Silva Lusitana, ***21****(1): 21 - 42, 2013*
© UEISSAFSV, INIAV, Oeiras, Portugal

Mortalidade de Vertebrados Terrestres no Canal do Vale da Ribeira de Seda (Cabeção – Alto Alentejo – Portugal)

***Sérgio Godinho e **Nuno Onofre**

Sumário. O presente estudo pretende contribuir para o conhecimento dos impactes que os canais de rega causam nos vertebrados terrestres que ocorrem nas imediações deste tipo de infra-estrutura. Em particular pretendem-se determinar padrões sazonais e espaciais na mortalidade dos diferentes *taxa* ali registados. Durante 10 meses de amostragem foi percorrido periodicamente um total de 4,29 km de canal com a finalidade de contabilizar todos os indivíduos mortos ou vivos que acabam por ficar presos dentro do canal. Contabilizou-se um total de 401 indivíduos pertencentes a 34 espécies de vertebrados terrestres, das quais 11 eram espécies de Anfíbios, 10 de Répteis e 13 de Mamíferos. Do número total de animais capturados, 73,8% encontravam-se já mortos, sendo que 59,8%, 28,4% e 11,8% destes se referem respectivamente a Mamíferos, Répteis e Anfíbios. Segundo os resultados do estudo, verificou-se que estes canais deverão influenciar negativamente as populações vizinhas de ofídios e anuros, na medida em que os picos de maior mortalidade se verificaram ser nos períodos da dispersão juvenil e de reprodução. No que respeita aos padrões espaciais na mortalidade, verificou-se que os sectores do canal com maior largura, maior heterogeneidade paisagística e com um terreno morfologicamente mais enrugado, apresentavam maiores índices de mortalidade, quer no que respeita ao número de indivíduos quer de espécies. Como conclusão, salienta-se a necessidade de se desenvolverem estudos mais pormenorizados sobre estes impactes, bem como a adopção de medidas mitigadoras, como as que por último aqui se recomendam e que já foram testadas por outros autores.
Palavras-chave: canais de rega, infra-estruturas lineares, mortalidade, vertebrados terrestres

---

* Engenheiro, ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Universidade de Évora, Ap. 94, 7002-554 ÉVORA, PORTUGAL;
E-mail: godinho.sergio@gmail.com
** Engenheiro Silvicultor, Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Sistemas Agrários e Florestais e Sanidade Vegetal. Sistemas Florestais. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. Av. da República, Quinta do Marquês. 2780-159 OEIRAS, PORTUGAL;
E-mail: nuno.onofre@iniav.pt

Terrestrial vertebrates mortality in irrigation canals of Vale da Ribeira de Seda (Cabeção – Alto Alentejo – Portugal)

Abstract. The present study intends to illustrate the impact caused by irrigation canals in terrestrial vertebrates, namely those that live in the neighbourhood of this type of infrastructure. Our aim was to evaluate seasonal and spatial patterns in the different mortality rates registered in the canals surveyed. During 10 months of monitoring process 4.29 Km of canals were regularly inspected in order to assess all individuals, dead or alive, caught inside of it. A total of 401 individuals of 34 different species were registered, being 59.8%, 28.4% and 11.8% mammals, reptiles and amphibians, respectively. 73.8% of the total individuals were found already dead. According with the results, we found that the canals can negatively influence the surrounding ophidian and anuran populations, since the largest mortality peaks were registered during reproduction and juvenile dispersion times. In terms of spatial patterns in mortality, the results also show that the wider the canals' sectors are, with more landscape heterogeneities and with a more rugged terrain, the largest are the mortality scores, both in individuals and species numbers. As a conclusion, we point the need of more detailed studies on these impacts, as well as the adoption of mitigating measures such as the ones we suggest here and which are already tested by others.

Key words: irrigation canals, linear infrastructures, mortality, terrestrial vertebrates

Mortalité des vertébrés terrestres aux canal d'irrigation de Vale da Ribeira de Seda (Cabeção – Alto Alentejo – Portugal)

Résumé. La présente étude vise à contribuer pour la connaissance des impacts que les canaux d'irrigation ont sur les vertébrés terrestres qui vivent dans l'entour de ce type d'infrastructure. En particulier, elle vise à déterminer les tendances spatiales et saisonnières de la mortalité des différents taxons qui ont été trouvés là. Au cours de 10 mois on a visité plusieurs fois un total de 4,29 km de canal dans le but de compter tous les individus vivants et morts qui ont être piégés dans le canal. Un total de 401 individus appartenant à 34 espèces de vertébrés terrestres ont été enregistrés, dont 11 espèces d'amphibiens, 10 de reptiles et 13 de mammifères. Parmi le nombre total d'animaux capturés par le canal, 73,8% étaient déjà morts, étant 59,8%, 28,4% et 11,8% des mammifères, des reptiles et des amphibiens respectivement. D'accord avec les résultats de l'étude, il a été constaté que ces canaux devraient influencer négativement les populations de serpents et d' amphibies au voisinage et que les pics plus élevés du taux de mortalité se trouvent aux périodes de dispersion juvénile et de reproduction. En ce qui concerne la répartition spatiale de la mortalité, il a été constaté que les secteurs du canal ayant une plus grande largeur, une plus grande hétérogénéité et un paysage avec un relief plus ridée, avaient une mortalité plus élevée, soit en nombre d'individus soit comme espèces. En conclusion, il faut des études plus détaillées sur ces impacts, aussi bien que l'adoption de mesures d'atténuation à l'exemple de celles qui sont ici recommandées et qui ont été déjà testés par d'autres auteurs.

Mots clés: canaux d'irrigation, infrastructures linéaires, mortalité, vertébrés terrestres

Introdução

A fragmentação dos habitats tem sido reconhecida como um dos factores mais significativos para o declínio da biodiversidade na Europa (BEKKER, 2002; SEILER e FOLKENSEN, 2006). As infra-estruturas lineares, como as estradas, auto-estradas, caminhos-de-ferro e canais de rega, são actualmente consideradas como uma das principais causas da fragmentação dos habitats (SEILER, 2001 e 2002; SEILER e FOLKENSEN, 2006).

Ao longo das últimas duas décadas têm sido publicados estudos sobre os efeitos ecológicos que estas infra-estruturas causam nos demais ecossistemas que atravessam (REIJNEN *et al.,* 1996; FORMAN e ALEXANDER, 1998; CLEVENGER *et al.*, 2003; HASEN e CLEVENGER, 2005; PETRONILHO e DIAS, 2005; GARCÍA, 2009; GRILO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2012). Dependendo de cada tipo de infra-estrutura linear os efeitos ecológicos que se fazem sentir são sobretudo ao nível da perda e transformação de habitat, da diminuição da conectividade, do efeito barreira e da mortalidade não natural que causam a inúmeros indivíduos de espécies de vertebrados selvagens (FORMAM e ALEXANDER, 1998; SEILER, 2001; JAEGER *et al.*, 2005; ROW *et al.*, 2007). Como barreiras ao movimento das espécies, estas infra-estruturas criam manchas de habitat mais pequenas e incrementam o seu isolamento, conferindo a pequenas populações um risco elevado de extinção devido ao facto da oportunidade demográfica e genética ser reduzida (SPELLERBERG, 1998; ALEXANDER e WATERS, 2000; CARR e FAHRIG, 2001; JOLY *et al.*, 2003; DIXO *et al.*, 2009). Por outro lado, a presença destas infra-estruturas é um factor limitante para as espécies na medida em reduz a taxa de sobrevivência dos indivíduos tanto na tentativa de cruzar a infra-estrutura como também em redor desta. Contudo, a dimensão destes impactes na fauna silvestre está dependente de factores relacionados com a variabilidade dos padrões paisagísticos e dos aspectos inerentes às próprias espécies, como sejam a densidade populacional, o tamanho da espécie, a maior sensibilidade às alterações do meio e a própria biologia (SEILER, 2001).

A maioria dos estudos realizados sobre esta problemática incidem sobretudo nos impactes causados por rodovias. Contudo existe já um número, embora muito reduzido em comparação com as estradas e auto-estradas, de estudos sobre os impactes dos canais de rega na fauna terrestre (CARVALHO e DIAMANTINO, 1996; TRAVERSO e ALVAREZ, 2000; GODINHO e ONOFRE, 2003; PERIS e MORALES, 2004; GARCÍA, 2009). Assim, o presente estudo tem como objectivo principal aumentar o estado do conhecimento actual sobre o impacte que os canais de rega causam nas populações de vertebrados selvagens que entram em contacto com estes.

Em concreto, pretende-se responder a dois objectivos centrais: (i) determinar taxas de mortalidade verificadas nos diferentes grupos faunísticos, (ii) avaliar padrões sazonais e espaciais nos índices de mortalidade num troço de canal.

Métodos

Área de estudo e canal monitorizado

O presente trabalho foi levado a cabo na zona Sul do Sítio de Cabeção da Rede Natura 2000, distrito de Évora, Alto Alentejo, Portugal (Figura 1). Trata-se de um território marcado por um relevo suave, ligeiramente ondulado sob a influência de um bioclima termomediterrânico sub-húmido (COSTA *et al.*, 1998). Os montados de sobro e azinho surgem como elementos dominantes nesta paisagem, sendo que os segundos assumem um menor grau de representatividade.

O sistema de canais de rega monitorizado pertence ao perímetro de rega do Empreendimento Hidroagrícola da Albufeira do Maranhão (EHAM), construído na década de 1950 (INAG). A rede de canais do EHAM dentro do Sítio de Cabeção compreende cerca de 18 Km de extensão, variando ao longo do seu percurso a largura, profundidade e a forma. Quanto à largura, existem secções de canal com 0,48m, 0,80m e 2m, tendo estas secções a profundidade de 0,60m, 1,24m e 1,60m, respectivamente. A velocidade da corrente varia entre 1m/2,5s e 1m/3,5s (dependendo do caudal). No que respeita à sua forma, estes canais apresentam dois tipos de perfil: trapezoidal ou com paredes na vertical. O período operacional dos canais (transporte de água para regadio) ocorre sensivelmente entre Abril e Outubro.

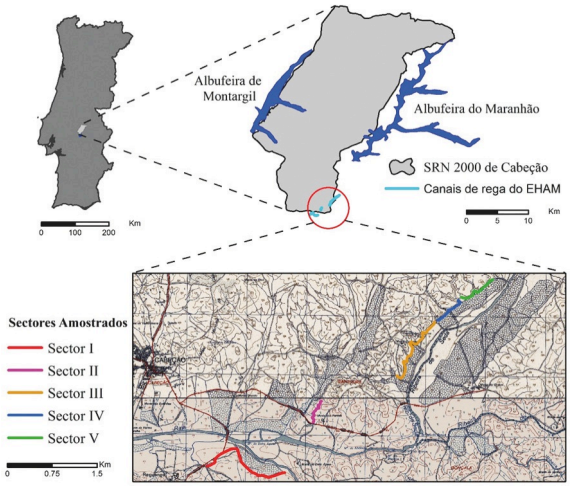

Figura 1 *- Área de estudo*

Monitorização do canal

A extensão de canal monitorizado foi de cerca 4,29 km divididos em cinco sectores em função dos sifões existentes (*cf.* Figura 1).

Para estudar a mortalidade de vertebrados terrestres nestes canais, efectuou-se a monitorização dos sectores durante dez meses, desde Outubro de 2002 até Julho de 2003, realizando-se uma visita por semana, perfazendo assim um total de 40 visitas neste período de estudo. Cada visita implicava um percurso de 4,29 km metros ao longo dos referidos sectores, quantificando-se todos os indivíduos encontrados mortos ou vivos, quer ao longo dos canais quer nas bocas dos sifões. A maior parte dos indivíduos respeitantes aos micromamíferos, recolhidos no decurso deste estudo, foram previamente preparados para a sua posterior identificação no laboratório. Para efeito de comparações entre sectores, devido aos comprimentos e perfis distintos, calculou-se um índice de abundância relativa por km (IKA), ou seja, o número de indivíduos capturados por cada 1 km de canal monitorizado e um outro relativo ao número de espécies por km, designado por IKR. Adicionalmente foi feito um inquérito junto dos funcionários do canal, que o percorrem diariamente, com a finalidade de obter informação adicional e que eventualmente tenha escapado à metodologia utilizada.

Elenco faunístico e padrões de mortalidade

Para além da recolha de dados relativos aos animais aprisionados no canal e sobre as características específicas dos canais e do caudal nos seus diferentes sectores, colheu-se também informação sobre a ocupação do solo, declives dos terrenos e distâncias a massas de água num *buffer* de 250 metros em redor de cada sector. Para além destas variáveis, foi também calculado a diversidade do habitat. Para o cálculo desta variável foi usado o índice de diversidade de Shannon (SDI) obtido através da extensão Patch Analyst 3.1 (ELKIE *et al.*, 1999) do software ArcView 3.2 (ESRI, 1999).

Com a finalidade de relacionar os valores dos índices IKA e IKR com alguns parâmetros climáticos, correlacionaram-se aqueles com a pluviosidade total por mês e temperatura média mensal obtida na estação meteorológica de Cabeção, utilizando o coeficiente de Spearman. Para testar se existiam diferenças significativas ao longo do período de amostragem e dos sectores monitorizados no que respeita ao IKA e IKR, efectuou-se uma ANOVA One-Way e um conjunto de testes de comparações múltiplas com a estatística de Tukey HSD. No sentido de avaliar a relação entre os valores dos índices com as variáveis de uso e ocupação do solo, declive, largura do canal e distâncias a massas de água efectuou-se uma Análise de Componentes Principais (ACP). Para a análise estatística foram utilizados os softwares SPSS 13.0 (SPSS Inc.), e o STATISTICA 7 (Statsoft® Inc.).

Resultados

Elenco faunístico inventariado no canal

Durante o período em que decorreu este estudo, contabilizou-se um total de 401 indivíduos aprisionados pelo canal, dos quais 114 eram anfíbios, 108 répteis e 179 mamíferos, na sua maioria micromamíferos (Quadro 1). Do número total de animais capturados, 73,8% encontravam-se já mortos, sendo que 59,8%, 28,4% e 11,8% destes se referem respectivamente a mamíferos, répteis e anfíbios (Quadro 1). No global do estudo foram inventariadas 34 espécies de vertebrados terrestres, entre as quais 13 eram mamíferos, 11 anfíbios e 10 répteis (Quadro 1). Do número total de indivíduos encontrados no canal, o ratinho-ruivo (*Mus spretus*), a cobra-rateira (*Malpolon monspessulanus*) e o sapo-de-unha-negra (*Pelobates cultripes*), foram as espécies mais afectadas por esta infra-estrutura, com valores de mortalidade de, respectivamente, 20,7%, 9,7% e 7,7%

relativamente ao total de indivíduos. No caso dos ofídios, verificou-se que cerca de 75% dos indivíduos capturados no canal eram juvenis. No que respeita à informação recolhida por inquérito, obteve-se um conjunto de resultados que permitiu aferir sobre o impacte destes canais noutras espécies não detectadas no decorrer dos trabalhos de campo. A incidência deste impacte foi confirmada em coelho (*Oryctolagus cuniculus*), raposa (*Vulpes vulpes*), texugo (*Meles meles*) e javali (*Sus scrofa*), este último também observado pelos autores em Abril de 2002, durante os trabalhos preliminares. Para além destas espécies foram ainda referenciadas duas aves de rapina encontradas afogadas, uma confirmada pela equipa - águia-calçada *(Hieraaetus pennatus)* -, e uma outra não identificada pelo funcionário.

Quadro 1 *- Fauna inventariada dentro do canal entre Outubro de 2002 e Julho de 2003*

	Vivos	**Mortos**	**Total**
Anfibios	**79 (75,2%)**	**35 (11,8%)**	**114 (28,4%)**
Pleurodeles waltl	5	1	6
Salamandra salamandra	3	3	6
Lissotriton boscai	2	1	3
Triturus marmoratus	18	4	22
Discoglossus galganoi	7	7	14
Pelodytes punctatus	2		2
Pelobates cultripes	20	11	31
Epidalea calamita	13	6	19
Bufo bufo	3		3
Hyla arborea	4	2	6
Hyla meridionalis	2		2
Répteis	**24 (22,9%)**	**84 (28,4%)**	**108 (26,9%)**
Blanus cinereus		3	3
Chalcides striatus		13	13
Hemorrhois hippocrepis	3		3
Coronella girondica		1	1
Rhinechis scalaris	3	16	19
Macroprotodon brevis	4	9	13
Malpolon monspessulanus	6	33	39
Natrix maura	7	3	10
Natrix natrix	1	4	5
Psammodromus algirus		2	2

Quadro 1 *- Continuação*

	Vivos	**Mortos**	**Total**
Mamíferos	**2 (1,9%)**	**177 (59,8%)**	**179 (44,6%)**
Microtus cabrerae		7	7
Microtus lusitanicus		18	18
Microtus duodecimcostatus		24	24
Apodemus sylvaticus		25	25
Mus spretus	2	81	83
Mus musculus		1	1
Rattus rattus		4	4
Crocidura russula		8	8
Erinaceus europaeus		1	1
Talpa occidentalis		1	1
Mustela nivalis		1	1
Herpestes ichneumon		2	2
Lepus granatensis		4	4
Total	**105 (26,2%)**	**296 (73,8%)**	**401 (100%)**

Padrões sazonais de mortalidade

Os testes de associação entre as abundâncias totais dos diferentes grupos de animais e a precipitação, mostraram que existe uma correlação negativa significativa entre a quantidade de precipitação e o número de répteis encontrados no canal (Spearman: R = -0,816; p <0,01), e uma correlação, positiva, significativa com os anfíbios (Spearman: R = 0,683; p <0,05), não existindo relação significativa com os mamíferos (Spearman; R = 0,472, p = 0,179). Em relação à temperatura, apenas se verificou existir correlação significativa com o total de répteis aprisionados no canal (Spearman; R = 0,877; p <0,01), não se tendo encontrado correlações significativas com qualquer outro grupo. Note-se no entanto, que em relação ao número total de indivíduos registados, os valores foram mais baixos ou mesmo quase nulos no período mais seco e quente do ano - Julho-Agosto -, e no período mais frio - Janeiro-Fevereiro (Figura 2).

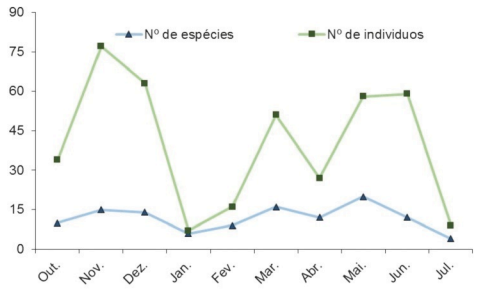

Figura 2 *- Variação sazonal do número de espécies e indivíduos capturados no canal.*

No que respeita aos resultados da Análise de Variância, verificou-se que a mortalidade nos três grupos faunísticos (anfíbios, répteis e mamíferos) não se comportou do mesmo modo ao longo dos 10 meses de amostragem (Figura 3). As diferenças de mortalidade ao longo do período de estudo registaram-se como significativas apenas nos anfíbios e répteis, (anfíbios F= 2,571, p = 0,019, df = 9; répteis F= 21,355, p <0,001, df = 9). No entanto os testes de Tukey HSD apenas indicaram existirem diferenças significativas para os répteis, nomeadamente diferenças entre os meses de Maio e Junho com os restantes meses (p <0,001). Apesar dos resultados das comparações múltiplas para os anfíbios não evidenciarem diferenças significativas no IKA neste grupo ao longo dos 10 meses de amostragem, optou-se por considerar como válidos os resultados da ANOVA na medida em que se trata de um teste mais potente. Na ANOVA a probabilidade de rejeitar a hipótese nula correctamente é maior que nos testes de comparações múltiplas que têm associado maiores probabilidades de erro do tipo II (MAROCO, 2002).

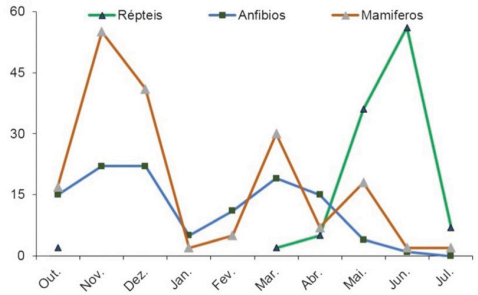

Figura 3 *- Variação sazonal do número de indivíduos capturados no canal por classe.*

Padrões espaciais de mortalidade

As medições das diferentes manchas de uso/ocupação do solo nos *buffers* mostraram que os sectores I, III e IV apresentavam uma maior diversidade paisagística (SDI em bits, sectores: I = 1,69; II = 1,33; III = 1,87; IV = 1,73 e V = 1,39), bem como os valores mais altos em termos de IKA e IKR (Figura 4). O sector I tinha nas suas imediações como usos/ocupações dominantes áreas de culturas de regadio abandonadas (CA2) (40,8%), montados de azinho com matos (AZ) (28,8%) e culturas de sequeiro (CA1) (22,0%). Os sectores III e IV partilham o mesmo uso embora em proporções distintas, 49,3% e 17,0% de culturas de sequeiro, 15,0% e 34,0% de regadio abandonado, 6,3% e 24,6% de montado de azinho, para o sector III e IV, respectivamente (Figura 5). Em relação aos parâmetros declive e distância a massas de água, verificou-se também uma ligeira diferença entre sectores. No que respeita ao declive, o sector IV representa um terreno bastante mais enrugado onde ocorrem vertentes com declives acentuados. Relativamente à distância a massas de água, os sectores I e III são os que apresentam a menor distância.

Pelos resultados da ANOVA One-Way e pelos testes de comparações múltiplas, verificou-se que as diferenças entre o IKA total por sector são significativas (F = 6,007; p <0,001, df = 4), tendo-se verificado uma maior abundância total de vertebrados aprisionados no sector IV (IKA = 238 animais por km) (Figura 4). Pelos testes de Tukey HSD observa-se que o sector IV se destaca substancialmente dos outros (p <0,001), seguido pelo sector III onde se registou também uma mortalidade significativa (p <0,007). São igualmente significativas as diferenças no IKR por sector, *i.e.* no número de espécies por sector (F = 5,640; p <0,001), tendo-se detectado um maior número de espécies no sector III (Figura 4).

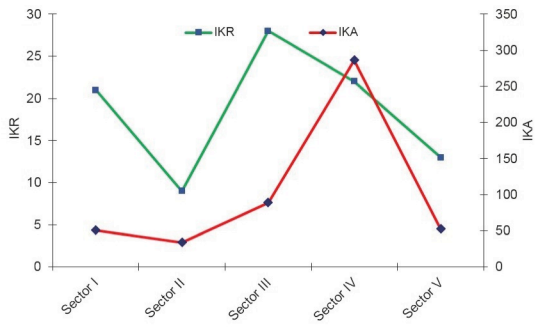

Figura 4 *- Variação espacial do IKR e IKA.*

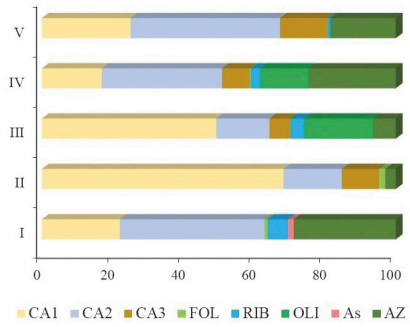

Figura 5 *- Tipos de ocupação do solo nas imediações dos sectores de canal amostrados.*

Os resultados da ACP permitem explicar, apenas com as duas primeiras componentes, 73,52% da variabilidade total dos dados (Figura 6, Quadro 2). Pela análise do Quadro 2, verifica-se que a largura do canal (Larg) é a variável que mais influencia os valores de IKA e o IKR, revelando que quanto maior a largura dos sectores maior serão os valores de IKA e IKR. De facto, os valores mais altos de IKA e IKR foram registados nos sectores de maior largura, III e IV (Figura 4). Para além desta variável, a distância às massas de água (Dist_H2O), a presença de olivais (OLI) e terrenos agrícolas (sequeiro) em pousio (CA3) nas imediações do canal também mostraram uma relação forte com o IKA e o IKR. Relativamente à variável Dist_H2O, o gradiente evidenciado pela componente 2 (Factor 2, Quadro 2) revela que quanto maior for distância às massas de água menor será o valor de IKA e IKR. Este resultado poderá explicar a importância das massas de água localizadas perto dos canais para o aumento da mortalidade dos anfíbios. Pelo contrário, à medida que aumenta a área de ocupação de olivais (maioritariamente olivais antigos e abandonados) e terrenos em pousio há um aumento nos valores de IKA e IKR.

Relativamente ao impacte dos canais em comunidades de pequenos vertebrados terrestres verificou-se que no caso dos répteis e mais em particular os ofídios, os sectores III e IV foram os locais onde se registaram os maiores valores de IKA deste grupo (Figura 7). No que respeita aos anuros e urodelos os valores mais altos de IKA foram registados no sector IV, embora no sector III também se tenha observado um valor semelhante no caso dos anuros. Em relação aos micromamíferos verificou-se uma elevada mortalidade no sector IV e III, tendo-se registado cerca de 192 e 36 indivíduos/km, respectivamente.

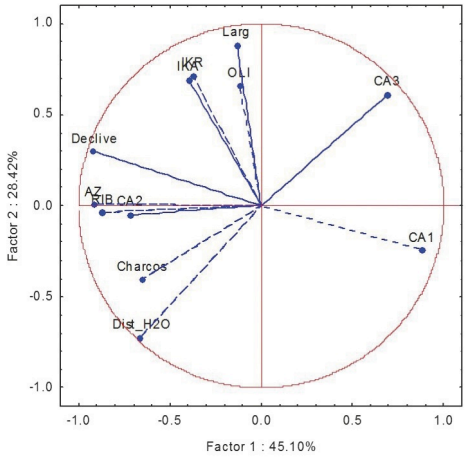

Figura 6 *- Gráfico da ACP construído com as duas primeiras componentes (Factor 1 e Factor 2). AZ – montados de azinho com matos; RIB – Ribeiras; CA1 – Culturas de sequeiro; CA2 – Culturas de regadio abandonadas (arrozais); CA3 – Terrenos agrícolas (sequeiro) em pousio; Dist_H2O – Distancia a massas de água; Larg – Largura do canal.*

Quadro 2 *- Resultados da ACP. Os valores a negrito destacam as correlações superiores a |0.50|.*

		Correlações entre as variáveis e as componentes principais		
Variável	**Código**	**Comp 1**	**Comp 2**	**Comp 3**
Declive	Declive	**-0.92**	0.30	-0.13
Distância a massas de águas	Dist_H_2O	**-0.67**	**-0.72**	0.07
Charcos	Charcos	**-0.65**	-0.40	**0.61**
Ribeiras	RIB	**-0.87**	-0.04	0.45
Largura dos canais	Larg	-0.13	**0.88**	-0.01
Montados de Azinho com matos	AZ	**-0.92**	0.01	-0.37
Culturas de Sequeiro	CA1	**0.88**	-0.24	0.38
Culturas de regadio abandonadas (ex. arrozais)	CA2	**-0.72**	-0.05	**-0.69**
Terrenos agrícolas (sequeiro) em pousio	CA3	**0.69**	**0.61**	-0.37
Olivais	OLI	-0.12	**0.66**	**0.65**
IKA	IKA	-0.40	**0.69**	0.18
IKR	IKR	-0.37	**0.71**	0.12
	Valores próprios	5.41	3.41	1.96
	% Variância explicada	45.10	28.42	16.37
	% Variância acumulada	45.10	73.52	89.89

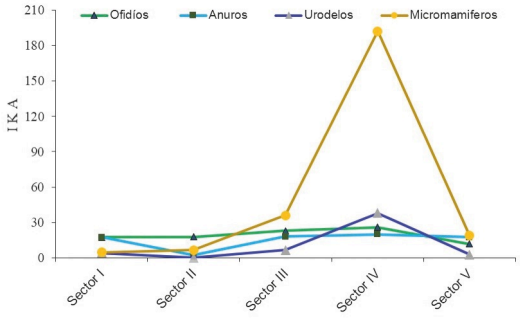

Figura 7 *- Variação espacial dos valores de IKA de ofídios, anuros, urodelos e micromamíferos.*

Discussão

Como se pode constatar pelos resultados obtidos, o efeito barreira/armadilha provocado por este tipo de infra-estrutura parece exercer-se de uma forma pouco selectiva, sobretudo no que se refere a animais não-alados de pequenas dimensões, sejam répteis, anfíbios e pequenos mamíferos. Não obstante, e principalmente segundo as informações recolhidas por inquérito aos funcionários do canal, ocasionalmente caem e morrem animais de maiores dimensões nestes canais, como javalis, raposas e, até mesmo algumas aves de rapina. Tal como nas estradas, suspeitamos que este facto poderá dever-se a situações de predação, ou seja, o canal ao reter um conjunto de indivíduos-presa está a induzir a entrada de predadores que vêm nestes locais uma oportunidade fácil de obter alimento (JACQUES e GARNIER, 1982). Contudo, esta aparente facilidade poderá traduzir-se num factor acrescido de mortalidade, visto a probabilidade de escaparem dentro do canal ser bastante diminuta, devido por um lado ao caudal quando transporta água, e por outro, à sua profundidade e forma das paredes (vertical). Assim, a mortalidade de mamíferos de médio porte e algumas rapinas em canais deste tipo, não terá tanto a ver com o efeito directo da infra-estrutura (*e.g.* barreira ao livre movimento), mas sim com a elevada disponibilidade de alimento que proporcionam, imprimindo um efeito de mortalidade em cadeia noutros grupos de vertebrados terrestres (JACQUES e GARNIER, 1982; BENNETT, 1991; JONES, 2000; SEILER, 2001; LITTLE *et al.*, 2002).

À semelhança do verificado noutros estudos (CARVALHO e DIAMANTINO 1996; TRAVERSO e ALVAREZ, 2000; GARCÍA, 2009), os valores de IKA e IKR aqui apresentados vêm confirmar que os canais de rega a céu aberto influenciam de modo negativo e significativo no livre movimento das espécies que habitam os habitats circundantes e são causadores de elevada mortalidade. Tal é apenas diminuído quando as temperaturas extremas (demasiado baixas ou altas) fazem com que as espécies reduzam os seus movimentos, condições não favoráveis aos seus modos de vida (FERRAND DE ALMEIDA *et al.,* 2001; PLEGUEZUELOS *et al.*, 2002). O efeito deste tipo de infra-estrutura linear efectua-se de modo contínuo, e o impacte ocorre sempre que existe actividade por parte deste ou daquele grupo animal e o canal esteja plenamente operacional.

O número de espécies e indivíduos capturados no canal parece reflectir um padrão sazonal, facto que também foi observado noutros estudos sobre mortalidade em infra-estruturas lineares (ASHLEY e ROBINSON, 1996; CLARKE *et al.,* 1998; CLEVENGER *et al*., 2003; GIBBS e SHRIVER, 2005; GARCÍA, 2009). Esta sazonalidade nos valores poderá representar a resposta aos diferentes ciclos de vida dos três *taxa* inventariados neste estudo, nomeadamente em função dos períodos de reprodução e de dispersão. Contudo, no caso dos mamíferos (94.9% micromamíferos) não se registou uma significativa variação ao longo dos meses, tendo-se verificado no entanto que os meses de Novembro e Dezembro foram os picos de maior mortalidade. Este resultado poderá estar relacionado com um período de maior actividade de várias espécies de micromamíferos logo após um período de escassez de alimento (verão). Com as primeiras chuvas de Outono (sobretudo Outubro) surge também uma maior disponibilidade de alimento que vai determinar as dinâmicas espaciais de muitas destas espécies na procura das suas necessidades alimentares e até reprodutivas. Com o aumento do rigor do inverno (Janeiro e Fevereiro) estas espécies reduzem ao máximo os seus movimentos, reflectindo-se este aspecto numa menor captura de indivíduos dentro dos canais.

No caso dos anfíbios os valores foram mais elevados durante os meses de maior precipitação, entre Outubro e Dezembro, mas também em Março e Abril, que constituíram meses de alguma pluviosidade. Estes picos pronunciados vêm mostrar que os níveis de maior captura de anfíbios nos canais estão associados aos períodos de maior pluviosidade, o que corresponde nos seus ciclos de vida aos movimentos para os locais de reprodução (FERRAND DE ALMEIDA *et al.,* 2001; GIBBS e SHRIVER, 2005). Devido ao facto dos canais reterem sempre água ao longo do ano (variando a altura da coluna de água em função dos períodos de operacionalidade do canal) os anfíbios são atraídos para o seu interior. Ao ficarem aprisionados no canal, alguns indivíduos de espécies como *Hyla arborea*

e *Bufo calamita* emitem chamamentos (S. Godinho, obs. pers.), os quais poderão atrair outros e levá-los a entrar. Este facto poderá contribuir para o aumento do número de indivíduos aprisionados no canal e assim para uma maior taxa de mortalidade em indivíduos reprodutores, reflectindo-se posteriormente numa redução do potencial reprodutor da população local.

Em relação à mortalidade de répteis, em particular às serpentes, verificou-se também uma nítida sazonalidade, pois as primeiras observações destes animais dentro dos canais ocorreu sensivelmente a meio de Março, atingindo picos de maior mortalidade nos meses de Maio e Junho. Neste ultimo período, salienta-se a elevada percentagem de indivíduos juvenis aprisionados dentro do canal (cerca de 75% do total das serpentes). Note-se que no caso dos juvenis trata-se de indivíduos do ano anterior, ocorrendo a eclosão da maior parte dos ofídios aqui inventariados em meados de Agosto até finais de Setembro (SALVADOR e PLEGUEZUELOS, 2002). Assim, verificando-se a frequência das capturas de juvenis sobretudo em Maio e Junho, tal poderá significar que estes mesmos indivíduos, que pertencem à postura anterior, estão nessa altura na sua fase de dispersão. À semelhança do verificado nos anfíbios, também aqui os resultados evidenciam que os répteis são afectados pelo canal quer no período dispersivo de reprodução (indivíduos adultos capturados em Março e Abril) quer no momento da dispersão juvenil (elevada captura de juvenis entre Maio e Junho). Em relação à maior parte dos lacertídeos, apesar de serem muito abundantes quer nas imediações dos canais quer noutros locais da área de estudo, o número de indivíduos contabilizados durante a monitorização foi muito reduzido (Quadro 1). O mesmo acontece com o sapo-comum (*Bufo bufo*) que é uma espécie considerada comum na região (LOUREIRO *et al.*, 2008) e que foi pouco capturada no canal. As observações deste sapo dentro do canal bem como nas estradas existentes na área de estudo têm sido nos últimos anos relativamente diminutas. Este facto é indicativo de baixas densidades populacionais desta espécie na zona, as quais poderão ser resultado de uma de duas hipóteses: a) os longos anos de operação do canal (cerca de 50 anos) contribuíram para a diminuição significativa das populações de sapo-comum nas imediações e eventualmente de outras espécies supostamente comuns (veja-se também TRAVERSO e ALVAREZ, 2000); b) o declínio desta espécie a nível local como consequência de um conjunto de situações, tais como alterações climáticas, práticas agrícolas, alterações do uso/ocupação do solo e mortalidade por atropelamento (FAHRIG *et al.*, 1995; HELS e BUCHWALD, 2001; CARRIER e BEEBEE, 2003; GIBBS e SHRIVER, 2005). Contudo, ambas as hipóteses carecem de comprovação.

Os valores de IKA e IKR observados por sector parecem reflectir, por um lado, as características do canal (largura) e a qualidade e a diversidade dos habitats. No entanto esta evidência poderá ser também explicada segundo alguns aspectos inerentes às próprias espécies, como sejam a sua distribuição e abundância nas imediações do canal e também a sua dispersão (CLEVENGER *et al.*, 2003). Como se pode constatar no gráfico da Figura 4, os sectores III e IV foram os que apresentaram os valores mais altos de IKA e IKR, resultado que poderá estar associado à maior largura do canal. De facto, os dados referentes aos ofídios em que cerca de 75% das capturas foram juvenis faz pressupor que a dimensão destes é incompatível com a tentativa de atravessar os canais. Também esta hipótese é fundamentada com observações *in locu* de indivíduos adultos de cobra-rateira e cobra-de-escada (*Rhinechis scalaris*) que atravessaram com sucesso canais com larguras de 80cm e 48cm, respectivamente (S. Godinho, obs. pers.). Para além da influência da largura do canal no número de animais contabilizados, verificou-se também, sobretudo no sector III, que a presença de arrozais abandonados nas imediações estava associada a um maior número de anuros aprisionados no canal, à semelhança do observado por CLEVENGER *et al.* (2001). Estes arrozais abandonados funcionam como charcos ou pequenas lagoas no período das chuvas, albergando elevadas concentrações de indivíduos pertencentes a várias espécies de anfíbios (S. Godinho, obs. pers). Nestas circunstâncias, supõe-se que os indivíduos no decurso das suas migrações para estes arrozais abandonados encontrem uma barreira física que os impede de alcançar estas massas de água - o canal que os intersecta. Por fim, o elevado valor de IKA e IKR verificado no sector IV poderá estar associado também à topografia do terreno (veja-se ainda CLEVENGER *et al.*, 2003). Nas imediações deste sector existem de facto vertentes com declives bastante acentuados permitindo que a vegetação se desenvolva naturalmente sem a intervenção humana dada a impossibilidade de utilização de máquinas agrícolas nestas zonas. A falta de intervenção nestas manchas de vegetação cria um refúgio para um vasto leque de vertebrados terrestres numa paisagem marcadamente agrícola (FORMAN, 1995). Este tipo de paisagem vai variando ao longo dos sectores, sendo no entanto mais expressiva no sector IV, embora ocorra também no sector I e III, locais onde se registaram também IKAs e IKRs elevados.

Conclusão

Baseado nos resultados deste estudo é possível ter uma noção mais alargada dos diferentes *taxa* afectados por esta infra-estrutura linear, como também pôr em foco o impacto que esta barreira poderá operar nos ecossistemas e na fauna que intercepta. As implicações destes impactes dependerão, entre outros, do processo ecológico afectado, ou seja, das causas que incitam os animais a atravessar para o outro lado da barreira, que pode ser a procura de alimento, a reprodução, a migração ou a dispersão juvenil (RODRIGUEZ e CREMA, 2000). Segundo a literatura existente, os factores mais importantes que determinam a mortalidade dos indivíduos nas estradas, são o tráfego e a velocidade dos veículos (FAHRIG *et al.*, 1995; TROMBULAK e FRISSELL, 2000; GIBBS e SHRIVER, 2005). Pensamos que nestas infra-estruturas rodoviárias ainda poderá existir apesar de tudo uma relativa permeabilidade visto que a intensidade do tráfego não se processa de forma constante. Pelo contrário, nos canais, o tráfego é substituído pelo caudal de água que transportam de forma contínua, conferindo a esta infra-estrutura uma elevada impermeabilidade à passagem dos animais. Tal como o verificado nas estradas (CARR e FAHRIG, 2001; JOLY *et al.*, 2003; HELS e BUCHWALD, 2001), também os canais parecem exercer um efeito negativo nestes grupos de vertebrados terrestres, na medida em que reduzem o potencial reprodutor nos períodos de reprodução e influenciam, negativamente, a taxa de sobrevivência no decurso da dispersão juvenil. Assim, os resultados deste estudo, embora com algumas limitações sobretudo devido ao número reduzido de sectores amostrados, poderá ajudar a conhecer e compreender melhor a realidade destes impactes e poderá ainda servir de base para uma melhor estruturação de estudos a realizar no futuro, neste tipo de infra-estruturas. Como desafio de investigação, surge como prioritário delinear um projecto experimental que permita obter dados demográficos das espécies nas áreas circundantes a estas infra-estruturas, para assim se poder avaliar os verdadeiros impactes dos canais nos vertebrados terrestres.

Como medidas mitigadoras que fomentem a conectividade das populações, sugere-se a implementação nos canais de um conjunto de estruturas que minimizem tais impactes, estruturas já aplicadas e testadas com êxito por diversos autores (RODRIGUEZ *et al.*, 1996; CLEVENGER e WALTHO, 2000 e 2005; MORALES *et al.*, 2000; BOHEMEN, 2002; CLEVENGER *et al.*, 2002; DODD *et al.*, 2004; PERIS e MORALES, 2004; MATA *et al.*, 2005). De entre as soluções possíveis destaca-se, nos locais mais problemáticos, a vedação longitudinal dos canais com redes de malha bastante fina e/ou a construção de uma estrutura do tipo "pala semicircular" côncava para o lado exterior, bem como a adopção

simultânea de passagens superiores sobre os canais (abertos ou em conduta fechada), especificas para a fauna selvagem de menores dimensões (Figura 8). No que respeita às passagens hidráulicas, pensamos que umas ligeiras alterações na sua configuração, nomeadamente a construção de rampas, poderão aumentar significativamente a conectividade entre as partes isoladas (ver YANES *et al.*, 1995).

Figura 8 *- Proposta de estrutura mitigadora ("pala semicircular")*

Agradecimentos

Queremos agradecer em especial ao Prof. António Mira pela identificação dos micromamíferos.

Referências bibliográficas

ALEXANDER, S., M., WATERS, N., M., 2000. The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. *Transportation Research Part C* **8**: 307-320.

ASHLEY, E. P., ROBINSON, J. T., 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field-Naturalist* **110**: 403-412.

BEKKER, G.J., 2002. COST 341- *Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, pp. 15-17.

BENNETT, A.F., 1991. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. . In Nature conservation 2: the role of corridors. (eds. D.A. Saunders, R.J. Hobbs). Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, New South Wales, pp. 99-118.

BOHEMEN, H.V., 2002. Infrastructure, ecology and art. *Landscape and Urban Planning* **59**, 187-201.

CARR, L.W., FAHRIG, L., 2001. Effect of road traffic on Two Amphibian Species of Differing Vagility. *Conservation Biology* **4**: 1071- 1078.

CARRIER, J.A., BEEBEE, T.J.C., 2003. Recent, substantial, and unexplained declines of the common toad *Bufo bufo* in lowland England. *Biological Conservation* **111**: 395-399.

CARVALHO, H., DIAMANTINO, L., 1996. *Estudo do impacto dos canais de adução dos empreendimentos hidroeléctricos sobre a fauna de vertebrados terrestres do PNSE*. Parque Natural da Serra da Estrela. ICN. 49 pp.

CLARKE, G.P., WHITE, P.C.L., HARRIS, S., 1998. Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south- west England. *Biological conservation* **86**: 117-124.

CLEVENGER, A.P., WALTHO, N., 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* **14**: 47-56.

CLEVENGER, A.P., CHRUSZCS, B., GUNSON, K.E., 2002. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* **38**: 1340-1349.

CLEVENGER, A.P., CHRUSZCS, B., GUNSON, K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* **109**: 15-26.

CLEVENGER, A.P., MCIVOR, M., MCIVOR, D., CHRUSZCZ, B., GUNSON, K., 2001. Tiger salamander *Ambystoma tigrinum*, movements and mortality on the Trans-Canada Highway in southwestern Alberta. *Canadian Field-Naturalist* **115**: 199-204.

CLEVENGER, A.P., WALTHO, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating of large mammals. *Biological Conservation* **121**: 453-464.

COSTA, J. C., AGUIAR, C., CAPELO, J. H., LOUSÃ, M., NETO, C., 1998. Biogeografia de Portugal Continental. *Quercetea* **0**: 5-56.

DIXO, M., METZGER, J.P., MORGANTE, J.S., ZAMUDIO, K.R., 2009. Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. *Biological Conservation* **142**: 1560–1569.

DODD JR, C.K., BARICHIVICH, W.L., SMITH, L.L., 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily travelled highway in Florida. *Biological Conservation* **118**: 619-631.

ELKIE, P., REMPEL, R., CARR, A., 1999. Patch Analyst User's Manual. Ont. Min. Natur. Resour. Northwest Sci. & Technol. Thunder Bay, Ont. TM–002. 16 pp + Append.

ESRI, 1999. ArcView GIS Version 3.2. Environmental Systems Research Institute Inc Redlands, CA.

FAHRIG, L., PEDLAR, J.H., POPE, S.E., TAYLOR, P.D., WEGNER, J.F., 1995. Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* **73**: 177–182.

FERRAND DE ALMEIDA, N., FERRAND DE ALMEIDA, P., GONÇALVES, H., SEQUEIRA, F., TEIXEIRA, J., FERRAND DE ALMEIDA, F., 2001. *Anfíbios e répteis de Portugal*. Guias Fapas. Fapas e Câmara Municipal do Porto, Porto. 249 pp.

FORMAN, R.T.T., 1995. *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 656 pp.

FORMAN, R.T.T., ALEXANDER, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**: 207-231.

GARCÍA, P., 2009. Mortality of vertebrates in irrigation canals in an area of west-central Spain. *Animal Biodiversity and Conservation* **32**: 123–126.

GIBBS, J.P., SHRIVER, W.G., 2005. Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians? *Wetlands Ecology and Management* **13**: 281-289.

GODINHO, S., ONOFRE, N., 2003. Mortalidade de vertebrados terrestres no canal do Vale da Ribeira de Seda (Cabeção-Alto Alentejo). *8º Encontro Nacional de Ecologia*, livro de resumos, 86 pp.

GRILO, C., BISSONETTE, J. A., SANTOS-REIS, M., 2009. Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation* **142**: 301–313.

HANSEN, M., CLEVENGER, A.P., 2005. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. *Biological Conservation* **125**: 249-259.

HELS, T., BUCHWALD, E., 2001. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* **99**: 331-340.

INAG. http://cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/FICHAS/Maranhaoficha.htm. Consultado em 26 de Julho de 2013.

JACQUES, J. C., GARNIER, G., 1982. Influence des autoroutes sur la faune terrestre et aérienne. *Revue Générale des Routes et des Aérodromes* **582**: 1-7.

JAEGER, J.A.G., BOWMAN, J., BRENNAN, J., FAHRIG, L., BERT, D., BOUCHARD, J., CHARBONNEAU, N., FRANK, K., GRUBER, B., TOSCHANOWITZ, K.T.V., 2005. Predicting when animal population are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behaviour. *Ecological Modelling* **185**: 329-348.

JOLY, P., MORAND, C., COHAS, A., 2003. Habitat fragmentation and amphibian conservation: building a tool for assessing landscapes matrix connectivity. *C.R. Biologies* **326**: S132-S139.

JONES, M.E., 2000. Road upgrade, road mortality and remedial measures: impacts on a population of eastern quolls and Tasmanian devils. *Wildlife Research* **27**: 289-296.

LITTLE, S.L., HARCOURT, R.G., CLEVENGER, A.P., 2002. Do wildlife passages act as prey-traps? *Biological Conservation* **107**: 135-145.

LOUREIRO, A., FERRAND DE ALMEIDA, N., CARRETERO, M. A., PAULO, O. S., (eds) 2008. *Atlas dos Anfíbios e Répteis de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade*. Lisboa, 257 pp.

MAROCO, J., 2002. *Análise estatística com utilização do SPSS*. Edições Sílabo, Lisboa. 824 pp.

MATA, C., HERVÁS, I., HERRANZ, F., SUÁREZ, MALO, J.E., 2005. Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation* **124**: 397-405.

MORALES, J.J., PERIS, S., PEDRAZA, E., 2000. Utilización de pasos específicos de fauna y mortandad asociada en un canal de los Parámos del Norte de España (Guardo, Palencia). *Galemys* **12** (1): 25-40.

PERIS, S., MORALES, J., 2004. Use of passages across a canal by wild mammals and related mortality. *European Journal of Wildlife Research* **50**: 67-72.

PETRONILHO, J.M.S., DIAS, C.M.M., 2005. Impact of two forest roads upon wildlife after a road pavement change in a coastal area in the center of Portugal. *Wildlife Biology in Practice* **1**(2): 128-139.

PLEGUEZUELOS J. M., MÁRQUEZ, R. LIZANA, M. (eds.) 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española, Madrid, pp. 265-294.

REIJNEN, R., FOPPEN, R., MEEUWSEN, H., 1996. The effects of traffic on the density of breeding Birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation* **75**: 255 – 260.

RODRIGUEZ, A., CREMA, G., DELIBES, M., 1996. Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates. *Journal of Applied Ecology* **33**: 1527-1540.

RODRÍGUEZ, A., CREMA, G., 2000. Las infraestructuras lineales y su efecto barrera sobre los vertebrados. *Quercus* **167**: 22- 27.

ROW, J. R., BLOUIN-DEMERS, G., WEATHERHEAD P. J., 2007. Demographic effects of road mortality in black ratsnakes (*Elaphe obsoleta*). *Biological Conservation* **137:** 117 – 124.

SALVADOR, A., PLEGUEZUELOS, J.M., 2002. *Reptiles Españoles: identificación, historia natural y distribución*. Canseco Editores. 496 pp.

SEILER, A., 2001. *Ecological Effects of Roads*. Grimso Wildlife Research Station, Department of Conservation Biology, Swedish University of Agricultural Sciences (www-grimso.slu.se).

SEILER, A., 2002. *Key Ecological Concepts: COST 341- Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure*: The European Review. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, pp. 19-29.

SEILER, A., FOLKESON, L. (eds.) 2006. *Habitat fragmentation due to transportation infrastructure*. COST-341: national state-of-the-art report Sweden - VTI, the Swedish National Road and Transport Research Institute, Report R530A.

SILVA, C. C., LOURENÇO, R., GODINHO, S., GOMES, E., MARQUES, H. S., MEDINA, D., NEVES, V., SILVA, C., RABAÇA, J. E., MIRA, A., 2012. Major roads have a negative impact on the Tawny Owl *Strix aluco* and the Little Owl *Athene noctua* population. *Acta ornithologica* **47**: 47 – 54.

SPELLERBERG, I.F., 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* **7**: 317- 333.

TRAVERSO, J. M., ALVAREZ, A., 2000. Mortalidad de vertebrados en el "Canal de las Dehesas". *Quercus* **167**: 28- 30.

TROMBULAK, S.C., FRISSELL, C.A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* **14**: 18-30.

YANES, M., VELASCO, J.M., SUÁREZ, F., 1995. Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation* **71:** 217-222.

Entregue para publicação em abril de 2012
Aceite para publicação em junho de 2013