Finalmente, há que enfatizar que os processos de gestão e manutenção têm de atender à natureza e dimensão dos problemas, reconhecendo as situações onde não se justificam muitas das intervenções de limpeza e desobstrução da secção de vazão mas tão somente de correcção de situações de erosão ou risco de erosão (Fig. 4.15)

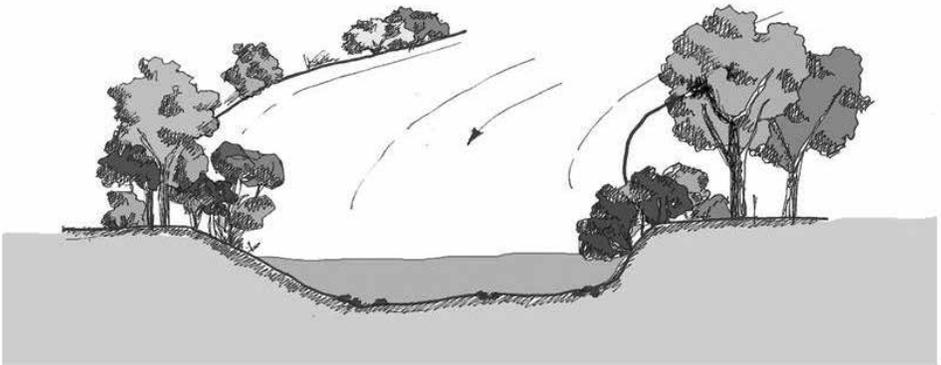


Fig. 4.15. ilustração de uma situação em que devido à largura do canal não há razões para intervenções de limpeza de arbustos para alegadamente desobstruir a secção de vazão (adaptado de Jund *et al.* 2000)

#### 4.6. Consolidação e reconstrução

Quando confrontados com situações de degradação da linha de água envolvendo perturbações morfológicas como uma indefinição do traçado e do canal ou uma profunda perturbação do mesmo (encaixe, assoreamento, etc.), rupturas e erosão das margens, importa realizar intervenções de reconstrução e recuperação.

Estas intervenções devem ter como objectivos principais a reposição de um traçado funcional, a reconstrução de um canal ajustado às características hidrológicas e geomorfológicas do local e a reconstrução de um corredor ripícola viável e funcional.

O elenco das possíveis situações assim como as técnicas de intervenção são muito diversos e não é possível desenvolvê-los no âmbito de um pequeno trabalho como o presente. Procurar-se-á, contudo, indicar algumas abordagens mais comuns às tipologias de problemas mais usuais. As técnicas de Engenharia Natural descritas encontram-se mais desenvolvida em Fernandes e Freitas, 2011.

##### 1. Indefinição do canal de estiagem

Esta é uma situação muito corrente em linhas de água onde houve o recurso sistemático e descontrolado à remoção radical do corredor ripícola, originando uma situação em que o leito de cheia está morfológicamente indiferenciado e muitas vezes infestado por vegetação aquática invasora (Fig. 4.16).

Nestas situações impõe-se a reconstrução de um canal principal e de um corredor ripícola que garanta a sua perenidade. Associadamente, importa também garantir a consolidação dos taludes do leito de cheia de modo a evitar o seu ravinamento e descaracterização morfológica de formas que podem afectar a segurança do escoamento em cheia.



Fig. 4.16. Rio Almansor (Montemor o Novo) - a destruição da vegetação ripícola facilitou a infestação do leito por macrófitas, além de ter deixado de existir uma adequada protecção das margens (imagens cedidas por David Barreiros e Ricardo Leal)

Estas intervenções devem implicar o mínimo de movimentação de terras possível, devendo dar-se preferência a sistemas passivos de condução dos processos de erosão/sedimentação que definirão o futuro canal de estiagem.

As abordagens mais comuns recorrem a esporões vivos numa das margens dos novos meandros e a estruturas como fascinas ou entrançados vivos na margem oposta, complementados com a plantação de estacas de salgueiro ou de exemplares de freixo ou amieiro de acordo com a vegetação natural do local (Fig. 4.17).

Com uma intervenção deste tipo consegue-se concentrar o escoamento num canal mais estreito, aumentando a sua velocidade (o que conduz a um aprofundamento e a uma definição clara do novo leito), obtendo-se ao mesmo tempo uma sedimentação entre os esporões. Simultaneamente, as fascinas ou entrançados protegem a margem da erosão da corrente e, ao desenvolverem-se em formações vegetais densas, originam formações ripícolas rapidamente funcionais.

Em situações onde existam condições (ou esse seja o desejo do gestor) para uma modelação mecânica do terreno, esta deve ter em consideração a morfologia natural dos leitos meandrantés, com as margens externas (de erosão) das curvas com declives mais acentuados e as margens internas (de sedimentação) com declives mais suaves. A plantação deve também ter em consideração que as margens externas são mais sujeitas à erosão pelo que exigem vegetação mais densa e, particularmente uma imediata protecção da base da margem (daí o uso de fascinas e/ou entrançados).

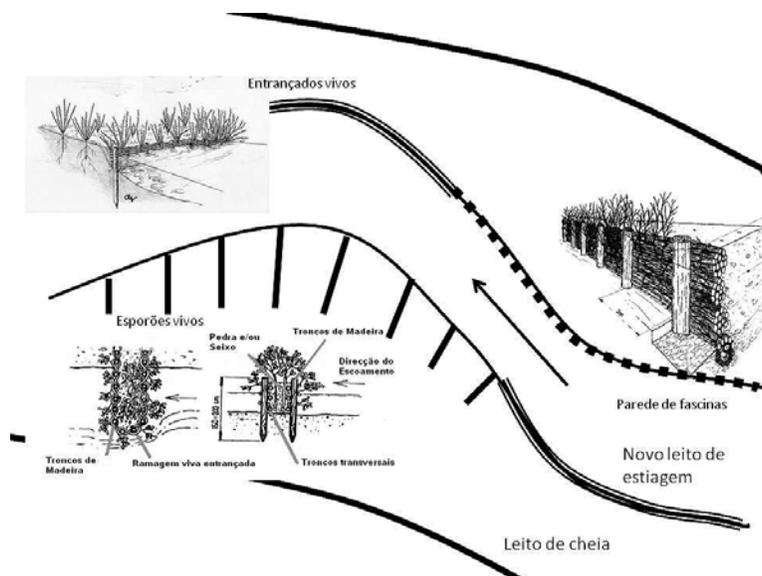


Fig. 4.17. Ilustração hipotética de uma intervenção de reconstrução dum leito de estiagem num leito de cheia morfologicamente indiferenciado devido a uma gestão desadequada

## 2. Canal demasiado estreito e encaixado ou murado

Estas situações são muito frequentes devido quer a aterros abusivos nas margens para alargamento dos terrenos agrícolas ou outros usos (estradas, construções etc.), quer a intervenções a montante que potenciaram um aumento da velocidade do escoamento e logo da sua capacidade erosiva, originando o encaixe do canal.

A intervenção mais adequada a esta situação é sem dúvida o reperfilamento do canal e a sua adequada plantação (Fig. 4.18). Em situações muradas, importa repor condições morfológicas coincidentes com o legalmente instituído, o que também significa o reperfilamento do canal, com remoção de muros e vegetação adequada das margens.

Esta abordagem reconstrutiva, sendo tecnicamente correcta e preenchendo todos os objectivos previstos na legislação levanta, contudo, complexos problemas legais em termos do direito de propriedade, já que, no momento inicial, a faixa de 10 metros imposta por lei envolve uma área total relativamente reduzida dada a reduzida largura do canal. Ao alargar este, a manterem-se os mesmos critérios para a definição dos referidos 10 metros, o proprietário perde o pleno direito de gestão e utilização de uma faixa de terreno eventualmente mais ampla. Por este motivo, estas intervenções devem ser acompanhadas de uma determinação sancionada pela ARH da faixa de terreno abrangida pelo articulado legal na sequência da intervenção de correcção do canal.

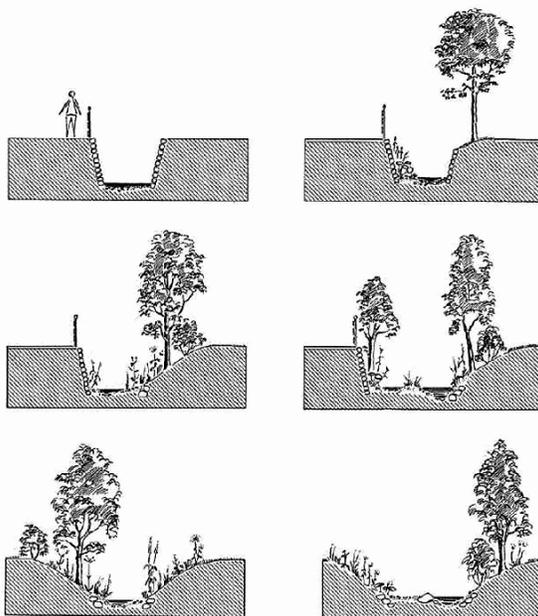


Fig. 4.18. Exemplo de diferentes alternativas de renaturalização de uma linha de água murada envolvendo reperfilamento e plantação em sucessivos graus de aproximação ao natural (Binder, 1998)

Em qualquer caso, há que ter em conta que a situação de encaixe, constitui sempre uma situação de risco para os usos marginais, por não garantir uma vazão ajustada às variações naturais de caudal, pelo que a manutenção deste tipo de situações e, em particular, das situações muradas, é geradora de riscos directos e indirectos quer para as propriedades envolventes quer para os terrenos localizados a jusante devido à perturbação dos processos hidrológicos e hidráulicos envolvidos.

NOTA: existem em Portugal inúmeras situações em que linhas de água foram muradas ao longo dos séculos de modo a criar espaços agrícolas onde antes havia vales encaixados. Essas estruturas constituem, obviamente perturbações importantes dos sistemas hidrológicos. Contudo, o seu carácter histórico-cultural exigem uma avaliação caso a caso, considerando não só o enquadramento particular como a eventual alteração das condições hidrológicas e dos caudais escoados que podem já não ser consentâneos com a secção de vazão destes canais murados.

### 3. Margem ravinada

Devido à erosão das margens desprotegidas pela vegetação, associada ou não a aterros abusivos ou a quedas de árvores descalçadas pela corrente, ocorrem muitas situações em que a base da margem foi sendo erodida e ocorreram aluimentos originando "feridas" nas margens que tendem a aumentar a cada cheia (Fig. 4.19).



Fig. 4.19. Exemplo de uma margem ravinada devido à exposição à corrente de cheia sem protecção de vegetação marginal (imagem cedida por H. P. Rauch)

As intervenções de correcção pode, conforme a severidade e dimensão da zona degradada assumir muitas formas. Nas situações mais simples (Fig. 4.20) basta um reperfilamento seguido de plantação (ou colocação de estacas) combinado ou não com a protecção da base com fascinas ou entrançados vivos ou, em situações mais extremas, enrocamento com estacaria.

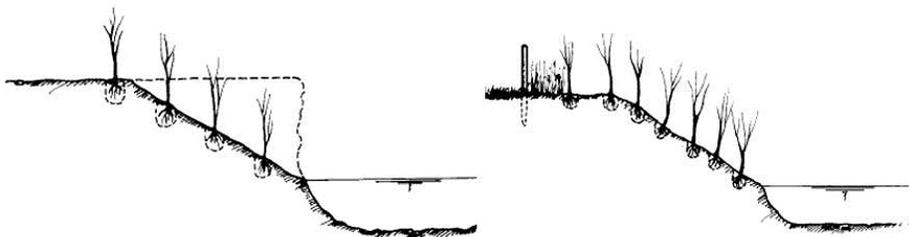


Fig. 4.20. Exemplo de uma intervenção de reperfilamento e plantação de uma margem ravinada (adaptado de Jund *et al.* 2000)

Em situações mais complexas (maior dimensão e altura da zona erodida, maior torrencialidade dos escoamentos de cheia) tornam-se necessárias intervenções combinadas incluindo estruturas complementares de suporte e protecção para apoiar o desenvolvimento da vegetação (Fig. 4.21).

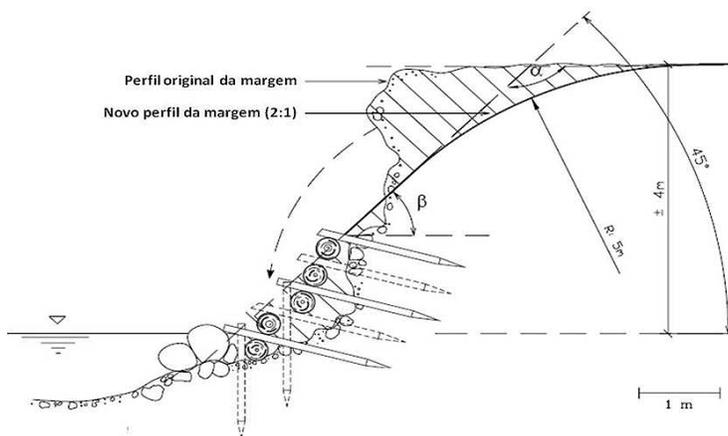


Fig. 4.21. Exemplo de uma intervenção de reconstrução de uma margem ravinada combinando o reperfilamento com uma estrutura de suporte do material aterrado associada à plantação com espécies adequadas ao local (Durlo e Sutili, 2005).

#### 4. Margem erodida

Em situações em que as margens se encontram erodidas mas sem o ravinamento e o desmoronamento atrás referidos, as intervenções recomendadas consistem essencialmente na protecção da base da margem recorrendo a fascinas, entrançados ou enrocamentos vegetados, combinados com a reconstrução da vegetação ripícola com o recurso a estacaria de salgueiros e plantações das restantes espécies arbustivas e arbóreas adequadas (Fig 4.22).

Sat	Ssa	Ssa	Sat	Ssa	Sat	Sat	Ssa	Ssa	Sat	Ssa	Sat	Ssa	Ssa	Sat
Sat	Sal	Sat	Ssa	Sat	Sal	Sat	Sal	Sat	Sal	Sal	Sat	Sal	Sat	Ssa
Sal	Alg	Sal	Alg	Alg	Sal	Sal	Alg	Sal	Alg	Sal	Sal	Alg	Sal	Sal
Alg	Alg	Pon	Poa	Alg	Pon	Alg	Poa	Fra	Alg	Poa	Alg	Pon	Fra	Alg
Fra	Pon	Cea	Fra	Pon	Fra	Fra	Cea	Pon	Fra	Pon	Fra	Cea	Pon	Fra

Fig. 4.22 - Exemplo de um módulo de plantação hipotético para uma frente de 30 metros de margem (a linha de água corre da parte de cima) - Sar - *Salix atrocinerea*, Ssa - *Salix salvifolia*, Sal - *Salix alba*, Alg - *Alnus glutinosa*, Fra - *Fraxinus angustifolia*, Pon - *Populus nigra*, Poa - *Populus alba*, Cea - *Celtis australis* (Obviamente que a densidade de estacas das três espécies de salgueiro deve ser a de 5 a 6 por unidade de 2m de frente e um metro de profundidade)

## 5. Linha torrencial ravinada

É muito frequente a ocorrência de linhas de água intermitentes onde se verifica a ocorrência de ravinamento mais ou menos profundo. Essas situações podem ser corrigidas com a construção de um série de represas longitudinais pouco afastadas entre si que contribuam para repor um perfil de leito de equilíbrio. Essas represas formam obstáculos ao escoamento dissipando a energia deste (logo a sua capacidade erosiva), atrasando-o e potenciando a sedimentação. Posteriormente as zonas de acumulação a montante das micro-represas podem ser plantadas.

Exemplos de micro-represas são, por ex., Troncos ou conjuntos de troncos enterrados transversalmente nas ravinas, combinados ou não com medidas de emergência mais expeditas, como o enchimento das ravinas com ramagens ou mesmo com troncos de árvores (Fig. 4.23).

Todos estes exemplos são obviamente apenas esquemáticos e muito simplificados, não substituindo o necessário estudo e projecto de cada intervenção concreta. De qualquer forma, importa recordar o elenco das principais técnicas disponíveis, assim como os seus limites de utilização em termos de velocidade da corrente e tensões de arraste associadas (Tab. 4.1).

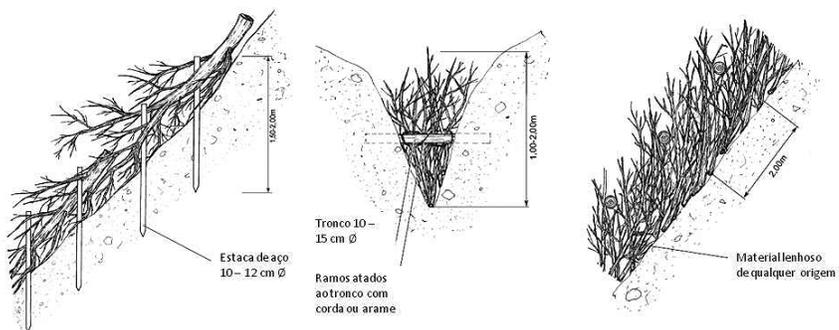


Fig. 4.23. Exemplo de medidas simples de correcção de ravinas activas recorrendo a árvores abatidas ou ao enchimento com ramagem ancorada com troncos transversais (Florineth, 2004)

Tab. 4.2. Matriz de decisão para a selecção de técnicas de intervenção em meios hídricos (adaptado de Florineth, 2007 e Hacker, 2009)

Classif.	Técnica construtiva	Função e eficácia					Velocidade da corrente			Resistência à tensão de arraste $\tau$		
		Medidas estruturais	Medidas de segurança	Técnicas construtivas superficiais	Técnicas construtivas lineares	Técnicas construtivas pontuais	0 – 1 m/s	1 – 3 m/s	> 3 m/s	< 100 N/m <sup>2</sup>	100 – 200 N/m <sup>2</sup>	> 200 N/m <sup>2</sup>
Construções lineares	Relvado		X	X			X			X		
	Placas de Relva	X	X	X			X	X	X	X	X	X
	Entrançados		X		X		X	X	X	X	X	
	Fascinas		X		X		X	X	X	X	X	X
	Esteira de ramos		X	X			X	X	X	X	X	X
	Degraus vivos de consolidação de taludes da margem		X		X		X	X	X	X	X	X
	Degraus vivos de consolidação da base da margem		X		X		X	X		X	X	
	Fascinas		X		X		X	X	X	X	X	X
	Parede de Fascinas		X		X		X	X	X	X	X	X
	Fascinas sobre faixas de vegetação		X		X		X	X		X	X	
	Muro armado de geotextil com faixas de vegetação		X		X		X	X	X	X	X	X
	Muro de madeira "Cribwall" simples		X	X	X		X	X		X	X	
	Muro de madeira "Cribwall" duplo		X	X	X		X	X		X	X	
	Gabião		X		X		X			X		
	Rede		X		X		X	X		X	X	
Deflector / Esporão		X		X	X	X			X			
Construções pontuais	Feixes de ramos		X	X			X			X		
	Entrançado de ramos mortos		X	X			X			X		
	Fascinas no talude da margem			X			X	X		X	X	
	Geotextil cobrindo a margem em talude		X	X			X	X		X	X	
	Geotextil com estacaria viva	X	X	X			X	X		X	X	
	Árvores para protecção de margens	X	X			X	X			X		
	Tocos enraizados	X				X	X	X		X		
	Estacas de salgueiro em enrocamento	X	X			X	X	X	X	X	X	X
	Estacas de salgueiro em no talude da margem	X	X			X	X			X		
	Plantas lenhosas enraizadas	X	X			X	X			X		

Importa ainda recordar que, sempre que se utilizem materiais construtivos inertes deve-se procurar articula-los com sistemas construtivos vivos, de modo não só a valorizá-los ecologicamente, como a diminuir a necessidade e intensidade do seu uso.

Em relação à intervenção propriamente dita, devem evitar-se, como referido, alterações do perfil da linha de água, assim como do seu comprimento, sempre que estas conduzam ao aumento da velocidade da corrente e, consequentemente, a um maior risco de erosão e à necessidade de uma maior consolidação das margens.

Soleiras e obstáculos que alterem o regime de escoamento podem ser de grande utilidade no processo de reoxigenação, ao mesmo tempo que, criando pequenas represas, mantêm o nível da água dentro de um limite mínimo e geram diferentes biótopos no corpo de água.

O perfil transversal deverá apresentar uma elevada flexibilidade e diversidade e corresponder a uma estrutura cujas funções de consolidação e acções sobre o escoamento se coadunem com a tipologia de uso do leito de cheia a qual, contudo, deve ser objecto de um ordenamento cuidadoso, tendo em consideração as limitações próprias do regime natural de inundação a que estão sujeitas. Em caso algum é de aceitar a desvirtuação global do carácter da linha de água e do seu leito de cheia por usos abusivos.

A intervenção deve pois ter em conta esta grande complexidade estrutural e funcional e procurar não só preservá-las, como promover o seu carácter natural ou próximo do natural.

Por outro lado, é crítico ter em consideração que a gestão das linhas de água deve ser feita pensando que além dos 2% de dias de cheia existem 98% de dias de caudais normais ou mesmo de estiagem, com imposição do recurso a estruturas cada vez mais pesadas de armazenamento e distribuição.

#### 4.7. O caso particular dos troços urbanos

Os troços urbanos são aqueles onde existe maior sensibilidade à ocorrência de cheias dado, historicamente ter havido uma ocupação do leito de cheia em condições hidrológicas diferentes das actuais. Essa sensibilidade e a necessidade de proteger essas ocupações ou usos envolveram, muitas vezes, a canalização das linhas de água, quando não mesmo o seu entubamento.

Como este tipo de intervenções foram dimensionadas para determinados caudais de cheia e não apresentavam nenhuma elasticidade hidráulica, verificou-se que, à medida que os usos da bacia hidrográfica a montante iam sendo alterados (normalmente no sentido de maior urbanização, maior impermeabilização, menor infiltração e retenção), esses canais artificiais passaram a ser completamente insuficientes para escoar os caudais afluentes muito superiores. Criou-se assim uma falsa sensação de segurança que se provou catastrófica dado que conduziu ao estabelecimento de usos ainda mais sensíveis em zonas que agora são frequentemente inundadas (Cascais, Alcântara, Sacavém, são bons (maus) exemplos das consequências dessas políticas).

A tendência de gestão destes erros tem, infelizmente sido a de artificializar ainda mais, canalizar ainda mais ou, em desespero de causa, criar novos e maiores canais artificiais para desviar o curso da linha de água (casos muito frequentes nas cidades da costa mediterrânica de Espanha).

Este tipo de situações tem de ser abordado na origem: a Bacia Hidrográfica. Obviamente que as autoridades municipais não têm competência na gestão das mesmas, mas têm, contudo, ao nível dos instrumentos de planeamento e licenciamento, a possibilidade de evitar o aumento dos usos hidrologicamente negativos (que reduzam a retenção hídrica) e mesmo, de promover estruturas e intervenções que promovam essa retenção (para já não falar na incorporação dos normas hidrológicas nos critérios de ordenamento e nos regulamentos dos instrumentos de planeamento).

Em termos de intervenções direccionadas para troços concretos, importa prioritariamente garantir uma regularização e diminuição dos caudais afluentes através principalmente de bacias e outras estruturas de retenção. Essas bacias podem assumir muitas formas (desde a incorporação em parques urbanos (caso do parque da Paz em Almada), a criações de áreas multifuncionais de desporto e lazer (Fig. 4.24) ou, a modelação de zonas agrícolas e sua envolvente como áreas de amortecimento e laminação (caso de bastantes zonas na envolvência da Várzea de Loures). Importa sempre que essas bacias constituam estruturas predominantemente vocacionadas para usos de permanente interesse social (e mesmo económico) mas que sejam compatíveis com períodos de inundaçãõ relativamente curtos uma ou duas vezes por ano. São absolutamente de excluir estruturas muito rígidas na forma e função, exclusivamente destinadas para o fim hidráulico e que, na maior parte do ano não têm qualquer utilidade, funcionando como espaços marginais facilmente degradáveis.

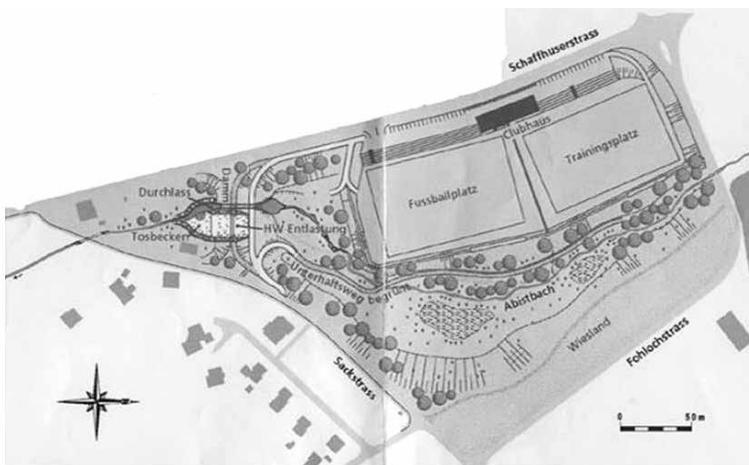


Fig. 4.24. Exemplo de uma bacia de retenção (Forloch Martalen, Zurique) cujo espaço de retenção corresponde às instalações de um clube de futebol (dois campos relvados com bancadas e instalações de apoio nos taludes marginais e no coroamento, respectivamente) e uma zona verde. Nenhum dos usos dentro da bacia é incompatível com uma submersão curta e durante todo o ano preenchem serviços sociais do maior interesse. A zona dos campos de futebol nunca é inundado por cheias com tempo de retorno (TR) de até 5 anos e o campo principal apenas será submerso por cheias com TR superior a 10 anos. A Bacia está dimensionada para cheias com TR até 200 anos.

Garantido um caudal máximo através de uma rede adequada de estruturas de retenção, importa requalificar as linhas de água canalizadas, devolvendo-lhes o carácter visual e ecológico de linha de água, mas continuando a garantir a sua eficiência hidráulica em termos dos caudais afluentes.

Estas intervenções são da maior importância já que, o resultado da canalização (na maior parte dos casos betonização) dos troços urbanos das linhas de água determinaram, nas condições mediterrânicas de Portugal, que esses canais não apresentam escoamento em grande parte do ano, ou então, apenas um fio de água mais ou menos estagnado e eventualmente mal cheiroso devido à afluição (infelizmente ainda frequente) de águas residuais não tratadas ou de escoamentos provenientes de áreas agrícolas, ricos em nutrientes e propensos à eutrofização.

Importa pois inverter essa tendência, existindo já muitos exemplos de sucesso.

Um caso é o projecto de recuperação dos ribeiros de Zurique, onde a cidade "reconstruiu" muitos dos ribeiros que haviam sido canalizados no quadro do seu desenvolvimento urbano. Essa reconstrução assumiu a forma de uma quase renaturalização em alguns troços ou, nos casos mais condicionados pela densidade urbana envolvente, uma naturalização limitada, mas que permitiu o objectivo de devolver à cidade a memória da sua hidrologia, criando novos espaços de lazer e de vivência da natureza e contribuindo drasticamente para a qualidade de vida urbana.

Outro exemplo de sucesso é o caso da renaturalização do rio Mödling na cidade com o mesmo nome (Fig. 4.25), onde, sem qualquer modificação da capacidade de vazão e sem alteração da secção (murada e atravessando o centro densamente construído da cidade) foi possível substituir um canal em betão por um canal "naturalizado" rapidamente recolonizado pela fauna (inclusive piscícola) e onde a introdução da vegetação permitiu modelar melhor o canal de estiagem e garantir uma muito melhor qualidade visual e um muito melhor ambiente urbano. Obviamente que esta intervenção exige um cuidado e manutenção atentos de modo a garantir que a vegetação ripícola nunca deixa de ser elástica (como referido diâmetros dos caules nunca superiores a 3 / 4 cm).

A intervenção consistiu na remoção do pavimento betonado e na plantação de salgueiros estruturados na forma de esporões vivos (para orientar a definição do canal de estiagem e na implantação de entrançados e fascinas vivas para proteger a base das novas margens de escoamentos mais rápidos. Complementarmente realizou-se uma pequena modelação e a introdução de rochas para criar condições morfológicas e de velocidade da corrente mais diversificadas para potenciar a instalação de uma fauna aquática o mais diversificada possível.

Muitos outros exemplos e projectos poderiam ser citados mas refiro apenas o rio Wien (Viena, Áustria) onde uma proposta propõe transformar um canal habitualmente desagradável (apesar de situado junto a atracções tão relevantes como o palácio de Schonbrunn) num eixo urbano permitindo uma vivência completamente diferente daquele espaço (tudo isto sem qualquer redução na eficiência hidráulica) (Fig. 4.26).



Fig. 4.25. Intervenção de renaturalização no rio Mödling (junto a Viena, Áustria) - situação original e um ano após a intervenção (Imagens cedidas por F. Florineth)

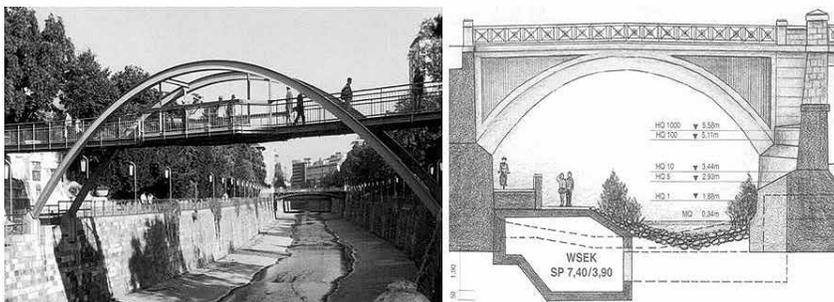


Fig. 4.26. Estudo de uma possível intervenção de revalorização e renaturalização do rio Wien (Viena) - situação actual e proposta (imagens cedidas por H. P. Rauch)

#### 4.8. Gestão e manutenção

Obviamente que qualquer destas intervenções são incompatíveis com a ausência de um adequado ordenamento dos usos do leito de cheia no sentido da eliminação daqueles que não possam suportar, sem danos irreversíveis períodos curtos (até uma semana) de submersão, o que exclui, em absoluto construções de qualquer natureza.

Implica igualmente, que vegetação como a silva e outras trepadeiras devam ser cuidadosamente geridas e limpas durante a manutenção da galeria ripícola para assegurar a sua maleabilidade e permeabilidade relativa e evitar, em absoluto, a potenciação de situações de represamento de detritos transportados com os decorrentes riscos de ondas de cheia anormais após a sua súbita ruptura.

Ao nível da manutenção podemos distinguir diferentes tipos e objectos:

- Manutenção de curto ou de longo prazo
- Manutenção das plantas e sistemas vivos ou manutenção, reparação e substituição de sistemas inertes complementares

- Manutenção de estabelecimento – garantia do estabelecimento das espécies definidas no projecto com as densidades e as características estabelecidas
- Manutenção de desenvolvimento – condução da vegetação no sentido do desenvolvimento das formações e comunidades-alvo
- Manutenção de acompanhamento – gestão da vegetação e das formações vegetais de modo a garantir a manutenção das suas funções de estabilização e protecção (por ex. elasticidade e comportamento hidráulico).

A manutenção é sempre orientada de acordo com o objectivo construtivo e condicionada pelo preenchimento das funções definidas (geotécnicas, hidráulicas, ecológicas, etc.) sendo que estas se sobrepõem para cada intervenção e processo de manutenção a todas as outras, sob pena de comprometer a eficácia da obra. A tab. 4.3 procura ilustrar as principais actividades de manutenção da vegetação susceptíveis de serem realizadas. Outra questão que importa acentuar no que se refere à manutenção é a de que se devem sempre evitar intervenções generalizadas e concentradas (por exemplo desbastes) que, se realizadas dessa forma, implicarão impactes muito violentes nos habitats faunísticos com consequências negativas para a funcionalidade ecológica local.

Tab. 4.3. Intervenções de manutenção necessárias numa formação vegetal com funções de protecção e consolidação (EFIB, 2008)

Solo	Herbáceas	Arbustos	Árvores
-----Cobertura (por ex. Mulch)-----		-----Reposição-----	
		-----Desbaste de formação-----	
	-----Rega-----		-----Condução-----
-----Vedação / Protecção contra herbívoros-----	-----Sacha-----		
	-----Mondas-----		-----Desbaste de rebentos-----
	-----Ceifas-----	-----Retocar-----	
		-----Podas-----	-----Remoção de exemplares velhos-----
-----Reparações, reconstruções e intervenções de complemento-----		-----Desbaste-----	
-----Fertilização / arejamento-----		-----Cortes-----	
			-----Desrame-----

O seguimento das intervenções gestão e manutenção de linhas de água prende-se principalmente com a avaliação do preenchimento dos objectivos, do modo de desenvolvimento e da duração da plena instalação e funcionalidade, da avaliação da eficácia e durabilidade.

## 5. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE MATERIAL VEGETAL A APLICAR NA RECUPERAÇÃO BIOFÍSICA DE LINHAS DE ÁGUA

Carlos Souto Cruz

O material vegetal a aplicar em linhas de água depende essencialmente das condições ecológicas existentes na local de intervenção mas igualmente das condições futuras previsíveis.

Efectivamente as linhas de água constituem mosaicos de situações ecológicas muito variáveis, muitas vezes ao longo de transeptos muito reduzidos em termos de espaço.

Esta situação determina que a selecção do material vegetal depende de uma análise muito cuidada das condições estacionais prevalentes em especial das disponibilidades hídricas ao longo do ano.

No referente ao material vegetal a aplicar é de referir que muitas vezes as intervenções biofísicas em linhas de água podem determinar situações ecológicas de elevada xericidade como por exemplo no topo de taludes reconstruídos com sistemas de engenharia biofísica.

A situação no entanto não muito diferente das situações naturais onde rios e ribeiras torrenciais de grande variação dos caudais determina que ao longo dessas linhas de água ocorram para além de comunidades hidro- e higrofilicas junto ao talvegue, comunidades xerofílicas frequentemente de características rupícolas, caso das comunidades de *Buxus sempervirens*, *Dianthus* spp. *Genista hystrix*, *Genista polyanthos* ou de *Pistacia terebinthus*.

A redução dos níveis de torrencialidade (em situações de disponibilidades hídricas mínimas similares) possibilita o desenvolvimento de comunidades mais estáveis e equilibradas, ou seja as comunidades de *Securinega tinctoria* ou de *Tamarix africana* se relacionam com elevada torrencialidade, as comunidades de *Salix atrocinerea* ou de *Salix salviifolia* correspondem a situações intermédias relativamente às condições de menor torrencialidade onde comunidades de *Salix alba* ou de *Alnus glutinosa* podem dominar.

De assinalar que nem sempre a acção antrópica é negativa nas linhas de água, a criação de pequenos açudes de nível constante possibilitam o desenvolvimento de amiais muito diversificados em locais onde originalmente apenas ocorriam manchas isoladas de borrazeiras.

No tocante ao material vegetal a aplicar de assinalar que, tão ou mais importante que a espécie é essencial haver conhecimento concreto da respectiva origem e isto porque muito do material vegetal disponível no mercado pode não corresponder em termos genéticos ao efectivamente pretendido. A mesma espécie com origem em áreas geográficas muito distintas deve ser evitado, a adopção da "proveniência" é assim

essencial e muitas vezes as espécies no mercado correspondem a híbridos, clones adaptados a condições ecológicas distintas, etc..

A distribuição do material vegetal a aplicar em linhas de água em Portugal continental não variam de forma significativa ou seja as condições climáticas são neste caso um factor secundário, exceptua-se no entanto a região de Trás-os-Montes onde nestes habitats se encontram espécies que não ocorrem no resto do território nacional (embora algumas delas tenham uma áreas de dispersão muito grande na Eurásia).

Actualmente o material vegetal é aplicado normalmente na forma de plantas em torrão, mas é preferível utilizar estacas sempre que possível, o problema é que a experiência aponta para a utilização de um numero muito reduzido de espécies, em Portugal as mais utilizadas são a *Salix atrocinerea*, *Salix salvifolia*, *Salix alba*, *Tamarix africana*, *Sambucus nigra*.

No entanto muitas mais espécies poderão teoricamente ser utilizadas.

Nos habitats com elevado excesso de água no subsolo durante quase todo a ano é eventualmente possível aplicar espécies como *Erica ciliaris*, *Erica tetralix*, *Erica erigena*, *Erica lusitanica*, *Myrica gale* e, em estações com menor saturação de água é possível utilizar *Frangula alnus* e mesmo de *Salix atrocinerea*.

A *Salix atrocinerea* e a *Salix salvifolia* podem ser aplicadas na maioria das intervenções biofísicas onde as disponibilidades hídricas são elevadas durante todo o ano e mesmo em situações de cheias torrenciais frequente ou seja em linhas de água de elevado dinamismo.

Situações de baixo dinamismo onde não existe uma variação muito significativa das águas ao longo do ano a aplicação de *Salix alba* e afins e de *Alnus glutinosa*, associada a espécies como *Sambucus nigra*.

A utilização de *Populus nigra* e de *Populus alba* é igualmente possível mas com alguma prudência face ao forte desenvolvimento radicular dessas espécies em especial esta ultima que poderá comprometer as estruturas inertes e mesmo tornar-se infestante em situações onde a diversidade seria a opção.

Em situações de menor higrofilia podem ser utilizadas a *Fraxinus angustifolia* e a *Laurus nobilis*. A *Ulmus minor* que tem preferências ecológicas similares encontra-se hoje numa situação de excesso de elementos parasitas que reduzem o nível de sobrevivência e de aplicabilidade da espécie. No entanto é possível aplicar espécies frequentes em linhas de água torrenciais e rojeiras como a *Celtis australis*, *Acer monspessulanum*, *Sorbus torminalis*, *Pyrus bourgaeana*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea* (no norte), *Prunus mahaleb* (trás-os-montes), *Euonymus europaeus* (Trás os Montes), *Prunus spinosa*, *Amelanchier ovalis* (no norte), *Rosa* spp (arbustivas), *Securinega tinctoria*, *Bupleurum fruticosum*.

Situações ainda de forte torrencialidade em áreas de regime mediterrâneo acentuado temos como elementos de interesse, a *Tamarix africana*, *Nerium oleander* e *Myrtus communis* e em Trás-os-Montes ainda *Buxus sempervirens*, *Spiraea hypericifolia* e *Ligustrum vulgare*.

Em linhas de água torrenciais de altitude podem-se utilizar espécies como *Taxus baccata*, *Sorbus aucuparia* e *Betula celtiberica*.

Em situações de elevado stress ou como elementos pioneiros devem-se utilizar elementos graminoides como *Phragmites australis*, *Cladium mariscus*, *Carex* spp., *Tipha* spp. *Juncus* spp., *Panicum repens*, e em situações críticas onde é essencial encontrar elementos de estabilização e as espécies autóctones não se adaptarem convenientemente podem ser utilizadas (com as devidas cautelas) elementos exóticos que actualmente já se consideram como naturalizados e onde a sucessão vegetal os eliminará a médio prazo, encontram-se neste caso a *Paspalum dilatatum*, *Paspalum paspalodes* em águas doces e a *Paspalum vaginatum* em ambientes salobros.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão e manutenção das linhas de água é, portanto uma tarefa que tem de ser realizada regularmente no sentido de garantir a funcionalidade e o valor das mesmas, o valor e a segurança dos usos marginais e valorizar, de uma forma global o território e a propriedade.

Não pode ser encarada como um custo perdido, mas tem de ser compreendida como uma componente de valorização da propriedade ao conferir-lhe segurança e salvaguardar a funcionalidade dos sistemas naturais. Para já não esquecer o valor estético e patrimonial.

Importa portanto o desenvolvimento de uma nova cultura onde as linhas de água, de "traseiras" da propriedade, muitas vezes apenas encaradas como só servindo para vazadouro, se passe para uma situação em que elas constituam mais um ponto focal e um elemento de valor na propriedade.

Para tal não se pode retirar á linha de água o espaço que ela necessita para funcionar em toda a diversidade de condições que os sistemas hidrológicos e hidráulicos implicam. Há que os conhecer e trabalhar com eles.

Nesse processo a gestão da vegetação assume um papel fulcral.

Todos estes processos devem ser concertados entre os diferentes proprietários e as autoridades de região hidrográfica no sentido em que exista uma gestão coerente no conjunto da bacia e em cada troço específico.

É crítico reconhecer que a gestão dos caudais é da maior importância devendo-se procurar reter os mesmos, sempre que possível, para reduzir a frequência e dimensão das cheias e promover a infiltração e criação de reservas e apenas "acelerar" o escoamento nos troços, onde os usos e os riscos associados são absolutamente incompatíveis com a ocorrência de cheias e não existem condições para as reter a montante.

Por fim, nunca é demais repetir que a prevenção dos danos associados a inundações começa e termina no absoluto respeito pela regra de que os leitos de cheia não podem ser utilizados para usos incompatíveis com a sua natureza.

É pois possível e necessário, convivermos melhor com as nossas linhas de água, promovendo as suas mais valias e corrigindo os erros que tantos custos têm acarretado.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Adam, P.; N. Debiais; F. Gerber; B. Lachat, 2008 - *Le génie vegetal, Un manuel technique au service de l'aménagement et la restauration des milieux aquatiques* - La Documentation française, Paris
- ANL (Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege), 1986 - *Naturschutz - Grundlagen, Ziele, Argumente* - ANL, Laufen
- Arizpe, D.; A. Mendes; J. E. Rabaça (eds.), 2008 - *Sustainable Riparian Zones, A management guide* - Generalitat Valenciana, València
- Benayas, J.M.; Pinilla, T.E.; Ibarra, J.M.N., 2003 - *Restauración de ecosistemas mediterrânicos*. Universidade de Alcalá, Alcalá
- Binder, W. 1998 - *Rios e córregos, Preservar - Conservar - Renaturalizar. A recuperação de Rios, Possibilidades da Engenharia Ambiental* - SEMADS, Rio de Janeiro
- Blab, J., 1983 - *Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere* - Kilda Verlag, Greven
- Cornelini, P., y G. Sauli. 2005 - *Manuale di Indirizzo delle scelte progettuali per interventi di Ingegneria Naturalistica* - Ministero dell'Ambiente y della Tutela del Territorio, Roma
- Cortes, R.M.V., 2004 - *Requalificação de Cursos de Água* - Instituto da Água, Lisboa
- Del Rio, M. G. T; D.G. Lastra, 1998 - *Restauración de Rios y Riberas* - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid
- Durlo, M.; F. Sutili, 2005 - *Bioengenharia - Manejo biotécnico de cursos de água* - Edições, EST, Porto Alegre
- DVWK - Merblatt 220, 1991 - *Hydraulische Berechnung von Fliessgewässern* - Verlag Paul Parey, Hamburg
- EFIB (Europäische Föderation für Ingenieurbiologie) (2008). *Vorschlag für EFIB Richtlinie Ingenieurbiologie* - EFIB RI Teil 1, Documento interno de trabajo
- Eubanks, C.E.; D. Meadows, 2002 - *A Soil Bioengineering Guide for Streambank and Lakeshore Stabilization* - USDA, Forest Service, Washington DC
- Fernandes, J.P. 1994 - *Projecto Construtivo em Engenharia Biofísica*. Universidade de Évora
- Fernandes, J.P. e A. Freitas, 2011 - *Introdução à Engenharia Natural* - Coleção Nascentes para a Vida, EPAL, Lisboa
- Fernandes, J.P. e C.S. Cruz. 2009. Portugal: die Herausforderungen an die Ingenieurbiologie, Verein für Ingenieurbiologie, Mitteilungsblatt Nr. 4, pp 40-47
- Fernandes, J.P.; Seixas, A.M., 1987 - *Recuperação Ecológica e Funcional da Ribeira da Laje - Projecto de recuperação do 2º troço* - Departamento de Planeamento Biofísico e Paisagístico da Universidade de Évora, Évora
- Florineth, F. 2004. *Pflanzen statt Beton*. Patzer Verlag, Berlin. 272 pp.

- Gerstgraser, C., 2000 - *Ingenieurbioologische Bauweisen an Fließgewässern. Grundlagen zu Bau, Belastbarkeit und Wirkungsweisen* - BOKU Dissertationen 52, Oesterreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien
- Gregório, et al. 2011 - *Castelo do Bode: Uma Nascente de Vida - Caracterização da Bacia Afluente e Linhas de Água da Albufeira de Castelo do Bode* - Coleção Nascentes para a Vida, EPAL, Lisboa
- Hacker, E. 2009. Las directrices europeas de Ingeniería del paisaje. Comunicación oral, Girona, AEIP
- Jund, S.; C. Paillard; P.\_A. Frossard; B. Lachat., 2000 - *Guide de gestion de la végétation des bords de cours d'eau* - Agence de l'eau Rhin-Meuse, Moulins-Lès-Metz
- Marchante, H.; E. Marchante; H. Freitas, 2005 - *Plantas invasoras em Portugal - fichas para identificação e controlo* - Ed. dos autores, Coimbra
- Martinho, P. 2005. Contribuição para o estudo de técnicas de engenharia biofísica: Grade de Vegetação e Grade de Vegetação Vesúvio. Tesis de graduación en Ingeniería Biofísica, Universidad de Évora, 98 pp.
- Mataix, C. 2003. Técnicas de revegetación de taludes. Em: Restauración de ecosistemas mediterráneos, pag 189-214. Colección Aula Abierta nº 20. Universidad de Alcalá.
- Prada, M.A.; D. Arizpe (eds.), 2008 - *Riparian Tree and Shrub Propagation Handbook* - Generalitat Valenciana, València
- Rauch, H.P. 2008. *Application of soil bioengineering techniques for river engineering projects with special focus on hydraulic and morphological issues*. Documento não publicado de apoio às aulas, Universidade de Évora
- Regione Lazio, Assessorato per l'Ambiente. 2001. *Manuale die Ingegneria naturalistica*, Naturstudio Trieste, Università della Tuscia, Viterbo
- Sauli, G.; Cornellini, R.; Preti, F., (2003) *Manuale di Ingegneria Naturalística*. Regione Lazio, Roma
- Schiechtl, H.M. 1980. *Bioengineering for land reclamation and conservation*. Univ. of Alberta Press. Edmonton/Alberta
- Schlüter, U. 1986 - *Pflanze als Baustoff, Ingenieurbioologie in Praxis und Umwelt* - Patzer Verlag, Berlin.
- Seibert, P., 1968 - *Eaux Douces* - Conseil d'Europe, Strasbourg
- Society for Ecological Restoration International. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration* Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (Version 2, October, 2004)
- Zeh, H. (ed.). 2007. *Ingenieurbioologie Handbuch Bautypen* - vdf Hochschulverlag an der ETH, Zurich

## **ANEXO I**

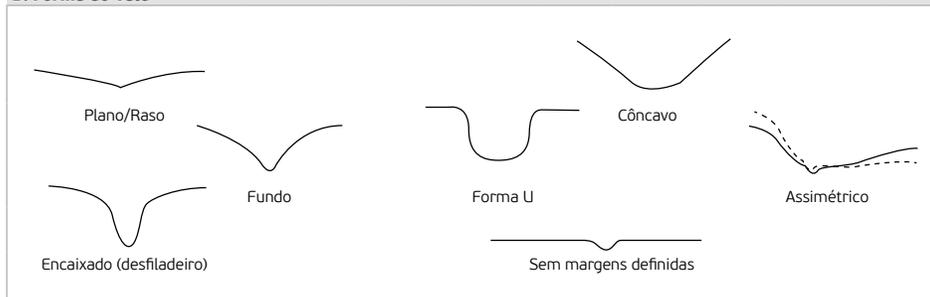
Ficha de diagnóstico de um troço de linha de água  
(Extraída de Gregório, *et al.* 2011)





Concelho:			
Coord. GPS	Montante:	Jusante:	
Altitude:			
Data:			
Acessibilidades:			
Regime Hidrológico:			
Obstáculos (vegetação densa, instabilidade de terreno, vedações...):			
Presença/Ausência de descargas poluentes visíveis:			
Presença/Ausência de pessoas, animais:			
Estimativa de coberto arbóreo (%):			
Composição percentual do substrato nos três transeptos realizados	% afloramento rochoso	% blocos	% elementos menores (<20cm)
	1º:	1º:	1º:
	2º:	2º:	2º:
	3º:	3º:	3º:
Observações:			

**B. Forma do Vale**



**C. Uso e Ocupação das Margens**

<b>1. Uso</b> Florestal Agrícola Incultos (matos) Improdutivo Social	Mesq	Mdir
<b>2. Ocupação</b>	<b>Mesq</b>	<b>Mdir</b>
Espécies florestais dominantes		
Cultura agrícola		
Composição de Matos		
Outros		

**D. Estado das Margens e Canal**

**Forma do Canal - Índice de Qualidade do Canal - GQC**  
 realizado pelo menos em 3 transeptos em cada troço

<b>1. Presença de Estruturas de Retenção</b>		1ºT	2ºT	3ºT
Ausência de estrutura		4	4	4
Açude rústico semi-desagregado		3	3	3
Açude rústico bem consolidado		2	2	2
Açude ou barragem de betão		1	1	1
<b>2. Estrutura do Canal</b>				
W/D <7 - não ocorre inundação das margens			4	
W/D 8-15 - inundação das margens rara			3	
W/D 15-25 - inundação frequente das margens			2	
W/D 25 - inundação muito frequente das margens			1	
<i>W - média da largura do leito molhado obtido nos transeptos</i>				
<i>D - média da profundidade máxima obtida nos transeptos</i>				
1ºT	2ºT	3ºT		
W -	W -	W -		
D -	D -	D -		
<b>3. Sedimentos e Estabilidade do Canal</b>		1ºT	2ºT	3ºT
Ausência de alargamento do canal ou de acumulações de materiais transportados; canal único		4	4	4
Algumas acumulações de materiais transportados; canal único		3	3	3
Línguas de cascalho, areia de limo; o leito de cheia apresenta canais independentes		2	2	2
Canal dividido em múltiplas línguas de areia e limo (ou rio canalizado)		1	1	1
<b>4. Estrutura das Margens</b>		1ºT	2ºT	3ºT
Margens estáveis, com vegetação ripária contínua e estruturalmente complexa (árvores e arbustos); sem sinais de erosão		4	4	4
Margens estáveis mas com vegetação ripária fragmentada; alguns regos desprovidos de vegetação		3	3	3
Margens pouco consolidadas mantidas por uma vegetação esparsa de herbáceas e arbustos		2	2	2
Margens com vegetação muito escassa e uniforme, rebaixadas pela erosão ao longo do troço		1	1	1
<b>5. Alteração artificial das margens</b>		1ºT	2ºT	3ºT
Ausência quase completa de alteração artificial das margens		4	4	4
Uma das margens apresenta alterações moderadas (ex. enrocamentos >30% do comprimento do troço)		3	3	3
Ambas as margens apresentam alterações moderadas (ex. enrocamentos >30%), ou uma delas está alterada significativamente (ex. linearização margem)		2	2	2
Como no caso anterior mas a estrutura da margem é de betão armado ou ciclópico		1	1	1
<b>6. Heterogeneidade do Canal</b>		1ºT	2ºT	3ºT
Canal curvilíneo e sequência lótica/léntica muito marcada		4	4	4
Canal rectilíneo com reduzida sequência lótica/léntica		3	3	3
Velocidade praticamente constante ao longo de todo o troço		2	2	2
Zona léntica artificial ou rio canalizado		1	1	1
<b>7. Estrutura do leito</b>				
Tipo 1	Troços encaixados normalmente de cabeceira e com muita rocha; baixa potencialidade de suportar um extenso bosque ribeirinho			
Tipo 2	Troços com desníveis médios das margens; potencialidade intermédia para suportar um bosque ribeirinho; "zonas médias do rio"			
Tipo 3	Troços com desníveis das margens muito pouco acentuados; potencialidade elevada para suportar um bosque ribeirinho; zonas baixas de alguns rios			
<b>Tipo 1 - troço em que predomina a erosão</b>				
		1ºT	2ºT	3ºT
> 50% do material é constituído por granulometria > 25cm (blocos)		8	8	8
> 50% do material é constituído por granulometria > 6,5cm (pedra)		6	6	6
> 50% do material é constituído por granulometria > 2,0cm (saibro)		3	3	3
Predomina a areia e limo (>50%)		1	1	1

<b>Tipo 2 - troço em que predomina o transporte</b>			
	1ºT	2ºT	3ºT
> 50% do material é constituído por blocos e pedras (>6,5cm)	8	8	8
> 50% do material é constituído por pedra ou superior (>6,5cm)	6	6	6
> 25% do material é de dimensões superiores a cascalho (> 1,5cm)	3	3	3
O material grosseiro (>1,5cm) é inferior a 10%	1	1	1
<b>Tipo 3 - troço em que predomina a sedimentação</b>			
	1ºT	2ºT	3ºT
> 50% do material é constituído por dimensões superiores a areia grosseira (0,5cm)	8	8	8
30-50% do material é constituído por dimensões superiores a areia grosseira (0,5cm) e o resto é formado por limo e areia fina	6	6	6
> 30% do material é constituído por dimensões superiores a areia grosseira (0,5cm) e o resto é formado por limo e areia fina	3	3	3
O leito é exclusivamente de limo e areia fina (<0,125cm)	1	1	1
<b>8. Deposição de finos intersticiais</b>			
	1ºT	2ºT	3ºT
A % de finos é <5%	4	4	4
A % de finos é 5-25%	3	3	3
A % de finos é 25-50%	2	2	2
A % de finos é >50%	1	1	1
Para os rios Tipo 1 os finos consideram-se < 0,5cm			
Para os rios tipo 2 e 3 os finos consideram-se <0,125cm			
<b>E. Qualidade Ecológica / Ripária</b>			
<b>Índice QBR</b>			
<b>1. Integridade</b>			
Porcentagem de Coberto Vegetal da zona da ribeira (troço) (excepto plantas anuais)			
> 80%		25	
50-80%		10	
10-50%		5	
< 10%		0	
<b>Elementos de Correção</b>			
Conexão entre galeria e ecossistema terrestre			i
Total			+10
> 50%			+5
25-50%			-5
< 25%			-10
Total (PI=I±i)			<input type="text"/>
			0<PI<25
<b>2. Estrutura</b>			
Porcentagem de Coberto de plantas altas no leito menor			
	Árvores	-	-
	> 75%		Arbustos qualquer
	50-75%		qualquer
	< 50%		> 25%
	< 50%		10-25%
	< 10%		< 10%
			E
			25
			10
			10
			5
			0
<b>Elementos de Correção</b>			
Plantas pequenas na margem (helófitos ou arbustos)			e1
> 50%			+10
25-50%			+5

Conexão entre arbustos e árvores com sub-bosque			e2
Boa conexão			+5
Distribuição das árvores e % de sub-bosque			e3
Linear	50% de sub-bosque		-5
Em manchas	qualquer		-5
Linear	<50% de sub-bosque		-10
<b>Total (PE=E±ei)</b>			
0<PE<25			
<b>3. Qualidade</b>			
Determinação do tipo geomorfológico			
Tipos de desnível da margem	Margem esquerda	Margem direita	
> 75% (altura do talude > máxima cheia)	6	6	
> 75% (talude inundável pelas cheias ordinárias)	5	5	
45-75%	3	3	
20-45%	2	2	
<20%	1	1	
Largura total das ilhas presentes			g1
> 5m			-2
1-5m			-1
% de substrato duro com incapacidade para enraizar uma formação vegetal permanente			g2
> 80%			-
60-80%			+6
30-60%			+4
20-30%			+2
<b>Total (PG=G±gi)</b>			
0<PG<25			
PG>8	Tipo 1	Ribeiras encaixadas, de cabeceira, com baixa potencialidade para manter um bosque ripícola	
5<Pg<8	Tipo 2	Ribeiras com potencialidade intermédia para sustentar uma zona vegetada, troços médios dos rios	
PG<5	Tipo 3	Ribeiras extensas, troços baixos dos rios com elevada potencialidade para possuir um bosque largo	
<b>Qualidade</b>			
Nº de espécies de árvores autóctones	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
	>1	>2	>3
	1	2	3
	0	1	1-2
	0	0	0
			C
			25
			10
			5
			0
<b>Elementos de Correção</b>			
Continuidade da comunidade			c1
>75%			+10
50-75%			+5



## **Ficha Técnica**

Título e subtítulo	Limpeza e Gestão de Linhas de Água Pequeno Guia Prático
Edição	EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.
Paginação e Design	Gabinete de Imagem e Comunicação da EPAL
Impressão	Rolo e Filhos II, SA
Tiragem	1250
Depósito Legal:	
Ano	2011
ISBN	978-989-97459-3-3