

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

Factores que influenciam a mortalidade de abetarda e sisão por colisão em linhas de muito alta tensão. Análises às escalas local e regional e implicações para o Ordenamento do Território.

Por

Ana Teresa Dias dos Santos Marques

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental

Orientador: Professor Doutor António Paulo Pereira Mira

Lisboa

(2009)

Agradecimentos

Quero agradecer a diversas pessoas e instituições que contribuíram com o seu esforço e empenho para a realização desta tese:

Ao Professor António Mira pelo entusiasmo com que aceitou orientar esta tese. Por todo o apoio prestado, pela ajuda com as análises estatísticas e pela boa disposição!

Ao Professor João Farinha pelo apoio prestado no decorrer da execução da tese.

Ao Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade pela disponibilização dos dados recolhidos no âmbito do projecto de monitorização da linha Ferreira do Alentejo / Ourique. Um agradecimento especial ao Dr. Pedro Rocha e ao Dr. João Paulo Silva pelo apoio prestado durante o projecto e pelos ensinamentos sobre abetardas e sisões.

À Inês Henriques pela leitura atenta, pelas sugestões e por estar sempre presente!

Ao João Paulo Silva pela disponibilização dos dados de sisão e pela ajuda com a revisão do texto e das análises.

Ao Pedro Rocha pela revisão e comentários em tempo recorde!

À Ana Cordeiro pela ajuda com o MDT e com as análises de visibilidade.

Ao Vítor, pelos incansáveis incentivos e por todo o apoio desde o primeiro momento!

À minha família, em particular aos meus pais, por tudo!

Ao Luís Quinta pela fotografia espectacular da abetarda!

A todos os amigos e colegas que estiveram presentes e que me incentivaram!

Obrigada!

Resumo

A abetarda e o sisão, ambas espécies com estatuto de conservação desfavorável, tanto ao nível nacional como internacional, encontram-se entre as espécies de aves mais susceptíveis a colidirem com os cabos das linhas eléctricas de transporte de energia.

Na presente tese faz-se uma revisão da problemática da colisão de aves em linhas eléctricas e analisam-se os factores que contribuem para a ocorrência de mortalidade da abetarda e do sisão nestas infra-estruturas. Essa análise é feita a duas escalas distintas, uma escala regional, que tem como área de estudo os distritos de Beja, Évora e Setúbal e uma escala local, que se foca na Zona de Protecção Especial de Castro Verde.

Variáveis ambientais e geográficas foram incorporadas num Sistema de Informação Geográfica e utilizadas para construir um mapa de probabilidade de ocorrência de colisão em linhas de muito alta tensão, para a área de estudo regional, usando métodos de Máxima Entropia através da aplicação do *software* Maxent. Para a escala local, a mortalidade das espécies foi modelada para diferentes conjuntos de variáveis: características da linha, factores ambientais e abundância das espécies, utilizando Modelos Lineares Generalizados (GLM).

Os resultados produzidos permitiram delinear medidas orientadoras para o ordenamento dos traçados das linhas, de modo a torna-los mais sustentáveis.

Abstract

Great bustard and little bustard, species of high conservation concern, both at national and international level, have high probability to collide with electric wires. This thesis makes an update about this topic and investigates which factors are responsible for the mortality of great bustard and little bustard by collision with the cables of electric lines.

This issue was studied at two scales, regional and local. The regional approach took place at Beja, Évora and Setúbal districts, while the analysis at the local level focused on the Special Protected Area of Castro Verde.

A Geographic Information System was created with environmental and geographic variables, which was used to build a map with the probability of occurrence of mortality for each species, using Maximum Entropy Modelling in the software Maxent. Generalized Linear Models (GLM) were used to model the influence of tree sets of variables (line features, environmental factors and species abundance) on the mortality patterns of both species.

To accomplish a more sustainable system several recommendations are suggested.

Lista de abreviaturas utilizadas

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental

BFD – *Bird Fligh Diverter*

DIA – Declaração de Impacte Ambiental

DL – Decreto-Lei

DGGE – Direcção Geral de Geologia e Energia

DRE – Direcção Regional de Economia

EincA – Estudo de Incidências Ambientais

GLM – Modelos Lineares Generalizados

ICNB – Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade

IBA – *Important Bird Area*

LMAT – Linha de Muito Alta Tensão

MW – Megawatt

ONGA – Organização Não Governamental de Ambiente

RNT – Rede Nacional de Transporte

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SPEA – Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza

ZPE – Zona de Protecção Especial

Índice de Matérias

1.	Introdução.....	11
1.1.	Objectivos.....	13
2.	Revisão da literatura.....	15
2.1.	Interacções entre linhas eléctricas e avifauna.....	15
2.1.1.	A colisão.....	17
2.1.2.	Informação existente para Portugal.....	20
2.1.3.	Licenciamento e instalação de linhas eléctricas – enquadramento legal em Portugal.....	21
2.2.	As espécies em estudo: abetarda (<i>Otis tarda</i>) e o sisão (<i>Tetrax tetrax</i>).....	23
2.2.1.	A abetarda.....	24
2.2.2.	O sisão.....	28
3.	Metodologia.....	32
3.1.	Análise à escala regional.....	32
3.1.1.	Área de estudo.....	32
3.1.2.	Dados utilizados neste trabalho.....	34
3.1.3.	Análise dos dados.....	36
3.2.	Análise à escala local.....	39
3.2.1.	Área de estudo.....	39
3.2.2.	Dados utilizados neste trabalho.....	41
3.2.3.	Análise dos dados.....	42
4.	Apresentação e discussão dos Resultados.....	50
4.1.	Análise regional.....	50
4.1.1.	Caracterização dos troços monitorizados.....	50
4.1.2.	Caracterização da mortalidade nos troços monitorizados.....	52
4.1.3.	Modelação da ocorrência de mortalidade.....	56
4.1.4.	Mortalidade de abetarda e sisão nas LMAT da área de estudo.....	60
4.2.	Análise local.....	61
4.2.1.	Abetarda.....	61
4.2.2.	Sisão.....	69
5.	Implicações para o ordenamento do território.....	75
5.1.	Factores que influenciam a mortalidade de abetarda e sisão por colisão.....	75

5.2. Recomendações para o ordenamento da rede nacional de transporte de energia eléctrica.....	81
6. Considerações finais	84
7. Referências bibliográficas	87

Índice de Figuras

Figura 3.1 – Área de estudo regional e LMAT presentes.....	33
Figura 3.2 – Área de estudo da ZPE de Castro Verde e LMAT Ferreira do Alentejo / Ourique (análise à escala local)	41
Figura 4.1 – Percentagem monitorizada em cada uma das linhas (comprimento). 1 – Alqueva / Balboa; 2 – Alqueva / Ferreira do Alentejo; 3 – Ferreira do Alentejo / Ourique; 4 – Ferreira do Alentejo / Évora; 5 – Ferreira do Alentejo / Sines II; 6 – Ourique / Estói; 7 – Ourique / Neves Corvo; 8 – Palmela / Évora; 9 – Sines / Ferreira do Alentejo I.....	51
Figura 4.2 – Localização dos troços monitorizados e das ZPE e IBA com habitat pseudo-estepário presentes na área de estudo	52
Figura 4.3 – Percentagem dos troços monitorizada em áreas classificadas como ZPE e/ou IBA com características estepárias, em cada uma das linhas. 1 – Alqueva / Balboa; 2 – Alqueva / Ferreira do Alentejo; 3 – Ferreira do Alentejo / Ourique; 4 – Ferreira do Alentejo / Évora; 5 – Ferreira do Alentejo / Sines II; 6 – Ourique / Estói; 7 – Ourique / Neves Corvo; 8 – Palmela / Évora; 9 – Sines / Ferreira do Alentejo I.....	52
Figura 4.4 – Proporção de troços de 2km com presença de mortalidade das duas espécies, de abetarda e de sisão para cada uma das LMAT: 1 – Alqueva / Balboa; 2 – Alqueva / Ferreira do Alentejo; 3 – Ferreira do Alentejo / Ourique; 4 – Ferreira do Alentejo / Évora; 5 – Ferreira do Alentejo / Sines II; 6 – Ourique / Estói; 7 – Ourique / Neves Corvo; 8 – Palmela / Évora; 9 – Sines / Ferreira do Alentejo I. * - $P < 0.05$; ** - $P < 0.01$; *** - $P < 0.001$	53
Figura 4.5 – Proporção de troços das tipologias esteira horizontal e esteira vertical com presença de mortalidade das duas espécies, de abetarda e de sisão. A mortalidade total é significativamente superior nos troços em esteira vertical.....	55
Figura 4.6 – Proporção de troços com presença de mortalidade das duas espécies, de abetarda e de sisão, em sem estatuto e em áreas classificadas como ZPE e/ou IBA.....	55

Figura 4.7 – Mapa com a probabilidade Maxent de ocorrência de mortalidade de abetarda na área de estudo (resolução de 500m)	58
Figura 4.8 – Mapa com a probabilidade Maxent de ocorrência de mortalidade de sisão na área de estudo (resolução de 500m)	59
Figura 4.9 – Mortalidade de abetarda e respectiva linha de tendência em função das variáveis explicativas consideradas significativas nas análises univariadas.....	65
Figura 4.10 – Resultados da análise da partição da variância para a mortalidade da abetarda. São apresentados os três grupos de variáveis (L – características da linha, A – factores ambientais; E – abundância da espécie). Os valores representam a percentagem da variabilidade explicada por cada um dos grupos de variáveis e pela interacção entre eles (LA, LE, AE, LAE).....	68
Figura 4.11 – Mortalidade de sisão e respectiva linha de tendência em função das variáveis explicativas consideradas significativas nas análises univariadas.....	71
Figura 4.12 – Resultados da análise da partição da variância para a mortalidade de sisão. São apresentados os três grupos de variáveis (L – características da linha, A – factores ambientais; E – abundância da espécie). Os valores representam a percentagem da variabilidade explicada por cada um dos grupos de variáveis e pela interacção entre eles (LA, LE, AE, LAE).....	74

Índice de Quadros

Quadro 3.1 – Linhas de transporte de energia prospectadas na região do Alentejo. Respectiva extensão, troços monitorizados, período e frequência da monitorização, entidade responsável pelo estudo e referência bibliográfica.....	35
Quadro 3.2 – Descrição das variáveis explicativas utilizadas na análise à escala regional	39
Quadro 3.3 – Descrição das variáveis explicativas utilizadas na análise à escala local.....	46
Quadro 4.1 – Valores de AUC e de deviância para os modelos de teste e total das espécies abetarda e sisão	56
Quadro 4.2 – Contributo de cada variável ambiental para o modelo à escala regional para a abetarda e o sisão. Os valores representam a percentagem de informação perdida se a variável for retirada do modelo	57
Quadro 4.3 – Probabilidade média de ocorrência de mortalidade de abetarda e sisão, nas LMAT presentes na área de estudo (a probabilidade apenas foi calculada para os troços presentes na área de estudo)	60
Quadro 4.4 – Resultados da análise univariada para o valor de mortalidade de abetarda (* - $P < 0.25$; ** - $P < 0.10$; *** - $P < 0.05$; ns - não significativo)	62
Quadro 4.5 – Resultados do modelo multivariado (GLM) para a abetarda. São apresentados os melhores modelos parciais (características da linha, factores ambientais e abundância da espécie) e o global, utilizados para a partição da variância. β – coeficiente da regressão; SE – erro padrão; P – significância estatística	66
Quadro 4.6 – Resultados da análise univariada para o valor de mortalidade de sisão (* - $P < 0.25$; ** - $P < 0.10$; *** - $P < 0.05$; ns - não significativo)	70
Quadro 4.7 – Resultados do modelo multivariado (GLM) para o sisão. São apresentados os melhores modelos parciais (características da linha, factores ambientais e abundância da	

espécie) e o global, utilizados para a partição da variância. β – coeficiente da regressão; SE – erro padrão; P – significância estatística72

1. INTRODUÇÃO

A partir de meados do século XX assistiu-se a um incremento da implementação de infra-estruturas com importância económica ou social, tanto no espaço urbano como no rural, de modo que, actualmente, estas estão presentes um pouco por todo o território continental.

As estruturas longilíneas, como as vias rodoviárias e ferroviárias, os canais de rega e as linhas eléctricas de transporte e de distribuição de energia, por atravessarem a paisagem de um modo mais ou menos linear, constituem um caso bastante particular e peculiar no que diz respeito ao ordenamento do território. Estas infra-estruturas são ubíquas e estão presentes em áreas geográficas com diferentes vocações e especificidades, como as áreas urbanas ou rurais (onde estão presentes regiões vocacionadas para a conservação da natureza e da biodiversidade), pelo que a sua influência faz-se sentir em vastas regiões e pode ter efeitos díspares consoante o local.

O transporte de energia eléctrica entre os locais de produção e de transformação é assegurado pela Rede Nacional de Transporte (RNT), presente na totalidade do território de Portugal Continental e com interligações à rede espanhola. Em Março de 2008 esta rede tinha em operação um total de 7.101km de linhas (1.588km de linhas de 400 kV, 3.177km de linhas de 220 kV e 2.661km de linhas de 150 kV) (REN, 2008).

A RNT encontra-se em constante actualização e expansão, de modo a fazer a ligação a novos centros electroprodutores, a aumentar a capacidade de interligação com Espanha e a dar resposta às necessidades crescentes do mercado no que respeita ao consumo de electricidade.

A implementação de linhas de muito alta tensão acarreta impactes a diversos níveis, como o social, o paisagístico ou o ecológico. No caso da componente ecológica referem-se os impactes que ocorrem durante a fase de construção, aquando da abertura ou melhoria de acessos, da abertura de caboucos para a colocação dos apoios e do estabelecimento da faixa de protecção (45m), que implicam desmatação e movimentação de terras e, conseqüentemente, perda de habitat para a fauna e flora. Durante a fase de exploração evidencia-se a colisão de vertebrados voadores, como aves e morcegos, com os cabos. A ocorrência destes acidentes deve-se à baixa visibilidade dos cabos, que podem ser responsáveis por elevados valores de mortalidade de algumas espécies da fauna.

A mortalidade de aves por colisão com linhas de transporte de energia, uma problemática identificada um pouco por todo o mundo, tendo sido alvo de estudos em diferentes áreas geográficas e em ecossistemas distintos. Este factor de mortalidade chega mesmo a ser apontado como a principal causa de mortalidade adulta de algumas espécies da fauna, como a abetarda (Alonso *et al.*, 1995; Alonso & Alonso, 1999) ou a águia de Bonelli (Real *et al.*, 2001), o que é particularmente preocupante quando atinge espécies de conservação prioritária.

Os trabalhos realizados aos níveis nacional e internacional concluem que as aves estepárias, onde se incluem a abetarda (*Otis tarda*) e o sisão (*Tetrax tetrax*), espécies com estatuto de conservação desfavorável, se encontram entre as mais susceptíveis a colidirem com estas infra-estruturas. Este factor de mortalidade assume tal importância que o Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal o considera como uma das principais ameaças à conservação destas espécies no país (Cabral *et al.*, 2005).

Apesar de estar bem identificado, ainda são poucos os trabalhos que analisam profundamente este problema, nomeadamente na avaliação do impacto da mortalidade na dinâmica populacional das espécies e na identificação dos factores que propiciam a ocorrência de colisões.

As ferramentas de análise estatística, nomeadamente os modelos explicativos que recorrem a métodos multivariados, têm sido utilizadas desde a década de 90 para modelação em ecologia. Estas análises relacionam uma dada variável com um conjunto de factores mensuráveis, e têm sido particularmente empregues para explicar a distribuição de espécies (*e.g.* Corsi *et al.*, 2000; Guisan & Zimmermann, 2000). Constituem também uma boa abordagem para modelar factores de mortalidade, pelo que têm sido utilizadas para determinar os factores responsáveis pela mortalidade da fauna por atropelamento em estradas (Malo *et al.*, 2004). Estas ferramentas apresentam, portanto, potencial para ajudar a compreender os factores que propiciam a ocorrência de mortalidade em infra-estruturas como as linhas eléctricas e podem fornecer pistas importantes para o planeamento e concepção da rede de transporte de energia.

1.1. OBJECTIVOS

Tendo em perspectiva que o ordenamento da rede de linhas de transporte de energia pode ter um papel importante na conservação de espécies ameaçadas, pretende-se contribuir para a integração dos valores naturais no planeamento do traçado destas infra-estruturas. Assim, o objectivo principal desta tese passa por definir os factores que determinam a mortalidade de abetarda e sisão em linhas de muito alta tensão (designadas como LMAT daqui em diante) a duas escalas, local e regional.

Os objectivos específicos são:

- Modelar a mortalidade de abetarda e de sisão por colisão em linhas de transporte de energia às escalas regional e local;
- Determinar a importância relativa de três grupos de factores: características da linha, características geográficas e paisagísticas, e biologia das espécies, na mortalidade de abetarda e de sisão por colisão;
- Construir um mapa com a probabilidade de ocorrência de mortalidade por colisão para a abetarda e para o sisão, para toda a área de estudo, em função das características da paisagem e da abundância das espécies;
- Apresentar propostas de medidas orientadoras para o ordenamento da rede de linhas de muito alta tensão, nomeadamente no que respeita à localização do traçado das linhas e à adopção de medidas de minimização.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. INTERACÇÕES ENTRE LINHAS ELÉCTRICAS E AVIFAUNA

Para dar resposta às crescentes necessidades energéticas da população humana, a rede de linhas de transporte e de distribuição de energia tem aumentado um pouco por todo o mundo, tendência que também se tem observado em Portugal. Estas infra-estruturas ocorrem em todo o território nacional, estando presentes quer em zonas urbanas, como rurais, incluindo áreas com importantes valores naturais. No caso das linhas de transporte de energia tende a haver uma concentração em zonas de interior produtoras de energia, como é o caso do Douro Internacional, onde se verifica a maior densidade de linhas do país, devido à produção de energia hidroeléctrica.

Ao coexistirem numa mesma área geográfica, verificam-se interacções de variadas ordens entre estas infra-estruturas e a fauna silvestre, particularmente com a avifauna. Na maioria dos casos o balanço é negativo para o grupo das aves e só em raras excepções as estruturas podem ser benéficas para determinadas espécies.

Podem distinguir-se três tipos de interacção entre as aves e as linhas eléctricas: a colisão, a electrocussão e a nidificação, sendo que os dois primeiros casos são responsáveis pela mortalidade de indivíduos da avifauna (BirdLife, 2003).

A colisão ocorre quando uma ave em voo embate com os cabos suspensos de uma linha aérea, por estes não serem visíveis, provocando traumatismos comparáveis aos resultantes duma colisão com uma viatura automóvel (Infante *et al.*, 2005). Estes acidentes podem ocorrer tanto em linhas de transporte e distribuição de energia, como em linhas eléctricas ferroviárias ou de telecomunicações. A problemática da colisão de aves com linhas de transporte de energia será explorada com mais detalhe no próximo capítulo, uma vez que é o tema abordado na presente tese.

A electrocussão faz-se sentir particularmente nas linhas de média tensão e em menor expressão em alta tensão, e origina-se quando uma ave estabelece contacto entre dois elementos condutores, a potenciais diferentes, que permitam a circulação de corrente eléctrica pelo seu corpo. Pode ocorrer quando a ave estabelece o contacto com dois condutores aéreos, ou entre um condutor e outro elemento ligado à terra (como as traves de metal presentes no topo dos apoios das linhas). Nas linhas de maior voltagem, como as distâncias de isolamento são maiores, o perigo de electrocussão é inferior ao da média tensão.

Por sua vez, a nidificação tem lugar quando as aves constroem os seus ninhos nas estruturas da rede eléctrica. Esta situação é particularmente visível no caso da cegonha-branca *Ciconia ciconia*, espécie que em 2004 tinha 1.870 ninhos em apoios de linhas eléctricas, cerca de 23% dos ninhos existentes em Portugal (Rosa *et al.*, 2005). Esta situação potencia a ocorrência de acidentes por colisão e electrocussão, e é responsável pelo aumento de avarias nos sistemas de transporte e de distribuição de energia eléctrica.

2.1.1. A colisão

Data de 1904 a primeira referência na bibliografia sobre a problemática da colisão de aves com cabos aéreos (Emerson, 1904). Até aos anos setenta surgem relatos pontuais deste tipo de acidentes (*e.g.* Bailey, 1929; Cornwell & Hoccibaum, 1971), até que, a partir da década de oitenta, se começa a estudar mais profundamente este factor de mortalidade e a sua importância para as populações de aves (*e.g.* Niemi & Hanowski, 1984; Bevanger, 1994; Bevanger, 1998; Janss & Ferrer, 1998; Ferrer & Janss, 1999; Bevanger & Brøseth, 2001; Bevanger & Brøseth, 2004).

Os estudos realizados até ao momento permitiram recolher dados de base sobre diversos aspectos relacionados com esta problemática e são uma boa base de trabalho para a realização de trabalhos futuros. Têm privilegiado a determinação dos valores de mortalidade, a identificação dos grupos de aves mais sensíveis e dos habitats mais problemáticos e a eficácia das medidas de minimização existentes. Todavia, não têm sido realizados estudos a longo prazo e ainda não são claros os impactos desta mortalidade ao nível das populações.

Todas as espécies de aves podem colidir com os cabos aéreos das linhas eléctricas, no entanto, alguns grupos são mais susceptíveis a este tipo de mortalidade. As espécies consideradas mais sensíveis são as migradoras nocturnas, as que têm um comportamento gregário (voam em grupo) e as mais pesadas ou de maiores dimensões, que apresentam menor capacidade de manobra do voo. De um modo geral, os grupos mais referenciados na bibliografia são as aves aquáticas e as aves estepárias (Janss, 2000; BirdLife, 2003).

Para além de haver espécies mais susceptíveis à colisão com linhas eléctricas existem factores que podem potenciar o risco de acidentes. Entre eles são apontados a baixa visibilidade dos cabos (geralmente de cor cinzenta), as más condições climáticas, como a chuva, o nevoeiro ou rajadas de vento forte, a ocorrência de factores de perturbação e a má visibilidade durante os períodos nocturnos e ao nascer e pôr do sol (BirdLife, 2003).



Fotografia 1 – LMAT em condições de visibilidade reduzida.

Por outro lado, a problemática da colisão de aves com linhas eléctricas faz-se sentir sobretudo em (BirdLife, 2003):

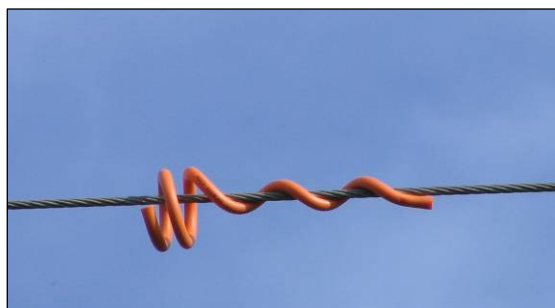
- Áreas com elevada importância para a avifauna, nomeadamente as que albergam populações com um elevado número de indivíduos, e em particular de espécies migratórias;
- Habitats de zonas húmidas, sapais, áreas costeiras e estepes;
- Locais importantes de passagem de aves migradoras. Nestas circunstâncias é particularmente relevante a orientação da linha em relação aos movimentos das aves, sendo que as situações perpendiculares são as mais impactantes.

Até ao momento não foi possível compatibilizar a ocorrência simultânea de aves e de linhas eléctricas aéreas sem prejuízo de uma das partes. Têm sido aplicadas medidas de minimização, que passam pela sinalização dos cabos terra com BFD (*Bird Flight Divertors*), que são responsáveis por uma redução do número de acidentes, mas que não resolvem o problema por completo (Janss & Ferrer, 1998; BirdLife, 2003; Marques, 2007; Neves &

Infante, 2008). A sinalização tem sido realizada preferencialmente nos cabos terra uma vez que são mais finos que os condutores e, por isso, menos visíveis.

Os BFDs são peças com dimensão, forma e cor variável, que se prendem aos cabos eléctricos ou aos cabos de terra a distâncias regulares, de forma a aumentar a visibilidade da linha. Em Portugal, os BFDs utilizados são espirais de cor branca, laranja e cinzenta, dispostas alternadamente. Devido ao peso que exercem sobre a linha, a dimensão destes dispositivos depende da secção do cabo onde vão ser instalados.

Uma vez que até à data não é possível mitigar de forma satisfatória o problema da colisão, a prevenção de acidentes, através de um planeamento cuidadoso do traçado e das características da linha, revela-se de extrema importância. Neste âmbito são apontadas algumas recomendações para evitar ou minimizar a ocorrência de colisões, nomeadamente: *a)* o traçado da linha deve evitar corredores migratórios de aves (BirdLife, 2003; Neves *et al.*, 2005b); *b)* quando possível a linha deve ser enterrada; *c)* o traçado deve permitir dissimular a linha noutras estruturas presentes na paisagem, assim; a altura das linhas deve ser a menor possível, esta deve ser colocada entre edifícios e filas de árvores e no sopé das serras; *d)* o traçado deve acompanhar outras estruturas lineares presentes na área, como estradas ou vias-férreas, de modo a evitar uma maior fragmentação dos habitats (BirdLife, 2003); *e)* devem privilegiar-se tipologias com um menor número de planos de colisão (Neves *et al.*, 2005b) e *f)* os cabos terra devem ser sinalizados (BirdLife, 2003; Neves *et al.*, 2005b).



Fotografia 2 – Exemplo de BDF.

2.1.2. Informação existente para Portugal

Apesar desta problemática estar identificada desde o início do século XX, em Portugal o primeiro estudo data de 1997, quando foi realizada uma tese de mestrado no Estuário do Tejo (Matos, 1997). Pontualmente, no final da década de noventa, também foram realizados trabalhos em áreas protegidas, mais concretamente no Parque Natural do Vale do Guadiana e no Parque Natural do Douro Internacional (*in* Infante *et al.*, 2005).

A elaboração de estudos mais abrangentes e sistemáticos apenas começou no presente século, impulsionado por protocolos estabelecidos entre as empresas responsáveis pelo transporte e distribuição de energia no país, a REN – Redes Energéticas Nacionais e a EDP-Distribuição, respectivamente, o Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB) e as Organizações Não Governamentais de Ambiente – SPEA (Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves) e Quercus A.N.C.N. (Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza).

No âmbito destes protocolos foram desenvolvidos dois estudos ao nível nacional, um para a rede de média e alta tensão (Infante *et al.*, 2005) e outro dirigido para a muito alta tensão (Neves *et al.*, 2005a). Estes trabalhos tiveram como grandes objectivos a recolha de dados de base e a identificação dos principais problemas relacionados com a colisão e electrocussão em linhas eléctricas no país, constituindo a base para o ordenamento da rede eléctrica e para a adopção de medidas de correcção e de minimização (Neves *et al.*, 2005b).

Foram também realizados estudos dirigidos para as áreas do país com maiores valores de mortalidade e para as espécies com estatutos de conservação elevados. No âmbito do protocolo do ICNB com a REN foi desenvolvido o *Projecto Abetarda*, do qual fazem parte o “Estudo de dispersão de juvenis de Abetarda *Otis tarda* em Castro Verde” (Rocha, 2005) e a

“Monitorização dos Efeitos da Linha de Muito Alta Tensão *Ferreira do Alentejo – Ourique* sobre Espécies Prioritárias, Mortalidade e Taxas de Voo” (Marques *et al.*, 2007). Do protocolo com a EDP-Distribuição surgiu também o Estudo sobre dispersão de juvenis de aves de rapina – Seguimento via satélite de 3 juvenis de Águia-real (*Aquila chrysaetos*) e 2 juvenis de Águia de Bonelli (*Hieraaetus fasciatus*) no Norte de Portugal (Monteiro & Silva, 2005).

Os trabalhos referidos constataram que os principais acidentes em linhas eléctricas são casos de colisão e classificaram os Ciconiformes (garças e cegonhas), Anseriformes (patos), Galliformes (perdiz e codorniz), Gruiformes (abetarda e sisão), Charadriiformes (limícolas), *Columbidae* (pombos) e *Strigiformes* (mochos e corujas) como grupos com *Elevado* risco de colisão. Todos os trabalhos destacam a abetarda e o sisão, no que diz respeito à colisão, por corresponderem às espécies com estatuto de ameaça com maior susceptibilidade de sofrerem acidentes.

2.1.3. Licenciamento e instalação de linhas eléctricas – enquadramento legal em Portugal

Em Portugal, a EDP-Distribuição é a entidade responsável pela distribuição de energia em linhas de baixa e de média tensão e também pela quase totalidade das linhas de alta tensão (60kV). Por sua vez, a REN tem a seu cargo o transporte de energia nas linhas de muito alta tensão, gerindo pontualmente algumas linhas de alta tensão.

O licenciamento e a inspecção das instalações de produção e de transporte de energia eléctrica de potência igual ou superior a 10MW são da responsabilidade da Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE). No caso das pequenas instalações essa competência é assumida pelas Direcções Regionais de Economia (DRE's).

Dependendo do tipo de infra-estrutura, nomeadamente da potência e da dimensão da linha, a instalação de linhas eléctricas aéreas pode estar sujeita ao processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA). Segundo o Anexo I, n.º 19, do Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de Maio, com a redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 197/2005, de 8 de Novembro, a “construção de linhas aéreas de transporte de electricidade com uma tensão igual ou superior a 220 kV e cujo comprimento seja superior a 15 km” está obrigatoriamente sujeita a este processo. O Anexo II, n.º 3, alínea b), do mesmo decreto, também obriga a processo de AIA as “instalações industriais destinadas (...) ao transporte de energia eléctrica por cabos aéreos (não incluídos no Anexo I)” nomeadamente “Electricidade: ≥ 110 kV e > 10 km; subestações com linhas ≥ 110 kV” e, no caso de atravessarem ou se localizarem em áreas sensíveis, “Electricidade: ≥ 110 kV; subestações com linhas ≥ 110 kV”.

Por outro lado, nas áreas sensíveis (Áreas Protegidas, Sítios da Rede Natura 2000 e Áreas de protecção dos monumentos nacionais e dos imóveis de interesse público), é obrigatória a submissão a procedimento de AIA de uma Linha de Transporte de Energia Eléctrica, qualquer que seja o seu comprimento.

Esta legislação prevê também que projectos não abrangidos pelos limiares fixados no DL sejam sujeitos ao processo de AIA, caso se considere que o projecto é susceptível de provocar impacto no ambiente. A decisão fica a cargo da entidade licenciadora ou competente pela autorização do projecto. Neste âmbito, a REN tem efectuado Estudos de Incidências Ambientais, de forma a permitir avaliar a necessidade de um processo de AIA.

No caso concreto das Áreas Classificadas, de acordo com o Artigo 9º do DL nº 140/99, republicado pelo DL nº 49/2005, de 24 de Fevereiro, a instalação de qualquer tipologia de linha eléctrica está sujeita a parecer prévio do Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. Por outro lado, o Artigo 10º do mesmo diploma prevê que qualquer linha eléctrica possa ser sujeita ao processo de AIA ou de EincA (Estudo de Incidências

Ambientais), se for susceptível de afectar uma área da Rede Natura 2000 de forma significativa.

2.2. AS ESPÉCIES EM ESTUDO: ABETARDA (*OTIS TARDA*) E O SISÃO (*TETRAX TETRAX*)

A abetarda e o sisão são aves estepárias, grupo de espécies que se adaptou e especializou a um ambiente muito particular, as estepes naturais. Este habitat apresenta um conjunto de características específicas tais como: *a*) a estrutura simples da vegetação, uma vez que são compostos maioritariamente por plantas de porte herbáceo; *b*) a baixa produtividade, que se traduz na ausência de um coberto arbóreo e em características de aridez, o que representa uma baixa disponibilidade de recursos para as aves; *c*) a existência de um bom campo de visão a partir do solo; *d*) a ausência de locais seguros para a construção de ninhos, como por exemplo árvores; *e*) a fraca protecção face a elementos, como o sol, a chuva ou o vento; *f*) a ocorrência de amplitudes térmicas elevadas e *g*) a rara ou localizada presença de planos de água permanentes (De Juana, 2005).

Estas duas espécies apresentam proximidade filogenética e partilham características ecológicas e comportamentais. São aves com pernas longas e tipicamente corredoras, que nidificam no solo, apresentam uma coloração críptica e um comportamento discreto, que está muito dependente das condições meteorológicas. Por outro lado, têm comportamento gregário numa grande parte do ano, podendo formar bandos com um elevado número de indivíduos (De Juana, 2005).

Na Europa, as áreas abertas caracterizadas pelo baixo relevo e pela ausência de zonas florestadas, onde se pratica o cultivo extensivo de cereais numa base de rotação, apresentam características estruturais bastante semelhantes às estepes naturais. Essa proximidade

possibilitou que muitas das aves estepárias, incluindo a abetarda e o sisão, se tenham adaptado a estes sistemas agrícolas (Suárez *et al.*, 1997; Moreira, 1999), de modo que actualmente estas áreas pseudo-estepárias constituem o suporte de uma comunidade de aves muito diversificada e são essenciais para a manutenção da biodiversidade na Europa (Suárez *et al.*, 1997; Moreira *et al.*, 2005).

Para além da abetarda e do sisão, as áreas agrícolas com características pseudo-estepárias constituem o suporte para outras espécies em Portugal, muitas com estatuto de conservação desfavorável, como por exemplo o peneireiro-das-torres (*Falco naumanni*), o cortiçol-de-barriga-negra (*Pterocles orientalis*), o tartaranhão-caçador (*Circus pygargus*), o rolieiro (*Coracias garrulus*), a calhandra-real (*Melanocorypha calandra*), entre outros (Moreira *et al.*, 2005).

Actualmente, em Portugal estão designadas várias áreas como Zonas de Protecção Especial (ZPE), ao abrigo da Directiva Aves (79/409/CEE), que são essenciais para a conservação das espécies estepárias, nomeadamente as de Castro Verde, Mourão/Moura/Barrancos, Vale do Guadiana, Campo Maior, Monforte, Veiros, Vila Fernando, São Vicente, Évora, Reguengos, Cuba e Piçarras. No entanto, a grande maioria destas áreas ainda carece da implementação de medidas de gestão que visem a salvaguarda dos valores naturais que encerram.

2.2.1. A abetarda

A abetarda (*Otis tarda* Linnaeus, 1758) pertence à ordem dos Gruiformes e à família *Otididae*, onde estão agrupadas aves terrestres de tamanho médio a grande, que ocorrem nas planícies do Velho Mundo, em habitats secos e quentes, desde desertos e semi-desertos até estepes, pradarias, savanas, terrenos cultivados, pomares e áreas de vegetação densa com clareiras (Cramp & Simmons, 1980).



Fotografia 3 – Macho de abetarda. Fotografia de Luís Quinta.

Esta espécie tem a particularidade de ser uma das aves voadoras mais pesadas do mundo e das maiores aves que podem ser encontradas na Europa. Apresenta uma ampla área de distribuição, desde o Norte de África e Península Ibérica, passando pelo Centro e Sul da Europa, Ásia Menor, Sul da Sibéria, Turquestão, Mongólia e Manchúria, até à porção mais Oriental da China. Desde o século XVI até à primeira metade do século XX registou-se a extinção de diferentes núcleos populacionais da espécie, tais como os presentes na Escócia, Dinamarca, Inglaterra, Grécia e Holanda (Morales & Martín, 2002). Por outro lado, a partir do início do século XX verificou-se uma acentuada fragmentação do habitat desta espécie e consecutiva redução das suas populações, de tal modo que actualmente, a abetarda integra a lista de espécies de aves ameaçadas a nível mundial da UICN (União Internacional para a Conservação da Natureza), com o estatuto de Vulnerável. Segundo o Plano de Acção para a Abetarda na Europa (Kollar, 1996), as principais ameaças e factores limitantes para a espécie

são, por ordem decrescente de importância: a perda do habitat, o baixo sucesso reprodutor da espécie, a mortalidade em linhas eléctricas, a perturbação humana, a aplicação de pesticidas e a caça ilegal.

A população no Paleártico Ocidental está estimada em 40.000 aves (Morales & Martin, 2002), das quais mais de metade ocorre na Península Ibérica. Em Portugal, a espécie requer áreas extensas com relevo suave e estrato arbóreo inexistente ou reduzido, utilizando, preferencialmente, áreas de mosaico agrícola com parcelas de searas, restolhos, pousios e pastagens, que providenciam uma diversidade de oportunidades alimentares (Cabral *et al.*, 2005). A população nacional está estimada em 1150 aves, que podem ser encontradas sobretudo no Alentejo, e que na época de reprodução se concentram maioritariamente nas áreas de Alter do Chão, Monforte, Vila Fernando, Veiros, Campo Maior, Elvas, Évora, Mourão, Cuba/Vidigueira e Castro Verde (Pinto *et al.*, 2005).

Segundo o Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal, a abetarda está classificada com o estatuto *Em Perigo*, por ser uma “espécie com população inferior a 2500 indivíduos maduros, que se admite estar em declínio continuado e concentrada numa única sub-população” (Cabral *et al.*, 2005). Por outro lado, está incluída na categoria SPEC1 (SPEC: *Species of European Conservation Concern*), sendo considerada uma espécie *Globalmente Ameaçada* e motivo de preocupação a nível mundial, cuja preservação se encontra dependente da aplicação de medidas em larga escala que assegurem a conservação das suas populações. É uma espécie de conservação prioritária na Europa, estando inserida no Anexo I do Decreto-Lei nº 140/99 de 24 de Abril, com a redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de Fevereiro (que transpõe para a legislação nacional a Directiva Aves), no Anexo II da CITES (Convenção Internacional sobre o Tráfico de Espécies Selvagens), no Anexo II da Convenção de Bona e no Anexo II da Convenção de Berna.

As principais ameaças à conservação desta espécie em Portugal são a perda e fragmentação do habitat pseudo-estepário, estando identificados os seguintes factores de ameaça: intensificação da agricultura, florestação das terras agrícolas, expansão de cultivos lenhosos, abandono da actividade agrícola e do pastoreio extensivo, sobrepastoreio, incremento da instalação de vedações, construção de estradas, albufeiras e outras infra-estruturas, utilização de agro-químicos, perturbação humana e a colisão com linhas aéreas de transporte de energia (Cabral *et al.*, 2005).

A espécie tem sido alvo de diferentes estudos ao nível nacional, que se têm focado sobre aspectos relacionados sobretudo com a sua distribuição e biologia. Existe informação detalhada sobre a evolução populacional desde a década de 80, altura em que se começou a censar regularmente a espécie (Pinto *et al.*, 2005). Mais recentemente foram desenvolvidos trabalhos sobre aspectos como a selecção de habitat (Morgado, 1997; Rocha, 1999; Fonseca, 2004; Moreira, 2004; Faria, 2005; Rocha, 2008), biologia da reprodução (Morgado & Moreira, 2000; Rocha, 2008), ecologia trófica (Rocha *et al.*, 2005) e comportamento (Marques, 2003).

No que diz respeito à mortalidade em linhas eléctricas, a família *Otididae* é apontada como uma das mais susceptíveis à colisão com estas infra-estruturas (Janss, 2000; BirdLife, 2003; Neves *et al.*, 2005a; Marques *et al.*, 2007). A importância deste factor de mortalidade está identificada para a abetarda, tanto a nível internacional como nacional, chegando a ser apontado como uma das principais causas de mortalidade da espécie em fase adulta em Espanha (Alonso *et al.*, 1995; Alonso & Alonso, 1999). A título de exemplo, refira-se que na Áustria está decorrer um projecto de grande envergadura, financiado por programas comunitários, que pretende aplicar medidas de minimização e de correcção em áreas de ocorrência de abetarda, nomeadamente através do enterramento de linhas de média tensão e

da sinalização de linhas de muito alta tensão (LIFE-Nature Project “Cross-border Protection of the Great Bustard in Austria” – LIFE05 NAT/A/000077, www.grosstrappe.at).

Em Portugal, apenas recentemente se começou a identificar este problema, há porém o registo de que em meados dos anos 80, terão morrido pelo menos 18 abetardas por colisão com os cabos de terra de uma linha de muito alta tensão em Évora (Cruz, 1996). Recentemente, num estudo realizado ao nível nacional, Neves *et al.* (2005a) apontam a abetarda como uma das espécies mais sensíveis à colisão com linhas eléctricas, estimando que cerca de 5% da população nacional morre anualmente nestas condições. Por outro lado, na ZPE de Castro Verde, a principal área de distribuição da abetarda em Portugal, Marques *et al.* (2007) identificaram os valores de mortalidade mais elevados conhecidos para a espécie neste tipo de infra-estrutura, valores de 1,4 e de 0,8 aves por km (para o ano de 2005 e 2006/07, respectivamente), num troço de 11km da linha Ferreira do Alentejo – Ourique coincidente com a ZPE.



Fotografia 4 – Abetarda, mortalidade por colisão numa LMAT na ZPE de Castro Verde.

2.2.2. O sisão

O sisão (*Tetrax tetrax* Linnaeus 1758) é um otidídeo (da ordem Gruiformes e família *Otididae*) de médio porte, característico de ambientes abertos, áridos ou semidesérticos, com vegetação herbácea predominante (Cramp & Simmons, 1980).

Até ao século XIX, a sua área de distribuição abrangia uma extensa região geográfica, desde a Península Ibérica e Marrocos, até ao Quirguistão e noroeste da China (Del Hoyo *et al.*, 1996). Todavia, no final do século XIX e no decorrer do século XX verificou-se um forte declínio populacional que conduziu muitas das suas populações reprodutoras à extinção, como as presentes na Argélia, Tunísia, Alemanha, Polónia, Grécia, entre outras (Del Hoyo *et al.*, 1996). Actualmente as populações de sisão encontram-se bastante fragmentadas e diferenciam-se dois núcleos populacionais distintos, um localizado na Europa Ocidental, limitado a alguns núcleos de indivíduos residentes na Península Ibérica, a uma pequena população migradora em França e a alguns núcleos isolados na Sardenha e no Sudeste de Itália (De Juana & Martínez, 1999) e outro mais a Oriente, na região sudoeste da Rússia e Cazaquistão (Del Hoyo *et al.*, 1996).

A UICN inclui o sisão na Lista Vermelha de espécies globalmente ameaçadas, atribuindo-lhe o estatuto de espécie *Quase Ameaçada* (IUCN, 2004), enquanto que para o território europeu esse estatuto é de *Vulnerável* (BirdLife, 2004). Segundo o Plano de Acção Europeu para a espécie, as principais ameaças prendem-se sobretudo com as alterações que se têm vindo a registar ao nível do habitat, nomeadamente a intensificação agrícola, através da introdução de culturas de regadio e de monoculturas, e a florestação de terras agrícolas. No entanto, factores como a mecanização da agricultura, a predação, o abate ilegal de aves, a construção de infra-estruturas e a colisão com linhas eléctricas aéreas, também são apontados como relevantes para o decréscimo populacional da espécie na Europa (De Juana & Martínez, 1999).

É na Península Ibérica que se encontra mais de metade da população mundial de sisão (Schulz, 1985; Goriup, 1994; De Juana & Martínez, 1999), onde a espécie está presente em

áreas agrícolas com características pseudo-estepárias. Em Portugal, a população está estimada em 35.000 indivíduos (Silva & Pinto, 2006), ocorrendo desde a Beira Baixa até ao Algarve (Rufino, 1989). Segundo os dados do Novo Atlas das Aves que Nidificam em Portugal, cerca de 85% da área de distribuição da espécie ocorre no Alentejo, que concentra a quase totalidade da população nacional, cerca de 90 a 95% (Equipa Atlas, 2008).

O sisão foi incluído no grupo de espécies com o estatuto de *Vulnerável* em Portugal, por se admitir que nos últimos 10 anos a sua população possa ter sofrido uma acentuada redução e por se prever que os factores responsáveis por esse decréscimo populacional continuarão a actuar na próxima década. Como principais ameaças à sua conservação foram identificados os seguintes factores: intensificação da agricultura, florestação das terras agrícolas, expansão de cultivos lenhosos, construção de estradas, albufeiras e outras infra-estruturas, abandono agrícola e do pastoreio extensivo, utilização de agro-químicos, perturbação humana e colisão com linhas aéreas de transporte de energia (Cabral *et al.*, 2005). É uma espécie de conservação prioritária ao nível comunitário, estando incluída no Anexo I do Decreto-Lei nº 140/99 de 24 de Abril, com a redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de Fevereiro. É também contemplado no Anexo II da CITES, no Anexo II da Convenção de Berna e, tal como a abetarda, está incluído na categoria SPEC1.

Os estudos dirigidos para o sisão são relativamente recentes em Portugal e a sua grande maioria foca-se em aspectos relacionados com a distribuição e a selecção do habitat, estando dirigidos para a aplicação de medidas de gestão e de conservação da espécie (Silva, 1999; Henriques, 2003; Fonseca, 2004; Faria & Rabaça, 2004; Silva *et al.*, 2004; Silva & Pinto, 2006; Leitão, 2007; Silva *et al.*, 2007). Recentemente, terminou o projecto “*Conservação do Sisão no Alentejo*” (LIFE02/NAT/P/8476), um projecto Life-Natureza de âmbito alargado, que recolheu de dados sobre a distribuição do sisão no sul do país e permitiu testar medidas

de gestão para a espécie, constituindo as bases para a elaboração de um Plano de Acção para a Conservação do Sisão em Portugal (Leitão, 2007; Silva & Pinto, 2006).

À semelhança do que acontece com a abetarda, a mortalidade por colisão em linhas eléctricas está identificada como uma ameaça à conservação do sisão, quer ao nível nacional, quer internacional. Alguns autores identificam este problema (Janss & Ferrer, 1998), mas, tal como no caso da abetarda, não existem trabalhos que explorem as reais consequências deste factor de mortalidade para as populações da espécie. Em Portugal, o sisão é considerada uma espécie de elevado risco de colisão (Neves *et al.*, 2005a; Neves *et al.*, 2005b), tendo-se estimado que pelo menos 148 aves – cerca de 1.5% da população nacional – sejam afectadas por ano em linhas de muito alta tensão. Na ZPE de Castro Verde, uma das principais áreas de concentração de sisão durante o período reprodutor (Silva & Pinto, 2006), observaram-se valores de mortalidade de 1,4 e de 0,36 sisões/km/ano na linha de Ferreira do Alentejo – Ourique (para o ano de 2005 e de 2006/07, respectivamente) (Marques *et al.*, 2007).



Fotografia 5 – Sisão, mortalidade por colisão numa LMAT na ZPE de Castro Verde.

3. METODOLOGIA

Para atingir os objectivos propostos nesta tese são efectuadas duas abordagens distintas. A primeira é realizada a uma escala macro – escala regional, incidindo sobre parte do Alentejo, por ser a região de Portugal que concentra a maioria das populações das duas espécies em estudo. A segunda análise é feita a uma escala micro – escala local, sendo neste caso estudada a Zona de Protecção Especial de Castro Verde, a principal área com características pseudo-estepárias no país (Moreira, 1999; Costa *et al.*, 2003).

3.1. ANÁLISE À ESCALA REGIONAL

3.1.1. Área de estudo

A área de estudo considerada para a escala regional engloba as principais áreas de ocorrência de abetarda e sisão em Portugal, onde estão presentes LMAT (ver capítulo 2.2.). Abrange os distritos de Beja, Évora e parte do distrito de Setúbal (Figura 3.1). Está inserida na região biogeográfica Mediterrânica, que se distingue por possuir um clima em que escasseiam as

chuvas no Verão, podendo no entanto, haver excesso de água nas outras estações do ano (Rivas-Martinez, 1981).

Esta região do país tem sido moldada desde há séculos pela actividade humana, nomeadamente através da agricultura e pastorícia. Estes factores antropogénicos criaram uma paisagem com diferentes mosaicos agrícolas, onde estão presentes habitats abertos estruturalmente semelhantes às estepes naturais, que são utilizados pela abetarda e pelo sisão em diferentes fases do ciclo anual.

Esta região é atravessada por 909km de linhas de transporte de energia, designadamente: Alqueva – Balboa; Alqueva – Ferreira do Alentejo; Ferreira do Alentejo – Ourique; Ferreira do Alentejo – Évora; Ferreira do Alentejo – Sines II; Ourique – Estói; Ourique – Neves Corvo; Ourique – Tunes; Palmela – Sines I; Palmela – Sines II; Palmela – Évora; Sines – Portimão; Sines – Tunes; Sines – Ferreira do Alentejo I; Sines – Ourique (Figura 3.1).

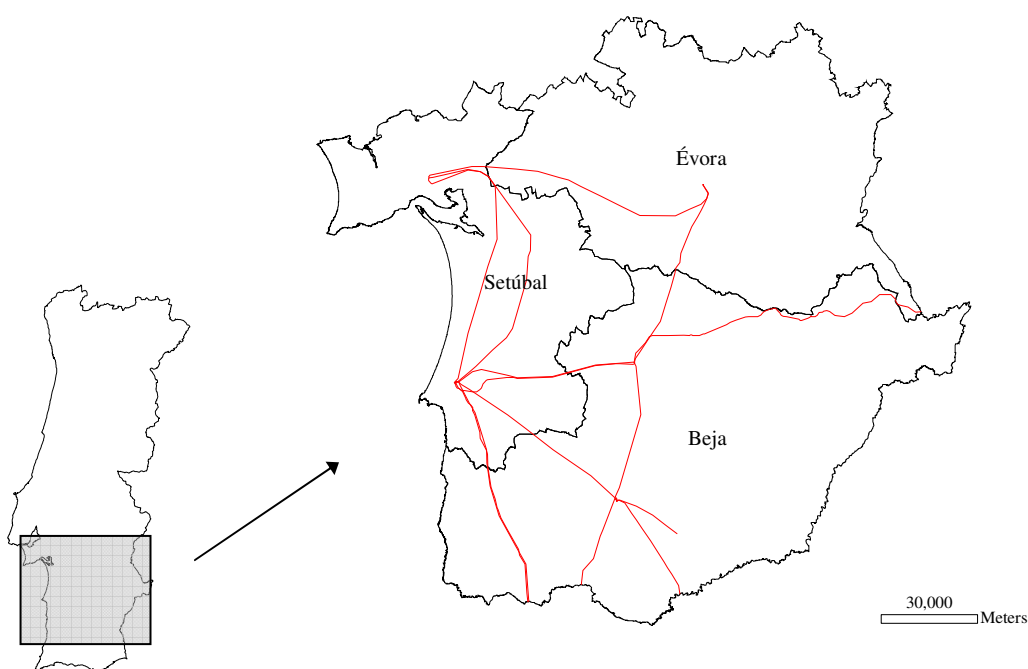


Figura 3.1 – Área de estudo regional e LMAT presentes

Estas linhas atravessam, total ou parcialmente, várias áreas importantes para as aves estepárias, algumas delas designadas como ZPE ao abrigo da Directiva Aves (79/409/CEE): Castro Verde, Mourão/Moura/Barrancos, Vale do Guadiana, Veiros, Évora, Reguengos, Cuba e Piçarras. Para além destas áreas realça-se também a presença de IBA (*Important Bird Area* – estatuto atribuído pela BirdLife International às áreas com elevada importância para a avifauna), cujos limites coincidem, em grande medida, aos das ZPE.

3.1.2. Dados utilizados neste trabalho

Para a análise à escala regional compilou-se a informação recolhida em estudos de monitorização de LMAT que estão a decorrer ou que já terminaram na região do Alentejo. Estes estudos foram realizados por diversas entidades, como o ICNB, ONGA's (SPEA e Quercus) e empresas de consultoria em ambiente (Ecosystema e Procels/Mãe d'água), no âmbito de trabalhos de caracterização do impacte da colisão de aves (caso do ICNB e das ONGA's) ou em estudos de monitorização ambiental que decorreram de processos de AIA e que constituíram obrigações da DIA (Declaração de Impacte Ambiental).

No total foram recolhidos dados para cerca de 202km de 9 linhas eléctricas, o que representa, aproximadamente, 22% da extensão presente na área de estudo (um total de 143 acidentes de mortalidade, 58 de abetarda e 85 de sisão). A extensão amostrada atravessa maioritariamente áreas rurais, cobrindo diferentes tipos de paisagem e de habitats na área de estudo.

Cada um dos estudos consultados utilizou metodologias de amostragem distintas, nomeadamente no que diz respeito ao período de amostragem e ao esforço de prospecção. No Quadro 3.1 são apresentadas as linhas para as quais foi recolhida informação, os troços e a extensão prospectada, o período em que decorreu a monitorização, a sua frequência, a entidade responsável pelo trabalho e a fonte bibliográfica.

Quadro 3.1 – Linhas de transporte de energia prospectadas na região do Alentejo. Respectiva extensão, troços monitorizados, período e frequência da monitorização, entidade responsável pelo estudo e referência bibliográfica

Linha	Código da linha	Extensão da linha* (m)	Extensão monitorizada (m)	Sectores monitorizados	Período de monitorização	Frequência das prospeções	Entidade responsável	Fonte
Alqueva – Balboa	L4037	40.000	25.000	10 a 13; 19 a 27; 54 a 103	Janeiro de 2005 a Dezembro de 2006	Mensal e quinzenal	Procesl, Lda. e Mãe d'água, Lda	Procesl, 2007
Alqueva – Ferreira do Alentejo	L4040	64.000	14.000	5 a 10; 12 a 18; 71 a 80; 97 a 102; 112 a 123; 148 a 154; 158 a 163	Novembro de 2003 a Dezembro de 2004	Mensal	Ecosistema, Lda	Ecosistema, 2007
Ferreira do Alentejo – Ourique	L1085	45.000	16.800	17 a 37; 87 a 127	Outubro de 2004 a Março de 2007	Mensal e quinzenal	ICNB	Marques <i>et al.</i> , 2007
			12.000	5 a 12; 19 a 26; 69 a 76; 83 a 91; 101 a 119	Inverno de 2003 a Primavera de 2005	Não especificado**	SPEA/Quercus	Neves <i>et al.</i> , 2005a
Ferreira Alentejo – Évora	L1078	61.000	42.000	8 a 13; 16 a 66; 97 a 129; 132 a 152	Inverno de 2003 a Primavera de 2005	Não especificado**	SPEA/Quercus	Neves <i>et al.</i> , 2005a
Ferreira do Alentejo – Sines II	L1104	60.000	10.000	22 a 28; 36 a 41; 55 a 65; 115 a 121; 158 a 162	Novembro de 2003 a Dezembro de 2004	Mensal	Ecosistema, Lda	Ecosistema, 2007
Ourique – Estoi	L1074	36.000	4.000	14 a 21	Abril de 2006 a Março de 2007	Mensal	ICNB	Dados não publicados
			14.000	15 a 20; 35 a 55	Inverno de 2003 a Primavera de 2005	Não especificado**	SPEA/Quercus	Neves <i>et al.</i> , 2005a
Ourique – Neves Corvo	L1087	22.000	14.000	13 a 56	Inverno de 2003 a Primavera de 2005	Não especificado**	SPEA/Quercus	Neves <i>et al.</i> , 2005a
Palmela – Évora	L1067	97.000	38.000	105 a 125; 133 a 136; 163 a 185; 189 a 197; 200 a 229	Inverno de 2003 a Primavera de 2005	Não especificado**	SPEA/Quercus	Neves <i>et al.</i> , 2005a
Sines – Ferreira do Alentejo I	L1103	58.000	10.000	89 a 95; 109 a 114; 122 a 127; 209 a 218	Inverno de 2003 a Primavera de 2005	Não especificado**	SPEA/Quercus	Neves <i>et al.</i> , 2005a

* Valor aproximado.

**A frequência com que cada troço foi monitorizado e as datas das prospeções não são especificadas no relatório. A frequência de prospeção varia entre 4 e 12 visitas por ano (1 ou 3 por época).

3.1.3. Análise dos dados

Cada um dos estudos consultados no âmbito do presente trabalho empregou metodologias de recolha de dados distintas, o que dificulta a comparação da informação compilada. Os estudos variam tanto no esforço de amostragem (nº de amostragens ao longo do tempo), como no período de recolha de dados, e alguns são omissos em relação a estes parâmetros. Por outro lado, no caso do trabalho de Neves *et al.* (2005a), os dados são apresentados para troços de 2km e os dados não estão disponíveis por sector / vão.

Variáveis resposta

De modo a uniformizar a informação recolhida, para a análise dos dados regionais, dividiram-se os troços que foram monitorizados em sectores de 2km, num total de 101. Cada um dos troços foi caracterizado no que diz respeito a três variáveis resposta: presença de mortalidade das duas espécies, presença de mortalidade de abetarda e presença de mortalidade de sisão.

Caracterização dos troços e da mortalidade

O primeiro passo consistiu em analisar a representatividade dos troços amostrados. Para isso, avaliou-se a percentagem de troços de 2km com informação relativa ao número total de troços da área de estudo, à tipologia da linha (esteira horizontal ou esteira vertical) e à localização em áreas classificadas como ZPE e IBA (com características estepárias).

Utilizou-se o teste de Qui-quadrado para verificar a existência de diferenças significativas entre as linhas amostradas; a tipologia das linhas e a presença em áreas classificadas como ZPE e IBA.

Modelação

Dado o número de linhas, a área geográfica e a extensão amostradas, considerou-se que os dados compilados são representativos das diferentes características da paisagem e da mortalidade das duas espécies na área de estudo, com a excepção de ambientes urbanos. Os dados recolhidos foram, por isso, utilizados para construir um mapa de probabilidade de ocorrência de mortalidade de abetarda e de sisão por colisão em LMAT para toda a área de estudo.

Para isso, recorreu-se ao algoritmo MaxEnt – *Maximum Entropy Method*, desenvolvido por Phillips (2005), Phillips *et al.* (2006) e Phillips & Dudít (2008), que relaciona a distribuição de espécies (neste caso a sua mortalidade) com dados ambientais e/ou geográficos. Este algoritmo baseia-se no pressuposto de que a distribuição geográfica potencial de uma espécie (neste caso a ocorrência de mortalidade) pode ser aproximada através da probabilidade de distribuição de máxima entropia (distribuição Maxent), gerando previsões probabilísticas a partir de dados de presenças e de variáveis ambientais e/ou geográficas (Phillips *et al.*, 2006). O algoritmo realiza uma série de interacções, ponderando a influência de cada variável nos locais onde a espécie está presente, obtendo valores que são extrapolados para toda a área de estudo (Phillips *et al.*, 2006). No presente trabalho, este algoritmo pode ser utilizado para determinar a probabilidade de ocorrência de mortalidade de abetarda e de sisão por colisão em linhas de muito alta tensão na área de estudo, em função das características da paisagem e da abundância de cada uma das espécies, pelo que foram construídos dois modelos, um para cada espécie.

Para a construção do modelo, os dados de mortalidade (variável resposta) foram aleatoriamente divididos em duas sub-amostras: 75% foram utilizadas como dados de treino e 25% como dados de teste (modelo parcial). Para a construção do mapa de probabilidade

foram utilizados todos os dados, de modo a obter a melhor estimativa (modelo global) (Phillips, 2005).

A avaliação da qualidade do ajuste do modelo foi determinada através da curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*) e da análise do valor da deviância (Phillips *et al.*, 2008).

A curva ROC é um gráfico que representa a sensibilidade (razão entre as presenças correctamente classificadas e todas as presenças) e a especificidade (razão entre as ausências correctamente classificadas e todas as ausências) do modelo, tendo-se calculado a AUC *Area Under the ROC Curve*, uma medida do ajuste global do modelo (que avalia o desempenho do modelo, quando comparado com uma situação aleatória). A AUC é de 0,5 quando o desempenho do modelo se deve ao acaso, e tem o valor 1, quando o ajuste do modelo aos dados é perfeito (Fielding & Bell, 1997). O valor da AUC é calculado no *software* Maxent e, uma vez que o algoritmo apenas utiliza dados de presença para a construção do modelo, o programa gera aleatoriamente pontos de ausência (pseudo-ausências) para determinar a especificidade do modelo e construir a curva ROC (Phillips *et al.*, 2006).

O *software* Maxent tem vindo a ser aperfeiçoado desde a sua primeira versão, de modo que as actuais extensões permitem uma análise mais precisa e produzem resultados de mais fácil interpretação (o resultado produzido pelo algoritmo é interpretado como uma estimativa da probabilidade de ocorrência da espécie numa dada quadrícula – neste caso, probabilidade de ocorrência de mortalidade num dado segmento de linha – estando condicionada por variáveis ambientais) (Phillips & Dudík, 2008). A análise foi realizada no *software* Maxent 3.2.1 (Phillips, 2005).

Variáveis ambientais para a modelação

A área de estudo foi dividida em quadrículas com 500m de lado, grelha que foi incorporada num SIG, de onde se extraíram, para cada quadrícula, variáveis espaciais, ambientais e variáveis relacionadas com a biologia das espécies. As variáveis incorporadas no modelo podem ser consultadas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Descrição das variáveis explicativas utilizadas na análise à escala regional

Variável	Descrição da variável	Unidade	Fonte
ZPE_IBA	presença de ZPE e/ou IBA com habitat pseudo-estepário	1/0	SIG
altimetria	Altura média em relação ao nível do mar	m	SIG
d_estradas	distância à estrada principal mais próxima (IP, IC, AE; EN)	m	SIG
d_localidades	distância à localidade mais próxima	m	SIG
d_albufeiras	distância à albufeira mais próxima	m	SIG
d_ZPE	distância à ZPE ou IBA mais próxima	m	SIG
ttverão	número de sisões contados para a área durante o Verão (resultados de mapa de interpolação)	nº	Silva & Pinto, 2006
ttinverno	número de sisões contados para a área durante o Inverno (resultados de mapa de interpolação)	nº	Silva & Pinto, 2006
n_otis	número de abetardas contadas na área durante a época de reprodução	nº	Pinto <i>et al.</i> 2005
habitat	presença de habitat agrícola aberto	1/0	SIG

3.2. ANÁLISE À ESCALA LOCAL

3.2.1. Área de estudo

A análise à escala local decorreu no interior do Baixo Alentejo, na ZPE de Castro Verde (PTZPE0046), que abrange os concelhos de Aljustrel, Almodôvar, Beja, Castro Verde, Mértola e Ourique.

Esta área apresenta um relevo suave e de baixa altitude e o solo é utilizado para uma agricultura de produção extensiva de cereais de sequeiro, segundo o sistema agrícola tradicional de rotatividade. É composta por um mosaico de habitats com grandes parcelas de cereais cultivados, restolhos, pousios de diversas idades (com ou sem pastoreio de gado bovino ou ovino) e alqueives.

Constitui a principal área pseudo-estepária de Portugal (Moreira, 1999) e tem uma elevada importância para a conservação de aves estepárias como a abetarda, o sisão, o peneireiro-das-torres ou o cortiçol-de-barriga-negra (Costa *et al.*, 2003).

Das áreas onde ocorrem abetardas em Portugal, a de Castro Verde é a que apresenta uma maior extensão e a que alberga a maioria da população reprodutora da espécie. Em 2002 a população de abetarda no país foi estimada em 1150 aves, das quais 912 (cerca de 80%) estavam presentes nesta ZPE (Pinto *et al.*, 2005).

Silva & Pinto (2006) destacam esta área como a sendo a mais importante para a conservação do sisão em Portugal durante o período reprodutor, uma vez que apresenta uma densidade média elevada de 6,2 machos reprodutores por 100ha e por ter uma extensão de 55.550ha de habitat potencial para a espécie. Por outro lado, referem que nesta área ocorre uma das maiores densidades de que há registo para a espécie, 9,7 machos reprodutores por 100ha.

Esta área está também classificada como IBA (*Important Bird Area*) (PT029). De 1995 a 2007 foi implementado um mecanismo agro-ambiental específico – o Plano Zonal de Castro Verde. No âmbito do novo PRODER (Programa de Desenvolvimento Rural), aprovado em Novembro de 2007, o Plano Zonal passou a adoptar a designação de Intervenção Territorial Integrada de Castro Verde, que tem como principal objectivo “promover a adopção de formas de exploração das terras agrícolas compatíveis com a protecção e a melhoria do ambiente, da paisagem e dos recursos naturais e a incentivar a produção de bens agrícolas reconhecidos

pela qualidade associada aos serviços ambientais que a incorporam” (Portaria n.º 229-A/2008 de 6 de Março).

Na zona noroeste, nos concelhos de Aljustrel e de Castro Verde, a ZPE é atravessada pela LMAT Ferreira do Alentejo – Ourique, entre os apoios 87 a 127, num total de 11 km (Figura 3.2). É uma linha a 150 kV, em esteira horizontal e com isoladores em suspensão, que apresenta cabos de guarda simples do tipo SWG 19/13, com 11,7 mm de espessura. É esta extensão de 11km coincidente com a ZPE que será alvo de estudo na abordagem à escala local.

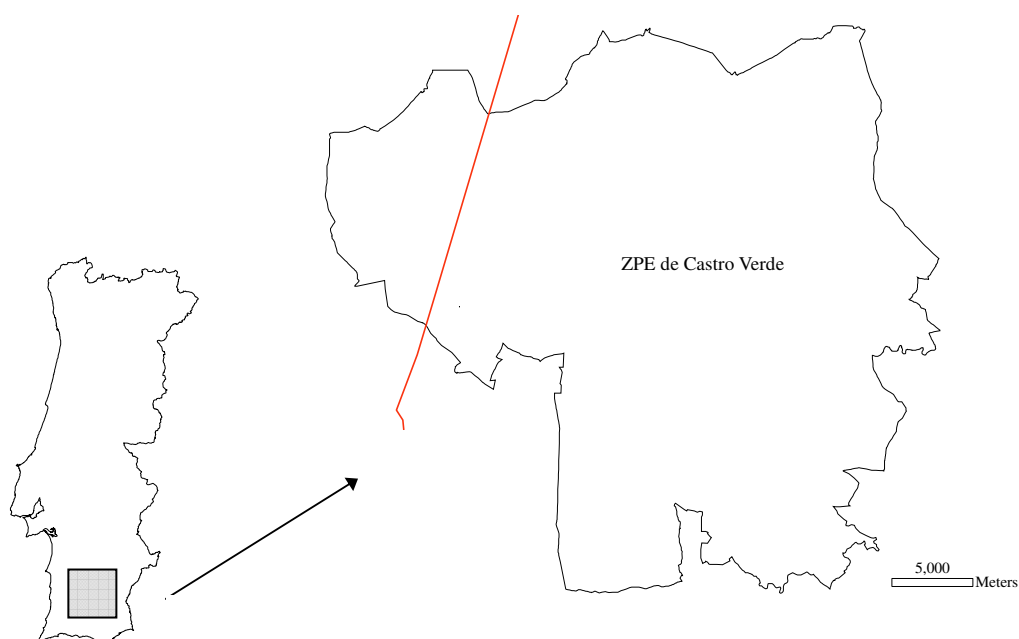


Figura 3.2 – Área de estudo da ZPE de Castro Verde e LMAT Ferreira do Alentejo / Ourique (análise à escala local)

3.2.2. Dados utilizados neste trabalho

Os dados de mortalidade da linha Ferreira do Alentejo – Ourique para a ZPE de Castro Verde provêm de dois anos e meio de trabalho realizado no âmbito da “Monitorização dos Efeitos da

Linha de Muito Alta Tensão *Ferreira do Alentejo – Ourique* sobre espécies prioritárias, mortalidade e taxas de voo”. Este estudo esteve inserido no *Projecto Abetarda* e foi realizado pelo ICNB ao abrigo do protocolo estabelecido entre aquela entidade e a REN. Os dados finais do projecto estão publicados no relatório de Marques *et al.* de 2007 e a sua utilização nesta tese foi autorizada pelo ICNB.



Fotografia 6 – Linha de Muito Alta Tensão Ferreira do Alentejo – Ourique.

A monitorização da linha decorreu entre Outubro de 2004 e Março de 2007 e recolheu dois tipos de informação de base: dados de mortalidade e dados sobre os movimentos de aves ao longo do traçado da linha. A prospecção de indícios de colisão foi realizada com uma base quinzenal, enquanto que, para a determinação dos movimentos de aves foram realizados três pontos de observação, amostrados três vezes por mês.

Durante o período em que decorreu o estudo foram registados 32 acidentes por colisão de abetarda, valor que oscilou entre 0 e 4 aves por sector, e 30 de sisão, que variou entre 0 e 5 indivíduos por sector (sector ou vão é a denominação do troço que se encontra entre os apoios da linha).

3.2.3. Análise dos dados

Os dados na ZPE de Castro Verde foram recolhidos de uma forma intensa, sistemática e durante um período de tempo alargado, o que permitiu reunir um elevado volume de dados.

Para identificar as variáveis que possam estar a determinar a ocorrência de colisões de abetarda e sisão na linha de muito alta tensão analisou-se o troço da LMAT segundo os respectivos sectores. Assim, cada um dos 40 sectores foi caracterizado para um conjunto de variáveis explicativas, tal como referido em seguida.

Variáveis resposta

Construíram-se dois modelos distintos, um para cada espécie, utilizando, como variáveis resposta, o valor de mortalidade de abetarda e de sisão observado em cada um dos sectores, durante todo o período em que decorreu o estudo.

Variáveis explicativas

As variáveis explicativas utilizadas para caracterizar cada um dos sectores foram agrupadas em três grupos distintos, *a)* as características da linha, *b)* os factores ambientais, geográficos e paisagísticos, que caracterizam o meio envolvente e *c)* a abundância de cada uma das espécies. O Quadro 3.3 identifica e descreve as variáveis extraídas para cada um dos factores.

No que diz respeito às características da linha determinou-se o comprimento de cada troço e a altura dos apoios, dos cabos condutores e dos cabos terra. As medições de altura foram realizadas no terreno, com recurso a um hipsómetro.

Para caracterizar os factores ambientais realizou-se a cartografia do uso do solo da área envolvente à LMAT. Cartografaram-se as árvores ou os bosquetes presentes, os pontos de água, as estradas asfaltadas, as localidades, edifícios dispersos (montes), o habitat e as parcelas agrícolas. Estes elementos foram introduzidos num Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde se realizaram análises espaciais para extrair as diferentes variáveis.

Determinou-se a distância aos elementos cartografados e calculou-se a área de onde o sector da LMAT é visível, para 3 raios distintos (250m, 500m e 1000m).

A análise de visibilidade foi considerada de elevada importância, pois apesar da área de estudo apresentar um relevo suave e um coberto vegetal dominado por espécies herbáceas, existem diversos factores que podem influenciar a visibilidade, como a topografia, a distância e a ocupação do solo. Para a elaboração de um mapa de intervisibilidade da área envolvente à LMAT incorporou-se no SIG um Modelo Digital de Terreno (MDT), com uma resolução espacial de 10 metros. Esse MDT foi construído para a área da ZPE de Castro Verde no âmbito da tese de mestrado de Cordeiro (2008). O modelo foi elaborado no programa *ArcGIS* 9.2, através da triangulação da informação altimétrica e hidrográfica existente nas cartas militares 1:25000 em formato vectorial do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE). Ao MDT previamente existente adicionou-se a altura das árvores presentes na área, uma vez que estas diminuem a visibilidade para determinados locais.

O cálculo da visibilidade foi realizado para cada célula 10x10m presente num determinado raio (250, 500 e 1000 metros) a partir do ponto central de cada vão. Determinou-se, para cada uma das células, se o ponto central era visível e, para sector, calculou-se a percentagem de área com visibilidade para o ponto central, tendo esta sido a variável explicativa considerada na análise. É necessário realçar que ao executar a função de cálculo das visibilidades o *software* permite que sejam definidos diversos parâmetros, e assim ajustar a análise de visibilidade à realidade. No caso concreto desta análise foi possível considerar a altura de voo em que ocorrem acidentes de aves por colisão, que corresponde à altura dos cabos da LMAT. Deste modo, o cálculo da visibilidade teve em conta a altura a que se encontram os cabos terra no ponto central do sector, e o cálculo para cada célula foi realizado considerando que a ave estava a voar a essa altura.

Considerou-se a altura dos cabos terra no ponto central do vão (e não os cabos condutores), uma vez que estes são os cabos menos visíveis e, conseqüentemente, são referidos na bibliografia como os mais impactantes (Beaulaurier, 1981; Alonso & Alonso, 1999).

A variável que mede a distância de cada troço ao início da linha (*d_inicio*) foi usada para incorporar a auto-correlação espacial nos modelos.

Todas as análises foram realizadas no programa *ArcGIS 9.2*.

Quadro 3.3 – Descrição das variáveis explicativas utilizadas na análise à escala local

Conjunto de variáveis	Variável	Descrição da variável	Unidade	Fonte
Características da linha	comp	comprimento do sector	m	SIG
	h_apoios	altura dos apoios da linha eléctrica	m	levantamento no campo
	h_condutores	altura dos cabos condutores	m	levantamento no campo
	h_guarda	altura dos cabos guarda	m	levantamento no campo
	d_inicio	distância do vão ao ponto inicial da linha	m	SIG
Factores ambientais	d_arvores	distância a árvores isoladas ou bosquetes	m	levantamento no campo
	d_agua	distância mínima a pontos de água, pequenas barragens	m	levantamento no campo
	d_montes	distância mínima a montes habitados ou utilizados	m	SIG
	d_localidades	distância à localidade mais próxima	m	SIG
	d_estradas	distância mínima a estradas asfaltadas	m	SIG
	habitat	habitat (pseudo-estepe ou montado)	-	levantamento no campo
	P_250	nº de parcelas agrícolas presentes num raio de 250m em relação ao ponto central do vão	nº	levantamento no campo
	P_500	nº de parcelas agrícolas presentes num raio de 500m em relação ao ponto central do vão	nº	levantamento no campo
	V_250	área de onde o ponto central do vão é visível, num raio de 250m*	%	SIG
	V_500	área de onde o ponto central do vão é visível, num raio de 500m*	%	SIG
V_1000	área de onde o ponto central do vão é visível, num raio de 1000m*	%	SIG	
Abundância das espécies	b_Otis	nº de bandos de abetarda observados a cruzar a LMAT	nº	Marques <i>et al.</i> 2007
	n_Otis	nº de abetardas observadas a cruzar a LMAT	nº	Marques <i>et al.</i> 2007
	b_Tetrax	nº de bandos de sisão observados a cruzar a LMAT	nº	Marques <i>et al.</i> 2007
	n_Tetrax	nº de sisões observados a cruzar a LMAT	nº	Marques <i>et al.</i> 2007

* considerando que a ave voa à altura dos cabos terra

Para avaliar se os acidentes por colisão são mais numerosos nos locais onde a linha é atravessada por um maior número de aves modelou-se a mortalidade em função da abundância de cada uma das espécies. Esta foi avaliada com base no número de bandos e de indivíduos de abetarda e sisão que foi observado a atravessar cada um dos sectores (Marques *et al.*, 2007). É de salientar que a parte norte do troço da LMAT não foi amostrado durante o trabalho de campo, uma vez que esta é uma área de montado que não é utilizada regularmente pelas duas espécies, facto demonstrado por trabalhos realizados sobre a distribuição das espécies na área (Rocha, 2004, 2008). Para esses sectores assumiu-se o valor de 0 registos para cada uma das variáveis de abundância.

Análise estatística

O primeiro passo consistiu na análise exploratória dos dados. Verificou-se se os dados apresentavam uma distribuição normal e as variáveis com desvios foram transformadas, aplicando a transformação do arco seno para as proporções e a transformação logarítmica às restantes.

Testou-se a ocorrência de colineariedade entre todos os pares de variáveis explicativas através do coeficiente de correlação de *Spearman* (R_s). Em pares de variáveis fortemente correlacionadas ($R_s > 0,7$) foi excluída das análises a variável com menor significado biológico (Hosmer & Lemeshow, 2000).

Para determinar a importância de cada conjunto de variáveis na mortalidade por colisão em cada uma das espécies, adaptou-se a metodologia de partição da variância proposto por Bocard *et al.* (1992), estendida para os três grupos de variáveis (características da linha, factores ambientais e abundância das espécies). A relação entre a mortalidade de cada uma das espécies e cada um dos conjuntos de variáveis foi avaliada com base em Modelos

Lineares Generalizados (GLMs), efectuados para uma distribuição *Poisson* e uma função de ligação logarítmica.

As variáveis a incorporar no modelo multivariado foram seleccionadas previamente, através de GLMs univariados. Neste modelo, apenas as variáveis que apresentavam relações consideradas significativas ($p < 0.25$) foram utilizadas nas análises posteriores (Hosmer & Lemeshow, 2000).

Realizaram-se modelos para cada um dos três grupos de variáveis (características da linha, factores ambientais e abundância da espécie), utilizando todas as combinações possíveis das variáveis seleccionadas previamente na análise univariada. O melhor modelo foi seleccionado através do *Akaike Information Criterion* (AIC) (Burnham & Anderson, 2002), que se baseia na Teoria da Informação de *Kullback-Leibler*. O AIC pretende quantificar a perda de informação de um modelo em relação à realidade e permite ordenar os modelos do melhor (valor de AIC mais baixo) para o pior (valor mais alto).

As variáveis, de cada um dos três grupos, incluídas no melhor modelo multivariado foram usadas no procedimento de partição da variância, que produziu oito fracções explicativas da variabilidade da mortalidade:

- Efeito puro das “características da linha”;
- Efeito puro dos “factores ambientais”;
- Efeito puro da “abundância da espécie”;
- Efeito conjunto das “características da linha” e dos “factores ambientais”;
- Efeito conjunto das “características da linha” e da “abundância da espécie”;
- Efeito conjunto dos “factores ambientais” e da “abundância da espécie”;

- Efeito conjunto das “características da linha”, dos “factores ambientais” e da “abundância da espécie”;
- Variância não explicada.

Para as análises estatísticas recorreu-se ao programa R 2.6.0. (R project, 2007).

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISE REGIONAL

4.1.1. Caracterização dos troços monitorizados

Foram considerados 101 troços de 2km na análise, o que corresponde a cerca de 22% da extensão de linhas de transporte de energia presentes na área de estudo. Recolheram-se dados para nove LMAT e a extensão amostrada variou entre 17 e 68% das linhas consideradas. Em proporção, as linhas Alqueva – Balboa, Ferreira do Alentejo – Évora e Ourique – Neves Corvo foram as melhores cobertas, existindo informação para mais de 60% do traçado (Figura 4.1).

A maioria dos troços pertence a linhas com a tipologia esteira horizontal (71%), por oposição à esteira vertical, que apenas representa 29% da amostra, reflectindo a representatividade de cada uma das tipologias na área de estudo. Das duas tipologias a esteira vertical é referida como a geradora de maiores impactes negativos, uma vez que apresenta um maior número de

planos de colisão e, conseqüentemente, uma maior probabilidade de colisão (Neves *et al.*, 2005a). Vista transversalmente, a esteira horizontal possui uma fiada de cabos condutores de energia e outra de cabos de terra, o que representa dois planos de colisão, enquanto a esteira vertical tem três níveis de cabos condutores de energia e um de cabos terra, que definem quatro planos de colisão.

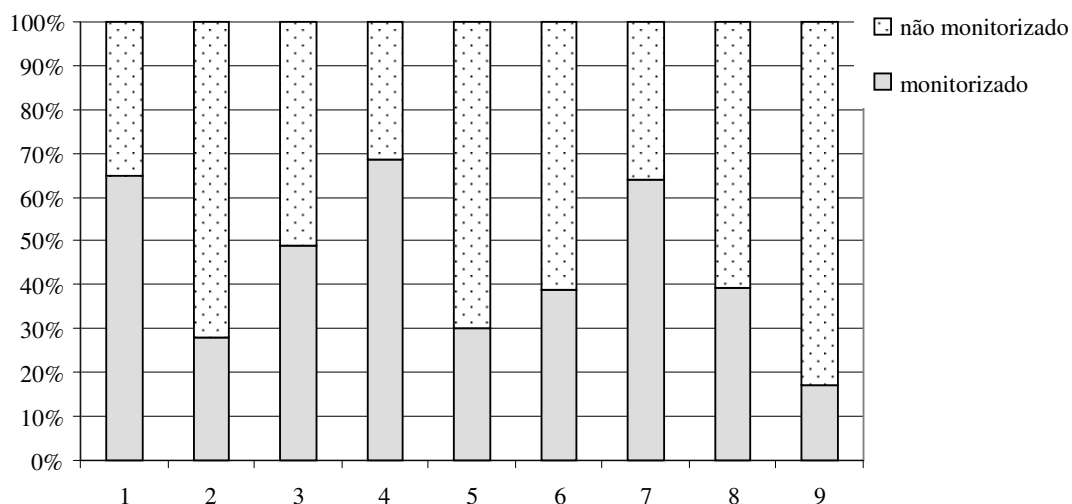


Figura 4.1 – Percentagem monitorizada em cada uma das linhas (comprimento). 1 – Alqueva / Balboa; 2 – Alqueva / Ferreira do Alentejo; 3 – Ferreira do Alentejo / Ourique; 4 – Ferreira do Alentejo / Évora; 5 – Ferreira do Alentejo / Sines II; 6 – Ourique / Estói; 7 – Ourique / Neves Corvo; 8 – Palmela / Évora; 9 – Sines / Ferreira do Alentejo I

Na Figura 4.2 estão representados os troços considerados na análise regional, bem como as áreas classificadas como importantes para a conservação das aves estepárias, nomeadamente ZPE e IBA. Verifica-se que a amostragem está bem repartida entre locais classificados como relevantes para este grupo da fauna (cerca de 45% dos troços) e os restantes (cerca de 55%).

As linhas que têm uma maior percentagem de troços em áreas com características estepárias classificadas como ZPE e/ou IBA são: Ferreira do Alentejo / Ourique, Ourique / Neves Corvo, Palmela / Évora e Alqueva / Balboa, com mais de 50%. Por oposição as linhas Sines / Ferreira do Alentejo e Ferreira do Alentejo / Sines II não têm qualquer troço nestas áreas (Figura 4.3).

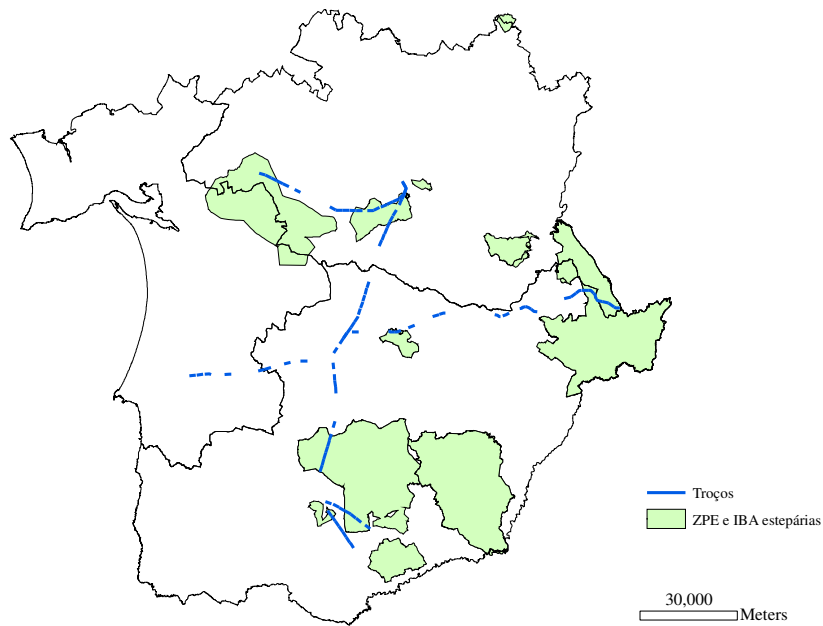


Figura 4.2 – Localização dos troços monitorizados e das ZPE e IBA com habitat pseudo-estepário presentes na área de estudo

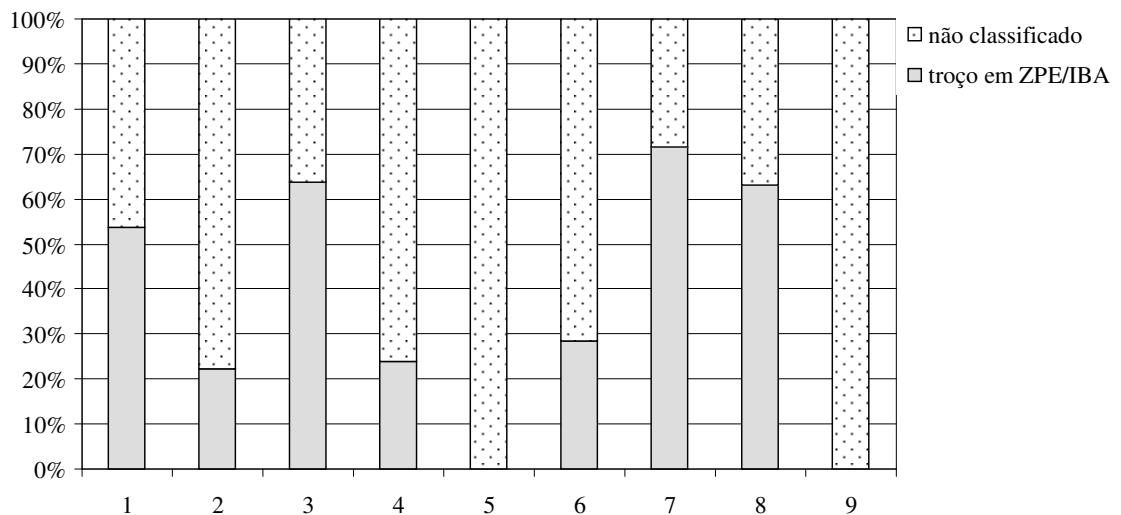


Figura 4.3 – Percentagem dos troços monitorizada em áreas classificadas como ZPE e/ou IBA com características estepárias, em cada uma das linhas. 1 – Alqueva / Balboa; 2 – Alqueva / Ferreira do Alentejo; 3 – Ferreira do Alentejo / Ourique; 4 – Ferreira do Alentejo / Évora; 5 – Ferreira do Alentejo / Sines II; 6 – Ourique / Estói; 7 – Ourique / Neves Corvo; 8 – Palmela / Évora; 9 – Sines / Ferreira do Alentejo I

4.1.2. Caracterização da mortalidade nos troços monitorizados

Em todas as linhas monitorizadas foram registados acidentes por colisão envolvendo pelo menos uma das duas espécies. Apenas na linha Alqueva – Ferreira do Alentejo não foi detectada mortalidade de abetarda, enquanto que na linha Ourique – Neves Corvo não foi registada mortalidade de sisão (Figura 4.4).

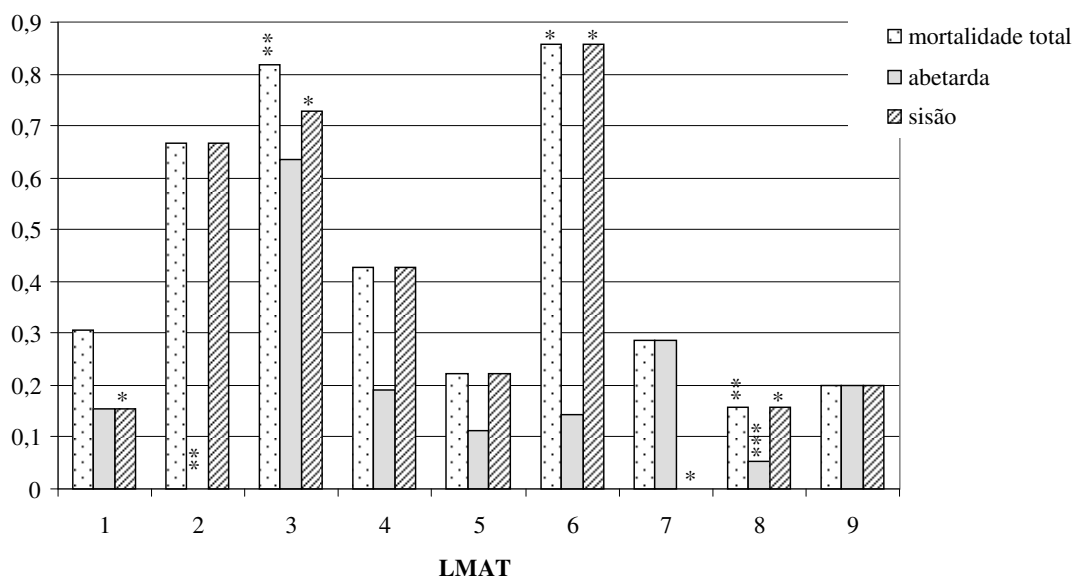


Figura 4.4 – Proporção de troços de 2km com presença de mortalidade das duas espécies, de abetarda e de sisão para cada uma das LMAT: 1 – Alqueva / Balboa; 2 – Alqueva / Ferreira do Alentejo; 3 – Ferreira do Alentejo / Ourique; 4 – Ferreira do Alentejo / Évora; 5 – Ferreira do Alentejo / Sines II; 6 – Ourique / Estói; 7 – Ourique / Neves Corvo; 8 – Palmela / Évora; 9 – Sines / Ferreira do Alentejo I. * - $P < 0.05$; ** - $P < 0.01$; *** - $P < 0.001$

Existem registos de mortalidade para 41 dos troços de 2km monitorizados, cerca de 40,6%.

Das duas espécies o sisão foi a detectada com maior frequência, estando presente em 36 dos troços amostrados (35,6%), enquanto que para a abetarda há registos de mortalidade em 18 troços, cerca de 17,8%. Este dado é concordante com a abundância e distribuição destas duas espécies, uma vez que a população de abetarda é menor e encontra-se mais localizada.

Das linhas monitorizadas, as de Ourique – Estói (6), Ferreira do Alentejo – Ourique (3) e Alqueva – Ferreira do Alentejo (2) foram as que apresentaram uma maior percentagem de

troços com mortalidade. Destas linhas, 22,2%, 63,6% e 28,6% dos troços coincidem com áreas classificadas como ZPE e/ou IBA.

A proporção de troços com mortalidade, para os três grupos considerados, varia significativamente com a linha monitorizada (mortalidade total: $\chi^2 = 23,95$, $P < 0,01$; mortalidade de abetarda: $\chi^2 = 34,03$, $P < 0,001$; mortalidade de sisão: $\chi^2 = 25,09$; $P < 0,01$) (Figura 4.4). A proporção de troços com mortalidade das duas espécies foi significativamente superior nas linhas Ferreira do Alentejo – Ourique e Ourique – Estói, enquanto os troços com presença de mortalidade de abetarda foram significativamente inferiores nas linhas Alqueva – Ferreira do Alentejo e Palmela – Évora. Por outro lado, a linha Ferreira do Alentejo – Ourique destaca-se pelo número, significativamente superior, de troços com mortalidade de sisão e as linhas Alqueva – Ferreira do Alentejo, Ourique – Neves Corvo e Palmela – Évora, pelo valor, significativamente inferior da mesma variável.

Em proporção, foi nas linhas em esteira vertical que se observou presença de mortalidade num maior número de troços (Figura 4.5), diferença que é estatisticamente significativa, segundo o teste do Qui², para a mortalidade das duas espécies em conjunto ($\chi^2 = 3,85$, $P < 0,05$). Este dado deve-se particularmente à mortalidade de sisão, uma vez que esta foi a espécie que mais contribuiu para este padrão. Por sua vez, a proporção de troços com mortalidade de abetarda foi superior na tipologia esteira horizontal.

Analisando a Figura 4.6 verifica-se que, em proporção, existem mais troços com mortalidade fora de áreas classificadas como ZPE e IBA, para qualquer uma das variáveis. Este padrão é mais visível para o caso do sisão, uma vez que para a abetarda os valores são semelhantes. Salienta-se que estas diferenças em nenhum caso são estatisticamente significativas.

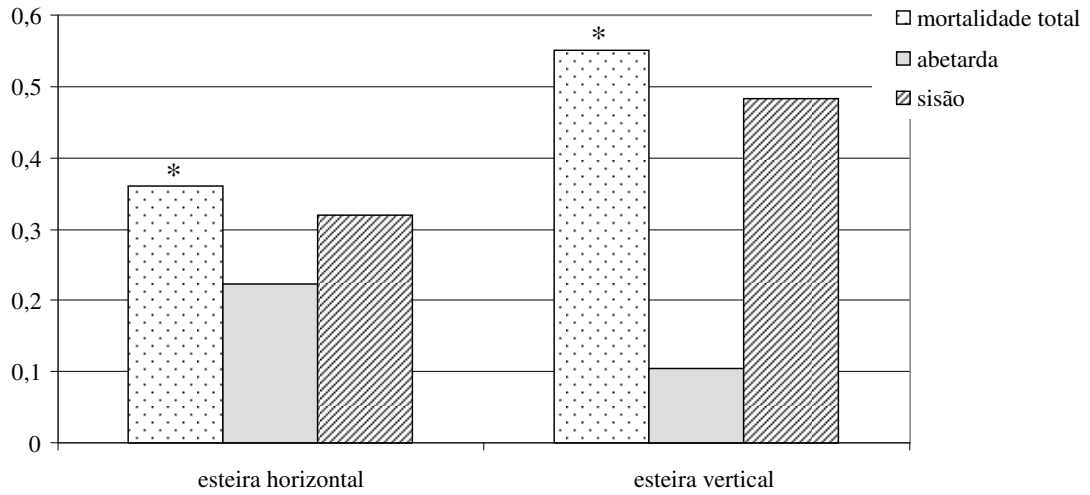


Figura 4.5 – Proporção de troços das tipologias esteira horizontal e esteira vertical com presença de mortalidade das duas espécies, de abertura e de sisão. A mortalidade total é significativamente superior nos troços em esteira vertical

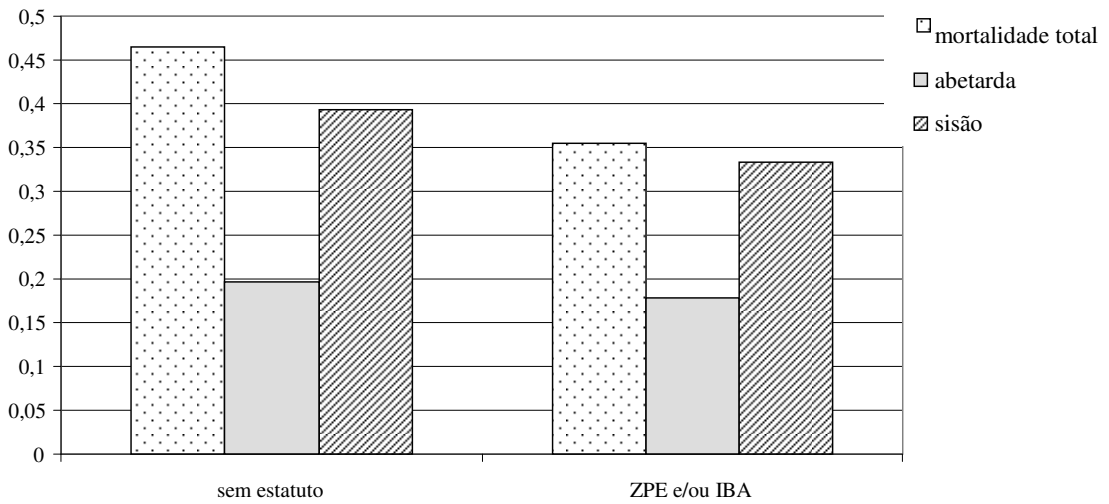


Figura 4.6 – Proporção de troços com presença de mortalidade das duas espécies, de abertura e de sisão, em sem estatuto e em áreas classificadas como ZPE e/ou IBA

4.1.3. Modelação da ocorrência de mortalidade

Os modelos parciais e globais gerados para a abetarda e para o sisão apresentam valores de AUC elevados, indicando que a distribuição prevista pelo Maxent é uma boa aproximação à realidade (Quadro 4.1). Os modelos obtidos para a abetarda apresentam um melhor ajuste aos dados, uma vez que apresentam valores de AUC ligeiramente superiores (0,935 para o modelo de teste e 0,949 para o modelo global) aos do sisão (0,923 e 0,932, respectivamente). Os baixos valores da devião (0,080 para a abetarda e 0,059 para o sisão) corroboram os resultados da AUC, reflectindo o bom ajuste dos modelos criados para a ocorrência de mortalidade de cada uma das espécies.

Quadro 4.1 – Valores de AUC e de devião para os modelos de teste e total das espécies abetarda e sisão

	Abetarda		Sisão	
	AUC	devião	AUC	devião
modelo teste	0,935	0,08	0,923	0,059
modelo total	0,949		0,932	

No Quadro 4.2 está representado o contributo de cada variável ambiental para cada um dos modelos construídos, salientando-se que todas as variáveis consideradas contribuíram para o modelo.

No caso da abetarda, as variáveis que mais contribuíram para modelar a presença de mortalidade da espécie foram o número de sisões presentes na área durante o Inverno, a altitude média da quadrícula, a distância a albufeiras e a distância às ZPE e IBA com características estepárias. Salienta-se que a variável que representa o número de abetardas durante a época de reprodução (n_{otis}) teve um peso menos importante na construção do modelo que o número de sisões durante o Inverno, o que pode estar relacionado com o facto

da área de distribuição da espécie ser mais localizada durante a Primavera. Uma vez que o sisão e abetarda partilham habitats com características semelhantes é espectável que ocorra alguma sobreposição entre as áreas utilizadas pelas duas espécies. Apesar da abetarda ser uma espécie residente, as suas populações fazem movimentos amplos durante o ciclo anual, o que parece estar relacionado com a disponibilidade de recursos (em particular os tróficos), de modo que a população de uma dada área sofre oscilações consideráveis ao longo do tempo. Tal é particularmente visível na área de Castro Verde, onde o número de aves varia entre as 500 aves durante a Primavera e as 1000 no Verão (Rocha, 2008). Em Portugal, as áreas de reprodução, onde a espécie se concentra durante a Primavera são, em geral, conhecidas e estão bem delimitadas (Pinto *et al.*, 2005), no entanto, o mesmo não ocorre com as áreas de dispersão, onde a espécie se concentra no período pós-reprodutor. Por esse motivo, não foram incluídas na análise variáveis relacionadas com a ocorrência da abetarda fora da época de reprodução.

Quadro 4.2 – Contributo de cada variável ambiental para o modelo à escala regional para a abetarda e o sisão. Os valores representam a percentagem de informação perdida se a variável for retirada do modelo

Variável	Modelo	
	Abetarda	Sisão
ZPE_IBA	2,3	1,2
altimetria	20	19,9
d_estradas	3,9	2,7
d_localidades	3	0,6
d_albufeiras	18	11,8
d_ZPE	17,6	36,4
ttverão	10	24,3
ttinverno	24,3	1,5
n_otis	8,2	3,9
habitat	0,9	1,7

Quando se analisa a construção do modelo de mortalidade para a espécie sisão, as variáveis que mais contribuíram foram a distância a áreas classificadas como ZPE e/ou IBA, o número de sisões estimado para a quadrícula durante o Verão, a altimetria e a distância a albufeiras.

As áreas com maior probabilidade de ocorrência de mortalidade de abetarda e de sisão são bastante coincidentes (Figura 4.7, Figura 4.8 e Anexos). Verifica-se uma concentração nas ZPE de Castro Verde e do Vale do Guadiana (em particular na parte mais a este), na zona de Beja e na zona de Évora. Analisando as duas figuras verifica-se que a área com maior probabilidade de mortalidade de abetarda por colisão em LMAT é mais dispersa e fragmentada que a de sisão.

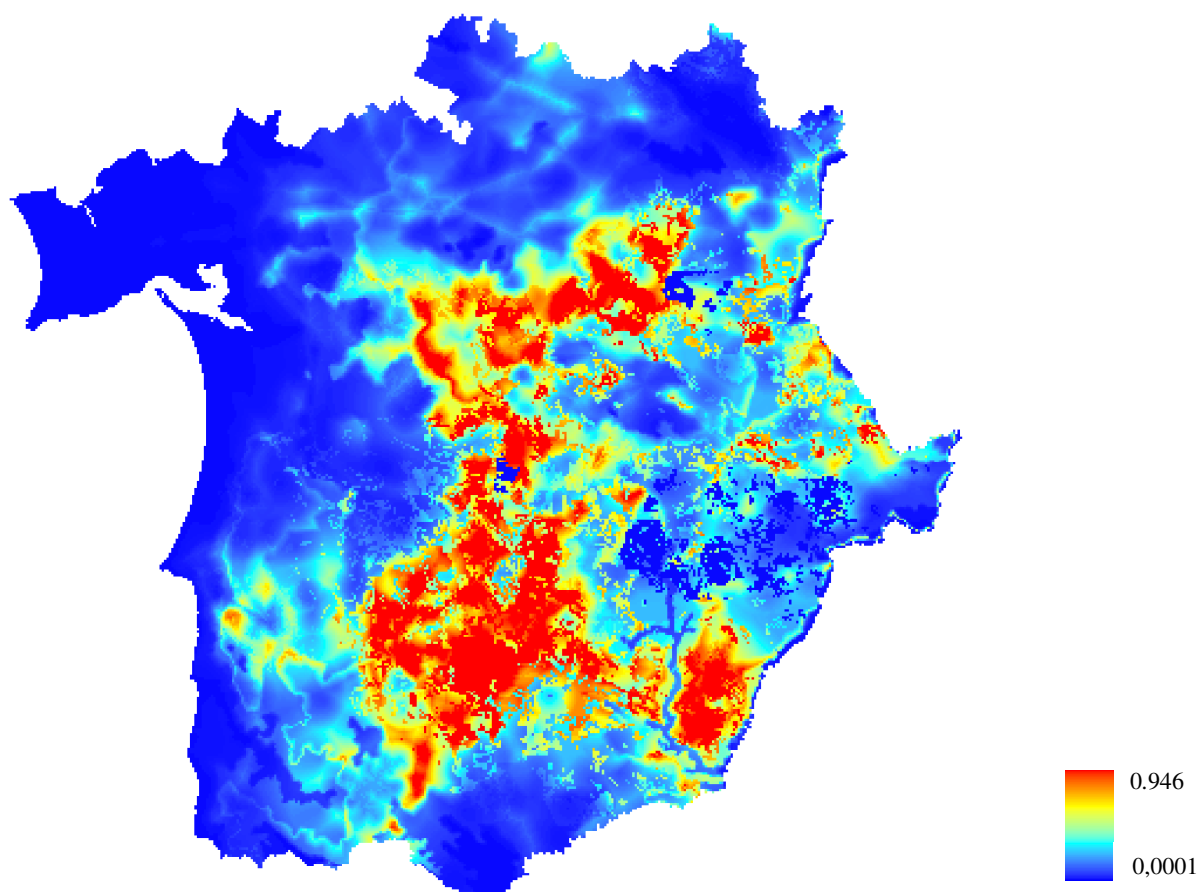


Figura 4.7 – Mapa com a probabilidade Maxent de ocorrência de mortalidade de abetarda na área de estudo (resolução de 500m)

Os resultados reflectem a presença das espécies na área de estudo ao longo do ciclo anual. Por um lado, estão intimamente relacionados com as principais áreas de reprodução das espécies (no caso da abetarda as ZPE de Castro Verde, Piçarras, Cuba e Évora) e com os locais de dispersão no Verão e Inverno (maioritariamente no caso do sisão, uma vez que estas áreas não são totalmente conhecidas para o caso da abetarda). Por outro lado, verifica-se que as variáveis geográficas relevantes para a distribuição destas espécies foram também importantes para a construção do modelo, uma vez que as áreas com maior probabilidade de ocorrência de mortalidade encontram-se em áreas de planície, com uma altitude média a baixa.

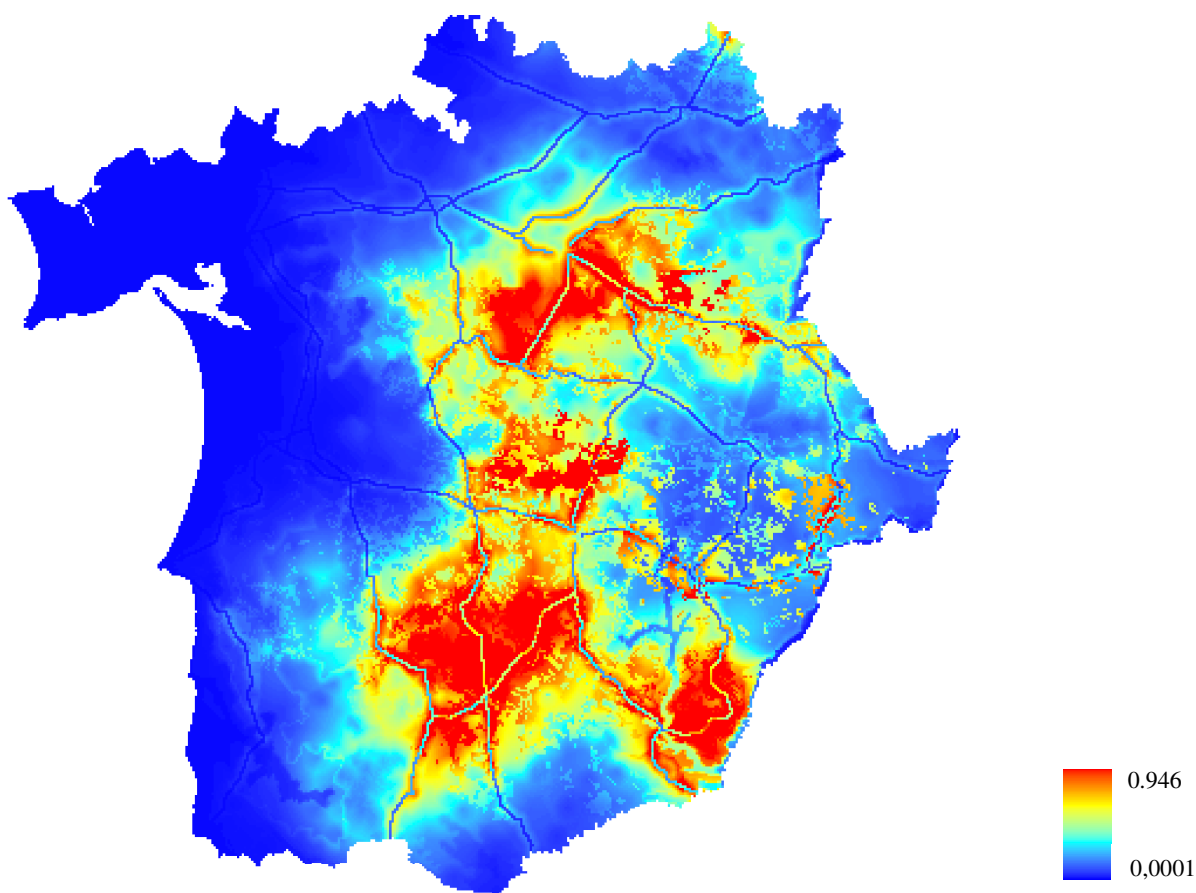


Figura 4.8 – Mapa com a probabilidade Maxent de ocorrência de mortalidade de sisão na área de estudo (resolução de 500m)

4.1.4. Mortalidade de abetarda e sisão nas LMAT da área de estudo

A partir do mapa de probabilidades criado pelo Maxent é possível extrair, para cada uma das LMAT presentes na área de estudo, dados sobre a probabilidade de ocorrência de mortalidade de abetarda e de sisão. No Quadro 4.3 são apresentados os valores de probabilidade médios para toda a extensão das linhas da área de estudo.

Quadro 4.3 – Probabilidade média de ocorrência de mortalidade de abetarda e sisão, nas LMAT presentes na área de estudo (a probabilidade apenas foi calculada para os troços presentes na área de estudo)

Linha	Extensão (km)	Probabilidade média de ocorrência de mortalidade	
		Abetarda	Sisão
Alqueva – Balboa	40	0,294 ± 0,168	0,135 ± 0,059
Alqueva – Ferreira do Alentejo	64	0,277 ± 0,151	0,466 ± 0,330
Ferreira do Alentejo – Ourique	45	0,630 ± 0,140	0,599 ± 0,122
Ferreira Alentejo – Évora	61	0,480 ± 0,244	0,537 ± 0,167
Ferreira do Alentejo – Sines II	60	0,094 ± 0,065	0,071 ± 0,071
Ourique – Estoi	36	0,218 ± 0,293	0,330 ± 0,241
Ourique – Neves Corvo	21	0,305 ± 0,241	0,442 ± 0,158
Palmela – Évora	97	0,238 ± 0,228	0,246 ± 0,259
Sines – Ferreira do Alentejo I	88	0,011 ± 0,026	0,002 ± 0,004
Ourique – Tunes	30	0,482 ± 0,187	0,456 ± 0,138
Sines – Ourique	63	0,291 ± 0,176	0,249 ± 0,179
Palmela – Sines I	58	0,086 ± 0,072	0,078 ± 0,063
Sines – Portimão I	74	0,146 ± 0,082	0,057 ± 0,031
Sines – Portimão II	74	0,139 ± 0,087	0,055 ± 0,030
Sines – Palmela II	96	0,027 ± 0,027	0,008 ± 0,007

A linha Ferreira do Alentejo – Ourique destaca-se das restantes pelos elevados valores para ambas as espécies, com uma probabilidade média para todo o troço da linha de 0,630, para a abetarda e de 0,559, para o sisão. É também de realçar as linhas Ferreira do Alentejo – Évora

(0,480 e 0,537), Ourique – Tunes (0,482 e 0,456) e Ourique – Neves Corvo (0,305 e 0,241), pelos elevados valores de probabilidade para ambas as espécies e a linha Alqueva – Ferreira do Alentejo, pelo elevado valor para o sisão. Por oposição, as linhas Ferreira do Alentejo – Sines I (0,011 e 0,002) e II (0,094 e 0,071), Palmela – Sines I (0,086 e 0,078) e II (0,027 e 0,008), destacam-se pelos baixos valores de probabilidade de ocorrência de mortalidade. Estes resultados são relevantes para a definição das linhas mais impactantes, e esta abordagem pode ser utilizada para determinar quais os troços prioritários para a implementação de medidas de minimização e/ou compensação.

4.2. ANÁLISE LOCAL

Na análise da mortalidade por colisão na LMAT Ferreira do Alentejo – Ourique na ZPE de Castro Verde os resultados são apresentados para cada espécie em separado.

Verificou-se a ocorrência de correlações significativas entre os seguintes conjuntos de variáveis: h_guarda e h_condutores; b_Otis e n_Otis; b_Tetrax e n_Tetrax; d_arvores e habitat e d_arvores e V_1000, pelo que, para cada conjunto, apenas uma foi utilizada nas análises posteriores (h_condutores; b_Otis; n_Tetrax; d_arvores).

4.2.1. Abetarda

Durante o período em que decorreu o estudo foram registados 32 acidentes por colisão de abetarda, valor que oscilou entre 0 e 4 aves por sector (Marques *et al.*, 2007).

4.2.1.1. Análise Univariada

O valor de mortalidade de abetarda por colisão na LMAT aumenta significativamente com a distância a árvores, edifícios isolados, localidades e estradas. Por outro lado, é inversamente proporcional à distância a corpos de água, à altura dos cabos condutores e significativamente superior em sectores com menor visibilidade. É também nos sectores onde atravessam mais bandos que a probabilidade de ocorrerem acidentes por colisão é maior (Figura 4.9 e Quadro 4.4).

Quadro 4.4 – Resultados da análise univariada para o valor de mortalidade de abetarda (* - $P < 0.25$; ** - $P < 0.10$; *** - $P < 0.05$; ns - não significativo)

Conjunto de variáveis	Variável	β	P
Características da linha	comp	+	ns
	h_apoios	+	ns
	h_condutores	-	***
	d_inicio	+	ns
Factores ambientais	d_arvores	+	***
	d_agua	-	***
	d_montes	+	***
	d_localidades	+	***
	d_estradas	+	***
	P_250	+	ns
	P_500	-	ns
	V_250	-	***
V_500	+	ns	
Abundância das espécies	b_Otis	+	***

O valor de mortalidade parece estar bastante relacionado com a distribuição da espécie na ZPE. Com efeito, o número de colisões é superior nos sectores da linha onde ocorre uma maior passagem de aves mas, por outro, verifica-se uma coincidência entre as variáveis

relacionadas com este factor de mortalidade e as variáveis importantes na modelação da distribuição da abetarda na área de estudo. Segundo os modelos obtidos por Rocha (1999 e 2007), a presença de abetarda na ZPE está dependente da distância a estradas, montes habitados e povoações (estruturas evitadas pelas aves) que, segundo os resultados deste trabalho, são também algumas das variáveis que contribuem para explicar a ocorrência de acidentes por colisão.

A distância a corpos de água também revelou ter influência no valor de mortalidade de abetarda. Tal parece estar relacionado com o facto destas estruturas serem locais utilizados regularmente pelas aves, particularmente durante o Verão, período em que a água é um recurso escasso. Assim, quanto mais próximos estiverem os corpos de água do traçado da linha, maior a probabilidade de ocorrência de acidentes por colisão.

A visibilidade também se revelou um factor bastante importante. De uma forma geral, as más condições de visibilidade, como as presentes durante a noite, o nascer ou pôr-do-sol e a presença de nevoeiro são referidas na bibliografia como sendo responsáveis pela ocorrência de acidentes por colisão (BirdLife, 2003; Marques *et al.*, 2007). No entanto, os dados deste trabalho permitem acrescentar que, se existirem elementos na paisagem que impeçam a visualização dos cabos, tais como o relevo ou a presença de árvores altas nas imediações da linha (factores responsáveis pela fraca visibilidade de alguns troços), a probabilidade de ocorrer mortalidade de abetarda nesse local será superior. É de realçar que a importância da visibilidade apenas se faz sentir na proximidade da linha, pois apenas a variável V_250 foi significativa.

Outra variável que contribuiu para ocorrência de acidentes por colisão foi a altura a que se encontram os cabos. Os resultados sugerem que quanto mais baixos estiverem maior é a probabilidade de ocorrer mortalidade desta espécie. Nesta matéria podem ser levantadas algumas hipóteses. As abetardas são aves com um voo pesado, que levam algum tempo a

ganhar altitude após levantarem voo. Pelo que, no caso da linha estar na proximidade de áreas utilizadas regularmente pela espécie, como por exemplo charcas, áreas de *display* durante a época de reprodução ou parcelas agrícolas com elevados recursos tróficos, tais como leguminosas, restolhos ou pousios (dependendo da altura do ano), é de prever que quanto mais baixos estiverem os cabos maior é a probabilidade de ocorrerem colisões. Por outro lado, partindo do princípio que as colisões ocorrem preferencialmente na presença de condições de má visibilidade, e uma vez que nestas condições é espectável que as aves voem mais baixo, afim de não perderem o contacto visual com o solo, os troços com cabos mais baixos potenciariam, também, as colisões.

O facto de a mortalidade aumentar com a distância a árvores parece ser contraditório ao referido anteriormente em relação à visibilidade. No entanto, tal parece estar relacionado com a presença do habitat montado na zona norte da área de estudo, local evitado pelas abetardas, onde não foi detectada mortalidade da espécie, e não com os bosquetes de eucalipto presentes na proximidade do traçado da linha eléctrica.

É de realçar o facto da variável *d_inicio* não ser significativa, o que sugere que a auto-correlação espacial na mortalidade de abetarda não é significativa. Esta variável não se revelou importante, provavelmente, porque não se verifica um padrão regular de ocorrência de abetardas a área ao longo do ciclo anual.

As restantes variáveis foram excluídas das análises seguintes, uma vez que a sua relação com a variável dependente não foi considerada significativa.

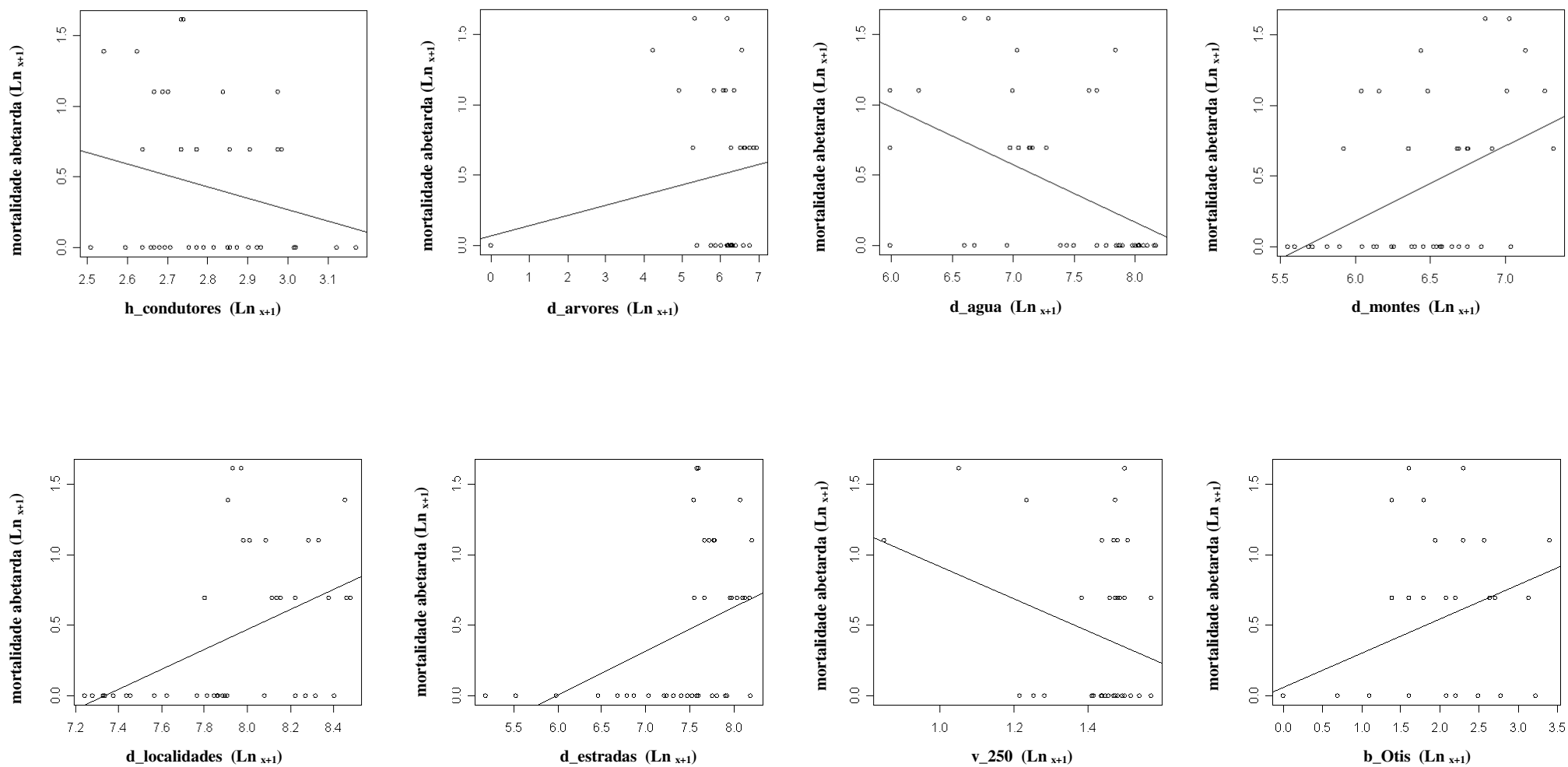


Figura 4.9 – Mortalidade de abetarda e respectiva linha de tendência em função das variáveis explicativas consideradas significativas nas análises univariadas

4.2.1.2. Análise Multivariada

O melhor modelo para cada grupo de variáveis é referido no Quadro 4.5.

Características da linha

O modelo obtido para as variáveis referentes ao factor características da linha explica 7,34% da mortalidade da abetarda na LMAT de Castro Verde, o menor valor dos três grupos de variáveis considerados na análise. Este modelo é composto apenas por uma variável, a altura dos cabos condutores da linha.

Quadro 4.5 – Resultados do modelo multivariado (GLM) para a abetarda. São apresentados os melhores modelos parciais (características da linha, factores ambientais e abundância da espécie) e o global, utilizados para a partição da variância. β – coeficiente da regressão; SE – erro padrão; P – significância estatística

	Variáveis explicativas	Modelos parciais			Modelo global		
		β	SE	P	β	SE	P
Características da linha	<i>constante</i>	7,062	3,446	0,0404	-2,207	5,573	0,6921
	h_condutores	-2,625	1,253	0,0361	-3,366	1,494	0,0243
Factores ambientais	<i>constante</i>	-11,98	3,875	0,002			
	d_montes	0,747	0,457	0,1024	0,477	0,138	0,1332
	d_estradas	1,281	0,539	0,0174	0,821	0,516	0,1113
	V_250	-2,096	0,899	0,0198	0,979	0,739	0,1852
Abundância da espécie	<i>constante</i>	-1,347	0,450	0,0028			
	b_otis	0,615	0,196	0,0017	-1,777	1,047	0,0897

Factores ambientais

Dos vários modelos possíveis com as seis variáveis explicativas consideradas significativas na análise univariada, o que incorpora as variáveis distância a montes (d_montes), distância a

estradas (d_estradas) e área visível num raio de 250m (v_250) foi o seleccionado como o melhor modelo, uma vez que é o que apresenta o menor valor de AIC.

Dos três grupos de factores, este modelo é o que explica a maior proporção de variância do valor de mortalidade de abetarda na LMAT, 40,06%.

Abundância da espécie

O modelo da abundância da espécie também só entra com uma variável, o número de bandos de abetarda observados a cruzar a LMAT (b_otis). Este modelo explica 17,92% da variância total dos dados.

Partição da variância

Através da análise da partição da variância verifica-se que as variáveis incluídas nos três grupos de factores explicam, no seu conjunto, 52,3% do valor de mortalidade de abetarda na LMAT Ferreira do Alentejo – Ourique. Ao construir os modelos para cada um dos grupos de variáveis e o modelo global foi possível decompor a variância em cada um dos seus componentes, de modo a reflectir a importância relativa de cada um. Deste modo, a Figura 4.10 representa o efeito puro de cada um dos grupos de factores, bem como o efeito partilhado entre as diferentes combinações de grupos de variáveis explicativas.

O efeito puro dos factores ambientais (A) explica por si só a maior porção da variância dos dados, 24,4%, enquanto a interacção entre este factor e a abundância da espécie (E) captura 17,2% da variância. O efeito puro da abundância das espécies explica 3,5% e o efeito puro das características da linha 8,3%. Os restantes efeitos partilhados explicam uma pequena porção da variância (AL – 1,8 e EL – 0,4%). Apenas uma pequena porção da variância é explicada pelo efeito conjunto das três variáveis (-3,24%), que é representado através de um valor

negativo, sugerindo a ocorrência de sinergias entre estas variáveis (Legendre & Legendre, 1998).

A análise da partição da variância fornece dados importantes sobre o contributo de cada factor para a mortalidade da espécie. Os factores ambientais, que incorporam variáveis relacionadas com a localização da linha (distância a estradas, montes, pontos de água e localidades e a visibilidade), juntamente com a abundância da espécie, são os principais responsáveis pela mortalidade da abetarda por colisão na linha em estudo (juntos explicam cerca de 45% da variância dos dados, sendo que o total das variáveis explicou 52,3% da variância). Este dado reforça que o local onde a linha é implementada é determinante para a ocorrência de mortalidade da espécie, o que constitui um resultado extremamente relevante sob o ponto de vista do ordenamento destas infra-estruturas.

As características da linha, apesar de possuírem uma relevância menor, também contribuem para a mortalidade da espécie. Deste conjunto de factores, a altura a que se encontram os cabos é a variável com um maior contributo para o valor de mortalidade.

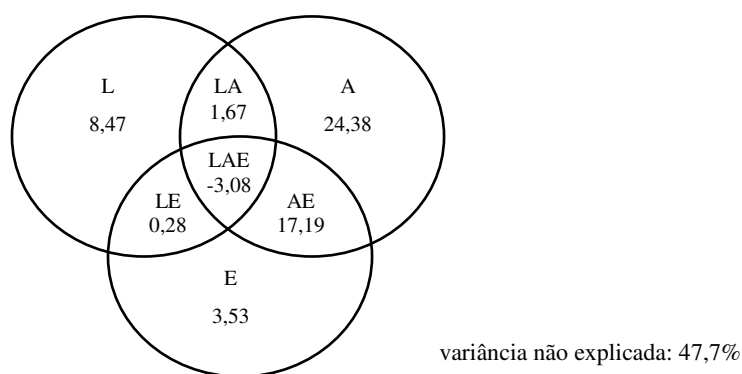


Figura 4.10 – Resultados da análise da partição da variância para a mortalidade da abetarda. São apresentados os três grupos de variáveis (L – características da linha, A – factores ambientais; E – abundância da espécie). Os valores representam a percentagem da variabilidade explicada por cada um dos grupos de variáveis e pela interação entre eles (LA, LE, AE, LAE)

4.2.2. Sisão

No total, Marques *et al.* (2007) registaram a mortalidade de 30 sisões, valor que oscilou entre 0 e 5 aves por vão.

4.2.2.1. Análise Univariada

Os resultados da análise univariada para o valor de mortalidade de sisão na LMAT na ZPE de Castro Verde podem ser observados no Quadro 4.6 e na Figura 4.11. Tal como no caso da abetarda, também a mortalidade de sisão parece estar relacionada com o padrão de distribuição da espécie. O valor de mortalidade aumenta com a distância a montes, estruturas que podem constituir um factor de perturbação e que são evitadas pelos sisões, tanto na época de reprodução (Suárez-Seoane *et al.*, 2002) como no Inverno (Silva *et al.*, 2004). Por outro lado, foi nos locais mais utilizados pelos sisões para cruzar a linha que se verificou maior mortalidade da espécie, este resultado verifica-se tanto para o número de bandos observados como para o número de aves.

O valor de mortalidade de sisão também aumenta com a distância a árvores, o que pode estar relacionado com a inexistência de mortalidade da espécie no habitat montado, dado que estas variáveis estão correlacionadas.

Ao contrário do registado para a abetarda, o valor de mortalidade de sisão é superior em sectores com maior visibilidade, padrão que se observou para os dois raios de distância analisados (v_250 e v_500). Este resultado pode reflectir o facto dos sisões utilizarem, preferencialmente, áreas com boa visibilidade e privilegiarem estas áreas como local para atravessarem a linha. No entanto, tal não é sugerido pelos dados utilizados neste trabalho, uma vez que a maior passagem de bandos e de indivíduos da espécie não ocorreu em zonas com

melhor visibilidade. Assim, é de equacionar a hipótese de que os sisões, em áreas de menor visibilidade, estejam mais alerta e, por isso, tomem melhor consciência dos cabos.

O facto da variável *d_inicio* ter tido um resultado significativo sugere a existência de auto-correlação espacial na mortalidade de sisão. Aparentemente, há uma concentração de mortalidade da espécie em sectores próximos entre si, o que pode estar intimamente relacionado com a distribuição espacial do sisão na área de estudo e/ou com o gregarismo da espécie.

Nenhumas das outras variáveis que caracterizam a linha foram consideradas significativas nos modelos desenvolvidos para a mortalidade por colisão do sisão.

Quadro 4.6 – Resultados da análise univariada para o valor de mortalidade de sisão (* - $P < 0.25$; ** - $P < 0.10$; *** - $P < 0.05$; ns - não significativo)

Conjunto de variáveis	Variável	β	P
Características da linha	comp	+	ns
	h_apoios	+	ns
	h_condutores	-	ns
	d_inicio	+	**
Factores ambientais	d_arvores	+	***
	d_agua	+	ns
	d_montes	+	*
	d_localidades	-	ns
	d_estradas	+	ns
	P_250	-	ns
	P_500	-	ns
	V_250	+	***
V_500	+	**	
Abundância da espécie	n_Tetrax	+	*

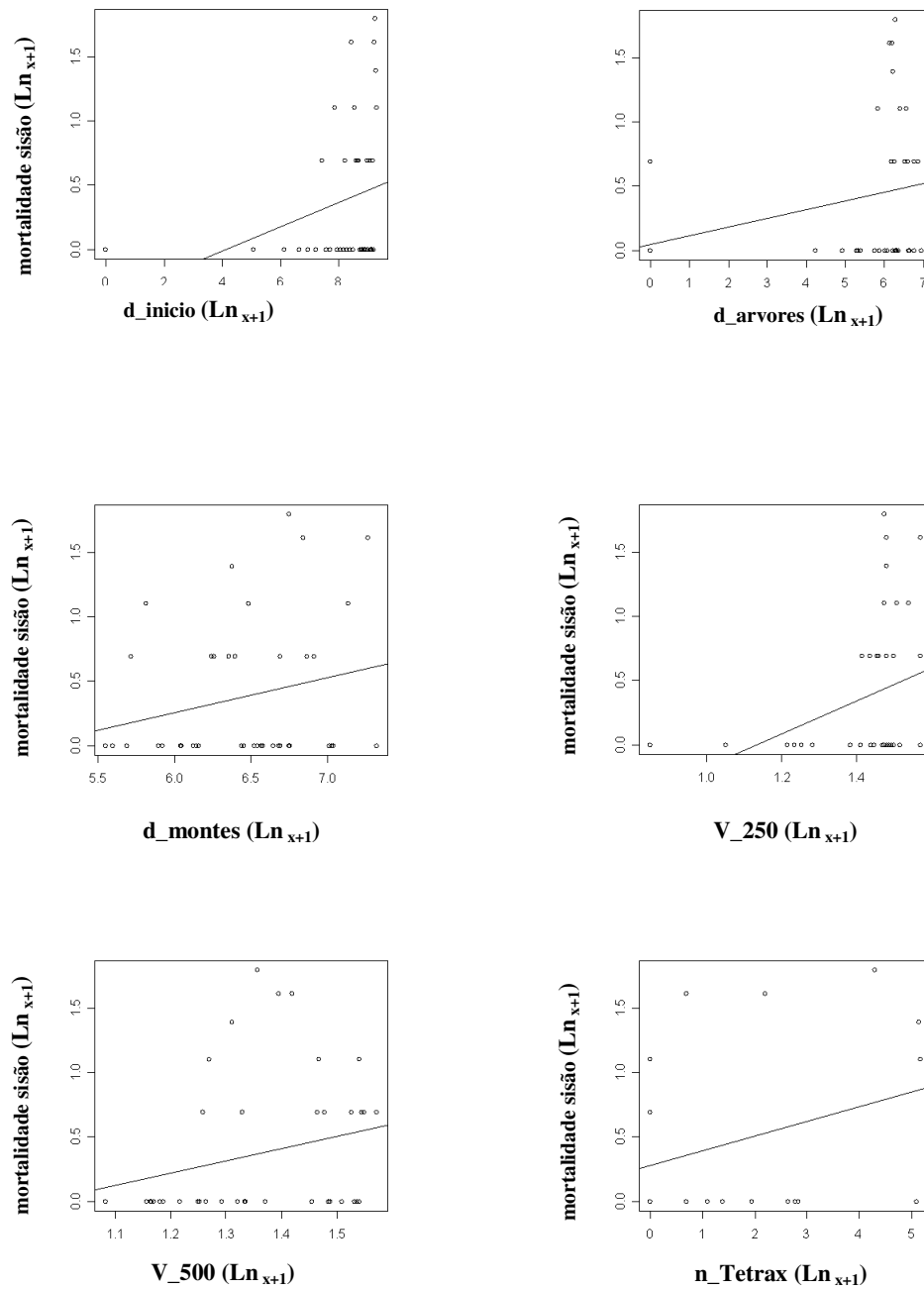


Figura 4.11 – Mortalidade de sisão e respectiva linha de tendência em função das variáveis explicativas consideradas significativas nas análises univariadas

4.2.2.2. Análise Multivariada

Cada variável considerada significativa na análise univariada foi utilizada para a construção de modelos parciais e do modelo global (Quadro 4.7).

Características da linha

O modelo parcial para as características da linha só entra com uma variável, a distância do sector ao ponto inicial da linha, o que sugere a existência de correlação espacial no valor de mortalidade de sisão. Este modelo explica 14,33% da variância total dos dados.

Quadro 4.7 – Resultados do modelo multivariado (GLM) para o sisão. São apresentados os melhores modelos parciais (características da linha, factores ambientais e abundância da espécie) e o global, utilizados para a partição da variância. β – coeficiente da regressão; SE – erro padrão; P – significância estatística

	Variáveis explicativas	Modelos parciais			Modelo total		
		β	SE	P	β	SE	P
Características da linha	<i>constante</i>	-7,15	3,64	0,0496	-20,68	7,6	0,007
	d_inicio	0,74	0,42	0,0737	0,57	0,49	0,252
Factores ambientais	<i>constante</i>	-19,06	7,52	0,0112			
	d_montes	0,83	0,55	0,1331	0,90	0,57	0,113
	V_250	8,73	4,39	0,0468	6,25	6,25	0,130
Abundância da espécie	<i>constante</i>	-0,97	0,29	0,000			
	b_Tetrax	0,15	0,124	0,214	0,026	0,15	0,86

Factores ambientais

O melhor modelo para o factor ambiental é o que incorpora as variáveis distância a montes (d_montes) e área visível num raio de 250m (v_250). Tal como no caso da abetarda, o modelo

dos factores ambientais é que explica a maior variância dos dados de mortalidade de sisão na linha em estudo, cerca de 24,7%.

Abundância da espécie

Dos três modelos parciais, o modelo da abundância da espécie é o que explica a menor percentagem da variância, 3,75%. Apenas incorpora uma variável, o número de bandos de sisão.

Partição da variância

As variáveis utilizadas explicam 33,95% da variância dos dados de mortalidade de sisão. A Figura 4.12 representa o efeito puro dos factores ambientais e da abundância das espécies, assim como a interacção entre eles.

A maior porção da variância dos dados é explicada pelo efeito puro dos factores ambientais, cerca de 19,3%, enquanto o efeito puro das características da linha é responsável por, aproximadamente, 6,8% da variância. O factor abundância das espécies apenas explica um valor reduzido (0,68%), mas a interacção com as características da linha captura um valor de variância superior, 2,41%.

O modelo global obtido para o sisão apesar de explicar uma pequena percentagem da variabilidade dos dados fornece algumas pistas sobre quais os factores que podem estar a contribuir para a mortalidade da espécie na área de estudo.

Tal como no caso da abetarda os factores ambientais foram os que explicaram a maior percentagem de variância dos dados. Todavia, ao contrário do que se verificou para essa

espécie, a variável da abundância do sisão (número de aves que atravessou cada sector durante o período de estudo) não se revelou muito importante.

Salienta-se também que as características da linha explicam cerca de 8% da variância dos dados de mortalidade de sisão, valor bastante aproximado ao do modelo obtido para a abetarda (8,5%). No entanto, neste caso as variáveis relacionadas com a altura dos cabos e dos apoios não se revelaram importantes, tendo sido seleccionada neste grupo apenas a variável indicativa da ocorrência de auto-correlação espacial. Este resultado sugere que ocorre uma concentração de mortalidade de sisão em sectores próximos entre si, o que deve estar relacionado com os padrões de distribuição da espécie na área e com o facto desta espécie ser gregária, formando bandos com um elevado número de indivíduos, particularmente durante o Inverno.

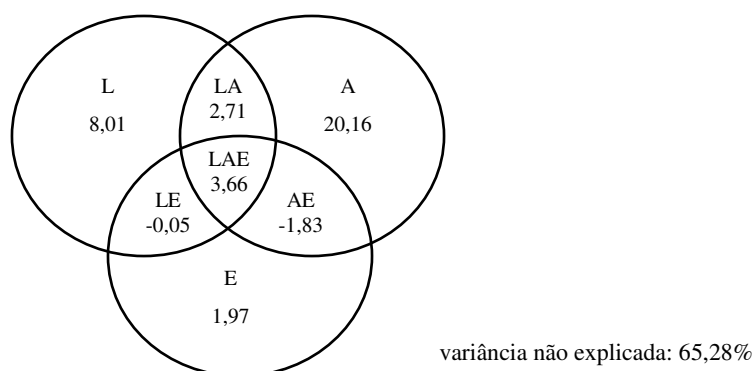


Figura 4.12 – Resultados da análise da partição da variância para a mortalidade de sisão. São apresentados os três grupos de variáveis (L – características da linha, A – factores ambientais; E – abundância da espécie). Os valores representam a percentagem da variabilidade explicada por cada um dos grupos de variáveis e pela interacção entre eles (LA, LE, AE, LAE)

5. IMPLICAÇÕES PARA O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Os dados recolhidos ao longo deste trabalho permitem apontar alguns factores como sendo responsáveis pela mortalidade de abetarda e sisão por colisão em linhas de muito alta tensão. Neste capítulo analisam-se os resultados obtidos no capítulo anterior e propõem-se recomendações para o ordenamento da Rede Nacional de Transporte de energia eléctrica, tendo em vista a redução da mortalidade das espécies abetarda e sisão nestas infra-estruturas e, conseqüentemente uma maior sustentabilidade ambiental das mesmas.

5.1. FACTORES QUE INFLUENCIAM A MORTALIDADE DE ABETARDA E SISÃO POR COLISÃO EM LMAT

A compilação dos diferentes estudos de monitorização permitiu constatar que todas as LMAT estudadas na área de estudo são responsáveis por mortalidade de pelo menos uma das duas espécies estudadas quer estas se encontrem ou não em áreas classificadas como ZPE ou IBA.

A percentagem de troços com mortalidade das duas espécies fora das áreas com estatuto de ZPE ou IBA é mesmo mais elevada que dentro das áreas com aquela classificação. Este resultado está intimamente relacionado com o comportamento dispersivo da abetarda e do sisão no período pós-reprodutor. Tal facto mostra que este é um problema abrangente ao nível do território e que não está restrito às áreas consideradas mais relevantes para este grupo da fauna, o que justifica a adopção de medidas de minimização fora dos limites das áreas classificadas como ZPE ou IBA.

Apesar da problemática da colisão ser algo comum a todas as linhas monitorizadas, verificam-se diferenças entre elas, havendo linhas que se destacam por apresentarem uma maior proporção de troços com presença de mortalidade.

Os trabalhos de monitorização realizados em Portugal demonstram que a ZPE de Castro Verde é a área com maior taxa de mortalidade das espécies abetarda e sisão em LMAT, com valor de mortalidade anual de 1,4 abetardas/km e de 1,4 sisões/km (valores de mortalidade observada e não estimada) na linha de Ferreira do Alentejo – Ourique (Marques *et al.*, 2007). Os elevados valores registados em Castro Verde reflectem a dimensão das populações presentes na região ao longo do ciclo anual, uma vez que esta é a zona do país com maior área de habitat pseudo-estepário e, conseqüentemente, maiores densidades de abetarda e sisão.

Mesmo quando comparado com estudos que empregam metodologias de recolha de dados semelhantes, os valores de mortalidade nesta ZPE são, em geral, bastante superiores. No entanto, ressalva-se que existem evidências de que em áreas utilizadas por um menor número de indivíduos, mas de um modo regular, também podem ser observados elevados valores de mortalidade.

Na zona nordeste do distrito de Beja, para a linha Alqueva – Balboa, que atravessa parcialmente a ZPE de Moura-Mourão-Barrancos, determinaram-se valores de mortalidade anual de 0,03 abetardas/km e 0,09 sisões/km (Procesl, 2007). Por sua vez, nas linhas Alqueva

– Ferreira do Alentejo e Ferreira do Alentejo – Sines calcularam-se valores de mortalidade anual de 0,09 sisões/km (Ecosystema, 2007), enquanto que para a linha Ferreira do Alentejo – Ourique, na região de Ervidel (a sul de Ferreira do Alentejo), se obteve um valor anual de 1.03 abetardas/km (Marques *et al.*, 2007). Em todas estas áreas ocorrem abetardas e sisões, contudo a sua importância é mais evidente fora da época de reprodução, em particular para a abetarda. O valor de mortalidade obtido para a área de Ervidel destaca-se por ser aproximado ao determinado para a ZPE de Castro Verde. Esta área é utilizada principalmente por machos de abetarda durante o Verão e o Outono, como local de dispersão pós-nupcial, o que sugere que nestas épocas a espécie seja particularmente vulnerável à colisão com as linhas eléctricas.

No que diz respeito à tipologia das LMAT, a proporção de troços com mortalidade destas espécies foi significativamente superior nas linhas em esteira vertical, quando comparado com a esteira horizontal. Assim, as linhas em esteira vertical apresentam maior probabilidade de colisão, pelo que representam um maior risco para as aves. Este dado é concordante pelo apontado por outros autores que recomendam que se adoptem tipologias com um menor número de planos de colisão, por estas apresentarem um menor risco para a avifauna (BirdLife, 2003).

A utilização do algoritmo *Maximum Entropy Method* e do programa Maxent deu um importante contributo para a concretização dos objectivos deste trabalho. A construção de um mapa de probabilidade de mortalidade por colisão para a abetarda e para o sisão em LMAT permitiu avaliar a problemática da colisão para cada uma das linhas presentes na área de estudo, definindo um valor de probabilidade de mortalidade (para cada uma das espécies), para as áreas atravessadas pelo traçado de cada uma. Além disso, foi possível desenvolver mapas de probabilidade de ocorrência de mortalidade por colisão, para cada uma das espécies

para o conjunto da área de estudo, caso viessem a ser implementadas linhas. Este resultado pode ter diversas aplicações ao nível do planeamento da RNT, nomeadamente na ampliação da rede e na construção de novas LMAT, mas também na gestão das linhas já implantadas no território, nomeadamente na adopção de medidas de minimização.

Alguns dos sectores das LMAT presentes na área de estudo já foram alvo de medidas de minimização, através da colocação de dispositivos BFD. No caso das linhas implementadas recentemente, a sua sinalização foi definida durante o processo de AIA, através de um conjunto de critérios definidos com base nos resultados dos estudos que têm vindo a decorrer no país (Neves *et al.*, 2005b; REN, 2007). Por outro lado, no caso particular das linhas mais antigas foram definidos troços prioritários, mediante os resultados das monitorizações efectuadas (Neves *et al.*, 2005a, 2005b) e, alguns dos troços onde foi registada mortalidade de espécies prioritárias já foram sinalizados (Marques *et al.*, 2007). Nesta matéria, os resultados obtidos pelo *Maximum Entropy Method*, podem ser utilizados para delinear estratégias de actuação, definindo com maior rigor, os troços prioritários para a adopção de medidas de minimização, sem ser necessário realizar amostragens no terreno em toda a extensão de linhas existente.

Também fica patente o potencial deste tipo de ferramentas para a delimitação de áreas de alto risco de colisão de aves, assim como para a hierarquização de áreas segundo a sua probabilidade de colisão. A utilização de metodologias preditivas pode, portanto, ser uma ferramenta relevante para o planeamento e ordenamento de infra-estruturas presentes numa parte abrangente do território, tais como as LMAT.

Assinala-se o facto do mapa obtido neste trabalho poder ser continuamente melhorado e actualizado, introduzindo, por um lado, os dados mais recentes sobre a distribuição e abundância das espécies, assim como os resultados dos trabalhos de monitorização que estão ou que virão a decorrer sobre a mortalidade das duas espécies.

A análise efectuada para a ZPE de Castro Verde permitiu trabalhar a uma escala mais fina e determinar alguns dos factores responsáveis pela mortalidade de abetarda e sisão por colisão com a LMAT Ferreira do Alentejo – Ourique. Avaliou-se igualmente a preponderância de três grupos de factores na mortalidade: as características da linha; os factores ambientais e a abundância das espécies.

Os resultados das duas espécies apresentam algumas diferenças entre si. No entanto, ambos revelam que factores ambientais relacionados com a localização das linhas são de elevada preponderância para a ocorrência de colisões de aves na LMAT. A distância a outras infra-estruturas humanas, tais como estradas, localidades e montes, varia proporcionalmente com o valor de mortalidade das espécies, provavelmente porque as áreas mais próximas a estas estruturas apresentam um nível de perturbação humana mais elevado e acabam por ser menos utilizadas pelas aves.

A presença de corpos de água na proximidade da LMAT também é um factor potenciador da mortalidade, particularmente no caso da abetarda, o que parece estar relacionado com a utilização destas estruturas como fonte de água e com os movimentos através da linha que essa utilização implica.

A variável que determina o nível de visibilidade da linha a partir da área circundante forneceu indicações díspares para as duas espécies. Se para o caso da abetarda é nos locais com pior visibilidade (devido ao relevo ou à presença de estruturas na paisagem) que ocorre um valor de mortalidade superior, no caso do sisão verifica-se a situação contrária. Para esta relação não há uma interpretação ecológica clara, pelo que este assunto deve ser alvo de estudos complementares. Esta questão sugere que o tópico da acuidade visual das aves deve ser incorporado nos estudos sobre mortalidade por colisão, nomeadamente no desenvolvimento e teste de medidas de minimização.

No caso da abetarda a interação entre os factores ambientais e abundância da espécie explicaram uma parte importante dos dados de mortalidade, o que revela que os locais com maior passagem de aves que reúnem determinadas características ambientais são locais com elevada probabilidade de ocorrência de mortalidade. Este facto assinala a importância que a localização da linha pode ter no fenómeno da mortalidade.

Ressalva-se que um grupo de variáveis que deve ter uma preponderância fundamental na ocorrência de colisões de aves nas LMAT não pode ser analisada neste trabalho. Tratam-se das variáveis que sofrem oscilações ao longo do tempo, nomeadamente ao longo do dia, e que podem influenciar as colisões. Esse grupo de variáveis inclui os factores climatéricos, como a presença de chuva, de nevoeiro ou de vento forte, que podem diminuir a visibilidade da linha, assim como a presença de factores de perturbação (por exemplo, actividade cinegética). Este grupo de variáveis pode ser um dos responsáveis pela variância que ficou por explicar na modelação, pelo que a implementação de um estudo de monitorização da mortalidade que incorpore estes factores pode dar um importante contributo para a compreensão da problemática da mortalidade.

Outra variável que não pode ser avaliada no presente trabalho, em particular na análise à escala regional, prende-se com a importância dos locais de passagem durante os movimentos dispersivos destas espécies. Tanto a abetarda como o sisão são aves que efectuem amplas deslocações ao longo do ciclo anual, entre áreas de reprodução, áreas de dispersão pós-nupcial e áreas de invernada. As áreas de reprodução são, em geral, bem conhecidas, todavia, no caso da abetarda há algum desconhecimento dos locais utilizados fora da época de reprodução. No presente trabalho apenas foram consideradas as áreas utilizadas pelas duas espécies e não foram tidas em conta as rotas que elas utilizam entre essas áreas. Essas rotas são

insuficientemente conhecidas e apenas recentemente se começaram a utilizar metodologias que permitem a recolha desse tipo de dados, nomeadamente o seguimento de indivíduos através de emissores com um GPS acoplado (Rocha, 2005; Silva, 2008). Quando houver um maior volume de informação sobre esta temática, este também será um factor importante a ter em consideração na mortalidade de abetarda e de sisão por colisão em LMAT.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA O ORDENAMENTO DA REDE NACIONAL DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELÉCTRICA

Tendo em conta os resultados obtidos neste trabalho delineou-se um conjunto de directrizes a ter em conta aquando do planeamento e ordenamento da RNT. É de assinalar que estas linhas orientadoras são específicas para o caso da abetarda e do sisão.

- O desenho do traçado é fundamental para a prevenir a mortalidade de abetarda e de sisão por colisão. Uma vez que os dispositivos de sinalização apenas são responsáveis por uma redução do valor de mortalidade (não eliminando o problema), deve ser privilegiada a utilização de corredores com baixa probabilidade de ocorrência de episódios de colisão;
- Durante a fase de planeamento de uma linha de transporte de energia deve-se ter em consideração que a problemática da mortalidade de espécies ameaçadas, como a abetarda e o sisão, é algo a equacionar para uma parte abrangente do território nacional, tanto em áreas classificadas como ZPE e/ou IBA, como em áreas sem qualquer estatuto;

- O planeamento da RNT deve seguir uma análise estratégica, como a preconizada pela Avaliação Ambiental Estratégica. Esta abordagem permite avaliar a rede como um todo e alargar o estudo a uma ampla área geográfica, de modo que aquando da implantação de novas LMAT não se avalie, isoladamente, o traçado e a área na sua envolvência imediata;
- Recomenda-se a utilização de ferramentas de análise preditiva tais como o Maxent ao longo do processo de planeamento dos novos traçados, de modo a que as áreas com maior probabilidade de colisão sejam evitadas. Estas técnicas podem também dar um importante contributo para o delineamento de uma carta de condicionantes, com a hierarquização de áreas segundo o seu grau de perigosidade à colisão, tais como o documento normativo do ICNB (ICNB, 2008);
- Os traçados das LMAT devem ser definidos paralelamente a outras infra-estruturas lineares presentes no território, tais como estradas e devem privilegiar a proximidade a estruturas humanas como localidades e edifícios, de modo a evitar o atravessamento de áreas mais isoladas e com um menor índice de perturbação humana;
- O corredor utilizado pelas LMAT não deve estar localizado na proximidade de corpos de água utilizados por estas espécies, em qualquer parte do ciclo anual;
- A tipologia da linha deve ter o menor número de planos de colisão possível;

As medidas sugeridas apontam, em grande medida, no mesmo sentido que as delineadas por outros autores (ver capítulo 2.1.1, página 19). No entanto, assinala-se que recomendações usuais como “o traçado deve permitir dissimular a linha noutras estruturas presentes na paisagem”, e “a altura das linhas deve ser a menor possível, devendo esta ser colocada entre

edifícios e filas de árvores e no sopé das serras”, não parecem ser as mais indicadas para o caso específico de habitats pseudo-estepários. Apesar dos resultados serem diferentes para as duas espécies, ficou claro que, em áreas utilizadas regularmente pela abetarda, o valor de mortalidade da espécie é superior em sectores com cabos mais baixos e com pior visibilidade. Este dado deve ser alvo de futuras análises, particularmente, deve ser investigado se este padrão se observa noutras LMAT e em áreas com diferentes utilizações por parte da espécie.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a problemática da colisão de duas espécies ameaçadas, a abetarda e o sisão, em linhas de muito alta tensão. Essa análise foi feita a duas escalas distintas, uma macro escala ou escala regional e uma micro escala ou escala local.

No caso da escala regional compilou-se a informação que se encontrava dispersa em estudos de monitorização, reunindo a informação disponível sobre a mortalidade de abetarda e de sisão por colisão em linhas de muito alta tensão em Portugal. A metodologia empregue, o algoritmo de Máxima Entropia e o software Maxent, demonstrou um elevado potencial para a definição de áreas mais susceptíveis à ocorrência de mortalidade destas duas espécies, revelando-se um instrumento extremamente interessante para o ordenamento do território. Com efeito, foi possível construir um mapa de probabilidade de ocorrência de colisões em LMAT, em função das características da paisagem e da abundância/uso do espaço de cada uma das espécies. Estes resultados permitem hierarquizar de uma forma objectiva diferentes opções de localização das linhas, constituindo, por isso, uma base de referência para o ordenamento da RNT.

Por sua vez, a escala local incidiu sobre 11km da linha Ferreira de Alentejo – Ourique coincidentes com a ZPE de Castro Verde. Nesta abordagem os dados foram analisados com

maior detalhe, o que permitiu verificar que os factores que mais contribuem para a mortalidade destas duas espécies estão sobretudo relacionados com as características ambientais e com a abundância de cada uma delas. Este estudo mostrou que a mortalidade tende a ser maior em áreas mais isoladas e com menor grau de perturbação humana, tais como as áreas afastadas de estruturas humanas (estradas, edifícios ou localidades) e em áreas utilizadas com regularidade pelas aves, como as localizadas na proximidade de pontos de água, o que constitui informação relevante para definição, em pormenor do traçado das linhas. Este trabalho também demonstrou que os principais factores que determinam a mortalidade por colisão nas LMAT são, por vezes, distintos para cada uma das duas espécies, o que mostra a importância de se realizar estudos específicos e a incerteza inerente às generalizações.

Os estudos de monitorização de mortalidade em linhas eléctricas são relativamente recentes em Portugal e, de uma maneira geral, abrangem períodos temporais curtos. No presente trabalho compilou-se a informação recolhida para a abetarda e para o sisão nos distritos de Évora, Beja e Setúbal, por diferentes projectos de seguimento, em diferentes áreas e que empregaram metodologias de recolha de dados distintas. No entanto, para as restantes espécies e áreas geográficas, os dados obtidos nos diferentes trabalhos de prospecção e de monitorização de LMAT continuam dispersos em diferentes relatórios. Dada a importância que possuem para o planeamento e gestão da RNT recomenda-se a sua centralização para futuras análises. Por outro lado, de modo a consolidar os resultados obtidos neste trabalho e a comparar diferentes áreas geográficas e tipologias de linhas, sugere-se a uniformização das metodologias de recolha de informação.

Em síntese, a compilação da informação e as análises subsequentes permitiram apontar linhas orientadoras, devidamente fundamentadas, para o ordenamento da Rede Nacional de Transporte de energia eléctrica. Deste modo contribuiu-se para o planeamento e gestão desta

rede e para uma maior sustentabilidade ambiental das infra-estruturas de transporte de energia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, J.A. Alonso, J.C. Martin, E. & Morales, M.B. (1995). *La avutarda en la Reserva de las Lagunas de Villa Fáfica*. C.S.I.C. Diputación de Zamora e Fempa, Zamora.

Alonso, J.A. & Alonso, J.C. (1999). Colisión de aves con líneas de transporte de energía eléctrica en España. In: Ferrer, M. Janss, G.F.E. (Coord.). *Aves y líneas eléctricas – collision, electrocución y nidificación*. pp 61-88. Quercus. Madrid.

Bailey, A.M. (1929). Bird Casualties. *The Wilson Bulletin*, June: 106-107.

Beaulaurier, D.L. (1981). Mitigation of birds collisions with transmission lines. Bonneville Power Administration, US Department of Energy. Boulder, Colorado.

Bevanger, K. (1994). Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis*, 136(4): 412-425.

Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86: 67-76.

Bevanger, K. & Brøseth, H. (2001). Bird collisions with power lines – an experiment with ptarmigan (*Lagopus spp.*). *Biological Conservation*, 99: 341-346.

Bevanger, K. & Brøseth, H. (2004). Impact of power lines on bird mortality in a subalpine area. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27(2): 67–77.

BirdLife (2003). *Protecting Birds from Powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects*. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats.

BirdLife (2004). *State of the World's Birds 2004 – Indicators for our changing world*. BirdLife International, Cambridge, UK.

Borcard, D. Legendre, P. & Drapeau, P. (1992). Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, 73: 1045–1055.

Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information–Theoretic Approach*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York.

Cabral, M.J. Almeida, J. Almeida, P.R. Dellinger T. Ferrand de Almeida, N. Oliveira, M.E. Palmeirim, J.M. Queiroz, A.I. Rogado, L. & Santos-Reis, M. (2005). *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Instituto de Conservação da Natureza, Lisboa.

Cordeiro, A.P.A. (2007). *Transferência de Informação numa Ave Colonial, o Peneireiro-das-torres Falco naumanni: Implicações para a Selecção de Habitat*. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica. Documento provisório. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico.

Cornwell, G. & Hoccibaum, H.A. (1971). Collisions with wire-a source of anatid mortality. *The Wilson Bulletin*, 83(3): 305-306.

Corsi, F. De Leeuw, J. & Skidmore, A. (2000). Modelling species distribution with GIS. in: *Research Techniques in Animal Ecology* (eds L. Boitani & T. K. Fuller), pp. 389–434. Columbia University Press, New York, NY.

Costa, L.T. Nunes, M. Geraldés, P. & Costa, H. (2003) Zonas Importantes para as Aves em Portugal. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa.

Cramp, S. & Simmons, K.E.L. (1980). The birds of the Western Palearctic, vol. II. Oxford University Press, Oxford.

Cruz, C.M. (1996). Situação actual da população de abetarda (*Otis tarda* L.) numa zona a sul de Évora. *Ciência e Natureza*, 2: 65-68.

Ecosistema (2007). Linhas de alta tensão Alqueva – Ferreira do Alentejo e Ferreira do Alentejo – Sines 2, a 400kV. Monitorização de impactes na avifauna. Ecosistema. Relatório não publicado.

Emerson, W.O. (1904). Destruction of Birds by Wires. *Condor*, VI: 37-38.

Equipa Atlas, (2008). Atlas das Aves Nidificantes em Portugal. 2008. Instituto da Conservação da natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Assírio & Alvim. Lisboa.

Faria, N. & Rabaça, J.E. (2004). Breeding habitat modelling of the little bustard *Tetrax tetrax* in the site of community importance of Cabrela (Portugal). *Ardeola*, 51(2): 331-343.

Faria, N. (2005). Selecção de habitat no período pós-reprodutor pela Abetarda *Otis tarda* no sul de Portugal. *Airo*, 15: 75-83.

Ferrer, M. & Janss, G.F.E. (Coord.) (1999). *Aves y líneas eléctricas – collision, electrocución y nidificación*. pp 61-88. Quercus. Madrid.

Fielding, A.H. & Bell, J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24: 38-49.

Fonseca, C. (2004). *Factores do habitat que determinam a ocorrência de Abetarda (Otis tarda) durante o Inverno na Zona de Protecção Especial de Mourão/Moura/Barrancos (Portugal)*. Estágio Profissionalizante da Licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais variante Terrestres. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Goriup, P.D. (1994). Little bustard *Tetrax tetrax*. In Tucker, G.M. & Heath, M.F. (Eds.). *Birds in Europe: Their Conservation Status*, pp. 236-237. BirdLife International, Cambridge, UK.

Guisan, A. & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147–186.

Henriques, I. (2003). *Abundância e padrões de distribuição espacial do Sisão (Tetrax tetrax) em Cuba (Alentejo-Portugal)*. Estágio profissionalizante da Licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais variante Terrestres. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Del Hoyo, J. Elliott, A. & Sargatal, J. (eds.) (1996). *Handbook of the Birds of the World* Vol. 3. Hoatzin to Auks. Barcelona: Lynx Edicions.

Hosmer, D. & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.

Infante, S. Neves, J. Ministro, J. & Brandão, R. (2005). *Estudo sobre o Impacto das Linhas Eléctricas de Média e Alta Tensão na Avifauna em Portugal*. Quercus Associação Nacional de Conservação da Natureza e SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Castelo Branco (relatório não publicado).

Janss, G.F.E. & Ferrer, M. (1998). Rate of bird collision with power lines: effects of conductor-marking and static wire-marking. *Journal of Field Ornithology*, 69(1): 8-17.

Janss, G.F.E. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species - specific mortality. *Biological Conservation*, 95: 353 – 359.

De Juana, E. & Martínez, C. (1996). Distribution and Conservation Status of the Little Bustard *Tetrax tetrax* in the Iberian Peninsula. *Ardeola*, 43(2): 157-167.

De Juana, E. & Martínez, C. (1999). *European Union Species Action Plan for Little Bustard (Tetrax tetrax)*. BirdLife International/European Commission, não publicado.

De Juana, E. (2005). Steppe birds: a characterisation. in Bota, G. Morales, M.B. Mañosa, S. & Camprodon, J. (eds.). *Ecology and conservation of steppe-land birds*. Lynx Edicions & Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Barcelona.

Kollar, H.P. (1996). Action Plan for the Great Bustard (*Otis tarda*) in Europe. In: Heredia, B. Rose, L. Painter, M. (Eds.) *Globally Threatened Birds in Europe*, pp. 245-260. Council of Europe Strasbourg, France.

Legendre, P. & Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology*. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam.

Leitão, D. (2007). Projecto LIFE – Conservação do Sisão no Alentejo: Relatório final de actividades. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves. Lisboa. Relatório não publicado.

Malo, J.M. Suárez, F. & Díez, A. (2004). Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 41: 701–710.

Marques, A.T. (2003) *Padrões de actividade diurna da Abetarda (Otis tarda) na região do Campo Branco*. Relatório de Estágio profissionalizante da Licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais – Variante Terrestres. Relatório não publicado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Marques, A.T. Rocha, P. & Silva, J.P. (2007). *Monitorização dos Efeitos da Linha de Muito Alta Tensão Ferreira do Alentejo / Ourique sobre Espécies Prioritárias, Mortalidade e Taxas de Voo*. Instituto para a Conservação da Natureza, Lisboa (relatório não publicado).

Matos, N. (1997). *Avaliação do Impacto de Linhas Eléctricas no Estuário do Tejo*. Relatório de Mestrado em Gestão de Recursos Naturais. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Monteiro, A. & Silva, J.P. (2005). *Seguimento via satélite de 3 juvenis de Águia-real e 2 juvenis de Águia de Bonelli no Norte de Portugal*. Instituto da Conservação da Natureza. Relatório não publicado.

Morales, M. & Martín, C.A. (2002). *Great bustard*. Birds of the Western Palearctic. Update, 4.

Moreira, F. (1999). Relationships between vegetation structure and breeding bird densities in fallows cereal steppes in Castro Verde, Portugal. *Bird Study*, 46: 309-318.

Moreira, F. Morgado, R. & Arthur, S.M. (2004). Great bustard *Otis tarda* habitat selection in relation to agricultural management in southern Portugal. *Wildlife Biology*, 10(4): 251-260.

Moreira, F. Pinto, M.J. Henriques, I. & Marques, A.T. (2005). The importance of low-intensity farming systems for fauna, flora and habitats protected under the European 'Birds' and 'Habitats' Directives: is agriculture essential for preserving biodiversity in the Mediterranean region? in Burk, A.R. (Editor). *Trends in Biodiversity Research*, Nova Science Publishers. Chapter 5, pp: 117-145.

Morgado, R. & Moreira, F. (2000). Seasonal population dynamics, nest site selection, sex-ratio and clutch size of the great bustard *Otis tarda* in two adjacent lekking areas. *Ardeola*, 47(2): 237-246.

Neves, J. Infante, S. & Ministro, J. (2005a). *Estudo sobre o Impacto das Linhas Eléctricas de Muito Alta Tensão na Avifauna em Portugal*. SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves e Quercus Associação Nacional de Conservação da Natureza. Relatório não publicado.

Neves, J.P. Silva, J.P. Infante, S. Azevedo, H. Severina, M. & Figueiredo, A. (2005b). *Critérios para a Implementação de Medidas de Minimização de Impactes das linhas da Rede Nacional de Transporte sobre a Avifauna – Listagem de troços de linhas impactantes ou*

potencialmente impactantes em 2005. Comissão Técnico-Científica do Protocolo REN/ICN. Relatório não publicado.

Neves, J.P. & Infante, S. (2008). Monitorização e minimização dos impactes das linhas eléctricas aéreas de alta e média tensão na avifauna. Relatório Técnico Final, INTERREG FAUNATRANS II – Portugal. SPEA & Quercus, A.N.C.N.

Niemi, G.J. & Hanowski, J.M. (1984). Effects of a transmission line on birds populations in the Red Laje Peatland, Northern Minnesota. *The Auk*, 01: 487-498.

Pinto, M. Rocha, P. & Moreira, F. (2005). Long-term trends in great bustard (*Otis tarda*) populations in Portugal suggest concentration in single high quality area. *Biological Conservation*, 124: 415-423.

Phillips, S.J. (2005). Maxent software for species distribution modelling. <<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>>.

Phillips, S.J. Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, 190: 231–259.

Phillips, S.J. & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175.

Procesl. (2007). *Linha de transporte de energia Alqueva – Fronteira Espanhola, a 400kV. Relatório bianual de monitorização 2005-2006*. Procesl. Relatório não publicado.

R Project. (2007). *R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL.

Real, J. Grande, J.M. Mañosa, S. & Sánchez-Zapata, J.A. (2001). Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* in Spain. *Bird Study*, 48: 221-228.

REN. (2007). *Guia Metodológico para a Avaliação de Impacte Ambiental de Infra-Estruturas da Rede Nacional de Transporte de Electricidade – Linhas Aéreas*. Rede Energética Nacional & Agência Portuguesa do Ambiente.

REN. (2008). www.ren.pt, acedido a 20 de Agosto de 2008.

Rivas-Martinez, S. (1981). Les étages bioclimatiques de la vegetation de la Peninsule Ibérique. *Annales del Jardin Botanico de Madrid*, 37 (2): 251-268.

Rocha, P.A. (1999). *A Interpretação Ecológica de Imagens de Satélite e a Utilização de Sistemas de Informação Geográfica Aplicados à Conservação da Abetarda Otis tarda no Biótopo CORINE de Castro Verde*. Tese de Mestrado em Gestão de Recursos Naturais do Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Rocha, P.A. Silva, J.P. Cruz, C.M. Cruz, C. Cangarato, R. Janeiro, C. Moreira, F. Pedro J. & Delgado, A. (2004). Contagens de Sisão *Tetrax tetrax* no Campo Branco em período não reprodutor. *Airo*, 14: 89-93.

Rocha, P.N.A. (2005). *Estudo de dispersão de juvenis de abetarda Otis tarda em Castro Verde*. Instituto da Conservação da Natureza. Relatório não publicado, referente ao período de Julho de 2003 a Outubro de 2005.

Rocha, P. Marques, A.T. & F. Moreira (2005). Seasonal variation in Great Bustard *Otis tarda* diet in South Portugal with a focus on the animal component. *Ardeola* 52(2), 371-376.

Rocha, PA. (2008). Dinâmica populacional e distribuição da abetarda no Baixo-Alentejo, relação com o uso da terra. Doutoramento em Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Relatório não publicado.

Rosa, G. V. Encarnação, & Candelária, M. (2005). *V Censo Nacional de Cegonha-branca Ciconia ciconia (2004)*. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves e Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa (relatório não publicado).

Rufino, R. (Coord.) (1989). *Atlas das Aves Nidificantes em Portugal Continental*. Serviço Nacional de Parques e Reservas e Conservação da Natureza. Lisboa.

Silva, J.P. (1999). *Seleção de habitat invernal do Sisão (Tetrax tetrax) na ZPE de Campo Maior (Alentejo-Portugal)*. Relatório de Estágio de conclusão de licenciatura. FCUL, Lisboa.

Silva, J.P. Pinto, M. & Palmeirim, J.M. (2004). Managing landscapes for the little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. *Biological Conservation* 117(5): 521-528.

Silva, J.P. & Pinto, M. (2006). *Relatório Final da Acção 2 do Projecto Life Natureza Conservação do Sisão no Alentejo (LIFE02NAT/P/8476): inventariação dos núcleos do Alentejo*. Instituto da Conservação da Natureza. Relatório não publicado.

Silva, J.P. Faria, N. & Catry, T. (2007). Summer habitat selection and abundance of the threatened little bustard in Iberian agricultural landscapes. *Biological Conservation*, 139(1): 186-194.

Silva, J.P. (2008). Sisão – Seguimento de Aves via Satélite. <http://seguimentodeaves.domdigital.pt/sisao/> , acedido a 1 de Setembro de 2008.

Suárez, F. Naveso, M. & De Juana, E. (1997). *Farming in the drylands of Spain: birds of the pseudosteppes*. In: Pain, D. & Pienkowski, M. (Eds.). *Farming and birds in Europe: The Common Agricultural Policy and its Implications for Bird Conservation*. Academic Press, San Diego, pp. 297-330.

Suárez-Seoane, S. Osborne, P.E. & Alonso, J.C. (2002). Large-scale habitat selection by agricultural steppe birds in Spain: identifying species-habitat responses using generalized additive models. *Journal of Applied Ecology*, 39: 755–771.

Schulz, H. (1985). A review of the world status and breeding distribution of the Little Bustard. *Bustard Studies*, 2: 131-152.

IUCN (2004). *A Global Species Assessment, 2004 IUCN Red List of Threatened Species*. The IUCN Species Survival Commission.