

# PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DAS ALBUFEIRAS DE ALQUEVA E PEDRÓGÃO

*Biodiversity monitoring program at Alqueva and Pedrógão Dams*

**Miguel Pereira**

**Universidade de Évora**  
**Centro de Ecologia e Ambiente**  
Herdade da Mitra 7000-730 Évora – Portugal  
e-mail:masp@uevora.pt

## RESUMO

O sistema de fins múltiplos das albufeiras de Alqueva e Pedrógão, recentemente inaugurado no sul de Portugal, inunda uma área de 25 000ha. A submersão e fragmentação de habitats têm como efeito a realocização, a fuga e em alguns casos a atracção de espécies pelos novos habitats. Neste artigo revemos a utilização da Detecção Remota (DR) e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramentas para a execução do Programa de Monitorização da Biodiversidade (PMB) desenvolvido para as espécies alvo. A utilização das aplicações informáticas tiveram como finalidade facilitar o trabalho de campo na recolha de dados, selecção de locais de amostragem, controlo da qualidade da informação, visualização e manuseamento de cartografia, acções de minimização, análises quantitativas e relatórios de progresso. O alvo do PMB foi constituído por várias espécies naturais, dos grupos taxonómicos (aves, anfíbios, insectos, mamíferos, plantas, peixes e répteis) existentes na área de estudo. Os resultados confirmam a utilização positiva das tecnologias da informação nas questões ambientais.

**Palavras-chaves:** Albufeiras; Detecção Remota; Programa de Monitorização da Biodiversidade; Sistema de Informação Geográfica.

## ABSTRACT

The Alqueva and Pedrógão dam's multi system, which have recently being built in southern of Portugal, flood an area of 25 000ha. Habitat loss and fragmentation will displace wildlife species, while others will be attracted by new habitats. Were we reviewing the use of Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) tools in the Program of Monitoring Biodiversity (PMB) of the dams, design to the target species. The applications cover support for field activities facilitation sample, site selection, data quality, spatial display of geographical referenced information, mitigation support, quantitative spatial analysis of data, and reports output. The targets of PMB were different wildlife species taxonomic groups (amphibians, beetles, birds of prey, butterflies, dragonflies, mammals, migratory fish otters, passerines, reptilians and steppe birds) over a study area. The results confirm the positive approach and value of information technologies in environment issues.

**Keywords:** Dam; GIS; Biodiversity Monitoring Program; Remote Sensing.

## 1 INTRODUÇÃO

As albufeiras de Alqueva e Pedrógão armazenam e disponibilizam um recurso crítico e essencial - água. As grandes albufeiras apresentam consequências para a ecologia local (MCCULLY, 1998). Em todo o caso é desejável um compromisso entre a exploração de um recurso fundamental que é a água, e a gestão com preservação do património natural. Este compromisso é um desafio que se coloca

a todos os agentes intervenientes. Para o alcançar dispomos de processos analíticos e metodológicos utilizando instrumentos e tecnologias da informação. A minimização dos efeitos negativos para espécies e habitats, consequência do desenvolvimento de projectos hidrográficos, só é possível mediante a avaliação global e o conhecimento multidisciplinar do território.

A bacia do mediterrâneo é considerada uma área de especial interesse para a conservação de

espécies, com importantes endemismos e quantitativos consideráveis (MYERS *et al.* 2000). As alterações de usos do solo provocadas pelas acções antrópicas actuam na promoção, persistência e extinção de espécies (THEOBALD *et al.*, 2000). Os territórios naturais e produto da acção humana enfrentam uma crescente alteração ambiental. O impacte das albufeiras artificiais nos ecossistemas naturais e na biodiversidade coloca-nos questões quanto ao desenvolvimento deste tipo de infra-estruturas e com esta dimensão. Estes impactes no ecossistema e na biodiversidade são profundos, complexos, multivariados e em muitos casos negativos (BERKAMP *et al.*, 2000). Em consequência, existem alguns tipos de ameaças para a biodiversidade por via da fragmentação e destruição de habitats (BEGON *et al.*, 2006).

Enquanto ecossistemas complexos, os rios são importantes corredores naturais dos fluxos de energia, matéria, reprodução e alimentação de espécies (MALANSON em BERKAMP *et al.*, 2000). Só é possível entender e avaliar o impacte do desenvolvimento de albufeiras nos ecossistemas e funções desempenhadas pelos rios com dados e estudos continuados (KING e BROWN, 2000). A preservação de recursos e valores afectados implicam a elaboração de planos e acções que permitam o cabal conhecimento da situação de base para melhorar o processo de decisão.

No contexto aqui aplicado 'monitorização' é definida pela recolha de dados repetidos em intervalos de tempo no mesmo local, com objectivos numa estratégia de formação de conhecimento e gestão da informação (DANIELSEN *et al.*, 2000). Os Programas de Monitorização da Biodiversidade (PMB) devem contemplar quatro tipos de componentes que tradicionalmente estruturam os estudos de impacte ambiental: ecossistema regional, ecossistema local, espécies e diversidade genética (COUNCIL em ENVIRONMENTAL QUALITY, 1993). No caso de estudo apresentado neste artigo o enfoque está centrado nos ecossistemas locais e nas espécies.

Os estudos realizados no âmbito do PMB tiveram início em 1999, e finalizaram em 2005 com o enchimento da albufeira do Pedrógão. No início do PMB existiam poucos conhecimentos sistematizados do património natural da área de estudo, não existiam dados quantitativos e detalhados para espécies e habitats, disponíveis a esta escala de análise.

Tal como em outros PMB, a utilização da Detecção Remota (DR) e as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), são instrumentos essenciais para a recolha e gestão das fontes de dados. A complexidade da recolha de dados biológicos, a extensão da área de estudo e as necessidades de análise temporal fazem destes instrumentos soluções eficientes (MOUAFU *et al.*, 2002; PAUL *et al.*, 2003; SAHIN e KURUM, 2002; SMITH *et al.*, 2002). As ferramentas SIG permitem o desenvolvimento de um quadro de trabalho robusto na execução de análises multidimensionais e multifactor (TURNER, 2003).

Uma das principais características destes sistemas está na sua grande capacidade em integrar dados espaciais com diferentes origens. Diferentes formatos, escala de resolução ou projecção cartográfica, em síntese; Trata-se de procedimentos digitais para melhorar e otimizar a informação (ROWSHON *et al.*, 2003). Devem contribuir na redução dos custos com mão-de-obra necessária para a avaliação ambiental (TSOU, 2004).

As interações dos utilizadores com as ferramentas SIG caracterizam-se por dois tipos de actividades possíveis: (a) Especificações, organização e definição de dados geograficamente distribuídos; (b) Funções operacionais / consulta, utilização de informação para geração de modelos válidos.

A estrutura de um projecto SIG pode ser expressa em três fases (OLIVEIRA *et al.*, 1997):

- Modelação da realidade;
- Definição da base de dados geográficos e seu preenchimento;
- Trabalho operacional.

Devemos ter consciência de que podem existir erros; Derivados da falta de informação sobre o absoluto da realidade territorial. Com reflexos na representação digital do território, na passagem das amostras discretas à continuidade da representação. A modelação dos assuntos e temáticas espaciais envolvem dados e processos. Determinam uma via selectiva, conceptualmente abstraída e com um enquadramento temporal.

O conceito de base de dados aqui empregue refere-se a dados organizados em formato digital, que permitem a sua manipulação por aplicações informáticas. A recolha de dados apresenta especificidades e questões relacionadas com as metodologias. Particularmente quando estão em causa vários grupos de espécies, com protocolos específicos de selecção e identificação nos trabalhos de campo (SMALLWOOD, 1999; THEOBALD *et al.*, 2000; THOMAS, 2000). É importante aceder a informação consistente, actualizada no tipo, na localização, na dimensão, na qualidade dos habitats e espécies (KHAEMBA, 2001).

A promoção e execução das albufeiras de Alqueva e Pedrógão estiveram na dependência e financiamento do estado central. Tratando-se de uma obra pública fica claro que os estudos e informações financiadas e recolhidas neste âmbito devem estar disponíveis publicamente. A recolha de dados deveria obedecer a critérios de rigor científico que permitissem prevenir a emergência de situações de controvérsia. Como por exemplo, as que se colocaram no desenvolvimento da albufeira de *Foz Côa*. Os trabalhos foram cancelados depois das equipas de arqueólogos detectarem importantes conjuntos de gravuras paleolíticas (GONCALVES, 2002). O projecto de implementação das albufeiras de Alqueva e Pedrógão foi responsável por financiar uma nova localidade, *Aldeia da Luz* tendo como modelo a aldeia que ficou

submersa. Os proprietários de terrenos submersos tiveram compensação financeira pela expropriação.

A equipa que desenvolveu os trabalhos do PMB foi pluridisciplinar com formação nas ciências da natureza e da terra.

Na próxima secção faz-se o enquadramento da área de estudo seguida dos objectivos do PMB. O artigo continua com a abordagem metodológica, os resultados, e finaliza com a conclusão.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está delimitado entre os paralelos 38°05'00 e 38°50'00 de latitude norte; e os meridianos 7°40'00 e 7°10'00 de longitude oeste.

As albufeiras de Alqueva e Pedrógão fazem parte de um sistema complexo com fins múltiplos, dos quais se destaca a irrigação agrícola, o transvaze para consumo humano, a produção de energia e usos recreativos. A disponibilização da água é efectuada por via de um extenso sistema de canais que conectam albufeiras de menor dimensão.

As albufeiras estão localizadas na bacia do Rio *Guadiana* da qual fazem parte os rios *Ardila*, *Alcarrache*, *Degebe* e *Lucefecit* a sul de Portugal continental (Fig. 1). A albufeira de Alqueva estende-se no interior da fronteira com Espanha. Este sistema de albufeiras capta água de uma área de 10 648km<sup>2</sup>, dos quais localizados 5 800km<sup>2</sup> em Portugal e 4 848km<sup>2</sup> em Espanha (POAAP, 2000). A topografia é pouco acidentada com valores de cota média nos 210m o que teve por consequência a formação de albufeiras extensas. A cota máxima de exploração é de 152m no Alqueva e 84.5m no Pedrógão. As albufeiras inundam uma superfície de 25 230ha (24 160ha no Alqueva e 1 070ha no Pedrógão). Os espaços em que a cota está acima dos 152m ficam isolados, formando ilhas ou pseudo-ilhas, na sua maioria com área inferior a 1ha (UMC 2001). A extensão do plano de água em linha recta é de aproximadamente 100km.

As condições climáticas são as típicas de clima seco continental, com baixos valores de precipitação anual, e grande amplitude térmica. O Verão com temperatura elevada, em que a máxima atinge frequentemente os 35°C em Julho e Agosto. O Inverno com temperatura baixa, com valores mínimos de 3°C. A paisagem é dominada pelo Montado, estruturado por densidades variáveis de árvores de sobro e azinho (PINTO-CORREIA, 2000), mas onde também sobressai áreas de Estepe / Savana.

## 3 OBJECTIVOS

O conjunto dos estudos realizados e o SIG que os suportou teve como objectivo a formação de conhecimento da biodiversidade e do património biológico existente: Conhecimento de base dos habitats e distribuição das espécies alvo. Descrever e referenciar a situação de biodiversidade em termos da ocorrência das espécies e tipo de habitats antes do

enchimento das albufeiras. Movimentações e tendências das espécies face às transformações da ocupação do solo e ao desaparecimento de habitats.

Em síntese, os objectivos consistiram em: Estabelecer a linha de referência; Detectar alterações nos padrões de distribuição e frequência das espécies.

Para alcançar os objectivos foram definidas as seguintes questões:

- Qual o património natural existente?
- Que tipos de alterações e quais as reacções?

Os objectivos foram orientados com a finalidade de minimizar as consequências do impacte negativo das albufeiras no património natural.

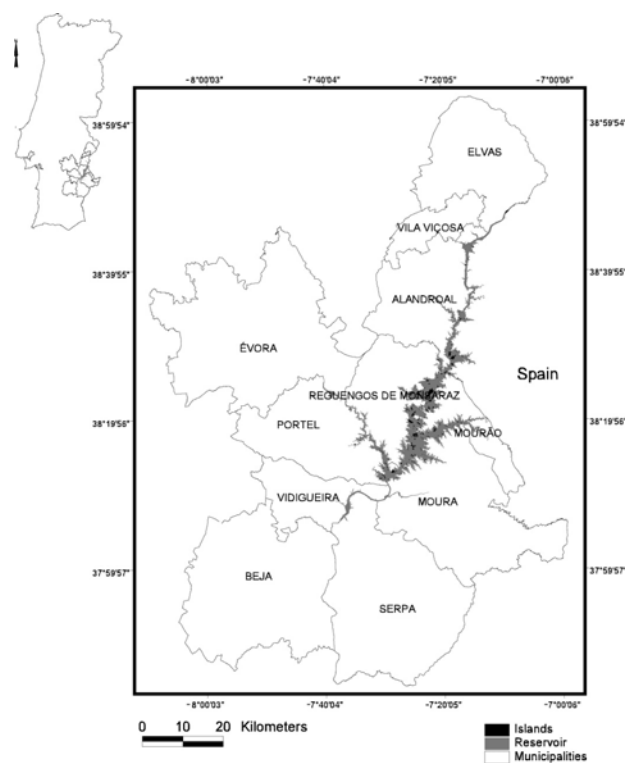


Fig. 1 – As albufeiras de Alqueva e Pedrógão no contexto nacional e regional; os concelhos em que se encontram estão na sua grande maioria no Alentejo Central que é uma região de nível III conforme a Nomenclatura Unidades Territoriais para Fins Estatísticos do EUROSTAT.

A forma de atingir os objectivos centrou-se na implementação de um instrumento de gestão da informação. Em termos específicos o PMB teve o intuito de disponibilizar e informar o processo de decisão relativamente ao património natural, por via da recolha e gestão de dados com elevada qualidade.

## 4 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

A delineação e arquitectura do sistema de informação do PMB deviam ser o mais simples possível, do ponto de vista conceptual e computacional.

Os modelos gerados deveriam estar orientados para a facilitação do trabalho de campo.

#### 4.1 Utilização das ferramentas SIG

Os objectivos com a utilização de ferramentas SIG foram os seguintes: (a) Estratificar e orientar os trabalhos (economia de tempo/custo). (b) Integrar, e analisar os conjuntos de dados; (c) Visualizar resultados.

A integração e análise dos conjuntos de dados, obedeceu à seguinte estrutura:

- (1) Identificação das prioridades;
- (2) Selecção e compilação de dados existentes em função do seu potencial;
- (3) Concepção e modelo físico da base de dados;
- (4) Preenchimento da base de dados;
- (5) Identificação e análise dos padrões de distribuição;
- (6) Validação dos resultados.

Os conjuntos de dados foram organizados, quanto à forma e tipo em: Cartográficos (formatos vector e raster); Alfanuméricos, com a descrição de atributos (mais na secção 4.3 e 4.4).

A cartografia que serviu de *input* ao PMB teve origem em diferentes entidades produtoras, conteúdos temáticos, escalas, datas e precisão. Os primeiros procedimentos gerados foram a produção de cartografia temática de acordo e compatível num mesmo sistema projecção. Em conformidade com as definições estabelecidas foi utilizada a projecção Transversa Mercator (*Hayford Gauss*), Datum de Lisboa e sistema de coordenadas militares, válido para todos os temas utilizados. Os trabalhos de campo foram orientados numa grelha sistemática de 1km (2 240 quadrículas) definidas nas 14 cartas militares à escala 1:25 000, do território ocupado pelas albufeiras (Fig. 2). Cada carta militar representa uma área de 16 000ha, esta série cartográfica (M888) é geralmente utilizada nos estudos e levantamentos de dados de campo. A cartografia elaborada para a ocupação do solo pretendeu ser a mais objectiva e detalhada possível na área das albufeiras (mais na secção 4.2).

#### 4.2 Processamento de Detecção Remota (DR)

Os dados utilizados na DR tiveram origem em duas fontes distintas e complementares:

(a) Ortofotomapas digitais pancromáticos (ano 1995), com resolução espacial 1.2m e escala 1:5 000.

Os ortofotomapas foram utilizados para definir e estruturar uma legenda da ocupação do solo. A legenda apresenta as seguintes nove classes: (1) Estepe; (2) Montado Disperso; (3) Montado Denso; (4) Montado com Matos; (5) Matos; (6) Floresta (*Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.); (7) Olivais; (8) Espaços de regadio e (9) Superfícies de água. O processo de

definição da legenda foi também baseado nas experiências da equipa, com estudos anteriores realizados na região do Alentejo (PEREIRA, 2002; PEREIRA e FONSECA, 2002).

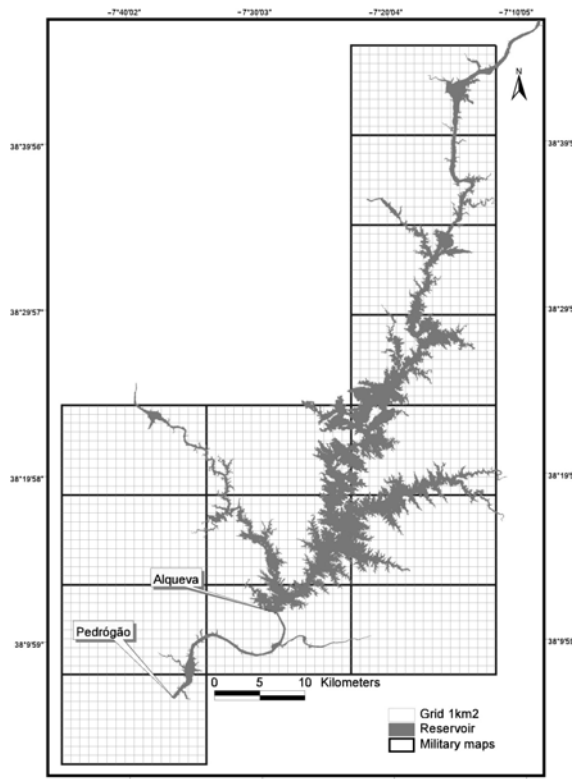


Fig. 2 – Delimitação das 14 cartas militares dos 224 000ha da área de estudo.

(b) Imagens de satélite Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+, path/row 203-33 e 203-34.

Os procedimentos iniciais nas imagens de satélite tiveram como finalidade a sua geo-referenciação (*registry*) em conformidade com o sistema de projecção e coordenadas referido na secção 4.1. Associado ao processo de geo-referenciação foi também alterada a resolução do pixel (*Picture element*) original de 30m para 25m (KUSHLA e RIPPLE, 1998) com o objectivo de tornar compatível os múltiplos valores de coordenadas das quadrículas de 1km, com a extremidade do pixel. A alteração da resolução espacial permitiu assim a sobreposição como a delimitação (cercadura) das cartas militares, com o pixel integralmente no interior.

O segundo grupo de procedimentos teve por objectivo gerar uma análise e classificação utilizando a técnica da classificação assistida (supervisada). Nas imagens satélite Landsat 5 TM recolhidas em Julho 1997 e nas imagens Landsat 7 ETM+ de Agosto 2001. A selecção das datas das imagens teve o intuito de coincidir com o período estival, mais apropriado para o processo de classificação (WEIERS *et al.*, 2004). De acordo com a experiência da equipa, os fenómenos são mais fácil e correctamente classificados no Verão, onde os contrastes são mais evidentes. No Verão, em plena época estival, alguns dos elementos de paisagem mais

visíveis são os que estão relacionados com a água; a razão desta situação prende-se com o efeito de contraste destes elementos com o ambiente de secura envolvente e que permite uma boa definição da forma (THOMAS *et al.*, 1995).

A classificação assistida foi validada recorrendo a 280 *training sites* em quadrículas de 1km (20 em cada carta militar) aleatoriamente seleccionados e registados num ficheiro vectorial. O processo de validação consiste em recolher os atributos de ocupação do solo dos *training sites* definidos exclusivamente com essa finalidade. Foram testados dois algoritmos: o (*maxset*) *maximum-set* e o (*maxlike*) *maximum-likelihood* (EASTMAN, 2001). Foi seleccionado o algoritmo *maxlike* para a classificação das nove classes; a opção por este algoritmo ficou a dever-se ao facto de lhe estar associado um valor de erro inferior a 25%. Com o algoritmo utilizado os pixels com valor de classificação isolados passam para a classe semelhante mais próxima.

No decurso das amostragens de campo foi-nos solicitada uma nova classificação com objectivos específicos. Relacionados com as espécies de passeriformes. A nova classificação apresenta uma legenda com seis classes, agrupando: (1) Estepe e Montado Disperso; (2) Montado Denso, Montado com Matos e Matos; (3) Floresta (*Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.); (4) Olivais; (5) Espaços de regadio e (6) Superfícies de água.

O algoritmo utilizado neste caso foi o *maxset* pelo facto de lhe estar associado um valor de erro inferior a 16%. Foi delineada uma estratégia com locais a obter dados para a classificação. O processo de classificação foi assistido (supervisionado) com informação recolhida pelos elementos de amostragem dos passeriformes.

Finalizados os processos de classificação, foram aplicados procedimentos com filtros de generalização, com vizinhança de 3x3 *kernel*. A aplicação destes filtros gerou imagens suavizadas pelo valor de moda identificado no *kernel*.

A principal vantagem na utilização de ortofotomapas prende-se com a facilidade em identificar visualmente os fenómenos. O principal benefício na utilização de imagens de satélite, refere-se à possibilidade em processar grandes áreas do território de forma expedita. Ou a possibilidade de trabalhar com diferentes resoluções espectrais que nos permitem identificar os fenómenos selectivamente.

#### 4.3 Base de dados alfanumérica

Os dados alfanuméricos foram centralizados num Sistema de Gestão de Base Dados Relacional (SGBDR). Designa-se por SGBDR as aplicações de software que permitam, guardar, manipular, consultar e visualizar dados em forma de tabela relacional. Os dados das espécies foram organizados num modelo relacional.

As observações de campo ficaram registadas num conjunto de atributos correspondentes à espécie em causa. Os dados recolhidos obedeceram a um protocolo único com elementos mínimos de registo, embora com algumas especificidades em função do grupo biológico ou da espécie observada. Nem todos os grupos de espécies são caracterizados pelo mesmo tipo de atributos. No protocolo de dados ficaram definidos os campos de atributos obrigatórios: ex., identificação da espécie, data e coordenadas da amostra. Foram também estabelecidos os campos adicionais: ex., número de indivíduos, hora da amostra, sexo (quando aplicável), entre outros.

Cada espécie é referenciada por um *varcode* com a função de pré controlo, para garantir a qualidade dos dados. O *varcode* preveniu a entrada de erros na nomenclatura de espécies nos momentos de preenchimento da base de dados. A utilização de *varcode* (ex. *tettet* para *Tetrax tetrax*) é especialmente importante quando as equipas de trabalho envolvem um grande número de investigadores.

As funções implementadas no sistema de gestão de dados permitem respostas a consultas de forma rápida e eficiente, onde é possível seleccionar do conjunto total os registos pretendidos. A base de dados das espécies está dinamicamente ligada aos temas gráficos de pontos discretos da representação espacial, o que possibilita a sua consulta de forma cartográfica. As consultas podem agrupar as espécies em função de atributos ecológicos ou afinidade taxonómica.

#### 4.4 Amostragem de campo

O PMB decorreu numa sequência de três períodos; o primeiro teve a duração de dois anos (1999-2000), o segundo teve a duração de um ano (2003), sendo que estes dois períodos foram exclusivamente dedicados à albufeira de Alqueva. O terceiro período no biénio (2003-2005) na albufeira do Pedrógão. Embora as amostragens tenham sido definidas com o objectivo de localizar a frequência e distribuição das espécies prioritárias, cada um dos investigadores registou todas as espécies que identificava no seu grupo taxonómico.

A metodologia geral estabelecida para monitorização do conjunto das espécies foi baseada em pontos. Com a obrigatoriedade de visita a todas as quadrícula de 1km. O território foi todo prospectado pelo menos uma vez em cada uma das 2 240 quadrículas. Os dados recolhidos relativamente a cada ponto e com as coordenadas da sua localização. A definição das coordenadas foi auxiliada por aparelhos GPS ou pela localização gráfica nos mapas de campo. Muito embora a metodologia geral tenha recorrido ao ponto como local mínimo de amostra, existiram no entanto metodologias complementares em função das especificidades das espécies (**Tabela 1**).

No início dos trabalhos realizados no PMB as solicitações mais frequentes dos elementos de investigação no campo, consistiram em informação

temática, usualmente sobre a forma de cartografia analógica para orientação. A localização pontual das espécies, a localização dos habitats de especial valor, as edificações humanas e a rede de estradas e caminhos tiveram especial relevância cartográfica pelas suas relações com o objectivo geral do estudo. Um dos conjuntos de dados cartográficos mais importantes nos trabalhos de campo foi o MDT com pixels de 25m na resolução espacial. A resolução foi definida em conformidade com os outros conjuntos de dados (ex. imagem satélite). A fonte de dados utilizada para gerar o MDT consistiu num ficheiro em Modelo Digital Elevações (MDE) com curvas de nível em formato vectorial numa equidistância de 10m. A utilização de modelos de representação tridimensionais permitiu derivar um conjunto de variáveis independentes (ex. declive, exposição) importantes na interacção com outros conjuntos de dados (ex. temas relativos ao clima). As interacções existentes nos vários conjuntos de dados permitem gerar conhecimento sobre os padrões de distribuição das espécies.

**Tabela 1** – As principais metodologias de campo utilizadas na recolha de dados por grupos de espécies.

Grupos (fauna)	Amostragem de campo
Anfíbios	Percursos em transectos pedestres. Amostra pontual.
Aves	Percursos em transectos pedestres e em viatura. Amostra pontual.
Invertebrados	Armadilhas e amostra pontual
Mamíferos e micro mamíferos	Máquinas fotográficas sensitivas ao movimento; Análise de dejectos; Amostra pontual
Peixes migratórios	Rede camaroeiro; Informações de pescadores
Répteis	Percursos em transectos pedestres. Amostra pontual.

Foram executados vários procedimentos de álgebra matricial, como por exemplo os processos de modelação de vizinhança. A modelação de vizinhança foi aplicada à selecção de locais com potencial ecológico na distribuição do rato *Cabrerae* (*Microtus cabreræ*), que é uma espécie rara com um grau de ameaça elevado e só localizável em situações muito específicas: pequenas depressões com elevado teor de humidade. Ainda de acordo com as premissas ecológicas da espécie, os locais junto das linhas de água são colonizados por espécies melhor adaptadas e agressoras que a excluem, outro dos pressupostos refere-se à área colonizada que é em geral superior a 0.1ha e inferior a 0.5ha. Os locais que estivessem fora deste conjunto de condições deveriam ser eliminados da selecção. Os temas de dados utilizados para a modelação destas depressões consistiram na rede hidrográfica em 2D sobreposta ao MDT.

Os procedimentos e funções aplicadas ao caso do rato *Cabrerae* foram *FocalMean* e *YinYang*. A

função *FocalMean* quando aplicada a uma superfície 3D numa vizinhança permite gerar um tema *SmoothAltitude*. Não é mais do que uma superfície suavizada com base nos valores médios de altimetria observados no conjunto de pixels na vizinhança de 3x3 definida. Os locais com valores de altimetria elevados descem “*worn down*” e os valores baixos sobem “*filled up*”. As áreas com potencial de distribuição são produto da diferença entre a superfície do MDT e o tema *SmoothAltitude*. O resultado é um novo tema designado por *YinYang* onde os valores positivos representam as *protrusion* ou elevações, e os negativos representam as *intrusion* ou depressões (TOMLIN, 1990). O resultado final consistiu na aplicação de um filtro que manteve os valores negativos, com a sobreposição da rede hidrográfica para eliminar o efeito da competição territorial de outras espécies.

Frequentemente a definição dos locais de amostra derivam de um processo interactivo. Esta afirmação remete-nos para as amostragens de passeriformes que utilizam os olivais como habitat preferencial. A selecção dos locais teve como origem o mapa definido para a ocupação do solo obtido com classificação da imagem de satélite. Foi produzida uma nova classificação onde ficaram só os olivais, todas as outras classes foram excluídas. A condição seguinte para amostragem definia o valor mínimo a percorrer no transecto, com distância igual ou superior a 500m de comprimento. Os retalhos de olival isolado (*patches*) com valor inferior a 10ha ou contínuos com valor superior a 17ha foram excluídos da análise. Utilizamos o *summarize zones* (ESRI 1999) como procedimento executado para o cálculo da área de olival em cada quadrícula de 500m. O processo seguinte consistiu na sobreposição das quadrículas de 500m nos olivais. Foram seleccionados de forma aleatória 60 locais (Fig. 3). O número de amostras definidas e as áreas de olival a excluir tiveram em consideração a garantia que: as distâncias entre os retalhos eram maximizadas e que o esforço logístico era executável.

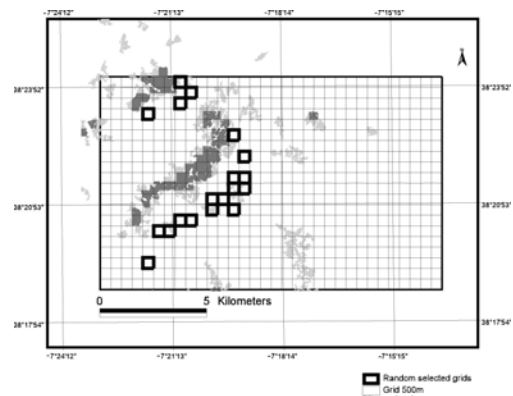


Fig. 3– Resultado dos procedimentos de selecção de áreas para amostragem de passeriforme. As quadrículas em negro representam os locais da selecção aleatória.

## 5 RESULTADOS

Tal como em outros trabalhos similares, o sucesso dos resultados depende em muito da qualidade dos dados (GENELETTI *et al.*, 2003). Do ponto de vista metodológico, os resultados obtidos atestam a robustez e o potencial analítico da DR e das ferramentas SIG utilizadas.

Em termos práticos os resultados alcançados estão directamente relacionados com a área de estudo. A definição da legenda com 9 classes de ocupação do solo foi fundamental para a classificação da imagem de satélite e toda a cartografia temática a ela associada. A imagem de satélite permitiu avaliar de forma clara os efeitos relativos da albufeira nos diferentes tipos de habitat. Os ortofotomapas tiveram o mérito de nos permitir produzir informação temática para os diferentes grupos de espécies. Tais como; Os anfíbios, devido à identificação de locais de charcos temporários para reprodução e desenvolvimento. A identificação da rede de estradas e caminhos que permitem facilitar a logística ou identificação de localidades e áreas estratégicas.

Os resultados mais relevantes foram:

- Lista com a ocorrência e distribuição das espécies em quadrículas de 1km;
- Informação sobre as condicionantes territoriais na distribuição das espécies;
- Dados de distribuição sazonal (o que permite análises migratórias e de nidificação de aves) Associáveis a situações de crise, por exemplo a gripe aviária;
- Integração dos dados de espécies com dados ambientais, extracção de variáveis independentes (declive, exposição solar, etc.) derivados do MDT com fins de modelação;
- Identificação dos locais com habitat favorável para espécies e grupos de espécies;
- Cartografia individualizada na distribuição de espécies com localização discreta (ex., distribuição de espécies raras, riqueza de espécies);
- Cartografia da ocupação do solo a uma escala grande;
- Cartografia da identificação dos transectos e outros elementos dos trabalhos de campo.

Em síntese, tratam-se de um conjunto de produtos informativos que permitem a facilitação do trabalho de campo e para criar modelos de conhecimento actual ou com aplicação futura.

Embora não tenha sido possível localizar a presença do rato *Cabrerae*, a metodologia produziu resultados e foi bastante proveitosa nos trabalhos e estratégias de amostra. A cartografia produzida e a informação de campo atestam significativamente os proveitos retirados. Foram registados e localizados na base de dados 71 981 registos. Os registos são provenientes de 10 261 pontos de observação do

conjunto da área de estudo. Cada ponto apresenta pelo menos uma espécie observada. Este conjunto de registos possibilitou a identificação de padrões de distribuição das espécies e cartografia dos padrões observados.

A Tabela 2 sintetiza o conjunto de espécies identificadas. Os resultados das amostragens confirmam pesquisas recentes (KNEGTERING *et al.*, 2005), de que as Aves e Mamíferos são os grupos em que existem mais dados, pela atenção especial que lhe é dado na grande maioria dos estudos de monitorização efectuados. Em todo o caso, do PMB resultou um conjunto substancial de dados de outros grupos, e no qual os Invertebrados assumem especial importância.

Tabela 2 – Número de espécies por grupo biológico registadas na base de dados.

Grupos (fauna)	Espécies identificadas
Anfíbios	7
Aves	118
Invertebrados	71
Mamíferos e micro mamíferos	27
Peixes migratórios	5
Répteis	6

Como um dos exemplos possíveis para ilustrar os resultados, escolhemos a cartografia de áreas seccionadas pelo Sisão, que é uma ave estepária. (Fig. 4). Esta espécie com elevado estatuto de protecção enfrenta riscos relativamente a futuras alterações dos usos do solo. Outro dos factores de risco prende-se com a possível fragmentação de território, em que o habitat se dilui em retalhos muito pequenos e dispersos com pouca capacidade de sustentação. A informação da Figura 4 é um instrumento de gestão das áreas onde esta espécie se concentra e que podem assumir estatuto prioritário na sua conservação.

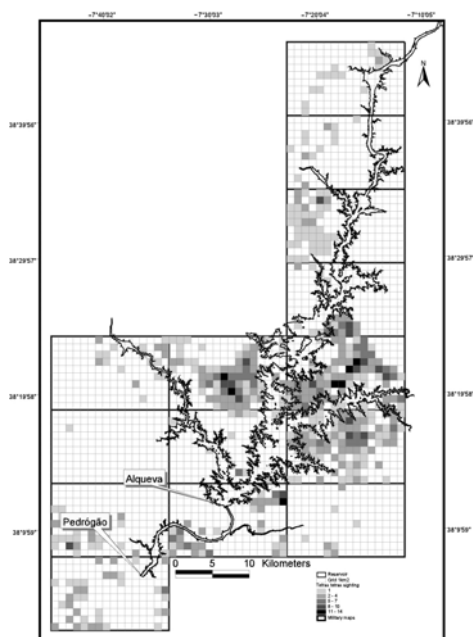


Fig. 4 – Áreas de selecção da ave estepária *Tetrax tetrax*. A escala de cinzento identifica a densidade de observações.

Durante o processo de desflorestação e desmatção, a DR e as ferramentas SIG foram utilizadas como suporte de decisões em tempo real. O processo de desmatção e desflorestação foi efectuado em etapas em função das susceptibilidades das espécies, do coberto e densidade das plantas. A cartografia da localização e padrão de distribuição das espécies foi especialmente importante na planificação e zonamento das acções. As árvores foram cortadas no nível de cota inferior a 147.5m, e os matos foram retirados ao nível de inferior a 150m. O MDT permitiu identificação e validação de todo este processo.

As acções de mitigação dos efeitos das albufeiras, beneficiaram dos processos de informação gerada: algumas das medidas específicas em espécies como por exemplo o *Narcissus cavanillesii*. Uma colónia desta espécie foi objecto de uma acção de transplante para um novo local seleccionado (ROSSELLÓ-GRAELL, 2004). Foram também realocizadas um conjunto de árvores jovens (*Alnus glutinosa* e *Fraxinus angustifolia*) numa galeria Ripícola (DAVID, comunicação pessoal 2004) para a *Ribeira de Marmelar* que é afluente do Rio Guadiana. Uma das acções mais emblemáticas consistiu na recolha de germoplasma com o objectivo de formar um banco de sementes da área (DRAPER et al. 2003). Foram colocadas várias caixas de refúgio artificial, para mitigar os efeitos da submersão dos refúgios em cavernas ou árvores utilizados por várias espécies de morcegos (RAINHO, 2004). Duas espécies de anfíbios (*Hyla meridionalis* e *Hyla arborea*) foram alvo de medidas específicas. Os indivíduos destas duas espécies foram retirados dos locais onde decorriam trabalhos de engenharia e colocados em charcos em locais menos perturbados (PAULO, 2002). Algumas

espécies de répteis (ex., *Blanus cinereus*, *Chalcides bedriagai*, *Coluber hippocrepis*, *Elaphe scalaris*, *Lacerta lepida*, *Macroprotodon cucullatus*, *Malpolon monspessulanus*, *Tarentola mauritanica*) foram também capturados e libertados em locais de igual habitat afastado dos trabalhos (PAULO, 2003).

## 6 CONCLUSÃO

A avaliação dos efeitos globais de infra-estruturas com a dimensão destas albufeiras, só o futuro permitirá desvendar. Conhecemos desde já os efeitos relativos a espécies em particular, mas desconhecemos os efeitos sobre a biodiversidade regional. Em todo o caso o nosso conhecimento actual dos impactes permite concluir que: trata-se de um motor de transformação da paisagem, com um contributo quantitativo e qualitativo de alteração dos habitats. A fragmentação e alterações induzidas com a possibilidade de novas prática agrícolas podem reduzir as áreas de habitat natural.

Os trabalhos efectuados durante o período de pesquisa e investigação no campo foram validados com a informação processada com a utilização dos recursos e as tecnologias de DR ou ferramentas SIG. A qualidade dos dados geográficos, nomeadamente a sua exactidão, precisão e validade temporal são de extrema importância na formação de conhecimento. O processo de recolha de dados deve ser objecto de rigoroso controlo que permita facilitar os trabalhos e ajudar a implementar decisões territoriais fundamentadas. Alguns dos processos mais estimulantes prendem-se com a descoberta de lógicas e conhecimento que está escondido na estrutura aparente dos dados. O processamento dos dados permite identificar e seleccionar acções de gestão territorial.

Os resultados obtidos no PMB mostram claramente as vantagens na utilização de modelos de informação integrada. A sobreposição de dados permitiu aos técnicos e investigadores responder a questões colocadas pelos decisores. Ao sobrepor níveis de informação distintos mas complementares é possível concluir e prevenir situações de risco para as espécies. A metodologia adoptada permite desenvolver um repositório de dados e utiliza-los como instrumento analítico em futuras monitorizações ou desvendar e trilhar novas hipóteses. As necessidades de dados actualizados da situação ecológica dos rios e albufeiras não se resolvem com trabalhos em curto tempo, mas sim em estudo continuado.

A comunidade de habitat Ripícola foi a mais afectada com a construção da albufeira. A submersão das galerias dos rios afluentes mais importantes, o *Ardila*, *Alcarrache*, *Degebe*, ou *Lucefecit* teve um impacte considerável na biodiversidade local. Os impactes representaram a perda de 796ha de habitats de especial interesse comunitário, identificados com os códigos 44.8 e 44.17 na directiva 92/43/EEC da União Europeia. O conhecimento actual aponta as comunidades Ripícolas como habitats de especial



importância pelas suas funções ecológicas. Como corredores de espécies que permitem fluxos genéticos de espécies importantes (e.x., *Emys orbicularis*, *Natrix maura*, *Motacilla cinerea*, *Alcedo atthis*, *Lutra lutra*, *Arvicola sapidus*). As suas funções são extensivas à retenção do solo, na prevenção dos efeitos de desertificação mais esperados com as alterações climáticas.

Para finalizar, os resultados deste trabalho foram a prova da importância das equipas multidisciplinares, com diferentes pontos de vista, e com objetivos comuns.

## AGRADECIMENTOS

A todos os técnicos e investigadores do CEA pelo auxílio e suporte. Para todos elementos do PMB na Universidade de Évora, especialmente ao coordenador geral Prof. Diogo Figueiredo. Aos elementos da Faculdade de Ciências de Lisboa, ao Centro de Ecologia Baeta Neves do Instituto Superior de Agronomia de Lisboa, ERENA, CEAI e todos os investigadores que colaboraram neste trabalho. O trabalho realizado foi financiado pela EDIA e co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEGON, M., TOWNSEND, C. e HARPER, J. **Ecology From individuals to Ecosystems**. Blackwell Publishing, Oxford. 2006. 759 p.

BERKAMP, G., M. MCCARTNEY, P. DUGAN, J. MCNEELY, e M. ACREMAN. Dams, ecosystem functions and environmental restoration. Thematic Review II.1 prepared as an input to the **World Commission on Dams**, Cape Town. 2000.

COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY. Incorporating biodiversity considerations into environmental impact analysis under the national environmental policy act. 1-52. Washington, DC, US **Government Printing Office**. 1993.

DANIELSEN, F., D. S. BALETE, M. K. POULSEN, M. ENGHOF, C. M. NOZAWA, e A. E. JENSEN. A simple system for monitoring biodiversity in protected areas of a developing country. **Biodiversity and Conservation**. 9:1671-1705. 2000.

DRAPER, D., A. ROSSELLO-GRAELL, C. GARCIA, C. TAULEIGNE GOMES, e C. SERGIO. Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. **Biological Conservation**. 113:337-349. 2003.

EASTMAN, J. R. IDRISI Guide to GIS and Image Processing. [32 release 2]. Worcester, MA, USA, Clark Labs, **The Idrisi Project**. 2001.

Environmental Systems Research Institute. **ArcView GIS User Manual**. [version 3.2]. New York.1999.

GENELETTI, D., E. BEINAT, C. F. CHUNG, A. G. FABBRI, e H. J. SCHOLTEN. Accounting for uncertainty factors in biodiversity impact assessment: lessons from a case study. **Environmental Impact Assessment Review**. 23:471-487. 2003.

GONCALVES, M. E. Implementation of EIA directives in Portugal: How changes in civic culture are challenging political and administrative practice. **Environmental Impact Assessment Review**. 22:249-269. 2002.

KHAEMBA, W. M. Spatial point pattern analysis of aerial survey data to assess clustering in wildlife distributions. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. 3:139-145. 2001.

KING, J. e C. BROWN. Information needs for appraisal and monitoring of ecosystem impacts. BERKAMP, G. Thematic Review II.1 prepared as an input to the **World Commission on Dams**, Cape Town. 2000.

KNEGTERING, E., DREES, J., GEERTSEMA, P., HUITEMA, H. e UITERKAMP, A. Use of Animal Species Data in Environmental Impact Assessments. **Environmental Management**.36:862-871. 2005.

KUSHLA, J. D. e W. J. RIPPLE. Assessing wildfire effects with Landsat thematic mapper data. **International Journal of Remote Sensing**. 19:2493-2507. 1998.

MCCULLY, P. **Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams**. Orient Longman and Zed Books. London. 1998. 359p.

MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, C. G. DA FONSECA, e J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403:853-858.2000.

MOUAFO, D., É. FOTSING, D. SIGHOMNOU, e L. SIGHA. Dam, Environment and Regional Development: Case Study of the Logone Floodplain in Northern Cameroon. **International Journal of Water Resources Development**. 18:209-219. 2002.

OLIVEIRA, J. L., F. A. PIRES, e C. B. MEDEIROS. An Environment for Modeling and Design of Geographic Applications. **GeoInformatica**. 1:29-58. 1997.

PAUL, J. F., J. L. COPELAND, M. CHARPENTIER, P. V. AUGUST, HOLLISTER, e J. W. Overview of GIS Applications in Estuarine Monitoring and

Assessment Research Special Issue on Marine and Coastal GIS. **Marine Geodesy**. 26:63-72. 2003.

PAULO, O. **Salvamentos de rela (*Hyla meridionalis*) na área de regolfo da barragem do Alqueva**. Disponível em <[http://www.edia.pt/portal/page?\\_pageid=53,39608&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p\\_amb\\_d=2202174&cboui=2202174](http://www.edia.pt/portal/page?_pageid=53,39608&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p_amb_d=2202174&cboui=2202174)>. Acesso: 20 Novembro 2006.

PAULO, O. **Salvamento de reptéis na área de regolfo da barragem de Alqueva**. Disponível em <[http://www.edia.pt/portal/page?\\_pageid=53,39608&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p\\_amb\\_d=2202174&cboui=2202174](http://www.edia.pt/portal/page?_pageid=53,39608&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p_amb_d=2202174&cboui=2202174)>. Acesso: 20 Novembro 2006.

PEREIRA, M. S. Uso de DesktopMap para manipulação de informações biogeográficas em SIG. **International Review of Geographical Informacion Science and Technology** [2], 33-48. Madrid. 2002.

PEREIRA, P. M. e M. P. FONSECA. Nature versus Nurture: making the montado ecosystem. **Journal of Conservation Ecology**. 7. 2002.

PINTO-CORREIA, T. Future development in Portuguese rural areas: how to manage agricultural support for landscape conservation? **Landscape and Urban Planning**. 50, 95-106. 2000.

INSTITUTO DA ÁGUA. POAAP - **Plano de Ordenamento das Albufeiras de Alqueva e Pedrógão. Volume II - Caracterização das Albufeiras**. Disponível em <[http://www.inag.pt/inag2004/port/a\\_intervencao/planeamento/poa/poa.html](http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/poa/poa.html)> Acesso: 17 Agosto 2006

RAINHO, A. **Ações de conservação de morcegos na área de regolfo de Alqueva Pedrógão Caixas-abrigo para morcegos arborícolas**. Disponível em <[http://www.edia.pt/portal/page?\\_pageid=53,39608&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p\\_amb\\_d=2202174&cboui=2202174](http://www.edia.pt/portal/page?_pageid=53,39608&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p_amb_d=2202174&cboui=2202174)> Acesso: 17 Agosto 2006

ROSSELLÓ-GRAELL, A. **Salvaguada de *Narcissus cavanillesii***. Disponível em <[http://www.edia.pt/portal/page?\\_pageid=53,39608&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p\\_amb\\_d=2202174&cboui=2202174](http://www.edia.pt/portal/page?_pageid=53,39608&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=2190075&p_amb_d=2202174&cboui=2202174)> Acesso: 17 Agosto 2006

ROWSHON, M. K., C. Y. KWOK, E T.S.LEE. GIS-based scheduling and monitoring of irrigation delivery for rice irrigation system: Part I. Scheduling. **Agricultural Water Management**. 62:105-116. 2003.

SAHIN, S. e E. KURUM. Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessments: a case study-Seyhan Kopru Dam construction. **Journal of Environmental Management**. 66:239-247. 2002.

SMALLWOOD, K. S. FORUM: Using the Best Scientific Data for Endangered Species Conservation. **Environmental Management**. 24:421-435. 1999.

SMITH, S., F. SZILÁGYI, e L. HORVÁTH. Environmental impacts of the Gabčíkovo Barrage System to the Szigetkoz region. **Clean Technologies and Environmental Policy**. 4:54-64. 2002.

THEOBALD, D. M., N. T.HOBBS, T. BEARLY, J. A. ZACK, T. SHENK, e W. E. RIEBSAME. Incorporating biological information in local land-use decision making: designing a system for conservation planning. **Landscape Ecology**. 15:35-45. 2000.

THOMAS, A. S. The Selection and Design of Multiple-Species Habitat Preserves. **Environmental Management**. 26:37-53. 2000.

THOMAS, D. C. R., D. N. M. DONOGHUE, e I. SHENNAN. **Intertidal vegetation mapping using Landsat 5 Thematic Mapper data**. In Healy and Doody, editors, Samara Publishing Limited. Cardigan. 1995. 213-222.pp.

TOMLIN, C. D. **Geographic Information Systems and Cartographic Modeling**. Prentice-Hall,Inc. New Jersey. 1990.249p.

TSOU, M. H. Integrating Web-based GIS and image processing tools for environmental monitoring and natural resource management. **Journal of Geographical Systems**. 6:155-174. 2004.

TURNER, M. D. Methodological Reflections on the Use of Remote Sensing and Geographic Information Science in Human Ecological Research. **Human Ecology**. 31:255-279. 2003.

UNIDADE DE MACROECOLOGIA E CONSERVAÇÃO. **Ilhas (I) Biodiversidade numa paisagem em profunda transformação**. Disponível em <[http://www.edia.pt/portal/page?\\_pageid=53,39608&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&actualmenu=2338003&p\\_amb\\_d=2202405&cboui=2202405](http://www.edia.pt/portal/page?_pageid=53,39608&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=2338003&p_amb_d=2202405&cboui=2202405)> Acesso: 20 Novembro 2006.

WEIERS, S., M. BOCK, M. WISSEN, E G. ROSSNER. Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods. **Landscape and Urban Planning**. 67:43-65. 2004.