

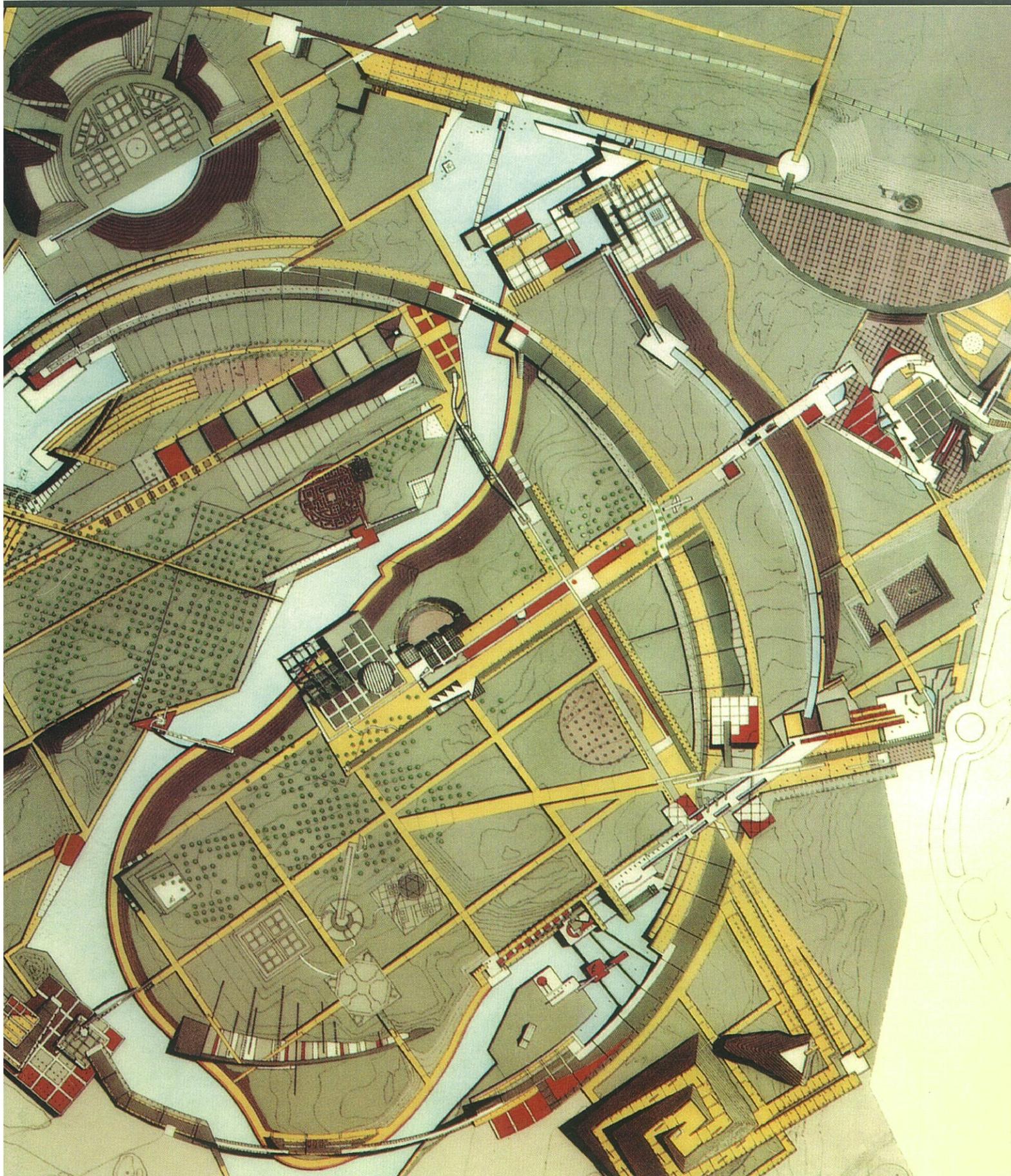
Agroforum

Revista da Escola Superior Agrária de C. Branco

N.º 13,

ANO 7, 1998

PREÇO 250\$00



Agroforum

Revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco

SUMÁRIO

Editorial 3

CIÊNCIA E TÉCNICA

Integração Biofísica de Áreas Afectas à Exploração
de Rochas Ornamentais 5

*Ricardo Osório de Barros**

Protecção e Reabilitação ambiental de Cursos de Água Naturais 13

Pedro Vieira

EXPERIMENTAÇÃO E INVESTIGAÇÃO

Um Modelo de Caracterização e Avaliação Ecológica
para o Planeamento e Gestão 25

J.P.Fernandes; L.C.Quinta-Nova ; P.J.Baptista e J.M.Mascarenhas

DIVULGAÇÃO

Enquadramento Biofísico da Recuperação de Áreas Ambientalmente
Degradadas 33

João Paulo Fernandes

A Ecologia da Paisagem na Promoção da Biodiversidade 37

Pedro José Baptista

Impacte Ambiental de Antigas Minas de Sulfuretos Localizadas
no Alentejo 45

André Matoso

Normas para publicação de artigos na Revista Agroforum 51

Publicação Semestral
Ano 7, nº 13
Janeiro, 1998

Director

Vergílio A. Pinto de Andrade

Editor, Redacção e Sede

Escola Superior Agrária do
Instituto Politécnico de C. Branco
Quinta da Srª de Mércules
6000 CASTELO BRANCO
Telef.: (072)327535/6/7
Fax.: (072)328881

Conselho Redactorial

Luís Pedro Pinto de Andrade
Cristina Alegria
Fernanda Delgado
José Nunes
Maria do Carmo M. Horta Monteiro
Maria Eduarda P. Rodrigues
Ofélia Maria S. dos Anjos

Revisão de Texto

Deolinda Alberto
Natividade Pires

Computação gráfica

Tomás Monteiro

Impressão e Acabamentos

Centro de Recursos da ESACB
e Albigráfica Lda.

Tiragem

600 exemplares

Depósito Legal nº 39426/90

ISSN: 0872-2617

As teorias e ideias expostas no presente
número são da inteira responsabilidade
dos seus autores.

Tudo o que compõe a revista pode
ser reproduzido desde que a proveniência
seja indicada.

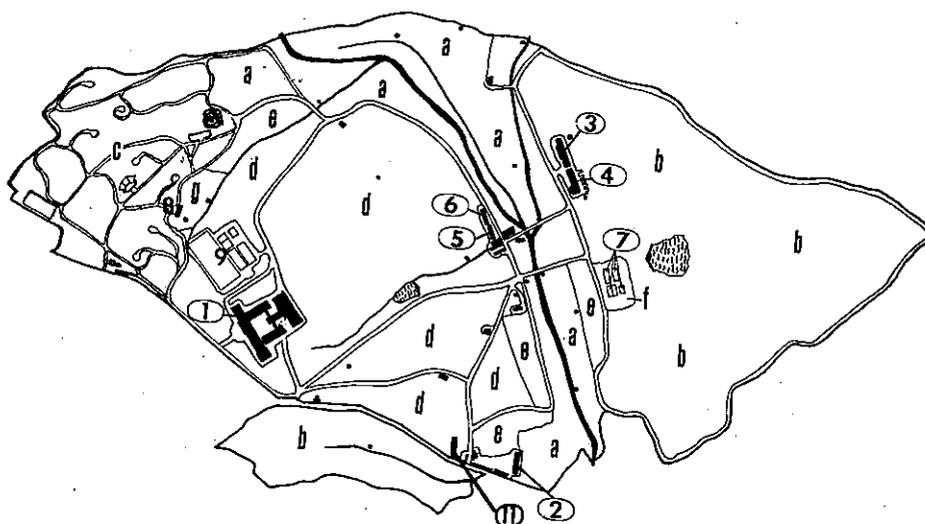


ESCOLA SUPERIOR AGRARIA DE CASTELO BRANCO

A Escola Superior Agrária instalada numa quinta com 166ha, dispõe dos seguintes meios para apoiar os seus alunos:

a. Culturas regadas - 19,4 ha
b. Culturas não regadas - 146,6 ha

c. Parque botânico - 26 ha
d. Olival - 50 ha
e. Fruticultura - 6 ha
f. Horticultura - 1 ha
g. Viveiros florestais



1. Edifício Sede (Laboratórios - Solos e Fertilidade, Nutrição Animal, Química, Sanidade Vegetal, Microbiologia e Parasitologia, Reprodução, Anatomia Patológica e Biologia; Sector de Produção Agrícola);
2. Sectores de Produção Animal e Produção Florestal;
3. Vacaria: 20 vacas leiteiras (Holstein Friesian) e estábulo para engorda de novilhos;
4. Ovil: 250 ovelhas (Merino da Beira Baixa);
5. Sector de Maquinaria Agrícola e Parque de Máquinas (630m²);
6. Oficinas (750 m²): secção de motores, serralharia, electricidade, soldadura e carpintaria;
7. Estufas (934 m²);
8. Edifício de Apoio ao Sector Florestal;
9. Complexo desportivo (Campo de Futebol/Rugby Relvado, Ténis, Polivalente), Pista de Atletismo com 400 m;
10. Centro de Estudos, Planeamento e Contabilidade;
11. Centro de Formação Profissional Pós-Graduada da Beira Interior.



1 - Decorre em Fevereiro, o 3º Congresso do Ensino Superior Politécnico. É o momento adequado para reflectir sobre o caminho percorrido, os problemas que urge resolver e perspectivar o futuro com esperança, mas também com o realismo que a situação exige.

2 - Em duas décadas criaram-se Instituições de Ensino Superior Politécnico em todo o país e que influenciaram favoravelmente as regiões onde estão implantadas.

O desafio, que a muitos parecia ser demasiado ambicioso, foi aceite e levado a termo com sucesso. Planearam-se e construíram-se instalações adequadas; recrutaram-se e formaram-se centenas de docentes que obtiveram graus de mestre e doutor; recrutou-se e formou-se pessoal não docente. Estudaram-se e estruturaram-se os cursos considerados mais adequados tendo em conta as necessidades do país e a evolução do mercado de trabalho. Desenvolveram-se trabalhos de investigação de mérito e não se descurou o apoio à comunidade, prestado das mais diversas formas. Formaram-se milhares de técnicos que têm mostrado competência nos diversos campos de actividade em que se ocupam, comprovando a boa preparação que as Escolas Superiores lhes transmitiram. O Ensino Superior Politécnico teve capacidade para vencer todas as dificuldades que lhe foram surgindo e cumpriu com sucesso, todos os objectivos que lhe tinham sido fixados.

Dispõe de identidade própria e de prestígio justamente conseguido, esperando-se que continue a cumprir as funções importantes e diversificadas que lhe competem e para as quais está preparado.

3 - Perante o valor da actividade desenvolvida, poder-se-á pensar que o caminho a percorrer será fácil e a situação estável? Como diz o poeta, "a vida é feita de mudança" e a vida das instituições, como a das pessoas, não foge a essa afirmação. É a necessidade de mudança que obriga a um esforço continuado de adaptação e de inovação, face ao rápido evoluir da situação.

4 - O Ensino Superior Politécnico confronta-se, neste momento, com alguns "desafios", cujo desenlace e consequências não são fáceis de prever.

4.1. A alteração introduzida à Lei de Bases do Sistema Educativo, extinguiu os Cursos Superiores Especializados (CESEs) e permitiu a concessão de licenciaturas nas Escolas Superiores do Ensino Superior Politécnico.

É inegável a atracção que o grau de licenciatura e o correspondente título profissional, exercem na sociedade, consequentemente, nos candidatos ao ensino superior.

É previsível que as Instituições do Ensino Superior Politécnico reformulem os seus planos curriculares, de modo a criarem cursos que confirmem o grau de licenciatura.

Haverá assim uma clara aproximação ao ensino universitário.

Também as carreiras docentes dos dois subsistemas do ensino superior se aproximam cada vez mais em exigências e critérios de progressão na carreira. Conhecido o prestígio da "Universidade", não será de estranhar que a sociedade em geral e muitos agentes de ensino superior público e privado ambicionem a designação de "Universidade" para a instituição a que pertencem ou que querem criar.

Como vai manter-se a diferença de objectivos que justificou a criação dos dois subsistemas e como vai manter-se a identidade que se pretendia fosse diferente?

4.2 - A globalização dos sistemas económicos, a rápida evolução da ciência e a expansão, à escala mundial, dos sistemas de informação, geram problemas de difícil solução.

A formação obtida nas Escolas deixa de ser suficiente para fazer face a estas mudanças constantes.

Os conhecimentos desactualizam-se rapidamente, as tecnologias evoluem constantemente e os campos de actuação diversificam-se.

Daqui resulta a necessidade de, permanentemente, se fazer a actualização de conhecimentos.

A formação contínua assume, cada dia que passa, um papel de maior relevo. Que resposta estão as instituições preparadas para dar a esta nova e crescente solicitação?

4.4 - O ensino não pode ficar à margem do processo de procura constante de melhoria da qualidade que se verifica em todos os sectores de actividade.

Não por exigência legal, mas por um acto voluntário que traduz uma atitude responsável de todos os intervenientes no processo educativo.

Aliás, bastará recordar o direito à livre circulação das pessoas, à necessidade de reconhecimento automático de diplomas e ao aumento da concorrência nas empresas e nas instituições, para reconhecermos a necessidade de melhorar continuamente a qualidade.

Para isso torna-se necessário estabelecer uma estratégia, definir objectivos e planear acções que conduzam a uma política de melhoria constante da qualidade. Isso implica o envolvimento de todos: órgãos directivos, docentes e não docentes.

Que resposta pretendem dar as instituições a este "desafio"?

5 - O Ensino Superior Politécnico é hoje uma gratificante realidade. Tem identidade própria, um corpo docente qualificado e desempenha papel de relevo na sociedade, nos domínios da educação (formação), investigação e apoio à comunidade.

Está pois em condições de saber encontrar a melhor resposta para os variados "desafios" com que continuamente se defronta. Estamos confiantes de que saberá encontrar a melhor solução para cada caso.



Integração Biofísica de Áreas Afectas à Exploração de Rochas Ornamentais

Ricardo Osório de Barros*

1. Introdução

No momento actual, em que cada vez mais os industriais se empenham na redução ou mitigação dos impactes ambientais da sua empresa, é imprescindível a reflexão sobre quais os objectivos primordiais para a definição de uma verdadeira política ambiental para o sector das pedras naturais.

A estratégia apresentada pela ASSIMAGRA e pelo CEVALOR, passa pela concentração de esforços sob o ponto de vista técnico, no sentido de procurar soluções exequíveis na perspectiva do presente panorama do sector das pedras naturais, procurando a **definição estratégica** de directivas ambientais necessárias à coerência do processo. Tal concentração de esforços, foi já posta em prática com a formação do GAPN (Gestão Ambiental de Pedras Naturais).

Surgem assim várias medidas imprescindíveis, que dizem respeito quer à reformulação da legislação existente (que em muitos casos não tem capacidade de responder aos problemas específicos que individualizam uma ou mesmo um conjunto de empresas), quer à mudança de atitude relativamente às questões ligadas ao ordenamento biofísico. Relativamente à legislação, é importante referir o papel preponderante do Acordo Voluntário Sectorial assinado por: ASSIMAGRA, AIPGN, MARN E MIE.

Um outro ponto fulcral a ter em conta será a complementaridade entre a indústria e as plataformas de apoio ao sector,

contribuindo de forma inequívoca para o processo de tomada de decisão em matéria ambiental. Tal apoio deverá ser feito em meios técnicos de aplicação à especificidade de caso, ou ainda no apoio a estudos regionais de ordenamento e na sua aplicação prática.

2. Perspectiva ambiental no sector

Ao estudar as pedreiras de rochas ornamentais tomar-se-ão em consideração vários aspectos. Em primeiro lugar, devemos notar que a exigência ambiental varia conforme a maior ou menor intensidade de exploração na área em questão.

Uma nota importante diz respeito à possível reintegração biofísica de áreas exploradas em épocas relativamente recentes, em que a actividade extractiva se pautava meramente pelo sucesso industrial não havendo qualquer tipo de preocupação ambiental, tornando-se extremamente difícil e, por vezes, economicamente inviável, a integração/"recuperação".

2.1. Principais impactes

Deve-se salientar a erosão a que o solo existente nas escombrelas está sujeito, visto os taludes, com

grandes declives (entre 25 e 28° na sua maioria), estarem muitas vezes desprovidos de vegetação, aumentando deste modo, a velocidade do escoamento superficial, uma vez que a infiltração é muito reduzida ou nula na parte terrosa, provocando assim erosão laminar.

Costa (1992) divide os impactes deste tipo de exploração conforme os seguintes períodos temporais:

Antes da exploração

Durante a prospecção ocorre a remoção do solo e bem assim da vegetação existente, destruindo os habitats da fauna nativa, para pôr em evidência "cabeças de mármore" que indiciam por vezes, jazidas de reduzido interesse económico. Com o aparecimento das sondagens devidamente orientadas, estas "agressões" ambientais poderão ser atenuadas, racionalizando as futuras explorações porquanto estas poderão não só dar uma ideia bastante exacta das qualidades exploráveis, sua localização e determinação das reservas existentes. De acordo com estes métodos, torna-se evidente uma tendência acentuada, para minorar as dimensões das futuras escombreliras.

Durante a exploração

A exploração começa com a remoção do solo e portanto, com a destruição da flora típica existente na região, introduzindo importantes variações nos habitats existentes tal como na estrutura e funcionalidade do espaço.

Com as directivas introduzidas pelo D.L. n.º 89/90 de 16 de Março que exige para as escombreliras a separação da terra vegetal para posterior "recuperação" da pedreira, ficando salvaguardado um aspecto bastante positivo, uma vez que possibilita, para além desta "recuperação", a valorização dos subprodutos.

Operada a separação que o referido D.L. preconiza, poder-se-á prever que as escombreliras constituídas exclusivamente com solo, ou ainda com uma percentagem relativamente baixa de materiais pétreos, seriam "autorrecuperáveis" instalando-se a vegetação autóctone e possibilitando deste modo a estabilização de taludes. Com efeito, as escombreliras mais ricas em material terroso, normalmente as mais antigas, estão praticamente cobertas de vegetação dispensando por isso qualquer intervenção biofísica relevante.

No entanto aquela "autorrecuperação" desenrola-se em tempo variável, o que por vezes poderá significar perdas consideráveis de solo, exigindo-se assim a intervenção de técnicos especializados para acelerar o processo de repovoamento vegetal.

Durante esta fase, para além dos danos paisagísticos (estéticos), devem-se ainda apontar os principais problemas ambientais directos, que poderão ser também problemas de segurança. Dever-se-á dividir a actividade extractiva em três áreas susceptíveis de produzir impactes ambientais negativos:

- **corta** - muitas vezes a exploração de rochas ornamentais é executada em profundidade com todos os problemas de segurança que são inerentes. Estas cortas atingem, em grande parte dos casos o nível freático, o que implica uma bombagem constante "levando a rebaixamentos

locais da toalha freática, com eventual esgotamento de poços e nascentes" (Martins, 1990, cit. in Costa, 1992). A água bombeada da pedreira é em parte aproveitada para a indústria extractiva e transformadora, tornando-se deste modo pouco límpida por transportar sólidos em suspensão provenientes dos vários processos de corte.

- **escombreliras** - Não só pelos volumes acumulados actualmente como também pelas perspectivas futuras, os números são no mínimo assustadores. "Considerando para os materiais constituintes das escombreliras um coeficiente de empolamento da ordem dos 1.3-1.4 (...) obtêm-se um volume anual de subprodutos da ordem de 1.2 milhões de m³. Estarão depositados até ao final do século cerca de 25 milhões (provavelmente mais) de metros cúbicos de subprodutos da extracção de mármore" (Costa, 1994). Estes números são, de facto, alarmantes tornando-se necessárias medidas estratégicas de intervenção¹.

As escombreliras representam impactes de vária ordem. (Costa, 1992):

- **problemas de ordem económica** para os próprios industriais, e que resultam da ocupação de áreas úteis da jazida, onde se poderá verificar a progressão da exploração num futuro próximo ou sujeitarem-se a eventuais especulações ao adquirir terrenos limítrofes, ainda que, sem reservas de mármore;
- **problemas de ordem ambiental** como sejam a afectação dos recursos hídricos (superficiais), a diminuição da área agrícola e florestal para além dos impactes paisagísticos.
- **problemas de segurança** ligados à instabilidade de taludes quando em declives bastante elevados, erosão laminar, ravinosa e eólica do solo e possibilidade de abatimentos entre outros, necessitando por isso de intervenções imediatas.

Face a estes problemas revela-se fundamental a análise científica da localização de escombreliras.

Efluentes industriais

As explorações que atingem o nível freático poderão poluir as águas pela libertação de óleos e outros efluentes em zonas de grande infiltração.

Por outro lado assiste-se também à produção de subprodutos resultantes do corte e serragem de rochas ornamentais (lamas) tanto no processo de desmonte como na beneficiação. Estas são geralmente canalizadas para tanques de decantação ou, mais modernamente para um depurador. Actualmente existem já empresas que dispõem de filtros prensa onde a taxa de aproveitamento da água ronda os 70% conseguindo-se neste processo a reciclagem industrial de uma água de qualidade superior à obtida anteriormente para além de aumentar significativamente o potencial de posteriores utilizações.

Abandono da exploração

Nesta fase a principal acção que deve ser tida em

conta é a (re)integração biofísica da pedra que pode ser obtida por diversas técnicas que serão desenvolvidas no próximo ponto².

3. Integração Biofísica

Este título sugere-nos a manutenção ou a criação de uma paisagem com uma estrutura eventualmente diferente da anterior que promova uma funcionalidade positiva na dinâmica espacial.

3.1. Instrumentos de planeamento

A paisagem industrial, requer mais do que a intervenção caso a caso, como é o princípio dos "Planos de Recuperação Paisagística" elaborados para cada pedra. É necessário recorrer a um planeamento mais amplo, onde a exigência primordial deverá ser a manutenção das funções biofísicas existentes para toda a área e não uma tentativa, desesperada e por vezes infrutífera, de que o espaço se volte a assemelhar à paisagem anterior.

Com efeito, são frequentes os casos em que a exiguidade do espaço disponível não permite adoptar a desejável política da reintegração faseada, sem pôr em causa o futuro a médio ou longo prazo da exploração. A solução destes casos parece dever passar por uma **planificação regional** ou mesmo nacional em que sejam salvaguardados os acessos às jazidas conciliando-os com a valorização biofísica da região.

O único juízo crítico que poderá merecer esta tese, é que embora ele encerre um conceito de limite desejável, poderá no entanto ser desmobilizadora de projectos parciais que algumas empresas com condições geoestratégicas particulares, poderão elas próprias, isoladamente, promover com vista a uma racional gestão ambiental.

Por exemplo, para a zona dos mármore (Estremoz-Borba-Vila Viçosa), a Resolução de Conselho de Ministros nº86/94 (21 de Setembro), que incumbe a CCRA de promover o PROZOM (Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármore), vem ao encontro do que foi atrás dito acerca da necessidade do planeamento na zona.

O prazo para a elaboração de tal plano, de 12 meses, foi criticado por Cupeto³ (1994), sendo considerado "(...) curto para tão complicada missão". Com efeito, todos os problemas que até aqui se levantaram no presente trabalho envolvem um número extremamente elevado de disciplinas e áreas científicas e por isso requerem uma investigação extremamente aprofundada. Pelas razões apresentadas, o prazo para a elaboração do PROZOM, foi posteriormente (Resolução do Conselho de Ministros n.º 10/96, 24 de Janeiro) prorrogado em 18 meses.

Sob o ponto de vista autárquico, será de referir a importância da delimitação de áreas de exploração, no Plano Director Municipal (PDM). Assim, após consulta a diversos PDMs, notou-se que raramente se explicitava o critério seguido para a delimitação de tais áreas. Este facto leva a que algumas empresas estejam limitadas

em projectos de desenvolvimento, pela deficiente delimitação das referidas áreas. Um outro problema que surge ao nível dos PDMs é a não delimitação de áreas para o armazenamento de escombros provenientes das escombreiras. Pergunta-se por último se, dados todos estes conflitos, não seria de reformular os PDMs de forma a contemplarem os problemas ambientais específicos de cada concelho.

Relativamente aos Estudos de Impacte Ambiental e às Avaliações de Impacte Ambiental, pensa-se que tais instrumentos contribuem decisivamente para o conhecimento dos problemas específicos de cada empresa e bem assim para um estudo integrado do sector em determinadas regiões.

Um outro instrumento que poderá ser posto em prática pelas empresas, diz respeito à implementação de sistemas de gestão do ambiente. A norma ISO 14001, sugere um processo cíclico, em que a entidade revê e avalia periodicamente o seu sistema de gestão do ambiente, de modo a identificar oportunidades de melhoria, o que levará obviamente ao empenho de toda a hierarquia da empresa. Este sistema, pode ser considerado como um dos instrumentos mais importantes em matéria ambiental.

Por último, deve citar-se aquele que é actualmente o instrumento de planeamento indispensável para qualquer trabalho na área ambiental das pedras naturais, o *Acordo Voluntário Sectorial*. Após concluída a primeira fase de diagnóstico, que permite a identificação de diversas carências ambientais a nível regional e nacional, esse trabalho tornou-se como que um elemento estruturante da problemática. Com base nesse trabalho, poder-se-á agora analisar cada empresa de maneira a encontrar os estrangulamentos e potencialidades para posterior elaboração de um relatório empresarial. No relatório serão então explícitas para além das carências da empresa, um conjunto de medidas calendarizadas segundo a hierarquia de necessidades.

3.2. O Estudo da paisagem

Neste ponto são feitas algumas considerações acerca da paisagem como factor preponderante a considerar em trabalhos de integração biofísica. Com efeito, só o pleno conhecimento de uma região permite trabalhos deste âmbito. O estudo da paisagem revela-se assim, como fulcral para a definição de critérios a seguir desde a remodelação dos terrenos até à aplicação da vegetação nos planos de integração biofísica.

A paisagem é definida numa perspectiva ecológica como o resultado do complexo de inter-relações derivadas da interacção de rochas, água, ar, plantas e animais. Ou ainda, como refere Hill (1974), "paisagem é um mosaico formado por variações das muitas combinações dos sistemas bióticos e abióticos, que integram a ecosfera que envolve o nosso planeta".

As relações entre os elementos da paisagem resultam de diversos factores, quer inerentes ao próprio elemento, quer à estrutura da paisagem. São eles: a forma; a

superfície e o comprimento da fronteira do elemento; a existência de corredores, a heterogeneidade do mosaico e o contraste da estrutura de um elemento com a paisagem que o rodeia.

Retomando o tema dominante desta apresentação pode-se assinalar aqui também, que o estudo da paisagem se revela fulcral para a definição de critérios a seguir desde a prospecção, à exploração e abandono de uma pedreira. Tornando-se também extremamente importante para a ulterior remodelação dos terrenos e aplicação da vegetação em planos de integração biofísica.

É uma realidade flagrante a existência de uma dualidade paisagística que se traduz numa paisagem de matriz industrial e outra de matriz rural. Não se deverá ter o mesmo tipo de critérios na execução de obras ou estruturas nestes dois tipos de matrizes.

Em termos de paisagem, o principal objectivo será então o de assegurar a estrutura e funcionalidade do espaço. Os problemas de índole puramente estética, deverão também ser integrados, embora se reconheça serem factores de menor importância na hierarquia dos problemas vigentes nas áreas em questão.

3.3. O Plano de lavra

Para a posterior integração biofísica de áreas de exploração, é notória a importância da execução de um plano de lavra coerente. Segundo DGGM (1992) "o plano de lavra deverá, em regra, conter a memória descritiva sobre as características do depósito mineral, a descrição pormenorizada dos processos de desmonte e domínio dos terrenos, dos sistemas de transporte, ventilação, iluminação, esgotos, sinalização, fontes de energia, abastecimento de água e, quando necessário, as medidas adoptadas para prevenir a poluição do meio ambiente e assegurar a recuperação paisagística e dos terrenos de superfície."

Com efeito, os planos de lavra actualmente existentes raramente contemplam a possibilidade de reabilitação ambiental após o abandono da exploração.

No entanto, tal omissão é compreensível por duas razões: por um lado, a exploração tem de se restringir aos locais da jazida economicamente viáveis, por outro, as pedras naturais encontram-se até profundidades consideráveis e com orientações por vezes inesperadas devidas a descontinuidades geológicas.

3.4. Pedreiras

Na integração biofísica de pedreiras dever-se-á ter em consideração não só o aspecto estético mas também a regeneração e activação biológicas de forma a imprimir à paisagem uma estrutura e funcionalidade que lhe são próprias.

Deve-se realçar que raramente o abandono de uma pedreira se prende com o facto do esgotamento do recurso. Assim a integração biofísica de tais pedreiras,

deverá ter em conta a não inviabilização de uma futura exploração. Este facto, torna a definição de novos usos bastante condicionada representando também uma forte limitação na tomada de decisão.

O primeiro passo na reintegração das pedreiras será a definição dos objectivos segundo os quais todo o plano será regido.

A integração da pedreira tem várias componentes entre as quais se destacam, para além da parte biofísica, a segurança e a economia. Quanto a esta última, deve-se referir que a integração biofísica pode ser extremamente dispendiosa, uma vez que poderá exigir movimentos de terra de grande porte.

Existem vários usos que poderão ser dados a pedreiras abandonadas ou "esgotadas", a saber:

- poderá ser viável a tapagem com inertes das escombrelas, dependendo da proximidade relativa de tais depósitos. Esta prática envolve sempre custos extremamente elevados;
- as pedreiras poderão também ser aproveitadas, em **condições restritas de impermeabilidade**, para a deposição de resíduos sólidos urbanos. Porém, o contacto com o nível freático nas explorações, pode desaconselhar tal solução;
- ao revelar-se como um reservatório de água, a corta, converte-se numa zona com um potencial ecológico muito importante, principalmente em regiões, como a do Alentejo por exemplo, onde escasseia tal recurso. Surge-nos assim um outro uso possível para a pedreira abandonada encarada agora como reserva de abastecimento público ou ainda, como uma área de conservação da natureza, importante para a activação ecológica da zona;
- criar estruturas que suportem um conjunto de **habitats correspondentes às espécies nativas**, aumentando (ou mantendo) a diversidade específica e garantindo também, a conservação do número de indivíduos constituintes da comunidade. Desta forma, será estabelecida uma cadeia alimentar complexa, de forma a que este sistema, seja controlável por factores naturais.

A activação ecológica passa muitas vezes por um esbatimento do declive, que poderá ser obtido por

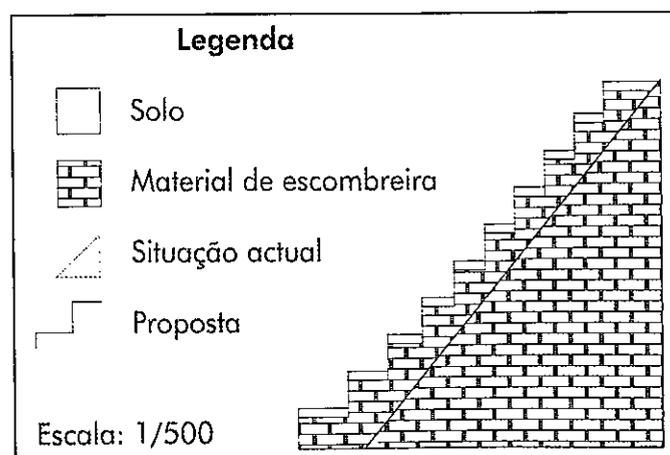


Figura 1. Suavização do declive por soalcos.

socalcos a recobrir com terra vegetal, de forma a possibilitar a implantação de vegetação.

Em zonas onde se prevê a criação de taludes íngremes, dever-se-á promover uma rede de drenagem eficiente, para evitar o armazenamento excessivo de água no solo e não originar perigos de instabilidade por retenção hídrica⁴. Encontra-se em anexo um esquema de integração biofísica de pedreiras (Figura A1).

3.5. Subprodutos resultantes da extracção de rochas ornamentais

A integração biofísica das escombreciras tem duas vertentes. Uma prende-se com a assimilação industrial destes subprodutos, fazendo passar a pedra natural de uso ornamental para matéria prima industrial. Com esta filosofia consegue-se, não só a redução da dimensão das escombreciras, como também a obtenção fácil (dispensando a fase extractiva), de uma matéria-prima de custo nulo importante para usos diversos. O tratamento de água, a correcção da acidez dos solos, a indústria química, a siderurgia, a construção, etc., são algumas das suas muitas aplicações possíveis.

Sem dúvida que esta solução é bastante interessante, definindo-se como a estratégia principal para os problemas de excesso de acumulação de subprodutos. A resposta a estas e outras perguntas carece de um trabalho de análise acerca das verdadeiras **potencialidades económicas** deste tipo de indústrias.

O CEVALOR está actualmente a elaborar um projecto neste âmbito, em que será quantificado e caracterizado o material das escombreciras da Zona dos Mármore, para aplicação em camadas de base e de sub-base.

A outra vertente será a reintegração biofísica (sentido restrito), que consiste na activação biológica da região e que diz respeito a trabalhos de ordem diversa que vão desde a remodelação de terrenos, até à plantação nelas, de espécies vegetais nativas.

As técnicas para este tipo de situação deverão ser economicamente viáveis, considerando que as estruturas em causa poderão ser desmontadas, uma vez que se encontram na sua maioria sobre jazidas aproveitáveis. Para este último problema a melhor solução seria a realização de um estudo, de apoio à decisão integrada, no sentido de definir novos locais de deposição fora de áreas aproveitáveis da jazida.

Serão agora apontadas algumas sugestões para a integração biofísica. O modo de intervenção na integração biofísica destes taludes, com cerca de 26° de declive, por vezes com mais de 20 metros de altura e praticamente desprovidos de solo, deve ser ensaiado com várias técnicas, dependendo das **características do local**.

O primeiro grande problema na integração destes taludes corresponde à **aplicação de solo**. Para este efeito a situação ideal seria a remodelação dos taludes dotando-os de **drenagem superficial**.

A remodelação dos taludes poderá ser levada a cabo pelas seguintes técnicas:

- **criação de socacos** no talude para colmatar os problemas de erosão. Desta forma aumentará, nos terraços criados, o poder de infiltração permitindo assim uma diminuição da erosão;
- **utilização de gabiões** acompanhando a base da escombrecira até uma altura de 1/4 do total. Esta técnica permitirá a estabilização do talude para além da diminuição do declive. Para dimensionar os gabiões, será necessário avaliar cada situação de forma exaustiva. Nessa avaliação dever-se-á ter em conta factores como o declive, a altura do talude, o tipo de material, a quantidade de solo necessária, etc.

Relativamente à **drenagem dos taludes** aponta-se a seguinte técnica:

- a drenagem deverá ser executada com **valas**, que ocupam

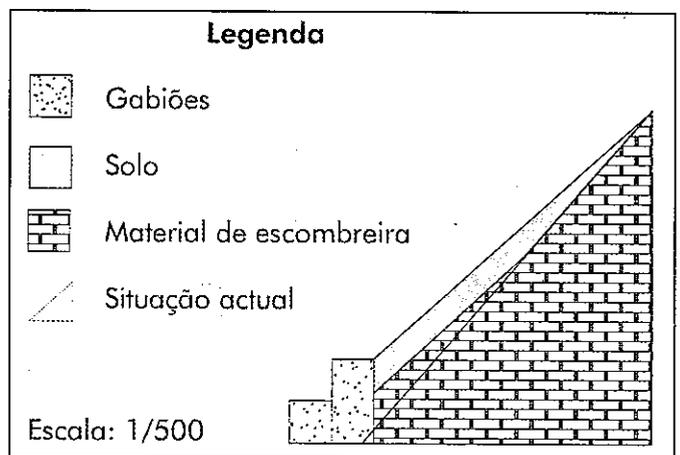


Figura 2. Aplicação de gabiões na estabilização de taludes.

Nota: O dimensionamento dependerá de vários factores. Esta figura representa apenas uma possível aplicação.

toda a extensão do talude, paralelas à base deste. As valas de drenagem serão constituídas por material rochoso da escombrecira uma vez que, dado o seu grande índice de vazios, obtém-se uma infiltração eficiente. A água será então infiltrada para o interior da escombrecira não oferecendo deste modo qualquer perigo de instabilidade. Veja-se o esquema na figura seguinte.

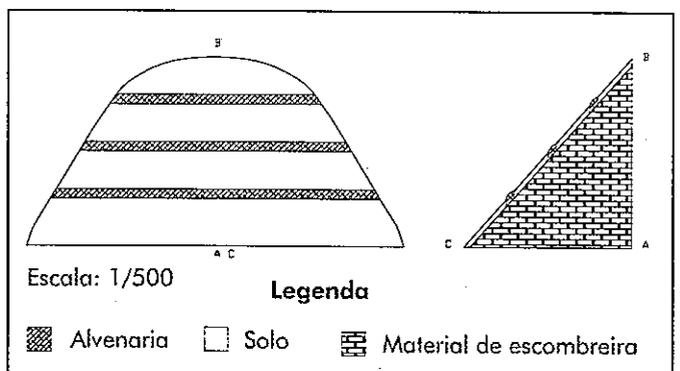


Figura 3. Esquema de drenagem superficial num talude.

Ainda a acrescentar às técnicas atrás apontadas refere-se que, por observação *in situ*, de algumas escombreyras verifica-se que existe em alguns taludes uma **resistência directa do solo à erosão** ("auto-resistência"). Este método resulta da aplicação conjunta de uma percentagem (cerca de 10%) de alvenaria (diâmetro de 10 cm) juntamente com o solo.

Como se disse no início deste capítulo, o ideal para a correcção dos taludes seria a remodelação morfológica acompanhada de uma drenagem eficiente. No entanto devem apontar-se alguns pontos que não permitem essa técnica conjunta. Por um lado está a contiguidade entre os taludes das escombreyras com os caminhos, as pedreyras, etc. e esta proximidade não permite as devidas remodelações dos taludes. Por outro lado é necessário frisar os custos económicos de tais remodelações do terreno.

Dever-se-á portanto tomar como principal preocupação a drenagem eficiente dos taludes como factor preponderante na aplicação do solo.

A hipótese sobre a "auto-resistência" do solo à erosão revela-se como a mais expedita e menos dispendiosa economicamente. Resta no entanto saber se a sua execução terá o sucesso pretendido.

Depois de aplicado o solo começa o processo de revegetação. Esta acção passa por duas fases:

- em primeiro lugar proceder-se-á à plantação de uma mistura de herbáceas das famílias *Leguminosae* e *Graminae* numa proporção de 40 e 60 % respectivamente;
- a segunda fase será posta em prática após seis meses ou um ano da plantação das herbáceas. Nesta fase serão plantados diversos arbustos ou árvores nos taludes.

Na figura A2 do anexo, são mostrados de forma sintética os procedimentos necessários para uma correcta integração biofísica de escombreyras activas e inactivas.

Relativamente aos subprodutos da transformação do mármore (natas), verifica-se que existem técnicas para a separação das fases líquida e sólida, quer através dos antigos e ainda presentes tanques de decantação, quer por modernos decantadores associados a filtros prensa. O primeiro método pode considerar-se em nítida regressão dando gradualmente lugar ao segundo, apesar de este exigir das empresas um elevado esforço financeiro.

O método de prensagem é bastante mais rápido e eficaz, uma vez que consegue separar as fases com assinalável vantagem para a limpeza da água não sendo de negligenciar, para eventuais ulteriores aplicações das natas, um maior grau de exsicação obtido.

O aproveitamento destes efluentes tem estado a ser estudado por várias entidades (CEVALOR, UNESUL, Universidade de Évora, CENCAL e Universidade de Aveiro), para aplicação como matéria prima na indústria cerâmica (faianças) e na indústria de mármore compactos (Martins *et al.*, 1995 cit. in Costa, 1995).

No seguimento de todos os trabalhos já elaborados para aplicações diversas, formou-se um consórcio de empresas e instituições para a criação de uma estação

de tratamento piloto para reutilização das natas. Entre este conjunto de empresas estão representados todas as indústrias envolvidas desde a montagem da estação até aos *end users*.

Uma solução interessante de aproveitamento de subprodutos foi a apresentada e ensaiada experimentalmente por Costa (1995a). Consistiu na selagem de uma lixeira (Estremoz), recorrendo aos subprodutos dos mármore (natas e inertes das escombreyras).

Actualmente, o CEVALOR está a estudar esta última aplicação, tendo como objectivo a validação científica das natas como material de confinamento de resíduos sólidos urbanos. No final deste estudo, apoiado financeiramente pelo PORA e que terá uma duração de três meses, será possível a aplicação do material em todo o distrito de Évora.

4. Conclusão

Durante esta comunicação ficou patente a importância da complementaridade entre a indústria e as plataformas de apoio ao sector (como o CEVALOR e a ASSIMAGRA) que com os meios técnicos de que dispõem, conseguirão bases sólidas para o processo de tomada de decisão em matéria ambiental, quer ao nível de uma empresa quer a nível regional de integração do conjunto das empresas.

É com este intuito que se formou recentemente o GAPN (ASSIMAGRA e CEVALOR) que pretende, no seguimento do Acordo Voluntário Sectorial, dar respostas exequíveis às empresas do sector, mediante diversos instrumentos tais como Diagnósticos Ambientais, Estudos de Impacte Ambiental, Auditorias Ambientais, etc..

Uma outra conclusão é que o ambiente deve, cada vez mais, fazer parte da estratégia global da empresa, envolvendo o empenho de toda a sua hierarquia interna, não dissociando em hipótese alguma a estratégia ambiental das outras grandes linhas de planeamento da empresa. Só assim será possível assistir à maximização dos processos que levarão ao sucesso industrial, dentro de uma política ambiental.

Como reflexão final, pode-se afirmar que dado o empenho demonstrado por diversos industriais, espera-se que a concretização de estratégias se veja consolidada a médio prazo. Para tal, é necessário apostar numa análise profunda das diversas ideias expostas e, posteriormente, torná-las exequíveis não só nas próprias empresas, como também na interligação destas para se resolverem problemas ambientais e funcionais comuns a todo o sector.

5. Referências bibliográficas

- BARROS, R.O., "Ordenamento Biofísico da Zona dos Mármore. Aplicação a Um Sector Específico da Jazida". Trabalho de Fim de Curso. Universidade de Évora. Borba 1996.
- BRADSHAW, A. D. & CHADWICK, M. J. (1980). "The Restoration of Land - The ecology and reclamation of derelict and degraded land". Studies in Ecology Volume 5. Blackwell.

- COSTA, C. & CANCELA J. F. (1987)** - "Proposta de Recuperação da Pedreira da Boavista (Estremoz)". Prémios Conservação Urbanística, Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais & Secretaria de Estado da Cultura (não publicado).
- COSTA, C. (1992)**; "As Pedreiras do Anticlinal de Estremoz. A Geologia de Engenharia e a Exploração e Recuperação Ambiental de Pedreiras". Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Nova de Lisboa.
- COSTA, C. (1995a)**; "Aproveitamento de Resíduos da Serragem dos Mármore em Aplicações Geotécnicas no Domínio do Ambiente". 1º Seminário Luso-Brasileiro de Geotecnia Ambiental, IST, Lisboa.
- COSTA, C. (1995)**; "Aproveitamento e Valorização de Escombres e Outros Resíduos". As Rochas Ornamentais e os Desafios da Competitividade (BFE), CEVALOR, Borba.
- COSTA, C.; RODRIGUES, J.D.; PINELO, A.; (1992)** "Caracterização das Escombres das Explorações de Mármore da Região de Estremoz-Borba -Vila Viçosa". 1º Estudo, LNEC, Lisboa.
- CUPETO, C. (1994)**. "Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármore (PROZOM) e a Água". Curso Internacional Água & Ambiente. UNESUL e COMETT. Sousel.
- CUPETO, C.; MONTEIRO, J.P.; PINTO-GOMES, C.; MOLERO, C.; VASQUEZ, F. M.; MORENO, V.; CARMEN BUENO, M.; GONÇALVES T.; TELES GRILO, J.; AVELAR SANTOS, V.; FEIO, C.; MARTINS, R.; SOUSA, R.; PAÇOS, F.; RAMALHO, R.; PINHEIRO, I.; BURZACO, A.; PÉREZ-SÁENZ, A.; MOREIRA, T.; COSTA C. (1995)**. "Para a Eco-Recuperação de Pedreiras: Um esquema Integrado Envolvendo a Extremadura Espanhola e o Alentejo". Revista "Rochas & Equipamentos" Nº 37.
- DGGM (Direcção geral de Geologia e Minas), SFM (Serviço de Fomento Mineiro) (1992)**, "Prospecção e Exploração Mineira em Portugal". Ministério da Indústria e Energia. Lisboa.
- DINIS DA GAMA, C., (HIDROMINEIRA)(1994)** "Reactivação de Uma Pedreira de Mármore com Recuperação Paisagística Simultânea". Jornadas Técnicas Ambiente, Higiene e Segurança nas Pedreiras. CEVALOR, Borba.
- DINIS DA GAMA, C. & RIBEIRO, J. (1992)** "Tratamento de Escombres" Separata do Vol. 27 n.º 3 do "Boletim de Minas". DGGM.
- DIRECÇÃO GERAL DO AMBIENTE** "Certificação de Sistemas de Gestão do Ambiente."
- FERNANDES, J. P., 1991**, "Modelo de Caracterização e Avaliação Ambiental aplicável ao Planeamento (ECOGIS/ECOSAD)", Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M., 1986**. "Landscape Ecology". John Wiley & Sons, New York.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M., 1981**. "Patches and structural components for a landscape ecology". Bioscience Vol.- 31; Nr. 10, pp. 733-740.
- GRAY, D.H. & LEISER A.T. (1982)**. "Biotechnical Slope Protection and Erosion Control". Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- HILL, G.A. (1974)**- Landscape planning -an overview-; Landscape planning 1; pp 107-110
- ITGE (1989)**. "Manual de Restauracion de Terrenos y Evaluacion de Impactos Ambientales en Minería" Serie Ingeniería GeoAmbiental. Ministerio de Industria y Energía.
- MARSH W. M. (1991)**; "Landscape Planning - Environmental Applications". Second Edition; John Wiley & Sons, Inc. New York
- MARTINS, C. & MATOSO, A., (DRARN) (1994)** "Experiência da Legislação de Pedreiras na Área do Ambiente". Jornadas Técnicas Ambiente, Higiene e Segurança nas Pedreiras. CEVALOR, Borba.
- PINELO, A.; RODRIGUES, J.D.; COSTA, C.; (1992)** "Caracterização das Escombres das Explorações de Mármore da Região de Estremoz-Borba -Vila Viçosa". 2º Estudo, LNEC, Lisboa.
- PINHEIRO, M. I. & MOREIRA, A. C. (1991)**; "Memorando: Reabilitação de Áreas Afectadas por Pedreiras". Ministério do Planeamento e da Administração do Território. Comissão de Coordenação da Região Alentejo.
- RAMALHO, J. (CCRA/DRARN) (1991)**. "Efeitos da Actividade Extractiva e Transformadora de Rochas Ornamentais no Ambiente". Jornadas Técnicas sobre indústria extractiva e Transformadora de Rochas Ornamentais do Alentejo.
- RAMALHO, M. R. (CCRA/DRARN) (1991)**. "Recuperação de Áreas Degradadas pela Exploração de Pedreiras e Indústria Transformadora". Jornadas Técnicas sobre indústria extractiva e Transformadora de Rochas Ornamentais do Alentejo.
- UNIVERSIDAD DE OVIEDO (1992a)**. "Curso de Impacto Ambiental Y Restauracion en Minería a Cielo Aberto: Parte I". Departamento de Explotation y Prospeccion de Minas. COMETT. Oviedo.
- UNIVERSIDAD DE OVIEDO (1992b)**. "Curso de Impacto Ambiental Y Restauracion en Minería a Cielo Aberto: Parte III". Departamento de Explotation y Prospeccion de Minas. COMETT. Oviedo.

Notas

- 1 Em estudos efectuados para a zona dos mármore, observou-se que havia uma média de rendimento da ordem dos 20% do material extraído.
- 2 Como será explicitado ao longo do trabalho não é apenas nesta fase que o processo de reintegração biofísica estará presente mas sim durante todas elas embora seja aqui que se observa o resultado final de todo o processo.
- 3 Actual coordenador do GAPN (ASSIMAGRA/CEVALOR)
- 4 Evidentemente que este caso só se verifica ou em escombres com solo ou na parte superior da corta uma vez que a cratera em si é de rocha nua havendo perigo apenas quando se verificar insegurança de carácter geológico.

* Eng.º Biofísico, CEVALOR

Anexos

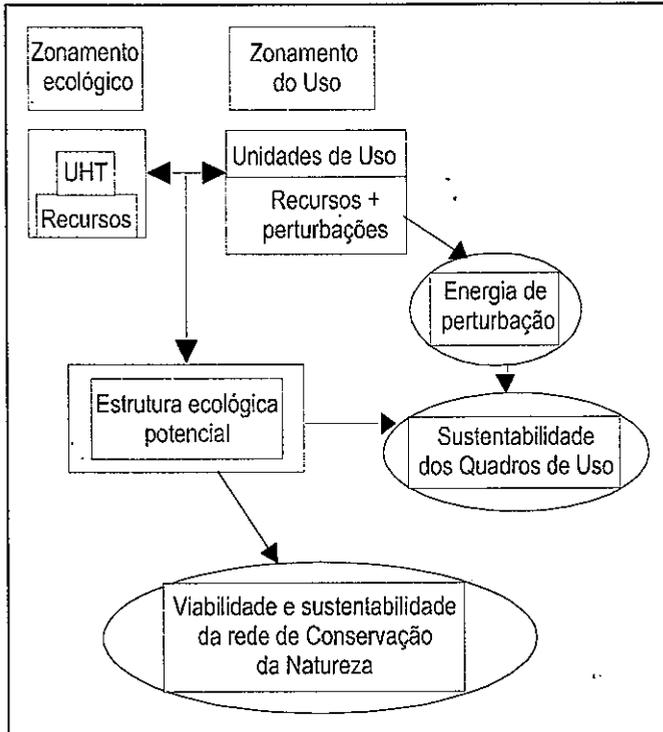


Figura A.1 - Procedimento de integração biofísica de pedreiras.

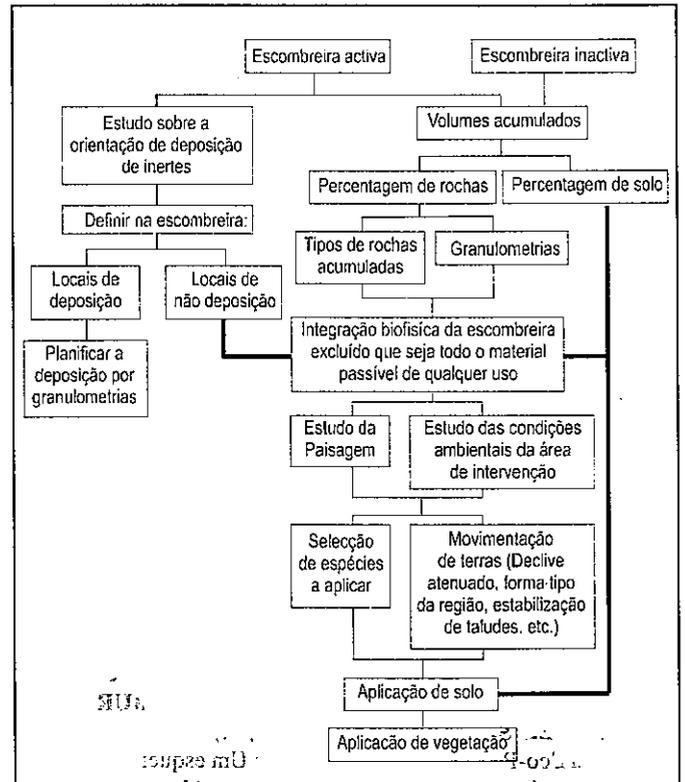


Figura A.2. - Procedimento para integração de escombrelas.

Tabela A.1. - Possibilidades de integração e/ou redução de impactes em escombrelas.

	Escombreira inactiva	Escombreira activa
Grandes dimensões	<p>Elaboração e execução de um plano de reintegração biofísica, tentando aproveitar ao máximo o material susceptível de qualquer uso.</p> <p>Deste plano deve constar a regularização do relevo e posterior "activação biológica" com plantação de espécies nativas.</p>	<p>- Se possível, proceder à reintegração biofísica de um flanco da escombreira que por motivos de ordem diversa deixe de ser utilizado, ou mesmo promover a sua não utilização. Deste modo poder-se-á executar a integração parcial da escombreira reduzindo problemas de insegurança e instabilidade do talude e simultaneamente promover a activação biofísica do local, para além de que, após o desenvolvimento da vegetação, essa parte da escombreira torna menos visível o resto da mesma, a partir de determinados pontos de observação.</p>
Pequenas dimensões	<p>Idem. Embora aqui se possa mais facilmente seleccionar o material para possíveis usos sem custos tão elevados como para as escombrelas de maiores dimensões.</p>	<p>- Um aspecto importante, é que neste tipo de escombreira poder-se-ão aproveitar escombros para diversas utilizações (que se propõem no próximo capítulo) de forma menos dispendiosa, já que praticamente todo o material é de fácil acesso e se poderá verificar a sua qualidade. Pode, no entanto, ainda ser feita uma separação dos materiais segundo as granulometrias e a qualidade dos mesmos.</p> <p>- É natural que uma escombreira activa de pequenas dimensões tenda a crescer, sendo a configuração final dos terrenos extremamente diferente da actual. Deve-se, assim, executar nesta fase um plano de disposição da escombreira avaliando os vários condicionantes do espaço para várias hipóteses de expansão.</p>

Protecção e Reabilitação Ambiental de Cursos de Água Naturais

Pedro Vieira *

1. Introdução

Até há duas ou três décadas, as técnicas de engenharia fluvial consistiam, quase exclusivamente, em alterações mais ou menos drásticas do perfil transversal e/ou longitudinal dos cursos de água (rectificações ou linearizações), com ou sem eliminação de vegetação ou remoção de outros obstáculos, construção de aterros ou diques longitudinais, de esporões, de açudes e soleiras de enrocamento e protecção rígida das margens.

O objectivo fundamental destas obras, designadas por obras tradicionais de engenharia fluvial, era, essencialmente, aumentar a capacidade de vazão para o controlo de cheias, melhoria da drenagem, manutenção ou promoção da navegabilidade, redução da erosão das margens, construção de redes viárias, etc.

Julga-se, contudo, essencial reflectir sobre dois aspectos importantes que lhes estão associados:

- a) muitas vezes, as obras tradicionais de engenharia fluvial são necessárias pelo facto de o sistema fluvial ter sido alterado a montante, com consequentes repercussões a jusante, pelo que se torna imprescindível proceder a intervenções de carácter técnico.
- b) além disso, se bem que as alternativas adoptadas em obras tradicionais possam ser hidraulicamente eficientes, não consideram geralmente os efeitos directos e indirectos a nível morfológico e ambiental.

Desta análise depreende-se que, geralmente as obras tradicionais procuram minimizar os efeitos de determinados fenómenos, não através da resolução das causas, mas sim através de obras cujos resultados só localmente se revelam satisfatórios, não evitando, por isso, a contínua degradação das zonas a montante e a jusante.

Nas últimas décadas têm-se efectuado, nos países mais desenvolvidos, muitos estudos de investigação sobre os efeitos ecológicos e morfológicos das obras tradicionais de engenharia fluvial, tendo-se verificado que podem ser nefastas para o ambiente e mesmo contraproducentes do ponto de vista hidráulico. Compreendeu-se, ainda, que os cursos de água constituem sistemas dinâmicos e ecologicamente ricos, sendo necessário fazer uma gestão cuidada em que as técnicas de engenharia integrem aspectos ambientais.

Desse modo, em países como o Reino Unido, os Estados Unidos ou a Alemanha, onde o grau de artificialização dos rios ainda é, apesar disso, extremamente elevado, iniciaram-se acções concretas de reabilitação e protecção de cursos de água.

Assim, começou-se a recorrer à construção e promoção de configurações ambientalmente aceitáveis, implementando e protegendo traçados curvos (meandros e curvas), empoçamentos laterais, rápidos e fundões, mouchões e pequenas ilhas, esporões, travessões, etc., associados à promoção e manutenção de vegetação do leito menor e/ou do leito de cheia.

Verifica-se que estas técnicas são ecológica e hidráulicamente funcionais, permitindo, desse modo, conjugar os objectivos de defesa das actividades humanas e de preservação ambiental. Os resultados destas acções são muito positivos, podendo ocorrer recolonizações por fauna e flora autóctones, que entretanto tenham regredido ou desaparecido devido às obras tradicionais.

Em Portugal, infelizmente, ainda existe um relativo desconhecimento das técnicas de engenharia fluvial ambientalmente aceitáveis, não se verificando cumulativamente uma significativa sensibilidade dos agentes de decisão e dos diferentes técnicos em relação à preservação do ambiente fluvial.

Neste artigo procurar-se-á, referir os principais tipos de obras tradicionais, apontando as principais vantagens e desvantagens, bem como abordar algumas medidas de minimização de impactes e descrever algumas das principais, e mais bem sucedidas, configurações e obras fluviais ambientalmente aceitáveis.

2. Obras tradicionais de engenharia fluvial

As obras de engenharia fluvial de maior expressão e que envolvem mais modificações directas nos cursos de água são as denominadas regularizações, que incluem obras de alargamento, linearização, construção de aterros e de diques, protecção de margens e construção de canais. Para além das regularizações, são adoptadas outras medidas, nomeadamente de drenagem, de limpeza de vegetação e de remoção de obstáculos.

As regularizações são as obras de engenharia fluvial que maior implantação têm tido em todo o Mundo, desde os diques contra as cheias construídos no rio Amarelo, na China, por volta de 600 a.C., até aos recentes canais de derivação para irrigação ou para navegação, designadamente o polémico canal que liga os rios Reno e Danúbio, na Europa Central. Em Portugal, para além de obras de menor dimensão, destacam-se as obras de regularização do Baixo Mondego e em algumas zonas da bacia do Tejo.

Brookes (1988) analisou a evolução da regularização de cursos de água em vários países, constatando-se a sua intensificação no último século. Por exemplo, nos Estados Unidos, nos últimos 150 anos, foram modificados pelo menos 320000 km de rios, sendo os exemplos mais flagrantes os 1600 km do rio Missouri, 54% dos seus 2497 km de extensão, ou os 46530 km e 40000 km de cursos de água modificados ou a modificar, respectivamente, nos sete Estados do Midwest e nos 12 Estados do Sudeste. Os principais objectivos destas obras foram a drenagem de solos para a agricultura, o controlo de cheias e a promoção da navegação fluvial.

2.1 Impactes morfológicos

As obras de engenharia fluvial provocam, em geral, alterações mais ou menos drásticas da morfologia fluvial,

fundamentalmente do leito menor, onde se recorre, muitas vezes, à utilização de maquinaria e se procede a movimentações de solo e a modificações da secção. Por esse facto, é necessário analisar e avaliar as consequências dessas alterações, não só no local das obras, mas, reconhecendo que os cursos de água constituem sistemas dinâmicos, também a jusante, a montante e nos cursos de água afluentes, onde essas alterações locais se podem repercutir.

De facto, quando, por exemplo, se verificam alterações de declive do leito, da resistência ao escoamento e/ou da sua velocidade, os cursos de água naturais com fundo móvel tendem a reagir, procedendo a ajustamentos com maior ou menor amplitude até atingirem, de novo, um equilíbrio estável. Em certas situações, esses efeitos induzidos provocam prejuízos significativos, dado que, durante o ajustamento, se podem verificar rupturas do sistema.

No caso da linearização, este tipo de obras implica, geralmente, um aumento de declive do fundo devido ao encurtamento do troço. Por sua vez esse aumento, tem como consequência um incremento da capacidade de transporte local e do caudal sólido podendo, em situações mais graves, desenvolver-se uma frente de erosão que se desloca para montante fazendo regredir as linhas de água no sentido das cabeceiras.

Por outro lado, devido ao aumento do caudal sólido, as zonas de jusante, alimentadas por um excesso de sedimentos, podem não ter capacidade de transporte suficiente, verificando-se fenómenos de deposição generalizada com o conseqüente aumento das cotas do fundo e dos níveis de cheia. Por sua vez, a erosão geral que ocorre para montante provoca o rebaixamento dos níveis de base dos afluentes.

De referir que os efeitos nos afluentes são do mesmo tipo dos que ocorrem na linha de água principal a montante da zona linearizada. O mesmo se verifica a jusante da confluência relativamente aos que ocorrem a jusante da zona linearizada.

A estabilidade das margens, após a linearização, depende de diversos factores, fundamentalmente factores locais (caudal, área drenada, largura do canal, altura das margens, sinuosidade, relevo do vale, tipo de material das margens, cobertura vegetal, etc.), factores de alteração (comprimento do troço alterado, declive e secção transversal do canal, aspectos construtivos, medidas de controlo da erosão e de protecção ambiental, etc.) e factores de pós-alteração (comportamento do troço, eficácia das medidas de protecção, colonização das margens por vegetação, etc.).

Para além de tudo isto, pode-se esperar que os troços linearizados se reajustem a médio ou longo prazo, o que depende de factores de ordem geológica, geomorfológica e hidráulica.

Quanto ao alargamento e aprofundamento de cursos de água, as alterações induzidas pelo aumento da secção de vazão provocam uma redução significativa da velocidade do escoamento, a perda de carga unitária do curso de água e da capacidade de transporte. Consequentemente podem ocorrer deposições de sedimentos formando-

se estruturas morfológicas permanentes, nomeadamente ilhas e mouchões, ou padrões morfológicos do tipo entrelaçado, nos períodos de estiagem.

As dragagens e extracção de inertes, quando efectuadas repetidamente e sem precauções adequadas, podem provocar erosão do leito e das margens, dado que a capacidade de transporte do curso de água não é satisfeita pelos sedimentos disponíveis para serem transportados. Por outro lado, como o material dragado é geralmente grosseiro e sendo este responsável pelo equilíbrio dinâmico que se verifica na camada superficial do fundo, as operações de dragagem provocam, por si só, um aumento do arrastamento devido à ruptura desse equilíbrio. Essa erosão pode ser responsável pela destruição de pontes e de outras estruturas construídas pelo Homem, devido à escavação das fundações.

Para diminuir as consequências das dragagens e da extracção de inertes pode ser necessário recorrer à construção de séries de travessões ou de soleiras de enrocamento, com o objectivo de absorver parte da energia do escoamento excedente. Por sua vez, a deposição de sedimentos a jusante diminui significativamente a secção de vazão dos cursos de água, provocando prejuízos directos e indirectos em estruturas fluviais ou adjacentes, nomeadamente inundações de áreas agrícolas, assoreamentos de albufeiras, etc..

As operações de limpeza de vegetação ripícola e de desobstrução dos cursos de água produzem, por sua vez, alguns efeitos contraproducentes quando efectuadas de forma radical. De facto, para além da função ecológica, a vegetação arbórea promove a estabilidade das margens, não só por agregar o material das margens mas também por induzir uma significativa resistência ao escoamento.

Verifica-se que a remoção deliberada de "barragens" formadas por árvores caídas sobre o leito dos cursos de água pode induzir velocidades médias que chegam a ser duas vezes superiores às existentes antes da remoção (Gregory, 1992). A vegetação influencia assim, a largura, a profundidade e o declive do leito. Por isso, o corte e/ou remoção de vegetação e de obstáculos aumentam a eficiência hidráulica e a velocidade do escoamento na área adjacente às margens, mas também a susceptibilidade à erosão.

Por esse facto, qualquer intervenção ao nível do troço deve considerar estes aspectos; a remoção de vegetação deve ser feita de modo selectivo, para que seja possível manter as condições físicas e dinâmicas do curso de água e a respectiva diversidade biológica. Não é fácil, contudo, prever e identificar os impactes da remoção de vegetação e de obstáculos do leito menor no fenómeno do transporte sólido; porém, tem-se verificado em alguns casos, o aumento do caudal sólido ao longo do curso de água, o decréscimo local do armazenamento de sedimentos, a redução da ocorrência de rápidos/fundões e o incremento de erosões localizadas das margens.

2.2 Impactes biológicos

Dado que os cursos de água constituem um contínuo lótico, os efeitos podem-se repercutir em cadeia pelo

facto de a redução ou eliminação de determinadas espécies poderem afectar outras espécies, fundamentalmente os seus potenciais predadores ou simbioses. Pode ainda acontecer que outras espécies - que numa determinada fase do seu ciclo de vida necessitem de determinadas condições, drasticamente alteradas por obras de engenharia fluvial - sejam afectadas, quer por impossibilidade de reprodução, quer por dificuldades de maturação.

As obras de engenharia fluvial podem afectar as comunidades vegetais de forma directa (p. ex., através do corte e remoção de vegetação aquática e ripícola como resultado directo de obras ou como forma de facilitar a introdução de maquinaria) e de forma indirecta (p. ex., através da submersão de macrófitos aquáticos - por deposição excessiva devida aos ajustamentos morfológicos verificados após obras fluviais a montante -, da alteração da humidade - devida a variações do nível da água e do nível-freático - e/ou de alterações nas características do solo).

As dragagens e o aprofundamento de leitões menores são das obras que mais afectam os macrófitos aquáticos (dado que para além da remoção de plantas, também podem alterar o substrato), particularmente quando o leito fica instável. Neste caso, a recolonização do local por macrófitos aquáticos pode-se tornar difícil.

Os estudos sobre a evolução e resiliência da vegetação ripícola sujeita a cortes e limpeza de margens são em número reduzido, apesar de este tipo de obras de engenharia fluvial constituir uma operação de rotina, designadamente em Portugal. Segundo alguns estudos, quando o leito permanece estável, as plantas recuperam ao fim de cerca de 2 anos e as condições originais retomam ao fim de 3 anos. Porém, estes valores não podem ser generalizados, como mostraram Ferreira e Moreira (1990) que estimaram, para o vale do Sorraia, que o ciclo corte-herbáceas-árvores era de 4 a 5 anos, no caso de limpeza radical, e de 2-3 anos, no caso de corte selectivo e extracção de areias.

Apesar da aparentemente elevada resistência da vegetação, a destruição temporária pode ter consequências importantes em inúmeras comunidades faunísticas que lhe estão associadas. De facto, a vegetação tem funções ecológicas importantes, ao criar condições propícias à diversidade de habitats, designadamente por constituírem locais de refúgio, repouso e alimentação de insectos, peixes, aves, mamíferos, anfíbios e répteis, locais de desova para peixes e locais de nidificação para aves. Assim sendo, quando se verificam operações de remoção drástica de vegetação ocorrem, invariavelmente, efeitos negativos cujo significado depende da natureza, extensão e intensidade das obras fluviais.

Ao nível dos macroinvertebrados, as obras de engenharia fluvial interferem fundamentalmente nas relações interespecíficas (cadeia trófica) do ecossistema aquático e ribeirinho. Os efeitos das obras sobre os macroinvertebrados devem-se, essencialmente, à sua remoção física, a alterações da profundidade e do regime de escoamento, à remoção de vegetação, à remoção de irregularidades morfológicas do leito e a fenómenos de deposição. As respostas

são, contudo, complexas, dado que dentro destas comunidades as exigências de habitat, a resistência, a resiliência e o ciclo de vida são muito distintas.

De qualquer forma, dada a elevada interdependência que os macroinvertebrados têm em relação às irregularidades morfológicas do leito e ao substrato, quando ocorre uma alteração morfológica significativa, as consequências dessa interação são sempre, numa primeira fase, negativas, dependendo a persistência dos impactes do grau e do tipo de ajustamentos morfológicos.

Relativamente aos peixes, os efeitos das obras de engenharia fluvial são praticamente imediatos. De facto, as linearizações, as obras de regularização para navegação e a construção de barragens ou açudes podem ter importantes impactes negativos nas populações adultas e de juvenis de peixes, dado que se verificam alterações profundas no leito e nas margens, com a consequente destruição de biótipos dependentes das irregularidades morfológicas (sequência de fundões e rápidos, "braços" mortos, paúis, etc.). Se a persistência ou a intensidade destes efeitos se mantiverem, os impactes poderão tornar de difícil reversibilidade.

Os diferentes estudos efectuados sobre impactes de obras fluviais na ictiofauna sugerem que são as alterações físicas as principais responsáveis pelos efeitos negativos nos peixes, já que os parâmetros químicos sofrem, nestes casos, pequenas variações. De facto, são as alterações ao nível do transporte sólido e a deposição de sedimentos, da temperatura e de outros elementos físicos dos habitats naturais que provocam a mortalidade ou afectação das comunidades piscícolas.

A remoção de vegetação marginal também produz severos prejuízos na ictiofauna, devido à destruição dos habitats, ao aumento e flutuações bruscas da temperatura da água e à diminuição do ensombramento. Por outro lado, as comunidades piscícolas são também indirectamente afectadas por obras fluviais sempre que estas afectam os macroinvertebrados, que são, em muitos casos, a sua principal fonte de alimentação.

A recolonização após obras de engenharia fluvial por peixes depende de diversos aspectos, fundamentalmente da natureza da modificação, da sua intensidade e extensão. Assim, a recolonização será lenta ou mesmo inexistente se ocorrerem modificações drásticas no perfil transversal e/ou longitudinal do leito, incluindo linearizações com eliminação de meandros ou artificialização do leito, uma vez que, nestes casos as condições hidrológicas e morfológicas originais serão colocadas definitivamente em causa ou demorarão muito tempo a recuperar.

Por outro lado, em obras fluviais que sejam implantadas com cuidados ambientais (mesmo que incluam dragagens ou rectificação de perfis) e que, fundamentalmente, mantenham a sinuosidade original do curso de água e as irregularidades do leito (sequência de rápidos e fundões), a recolonização será muito mais rápida, porque o substrato pode retomar as características anteriores, se bem que possam provocar um impacte inicial sobre a ictiofauna e outras comunidades. Relativamente à extensão das obras, obviamente que o impacte será maior e a recuperação mais lenta se se verificarem

alterações em troços muito extensos, particularmente se atingirem todo o perfil transversal do leito.

O período de tempo que decorre desde a realização da obra até à recolonização dos cursos de água sujeitos a obras de engenharia fluvial - a resiliência - é, sem dúvida, um aspecto importante a considerar e que tem sido pouco estudado. De facto, só através de uma análise temporal e comparativa das comunidades biológicas existentes antes e após as obras se poderá efectivamente avaliar o seu impacte ambiental. Por outro lado, só dessa forma será possível prever se, em situações análogas, determinado projecto de engenharia fluvial terá ou não impactes perniciosos nos ecossistemas aquático e ribeirinho, podendo assim influenciar decisões futuras.

No que concerne às aves, as obras fluviais podem provocar impactes directos, afectando as suas áreas de nidificação e/ou de alimentação. Podem também provocar impactes indirectos quando restringem a disponibilidade de alimentos na zona.

A relação entre as aves e os ecossistemas aquático e ribeirinho é muito intensa, em especial no que diz respeito à vegetação ripícola. O grau de impacte das obras fluviais depende, por isso, em grande medida, da extensão e intensidade da manipulação do coberto vegetal. Além disso, muitas das aves aquáticas alimentam-se exclusivamente de peixes ou de insectos que se desenvolvem em águas paradas, pelo que, se existe alguma alteração radical que afecte essas comunidades, as aves são afectadas. No entanto, como a afectação de cada espécie depende, também, das suas exigências de habitat e do seu nicho ecológico, pode acontecer que a regularização de um curso de água promova o desenvolvimento de determinadas espécies e a redução de outras.

Mas a afectação da vegetação fluvial nas galerias ripícolas e do leito de cheia por obras fluviais atinge também os mamíferos, anfíbios e répteis. De facto, como o leito de cheia sofre, em geral, inundações periódicas, existem habitats húmidos propícios a diversas espécies florísticas e faunísticas que são eliminadas quando a ligação entre o leito menor e o leito de cheia se perde ou quando se destrói o seu coberto vegetal. A drenagem intensiva de solos do leito de cheia, de diversos paúis e de outras zonas húmidas provoca impactes negativos na fauna, tanto nos anfíbios como nos répteis, cuja sobrevivência está dependente desse sensível equilíbrio.

Relativamente aos mamíferos que podem sofrer impactes mais negativos em obras de regularização, a lontra tem merecido especial atenção. Esta espécie encontra-se, presentemente, em regressão em toda a Europa, com excepção da Península Ibérica, devido à poluição e a obras fluviais, em especial as que implicam a remoção de vegetação e/ou as que provocam reduções drásticas das comunidades piscícolas. Quanto aos outros pequenos mamíferos, em especial roedores, e apesar do reduzido número de estudos conhecidos, tem-se verificado que as regularizações de cursos de água podem ter um impacte importante em várias espécies.

3. Configurações e obras fluviais ambientalmente aceitáveis

Nos últimos anos têm sido propostas, por vários autores, principalmente no Reino Unido, diversas configurações e obras fluviais que salvaguardam ou promovem a diversidade de habitats e as comunidades bióticas dos cursos de água. De entre elas, salientam-se as seguintes (Lewis e Williams, 1984; Brookes, 1988, 1992; Reeve e Bettess, 1990):

- canais de secção composta;
- bermas de águas baixas;
- mouchões e pequenas ilhas;
- empoçamentos laterais;
- rápidos e fundões;
- meandros e curvas do leito menor;
- pequenas soleiras de enrocamento;
- esporões;
- alguns sistemas de protecção das margens.

Apresentam-se, seguidamente, considerações pertinentes relativas a estas configurações e obras, seguindo a ordem por que foram enumeradas.

3.1 Canais de secção composta

A implantação de canais de secção composta (ou de leito múltiplo) tem como objectivo promover a manutenção dos caudais de cheia dentro de um leito maior com menor expressão em planta. Estes caudais, ao contrário do que acontece com os diques longitudinais, são obtidos exclusivamente por escavação do leito de cheia, pelo que se houver cuidado, a respectiva construção pode não perturbar significativamente os habitats do leito menor. Para tal, o rebaixamento do leito de cheia natural deve-se efectuar, de preferência, apenas numa das margens ou alternadamente nas duas, garantindo assim, que a fauna e a flora do leito menor não sejam afectadas em mais de 30 a 50%.

As vantagens destes canais, do ponto de vista da preservação das comunidades bióticas, se bem que variem em função da configuração adoptada, resultam da manutenção e expansão dos habitats previamente existentes no leito menor, devido ao estabelecimento de margens mais baixas. Contudo, essas vantagens tendem a desaparecer se, na fase da construção as margens do leito menor forem significativamente danificadas.

Geralmente, o regime hidrológico dos rios não é alterado, conseguindo-se obter boas soluções de protecção contra cheias sem perturbação significativa dos ecossistemas. Por outro lado, estes canais diminuem a necessidade de operações de manutenção do leito menor e das respectivas margens. Estas tornam-se mais estáveis por serem mais baixas.

Do ponto de vista ambiental, esta configuração

permite a diversidade de habitats quer no período de estiagem quer no período invernal, devido à manutenção de uma altura de escoamento suficientemente elevada para o desenvolvimento das comunidades bióticas. Como uma parte significativa do leito de cheia não é afectada pelas obras, a colonização por espécies vegetais e animais é bastante fácil e rápida. O mesmo acontece relativamente às trocas de materiais e nutrientes entre o leito de cheia e o leito menor.

Do ponto de vista paisagístico, a principal vantagem sobre as outras obras de protecção contra cheias, principalmente os diques longitudinais, advém do facto de estas estruturas não constituírem obstáculos visuais.

Na figura 1 apresenta-se um esquema de utilização de canais de secção composta num troço fluvial. Como se observa, à excepção de alguns locais – nomeadamente naqueles em que a remoção de meandros era necessária a construção dos canais de secção composta consistiu, exclusivamente, na escavação de parte do leito de cheia, apenas numa das margens, preservando totalmente o leito menor e dando uma configuração natural ao leito maior.

Estes canais têm sido utilizados com sucesso no Reino Unido, tendo-se verificado em diversos casos perdas temporárias de habitats somente da ordem dos 5 a 10%.

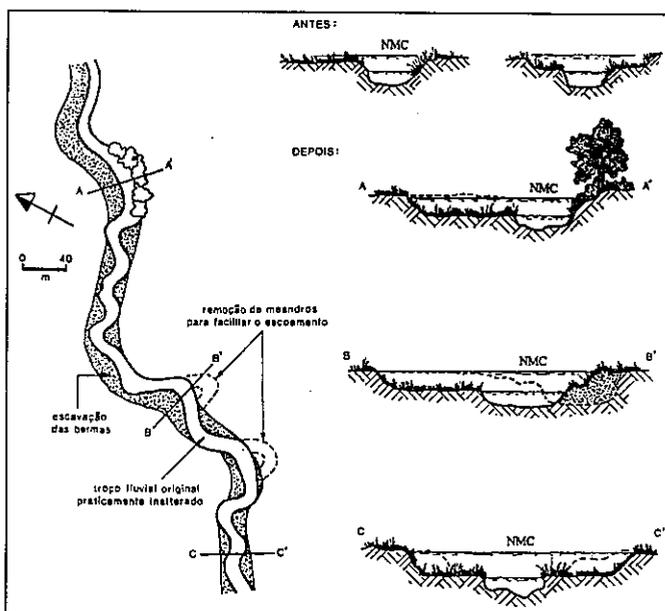


Figura 1 – Plano longitudinal e cortes transversais de canais de secção composta (adapt. Lewis e Williams, 1984).

3.2 Bermas de águas baixas

Conforme se pode observar na figura 2, as bermas de águas baixas devem possuir um declive suave e um comprimento até cerca de 2 m.

O objectivo inerente à manutenção e/ou criação deste tipo de configuração fluvial consiste em garantir a existência de zonas ligeiramente submersas, situadas no leito menor. Têm a vantagem de aumentar a capacidade

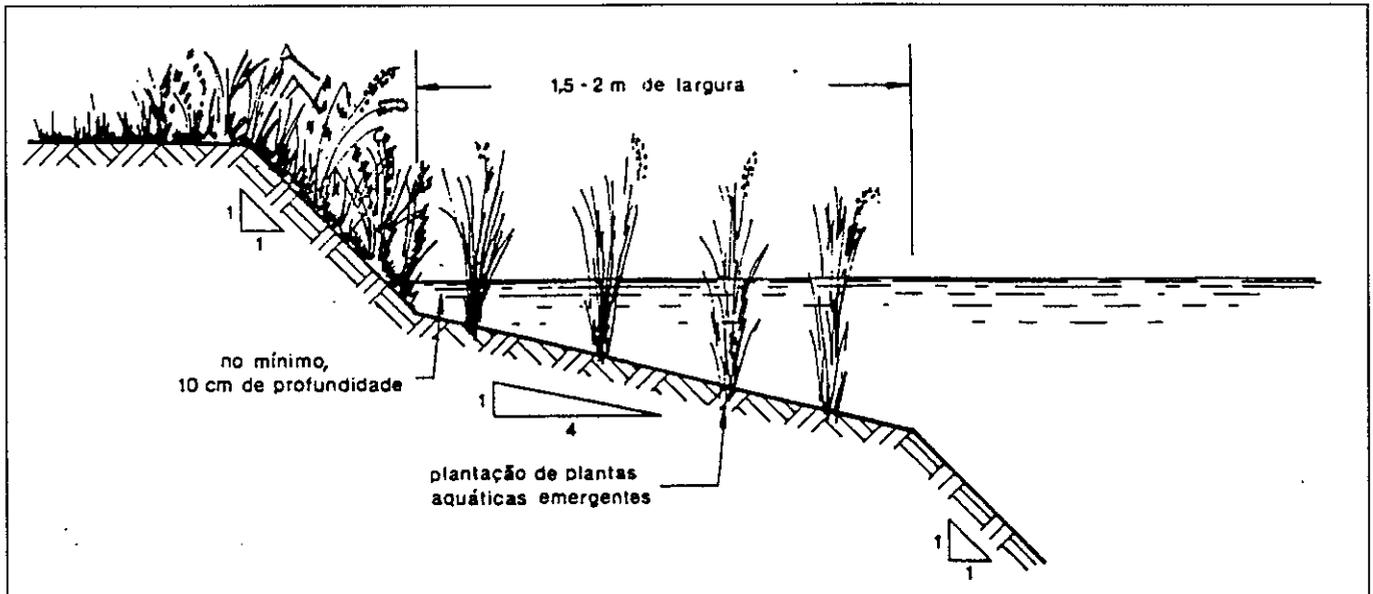


Figura 2 – Corte transversal de bermas de águas baixas (adapt. Lewis e Williams, 1984)

de vazão em períodos de cheia e manter zonas pouco profundas, propícias ao desenvolvimento de vegetação fixa nas margens do leito menor.

Do ponto de vista biológico, as bermas de águas baixas ao aumentarem a variedade de profundidades e de condições de escoamento ao longo do leito, formam habitats naturais de grande importância. As bermas de águas baixas, para constituírem, efectivamente, habitats funcionais, devem-se encontrar parcialmente submersas durante a maior parte do ano. As plantas que se instalam permitem a colonização destes locais por comunidades animais e possibilitam a protecção das margens contra a erosão.

Do ponto de vista da engenharia fluvial, as bermas de águas baixas apresentam o inconveniente de promoverem a deposição de materiais finos, diminuindo assim, progressivamente, a capacidade de vazão que de outro modo lhes estaria associada.

3.3 Mouchões e pequenas ilhas

Este tipo de macrorrugosidades das secções do escoamento (fig. 3) constitui um refúgio importante para animais e plantas. Sem qualquer tipo de perturbação humana e sem a presença da maioria dos predadores terrestres,

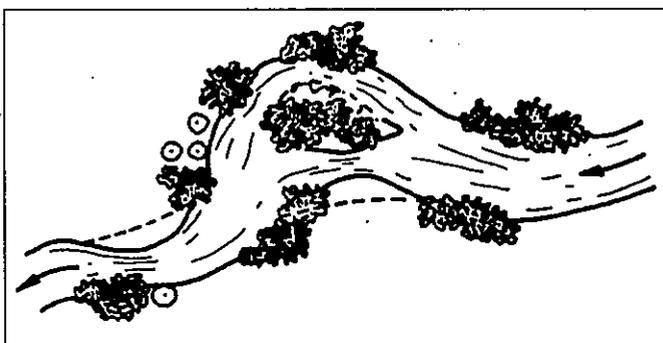


Figura 3 – Exemplo de uma ilha fluvial.

as ilhas e os mouchões podem servir de suporte e abrigo de comunidades vegetais (que podem mesmo ser diferentes das que ocupam as margens acessíveis), e de abrigo e área de nidificação para aves. A diversidade destas comunidades é tanto maior quanto mais extensas forem as margens das ilhas e mouchões.

3.4 Empoçamentos laterais

Abrigados dos efeitos do escoamento principal e não contribuindo para ele, os empoçamentos laterais aumentam a diversidade de habitats fluviais. Os peixes juvenis beneficiam de condições excelentes de alimentação e de protecção face aos predadores de maiores dimensões. Em rios não alterados, os empoçamentos podem ocorrer naturalmente, enquanto que em rios regularizados têm que ser construídos, quer através da escavação das margens, quer criando-os entre dois esporões.

Conforme se observa na figura 4, os empoçamentos laterais não interferem no escoamento principal (não interferindo, desse modo, negativamente na eficiência hidráulica do leito menor) e permitem a criação de condições hidrológicas e biológicas diferentes das existentes no curso de água.

3.5 Rápidos e fundões

Um leito uniforme e liso não permite uma significativa diversidade específica e de habitats. No caso de o leito menor de um curso necessitar de intervenção, devem-se fazer todos os esforços para manter inalterada a sequência de rápidos e fundões. Estas formas são compatíveis com regimes superiores de escoamento sobre fundos de seixo ou de outros sedimentos naturais grosseiros. Também podem ocorrer quando há afloramentos rochosos, alternando com zonas aluvionares. Estes habitats são propícios ao desenvolvimento de muitas

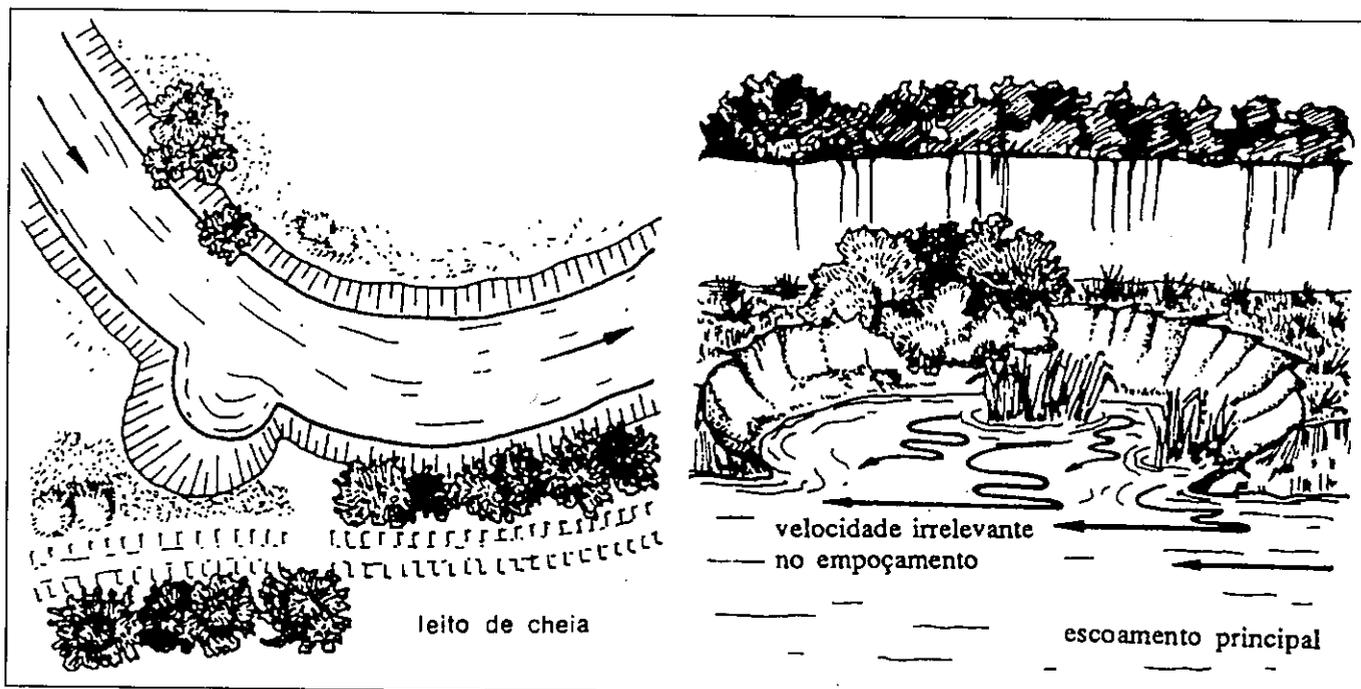


Figura 4 – Planta e perspectiva de um empornamento lateral (adapt. Lewis e Williams, 1984).

espécies de peixes e de uma grande variedade de macroinvertebrados aquáticos que lhes servem de alimento.

Os escoamentos turbulentos e pouco profundos nos rápidos aumentam a oxigenação da água corrente. Nos fundões em que as velocidades do escoamento são mais suaves, a água é menos rica em oxigênio e mais rica em matéria orgânica e os peixes encontram aí abrigos naturais (ao contrário do que acontece sobre os rápidos). Por outro lado, os fundões também são ótimos locais para o desenvolvimento de determinados grupos de macroinvertebrados, muitas das vezes diferentes dos que ocorrem nos rápidos, aumentando dessa forma, a diversidade biológica do rio.

Estes dois extremos de configurações fluviais (rápidos e fundões), que ocorrem naturalmente em sequência alternada, albergam comunidades diferentes e proporcionam em parte, os requisitos em termos de habitat para as diferentes fases da vida de diversos peixes e outros organismos. Caso estas configurações sejam destruídas pela intervenção humana, isso implica sempre a perda total, momentânea ou não, das comunidades, se bem que possa ocorrer reconstituição natural. Nessas circunstâncias, a remoção de rápidos e fundões constitui uma perda de tempo e de recursos, para além de perturbar os ecossistemas aquático e ribeirinho.

A criação de rápidos e fundões em cursos de água pode constituir uma solução interessante com custos económicos reduzidos face à sua importância ambiental, e, de certa forma, pela intrusão paisagística positiva que constituem. Existem alguns métodos simples de promover a existência das referidas configurações, nomeadamente, segundo Lewis e Williams (1984, p. 111-112):

- a) modelando os fundos durante operações de dragagem;
- b) importando rochas, cascalho e seixos para formar zonas de rápidos;

- c) escavando secções transversais de áreas significativamente diferentes de modo a provocar erosões e deposições alternadas associadas a contracções e expansões da área do escoamento;
- d) construindo travessões para promover a criação de fundões a jusante em rápidos sobre a crista.

No entanto, esta recriação deve ser realizada com alguns cuidados. O seu grau de sucesso depende, em grande medida, da experiência dos operadores das máquinas e dos supervisores. De facto, numa primeira fase deve-se efectuar a avaliação das características do escoamento e da morfologia do leito para se determinar se os rápidos e os fundões constituem configurações fluviais susceptíveis de se manterem estáveis. Em caso afirmativo, deve-se determinar o espaçamento e tamanho

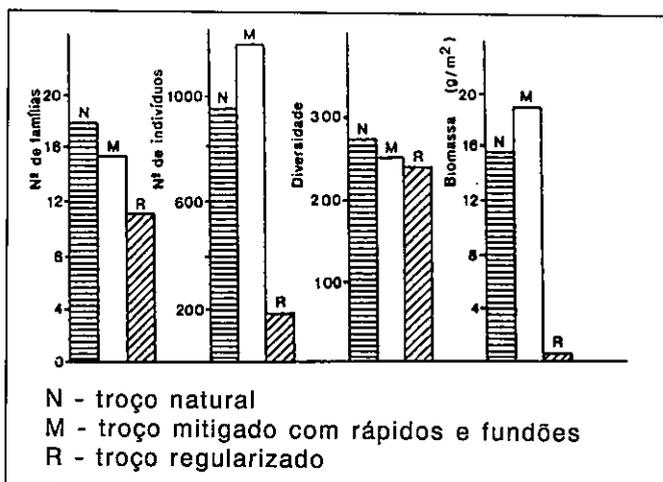


Figura 5 – Número de famílias, diversidade e biomassa de macroinvertebrados medidos em troços naturais, troços mitigados e troços regularizados (adapt. Brokes, 1988).

dos rápidos e dos fundões para as características particulares do leito, com o conseqüente cálculo do material a usar nos rápidos.

A implantação de rápidos e fundões, como medidas mitigadoras, em obras de engenharia fluvial tem conduzido a excelentes resultados, como o demonstram os estudos efectuados em 1984 por Edwards *et al.* (in Brookes, 1988, p. 219), no rio Olentangy, em Ohio, onde os troços que foram intervencionados com estas estruturas apresentam valores de parâmetros biológicos muito semelhantes aos verificados em troços naturais, conforme se apresenta na figura 5.

3.6 Meandros e curvas do leito menor

Os meandros revestem-se de importância fulcral para a conservação das comunidades bióticas ao proporcionarem um largo espectro de habitats inseridos no leito menor dos cursos de água, designadamente cavidades de erosão, rápidos e fundões, áreas de sol e de sombra, zonas expostas, zonas de abrigo, etc. A remoção de meandros pode reduzir drasticamente a diversidade estrutural e funcional dos cursos de água e conseqüentemente a sua riqueza biológica. Mesmo as intervenções menos drásticas podem ser muito prejudiciais face ao equilíbrio sensível em que coexistem os declives das margens, as profundidades do escoamento e a distribuição de sedimentos no fundo.

Os engenheiros hidráulicos, pelo menos em alguns países, têm compreendido a importância dos meandros para a conservação das comunidades bióticas, tendo proposto algumas opções que tentam conciliar as componentes ambientais e económicas. Das opções mais utilizadas no ordenamento de rios meandrizados são de referir as representadas na figura 6, nomeadamente:

- criação de um canal em "by-pass" que só funciona em períodos de cheia. O leito menor continua meandrizado, desempenhando todas as funções biológicas, não se verificando perturbações dos habitats fluviais e não ocorrendo inundações das áreas adjacentes (fig. 6A).
- criação de um leito menor rectilíneo que corta o meandro; mantém-se, pelo menos, 50% do caudal do troço meandrizado pré-existente, recorrendo à construção de uma soleira no novo leito. Dessa forma mantém-se um caudal ecológico que permite a manutenção das comunidades bióticas do meandro, aumentando simultaneamente a eficiência hidráulica do curso de água (fig. 6B).
- escavação de um novo leito menor e recorrendo a uma soleira instalada na extremidade de jusante do meandro para controlar parte do escoamento e o nível da água no seu interior (fig. 6C).
- escavação de um novo leito menor e fecho da extremidade de montante do meandro; este contacta com o novo leito na sua extremidade de jusante enchendo e vazando em função da evolução dos caudais (fig. 6D). O meandro, à medida que vai sedimentando tende a formar uma zona húmida paludícola.

- escavação de um novo leito completamente desligado do meandro que se transforma numa zona húmida (fig. 6E).

De todas as opções, as duas últimas devem ser evitadas, a menos que haja garantia que são mantidas pelos proprietários dos terrenos.

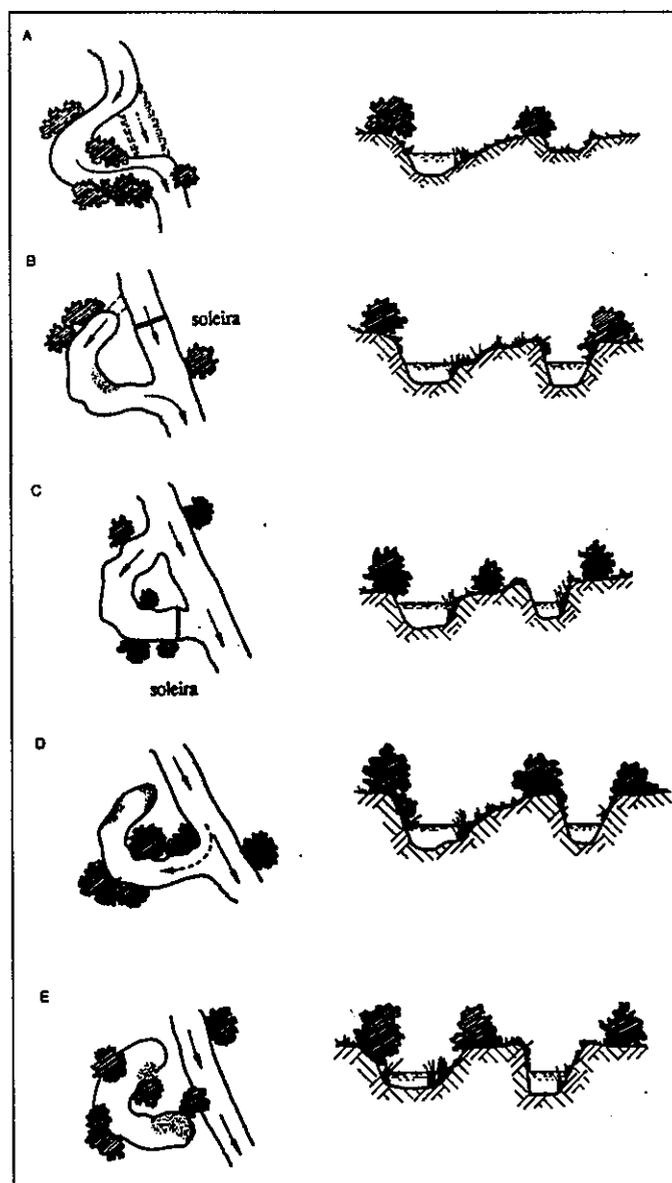


Figura 6 – Alternativas mais utilizadas na conservação de meandros (adapt. Lewis e Williams, 1984).

3.7 Pequenas soleiras de enrocamento

As soleiras de enrocamento são, conforme se observa na figura 7, estruturas transversais que ocupam, geralmente, toda a largura do leito menor, encontrando-se totalmente submersas (travessões) durante todo o ano ou somente em períodos de escoamento elevado. Estas estruturas criam uma irregularidade no escoamento com alteração da sua velocidade, criando uma fácies lântica a montante e uma fácies lótica, de escoamento turbulento, sobre a obra.

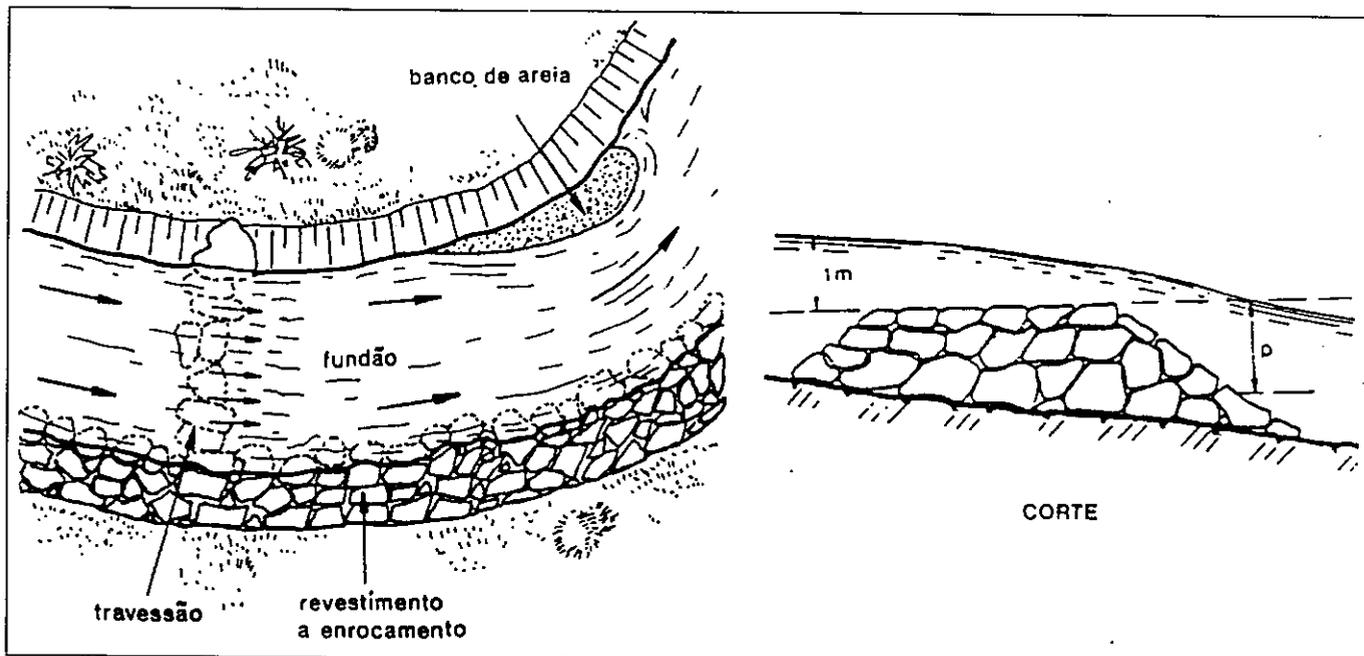


Figura 7 – Travessão de enrocamento.

As soleiras de enrocamento são geralmente benéficas do ponto de vista ambiental, já que:

- devido às alterações hidrológicas induzidas, promovem a criação de habitats;
- possibilitam a oxigenação da água, como resultado do turbilhonamento provocado no escoamento, melhorando a qualidade da água;
- são estruturas construídas, regra geral, com materiais naturais, agradáveis esteticamente e que criam condições de diversificação da paisagem.

3.8 Esporões

Os esporões são usados geralmente para deflectir o escoamento da margem côncava das curvas, evitando

assim, o efeito erosivo que lhe está associado. Tal como os travessões, os esporões produzem efeitos de importância relativa decrescente à medida que o caudal aumenta.

Do ponto de vista biológico, contribuem para o estabelecimento de habitats propícios para os peixes e outros organismos, originando abrigos com escoamentos muito lentos, compensados por escoamentos mais rápidos noutras zonas da secção transversal do curso de água. A possibilidade de, em certas situações, se construírem esporões vivos, mostra bem as potencialidades deste tipo de estrutura fluvial.

Por último, com a construção de esporões, ao aumentar o comprimento das fronteiras do escoamento, que são zonas propícias à actividade biológica, potencia-se ainda mais essa actividade.

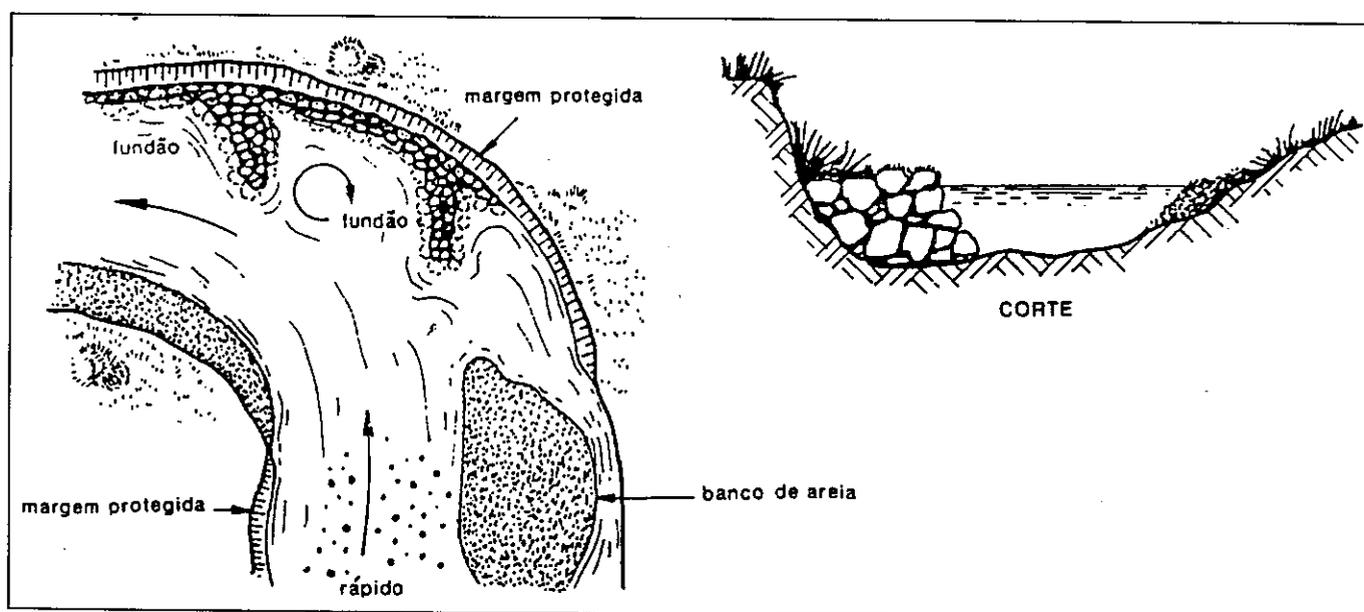


Figura 8 – Esporões de enrocamento.

3.9 Protecção das margens

As margens constituem zonas de produtividade biológica elevada e, como tal, é importante preservá-las, mantendo e/ou viabilizando o restabelecimento de comunidades bióticas. Sempre que possível, a protecção das margens deve ser feita recorrendo a materiais naturais, evitando os materiais artificiais (p. ex., betão), o que se torna vantajoso do ponto de vista estético e de conservação.

Os materiais naturais proporcionam, geralmente, uma grande variedade de soluções que facilitam o desenvolvimento de comunidades vegetais e animais e, em termos de degradação, não causam poluição, ao contrário de alguns materiais artificiais.

Das estruturas de protecção de margens em que se recorre a material vegetal, destacam-se as seguintes (Schiechtl, 1980; Gray e Leiser, 1982; Fernandes, 1987):

Fachinas – Trata-se de um tipo de construção linear que permite uma armação da camada superficial do terreno, podendo-se aplicá-las numa vasta gama de situações, quer sob a forma de fachinas vivas, quer de fachinas de ramos mortos, quer ainda de fachinas gabionadas.

Na consolidação de sopés de margens utiliza-se uma de duas estruturas: a fachina de sopé de margem (fig. 9) e a fachina viva de sopé em combinação com fachinas mortas (fig. 10).

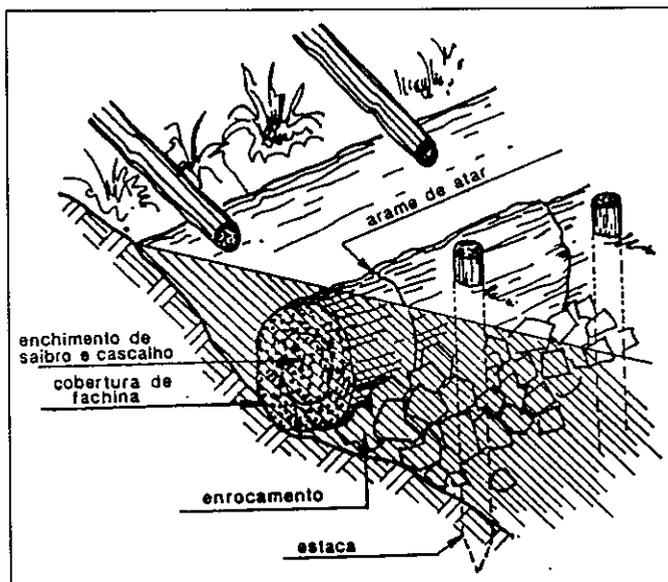


Figura 9 - Fachinas de sopé de margem.

Degraus e barreiras vivas – Estas obras, que utilizam material vegetal para criar ressalto no escoamento, controlando a sua velocidade e o transporte sólido, são implantadas transversalmente ao sentido do escoamento. Consistem em barreiras vegetais com ancoramentos de pedras, gabiões, fachinas vivas ou estacas, conforme se apresenta na figura 11. São de fácil construção e ideais para leitos menos declivosos, de largura inferior a 15 metros (Schiechtl, 1980, p. 140).

Empacotamentos de arbustos – Conforme se apresenta nas figuras 12 e 13, estas estruturas constituem sistemas

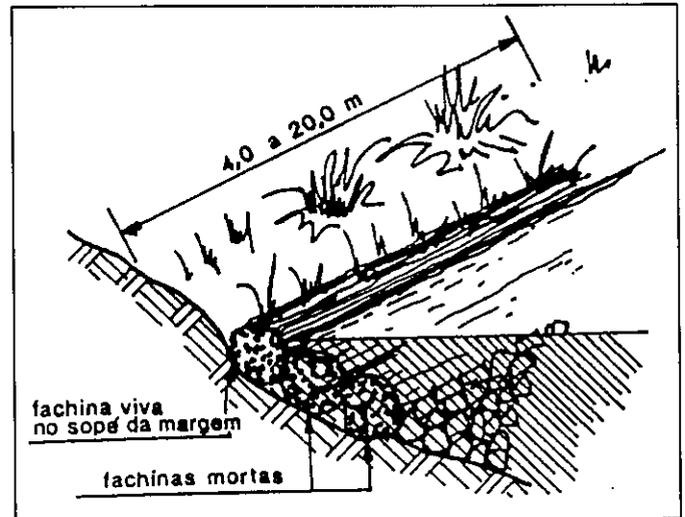


Figura 10 - Uso de fachinas vivas de sopé de margem em combinação com fachinas mortas.

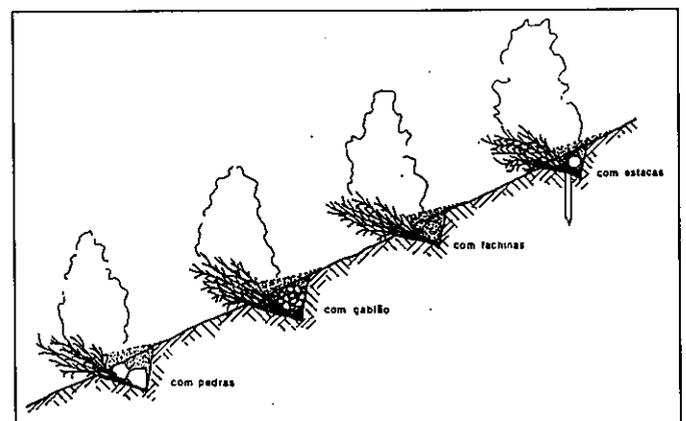


Figura 11 - Degraus vivos (adapt. Scheichtl, 1980).

longitudinais de material vegetal ou misto, sendo aplicadas em margens erodidas de grandes linhas de água. Para margens pouco altas, podem-se usar ramos vivos; devem-se utilizar ramos mortos em cursos de água pouco variáveis, dado que nesta situação, nunca será possível ocorrer o enraizamento de estacas.

Na construção destas estruturas colocam-se sucessivas camadas de arbustos com 0,20 m a 0,30 m de espessura, cobertos com cascalho ou pedras. Os arbustos podem ser intercalados com fachinas, enquanto que as zonas mais instáveis devem ser protegidas com pedras. É frequente recorrer à utilização de estacas previamente espetadas para fixar os arbustos. A manutenção destas estruturas resume-se a inspeções periódicas e a substituições de material danificado.

Gabiões e rolos de caniço – São estruturas constituídas por gabiões combinados com terra e rizomas de caniço, formando rolos dispostos ao longo do sopé da margem e fixos por estacas, conforme se observa na figura 14. Têm particular interesse na protecção de margens de linhas de água sujeitas a pequenas variações de caudal e como base de sistemas combinados de protecção do conjunto da margem.

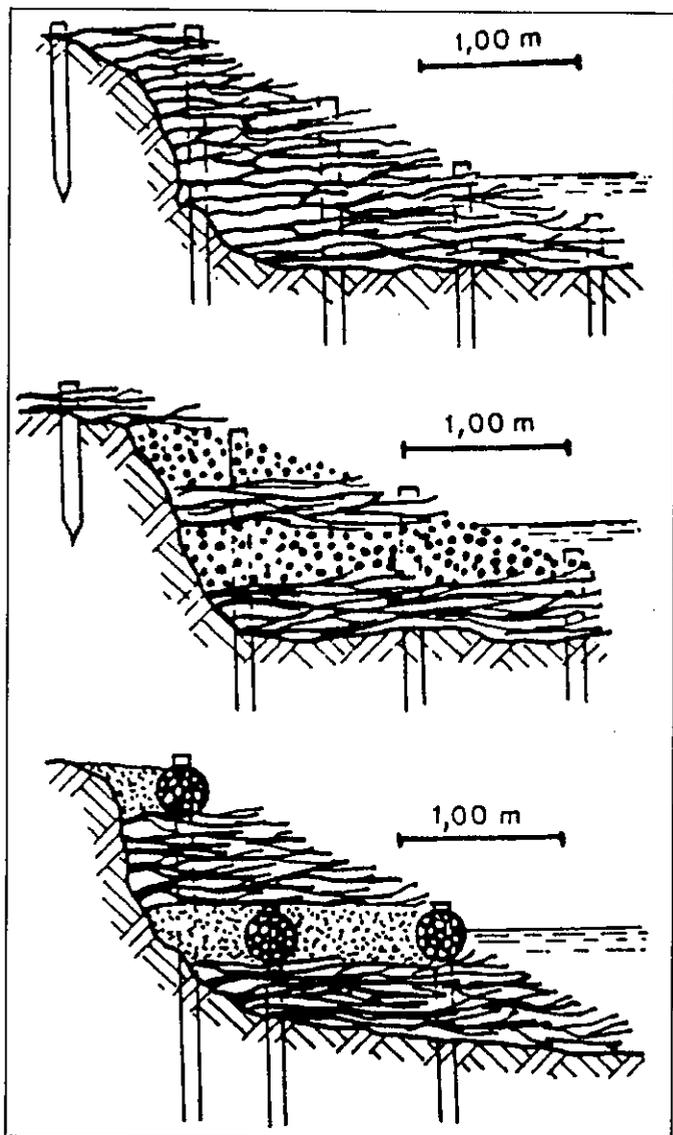


Figura 12 - Empacotamentos vivos.

Rede viva – Esta estrutura, conforme se apresenta na figura 15, funciona normalmente em combinação com esporões, com o objectivo de reduzir a velocidade do escoamento de margens erosionadas (Fernandes, 1987, p. 125). É construída com ramos viáveis (os ramos do nível inferior podem ser, no entanto, de material morto) de até 0,20 m de diâmetro, constituindo uma malha, que é bem reforçada e ancorada com rochas ou betão, fundamentalmente na face voltada para a corrente (Scheichtl, 1980).

Na sua construção, delimita-se a área a proteger com pilotos, colocando hastes à altura média das águas, saindo as pontas até 0,60 m das margens. Após a plantação de estacas vivas de salgueiro, procede-se ao entrançamento das hastes e das estacas e ao seu ancoramento com pedras.

Combinações de sistemas construtivos – As diversas estruturas atrás referidas podem ser combinadas sob diversas formas, constituindo sistemas de protecção de margens eficazes e, simultaneamente, ambientalmente aceitáveis.

Na figura 16 apresentam-se várias das combinações

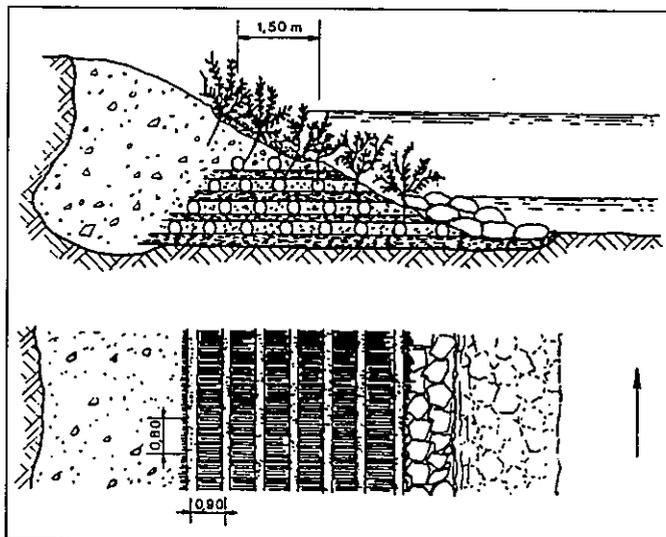


Figura 13 - Esquema de um empacotamento vivo na protecção de uma margem.

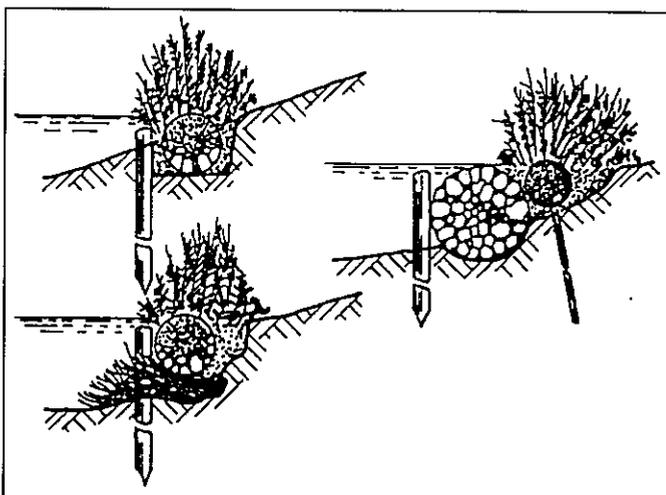


Figura 14 - Combinação de gabões e instalação de torrões de caniço (adapt. Scheichtl, 1980).

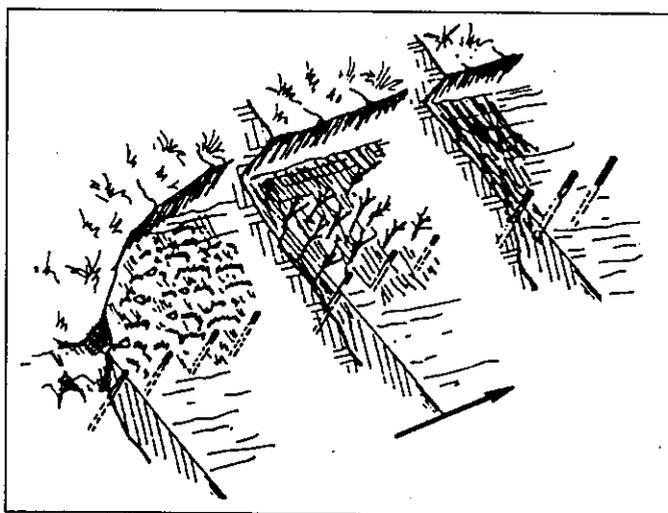


Figura 15 - Esquema de uma rede viva (adapt. Fernandes, 1987).

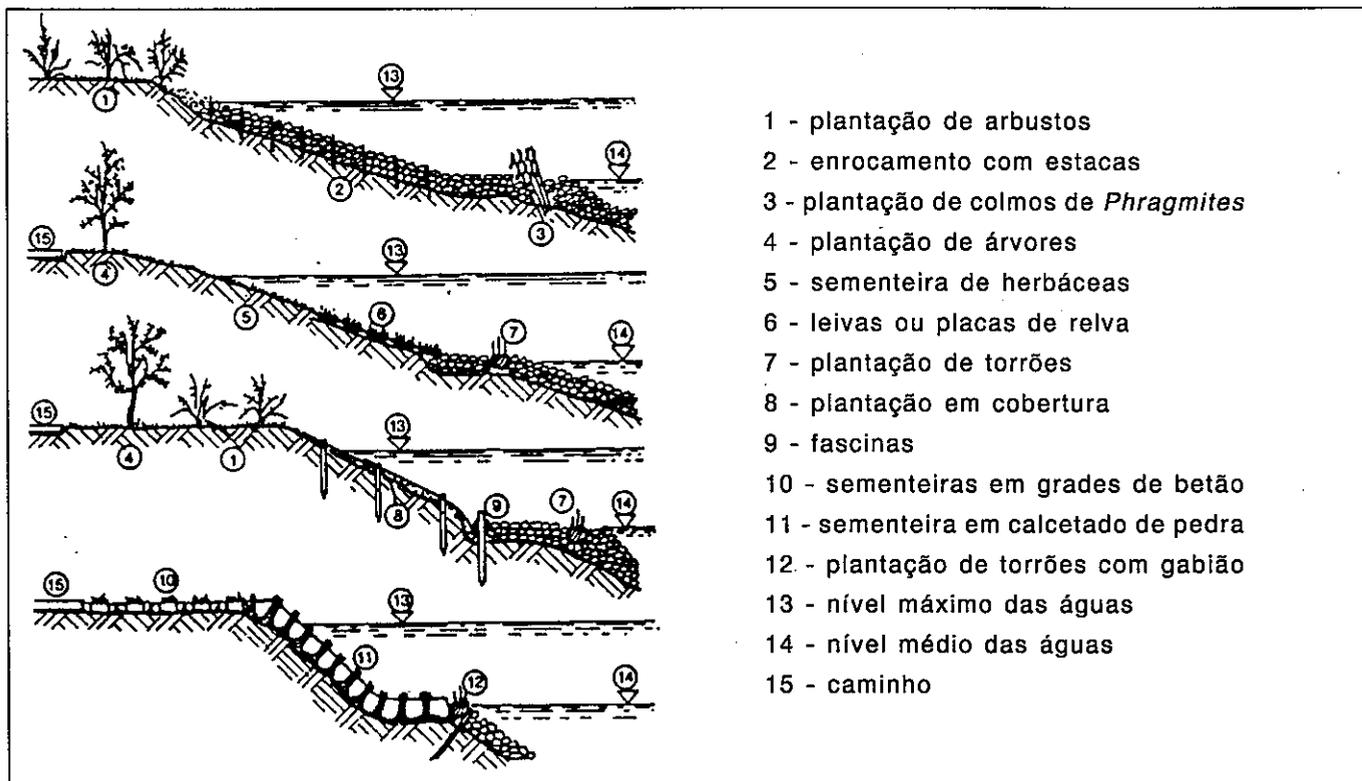


Figura 16 - Combinação de técnicas para a consolidação de margens (adapt. Fernandes, 1987).

possíveis (Fernandes, 1987, p. 121), sendo de salientar a utilização de material vegetal vivo, nomeadamente árvores, arbustos, relva, estacas e diversas herbáceas, associada a materiais inertes de consolidação (p. ex., enrocamento, grades de betão, calcetado de pedra, etc.).

4. Referências bibliográficas

- BROOKES, A.** (1988) - Channelized Rivers. Perspectives for Environmental Management. John Wiley & Sons., Chichester.
- BROOKES, A.** (1992) - Geomorphology/Geology. In River Projects and Conservation (ed. John Gardiner), John Wiley & Sons., Chichester, pp. 57-66.
- FERNANDES, J. P.** (1987) - O Projecto Construtivo em Engenharia Biofísica. Universidade de Évora.
- FERREIRA, M. T. e MOREIRA, I.** (1990) - Weed Evolution and Ecology in Drainage Canals of Central Portugal. Proc. 8th Internacional Symposium of Aquatic Weeds, European Weed Research Society, Uppsala, pp. 97-102.
- GRAY, D. H. e LEISER, A. T.** (1982) - Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. Von Nostrand Reinhold Company, New York.

- 1 - plantação de arbustos
- 2 - enrocamento com estacas
- 3 - plantação de colmos de *Phragmites*
- 4 - plantação de árvores
- 5 - sementeira de herbáceas
- 6 - leivas ou placas de relva
- 7 - plantação de torrões
- 8 - plantação em cobertura
- 9 - fascinas
- 10 - sementeiras em grades de betão
- 11 - sementeira em calcetado de pedra
- 12 - plantação de torrões com gabião
- 13 - nível máximo das águas
- 14 - nível médio das águas
- 15 - caminho

GREGORY, K. J. (1992) - Vegetation and River Channel Process Interactions. In River Conservation and Management (ed. Boon, Calow e Petts), John Wiley & Sons., Chichester, pp. 255-269.

LEWIS, G. e WILLIAMS, G. (1984) - Rivers and Wildlife Handbook: A Guide to Practices Which Further the Conservation of Wildlife on Rivers. Royal Society for Protection of Birds, London.

REEVE, C. E. e BETTESS, R. (1990) - Hydraulic Performance of Environmentally Acceptable Channels. In Internacional Conference on River Flood Hydraulics (ed. W. R. White), John Wiley & Sons., Chichester, pp. 279-288.

SCHIECHTL, H. M. (1980) - Bioengineering for Land Reclamation and Conservation. The University of Alberta Press, Alberto.

VIEIRA, P. e CARDOSO, A. H. (1993) - Análise Ambiental de Obras de Engenharia Fluvial. CEHIDRO, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

* Departamento de Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia. Tapada da Ajuda - 1399 Lisboa

Um Modelo de Caracterização e Avaliação Ecológica para o Planeamento e Gestão

J. P. Fernandes*; L. C. Quinta-Nova**; P. J. Baptista***; J. M. Mascarenhas****

Resumo

O planeamento e a gestão territorial a cada nível escalar de intervenção defrontam-se muitas vezes com dificuldades na articulação da componente biofísica com as actividades socioeconómicas. Com efeito, os constrangimentos a que o funcionamento da paisagem está sujeito gera muitas vezes perturbações resultantes do não equacionamento do espaço segundo uma abordagem hierárquica suficientemente abrangente, no que se refere à sua ecologia. Nesse sentido, encontra-se em desenvolvimento uma metodologia de caracterização e avaliação ecológica que de modo sistematizado integra sucessivamente objectivos e condicionamentos supra-regionais, factores estruturais regionais e exigências locais decorrentes das particularidades de cada uso e de cada local. Com enquadramento conceptual no âmbito das teorias da ecologia da paisagem, a metodologia emergente procura produzir um referencial de caracterização e avaliação ecológica do território, com vista à articulação dos processos de gestão e à promoção dos objectivos de Conservação da Natureza.

1. Introdução

Decorrem actualmente na Universidade de Évora diversos projectos de investigação visando o desenvolvimento de metodologias de caracterização e avaliação ecológica, com vista ao planeamento e gestão do território. Tais projectos, desenvolvidos a escalas complementares (1:10 000; 1:25 000 e 1:100 000), pretendem vir a constituir um quadro metodológico inovador integrando num único plano de caracterização e avaliação, o plano dos sistemas de uso e o plano dos sistemas ecológicos espaciais.

A necessidade de um tal sistema integrado, justifica-se pela carência de um referencial de caracterização e avaliação do território, com vista à articulação dos processos de gestão e à promoção dos objectivos de Conservação da Natureza. Com efeito, a necessidade de assegurar a preservação da biodiversidade da globalidade do território impõe uma abordagem à gestão do seu uso, que garanta que o nível de fragmentação, de conectividade residual e de complementaridade funcional assegurem as condições para a sustentação viável de meta-populações das espécie-objectivo.

Para atingir tal objectivo importa conhecer e conseguir articular nos processos de simulação e gestão, as necessidades, processos e funções dos diferentes usos antrópicos de uma dada região e as necessidades, processos, funções e condicionantes espaciais dos diferentes sistemas ecológicos,

susceptíveis de ocorrerem nessa região ou local. Interessa igualmente identificar a forma como essa articulação se processa e a sua hierarquização escalar e funcional.

2. Estrutura da investigação

Na Tabela 1 apresentam-se os três projectos actualmente em curso, indicando os seus principais objectivos e escala de trabalho. Todos os projectos se baseiam no pressuposto de que o valor e funcionalidade ecológica de um lugar ou região, dependem em exclusivo da viabilidade dos ecossistemas nele ocorrentes. Esta viabilidade é função das características próprias desse ecossistema (dimensão, relação interior/orla, trocas com ecossistemas similares, diversidade, naturalidade, grau de perturbação externa e interna) e do equilíbrio funcional decorrente da estabilidade da sua natureza (o grau de perturbação da natureza do local que determina a natureza do ecossistema).

A consideração deste pressuposto básico constitui, desta forma, o cerne conceptual das metodologias de caracterização e avaliação desenvolvidas, em que é dada uma atenção equivalente às variáveis e funções estáveis do território e às estruturas e processos circunstanciais ocorrentes na organização ecológica actual desse território. Nesse sentido optou-se pelo recurso à classificação estrutural proposta por Forman e Godron, (1985) (Tabela

2) adaptada à caracterização quer das estruturas estáveis, quer das estruturas circunstanciais do território. Essa classificação possibilita uma descrição funcional de ambos os planos de consideração do território (o plano estável e o quadro circunstancial de uso) e a pretendida identificação das áreas de correspondência (logo de

Tabela 2 - Sistema de classificação estrutural/funcional (adaptado de Forman e Godron, 1985).

Elementos da Paisagem	Natureza	Funcionalidade
Matriz	Recursos	Permeabilidade
	Perturbação (*)	Conectividade
Mancha	Recursos	Dimensão
	Perturbação (*)	Forma
	Perturbação crónica	Razão interior/orla
	Remanescente (*)	Complementaridade
Corredores	Regenerada (*)	Polaridade
		Interdependência
	Recursos	Continuidade
	Perturbação (*)	Carácter linear/de faixa
	Perturbação crónica	Hidroscoopia
	Remanescente (*)	Complementaridade
	Regenerada (*)	

(*) Naturezas que apresentam um carácter circunstancial

Tabela 1 - Objectivos dos Projectos de Investigação em curso.

Projecto	Objectivos da investigação
SE Alentejo (1:100 000)	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização do valor de conservação da região (desenvolvimento e validação de metodologias), determinando para cada elemento do território o seu carácter e funcionalidade ecológicos (como conectividade, complementaridade, resiliência ou produtividade). • Identificação dos elementos e factores físicos (ou associações) com interesse particular na determinação da viabilidade dos diferentes ecótopos ocorrentes. • Definição de redes de conectividade ecológica ou de "biótopos-pedras-de-apoio" capazes de assegurar uma articulação natural equilibrada entre os biótopos mais próximos do natural e os biótopos mais intensamente utilizados pelas actividades económicas. • Avaliação de práticas de utilização do território capazes de aumentar ou consolidar o potencial de conservação de cada local e o conjunto dos sistemas de elementos naturais.
Évora (1:25 000)	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação dos principais processos e funções ecológicas numa região globalmente transformada e intensamente utilizada. • Identificação das estruturas e funções ecológicas responsáveis por um aumento da biodiversidade e viabilidade ecológica dos ecossistemas ocorrentes ou susceptíveis de ocorrerem. • Definição de procedimentos de caracterização e avaliação adaptáveis ao planeamento e gestão da paisagem, equilibrando e potenciando em simultâneo os seus valores de uso e de conservação.
Apostiga (1:10 000)	<ul style="list-style-type: none"> • Análise da realidade e representatividade de índices de caracterização ecológica de estruturas espaciais. • Avaliação a escalas detalhadas da funcionalidade biológica de estruturas de uso e da sua resposta a processos conhecidos de perturbação. • Avaliação da evolução da biodiversidade de uma zona demarcada, na sequência de processos bem historiados de alteração do quadro de uso envolvente. • Desenvolvimento de índices estruturais de caracterização ecológica das estruturas de uso do território.

equilíbrio) entre os dois planos e de contradição (logo de perturbação intrínseca).

A combinação dos planos organizativos, estável e circunstancial, é determinada pela consideração do diferente tipo de influência de cada factor ambiental na natureza do espaço, de acordo com a metodologia desenvolvida em Fernandes (1994). Considerando estes distintos padrões de influência, a caracterização ambiental é realizada a dois níveis:

1. **unidades de território** (com base na identificação de discontinuidades, fronteiras, dos diferentes factores ambientais -Geologia; Clima; Solos; Morfologia e Hidrologia);
2. **unidades de Uso** (determinando dois conjuntos de dados espacialmente referenciados, correlacionáveis com os resultados das investigações temáticas realizadas no terreno).

3. Informação produzida

Fundamentados em dados de base e estudos temáticos anteriormente desenvolvidos, os quais se encontram organizados num Sistema de Informação Geográfica, procedeu-se à caracterização muito detalhada das áreas de estudo, em termos dos dois sistemas de referência espacial em que a metodologia se baseia: unidades de uso do território e unidades homogêneas de território.

Cada um destes referenciais encontra-se devidamente organizado não só em termos da sua distribuição e atributos espaciais como particularmente da sua natureza funcional em termos ecológicos. Paralelamente, realizou-se uma caracterização exaustiva das características zoológicas e botânicas das regiões que permitem a calibração das inferências consideradas durante o processo de desenvolvimento das metodologias. Do mesmo modo foram realizados inquéritos detalhados à propriedade e sistemas de exploração permitindo uma caracterização detalhada dos sistemas de uso ocorrentes.

As metodologias integradas de caracterização e avaliação desenvolvidas referem-se, naturalmente, a ambos os referenciais, combinados num único referencial funcional, em que as funções ecológicas do território e a respectiva estabilidade estejam claramente descritas. Um tal referencial, combinando elementos ecológicos -estáveis (referidos às Unidades Territoriais) e meta-estáveis ou instáveis (referencial de uso) permitirá, logo à partida, uma diferenciação clara do papel relativo de cada elemento do território, identificando a sua resiliência e as diferentes exigências para a sua gestão.

A combinação do referencial funcional com critérios detalhados de avaliação de descritores ecológicos referidos aos diversos tipos de biocenoses susceptíveis de ocorrerem no local, tem tornado possível a definição de um quadro avaliativo integrado susceptível de indicar, não apenas o valor de um local ou formação, mas particularmente, de relativizar esse valor ao contexto ecológico regional e de, simultaneamente, retratar os elementos críticos

na malha funcional de uma zona em análise, permitindo orientar as medidas de protecção ou gestão e prever os investimentos energéticos necessários a esses esforços de gestão e conservação (Fig. 1).

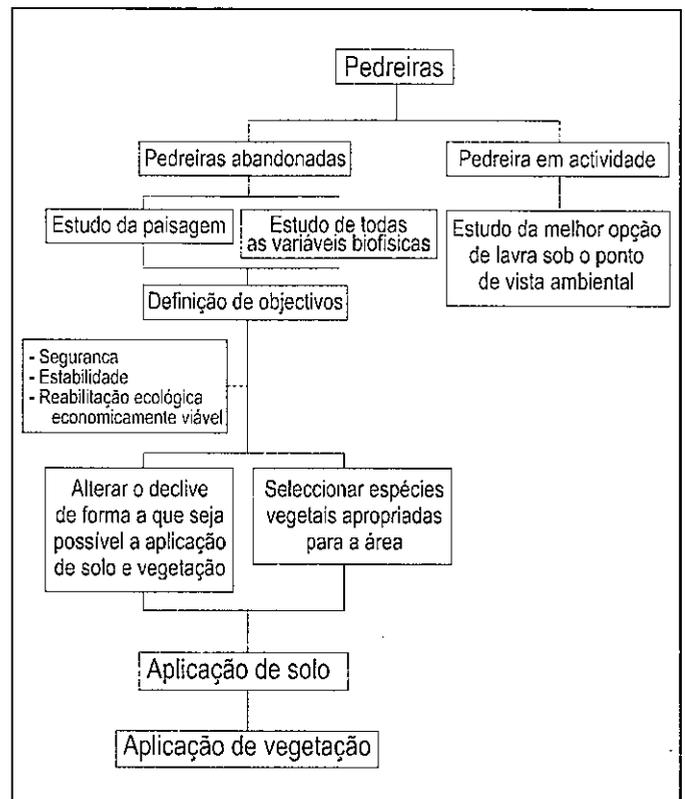


Figura 1 - Procedimentos de caracterização e avaliação.

Este quadro avaliativo procura primariamente proceder à estimativa do significado ecológico real dos métodos de caracterização do território (definição das unidades territoriais) e à calibração de procedimentos de avaliação capazes de representar simultaneamente, o valor de cada unidade por si e o seu valor contextual no quadro da organização actual do uso, de modo a poder dispor de um quadro de instrumentos capazes de realizar uma análise integrada dos quadros de uso e da sua evolução.

Unidades territoriais - estrutura e características;
- hierarquia;
- funcionalidade .

Uso do solo - carácter e estrutura;
- complementaridade/Permeabilidade;
- funcionalidade.

Potencialidade e Produtividade - fauna;
- vegetação;
- pedologia.

Estruturas e elementos particulares
(características, valores e potencialidades)

O processo de avaliação considera então as seguintes variáveis:

- Qualidade**
- Diversidade estrutural - diversidade dos estratos de habitat e das estruturas ocorrentes capazes de constituir factores potenciais da funcionalidade ecológica do território.
 - Diversidade florística - valor médio da diversidade específica das formações vegetais características desse tipo de coberto.
 - Raridade - existência de formações vegetais raras.
 - Significância - valor como habitat para espécies de cada domínio fitogeográfico.
 - Existência de espécies raras ou ameaçadas.
 - Naturalidade.
 - Maturidade.
 - Resiliência.

- Capacidade**
- Produtividade.
 - Área - valor relativo da superfície da formação de acordo com a sua natureza.
 - Natureza - carácter de matriz (aspecto dominante do território), mancha ou corredor (descontinuidade local ou linear da matriz devido a recursos ou perturbações).

- Função**
- Estabilidade - correspondência entre a natureza e o estado actual do local.
 - Permeabilidade - semelhança de formações adjacentes (Quadro 3).
 - Conectividade - capacidade da formação de assegurar o movimento de espécies através do espaço.
 - Complementaridade - capacidade de a formação assegurar funções ecológicas (como local de alimentação repouso, refúgio ou reprodução) a formações adjacentes

de forma a estimar os seguintes valores ecológicos:

- **Valor de Formação de Ecótopos** - capacidade de um local de formar e sustentar comunidades biológicas viáveis.
- **Valor Patrimonial** - avalia valor do ecótopo em termos de produtividade e património genético.
- **Valor de Conservação** - viabilidade do ecótopo e sustentabilidade da sua contribuição para o valor e funcionalidade ecológica regional.

Associadamente, no quadro do desenvolvimento de metodologias de planeamento e gestão com vista à Conservação da Natureza, houve que determinar quais as espécies objectivo associadas aos habitats ocorrentes e avaliar os custos de conservação desse tipo de plantas e/ou formações (Quadros 3 a 5).

4. Comentário aos resultados

Os resultados obtidos até ao momento provam o interesse das metodologias escolhidas e a sua aplicabilidade ao processo de planeamento e gestão do território. Particularmente interessante provou-se a combinação dos dois planos de caracterização que permitiu chegar às seguintes conclusões:

- a estrutura do presente quadro de uso é condicionada pela estrutura dos factores estáveis. Este condicionamento não é determinante, consistindo antes num equilíbrio entre as necessidades ambientais de cada tipo de uso e os limiares de utilização de cada local: por exemplo a regularidade das formas e a vizinhança de recursos hídricos é mais determinante do que a fertilidade dos solos na distribuição dos usos agrícolas;
- o carácter da organização estável e a sua organização espacial em matrizes, manchas e corredores costuma estar, no essencial, em conformidade com a organização do plano circunstancial;
- o nível hierárquico de determinação da estrutura

Tabela 3 - Custos de conservação das espécies-objectivo (vegetação) na zona de estudo SE Alentejo.

Maiores Custos	Custos medianos	Menores Custos
<i>Linaria ricardoi</i>	<i>Juncus valvatus</i>	<i>Armeria neglecta</i>
<i>Allium schmitzii</i>	<i>Sanguisorba hybrida</i>	<i>Campanula transtagana</i>
<i>Marsilea batardae</i>	<i>Securinega tinctoria</i>	<i>Picris spinifera</i>
<i>Eryngium galioides</i>	<i>Luzula forsteri ssp. baetica</i>	<i>Paeonia broteroi</i>
<i>Linaria hirta</i>	<i>Salix salvifolia ssp. australis</i>	<i>Ulex eriocladius</i>
<i>Juncus rugosus</i>	<i>Narcissus bulbocodium ssp. obovatus</i>	<i>Genista polyanthos ssp. polyanthos</i>
<i>Spiranthes aestivalis</i>		<i>Picris algarbiensis</i>
		<i>Cynara tournefortii</i>
		<i>Onopordum nervosum</i>
		<i>Centaurea ornata ssp. ornata</i>
		<i>Centaurea ornata ssp. interrupta</i>
		<i>Rhynchosinapis hispida ssp. transtagana</i>

- 1. Maiores custos** - espécies dependentes do uso tradicional da terra (não toleram o set-aside).
- 2. Custos medianos** - espécies independentes do uso tradicional da terra (características mesófilas e hidrófilas).
- 3. Menores custos** - espécies independentes do uso tradicional da terra (características xerófilas).

Tabela 4 - Espécies-objectivo exigindo vastas superfícies naturais ou próximo do natural na zona do SE Alentejo.

Mamíferos	Aves
<i>Lynx pardina</i> (Lince bérico)	<i>Ciconia nigra</i> (Cegonha-preta)
<i>Canis lupus</i> (Lobo)	<i>Aquila adalberti</i> (Águia-imperial)
<i>Felis Silvestris</i> (Gato bravo)	<i>Aquila chrysaetos</i> (Águia-real)
	<i>Neophron percnopterus</i> (Abutre-do-egipto)
	<i>Aegypius monachus</i> (Abutre-preto)
	<i>Gyps fulvus</i> (Grifo)
	<i>Grus grus</i> (Grou-comum)
	<i>Otis tarda</i> (Abetarda)

Tabela 5 - Espécies-objectivo exigindo a preservação do modo tradicional de uso da terra, o pastoreio extensivo ou a preservação da vegetação natural ou semi-natural na área do SE Alentejo.

Uso tradicional da terra/Sequeiro extensivo	Pastoreio extensivo	Vegetação natural ou próximo do natural
<i>Grus grus</i>	<i>Aquila adalberti</i>	<i>Ciconia nigra</i>
<i>Otis tarda</i>	<i>Aquila chrysaetos</i>	<i>Aquila adalberti</i>
	<i>Neophron percnopterus</i>	<i>Aquila chrysaetos</i>
	<i>Aegypius monachus</i>	<i>Canis lupus</i>
	<i>Gyps fulvus</i>	<i>Lynx pardina</i>
	<i>Canis lupus</i>	<i>Felis Silvestris</i>

circunstancial pela estrutura estável é superior ao nível de diferenciação dos usos do solo/biótopos: o condicionamento apresenta um carácter mais geral do que a diversidade de caracteres e ocorrências locais (considere-se, por exemplo, os factores supraregionais de condicionamento de uma rede ecológica (Fig. 2).

A consideração, em cada plano de caracterização da natureza e do carácter das interações entre cada

unidade, permitiu não só a identificação do grau de estabilidade dessa unidade, como a identificação da sua complementaridade relativa. Esta última informação provou-se particularmente importante na justificação dos resultados da avaliação no terreno, da produtividade ecológica dos principais grupos faunísticos nas diferentes formações cartografadas (Tabela 6), assim como na estimativa do valor genético dessas formações. Esta caracterização é crucial na calibração dos métodos de



Figura 2 - a) Conjunto de alguns elementos da rede ecológica no SE alentejano.

b) Extracto da proposta da Estrutura Ecológica Principal da Comunidade Europeia (Bischoff & Joungman,

Tabela 6 - Resumo dos resultados de avaliação da produtividade faunística na área de estudo Évora.

Grupo faunístico	Elevada produtividade	Produtividade média	Baixa Produtividade
Mamíferos	Montado bem estratificado	Montado sobre sequeiro	Sequeiro, pomares e áreas urbanas
Aves	Montado bem estratificado e formações de gramíneas pouco perturbadas	Montado sobre sequeiro e sequeiro	Áreas urbanas e peri-urbanas
Répteis e Anfíbios	Montado bem estratificado e vizinhança de cursos de água bem preservados	Cursos de água degradados e montados em zonas de afloramentos rochosos	Áreas urbanas, pomares, sequeiro e montados degradados

identificação das estruturas e escalas determinantes para a funcionalidade e viabilidade de cada grupo biológico, no quadro dos processos de gestão.

A comparação destes resultados com os valores da complementaridade relativa e da conectividade absoluta mostraram que uma elevada complementaridade no quadro de uma matriz pouco perturbada e com uma elevada conectividade são as zonas de mais elevado valor faunístico. A importância da conectividade e de um valor reduzido da fragmentação ficou claramente demonstrada na análise do valor faunístico e florístico das áreas urbanas e peri-urbanas onde uma elevada complementaridade num quadro de elevada perturbação determina um valor ecológico reduzido. O teste destas relações de interdependência estrutural e funcional prossegue às diferentes escalas de modo a determinar padrões generalizáveis.

Os resultados obtidos nos diferentes estudos mostram igualmente que, apesar de o uso do solo determinar primariamente o carácter, extensão, interrelacionamento e grau de perturbação dos biótopos actualmente ocorrentes e determinar, portanto, de modo marcante a qualidade biológica de cada lugar, a existência de elementos particulares (como charcas ou planos de água ou outros habitats particulares) é o factor determinante final na determinação do valor global dessa qualidade.

5. Conclusões

As principais conclusões que podem já ser extraídas no presente estado de desenvolvimento dos estudos são as que abaixo se enumeram:

- O conceito de Unidade Territorial (Land Unit - Zooneveld, 1989) constitui um instrumento particularmente útil na caracterização e avaliação do território. Contudo, o seu valor real só é plenamente realizado se se utilizarem métodos reproduzíveis na sua identificação e quando a sua articulação com a estrutura de uso actual for realizada de modo operacional.
- A avaliação da estabilidade de uma paisagem através da comparação do grau de correspondência entre a natureza dos dois planos de caracterização é da maior utilidade na determinação do grau de "naturalidade" da fragmentação dessa paisagem e do grau de perturbação

associado a qualquer quadro de uso do território. É também da maior utilidade na determinação dos factores de perturbação responsáveis pelo actual grau de fragmentação.

- A consideração da complementaridade de uma matriz e da presença de elementos particulares é da maior importância, conjuntamente com a conectividade e a produtividade, na definição do significado biológico dessa matriz.
- O facto de a significância dos diferentes elementos da paisagem para cada grupo faunístico ser muito variada impõe que a definição dos objectivos de gestão dessa paisagem tenham de atender à aparente contradição entre a funcionalidade de cada local ou tipo de uso, definindo complexos adequados de objectivos em função da natureza estável dessa paisagem.

Estes resultados realçam claramente a importância de aproximações hierárquicas no processo de planeamento e gestão, integrando sucessivamente os objectivos e condicionantes supra regionais, os factores estruturais regionais e as exigências locais decorrentes das particularidades de cada uso e de cada local.

6. Agradecimentos

Os projectos atrás referidos só puderam ser desenvolvidos graças ao seu financiamento no quadro do Programa STRIDE - Projecto Évora, do Programa Estímulo à Investigação no Domínio do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (Protocolo JNICT/DGOT) - Projectos Évora e Apostiça e Bolsas de Doutoramento do Programa Ciência e PRAXIS XXI - Projecto SE Alentejo.

7. Referências bibliográficas

- Allen, T.F.H.; Hoekstra, T.W. 1992. *Toward a Unified Ecology* - Columbia University Press, New York. 384 pp.
- Bischoff, N.T. & Jongman, R.H.G.; 1993. *Development of rural areas in Europe: the claim for nature*. Netherlands Scientific Council for Government Policy Preliminary Report V79.

- CEEM** - Centro de Estudo de Ecossistemas Mediterrânicos (1995) - *A região de Évora numa perspectiva de Ecologia da Paisagem* - Relatório Final do Programa STRIDE-Amb. 12
- Fernandes, J.P.** (1994) - *Análise Estrutural do Espaço de Uso: um Instrumento para o Planeamento e a Decisão Ambiental* - comunicação apresentada à 4ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, Lisboa 6 a 8 de Abril
- Fernandes, J.P.; Mascarenhas, J.M.** (1995). The SE Alentejo and Évora Projects: building a framework for the ecological Planning and Management of the Landscape - comunicação apresentada ao Workshop "Econet and the Wildlands Project", Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento, Lisboa 6 e 7 de Julho
- Forman, R.T.T.; Godron, M.** (1986). *Landscape Ecology* - J. Wiley and Sons. New York. 619 pp.
- Meentemeyer, V.; Box, E.** (1987) - Scale effects in Landscape Studies - in Turner, M.G. (ed.) *Landscape Heterogeneity and Disturbance*, Springer Verlag, New York, pp 15 - 34
- Quinta-Nova, L.** (1995), *Análise da Evolução de uma Área da Península de Setúbal na Sequência de um Processo de Alteração de Uso*. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Turner, M.G.** (1989) - *Landscape Ecology: The effect of Pattern and Process* - *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, pp 171 - 197
- Zooneveld, I.S.** (1989). The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications - *Landscape Ecology* vol. 3 no. 2 pp 67-83.

Notas

- (1) Por ecossistema entende-se todo o sistema ecológico/ de uso, independentemente da sua "naturalidade", já que qualquer que seja a natureza do uso do território este corresponde sempre a um conjunto de funções ecológicas sustentando uma comunidade adaptada e constituindo, portanto o objecto focal dos processos de gestão.

* Professor Auxiliar da Universidade de Évora

** Assistente do 1.º Triénio da ESACB

*** Doutorando do Departamento de Ecologia da Universidade de Évora (bolseiro/FCT, ex-JNICT, BD-2649/93-RN)

**** Professor Auxiliar da Universidade de Évora

Quem pode candidatar-se aos cursos da Escola Superior Agrária?...



Estudantes que tenham concluído:

- 12º ano do ensino secundário, via de ensino;
- 12º ano do ensino secundário, via técnico-profissional agrícola;
- candidatos aprovados em exames "ad hoc";
- bolseiros de outros países.

Nota mínima de ingresso - 9,5 valores

A Escola Superior Agrária no apoio à comunidade:

Investigação - Estão em curso vários projectos de investigação directamente relacionados com problemas da região, alguns deles em colaboração com Universidades e Institutos Politécnicos nacionais e estrangeiros;

Análises laboratoriais - Solos, Águas, Alimentos, Bacteriológicas, Parasitológicas, de Anatomia Patológica, Química e de apoio ao diagnóstico em Sanidade Vegetal;

Cursos de formação Profissional (nomeadamente através do Centro de Formação Profissional Pós-Graduada da Beira Interior);

Cursos de Actualização;

Consultoria - Áreas de produção agrícola, produção animal, produção florestal e engenharia rural;

Apoio a contabilidades agrícolas;

Publicações diversas;

Revista AGROforum;

Apoio bibliográfico;

Cedência de instalações para cursos técnico-profissionais agrícolas;

Cedência das instalações desportivas;

Cedência dos auditórios para fins culturais, educacionais e profissionais.

Enquadramento Biofísico da Recuperação de Áreas Ambientalmente Degradadas

João Paulo Fernandes*

1. Introdução

Pretende-se com esta comunicação realizar uma abordagem breve à questão dos conceitos de degradação e recuperação ambiental, de forma a melhor enquadrar a perspectiva técnica da gestão e intervenção construtiva no território.

2. Algumas questões/ /definições

- 1 - O que é uma área degradada? - é um área cujo potencial ambiental se encontra comprometido ou condicionado.
- 2 - O que é recuperar? - é repôr a plena funcionalidade do potencial ambiental natural de uma área.
- 3 - Em que consiste o potencial natural de uma área? - é uma função espacio-temporal que corresponde à capacidade que essa área tem de fornecer de uma forma sustentável recursos ou serviços ambientais aos diferentes usos (ou utilizadores) susceptíveis de nele ocorrerem.
- 4 - Recuperação ambiental de uma área consiste na reposição da sua funcionalidade enquadrada pela natureza do seu estado subsequente à perturbação que a "degradou". Reposição não significa reconstrução do original mas tão só apoio ao natural padrão de equilíbrio que qualquer sistema experimenta após uma perturbação.

O processo de recuperação ambiental constitui, desta forma, um processo criativo, dentro dos limites ou melhor, do enquadramento biofísico do local. Com efeito, uma perturbação qualquer que ela seja, não altera a natureza biofísica do condicionamento de um local, mas tão só o modo como esse condicionamento se manifesta.

O conceito de perturbação constitui, desta forma, um conceito chave na discussão da questão da recuperação de áreas ambientalmente degradadas ao permitir enquadrar mais claramente o significado da expressão "degradação". De facto, ao considerarmos que qualquer uso do território (seja ele realizado pelos seres humanos ou por qualquer outro ser vivo) determina neste um conjunto de acções (perturbações) que constituem, de qualquer ponto de vista, uma modificação da natureza desse território (ou lugar), temos de aceitar que a classificação de tal modificação como constituindo uma "degradação" depende exclusivamente do sistema de valores do intérprete dessas modificações.

De facto, independentemente das condições particulares de cada momento, a natureza (logo o potencial) de um local depende de um grande conjunto de factores locais e regionais, cuja forma de manifestação pode ser condicionada pelas perturbações, mas que continuam a determinar os padrões de funcionamento e evolução desse local. A alteração dessas condições na sequência de qualquer tipo de acção apenas na medida em que condicionam negativamente o potencial de uso para as sociedades

humanas ou valores de conservação (correspondentes na prática a usos de elevado valor para determinados grupos humanos) é que podem ser classificados como constituindo uma degradação.

Este carácter depende assim do utilizador e não da acção e como tal, há que relativizar a sua utilização.

Assim, considerar a recuperação de uma área degradada começa no criterioso reconhecimento/antevisão do modo como na sequência da acção perturbadora/degradadora as condicionantes se passarão a manifestar.

Para tal há que identificar as seguintes funções:

- recursos locais de condicionamento global
- recursos locais de condicionamento local
- fluxos regionais potenciais ou enquadramentos
- fluxos regionais reais ou actuais

Só dessa forma será possível desenhar uma intervenção que assegure a correspondência entre os trabalhos de recuperação e os sistemas eficazmente sustentáveis que melhor correspondem aos objectivos traçados - que não são necessariamente os climaxes.

3. Concretizando a recuperação

A recuperação de situações degradadas resultantes de acções humanas começa simultaneamente com o processo de planeamento dessa acção, na concepção da sua natureza em termos tais que as alterações resultantes no meio sejam minimizadas em termos das modificações consideradas como de carácter negativo, ou que sejam potenciadas alterações classificáveis como positivas.

Para tal, é fundamental uma detalhada caracterização do modo de funcionamento dos sistemas ecológicos locais e das suas condicionantes, assim como a previsão do modo como se irão organizar e ser condicionados os sistemas que irão resultar da intervenção. Dessa forma será possível não só conceber a intervenção com uma orientação específica em termos do sistema particular a criar e das suas condições de sustentabilidade, como, logo desde o seu início desenvolver as medidas complementares necessárias à recuperação e criação desse novo sistema.

Importa aqui acentuar que o que está em causa não é a camuflagem mas a criação de uma nova estrutura sustentável e com um valor preferivelmente idêntico ou superior ao dos sistemas anteriores à intervenção. Como a Figura 1 claramente evidencia as opções entre uma intervenção desintegrada das características do meio onde se insere e uma que siga as necessárias medidas de acordo com o objectivo de criar um novo sistema devidamente integrado e perfeitamente correspondente as novas condicionantes ecológicas do território, são perfeitamente diferenciadas pela natureza dos resultados.

Considerando por exemplo o caso das extracções de inertes podem-se apontar, só para o processo de recultivação, dos espaços afectado, os seguintes objectivos (MRICE, 1985):

- *prevenção de degradações da paisagem* causadas por superfícies estéreis e contornos artificiais e *reposição de um sistema natural equilibrado e funcional*, através de plantações de protecção para melhoramento climático e prevenção de danos decorrentes da erosão;
- recuperação das superfícies decorrentes da exploração no sentido do *estabelecimento de um novo uso*;
- *criação de células de regeneração ecológica*;
- *prevenção de riscos para os utilizadores do espaço*, através da reintrodução funcional e morfológica do espaço de exploração na natureza das formas e funções do espaço envolvente;
- *prevenção da poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas e da utilização abusiva do espaço explorado* para a deposição incontrolada de resíduos de qualquer natureza.

Para atingir estes objectivos há ainda, considerando o exemplo das explorações de inertes (pedreiras), que ter os seguintes cuidados (MRICE, 1985, adaptado):

- evitar "precipitar" o processo de recolonização introduzindo espécies estranhas à ecologia do lugar. A inadequação dessas espécies poderá retardar ou dificultar a introdução de espécies locais e implicará sempre a sua remoção;
- evitar utilizar solo proveniente de outros locais que não sejam edaficamente semelhantes, dado poder incorporar sementes de espécies não adaptadas que perturbem a instalação dos ecossistemas pretendidos;
- deve-se assegurar o desvio dos caudais afluentes de modo a evitar a formação de planos de água estagnados e a sua eutrofização;
- deve-se evitar a plantação de uma cortina contínua de vegetação arbórea (particularmente resinosas) nas margens dos planos de água, de modo a evitar a acidificação da água pelas agulhas;
- durante a exploração deve-se assegurar que não existe risco de contaminação por hidrocarbonetos ou lixiviados dos planos de água ou aquíferos.

Cada intervenção constitui assim sempre um caso particular em termos do seu potencial de utilização futura e dos custos económicos, sociais e ambientais da sua recuperação e revalorização. O principal factor na redução determinante destes custos é, como referido, o planeamento atempado do destino final e das medidas e calendarização a obedecer para atingir esse objectivo.

O plano de intervenção constitui, desta forma, o factor principal na determinação da capacidade de reutilização dos espaços de exploração e da viabilidade dos usos sucedâneos susceptíveis de se virem a estabelecer, ou que se pretenda instalar.

A inexistência destes cuidados determinará sempre a degradação dos espaços, estado que não passa de uma situação intermédia no sentido do estabelecimento de um novo equilíbrio ecológico dessa situação intermédia pela natureza dos riscos que encerra de perturbação e empobrecimento ecológico, que determina e a que

corresponde e pelo tempo necessário à sua eventual reintegração como sistema susceptível de prestar os serviços ambientais necessários à manutenção das condições de existência da espécie humana, é inaceitável em termos quer dos objectivos do Desenvolvimento Sustentável - a promoção da saúde e do bem estar dos seres humanos, quer da simples rentabilidade global do uso do território.

Não existem pois limitações à reutilização e revalorização dos espaços perturbados, existem apenas formas e maneios que tornam essa reutilização muito mais complexa e de instalação efectiva muito mais longínqua.

Referências bibliográficas

- Mc Donnel, M.J.; Pickett, S.T.A. (eds.), 1997 - Human as components of ecosystems - the subtle human effects and populated areas, Springer, New York
- MRICE - Ministère du Redeploiement et du Commerce Extérieur, 1985 - Potentialités Ecologiques des Carrieres - Ministère du Redeploiement et du Commerce Extérieur, Ministère de l'Environnement, Paris
- Pickett, S.A. et al, 1997 - The ecological basis of conservation, Heterogeneity, Ecosystems and Biodiversity - Chapman and Hall, New York

* Professor Auxiliar da Universidade de Évora

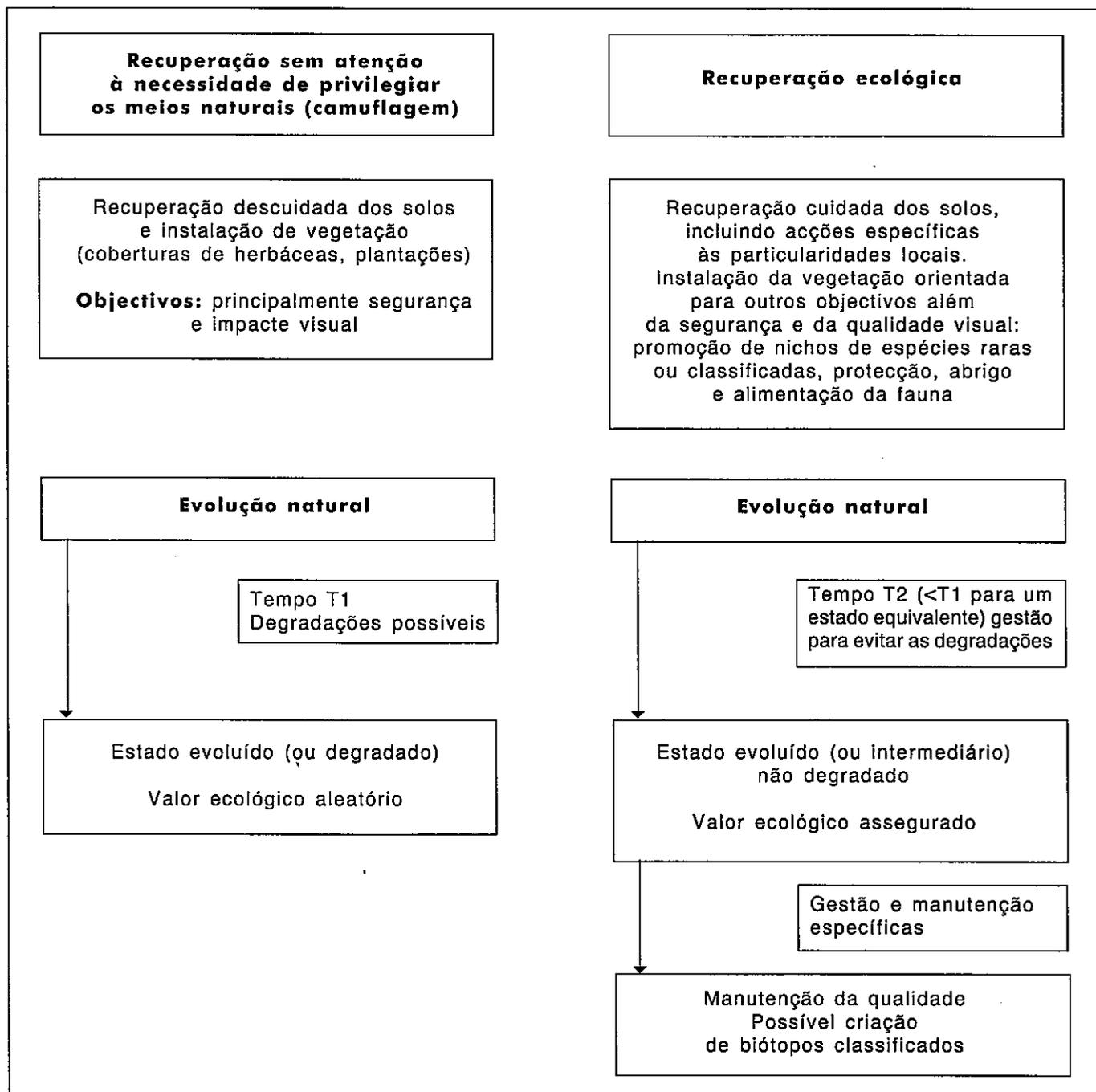


Figura 1 - Diferenças entre intervenções integradas e de camuflagem (MRICE, 1985).

Os alunos da Escola Superior Agrária de Castelo Branco podem beneficiar de:

**Bolsas de Estudo • Empréstimos
Refeitórios • Residências
Actividades Desportivas**

Encontram ainda apoio no Gabinete de Apoio e Informação (GAI), cujos objectivos são:

- Mobilidade de estudantes (inter-institucional);
- Obter colocação para a realização de Estágio Final de Curso;
- Ajudar na procura de emprego e nos contactos com empresas privadas e públicas.

A Ecologia da Paisagem na Promoção da Biodiversidade

Pedro José Proença de Almeida Baptista *

Resumo

Expõem-se algumas considerações acerca do papel da Ecologia da Paisagem, uma disciplina científica relativamente recente, na análise e diagnóstico ecológico do território, abordando-se os seus princípios base e relacionando estes com as problemáticas da conservação da natureza e do planeamento. Alude-se à emergência das redes ecológicas e ao entusiasmo que o seu desenvolvimento tem suscitado num contexto global de destruição e isolamento de habitats naturais e recursos biológicos. Faz-se uma caracterização sintética de algumas redes ecológicas já implementadas ou de concepção recente, reflectindo-se sobre as suas valências não só na promoção da diversidade biológica mas também em alguns processos ecológicos fundamentais à integridade do sistema biofísico.

1. Introdução

A forte dinâmica de alteração do território e a crescente produção de resíduos consubstanciam hoje dois aspectos fulcrais da degradação da ecosfera.

Se por um lado os resíduos (*sensu lato*) resultantes das actividades humanas corrompem os sistemas ambientais, a todas as escalas e os recursos naturais que estes geram, não é menos importante o papel da estrutura e dinâmica da paisagem na estabilidade dos sistemas ambientais e na valorização de muitos recursos naturais.

Com efeito, entre os quatro recursos naturais base (ar, água, solo e biodiversidade) é difícil reconhecer aquele que se encontra sujeito a uma maior pressão por parte do Homem.

De entre estes recursos a biodiversidade é aquele que provavelmente mais se relaciona com a organização dos espaços num território, sendo determinadamente afectada pela dinâmica e alteração dos usos do solo.

Essa alteração, transformando continuamente a estrutura da paisagem, pode sistematizar-se num conjunto de processos espaciais de que se destacam a fragmentação, a dissecação e a contracção dos elementos estruturais da paisagem, os quais têm conduzido ao isolamento e perda de habitat de muitas espécies e comunidades biológicas.

Contrariar essa tendência procurando atender às necessidades das comunidades humanas constitui hoje

um dos maiores desafios para uma disciplina relativamente recente, a Ecologia da Paisagem. São seus objectivos tentar compreender, de uma forma global, a funcionalidade da paisagem e os processos ecológicos que nela operam afim de melhor poder avaliar cenários alternativos de planeamento e gestão do território.

O recurso às teorias da ecologia da paisagem para reabilitar e valorizar a biodiversidade tem tido uma aplicação crescente nos últimos anos, estando actualmente na base da concepção das redes ecológicas.

As constatações realizadas e os resultados obtidos, ao nível da evolução da biodiversidade, permitem hoje considerar a ecologia da paisagem uma disciplina válida para caracterizar de modo crítico e modelar, o desenvolvimento e as alterações do mosaico paisagístico, assim como para gerar informação acerca do grau de perturbação a que a paisagem se encontra sujeita.

2. Ecologia da paisagem - - um instrumento de análise ecológica do território

2.1 Apontamentos teóricos

A ecologia da paisagem é uma disciplina científica relativamente recente que agrega conhecimentos da geografia e da ecologia. R. Forman, M. Godron, M. Turner, P. Risser, J. Wiens, entre outros, são os seus principais impulsionadores.

Esta disciplina tem como objectos de estudo a estrutura, a heterogeneidade e a perturbação da paisagem. Afirmando-se como disciplina livre no início da década de oitenta, apresenta um conjunto de conceitos úteis na análise e modelação das alterações da paisagem.

As teorias da ecologia da paisagem fundamentam actualmente metodologias de análise territorial de que emergem como pontos centrais a hierarquização e a complexidade dos sistemas ecológicos, mas sobretudo é uma disciplina que investiga como é que o Homem pode interagir com o seu ambiente na construção de um futuro sustentável.

Forman e Godron (1986) definem ecologia da paisagem como uma disciplina que investiga como é que se estrutura, funciona e altera no tempo uma combinação heterogénea de ecossistemas, tal como florestas, culturas agrícolas, sapais, pastagens e áreas urbanas. Quer se trate de uma paisagem natural quer de uma urbana, o que importa reter são (i) o padrão de distribuição dos elementos ou ecossistemas na paisagem; (ii) o fluxo de animais plantas, energia, nutrientes minerais e água entre estes elementos; e (iii) as alterações ecológicas no mosaico da paisagem ao longo do tempo.

O modelo espacial Mancha-Corredor-Matriz, desenvolvido por aqueles autores, procura caracterizar os componentes da estrutura da paisagem de forma a se reconhecerem os mecanismos de funcionamento e de alteração dessa paisagem.

Manchas, corredores e matriz (componente dominante) constituem os três tipos principais de componentes da estrutura da paisagem, sendo as suas características geométricas e ecológicas determinantes no funcionamento da paisagem através da influência que exercem na dinâmica dos processos ecológicos.

As manchas são entendidas como elementos relativamente homogéneos não lineares que contrastam do contexto envolvente (matriz), possuindo cada mancha qualquer característica que a unifica como entidade própria. Numa paisagem constituem exemplos de manchas uma albufeira, um terreno em pousio, um olival, uma parcela de eucalipto, etc.

Estruturalmente as manchas podem ser classificadas segundo o tamanho, a forma, o (bio)tipo e o número. As manchas características de uma paisagem apresentam sempre um arranjo espacial específico que pode assumir um conjunto muito variado de configurações. Assim, um conjunto de manchas pode apresentar uma configuração espacial que combina manchas de diferentes tamanhos, formas, biotipos e origem (remanescente ou introduzida), com distribuições de modo regular, casuístico ou agregado. É esta configuração espacial que determina o padrão da paisagem.

Os corredores são outra componente da paisagem que se distingue pela forma linear ou alongada e em que de ambos os seus lados o espaço adjacente se diferencia. Caracterizam-se por desempenharem um importante conjunto de funções de que se destacam a condução e o efeito de barreira, pelo que a sua largura e conectividade se assumem como os principais atributos.

Em termos biológicos os corredores são geralmente considerados como promotores dos movimentos bióticos e por disponibilizarem habitats extra de alimentação e/ou refúgio durante perturbações.

Os corredores naturais que podem associar-se aos cursos de água, vales encaixados, alinhamentos de elevações, baixas aluvionares e trilhos de animais, assumem nestas circunstância uma tendência curvilínea. Por outro lado, nos ecossistemas mais humanizados os corredores, essencialmente rectilíneos e estreitos, são constituídos por estradas, vias férreas, canais de rega, cercas e postes eléctricos, os quais criam uma malha que se sobrepõe aos corredores naturais, exercendo sobre eles muitas vezes o efeito de barreira.

Contíguos, ou mesmo sobrepostos a grande parte destes tipos de corredores, aparecem os corredores de vegetação que aí encontram um suporte para o seu desenvolvimento, normalmente exibindo uma vegetação que contrasta com a envolvente.

As galerias ripícolas, as sebes vivas, as árvores de alinhamento, os corredores verdes nas áreas metropolitanas, etc., são exemplos de corredores de vegetação que ocupam um lugar próprio na malha subjacente ao mosaico da paisagem.

A matriz é a componente mais comum de uma paisagem, podendo ser uma floresta, uma planície cerealífera, uma zona urbana, etc. A propriedade mais importante é constituir

o elemento de maior conectividade da paisagem, estando por isso ausentes no seu espaço interior barreiras aos fluxos de objectos e energia característicos do sistema ecológico configurado pela matriz.

São as características espaciais da matriz de uma paisagem que melhor evidenciam os processos espaciais dominantes nessa paisagem, já que permitem reconhecer, de alguma forma, a evolução recente dos usos do solo e o grau de alteração da natureza do ecossistema. Por influenciar a interpretação da paisagem, a identificação da matriz é realizada antes de se proceder à análise da estrutura da paisagem propriamente dita.

De uma forma sumária pode afirmar-se que a ecologia da paisagem se tem desenvolvido como uma disciplina que trabalha com grandes espaços, tentando compreender a sua estrutura, funcionamento e alteração, para dessa forma melhor fundamentar propostas de valorização ecológica da paisagem no âmbito do planeamento e recuperação dos ecossistemas.

2.2 Processos espaciais

O grau de humanização da paisagem pode ser reconhecido e sistematizado através de um conjunto de conceitos que exprimem o estado de integridade espacial de determinada unidade territorial.

Da evolução dos usos do solo e das actividades humanas em geral, resultam alterações nas características estruturais da paisagem que têm o maior efeito sobre a diversidade biológica e estrutura das populações de espécies silvestres. Com efeito, os ecologistas são de um modo geral unânimes relativamente ao facto do isolamento e perda de habitat constituírem as causas primárias da diminuição da diversidade biológica.

A primeira fase de humanização da paisagem caracteriza-se pela introdução de manchas atípicas ou desflorestação localizada, constituindo o processo espacial de **perfuração**. Paralelamente, faz-se incidir nesta fase também o processo espacial de corte, decorrente da introdução de corredores antrópicos, como as rodovias e ferrovias.

Os processos espaciais de perfuração e corte vão perdendo importância para os processos de **fragmentação** e **contração** da matriz da paisagem à medida que o grau de humanização se torna mais intenso. De forma global são estes dois processos que hoje em dia mais se fazem sentir, correspondendo a paisagens onde a humanização está perfeitamente consolidada mas onde os ecossistemas se podem apresentar num estado transitório.

Numa fase ulterior, a simplificação da paisagem em decurso da homogeneização de usos e/ou erosão e destruição de solos, domina o processo espacial de **desgaste**, quer de manchas remanescentes da matriz original, quer das manchas que foram sendo introduzidas.

O efeito destes processos espaciais sobre as características estruturais da paisagem reflectem-se naturalmente na qualidade ecológica dessa paisagem. Esses efeitos fazem-

se sentir sobretudo ao nível da redução da área disponível para habitats e espécies de interior, como por exemplo as populações de abetarda (*Otis tarda*) na estepe cerealífera alentejana que não toleram a proximidade de elementos estranhos a esse ecossistema.

Também o aumento da extensão total de fronteiras na paisagem, através dos processos de perfuração, corte e fragmentação, constitui uma alteração estrutural que proporciona a ocorrência de habitats de orla normalmente associados a espécies mais generalistas e oportunistas.

Estes efeitos encontram-se sistematizados na seguinte tabela.

Tabela 1. Efeito dos processos espaciais sobre as características estruturais da paisagem. (Adaptado de Forman, 1995).

Processo Espacial	Efeito sobre as características estruturais da paisagem*		
	Área de habitats de interior	Extensão total de fronteiras	Conectividade da matriz
Perfuração	↘	↗	—
Corte	↘	↗	↘
Fragmentação	↘	↗	↘
Contração	↘	↘	—
Desgaste	↘	↘	—

* (↘ redução - ↗ aumento)

2.3 Contribuição para o planeamento

Como ciência que se debruça sobre a influência da dinâmica espacial do território nos sistemas ecológicos regionais, a ecologia da paisagem congrega um conjunto de princípios e procedimentos metodológicos muito úteis no desenvolvimento de planos de ordenamento do território (*sensu lato*), como também de planos de ordenamento em áreas específicas como a floresta, a agricultura, o emparcelamento, a cinegética, o urbanismo e a conservação da natureza.

Com efeito, a consideração da ecologia numa perspectiva global, incluindo o Homem como um dos elementos preponderantes do sistema, mostra-se fundamental na articulação cooperativa entre os objectivos de integridade ecológica do território e de desenvolvimento sócio-económico e cultural.

Mais recentemente, as teorias da ecologia da paisagem, relevando a influência do padrão e heterogeneidade da paisagem na qualidade dos fluxos naturais, e os progressos nas teorias da biologia da conservação, relevando a importância na preservação da biodiversidade não só das relações espécies/área e espécies/distância como também a troca de informação genética entre populações, vieram possibilitar desenvolvimentos metodológicos no âmbito das redes ecológicas.

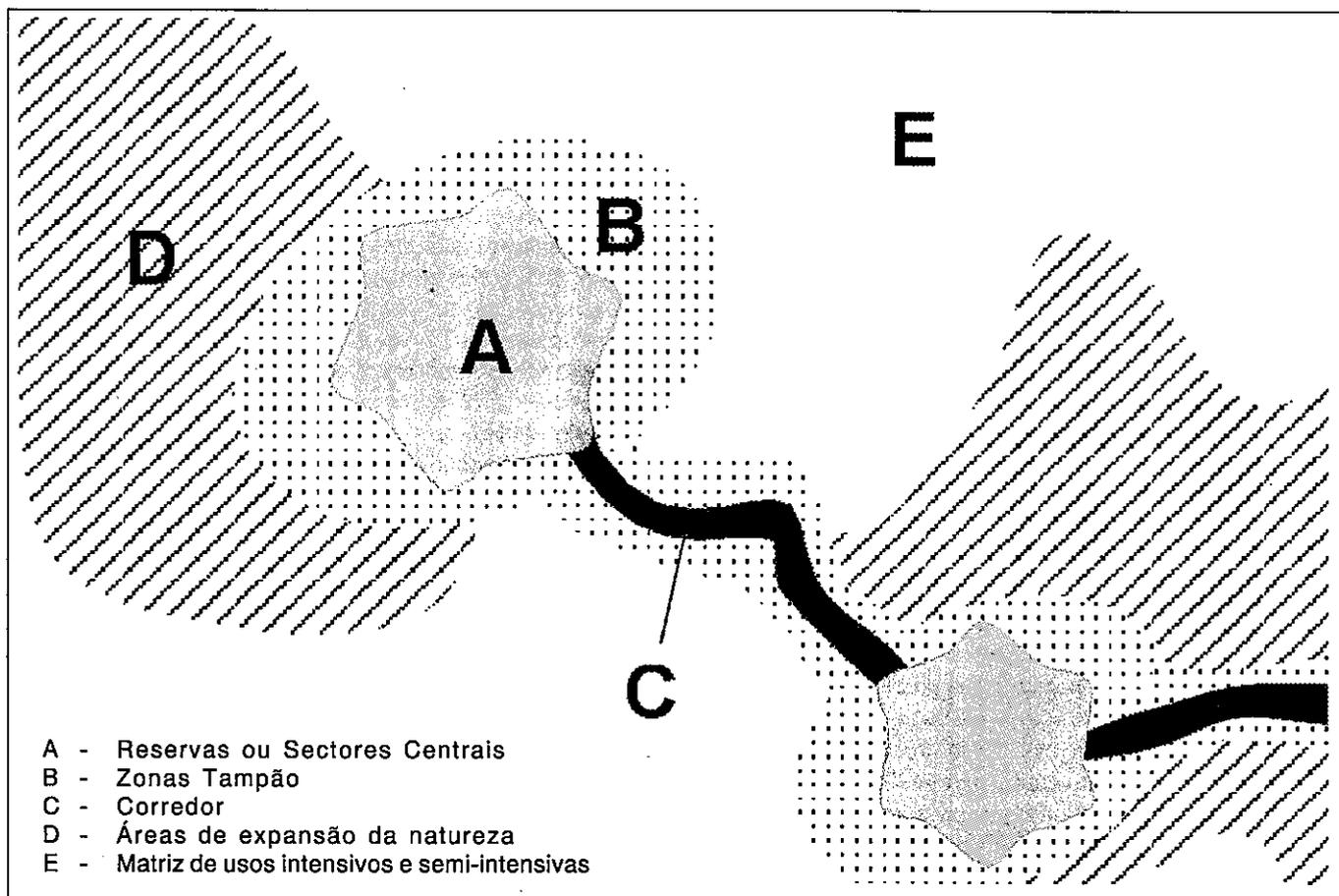


Figura 1 - Modelo genérico de uma Rede Ecológica

3. As redes ecológicas e a promoção da biodiversidade

3.1 Aspectos conceptuais

De um modo geral as redes ecológicas têm sido entendidas como estruturas naturais cujo grande propósito é fomentar a qualidade ecológica da paisagem. A preservação da biodiversidade e o controlo de processos físicos como o escoamento, a infiltração e a erosão, têm constituído objectivos primários na implementação de grande parte das redes ecológicas.

A região geográfica, determinando o enquadramento biogeográfico e a diversidade biológica, tem-se reflectido na complexidade estrutural das redes ecológicas. A qualidade ecológica da paisagem e o seu grau de humanização têm por outro lado influenciado a tipologia geométrica. As opções políticas também têm constituído outro nível de diferenciação do conceito de rede.

No contexto da preservação da biodiversidade o conceito de rede ecológica é entendido como uma estrutura de carácter essencialmente biológico que procura reforçar a conservação dos ecossistemas remanescentes de maior naturalidade, assim como estabelecer transições entre os ecossistemas da paisagem, adequadas à manutenção dos fluxos de espécies silvestres.

A estrutura de uma rede ecológica é normalmente

composta por quatro tipos de elementos complementares com funções específicas (Figura 1).

As Reservas ou Sectores Centrais (*Core areas*) constituem áreas cujas únicas funções são a conservação da natureza e a investigação científica com ela relacionada. É nestas reservas que se encontra uma maior concentração de valores biológicos e/ou presença de valores ímpares.

As Zonas Tampão (*Buffer zones*) constituem áreas envolventes às reservas centrais ou corredores cuja função é amortecer eventuais perturbações com origem externa que incidam sobre aqueles. São compatíveis com usos do solo extensivos, nomeadamente pastoreio e culturas agrícolas com pousios longos.

Os Corredores são áreas tendencialmente alongadas cuja função é conservar e promover o movimento dos fluxos de espécies silvestres no seio de uma metapopulação. Estes corredores podem adquirir diversas formas consoante os objectivos e as espécies alvo; de um modo geral os cursos de água e os alinhamentos geomorfológicos particulares, assim como a tipologia do coberto vegetal a estes associada, têm estado na base da definição deste elemento de ligação da paisagem.

As Áreas de Expansão da Natureza constituem áreas onde se desenvolvem usos muito diversificados, mas em que a presença de alguns elementos de maior naturalidade (galerias ripícolas bem conservadas, manchas de matos, afloramentos rochosos, etc.) lhe conferem características ecológicas distintas das áreas mais humanizadas.

Enquadrando todos estes elementos encontra-se a

Matriz de Usos Intensivos, onde dominam a ocupação urbana densa, a agricultura intensiva e os espaços abundantemente atravessados por corredores antropogénicos.

Naturalmente, esta concepção de rede ecológica assume especial relevo em paisagens muito alteradas pela construção de infraestruturas ou em vias de grande alteração estrutural. Em paisagens mais estabilizadas, nomeadamente a paisagem mediterrânea do sul da Europa, decorrente de um longo historial de usos agrícolas, onde a evolução desta se processou em estreita relação com o Homem, produziram-se habitats que dependem estritamente das actividades humanas, como a estepe cerealífera alentejana e a sua avifauna singular. Desta forma, as redes ecológicas terão de adaptar-se não só aos objectivos específicos de conservação biológica, mas também a particularismos envolvidos nas formas tradicionais de uso do solo.

3.2 Redes ecológicas em desenvolvimento

As redes ecológicas vêm-se tornando um importante pilar nas políticas de conservação da natureza nos continentes europeu e americano. Depois das primeiras políticas de conservação baseadas na protecção do sítio, os desenvolvimentos actuais apontam para o planeamento de sistemas de conservação da natureza.

As redes ecológicas têm sido desenvolvidas em diferentes contextos geográficos e administrativos, encontrando-se quase sempre integradas em projectos de redes a escalas mais abrangentes.

De uma forma geral, os princípios inerentes à sua implementação assentam na consolidação das áreas protegidas já instituídas em cada país ou região e na classificação de novos espaços com um vasto leque de níveis de condicionamento ao uso, dispostos geralmente segundo um gradiente de intensidade.

Um dos aspectos mais importantes na concepção de uma rede ecológica é a possibilidade de esta poder integrar um sistema hierárquico que articule diferentes níveis escalares, aos quais se associam objectivos e princípios complementares.

Nesta revisão optou-se por dividir as redes em continentais e em nacionais e regionais de forma a melhor se compreender o seu âmbito.

3.2.1 Escala continental

À escala continental a concepção de redes ecológicas encontra-se especialmente desenvolvida na Europa ocidental, através da *EECONET*, e no continente americano através do *The Wildlands Project*.

A esta escala as redes ecológicas procuram definir objectivos e princípios gerais, tendo essencialmente por base a consideração das grandes regiões biogeográficas e os seus ecossistemas mais importantes. As redes continentais permitem enquadrar e apoiar a concepção de redes nacionais e regionais, assim como possibilitam a criação de canais de cooperação internacional da

maior importância para articulação e compatibilização de trabalhos.

A rede ecológica europeia (*EECONET* - European Ecological Network) constitui uma iniciativa desencadeada pelo IEEP (Institute for European Environment Policy - Holanda) em 1991. O seu intuito é transmitir a ideia e a necessidade de uma protecção dinâmica e unificada entre espécies e habitats. Constitui igualmente um referencial para promover o desenvolvimento de redes ecológicas nacionais e internacionais cujo objectivo primário é preservar a biodiversidade e cessarem o declínio da natureza na Europa.

A *EECONET* baseia-se na identificação dos ecossistemas mais significativos como reservas centrais e na definição de medidas de conservação que mantenham e promovam os processos naturais de que dependem aqueles ecossistemas. Entre essas medidas incluem-se a protecção de corredores ecológicos, corredores que assegurem a migração e dispersão de espécies silvestres, e a protecção de áreas com potencial para a expansão da conservação da natureza, especialmente aquelas com importância para a funcionalidade da própria rede ecológica.

A criação de legislação específica é também recomendada como medida para as áreas não protegidas com significado para a dinâmica da *EECONET*.

No seu âmbito geral a rede europeia realça a importância da interligação dos biótopos e ecossistemas fragmentados das paisagens mais alteradas ou adulteradas, assim como o importante papel que poderá desempenhar na atenuação das consequências do aquecimento geral da atmosfera, durante o qual muitas espécies ficarão em perigo se não tiverem disponíveis novos habitats e corredores de acesso às zonas com condições climáticas mais adequadas.

No continente americano, o "The Wildlands Project", uma organização independente sediada no Arizona (EUA) composta por especialistas da conservação e por cidadãos interessados de todo o continente americano, está empenhada desde 1992 na criação de uma estratégia de reabilitação da vida selvagem na América do Norte.

O "The Wildlands Project" aspira à protecção e reabilitação da integridade ecológica e da biodiversidade da América do Norte, e coordena o estabelecimento de um sistema de reservas interligadas por corredores para os fluxos de espécies e envolvidas por zonas tampão.

Coopera para isso com organizações locais independentes nas mais diversas áreas em todo o continente, para se desenvolverem propostas de sistemas de reservas para cada biorregião e se proceder ao seu ajuste num modelo coerente à escala continental.

A efectiva implementação deste projecto contempla os seguintes aspectos:

- proteger e recuperar as populações de todas as espécies naturais, incluindo os predadores;
- proteger e recuperar todos os tipos de ecossistemas naturais;
- manter os processos ecológicos e evolucionários;
- activar a resiliência de espécies e ecossistemas de modo a conseguirem fazer frente a alterações como o aquecimento global.

Consciente de que a implementação destes sistemas de reservas levará muitas décadas, pois trata-se de um projecto a longo prazo e em que estão envolvidos ciclos biológicos longos, esta organização apela à protecção das áreas naturais actuais tão rápido quanto possível e à identificação e recuperação das áreas já degradadas.

O "The Wildlands Project" espera também vir a inspirar o desenvolvimento de propostas de conservação semelhantes noutros continentes.

3.2.2 Escala nacional e regional

Com a delimitação do âmbito das redes ecológicas continentais criaram-se os referenciais espacial e normativo para o desenvolvimento de redes nacionais e regionais.

Em muitos países, especialmente no norte e centro da Europa e de diversas regiões da América do Norte e Central, muitas iniciativas para o desenvolvimento de redes ecológicas têm vindo sucessivamente a ter lugar.

Cabe aqui em poucas linhas apresentar apenas uma análise sumária sobre algumas redes actualmente em desenvolvimento, realizada por país ou região, e um caso internacional na América Central.

Holanda - Sendo um dos países mais industrializado e densamente povoado, a Holanda assistiu mais do que outros países à redução da sua biodiversidade e degradação geral de habitats naturais. A elevada densidade de barreiras aos fluxos de espécies e o peculiar sistema de drenagem natural deste país são aspectos críticos da rede ecológica holandesa proposta em 1991. Com efeito, o grau de isolamento dos habitats naturais remanescentes e os processos de escoamento e infiltração encontram eco nos inúmeros corredores de ligação propostos, para o primeiro caso, e na classificação de todos os principais cursos de águas como corredores e de muitas zonas de maior infiltração formadas por solos permeáveis dedicados a usos agrícolas ou florestais intensivos, para o segundo caso. Salienta-se ainda o facto de a rede holandesa ter sido concebida dando especial atenção às espécies alvo, definidas anteriormente com base no processo das directivas comunitárias "Aves" e "Habitats".

Polónia - A rede ecológica polaca, proposta em 1995, tem como objectivo formar um sistema integrado de áreas que reúnam os maiores valores naturais a nível nacional e internacional.

Cada área do sistema deverá caracterizar-se por uma elevada percentagem de paisagens naturais ou semi-naturais, assim como pela presença de áreas de usos extensivos. De forma a consolidarem-se, deverão ser integradas espacial e funcionalmente por uma rede de ligações naturais (ecocorredores). Na concepção da rede a abordagem da conservação da natureza é orientada sobretudo pelos aspectos relativos à paisagem e às espécies. Desta forma, os

critérios para a selecção de áreas a incluir na estrutura da rede ecológica polaca, foram definidos tendo por base o valor das estruturas naturais, nomeadamente no que respeita à diversidade biológica, ao carácter natural, à ocorrência rara e ao grau de ameaça. Para além disso, a criação da rede orientar-se-á ainda por um conjunto de princípios gerais relacionados com a sustentabilidade da própria rede:

- integrar todos os habitats típicos de uma região na rede ecológica nacional;
- assegurar a unidade espacial e funcional da rede ecológica com vista à protecção das migrações e dispersão de diferentes espécies;
- incluir as actuais áreas protegidas;
- verificar a importância de serem incluídos os usos agrícolas tradicionais e áreas para a piscicultura, assim como ecossistemas semi-naturais.

América Central - Em 1994, numa cimeira presidencial das Américas, todos os setes países da América Central acordaram em considerar uma prioridade no âmbito da conservação da natureza implementar o Corredor Biológico da América Central - o projecto "Paseo Pantera". Constitui um projecto sem fins lucrativos, concebido por diversas instituições internacionais na área da preservação da biodiversidade, que pretende organizar a criação de um corredor de ligação entre áreas protegidas, terrestres e marinhas, desde o Panamá ao norte da Guatemala. Quando completo, esse extenso corredor verde permitirá a migração norte/sul e sul/norte a espécies animais com extensos territórios de dispersão. A estratégia assenta na aquisição de terras e na sua conversão em reservas protegidas ligadas numa rede verde em todo o istmo da América Central, assim como na implementação de um programa de ecoturismo gerido de forma equilibrada. O turismo deverá dessa forma tornar-se numa importante fonte de sustento financeiro da rede ecológica.

Região de Madrid (Espanha) - As acções e programas de conservação da natureza em Espanha são da responsabilidade de cada região, nesse contexto cada uma delas desenvolverá a sua rede ecológica tendo como referencial a rede ecológica espanhola definida no âmbito da EECONET. A Região de Madrid apesar de ser relativamente desenvolvida, os seus ecossistemas e habitats não se encontram tão degradados e fragmentados como os da Europa do norte. Não obstante, esta região encontra-se actualmente numa fase de preparação da proposta para a criação de uma rede de conservação da natureza. Possuindo uma biodiversidade em grande parte dependente dos usos do solo tradicionais, a rede terá de privilegiar a manutenção de paisagens agrícolas semi-naturais.

Nessa rede existirão diferentes níveis de protecção e as zonas identificadas como zonas núcleo serão dotadas de uma figura legal, como espaços protegidos. O

grau de protecção deverá garantir as medidas necessárias para se preservarem espécies e ecossistemas objectos de conservação. No caso dos corredores e zonas tampão ou a restaurar, a existir uma grande variedade de situações, será necessário um grande esforço de integração das normas existentes com as que forem criadas no âmbito da rede de conservação. A rede coloca ainda grande ênfase no processo de participação pública, o qual deverá, além de dar a conhecer a rede, ouvir as sugestões dos diversos agentes sociais.

Portugal - Em Portugal não se encontra actualmente em desenvolvimento nenhuma rede ecológica segundo as directrizes da EECONET. Existe contudo uma rede de áreas protegidas e a Reserva Ecológica Nacional (REN) um instrumento legal de grande significado na estabilidade da paisagem. A REN define, através de critérios específicos, um conjunto variado de sub-sistemas naturais cuja integração resulta numa estrutura biofísica que procura, no essencial, manter controlados os processos ecológicos de carácter físico importantes no funcionamento dos ecossistemas, como o escoamento, a erosão, a infiltração e a desertificação, naturalmente na perspectiva humana.

Embora esses processos sejam condição necessária para a viabilidade dos ecossistemas, não são suficientes para assegurar a produtividade ecológica e a preservação da biodiversidade. Na realidade a REN funciona como condicionante ao uso de determinado local e não como instrumento que conduza à recuperação ou mesmo manutenção dos elementos biológicos. É em grande parte este aspecto que limita o funcionamento da REN como rede de conectividade ecológica. Contudo a REN constitui um instrumento compatível com outro tipo de redes ecológicas, permitindo mesmo a sua consolidação, já que em parte afecta áreas cujas características físicas se relacionam com elementos de uma rede ecológica como são por exemplo os cursos de água e os escarpados, potenciando deste modo a transição biológica ao longo da paisagem.

4. Considerações finais

O recurso às teorias da ecologia da paisagem no planeamento e no desenvolvimento de redes ecológicas

vem mostrando um crescendo de casos. A sua aplicação na definição de princípios, objectivos e propostas no âmbito das políticas de conservação é de grande importância.

Na comunidade europeia as redes ecológicas têm sido impulsionadas no quadro da Rede Natura 2000 essencialmente através das directivas "Habitats" e "Aves" as quais oferecem uma excelente oportunidade para se desenvolver uma rede europeia de habitats coerente.

Não pode contudo deixar-se de referir que a preservação da biodiversidade é apenas um dos aspectos envolvidos na apreciação da qualidade ecológica do território. Deste modo, nas estratégias de melhoria geral da qualidade ambiental, para além da consideração dos processos biológicos (migração, dispersão, reprodução, etc.), deverão ter-se em conta processos físicos como o escoamento, a infiltração, a erosão, a desertificação, entre outros, pois exercem uma forte influência na dinâmica ecológica do território e portanto na sua sustentabilidade.

5. Referências bibliográficas

- Bennett, G. (1991); *Towards a european ecological network*, Institute for European Environmental Policy, The Netherlands.
- Forman, R.T. (1995); *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Forman, R.T. & Godron, M. (1986); *Landscape ecology*; John Willey and Sons, USA.
- Jongman, R.H. (1995); *Ecological networks, a new strategy for nature planning in Europe: congruent development*; Encontro EECONET e o Wildlandsproject, Fund. Luso-Americana, Lisboa.
- Noss, R. (1992); *The Wildlands Project, land conservation strategy*. In: Wild Earth, special issue. *The Wildlands project*. New York.
- Risser, P.G. (1995); *The status of the science examining ecotones*. BioScience, 45:318-25.
- Turner, M.G. (1990); *Spatial and temporal analysis of landscape patterns*, *Landscape Ecology*, 1:241-51.
- Wiens, J.A. (1995); *Landscape mosaics and ecological theory*. In: Hansson et al., *Mosaic Landscapes and Ecological Processes*. Chapman and Hall. London.

* Doutorando do Departamento de Ecologia da Universidade de Évora (bolseiro/ FCT, ex-JNICT BD-2649/93-RN)

Assine, Leia e Divulgue

Agroforum

A sua Revista de Divulgação Agrária

O Desenvolvimento Rural só é possível se **Formação, Investigação, Técnicos e Agricultores** estiverem em permanente contacto

Centro de Formação Profissional Agrária Pós-Graduada da Beira Interior [INIA, DRABI e IPCB]

Integrado no Programa de Formação Profissional de Técnicos e Centros de Investigação Agrária (aprovado pela Comissão das Comunidades Europeias e pelo Programa Específico de Desenvolvimento da Agricultura Portuguesa)

OBJECTIVOS:

- Desenvolvimento das estruturas de investigação aplicada à agricultura;
- Reforço dos meios de divulgação audio-visual agrícola;
- Formação especializada de Docentes;
- Formação Pós-Graduada de Técnicos;
- Formação de Divulgadores.



Escola Superior Agrária, Quinta da Sr^a de Mércules • 6000 CASTELO BRANCO
Telef (072) 32 75 35; Fax (072) 32 88 81

Impacte Ambiental de Antigas Minas de Sulfuretos Localizadas no Alentejo

André Matoso (*) (1)

1. Introdução

O abandono de uma mina conduz a uma série de implicações, entre as quais se destaca a afectação do meio ambiente.

Os problemas ambientais existentes no Alentejo relacionados com antigas explorações mineiras, resultaram da cessação da actividade mineira sem que tivessem sido adoptadas, ou sequer previstas, quaisquer medidas mitigadoras dos seus impactes.

Esta realidade prende-se com o facto de que o "mineiro" possuía outro tipo de preocupações, relacionadas com problemas de segurança e produtividade, que o levaram a relegar para um plano secundário a fase do abandono, que só era encarada, salvo raras excepções, no período final e mais crítico da operação mineira, quando as restrições económicas eram mais graves e, em muitos casos, já se haviam atingido situações ecológicas quase irreversíveis.

Acresce ainda, que é bastante recente a sensibilidade para este tipo de problemas, sentindo actualmente os responsáveis por empreendimentos mineiros necessidade de abordar a fundo o abandono racional de uma mina. Igualmente a administração pública tem vindo a tomar consciência progressivamente, deste problema.

As principais consequências ambientais deste tipo de problema, relacionam-se com a degradação da qualidade dos solos e do meio hídrico superficial

e subterrâneo, afectando a fauna e flora aquáticas e terrestres, animais domésticos e, indirectamente, consumidores humanos.

2. Caracterização dos principais problemas ambientais

A água constituiu sempre um factor fundamental para as operações de mineração metálica, nomeadamente na separação minério-estéril e como fonte energética, justificando-se assim que muitas minas e instalações metalúrgicas se situem muito próximas de cursos de água ou a eles ligados através de condutas.

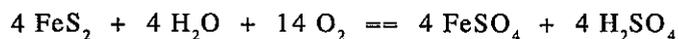
As principais degradações ambientais relacionadas com a actividade mineira são causadas pela existência de drenagem ácida (formação de águas ácidas).

2.1 Problema da formação de águas ácidas

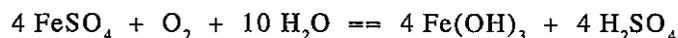
Quando uma mina de sulfuretos é abandonada, a água que circula através da rede de trabalhos mineiros (poços, galerias, etc.), escombrelas de estêreis e restos de minério, conduz à acidificação do meio envolvente

e à lixiviação de sulfuretos, vulgarmente conhecida por **drenagem ácida**.

Estes, em contacto com a água e com o oxigénio atmosférico, dão origem, por oxidação, a sulfato ferroso (solúvel), reacção que é acelerada pela presença de bactérias catalisadoras (especialmente a espécie *Thiobacillus ferrooxidans*) e acompanhada por uma elevada produção de ácido sulfúrico (1):



A subsequente oxidação do ferro ferroso produz hidróxido de ferro (insolúvel), o que contribui para o aumento da acidez:



A título de exemplo refira-se que 1g de enxofre contido em pirite produz 3,059g de ácido sulfúrico.

A manutenção de metais nas águas ácidas, nomeadamente metais pesados, depende de diversos factores, nomeadamente do pH, conteúdo em ferro, potencial redox e temperatura.

Esta drenagem ácida provoca graves problemas ecológicos que podem persistir bastante tempo após o abandono das actividades mineiras, dificultando o desenvolvimento de uma cobertura vegetal espontânea nas áreas envolventes e sobre as escombrelas e, ainda, a degradação de ecossistemas ribeirinhos próximos (2).

Em termos de toxicidade, podem colocar-se graves riscos, uma vez que a elevada acidez do meio (frequentemente com $\text{pH} < 3$) aumenta a solubilidade dos metais, incluindo alguns com efeitos tóxicos variáveis, tais como chumbo, cádmio, arsénio, mercúrio, zinco e níquel.

Outra consequência negativa relaciona-se com o decréscimo de oxigénio no meio aquático, devido ao seu elevado consumo no processo de oxidação do ferro ferroso.

3. Principais minas antigas, produtoras de águas ácidas

Com base num mapa publicado pelo Serviço de Fomento Mineiro, é possível identificar na região Alentejo 34 minas antigas onde existe produção de drenagem de águas ácidas, tratando-se principalmente de minas de pirite e/ou de pirite cuprífera (Fig 1).

A maioria destas minas pertence à província metalogenética denominada Faixa Piritosa Ibérica (estendendo-se de Sevilha até próximo de Grândola), correspondendo os jazigos a lenticulas de sulfuretos polimetálicos com volumetria e tonelagem variadas. São exemplos de minas desta província: Caveira, Lousal, Aljustrel, Montinho, Chança e São Domingos. Outros tipos de jazigos correspondem a sulfuretos de cobre disseminados (Ex.º: mina da Tinoca) ou em associações filonianas (Ex.ºs: minas de Miguel Vacas, Granja-Mociços, Caeira, Mostardeira, Aparis, Juliana, Barrigão, Algaré).

Apesar do fraco conhecimento sobre o período pré-romano, o historial da primitiva mineração no Alentejo

parece estar ligado aos tartessos, seguidos dos cartagineses e mais tarde dos romanos. As actividades mineiras dos romanos foram também muito importantes nas minas de Caveira, Lousal, Montinho e São Domingos, onde exploraram cobre, prata e ouro. Em Aljustrel, os grandes depósitos de escoriais mal fundidos existentes junto à mina de Algares (450.000 ton.) (3), contêm mais de 3.5% Cu - os atribuídos aos fenícios ou cartagineses - e menos de 0.5% Cu, os de origem romana.

Com base em observações de campo, consideram-se como responsáveis pelas degradações ambientais mais graves, as seguintes minas: Tinoca, Caveira, Lousal, Aljustrel e S. Domingos.

Mina da Tinoca

- Concelho de Campo Maior.
- Bacia do Rio Xévorá (Guadiana).
- Drenagem para a Ribª de Abrilongo (3 Km).
- Mineralização objecto de exploração: sulfuretos de cobre disseminados (principalmente calcopirite e pirite) e magnetite, tendo sido a lavra efectuada através de uma rede de trabalhos subterrâneos, ligada à superfície por 3 poços.
- Primeiras actividades de origem romana, tendo tido grande importância em meados do século XIX, datando a primeira concessão de 1885. A mina era propriedade de uma companhia inglesa quando encerrou definitivamente, em 1934.
- Produção total: cerca de 26.000 T.
- A drenagem ácida é originada a partir de **escombrelas, antigas bacias de cementação e poços mineiros**. Até 3 Km a jusante são notados os efeitos da acidez no ecossistema fluvial. O impacte ambiental desta drenagem ácida envolve ainda a projectada construção da barragem de Abrilongo destinada ao regadio de solos em Espanha (6250 ha) e Portugal (5000 ha) porque afectará a qualidade da água da futura albufeira, em termos de acidez e conteúdo em metais pesados, com sérias consequências para a sua utilização.

Mina da Caveira

- Concelho de Grândola.
- Bacia Hidrográfica do Rio Sado.
- Drenagem dirigida para a Ribª de Grândola.
- A actividade mineira nesta zona foi bastante importante durante o período romano, ao qual são atribuídas várias galerias, poços e cerca de 300.000 toneladas de escoriais. A sua primeira concessão data de 1863 e os trabalhos mineiros foram suspensos em 1943.
- O jazigo explorado é constituído por pirite maciça associada a sulfuretos de cobre, zinco e chumbo. A produção total foi de 5000 toneladas de cimento de cobre.
- Principais degradações ambientais: afectação da paisagem, da qualidade das águas superficiais, da qualidade dos solos e, eventualmente, da qualidade das águas subterrâneas, como consequência da drenagem ácida produzida a partir de grandes volumes de escombrelas metalíferas (valores de pH próximos de 2; valores de Condutividade entre cerca de 50.000 e 20.000

mS/cm, determinados em Fev^o 97, na linha de água adjacente à área mineira).

Mina do Lousal

- Concelho de Grândola.
- Bacia Hidrográfica do Rio Sado.
- Drenagem dirigida para a Rib.^a de Corona.
- Jazigo redescoberto em 1882 (os romanos exploraram um jazigo aflorante), concedido em 1900 e trabalhos mineiros suspensos no final de 1988.
- Jazigo constituído por 18 massas de pirite cuprífera intercaladas em xistos grafitosos. Minério utilizado na indústria de adubos e produção de ácido sulfúrico.
- Principais degradações ambientais:
 - 1) pedreira (área de 7 ha e taludes com alturas de 30 m), de onde provinha o material para enchimento das zonas exploradas, que comunicava com as galerias da mina através de chaminés de descarga. Não foi objecto de qualquer medida de recuperação paisagística;
 - 2) drenagem ácida em áreas adjacentes às antigas instalações industriais, drenando para a área da pedreira e Rib.^a de Corona;
 - 3) zona situada junto à antiga estação ferroviária de Lousal, onde era efectuado o armazenamento de pilhas de minério até serem escoadas por via férrea. Mantém-se a drenagem ácida em direcção à Ribeira de Corona, distante cerca de 300 m.

Na Rib.^a de Corona determinaram-se valores de pH (1993) entre 2 e 3 e valores de condutividade entre 2 e 11 mS/cm

Minas de Aljustrel (S. João, Algaes e Feitais)

- Concelho de Aljustrel.
- Bacia Hidrográfica do Rio Sado.
- Drenagem geral em direcção à Rib.^a do Roxo, situada a cerca de 6 Km para N.
- 4 minas: 2 suspenderam os trabalhos mineiros por motivos económicos (Feitais e Moinho) e 2 devido ao esgotamento dos jazigos, que afloravam (Algaes e S. João).
- Início da actividade mineira atribuído aos fenícios e cartagineses e, posteriormente, aos romanos, datando de 1847 a primeira concessão oficial.
- Em todas as minas foram explorados jazigos de sulfuretos complexos, com predominância de pirite cuprífera em associação com prata, ouro e sulfuretos de zinco, chumbo e arsénio.
- A produção de cimento de cobre totalizou 33.000 toneladas. Outra aplicação: indústria de ácido sulfúrico.
- Principais degradações ambientais relacionadas com drenagem ácida que afecta a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a paisagem, a qualidade dos solos adjacentes e a fauna e flora, nomeadamente aquáticas (5). Os danos ambientais foram iniciados com as primeiras explorações, devido à acumulação de escoriais mal fundidos (contendo mais de 3.5% de cobre, os mais antigos e 0.5% de cobre os de origem romana), totalizando cerca de 450.000 toneladas.

As 3 principais zonas afectadas:

Área da mina de Algaes - Permanecem as consequências do método utilizado até aos anos 70 na beneficiação do minério (cementação de cobre). Este tratamento consistia na lixiviação do minério, por águas ácidas provenientes das minas de Algaes e Feitais (com sistemas de drenagem ligados em profundidade), percolando através de pilhas de minério e de antigas escombrelas metalíferas. Em seguida, estas águas circulavam em lagoas de cementação e de evaporação, acumulando-se por fim numa albufeira de águas ácidas, de construção bastante antiga, ocasionalmente lançadas na rede de drenagem, no troço superior da Rib.^a de Água Forte, afluente da Rib.^a do Roxo. Actualmente, embora já não se procede a este tipo de tratamento, é necessário continuar a bombear para a referida albufeira, as águas do sistema Algaes-Feitais, para rebaixar o nível freático local, por forma a não afectar os trabalhos mineiros na mina do Moinho. A lixiviação natural das escombrelas, pela escorrência e infiltração de água de origem pluvial, mantém uma drenagem ácida em direcção à Rib.^a de Água Forte.

Área da mina de São João - existência de drenagem ácida (embora de menor dimensão) relacionada com a área da antiga mina, a partir de antigas zonas industriais e anexos mineiros, em direcção à Rib.^a de Água Azeda.

• Características médias das águas ácidas produzidas (4):

	Algaes	S. João	Feitais
Caudal médio anual (1.000 m ³ /ano)	60	60	120
Sulfatos (mg/L)	4300	4300	4300
Cu (mg/L)	83	2.1	14
Pb (mg/L)	0.26	0.35	0.20
Fe (mg/L)	2000	1100	600
Zn (mg/L)	3300	253	180
Cd (mg/L)	7.5	0.14	0.41

Valores de pH normalmente entre 2 e 3

Monte das Pedras Brancas - Área a cerca de 7 Km ESE de Aljustrel onde, desde 1879, a empresa concessionária operava uma instalação metalúrgica sendo a pirite queimada e depois lixiviada, sendo as águas ácidas resultantes, sujeitas a um processo de cementação. Os efeitos nocivos da drenagem ácida são ainda hoje perfeitamente visíveis nos solos adjacentes e numa linha de água com o sugestivo nome de Barranco da Água Azeda. Valores determinados em 1993: pH 3.05 e Condutividade 1.38 mS/cm.

Mina de São Domingos

- Localizada a cerca de 16 Km de Mértola, constituiu um centro mineiro histórico em Portugal, tendo existido uma intensa actividade mineira romana (que explorava apenas o ouro contido no "chapéu de ferro"), produzindo cerca de 750.000 toneladas de escórias de minério.
- Localizada na bacia hidrográfica do Rio Guadiana, a drenagem da área mineira é feita em direcção ao Rio Chança, distante 3 Km.
- O jazigo (aflorante) era formado por uma única massa vertical de pirite cuprífera (associada a sulfuretos de zinco e chumbo). Até 120 m abaixo da superfície topográfica, a exploração foi a céu aberto, sendo feita através de poços e galerias subterrâneas até ao piso - 420 m.
- Entre 1857 e 1966, foi regularmente explorada pela companhia britânica "Mason & Barry, Ltd.", sob contrato com a concessionária espanhola "La Sabina", até ao seu completo esgotamento, tendo sido extraídos 25.000.000 T de minério.
- Além da produção de concentrados de cobre, foram processados 9.9 milhões de toneladas de pirite cuprífera, como fonte de enxofre elementar.
- 2 hm³/ano - efluente mineiro produzido, durante a fase produtiva (6).
- Após a suspensão da mineração e até 1968, funcionou afectada por várias deficiências, uma instalação destinada ao aproveitamento (por lixiviação e cementação) do cobre contido no minério considerado estéril.

Como resultado da cessação das operações mineiras, sem quaisquer preocupações para evitar ou minimizar os riscos ambientais, os principais problemas são actualmente os seguintes:

- 1) existência de um enorme reservatório de águas ácidas, junto à povoação da Mina de São Domingos, com uma profundidade de 122 metros, formado pela acumulação de água na antiga zona da mina a céu aberto, tendo sido inundada toda a rede de trabalhos subterrâneos;
- 2) drenagem ácida produzida a partir de inúmeras escombrelas metalíferas, afectando a qualidade das águas superficiais e dos solos envolventes, ao longo de vários quilómetros até atingir a Ribeira do Mosteirão, afluente do Rio Chança onde se localiza a albufeira da barragem do Chança, construída em 1985;
- 3) permanência de antigas bacias de retenção de águas ácidas, que favorecem a sua infiltração, com a consequente possibilidade de afectação da qualidade de recursos hídricos subterrâneos (total da superfície de evaporação criada: 97 ha).

Valores determinados em Abril de 1997, na Rib.^a de Mosteirão: pH - 3,55; Cond. - 2.182 µS/cm.

4. Problemática de reabilitação de áreas mineiras abandonadas

Com base no Plano Nacional da Política de Ambiente (7), constata-se que, até ao ano 2000, não está previsto efectuar a inventariação das zonas associadas a solos contaminados ou o lançamento de medidas correctoras (passivas ou activas), se exceptuarmos a descontaminação dos solos da zona da EXPO'98, pelo que dos cerca de 1000 milhões de contos que se prevê venham a ser investidos, até 1999, em matéria de Ambiente, previsivelmente não será afectada qualquer verba a esta problemática.

A tendência geral na UE aponta para a utilização de estratégias passivas (restrição ao uso dos solos contaminados e contenção da lixiviação), até que surjam técnicas baratas para o seu tratamento. No caso da Alemanha, irão ser dispendidos cerca de 450 milhões de contos, fundamentalmente na descontaminação de solos dos *lander* da ex-RDA. Nos EUA, cerca de 20.000 Km de cursos de água encontram-se degradados por drenagem ácida de minas, estimando-se que 90% desta drenagem tenha origem em áreas mineiras abandonadas.

5. Técnicas de reabilitação de áreas mineiras abandonadas

Existem actualmente diversas técnicas visando a reabilitação de antigas áreas mineiras, envolvendo custos variáveis e sendo função do tipo de exploração que foi praticada. A título de exemplo, poderão ser indicadas as seguintes:

preventivas - actuam sobre algum destes 3 factores que concorrem para a formação de águas ácidas: oxigénio, água ou bactérias *Thiobacillus ferrooxidans* (técnicas muito recentes).

- inundação ou selagem de minas
- redução da afluência de água à zona mineira/impermeabilização
- inibição bacteriana (outras bactérias; detergentes aniónicos - lauril sulfato de sódio; substâncias orgânicas conservantes - sais de ácidos orgânicos)

correctoras - aplicáveis para tratar as águas ácidas associadas a ambientes mineiros.

Correcção da drenagem ácida:

- instalações para Neutralização Química + Oxidação + Precipitação (ex.: uso de filtros de calcário + arejamento + precipitação em tanques de sedimentação);
- filtros para permuta iónica (resinas sintéticas de alto peso molecular) - desionização;

- instalações para osmose inversa (uso de membranas semipermeáveis);
- tratamentos biológicos (com bactérias *Desulphovibro desulphicans*, com musgos do género *Sphagnum*, ou com *Typha*).

Tratamento de escombrelras:

- remoção para o sistema mineiro subterrâneo ou zona de lavra a céu aberto, ou para outro destino final ;
- estabilização da morfologia dos aterros, posterior impermeabilização, cobertura com solo e revegetação.

6. Conclusões

Face às situações existentes, torna-se necessário e premente resolver os casos de degradação ambiental provocada por antigas actividades de mineração no Alentejo, criando as condições necessárias para a reabilitação das áreas afectadas e conferir-lhes, se possível, novas utilizações, de carácter produtivo ou não. Através da sua reabilitação, poderão ser criadas condições para um novo uso do solo, substancialmente diferente, implicando a colocação dos terrenos em determinadas condições morfológicas e de produtividade, de acordo com um plano prévio de utilização das áreas anteriormente afectadas e procurando-se alcançar um estado ecologicamente estável, conseqüente com os valores biofísicos da zona onde se inserem.

Os benefícios mais imediatos estarão associados à revalorização paisagística e melhoria da qualidade do solo, permitindo a sua utilização para uso agrícola ou pastoril, bem como a melhoria da qualidade da água, a qual poderá ser utilizada para rega ou actividades de lazer. Os benefícios a prazo poderão relacionar-se com um eventual aproveitamento das antigas áreas mineiras em termos de arqueologia industrial, através da criação de museus mineiros que exibam equipamentos, minerais, a história da mineração, testemunhos de antigas civilizações que aí viveram e trabalharam, etc. Este aproveitamento não só terá benefícios em termos económicos, como permitirá uma melhor divulgação do património cultural.

Considera-se que a reabilitação das áreas afectadas pelas 5 minas anteriormente indicadas, poderia ser alcançada através da concretização de projectos que poderiam englobar as seguintes fases:

- 1- caracterização da situação de referência de cada uma das zonas afectadas (caracterização biofísica e ambiental) e determinação do seu enquadramento jurídico-administrativo.
- 2- identificação dos impactes actuais, com reflexo nas diversas componentes ambientais.
- 3- determinação das causas, características e avaliação dos efeitos desses impactes.
- 4- definição de propostas de medidas correctoras, que reduzam a níveis admissíveis os impactes detectados.
- 5- elaboração de projectos de reabilitação para cada uma das áreas afectadas, de acordo com a utilização final prevista.
- 6- execução física dos projectos de reabilitação anteriormente elaborados.

7- Referências bibliográficas

- [1] METCALFE, B. (1990) - Establishing long-term vegetational cover on acidic mining waste tips by utilising consolidated sewage sludges. *In* Proceedings of the International Symposium on Acid Mine Water in Pyritic Environments. Lisboa. pp. 255-267.
- [2] BERNAT, J. X. et al. (1991) - Documentação do Curso sobre Impacto Hidroquímico e Controlo Ambiental. Universidade de Oviedo. Oviedo.
- [3] CARVALHO, D.; GOINHAS, J.; SCHERMERHORN, L. (1971) - Principais jazigos minerais do Sul de Portugal. *In* Livro-Guia da excursão n.º 4 do 1º Cong. Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica. D.G.G.M. Lisboa. 94 p.
- [4] HIDROPROJECTO e HIDROMINEIRA (1990) - Estudo de protecção do meio hídrico na área do complexo mineiro de Aljustrel. Vol I-Apresentação e Síntese. Pirites Alentejanas, SA.
- [5] MATOSO, A.; SANTANA, M.J.; VIANA, A. (1995) - Contaminação por metais com origem na antiga Mina de Algares (Aljustrel). *In* Comunicações do 1º Congresso Ibérico sobre Contaminação e Toxicologia Ambiental. Universidade de Coimbra. Coimbra. p.p. 21.
- [6] PEREIRA, E.G.; MOURA, I.; COSTA, J.R.; MAHONY, J.D. THOMANN, R.V. (1995) - The S. Domingos Mine: a study of heavy metal contamination in the water column and sediments of the Chança river basin by discharge from the ancient cupriferous pyrite mine (Portugal). *In* Mar. Freshwater Res., 46, 145-51.
- [7] MINISTÉRIO DO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (1994) - Plano Nacional da Política de Ambiente. Lisboa.

(*) Geólogo; Chefe da Divisão de Recursos Hídricos - Direcção de Serviços da Água - Direcção Regional do Ambiente-Alentejo

Declaro que pretendo ser assinante da Revista **Agroforum** por 1 ano (2 números)

A partir do nº _____

Cheque nº _____ s/banco _____

Nome: _____

Morada _____

Para o efeito envio:

Nº de Cont.: _____

Assinatura: _____

Continente e Ilhas - 750\$00