



**João Pedro Dâmaso  
Neves**

**Impacto da Rede de Distribuição Eléctrica nas Aves  
Selvagens em Portugal**

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biologia Aplicada, realizada sob a orientação científica do Dr. Carlos Manuel Martins Santos Fonseca, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

## **o júri**

presidente

**Prof. Dr. António José Arsénia Nogueira**

professor associado com agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

**Doutor Ricardo Jorge Lopes**

Investigador de Pós-Doutoramento no Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos da Universidade do Porto

**Prof. Dr. Carlos Manuel Martins Santos Fonseca**

professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

## agradecimentos

O Autor agradece a todos os colaboradores de campo dos projectos Linhas Eléctricas e Aves I e II: Ana Leal, Carlos Pereira, Cláudia Silva, David Borralho, Nuno Martins, Pedro Lourenço, Ricardo Martins, Pedro Rodrigues, Paulo Monteiro, Ricardo Ramalho, Sandra Vieira, Carlos Gameiro, Alice Gama, Marta Cruz, Susana Pereira, Luís Moreno e Pedro Neves;

A todos que contribuíram com informações e dados relevantes para os dois projectos: Domingos Patacho, Pedro Rocha, João Paulo Silva, António Monteiro, Manuela Nunes, Andreia Dias, Miguel Pimenta, membros da CTALEA, técnicos das Áreas de Rede e sobretudo ao João Ministro;

Às Áreas Protegidas do ICNB que forneceram apoio logístico e cederam as suas instalações;

Ao Instituto Português de Arqueologia, nas pessoas do Carlos Pimenta e Marta Garcia, pelo precioso apoio disponibilizado na identificação de inúmeras ossadas de aves;

O Autor agradece de modo especial à EDP-Distribuição, nas pessoas do Rui Bravo, Luís Quintela e Carlos Rochinha, pelo financiamento dos dois projectos que estão na génese desta dissertação e pelo inestimável apoio na formação sobre elementos da rede e partilha de informação;

À Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves que deu a oportunidade para o Autor coordenar os projectos Linhas Eléctricas e Aves I e II;

Ao Samuel Infante, coordenador do projecto em nome da Quercus, pela incedível dedicação aos projectos e pela colaboração partilhada no planeamento e execução da recolha de dados e na avaliação e discussão dos resultados.



**palavras-chave**

colisão, electrocussão, correcção de linhas eléctricas, minimização de impactos.

resumo

A interacção das populações de aves selvagens de Portugal com a rede de distribuição de energia eléctrica foi avaliada entre 2003 e 2008, com o objectivo principal de contribuir para compatibilizar o serviço de fornecimento de energia e a conservação.

Foi realizada uma caracterização global dos impactos da colisão e da electrocussão, tendo em conta as tipologias de linhas, os *habitats* atravessados e a época do ano das amostragens. Foi também feita uma avaliação da eficácia de diferentes equipamentos de minimização da colisão e da electrocussão de aves. No total foram amostrados 1028km de linhas de média e alta tensão.

O valor médio da taxa estimada de mortalidade foi de 2,93 aves por quilómetro e por ano para a colisão e de 0,31 aves por apoio por ano para a electrocussão. Os resultados obtidos e as influências dos parâmetros técnicos e ambientais na mortalidade, são coerentes com os dados referidos na maioria dos estudos publicados. As correcções efectuadas pela Electricidade de Portugal - Distribuição, em troços de linhas em operação, foram responsáveis por uma redução geral da mortalidade entre os períodos antes e depois das intervenções. As medidas excepcionais de minimização aplicadas em linhas novas tiveram também um efeito positivo, quando comparadas com linhas de construção padrão próximas.

A mais valia deste estudo é sobretudo a quantificação da expressão da interacção entre as aves e a rede de distribuição de energia em Portugal. Esta quantificação permite justificar a introdução de novos procedimentos e tecnologias, que se sabe serem menos impactantes e alterar as prioridades do operador para acções de manutenção e substituição de troços de linhas em fim de vida útil. Do ponto de vista do estado português, a quantificação obtida permite tomar decisões mais informadas sobre o condicionamento de construção de linhas em áreas classificadas.

**keywords**

collision, electrocution, correction of power lines, impact mitigation.

**abstract**

The interaction between the wild bird populations and the Portuguese distribution power grid was evaluated between 2003 and 2008. The main objective of this study is to be a contribution to the conciliation of the distribution of electrical energy and the conservation of birds.

It was made a general characterization of the effects of collision and electrocution, considering the types of pylons, the *habitats* where the power lines are developed and the seasons of the year. Additionally it was conducted an evaluation of the success of different equipments to reduce mortality. A total of 1028km of medium and high tension power lines were sampled.

The average value for the estimated mortality rate was 2,93 birds/km/year for collision and 0,31 birds/pylon/year for electrocution. The obtained results and the influence of technical and environmental variables were consistent with most published data. The interventions that Electricidade de Portugal-Distribuição made in operating power lines reduced general mortality between the transects surveyed before and after the corrections. The new lines with exceptional measures for protection of birds also had lower mortality rates than neighboring lines with standard pylon designs.

The novelty of this study is the quantification of the interaction of birds with power lines in a considerable size sample of Portuguese territory. This information justifies the introduction of new procedures and technologies that have proven less impact for birds. It also allows the operator to change priorities of maintenance and replacement of power lines at the end of their service life. In the Portuguese government perspective the obtained data allows more informed decisions about limitations and interdiction of construction of new lines in protected areas.

## Índice

1 – INTRODUÇÃO .....	5
2 - OBJECTIVOS.....	8
3 – ÁREA de ESTUDO.....	9
3.1 - Sítios Prospectados.....	10
3.2. <i>Habitats</i> Estudados.....	10
3.3. Tipologias principais das linhas eléctricas.....	11
3.4. Equipamentos de minimização de impacto.....	15
4 - METODOLOGIAS .....	19
4.1. Prospecção de linhas .....	19
4.2. Monitorização de linhas .....	21
4.3. Transformação de dados.....	21
4.4. Tratamento de dados.....	22
5 - RESULTADOS .....	24
5.1 – Caracterização da situação em Portugal.....	24
5.1.1 Factores de correcção .....	26
5.1.2 Colisão .....	28
5.1.2 Electrocussão.....	32
5.2 - Eficácia das medidas de correcção para linhas Perigosas.....	39
5.2.1 – Avaliação de dados com controlo .....	41
5.2.2 – Avaliação de troços sem uso de controlo .....	42
5.3 Eficácia das medidas de minimização para novas linhas .....	43
6 - DISCUSSÃO .....	45
7 – CONCLUSÕES .....	51
8 - BIBLIOGRAFIA .....	53

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Distribuição dos transeptos de amostragem dentro das diferentes Áreas Classificadas .....	9
<b>Figura 2</b> – Exemplo de aplicação de Anti-pouso do tipo 1, Protector de pinça de amarração, Protector de isolador de travessia e Cabo coberto. ....	17
<b>Figura 3</b> – Apoio de alinhamento em Esteira Horizontal, com exemplos de aplicação de Protector para isoladores rígidos e Protector de condutor. ....	18
<b>Figura 4</b> – Áreas de prospecção ao longo da linha e nas imediações de cada apoio. ....	20
<b>Figura 5</b> – Valores de mortalidade por colisão, normalizada para 100 transeptos, entre as 9 tipologias consideradas. ....	29
<b>Figura 6</b> – Mortalidade por colisão de 6 grupos de espécies em 7 tipologias consideradas na colisão. ....	31
<b>Figura 7</b> – Mortalidade por colisão de 4 grupos de espécies nos 6 tipos de <i>habitat</i> considerados no estudo. ....	32
<b>Figura 8</b> – Mortalidade por electrocussão normalizada em 15 tipos de apoios mais comuns na amostra. ....	35
<b>Figura 9</b> – Mortalidade observada por electrocussão e normalizada para 100 apoios para 3 grupos de espécies. ....	37
<b>Figura 10</b> – Mortalidade por colisão de 3 grupos de espécies nos 6 tipos de <i>habitat</i> considerados no estudo. ....	39
<b>Figura 11</b> – Mortalidade por electrocussão em apoios de Triângulo e nos apoios em Galhardete e por colisão na soma dos troços das duas tipologias, nos troços corrigidos e de controlo, antes e depois das intervenções. ....	42
<b>Figura 12</b> – Mortalidade por colisão entre transeptos de linhas novas com Espirais simples e seus controlos e por electrocussão nos transeptos de linhas novas com Protector de cabo ou com Anti-pouso e os respectivos controlos. ....	44



## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Resumo dos principais <i>habitats</i> considerados para cada uma das 6 classes de ocupação do solo .....	11
<b>Tabela 2</b> - Tipos de apoios de alinhamento mais comuns na Rede de Linhas de Distribuição em Portugal.. .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<b>Tabela 3</b> - Tipos de apoios com funções complexas numa linha de distribuição em Portugal..	14
<b>Tabela 4</b> – Exemplos de medidas de minimização de impacto de colisão e electrocussão avaliados no presente estudo.....	15
<b>Tabela 5</b> – Transeptos de linhas estudados em Áreas Protegidas, ZPEs e IBAs. ....	25
<b>Tabela 6</b> – Resumo dos valores de multiplicação para a mortalidade observada para cada factor de correcção, tendo em conta a fórmula da Taxa de Mortalidade Estimada e a influência de variáveis como a causa de morte, o tamanho corporal das espécies e o <i>habitat</i> dos transeptos.....	27
<b>Tabela 7</b> – Mortalidade estimada por colisão para 9 tipologias consideradas para classificar os transeptos do estudo.....	28
<b>Tabela 8</b> – Diferenças de mortalidade observada por colisão entre épocas do ano na amostra normalizada do estudo. ....	30
<b>Tabela 9</b> – Diferenças de mortalidade observada por colisão entre <i>Habitats</i> na amostra normalizada do estudo. ....	31
<b>Tabela 10</b> – Mortalidade estimada por electrocussão entre tipologias na amostra do estudo..	33
<b>Tabela 11</b> – Resultados da comparação múltipla entre tipologias para rapinas, com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.....	36
<b>Tabela 12</b> – Mortalidade por electrocussão observada entre épocas do ano na amostra normalizada do estudo.....	38
<b>Tabela 13</b> – Diferenças de mortalidade por electrocussão entre <i>Habitats</i> na amostra normalizada do estudo.....	38

<b>Tabela 14</b> - Mortalidade em visitas sistemáticas aos transeptos corrigidos, realizadas em 2006-2008.....	40
<b>Tabela 15</b> - Mortalidade em visitas sistemáticas aos transeptos antes da correcção, realizadas em 2003-2005..	41
<b>Tabela 16</b> - Mortalidade observada no conjunto das quatro visitas trimestrais.....	43

## 1 – INTRODUÇÃO

O modo de vida em países desenvolvidos encontra-se totalmente dependente dos sistemas de transporte e distribuição de energia eléctrica por meio de condutores aéreos. A vasta rede de estruturas de distribuição de energia eléctrica não é indiferente para as populações de aves selvagens, que têm capacidade de a usar como poiso, ponto estratégico de caça, dormitório ou local de nidificação (Bevanger 1998, Lehman *et al.* 1999).

Os efeitos positivos da utilização das estruturas eléctricas são máximos em locais sem alternativas naturais, como árvores altas e estáveis. Parte do sucesso da recente expansão das populações de Cegonha-branca (*Ciconia ciconia*) em Portugal deve-se à nidificação em apoios de muito alta tensão (>110Kv) (Rosa *et al.* 2005). Nas estepes da Mongólia e da Ásia Central as populações de Falcão-sacre (*Falco cherrug*) têm beneficiado de modo determinante de programas de ninhos artificiais em apoios de linhas eléctricas (e.g.:Potapov *et al.* 2002, Dixon *et al.* 2008). Na Hungria estima-se que 43% dos casais desta espécie usem ninhos em apoios de linhas eléctricas (Bagyura *et al.* 2009).

Contudo os benefícios obtidos pelas aves devem ter em conta os riscos associados à mortalidade por electrocussão ou por colisão e que são conhecidos há várias décadas (e.g.: Renssen *et al.* 1975, Beaulaurier 1981, Bevanger 1994) e as implicações ao nível da manutenção e conservação dos elementos das redes de energia. Ainda no caso da Cegonha-branca em Portugal, as implicações para a qualidade de serviço das redes de distribuição de energia eléctrica (>1Kv e <110Kv) forçaram a EDP-distribuição a alterar a política de colocação de plataformas para ninhos em apoios em operação. Neste trabalho considera-se que o impacto das linhas de distribuição eléctrica nas populações de aves têm uma componente negativa que supera em larga medida os benefícios para as aves, quer em número de espécies envolvidas, quer em número de indivíduos afectados.

A electrocussão tem lugar quando uma ave estabelece contacto entre dois elementos condutores, a potenciais diferentes, permitindo a circulação de uma corrente eléctrica através do seu corpo (e.g.: Haas 1980, Orlendorff *et al.* 1981, Negro 1987). Na maior parte dos casos a electrocussão é fatal. A passagem de corrente pode originar-se através do contacto com dois condutores aéreos ou entre um condutor e um outro qualquer elemento ligado a terra (por exemplo uma trave de metal no topo de um apoio). Este é um problema que ocorre quase em exclusivo em linhas de distribuição de energia (baixa, média e alta tensão), devido às curtas distâncias entre elementos em tensão e o neutro (terra) e afecta aves que pousam regularmente em apoios (e.g.: Cegonhas, Rapinas e Corvídeos).

A colisão resulta do embate das aves com os condutores aéreos e os cabos de terra ou cabos de guarda de linhas de média e alta tensão e também das linhas de muito alta tensão, que constituem a rede de transporte de energia eléctrica. (e.g.: Scott *et al.* 1972, Heijnis 1980). Todas as espécies podem colidir com os elementos das linhas eléctricas, mas as características específicas de algumas espécies, como a fraca agilidade de voo e o comportamento gregário tornam alguns grupos de aves mais sensíveis (e.g.: Aves Estepárias e Aves Aquáticas) (Rayner

1988, Alonso & Alonso 1999). A probabilidade de colisão é particularmente grave em locais onde se concentram grandes quantidades de aves (Scott *et al* 1972).

Um outro impacto negativo das linhas eléctricas com cabos aéreos é o efeito de fragmentação de *habitats* abertos, que tem uma quantificação complexa e nem sempre clara. Espera-se que o recente uso de estudos de longa duração com marcação de indivíduos com localizadores via satélite, possa dar respostas decisivas sobre a situação.

O fenómeno da mortalidade de aves em linhas eléctricas tem sido estudado à escala internacional e tem motivado numerosos esforços com vista à sua minimização (e.g.: Orlandorff *et al* 1981, Morkill & Anderson 1991, Alonso *et al* 1994, Brown & Drewien 1995, Negro & Ferrer 1995, Janss & Ferrer 1998). Nestas iniciativas estão envolvidas quer as companhias eléctricas, quer as associações conservacionistas. As avaliações realizadas sobre este fenómeno comprovaram que uma parte significativa de linhas provoca mortalidades regulares. Alguns troços contribuíram mesmo para a regressão de diversas espécies ameaçadas, como a Águia-imperial (*Aquila adalberti*) em Espanha (Ferrer *et al.* 1991), a Águia-calva (*Haliaeetus leucocephalus*) nos EUA (Franson *et al.*1995), o Cisne-bravo (*Cygnus cygnus*) e o Cisne-mudo (*Cygnus olor*) na Suécia (Mathiasson 1999) ou a Águia de Bonelli (*Hieraaetus fasciatus*) também em Espanha (Mañosa 2001).

Tradicionalmente a electrocussão é estudada em linhas de média e alta tensão (Rede de Distribuição) enquanto a colisão é estudada preferencialmente em linhas de muito alta tensão (Rede de Transporte). A electrocussão não ocorre nas linhas de baixa tensão modernas, com os cabos condutores revestidos de material isolante e entrançados. Este entrançado torna as poucas linhas de baixa tensão que não são enterradas relativamente visíveis para as aves, o que também limita muito a colisão. A divisão dos estudos de colisão e electrocussão por linhas de diferentes classes de tensão é promovida em certa medida por interesse comercial. A electrocussão é mais fácil de prever e mais eficaz de minimizar do que a colisão (Bevanger 1994) pelo que o seu estudo é privilegiado em linhas da Rede de Distribuição pelas empresas promotoras. A colisão e a sua minimização são o impacto principal em linhas da Rede de Transporte e o seu estudo é motivo frequente de programas de monitorização obrigatórios.

Em Portugal esta problemática começou a ser estudada com algum atraso em relação à maior parte dos países europeus. O trabalho publicado há mais tempo baseia-se num estudo de Matos (1997) na Reserva Natural do Estuário do Tejo, a que se seguiram outras iniciativas de âmbito local em áreas protegidas, nomeadamente no Parque Natural do Vale do Guadiana (Rocha 1999) e no Parque Natural do Douro Internacional (Monteiro 1999).

Uma vez que não são necessários processos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) para a construção de linhas de distribuição (média e alta tensão), não havia fontes de informação regulares ou sistemáticas sobre a electrocussão e a colisão na Rede de Distribuição. Só a partir de 2000 começou a ser necessário um parecer do Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB) em todas as linhas de distribuição construídas em Áreas Protegidas (AP) e Zonas de Protecção Especiais (ZPE).

Em 2003 foi assinado o Protocolo Avifauna I, entre a EDP-Distribuição, o ICNB, a Quercus e a Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA), para a primeira caracterização nacional da situação do impacto das linhas de distribuição na avifauna. A EDP-Distribuição financiou o estudo e forneceu informação sobre a localização e distribuição da rede de linhas de média e alta tensão. Este parceiro foi também responsável pela formação inicial sobre as características técnicas da rede. O ICNB garantiu apoio logístico para a realização do trabalho de campo e completou a informação sobre a distribuição e densidade de espécies mais sensíveis aos impactos de colisão e electrocussão. As duas Organizações Não Governamentais de Ambiente (ONGA) realizaram os trabalhos de campo de recolha de dados, baseados em unidades de amostra de 2km. Entre 2003 e 2005 foram recolhidos dados válidos em 822km de linhas eléctricas.

Em 2004-2005, na sequência de uma boa colaboração entre os parceiros de protocolo, foram corrigidos transeptos de algumas linhas consideradas perigosas para as aves. Na mesma altura verificou-se um aumento na construção de linhas com medidas de minimização excepcionais dentro de Áreas Protegidas, em resultado dos pareceres favoráveis condicionados do ICNB. Os mesmos parceiros do primeiro protocolo promoveram a continuação da prospecção de novas linhas perigosas e a monitorização da eficácia das medidas de minimização no Protocolo Avifauna II, com início em 2006. Entre 2006 e 2008 foram recolhidos dados válidos em 206km de linhas nunca antes prospectadas.

O autor da presente dissertação de mestrado foi o responsável da SPEA pelo planeamento, execução e apresentação dos resultados nos Protocolos Avifauna I e II. O trabalho de campo foi assegurado directamente pelo autor em cerca de 50% da área de estudo, ao longo dos 6 anos de duração dos dois projectos. No final de cada projecto foram produzidos relatórios técnicos independentes, elaborados pelo autor em colaboração com o seu homologa da outra ONGA parceira do protocolo, a Quercus. Até à presente data não tinha havido oportunidade para analisar em conjunto a totalidade dos dados recolhidos nos dois projectos consecutivos e não resultou qualquer publicação de carácter académico. Deste modo aproveitou-se a oportunidade para fazer uma nova abordagem do tratamento de dados e avaliar-se, pela primeira vez, os efeitos das características da rede de distribuição e dos factores ambientais, em grupos particulares de espécies de aves.

Nesta dissertação consideram-se apenas os principais impactos negativos da interacção da rede de distribuição com as populações de aves (Colisão e Electrocussão) e assume-se que os dados recolhidos dentro de áreas classificadas (mais de 1000km), podem ser extrapoladas para todo o território nacional. Cerca de metade das linhas amostradas atravessam *habitat* comum fora das áreas classificadas (Mosaico Agro Florestal) e encontravam-se próximas de edifícios ou estradas. A densidade de espécies de aves comuns (75% das espécies afectadas) não é muito diferente dentro e fora das áreas classificadas. Por fim, a razão entre a extensão da Rede de Distribuição em áreas classificadas e a área total destes espaços classificados será aproximadamente metade da razão encontrada para o total do território nacional.

## 2 - OBJECTIVOS

A tese de mestrado aqui apresentada representa um esforço para sistematizar os dados recolhidos entre 2003 e 2008 e tornar as conclusões obtidas mais acessíveis à comunidade científica, aos operadores da rede de distribuição de energia eléctrica e ao público em geral, incluindo as várias ONGA's. Em última análise o estudo apresentado dedica-se apenas à mortalidade em linhas de média e alta tensão, visando contribuir para compatibilizar a rede eléctrica de distribuição e a conservação das aves no nosso país. Para atingir esse objectivo principal foram definidos os seguintes objectivos específicos:

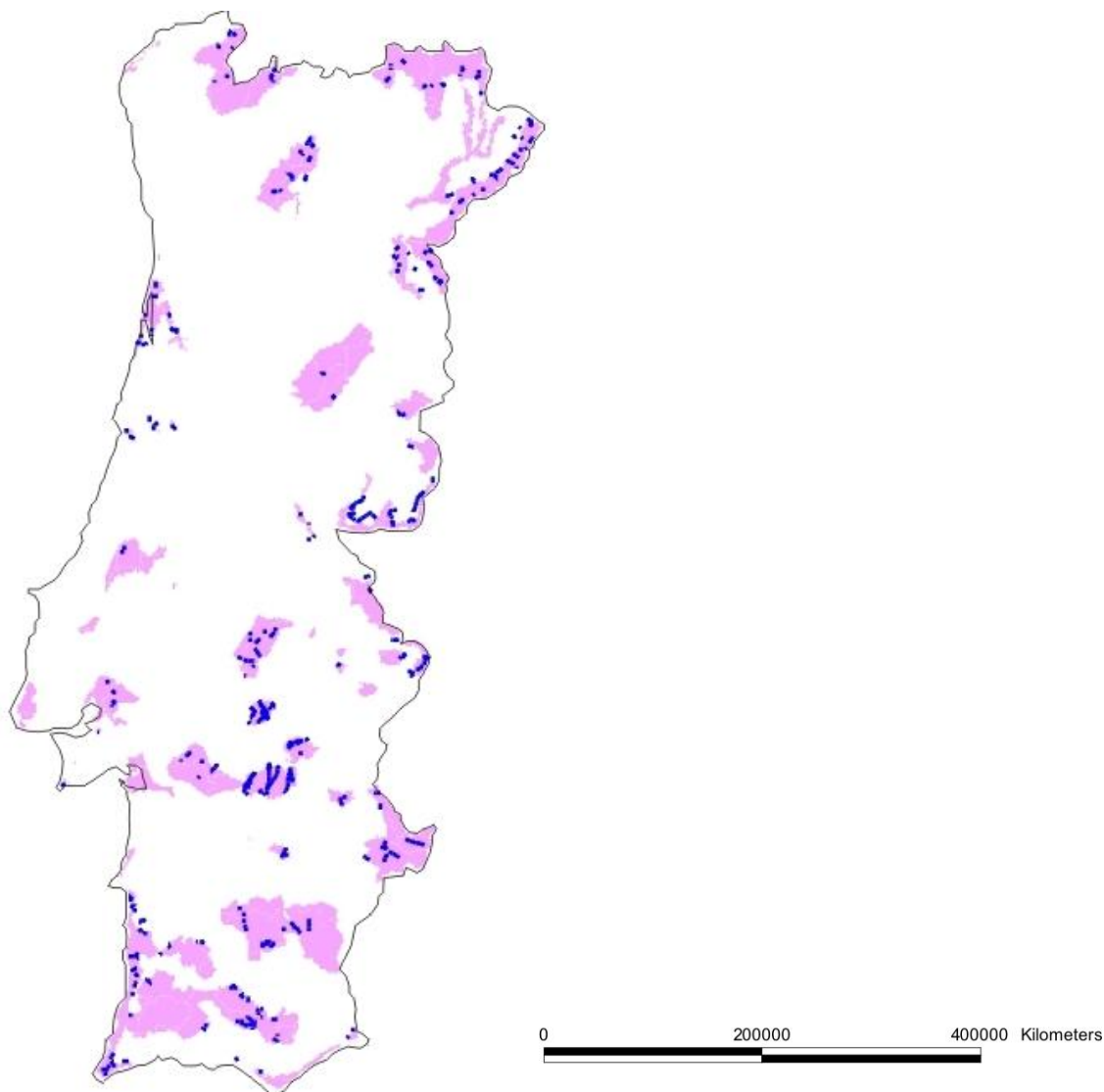
a) Identificação dos tipos de linhas e tipos de apoios com maior probabilidade de causarem acidentes de electrocussão e colisão;

b) Avaliação da influência das variáveis ambientais época do ano e *habitat* atravessado, nas taxas de mortalidade por colisão e electrocussão;

c) Avaliação da eficácia das medidas de minimização da electrocussão e da colisão implementadas no território nacional de modo regular ou com carácter experimental;

### 3 – ÁREA de ESTUDO

A soma total das áreas de amostragem, Áreas Protegidas, ZPE's e Áreas Importantes para Aves (IBA's do Inglês: *Important Bird Areas*), corresponde a cerca de 1 409 365 ha, o que equivale a 22% da superfície territorial nacional (Figura 1). Esta área reúne os locais mais importantes para a avifauna do nosso país, suportando mais de 90% da população nacional de 21 espécies do Anexo I da Directiva Aves (Costa *et al* 2003). A malha urbana é mais reduzida nestas áreas classificadas, pelo que a rede de distribuição de energia que as atravessa tem uma extensão inferior à média nacional. Estas características permitiram que os transeptos selecionados para o estudo sofressem menos perturbação pela proximidade de povoações, tivessem alguma uniformidade de *habitat*, apresentassem efeitos independentes da vizinhança de linhas com tipologias diferentes e tivessem a presença de uma grande variedade e densidade de espécies de aves.



**Figura 1** - Distribuição dos transeptos de amostragem (Azul Escuro) dentro das diferentes Áreas Classificadas (Azul Claro).

### 3.1 - Sítios Prospectados

Foram prospectados transeptos de linhas de distribuição com a extensão de 2km em 42 áreas classificadas. A apresentação e discussão de resultados efectuada nos relatórios finais dos Protocolos Avifauna I e II, foi feita por área para permitir uma avaliação local da colisão e electrocussão. Essa divisão constituiu um auxiliar importante para os técnicos do ICNB, encarregues da elaboração de pareceres sobre a construção de novas linhas. Em termos metodológicos, esta separação por áreas foi apenas útil na selecção de troços de controlo para a monitorização da eficácia das medidas de minimização dos impactos.

A extensão total de linhas de distribuição nestas áreas foi estimada em cerca de 7000 km, de acordo com os dados do Cadastro de Rede Eléctrica do IT-GEO (<http://www.igeo.pt>) e com a base de dados em SIG fornecida pela EDP-Distribuição. A área com maior rede de linhas de distribuição (243km), é o Parque Natural da Serra da Estrela que é igualmente a maior área classificada em Portugal (Costa *et al* 2003). As áreas classificadas de pequenas dimensões, como os Paúis do Baixo Mondego, têm menos de 4km de linhas de média tensão dentro dos seus limites.

A selecção e prospecção de 461 transeptos de 2km permitiu que se amostrasse cerca de 20% da rede de distribuição de energia na maior parte das áreas classificadas. Em alguns casos foram seleccionados transeptos que se encontravam parcialmente fora dos limites das áreas de amostragem, sobrevalorizando a representatividade efectiva da prospecção. As insuficiências de representatividade de algumas áreas que se verificou no período de estudo entre 2003 e 2005 foram parcialmente corrigidas no período de amostragem que decorreu de 2006 a 2008.

### 3.2. Habitats Estudados

Foram consideradas 6 classes de ocupação do solo distintas, para cada transecto de linha seleccionado (Tabela 1). A classificação das classes de solo correspondeu mais à estrutura geral dos *habitats*, tendo sido secundarizada a composição específica da vegetação. As classes identificadas pretenderam ser representativas do todo nacional, com uma distribuição geográfica conhecida e bem delimitada. Cada transecto foi considerado como representante de uma determinada classe de ocupação de solo, sempre que esta ocupava pelo menos 80% do total do percurso de 2 km.

A classe “Zona Húmida Costeira” representa zonas húmidas junto à costa, com pouca vegetação e estrutura geral muito aberta. Nas zonas húmidas prospectadas no interior (“Zona Húmida Interior”) o coberto vegetal associado era sempre mais denso, quer seja na forma de galerias ripícolas ou vegetação palustre bem desenvolvida. A classe “Matos” corresponde a zonas de serra ou a áreas de cultivo e pastoreio abandonadas, onde domina a vegetação de porte arbustivo. A classe “Estepe” designa um conjunto de *habitats* diversos, desde os cultivos de cereal até às pastagens activas de gado. Corresponde a um tipo de estrutura de vegetação muito aberto, onde predominam as espécies de porte herbáceo. Os vários *habitats* onde predomina uma



vegetação de porte arbóreo, numa densidade superior a 50% de ocupação de solo, foram incluídos na classe "Floresta". As plantações intensivas de Pinheiro-bravo ou Eucalipto estão ao mesmo nível que os Montados extensivos nesta classe. A classe "Mosaico Agro-Florestal" é a mais indefinida, apresentando inúmeras combinações de terras de cultivo com áreas florestais mais ou menos abertas e de distribuição inferior a 50% da área total atravessada por um transepto.

**Tabela 1** – Resumo dos principais *habitats* considerados para cada uma das 6 classes de ocupação do solo

<b>Classe de Vegetação</b>	<b>Habitats</b>
Estepe	Prados cerealíferos ou em pousio, pastagens naturais e semi-naturais
Matos	Zona ocupadas por vegetação esclerófila de reduzido porte
Mosaico Agro-florestal	Zonas mistas com espaços agrícolas e florestais
Florestal	Áreas ocupadas por floresta (cobertura superior a 50%), inclui formações autóctones como carvalhais e plantações artificiais como pinhais
Zonas húmidas costeiras	Estuários, rias, lagoas costeiras, arrozais costeiros e salinas
Zonas húmidas interiores	Rios e ribeiras interiores, barragens, açudes

### 3.3. Tipologias principais das linhas eléctricas

A rede de linhas eléctricas é dividida em duas redes com características diferentes, que no caso de Portugal são exploradas por duas empresas separadas. A Rede de Transporte de energia eléctrica é explorada pela REN, SA e liga os centros produtores de energia aos centros de consumo. Os apoios, em treliça metálica que atingem mais de 50m de altura, suportam cabos condutores com tensões de 110Kv, 220Kv ou 400kv. A Rede de Distribuição é explorada pela EDP-Distribuição e liga as sub-estações aos locais de consumo final.

A maioria da rede de distribuição de energia eléctrica é constituída por linhas aéreas suportadas por apoios de betão armado ou ferro com alturas geralmente inferiores a 20m. As linhas de distribuição possuem tensões que variam entre 1Kv e 45Kv e apresentam dimensões, desenho de apoios e escalonamento de apoios (distância dos vãos entre 2 apoios) de acordo com a sua tensão. A classificação das linhas de distribuição pela tensão presente nos seus cabos condutores resulta em 3 grandes grupos: as linhas de alta tensão (60Kv); as linhas de média tensão (15Kv, 20Kv e 30kv) e as linhas de baixa tensão (inferiores a 1Kv).

A electrocussão e a colisão ocorrem quase em exclusivo nas linhas de alta e média tensão que possuem 3 cabos condutores metálicos nus. As linhas de baixa tensão, que estão associadas

frequentemente à iluminação pública, possuem as fases revestidas por material isolante e estão entrançadas num único cabo. Dentro das localidades a maior parte da rede de baixa tensão encontra-se enterrada. A electrocussão nestas linhas não ocorre uma vez que não existem cabos nus em tensão e a colisão é muito pouco frequente porque o entrançado de cabos isolados é muito conspícuo. Por este motivo não foram prospectadas linhas de baixa tensão para o presente estudo.

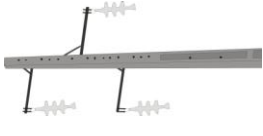
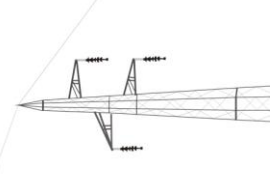


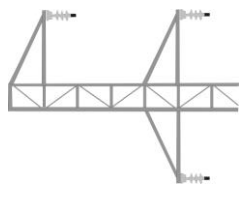
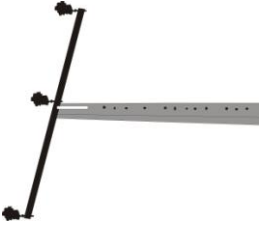
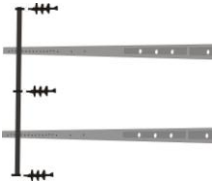
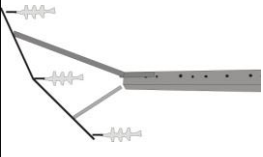
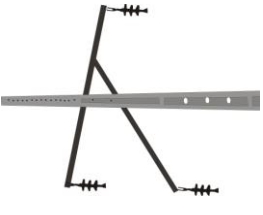
O tipo de desenho de apoio numa linha de alta ou média tensão é determinado pelo esforço mecânico necessário para suportar os cabos condutores e pela função de cada apoio na distribuição de energia. Desenhos mais robustos são usados quando a orografia é mais acidentada ou quando é necessário um intervalo grande entre apoios. Alguns tipos de desenhos foram desenvolvidos mais recentemente, por vezes já reflectindo preocupações com a minimização da electrocussão. Esses novos desenhos de apoio foram introduzidos de forma não sistemática na rede de distribuição. Até há poucos anos as delegações regionais da EDP-Distribuição (Áreas de Rede) possuíam autonomia sobre a decisão dos tipos de desenhos a aplicar numa nova linha. Essa autonomia local e a introdução pontual de desenhos de apoios mais modernos, criou uma grande heterogeneidade na rede de distribuição.

Neste estudo foram identificados 8 grandes grupos de desenhos de apoio, o Galhardete, o Triângulo, o Meia N ou Penca, o Pórtico, a Abóbada ou Nappe-Voute, a Esteira vertical, a Esteira Horizontal e a Canadiana. O Galhardete apresenta características distintas caso seja utilizado em linhas de média tensão ou de alta tensão, pelo que na prática foram considerados 9 grupos de tipos de apoios (Tabela 2).

Numa linha eléctrica o primeiro apoio tem funções de corte mecânico do serviço, quer para situações de manutenção, quer para casos de emergência. Esse primeiro apoio é designado seccionador (vide Tabela 3) e o mecanismo de corte (accionado por uma alavanca na base do apoio) é geralmente colocado na posição horizontal no topo do apoio. No final da linha existe um outro tipo de poste, designado Posto de Transformação (PT), onde a tensão é convertida em baixa tensão e os cabos condutores passam a ser isolados, entrançados e frequentemente enterrados (vide Tabela 3). Os mecanismos de transformação de tensão situam-se em posição vertical na metade superior do apoio.

Entre o seccionador e o PT existem os apoios normais da linha com a função de manterem os cabos condutores elevados. São esses apoios que pertencem a uma das 9 grandes classes de desenho de apoios já referidas (Tabela 2). Cada um destes tipos de apoios subdivide-se em três apoios com funções específicas. Os mais comuns são os apoios de alinhamento, com a função de manterem os cabos no ar, à semelhança de um varão no estendal de roupa. A um segundo tipo pertencem os apoios de amarre, que fixam os cabos condutores, à semelhança da fixação de um estendal de roupa à parede. A frequência dos apoios de amarre numa linha depende do comprimento máximo dos cabos condutores que estão disponíveis no mercado. Sempre que termina um cabo condutor e começa outro é necessário amarrar as duas pontas a um apoio de amarre.

**Tabela 2** - Tipos de apoios de alinhamento mais comuns na Rede de Linhas de Distribuição em Portugal. Apresenta-se o esquema de 9 apoios e identifica-se o nome comum, a tensão suportada, o tipo mais comum de isoladores e o número de níveis de cabos numa perspectiva vertical.

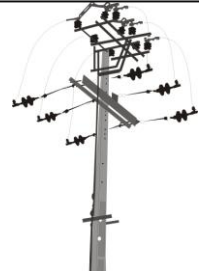
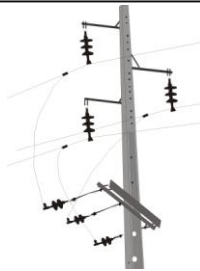

Nove grandes tipos de apoio de alinhamento					
Esquema	Identificação	Esquema	Identificação	Esquema	Identificação
	Galhardete Média tensão Isoladores suspensos 3 níveis de cabos numa distribuição vertical		Galhardete Alta Alta tensão Isoladores suspensos 4 níveis de cabos numa distribuição vertical		Esteira Vertical Média tensão Isoladores suspensos 3 níveis de cabos numa distribuição vertical
	Triângulo Média tensão Isoladores rígidos 2 níveis de cabos		Meia N Média tensão Isoladores suspensos 2 níveis de cabos numa distribuição vertical		Esteira Horizontal Média tensão Isoladores suspensos 1 nível de cabos numa distribuição vertical
	Pórtico Média tensão Isoladores suspensos 1 nível de cabos numa distribuição vertical		Abobada Média tensão Isoladores suspensos 1 nível de cabos numa distribuição vertical		Canadiana Média tensão Isoladores suspensos 2 níveis de cabos numa distribuição vertical

O terceiro tipo de apoio tem as funções de ramificar uma linha (vide Tabela 3). Esse apoio designado de derivação pode ter as funções base de alinhamento ou amarre, mas possui uma ou mais travessas extra de onde parte uma ou mais ramificações da linha principal.

Todos os apoios possuem isoladores, peças de cerâmica ou vidro, que suportam os cabos condutores e impedem a ligação a terra através do apoio. Esses isoladores podem ser de dois tipos principais, peças rígidas colocadas em geral na vertical na parte superior das travessas ou peças articuladas em cadeias e suspensas na parte inferior das travessas dos apoios. Cada tipo dos 9 desenhos base de apoio está associado a um dos tipos de isoladores, mas há excepções pontuais. Na amostragem realizada identificaram-se pelo menos 41 tipos distintos de tipologias de apoios individuais, que resultam das combinações tecnicamente viáveis. No entanto foram agrupados em apenas 32 tipologias para a avaliação das taxas de mortalidade por electrocussão, onde a unidade de amostragem é o apoio.

Para a avaliação da taxa de colisão, em que a unidade de amostragem foi cada transepto de 2km, foram realizadas comparações múltiplas com base nos 9 tipos de apoios de alinhamento mais comuns. Ou seja os tipos de apoios mais comuns de cada transepto determinaram a classificação de todo o transepto quanto ao parâmetro "Tipologia". O tipo de apoios é o factor mais determinante nas características da linha que afectam mais a colisão, nomeadamente o número de níveis de colisão (disposição na vertical dos três cabos condutores) e a distância médias entre apoios.


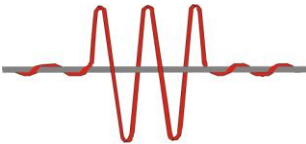
**Tabela 3** - Tipos de apoios com funções complexas numa linha de distribuição em Portugal. Apresenta-se o esquema de 3 apoios e identifica-se o nome comum, a tensão suportada e a posição num troço de linha eléctrica.

Apoios com funções particulares			
Esquema	Identificação	Esquema	Identificação
	Seccionador Horizontal Média tensão Localizado no início de uma linha eléctrica.		Apoio com derivação (ex. para Galhardete) Média tensão Travessa de amarre para ramificação.
	Poste de Transformação Média tensão Localizado no final de uma linha eléctrica.		








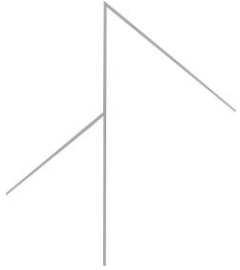
### 3.4. Equipamentos de minimização de impacto

A minimização dos impactos de colisão e electrocussão deve ser feita em primeiro lugar com um planeamento cuidado da localização das linhas, que evite o atravessamento de áreas de concentração de aves e locais de elevada actividade nos domínios vitais de espécies territoriais. Quando não é possível evitar completamente áreas importantes para espécies sensíveis à colisão e electrocussão, devem ser usados desenhos de armações seguras (*Tree-wire* ou *Spacer-cable*). Este procedimento reduz de modo definitivo a ocorrência de acidentes. No entanto podem ser aplicados equipamentos específicos após a construção ou durante a construção com desenhos de apoio tradicionais, que reduzam quer a colisão quer a electrocussão (Tabelas 4 e 5). Estes equipamentos devem ser encarados como soluções temporárias que podem perder a eficácia sob o efeito das condições meteorológicas e têm de ser objecto de manutenção após alguns anos e substituição após 15-20 anos de exposição. Algumas das linhas prospectadas em 2003-2005 foram corrigidas com esses equipamentos o mesmo acontecendo com várias linhas novas construídas em áreas protegidas. Uma parte dessas linhas foi monitorizada no âmbito do presente estudo. Na Tabela 4 apresentam-se os equipamentos usados para a colisão e a electrocussão.

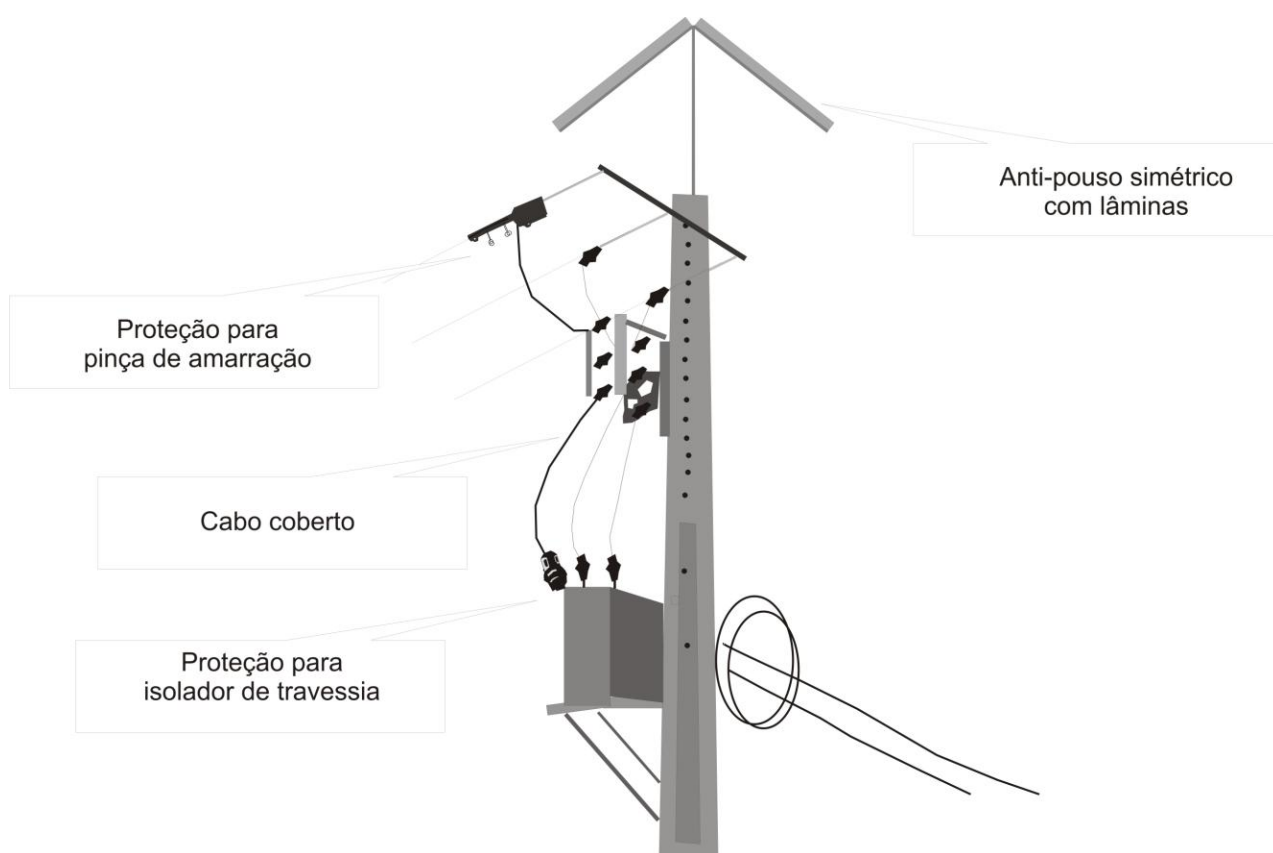
**Tabela 4** – Exemplos de medidas de minimização de impacto de colisão avaliados no presente estudo. Apresenta-se o esquema de 2 equipamentos anti-colisão e indica-se o nome-comum, a função e a posição nas linhas eléctricas.

Equipamentos anti-colisão			
Esquema	Identificação	Esquema	Identificação
	<p><b>Espiral de sinalização simples</b></p> <p>Aumenta visibilidade dos cabos</p> <p>Colocada em cabos condutores de fase a menos de 15m de intervalo e de forma alternada entre as três fases.</p>		<p><b>Espiral de sinalização dupla</b></p> <p>Aumenta visibilidade dos cabos</p> <p>Colocada em cabos condutores de fase a menos de 60m de intervalo e de forma alternada entre as três fases.</p>

**Tabela 5** – Exemplos de medidas de minimização de impacto de electrocussão avaliados no presente estudo. Apresenta-se o esquema de 6 equipamentos anti-electrocussão e 2 estruturas dissuasoras de pouso, indica-se o nome-comum, a função e a posição nas linhas eléctricas.

Equipamento anti-electrocussão			
Esquema	Identificação	Esquema	Identificação
	<p><b>Cabo coberto</b></p> <p>Cabo revestido a PVC que isola a alma de alumínio aço</p> <p>Colocado em arcos e outros cabos nus na armação dos apoios.</p>		<p><b>Protector de condutor</b></p> <p>Isola os condutores de fase nus.</p> <p>Colocado nos condutores de fase nus a seguir aos isoladores ou outros tipos de protector.</p>
	<p><b>Cobertura rígida de protecção do condutor</b></p> <p>Isola os condutores de fase nus.</p> <p>Colocado nos condutores de fase nus entre isoladores.</p>		<p><b>Protector de pinça de amarração</b></p> <p>Isola os condutores de fase nus e as pinças de cadeias de amarre.</p> <p>Colocado nos condutores de fase nus, cobrindo as pinças das cadeias.</p>
	<p><b>Protector para isolador de travessia</b></p> <p>Isola as ligações a isoladores rígidos.</p> <p>Colocado nos isoladores de travessia e isoladores rígidos.</p>		<p><b>Protector para isoladores rígidos</b></p> <p>Isola os condutores de fase nus e os isoladores rígidos.</p> <p>Colocado nos condutores de fase nus, cobrindo o topo dos isoladores rígidos.</p>
	<p><b>Dispositivo anti-pouso (modelo 1 e 2)</b></p> <p>Impede o pouso e nidificação no topo dos apoios.</p> <p>Colocado no topo de todos os tipos de apoios.</p>		<p><b>Dispositivo anti-pouso (modelo 3)</b></p> <p>Impede o pouso e nidificação no topo dos apoios</p> <p>Colocado no topo dos apoios de Galhardete de alinhamento e amarre.</p>

Na Figura 2 apresentam-se alguns exemplos da aplicação de equipamentos de minimização de impactos. O Posto de Transformação da figura tem um dispositivo anti-pouso do modelo 2 no topo do poste, apresenta um exemplo de Protector de pinça de amarração numa das fases e um Protector de isolador de travessia no transformador. O cabo de fase com o Protector de pinça de amarração tem um Cabo coberto a fazer o arco de ligação.



**Figura 2** – Exemplo de aplicação de Anti-pouso do tipo 1, Protector de pinça de amarração, Protector de isolador de travessia e Cabo coberto. O apoio é um Posto de Transformação num final de linha.

Na Figura 3, um apoio de alinhamento em Esteira Horizontal, apresentam-se dois Protectores para isoladores rígidos em duas fases. O cabo condutor de fase na esquerda da imagem tem um Protector de condutor que aumenta a extensão de condutor isolado. A colocação desse Protector de condutor é opcional e é utilizado em áreas com presença de

rapinas de grande envergadura, que podiam sofrer electrocussão se o apoio só tivesse o Protector para isoladores rígidos.

Entre as linhas com equipamentos de minimização estudadas neste estudo incluem-se linhas em Galhardete de média tensão com Anti-pouso modelo 3 e com Espirais simples (8cm de diâmetro) colocadas de 9m em 9m em cada fase, linhas em Galhardete de alta tensão com Anti-pouso modelo 3 e com Espirais duplas (30 cm de diâmetro) colocadas de 30m em 30m em cada fase, linhas de Esteira Horizontal de média tensão com Protector para isolador rígido e com Espirais duplas (30 cm de diâmetro) colocadas de 30m em 30m em cada fase, linhas de Triângulo de média tensão com Protector para isolador rígido, com Anti-pouso modelo 3 e com Espirais simples (8 cm de diâmetro) colocadas de 9m em 9m em cada fase, linhas em Pórtico de alta tensão com Espirais duplas (30 cm de diâmetro) colocadas de 30m em 30m em cada fase e linhas de Galhardete de média apenas com Anti-pouso modelo 3.



**Figura 3** – Apoio de alinhamento em Esteira Horizontal, com exemplos de aplicação de Protector para isoladores rígidos (2) e Protector de condutor (condutor de fase mais à esquerda).



## 4 - METODOLOGIAS

### 4.1. Prospecção de linhas

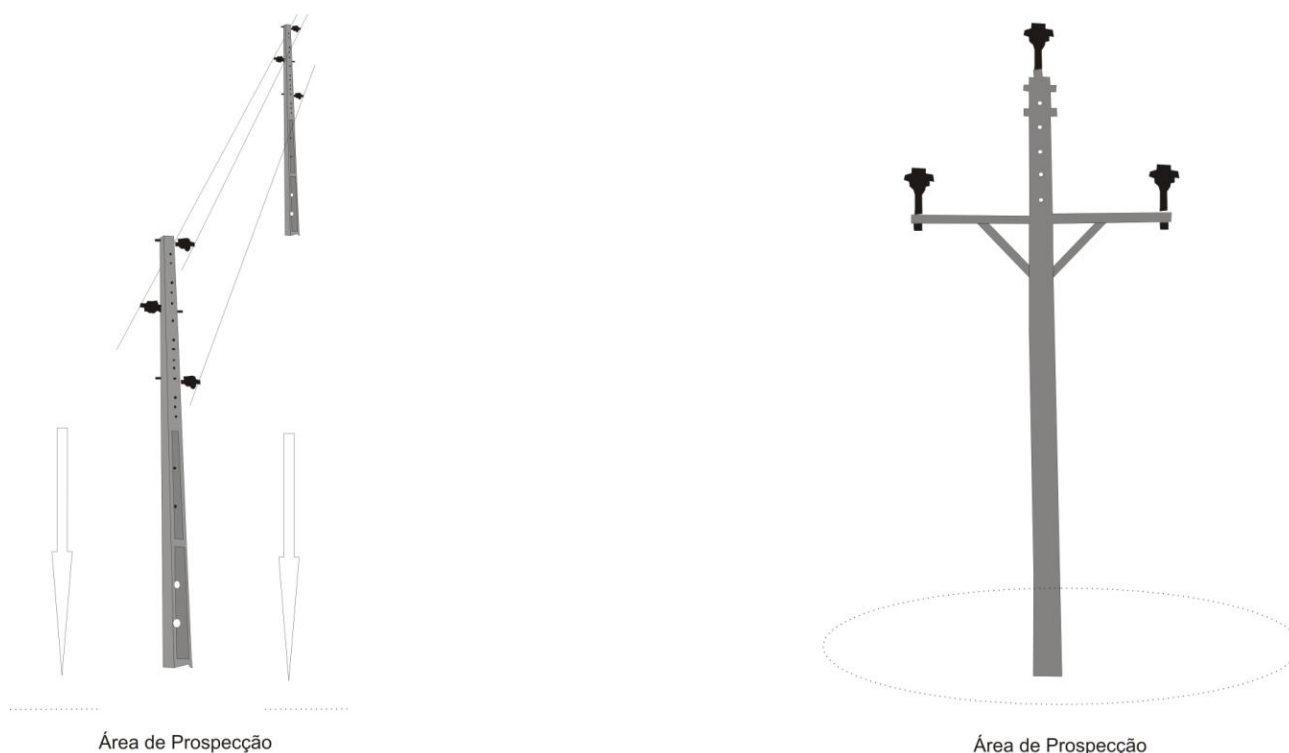
O impacto da colisão e da electrocussão nas linhas de distribuição, em linhas corrigidas e em linhas construídas com medidas de minimização excepcionais foi avaliado através da recolha de dados em 514 transeptos. Para o efeito foram efectuadas prospecções de aves mortas nessa amostra de 1028km de linhas eléctricas de média e alta tensão, uma vez que a observação directa de acidentes raramente constitui uma alternativa eficiente para o estudo desta problemática (Bevanger 1999). A taxa de mortalidade por colisão foi expressa em n.º de aves mortas por quilómetro e por ano. A mortalidade por electrocussão foi expressa em número de aves mortas por apoio e por ano

O método base de prospecção consistiu em percorrer, a pé, transeptos predefinidos de linhas eléctricas, procurando localizar e contabilizar cadáveres de aves, uma metodologia clássica estabelecida há cerca de 40 anos (e.g.: Scott *et al.* 1972, Rensen *et al.* 1975). A detecção de cadáveres ou dos seus restos foi realizada por dois observadores avançando paralelamente de cada lado da linha. Os observadores prospectaram o solo ou a vegetação rasteira, num raio de 10 m em redor de cada apoio. Durante as deslocações entre apoios, efectuou-se o percurso a cerca de 10m do eixo central da linha, quando o relevo e a vegetação o permitiram (Figura 4).

Entre as espécies de aves mortas por colisão foram considerados 12 grupos distintos para análise estatística. Os grupos são identificados por "Galliformes" (Perdiz *Alectoris rufa* e Codorniz *Coturnix coturnix*), "Estepárias" (Abetarda *Otis tarda* e Sisão *Tetrax tetrax*), "Aquáticas" (Ardeídeos, Anatídeos e a maior parte das Limícolas e Gaivotas), "Pombos" (Columbiformes), "Passeriformes residentes" (todos os Passeriformes com excepção dos Corvídeos), "Passeriformes migradores" (Passeriformes Estivais ou Invernantes), "Corvídeos" (todos os Corvídeos), "Rapinas Diurnas", "Rapinas Nocturnas", "Cegonha-branca (*Ciconia ciconia*)", "Invernantes" (Abibe *Vanellus vanellus* e Tarambola-dourada *Pluvialis apricaria*) e "Outras" (todas as espécies que não se incluem nos grupos anteriores). Os factores que determinaram esta separação incluem a taxonomia, o tamanho corporal e o comportamento, que influenciam a probabilidade de colisão (Bevanger 1998, Janss 2000).

Entre as espécies de aves mortas por electrocussão foram considerados 8 grupos distintos para análise estatística. Este número é inferior aos grupos considerados para a colisão, uma vez que a electrocussão afecta muito menos espécies (Janss & Ferrer 1999). Os grupos foram identificados por "Pombos" (Columbiformes), "Corvídeos" (todos os Corvídeos), "Rapinas pequenas" (Rapinas com envergadura igual ou inferior a Peneireiro-comum *Falco tinnunculus*), "Rapinas médias" (Rapinas com envergadura igual ou inferior a Milhafre-real *Milvus milvus*), "Rapinas grandes" (Rapinas com envergadura igual ou superior à Águia de Bonelli *Hieraaetus fasciatus*), "Cegonha-branca", "Estorninhos (*Sturnus unicolor*)" e "Outras" (todas as espécies que não se incluem nos grupos anteriores). Os factores que determinaram esta

separação incluem a taxonomia, a envergadura e a utilização regular de apoios, que influenciam a probabilidade de electrocussão (Orlendorff 1981, Bevanger 1998).



**Figura 4** – Áreas de prospecção ao longo da linha e nas imediações de cada apoio. Entre cada vão os observadores deslocam-se a 10m do eixo da linha (à esquerda). Em cada apoio os vestígios são prospectados num raio de 10m com eixo no apoio (à direita).

Todos os cadáveres ou seus restos foram identificados individualmente (sempre que possível até à espécie) e determinou-se a causa de morte e data aproximada da morte. A determinação da data de morte foi feita dentro de um de quatro intervalos de tempo: “1-2 dias” - a ave não apresenta sinais de decomposição; “1 semana” – são visíveis larvas de insecto em desenvolvimento; “1 mês” – porção considerável de tecido ósseo exposto; “Mais de 1 mês” – praticamente só tecido ósseo e sem actividade de larvas de insecto. A data da morte ajudou a definir um dos factores de correcção para a estimativa de mortalidade (ver ponto 4.3 – Transformação de Dados) e permitiu validar a classificação para o parâmetro “Época” de cada registo de mortalidade. A causa de morte foi definida como electrocussão ou colisão, de acordo com lesões de tecidos identificados nos cadáveres ou indícios indirectos (ex. posição do cadáver em relação aos elementos da linha, envergadura da espécie ou tipo de linha). Em alguns casos apenas a necrópsia e avaliação *post mortem* puderam dar respostas definitivas sobre a causa da morte. Estes exames foram efectuados pelo veterinário Dr. Ricardo Brandão, em Castelo Branco (CERAS), para avaliar sistematicamente todas as lesões dos animais recolhidos e estabelecer os necessários diagnósticos diferenciais com outras causas de mortalidade.

Para cada transecto foram descritas as características da própria linha estudada (Tipologia de apoios) e do *habitat* atravessado (principal ocupação do solo identificadas no ponto 3.2.– *Habitats* Estudados). Cada transecto estudado foi visitado pelo menos uma vez em quatro períodos diferentes do ciclo anual de vida das aves: Invernada (Dezembro-Janeiro), Reprodução (Março-Abril), Dispersão de Juvenis (Maio-Julho) e Migração (Setembro-Outubro).

#### **4.2. Monitorização de linhas**

A avaliação da eficácia das correcções realizadas em algumas linhas foi efectuada em 2006-2008 e implicou a selecção de transectos de controlo, para cada transecto de linha corrigida em estudo. Esses transectos de controlo tinham a mesma tipologia, eram situados na mesma área classificada e atravessavam o mesmo tipo de *habitat*. Assim foi possível avaliar, independentemente, a eficácia das correcções efectuadas em transectos de Galhardete e em transectos de Triângulo. Todos os transectos de controlo seleccionados para o estudo tinham já sido prospectados em 2003/2005.

Para monitorizar a eficácia das medidas de minimização aplicadas em linhas novas, construídas após parecer do ICNB, também foram seleccionados transectos de controlo. Procurou-se seleccionar um transecto de controlo para cada transecto de linha com parecer do ICNB. A extensão dos transectos de linhas novas e dos seus controlos foi de apenas 1km, em vez dos 2km usados nos restantes transectos deste estudo. A maioria das linhas novas construídas em áreas classificadas cobre pequenas distâncias e optou-se por esta unidade de um quilómetro para maximizar a cobertura da avaliação.

Entre as linhas novas com medidas de minimização foram monitorizados 5km em tipologia Galhardete com dispositivos de sinalização dos cabos condutores do tipo Fitas em vez de Espirais simples). A eficácia desse tipo pouco comum de sinalização, usado no Parque Natural do Vale do Guadiana, foi comparada com 3 “tratamentos” de controlo (5km em linhas em Triângulo, 5km em linhas em Galhardete e 5km de linhas em Abobada).

#### **4.3. Transformação de dados**

Os valores de mortalidade absoluta são expressos em número de indivíduos por unidade de amostragem e por ano. O número de indivíduos usado para determinar a taxa de mortalidade real ou estimada é o número estimado de aves que efectivamente morreram na área de estudo. A transformação de dados observados para dados estimados foi realizada através da aplicação de vários factores de correcção (e.g. Scott *et al.* 1972, Heijnis 1980, Bevanger *et al.* 1994). Deste modo é possível uma comparação directa dos resultados deste estudo com os resultados obtidos na maioria dos trabalhos publicados. Para o presente estudo foram determinados 4 factores de correcção: a percentagem de aves que não morreu dentro da área de prospecção depois do acidente com a linha; a percentagem de cada troço onde foi possível prospectar cadáveres; a percentagem de cadáveres removidos por necrófagos e a

percentagem de aves mortas não descobertas pelos observadores. Todos os factores, excepto o primeiro, foram calculados com dados próprios. Para o efeito foram realizados testes com cadáveres de aves domésticas e testes de avaliação das diferenças inter-individuais dos colaboradores do trabalho de campo. O valor do factor de correcção para as aves que colidem com a linha e não morrem na área de estudo é uma suposição qualificada com base na bibliografia.

A Taxa de Mortalidade Estimada (TME) foi calculada com a fórmula seguinte, em que TMO é a Taxa de Mortalidade Observada, MAP é a percentagem de aves que Não Morre na Área Prospectada, TPE é a percentagem do Troço Prospectada Eficazmente, RPN são as aves Removidas Por Necrófagos e NEO é a percentagem de aves que Não é Encontrada pelos Observadores:

$$TME = TMO \times 1 / (TPE \times (1 - MAP) \times (1 - NEO) \times (1 - RPN))$$

A comparação da mortalidade entre diferentes tipologias e a influência dos parâmetros época e *habitat* nessa comparação, necessitou de uma normalização dos dados. O total de aves mortas para cada classe de *habitat* e para cada classe de época, dentro de cada tipologia, foi multiplicado por 100 e dividido pelo n do respectivo tratamento. Com esta normalização passamos a ter um único valor por tratamento, reduzindo a diferença nos tamanhos de amostras a comparar. Estes dados normalizados não são apresentados directamente em tabelas e serviram apenas para as comparações múltiplas e para a elaboração de gráficos que ilustram diferenças significativas.

Para a avaliação da eficácia das medidas de minimização de impactes usaram-se os dados de mortalidade observada, sem qualquer transformação.

#### 4.4. Tratamento de dados

As comparações de amostras múltiplas para a tipologia considerada na colisão e para a tipologia considerada na electrocussão foram feitas com testes de análise de variância não paramétricos (Kruskal-Wallis), usando o programa Minitab 15<sup>®</sup>. As comparações múltiplas *a posteriori* foram calculadas sem o uso de software específico, recorrendo à metodologia e tabelas de valores críticos apresentados em Zar (1998).

As diferenças de mortalidade entre as tipologias, as épocas do ano e os *habitats* atravessados pelas linhas, foram determinadas para o número total de indivíduos, mas também para diferentes grupos de espécies. Os grupos de espécies são diferentes para as análises da mortalidade por colisão e por electrocussão e foram agrupados de acordo com a taxonomia, características morfológicas e hábitos de uso espacial e temporal o território.

Para a eficácia das correcções em linhas antigas seguiu-se um modelo com controlos, antes e depois das intervenções, que permitiu avaliar se o efeito das correcções se destaca da

variabilidade espacial e temporal natural da mortalidade. A análise de variâncias foi feita com uma Anova bifactorial em que se usou os parâmetros Controlo e Ano. Também se usou um modelo sem controlos, analisando as diferenças de mortalidade entre linhas corrigidas antes e depois das intervenções com um Teste t de Student emparelhado.

A análise geral da eficácia das medidas consideradas nos pareceres do ICNB foi realizada com emparelhamento das linhas com medidas de minimização com transeptos de controlo (teste t de Student para amostras emparelhadas). Foram efectuados três comparações distintas, a primeira avaliou a mortalidade por colisão nas linhas com medidas de sinalização (Espirais Simples ou Fitas), a segunda avaliou a mortalidade por electrocussão em linhas com Protectores de condutores e a terceira avaliou a mortalidade por electrocussão em linhas com Anti-pouso do modelo 3 nos apoios.

## 5 - RESULTADOS

### 5.1 – Caracterização da situação em Portugal

Os registos de mortalidade observada são apresentados na sua forma mais simples na Tabela 5. No período de estudo foram visitados 922km de linhas de distribuição, em 42 áreas classificadas e foram encontrados 1032 cadáveres de aves, cuja causa de morte foi atribuída a colisão (533) ou a electrocussão (499). A média nacional de mortalidade observada é de 0,58 aves por quilómetro por ano para a colisão e de 0,08 aves por apoio por ano para a electrocussão.

As áreas classificadas (APs, ZPEs e IBAs) com maior número de amostras foram a IBA das Planícies de Évora (PT025), a ZPE de Castro Verde (PT029), o Parque Natural do Tejo Internacional (Decreto Regulamentar n.º 9/2000 de 18 de Agosto) e o Parque Natural do Douro Internacional (Decreto Regulamentar n.º 8/98 de 11 de Maio). Estas áreas com quase 40% da amostra total possuem uma rede de linhas distribuição extensa e em *habitats* de prospecção acessível.

Os resultados de colisão foram superiores a 1 ave observada por quilómetro por ano em 7 áreas amostradas, entre as quais 4 áreas húmidas (Parque Natural da Ria Formosa - Decreto Regulamentar n.º 373/87 de 9 de Dezembro, Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e de Vila Real de Santo António - Decreto Regulamentar n.º 162/75 de 27 de Março, IBA do Estuário do Mondego - PT039, e a Reserva Natural do Estuário do Tejo - Decreto Regulamentar n.º 565/76 de 19 de Julho) e 3 áreas com extensões importantes de planícies cerealíferas (IBA de Cuba - PT026, IBA de Alter do Chão - PT017 e IBA das Planícies de Évora). Para estas áreas, os resultados de mortalidade observada são aproximadamente o dobro da média obtida a nível nacional.

Os resultados de electrocussão foram superiores a 0,2 aves observadas por apoio por ano em 6 áreas. Entre estas áreas, com resultados de mortalidade observada duas vezes superior à média nacional, encontram-se duas Zonas Húmidas (Parque Natural da Ria Formosa e Reserva Natural do Estuário do Tejo), três áreas com planícies cerealíferas (IBA da Planície de Monforte – PT018, IBA de Arraiolos - PT0044 e ZPE de Castro Verde – PTZPE0046; Decreto Regulamentar n.º 384-B/99 de 23 de Setembro) e uma área de Matos (Parque Natural da Serra de Aire e Candieiros - Decreto Regulamentar n.º 118/79 de 4 de Maio).

**Tabela 6** – Transeptos de linhas estudados em Áreas Protegidas, ZPEs e IBAs. Indica-se a extensão total amostrada, a mortalidade observada e a taxa de mortalidade observada.

Área	Extensão Km	Mortalidade (n.º indivíduos)		Mortalidade observada (unidade/ano)	
		Colisão	Electrocussão	Colisão	Electrocussão
IBA do Alvão e Marão	32	10	1	0,31	0,005
IBA Arraiolos	34	29	73	0,85	0,269
IBA Cabo Espichel	2	0	0	0,00	0,000
ZPE Serra do Caldeirão	34	15	8	0,44	0,042
ZPE de Campo Maior	16	1	9	0,06	0,094
RN Castro Marim	8	11	3	1,38	0,125
ZPE Castro Verde	92	75	90	0,82	0,191
PNS C. Vicentina	42	39	16	0,93	0,062
IBA de Cuba	6	7	2	1,17	0,043
PN Douro Internacional	72	28	27	0,39	0,049
ZPE Foz Côa	22	5	2	0,23	0,013
PN da P Gerês	24	1	9	0,04	0,052
PNV Guadiana	44	15	31	0,34	0,122
IBA Cabeção	38	29	5	0,75	0,019
IBA Cabrela	16	4	1	0,26	0,009
IBA Caia	6	2	0	0,33	0,000
IBA Planícies de Évora	102	112	40	1,10	0,070
IBA Vila Fernando	4	1	2	0,25	0,051
IBA Mondego	8	11	1	1,38	0,024
PN Montesinho	30	6	8	0,20	0,032
ZPE Moura, Mourão	40	28	20	0,70	0,071
Pauis do Baixo Mondego	12	5	5	0,42	0,078
IBA Penha Garcia	18	0	2	0,00	0,016
PNSAC	8	2	12	0,25	0,300
PNSE	14	2	11	0,14	0,106
PNSSM	14	5	4	0,36	0,065
PNTI	82	31	33	0,38	0,087
IBA Reguengos	6	4	7	0,67	0,175
ZPE Ria Aveiro	36	12	8	0,33	0,035
PN Ria Formosa	2	5	6	2,50	0,393
RNET	20	22	36	1,10	0,289
RNSM	8	3	7	0,38	0,100
ZPE Rios Sabor	4	0	0	0,00	0,000
IBA V. V. de Rodão	6	3	5	0,50	0,104

**Tabela 6 (cont)** – Transeptos de linhas estudados em Áreas Protegidas, ZPEs e IBAs. Indica-se a extensão total amostrada, a mortalidade observada e a taxa de mortalidade observada.

Área	Extensão Km	Mortalidade (n.º indivíduos)		Mortalidade observada (unidade/ano)	
		Colisão	Electrocussão	Colisão	Electrocussão
IBA Luzianes	4	2	1	0,50	0,032
ZPE Serra Monchique	8	3	2	0,38	0,034
IBA Alter	4	4	1	1,00	0,063
IBA da Planície Monforte	4	1	11	0,25	0,314
Total	922	533	499		

### 5.1.1 Factores de correcção

#### Percentagem que Morre na Área Prospectada

A percentagem de aves que colide com a linha, não tem morte imediata e consegue sair da área de prospecção pode variar entre 25% e 77% segundo a bibliografia consultada (Meyer 1978, James & Haak 1979, Rensen *et al.* 1975, Bevanger 1995). Esses dados foram obtidos com vários métodos, desde observações directas de colisão, uso de cães pisteiros e dados pontuais de aves com emissores de rádio. Neste estudo adoptou-se um valor por convenção de 50% (factor 0,5), a exemplo de outros trabalhos (e.g: Janss & Ferrer 2000). No caso da electrocussão não foi encontrado um valor na bibliografia consultada, pelo que se determinou um valor próprio para este estudo (factor 0,05). A determinação do valor teve como base a observação 10 vezes mais aves vivas após colidirem com elementos das linhas do que após sofrerem electrocussão.

De acordo com a fórmula para a Taxa de Mortalidade Estimada, o número observado de aves mortas por colisão deve ser multiplicada por  $1/(1-0,5)$  e o número observado de aves mortas por colisão deve ser multiplicado por  $1/(1-0,05)$  (Tabela 6).

#### Percentagem do Troço Prospectada Eficazmente

As causas mais comuns para que um transecto não fosse percorrido e prospectado na sua totalidade foram a existência de linhas de água, cercados com animais ou sebes de vegetação densa. Para os diferentes *habitats* registaram-se médias diferentes de extensão prospectada, com 97% em áreas de Estepe (factor 0,97), 91% para Mosaico Agro-florestal, Floresta e Z. H. Interior (factor 0,91) e apenas 85% para Matos e Z. H. Costeira (factor 0,85). O factor de correcção prediz o número de cadáveres presentes na extensão não prospectada, a partir do número de aves recolhido na extensão efectivamente visitada (e.g.: Beaulaurier 1981).

De acordo com a fórmula para a Taxa de Mortalidade Estimada, o número observado de aves em Estepe deve ser multiplicado por  $1/(0,97)$ , o número observado de aves em



Mosaico Agro-florestal, Floresta e Z. H. Interior deve ser multiplicado por  $1/(0,97)$  e o número observado de aves em Matos e Z. H. Costeira deve ser multiplicado por  $1/(0,85)$  (Tabela 6).

#### Aves Removidas Por Necrófagos

Foi usado um total de 400 pintos em troços de todos os *habitats* e em todas as zonas de estudo, para determinar os tempos de remoção das carcaças por necrófagos e predadores (e.g.: Longridge 1986). Verificou-se que 55% dos pintos colocados a 400m de distância entre eles foram removidos após uma semana de exposição (factor 0,55). A exposição de cadáveres no terreno (diferença entre a data estimada de morte e a data da recolha dos cadáveres) foi mais do dobro para aves selvagens de médio e grande porte do que para aves selvagens com tamanho equivalente a pintos. Por esse motivo o factor de correcção para aves de tamanho médio e grande foi estabelecido como 0,24.

O número de aves pequenas registadas nas prospecções deve ser multiplicado por 2,22 ( $1/(1-0,55)$ ) e o de aves médias e grandes por 1,32 ( $1/(1-0,24)$ ), para obter uma estimativa mais real dos acidentes verificados (Tabela 6).

#### Percentagem de aves que Não é Encontrada pelos Observadores

Os colaboradores dos trabalhos de prospecção entre 2003 e 2005 participaram em 3 testes de prospecção de pintos e pontos de penas colocados previamente em transectos de diferentes *habitats* (e.g.: Hugie *et al.*1993). Foram usados cadáveres de aves selvagens armazenados no CERAS (Castelo Branco), cadáveres de pintos e pontos de penas com origem nos cadáveres de aves selvagens. A média de insucesso na descoberta de indícios artificiais não variou significativamente entre observadores ou *habitats* e determinou-se um valor médio de 36% (factor 0,36). O número de aves registadas nas prospecções deve ser multiplicado por 1,56 ( $1/(1-0,36)$ ) para obter uma estimativa mais real dos acidentes verificados (Tabela 6).

**Tabela 7** – Resumo dos valores de multiplicação para a mortalidade observada por factor de correcção, tendo em conta a fórmula da Taxa de Mortalidade Estimada e a influência de variáveis como a causa de morte, o tamanho corporal das espécies e o *habitat* dos transectos.

Factor de Correcção	Variáveis	Factor de multiplicação
Percentagem que Morre na Área Prospectada	Colisão	2
	Electrocussão	1,05
Percentagem do Troço Prospectada Eficazmente	Prospecção fácil	1,02
	Prospecção média	1,09
	Prospecção difícil	1,15
Aves Removidas Por Necrófagos	Ave pequena	2,22
	Ave grande	1,32
Percentagem de aves que Não é Encontrada	Todas as Aves	1,56

### 5.1.2 Colisão

A aplicação de factores de correcção permite uma estimativa de 2700 aves mortas por colisão na amostra de 461 troços, o que representa uma Taxa de Mortalidade Estimada para Portugal de  $2,93 \pm 0,18$  aves mortas por km e por ano. Entre as espécies de aves mortas por colisão foram considerados 12 grupos distintos para análise estatística.

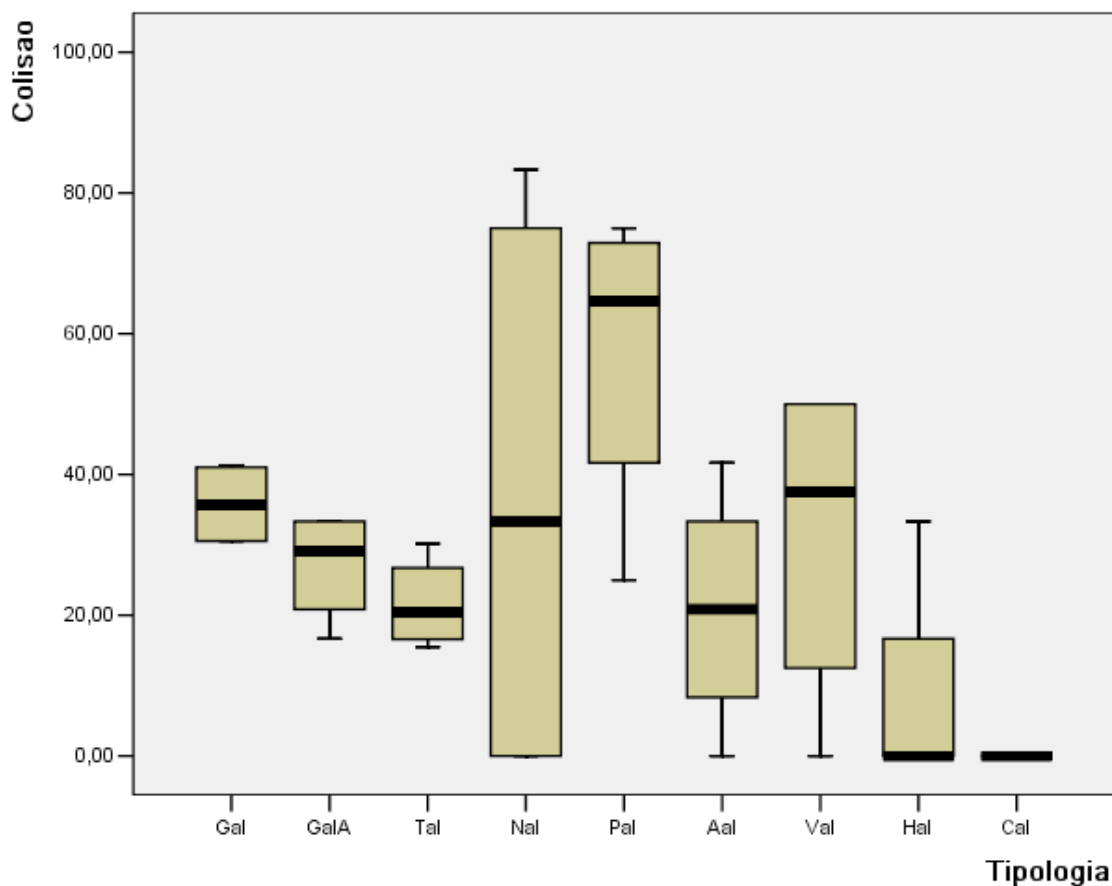
Na Tabela 7 estão indicados os valores de mortalidade estimada para os 9 grandes grupos de transeptos, organizados pela tipologia mais comum dos seus apoios de alinhamento (vide Tabela 2). A tipologia que apresentou maiores valores de mortalidade a nível nacional foi o Pórtico ( $5,39 \pm 1,02$  aves/km/ano). A “Meia N” ( $4,39 \pm 2,11$  aves/km/ano) apresenta o segundo valor de mortalidade, mas a sua amostra é bastante pequena. As tipologias de Galhardete de média tensão ( $3,47 \pm 0,33$  aves/km/ano) e de alta tensão ( $3,17 \pm 0,92$  aves/km/ano) e a Esteira Vertical ( $3,30 \pm 1,73$  aves/km/ano) obtiveram valores semelhantes entre si e acima da média nacional. As tipologias de Triângulo ( $2,32 \pm 0,22$  aves/km/ano), de Abóbada ( $1,89 \pm 0,71$  aves/km/ano) e Esteira Horizontal ( $1,26 \pm 1,26$  aves/km/ano) apresentam resultados abaixo da média nacional de colisão. Por fim, o único troço de tipologia Canadiana que foi amostrado não registou qualquer mortalidade. Mais de 80% da amostra total é composta por transeptos de duas tipologias de apoios, o Triângulo com isoladores rígidos (50%) e Galhardete de média tensão com isoladores suspensos (36%).

**Tabela 8** – Mortalidade estimada por colisão para 9 tipologias consideradas para classificar os transeptos do estudo. A mortalidade é apresentada em aves por quilómetro por ano e indica-se o erro padrão (SE).

Tipologia de alinhamento	n (transeptos)	Mortalidade Estimada	SE
Galhardete de média tensão	167	3,47	0,33
Galhardete de alta tensão	12	3,17	0,92
Triângulo	232	2,32	0,22
Meia N	6	4,39	2,11
Pórtico	24	5,39	1,02
Abóbada	12	1,89	0,71
Esteira Vertical	4	3,30	1,73
Esteira Horizontal	3	1,26	1,26
Canadiana	1	0,00	0,00
Total	461	2,93	0,18

Para comparar os resultados de mortalidade por colisão observada entre as 9 tipologias, os dados foram agrupados pela época e normalizados para 100 transeptos (Figura

5). A comparação múltipla não paramétrica de Kruskal-wallis não aponta diferenças significativas entre as 9 tipologias (Kruskal-wallis:  $H=15,54$ ;  $df=8$ ;  $P=0,053$ ).



**Figura 5** – Valores de mortalidade por colisão, normalizada para 100 transeptos, entre as 9 tipologias consideradas. (Gal – Galhardete de média tensão; GalA – Galhardete de alta tensão; Tal – Triângulo; Nat – Meia N; Pal – Pórtico; Aal – Abóbada; Val - Esteira Vertical; Hal – Esteira Horizontal e Cal – Canadiana). Indica-se a Mediana, o intervalo interquartil e a barra de erro corresponde ao intervalo do desvio padrão (SD).

Os resultados de mortalidade observada apontam para maiores mortalidades na Migração e no Inverno, relativamente à época de reprodução (Primavera) e época de dispersão de juvenis (Verão) (Tabela 8). A diferença na mortalidade normalizada entre épocas do ano não é significativa (Kruskal-wallis:  $H=6,88$ ;  $df=3$ ;  $P=0,076$ ), mas foi investigado se influenciava os resultados da comparação de mortalidade entre tipologias. Com efeito, o teste não paramétrico de Friedman para a mortalidade entre tipologias, considerando o factor Época em bloco, indica que há diferenças significativas entre os 9 grupos de tipologias (Friedman:  $S=16,42$ ;  $df=8$ ;  $P=0,037$ ). O teste *a posteriori* de Nemenyi separa claramente a mortalidade nos

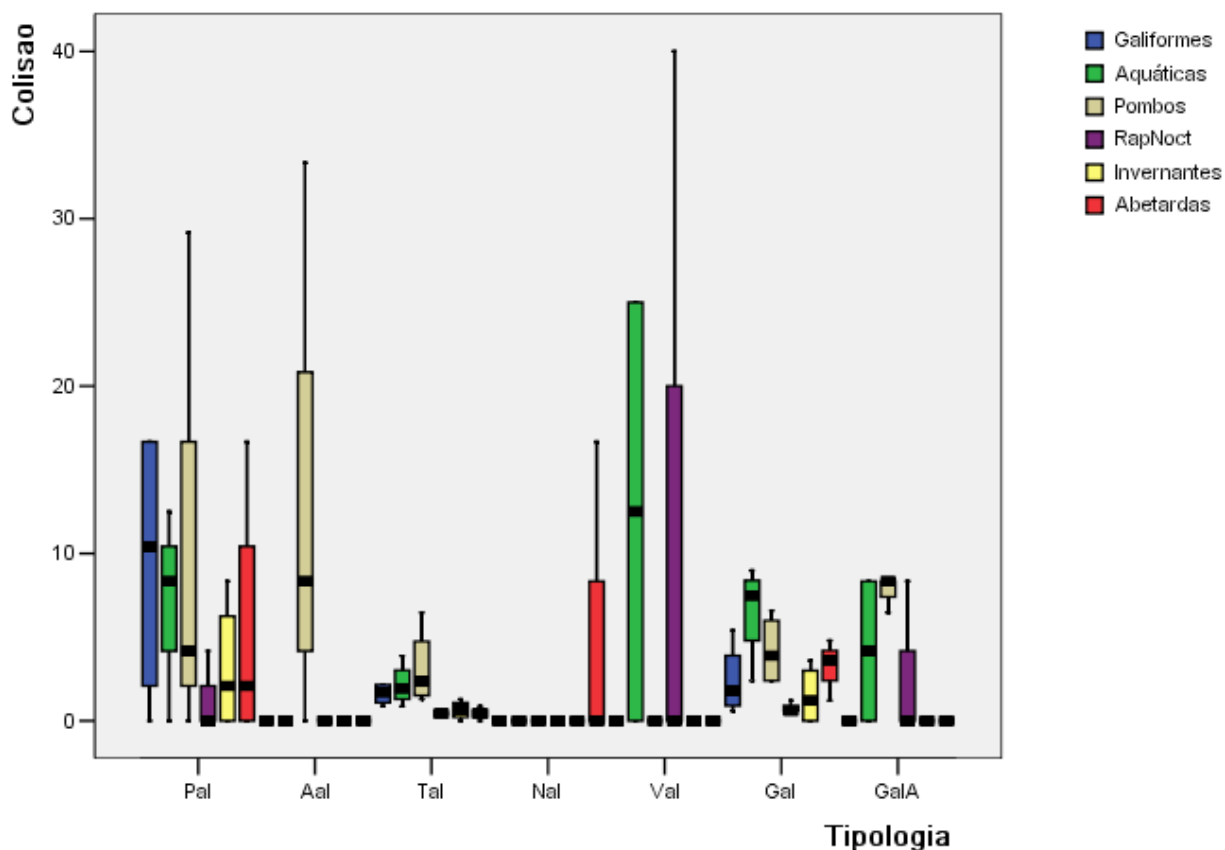
troços de Pórtico da mortalidade registada em Abóbada, Esteira Horizontal e Canadiana. O teste não encontra diferenças significativas entre a tipologia Pórtico e as restantes tipologias, incluindo as mais comuns como o Galhardete e o Triângulo.

As diferentes tipologias de apoio obtiveram taxas de mortalidade diferentes para a maioria dos grupos de espécies consideradas (testes não paramétricos de Kruskal-Wallis). A exceção foi o grupo “Passeriformes Residentes”, para os quais não existem diferenças de mortalidade entre as tipologias. Os testes *a posteriori* (Nemenyi) não conseguiram separar os tipos de apoios por probabilidade de colisão, no entanto os Pórticos apresentam maior número de colisões em vários grupos de espécies (vide Figura 4). De um modo geral todos os grupos de espécies representados possuem valores de mortalidade consideráveis na tipologia de Pórtico, cuja distribuição é limitada à ZPE de Castro Verde, à IBA da Planície de Évora e à IBA de Cabeção.

**Tabela 9** – Diferenças de mortalidade observada por colisão entre épocas do ano na amostra normalizada do estudo. A mortalidade é dada em aves por 100 apoios por época e indica-se o erro padrão (SE).

Época	n (100 transeptos)	Mortalidade Normalizada	SE
Migração	9	36,74	8,02
Inverno	9	37,76	9,37
Reprodução	9	16,23	4,48
Dispersão de Juvenis	9	15,81	7,26

Os grupos de espécies com maiores diferenças de colisão para as diferentes tipologias são apresentados na Figura 6. Os tipos de apoios na Figura 6 estão ordenados segundo o número de níveis de colisão das armações, ou seja o número de níveis de cabos se considerarmos uma distribuição espacial vertical (vide Tabela 2). Se não fosse considerada a mortalidade provocada pela tipologia Pórtico (1 nível de cabos na vertical) poderia observar-se uma correlação positiva entre o número de cabos na vertical e a taxa de mortalidade dos 6 grupos de espécies. Alguns tipos de armações foram importantes na mortalidade de poucos grupos de espécies, nomeadamente a tipologia Abóbada e os Columbiformes ou a Meia N e as aves estepárias. A tipologia de Esteira Vertical, encontrada apenas na ZPE da Ria de Aveiro, foi particularmente importante na mortalidade de Aves aquáticas e Rapinas Nocturnas.



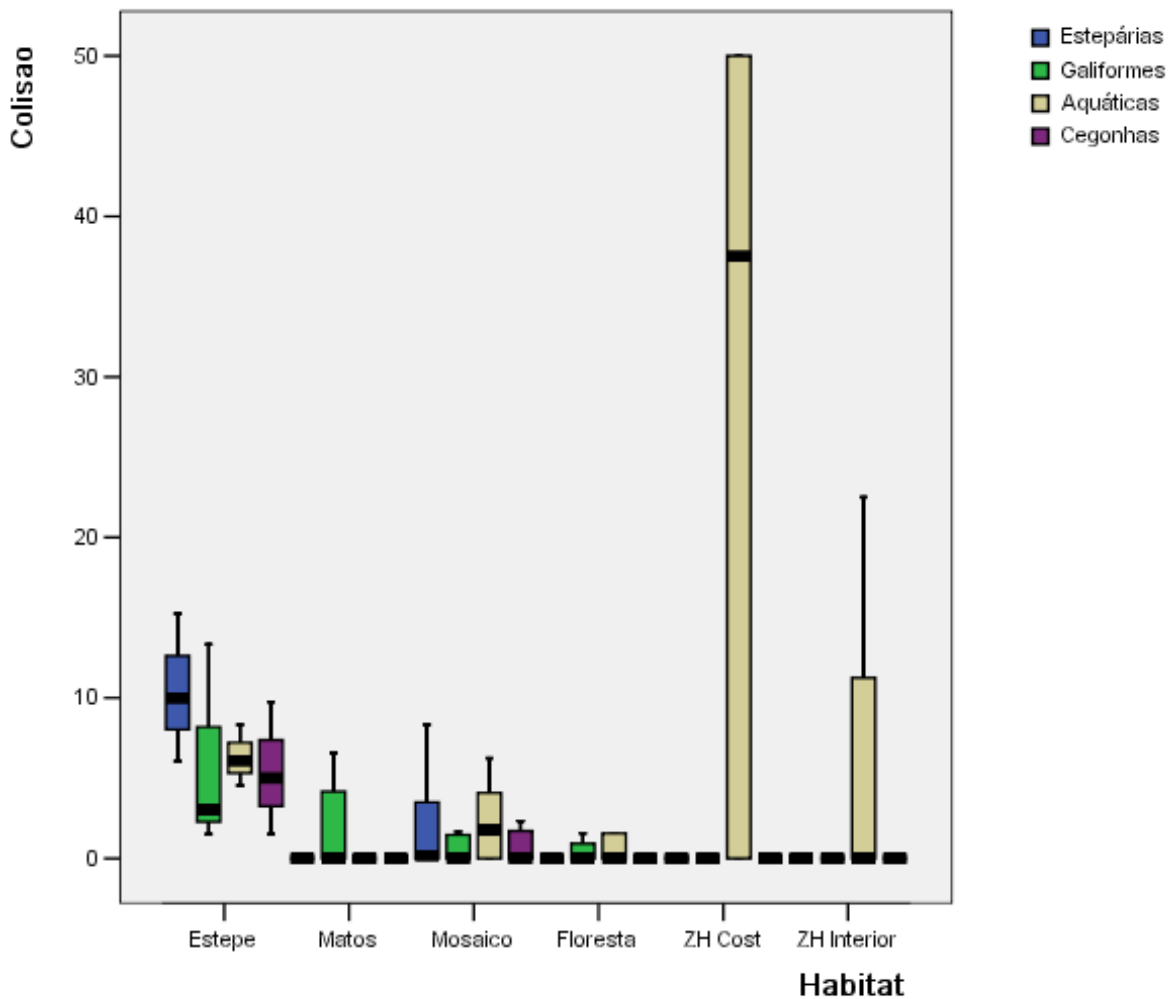
**Figura 6** – Mortalidade por colisão de 6 grupos de espécies em 7 tipologias consideradas na colisão. (Pal – Pórtico; Aal – Abóbada; Tal – Triângulo; Nat – Meia N; Val - Esteira Vertical; Gal – Galhardete de média tensão e GalA – Galhardete de alta tensão). Indica-se a Mediana, o intervalo interquartis e a barra de erro corresponde ao intervalo do desvio padrão (SD).

Os resultados da mortalidade por colisão para o factor *habitat* são apresentados na Tabela 9. A colisão total é mais importante nos *habitats* abertos como as Zonas Húmidas Costeiras e a Estepe, mas essa diferença não é significativa (Kruskal-wallis:  $H=6,94$ ;  $df=5$ ;  $P=0,225$ ).

**Tabela 10** – Diferenças de mortalidade observada por colisão entre *Habitats* na amostra normalizada do estudo. A mortalidade é dada em aves por 100 transeptos por ano e indica-se o erro padrão (SE).

<i>Habitat</i>	n (100 transeptos)	Mortalidade Normalizada	SE
Estepe	3	46,23	9,76
Matos	6	17,54	9,58
Mosaico Agro-Florestal	7	31,53	6,34
Floresta	6	31,18	9,22
Zonas Húmidas Costeiras	6	51,39	16,83
Zonas Húmidas Interiores	4	15,31	7,23

Quando se considera as diferenças de mortalidade entre *habitats* para os 12 grupos de espécies, verificam-se diferenças significativas para aves estepárias (Kruskal-wallis:  $H=16,13$ ;  $df=5$ ;  $P=0,006$ ), aves da ordem Galiformes (Kruskal-wallis:  $H=11,77$ ;  $df=5$ ;  $P=0,038$ ), aves aquáticas (Kruskal-wallis:  $H=11,66$ ;  $df=5$ ;  $P=0,040$ ) e para a Cegonha-branca (Kruskal-wallis:  $H=13,51$ ;  $df=5$ ;  $P=0,0019$ ) (Figura 5).



**Figura 7** – Mortalidade por colisão de 4 grupos de espécies nos 6 tipos de *habitat* considerados no estudo (Mosaico – Mosaico Agro-florestal; ZH Cost – Zona Húmida Costeira e ZH Interior – Zona Húmida Interior). Indica-se a Mediana, o intervalo interquartis e a barra de erro corresponde ao intervalo do desvio padrão (SD).

### 5.1.2 Electrocussão

Para a electrocussão estimou-se um valor final de 1769 aves mortas nos 5771 apoios amostrados. Este resultado traduz-se numa Taxa de Mortalidade Estimada para Portugal de  $0,31 \pm 0,07$  aves por apoio e por ano. Entre as espécies de aves mortas por electrocussão foram considerados 8 grupos distintos para análise estatística.

**Tabela 11** – Mortalidade estimada por electrocussão entre tipologias na amostra do estudo. A mortalidade é expressa em número de aves por apoio por ano e indica-se o erro padrão (SE). Na classificação de apoios considera-se a armação do apoio (Tipologia) e o tipo de isoladores.

Tipologia	Isoladores	n (apoios)	Mortalidade Estimada	SE
Galhardete	Isoladores suspensos	1241	0,08	0,04
	Cadeias de amarre	228	0,09	0,07
	Isoladores rígidos	38	0,09	0,18
	Esteira para derivação	88	0,41	0,25
Galhardete Alta	Isoladores suspensos	94	0,04	0,08
	Cadeias de amarre	7	0,00	0,00
Triângulo	Isoladores rígidos	2537	0,41	0,06
	Cadeias de amarre	384	0,25	0,11
	Esteira para derivação	14	6,13	3,10
	Amarre com TG75	46	0,08	0,15
Meia "N"	Isoladores suspensos	50	0,20	0,30
Pórtico	Isoladores suspensos	168	0,00	0,00
	Cadeias de amarre	116	0,19	0,15
	Esteira para derivação	2	0,00	0,00
Abóbada	Isoladores suspensos	95	0,04	0,07
	Cadeias de amarre	1	0,00	0,00
	Esteira para derivação	17	0,00	0,00
Vertical	Isoladores rígidos	57	0,23	0,23
	Cadeias de amarre	35	0,10	0,20
	Esteira para derivação	4	0,00	0,00
Horizontal	Isoladores rígidos	40	0,34	0,42
	Cadeias de amarre	16	0,00	0,00
	Esteira para derivação	10	0,34	0,67
Canadiana	Isoladores suspensos	7	0,00	0,00
	Cadeias de amarre	3	0,00	0,00
	Esteira para derivação	3	0,00	0,00
	Isoladores rígidos	10	0,00	0,00
Seccionador	Horizontal no topo apoio	263	0,95	0,32
	Esteira para derivação	8	0,40	0,82
	Vertical a meio do apoio	9	0,38	0,76
PT	PT	67	0,68	0,55
	Esteira para derivação	1	3,37	6,73
Total			0,31	0,07

Os 32 tipos de apoios que foram considerados na avaliação da mortalidade por electrocussão são apresentados na Tabela 10. Os 9 grandes grupos de apoios, comuns à colisão, são a base da classificação, mas consideram-se também as diferentes funções de apoios na linha (alinhamento, amarre, derivação, etc).

No conjunto dos transeptos visitados verificou-se uma grande heterogeneidade no tamanho das amostras de tipos de apoios considerados. Cerca de 80% da amostra total é composta por apenas 5 tipos de apoios (“Triângulo com isoladores rígidos”, “Galhardete com isoladores suspensos”, Triângulo com cadeias de amarre”, “Seccionador horizontal” e “Galhardete com cadeias de amarre”) e 12 tipologias são representados por 10 ou menos apoios. Os gráficos apresentados neste trabalho apenas se referem às tipologias melhor representadas, mas a estatística inclui todos os tipos de apoios com resultados observados normalizados para 100 postes.

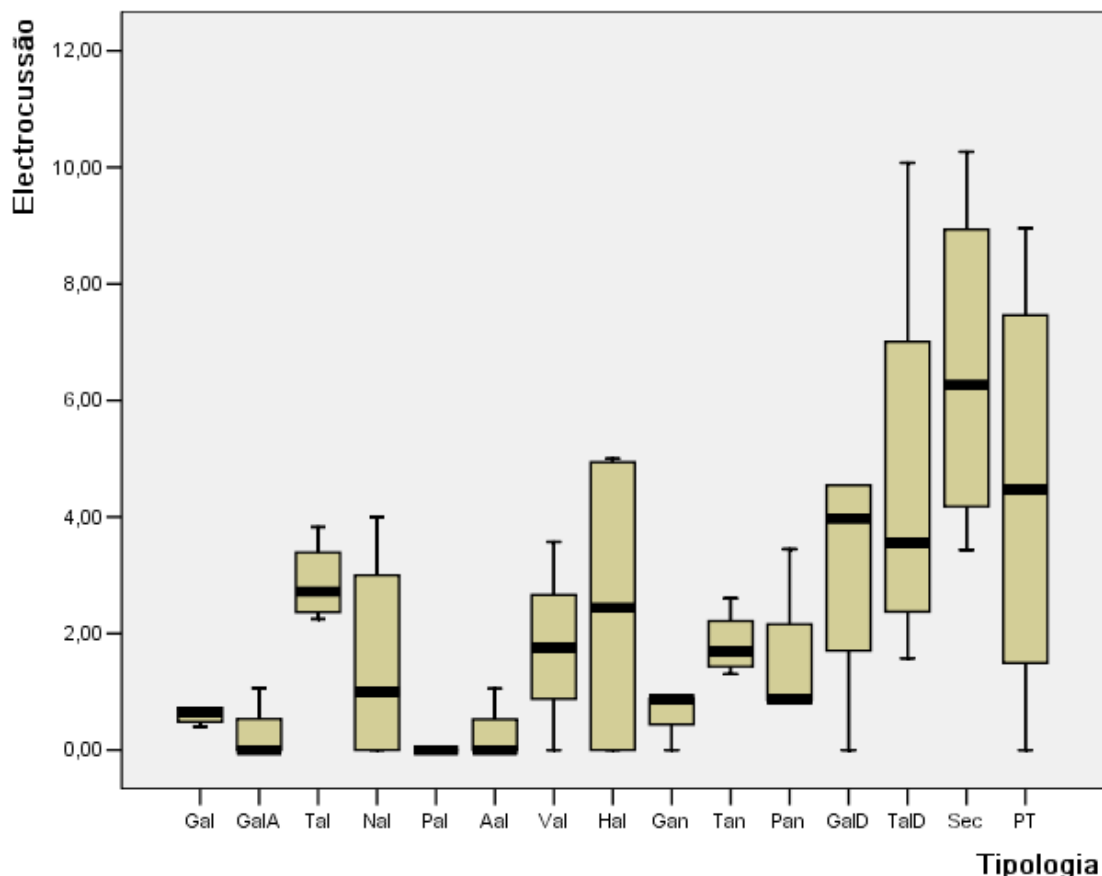
A tipologia com maior valor de mortalidade estimada é o apoio “Triângulo com esteira para derivação” que causou a morte a  $6,13 \pm 3,10$  indivíduos por apoio por ano. Entre as tipologias com amostra superior a 1% destaca-se a mortalidade acima da média nacional de “Seccionador horizontal” ( $0,95 \pm 0,32$  indivíduos/apoio/ano), “Poste de Transformação” ( $0,68 \pm 0,55$  indivíduos/apoio/ano), “Triângulo com isoladores rígidos” ( $0,41 \pm 0,06$  indivíduos/apoio/ano) e “Galhardete com esteira para derivação” ( $0,41 \pm 0,25$  indivíduos/apoio/ano). Os apoios bem representados e com taxa de mortalidade estimada inferior à media nacional são “Pórtico com isoladores suspensos” ( $0,00 \pm 0,00$  indivíduos/apoio/ano), “Abóbada com isoladores suspensos” ( $0,04 \pm 0,07$  indivíduos/apoio/ano), “Galhardete de alta tensão com isoladores suspensos” ( $0,04 \pm 0,08$  indivíduos/apoio/ano), “Galhardete de média tensão com isoladores suspensos” ( $0,08 \pm 0,04$  indivíduos/apoio/ano), “Galhardete de média com cadeias de amarre” ( $0,09 \pm 0,07$  indivíduos/apoio/ano), “Pórtico com cadeias de amarre” ( $0,19 \pm 0,15$  indivíduos/apoio/ano) e “Meia N com isoladores suspensos” ( $0,23 \pm 0,23$  indivíduos/apoio/ano).

As comparações múltiplas dos resultados normalizados da mortalidade por electrocussão confirmam diferenças significativas entre as tipologias de postes (Kruskal-wallis:  $H=70,32$ ;  $df=31$ ;  $P=0,000$ ). O teste *a posteriori* de Nemenyi separa a mortalidade nos “Seccionadores horizontais” da maioria dos apoios considerados, com a excepção de “Poste de Transformação”, “Triângulo com esteira de derivação”, “Triângulo com isoladores rígidos”, “Galhardete com esteira para derivação” e “Esteira Horizontal com isoladores rígidos”. O “Poste de Transformação” e o “Triângulo com esteira de derivação” são também separados dos apoios com menos mortalidade (“Pórtico com isoladores suspensos”, “Abóbada com isoladores suspensos” e “Galhardete de alta tensão com isoladores suspensos”).

Na Figura 8 pode verificar-se que dentro de um mesmo tipo de armação de apoio, a diferença no tipo de isoladores e a função dos apoios influencia a mortalidade por electrocussão. Os apoios em amarre provocam mais mortalidade que os mesmos apoios em alinhamento sempre que os isoladores passam de suspensos para cadeias de amarre



(Galhardete média e Pórtico) e provocam menos mortalidade que os apoios de alinhamento quando os isoladores passam de isoladores rígidos para cadeias de amarre (Triângulo). Os apoios com derivação de linha causam sempre mais mortalidade que os apoios com o mesmo tipo de armação sem derivações (Galhardete de média e Triângulo).



**Figura 8** – Mortalidade por electrocussão normalizada em 15 tipos de apoios mais comuns na amostra. Os tipos de apoios estão agrupados por função nas linhas, da esquerda para a direita encontram-se apoios de alinhamento (Gal – Galhardete média; GalA – Galhardete de alta; Tal – Triângulo; Nal – Meia N; Pal – Pórtico; Aal – Abóbada; Val – Esteira Vertical; Hal – Esteira Horizontal), apoios de amarre (Gan – Galhardete média; Tan – Triângulo; Pan), apoios de derivação (GalD – Galhardete média; TalD – Triângulo), Seccionadores (Sec) e Postes de Transformação (PT). Indica-se a Mediana, o intervalo interquartil e a barra de erro corresponde ao intervalo do desvio padrão (SD).

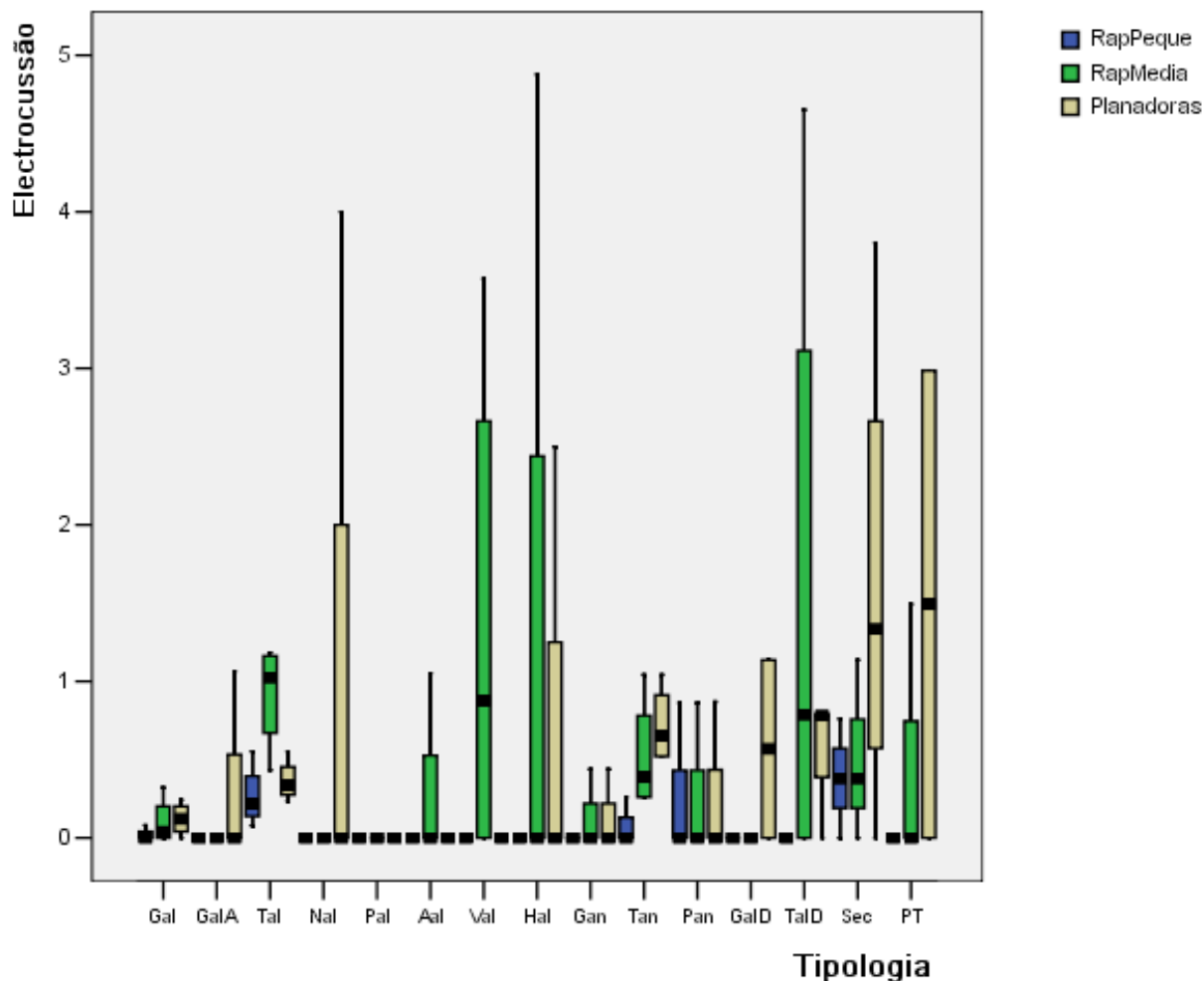
As diferentes tipologias de apoio obtiveram taxas de mortalidade diferentes para todos os 8 grupos de espécies considerados (testes não paramétricos de Kruskal-Wallis). Para exemplo da influência da tipologia na mortalidade de diferentes grupos de espécies são referidos em seguida os dados para os 3 grupos de rapinas. Para o grupo das Rapinas Pequenas o valor do teste de Kruskal-Wallis(H) é 84,82, para as Rapinas Médias o valor é 63,53 e para as Rapinas Grandes é 78,31 (Tabela 9). Ao juntar-se o grupo Rapinas Grandes e

Cegonha-branca, espécie que possui envergaduras mais próximas, o valor do teste de Kruskal-Wallis (H) é 61,73. À medida que aumenta a envergadura média das espécies que compõe os grupos, diminui a diferença encontrada entre a mortalidade por electrocussão nas diferentes tipologias (Tabela 11).

**Tabela 12** – Resultados da comparação múltipla para a tipologia com rapinas, usando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Indicam-se os resultados estatísticos para Rapinas Pequenas, Rapinas Médias, Rapinas Grandes e Aves Planadoras (Rapinas Grandes e Cegonha-branca).

Grupo Espécies	Kruskal-Wallis (H)	Graus de Liberdade (df)	Significância (P)
Rapinas Pequenas	84,82	31	0,000
Rapinas Médias	63,53	31	0,001
Rapinas Grandes	78,31	31	0,000
Aves Planadoras	61,73	31	0,001

Na Figura 9 estão representadas as mortalidades observadas e normalizadas para os grupos Rapinas Pequenas, Rapinas Médias e Aves Planadoras nas 15 tipologias mais comuns do estudo. As espécies do grupo Rapinas pequenas (Peneireiro-comum *Falco tinnunculus*, Francelho *Falco naumanni* e Peneireiro-cinzento *Elanus caeruleus*) foram encontradas em apenas 5 tipologias de apoio. As Rapinas Médias (desde a Águia-calçada *Hieraetus pennatus* até ao Milhafre-real) foram encontrados em 11 tipologias de apoio. As Rapinas Grandes (desde a Águia de Bonelli até ao Abutre-negro *Aegypius monachus*) foram encontrados em 5 tipologias de apoio, mas este grupo tem uma distribuição e uma abundância que não pode ser comparada com os dois grupos anteriores. Quando se junta a Cegonha-branca a este grupo, para formar um grupo designado Aves Planadoras, encontram-se registos de mortalidade em 12 tipologias.



**Figura 9** – Mortalidade observada por electrocussão e normalizada para 100 apoios para 3 grupos de espécies (RapPeque – Rapinas Pequenas; RapMedia – Rapinas Médias e Planadoras – Reunião de Rapinas Grandes e Cegonha-branca). Os tipos de apoios estão agrupados por função nas linhas, da esquerda para a direita encontram-se apoios de alinhamento (Gal – Galhardete média; GalA – Galhardete de alta; Tal – Triângulo; Nal – Meia N; Pal – Pórtico; Aal – Abóbada; Val – Esteira Vertical; Hal – Esteira Horizontal), apoios de amarre (Gan – Galhardete média; Tan – Triângulo; Pan), apoios de derivação (GalD – Galhardete média; TalD – Triângulo), Seccionadores (Sec) e Postes de Transformação (PT). Indica-se a Mediana, o intervalo interquartis e a barra de erro corresponde ao intervalo do desvio padrão (SD).

Os resultados de mortalidade observada apontam para maior ocorrência de electrocussões na Migração, relativamente ao Inverno, à Época de reprodução (Primavera) e à Época de dispersão de juvenis (Verão) (Tabela 12). Essa diferença não é significativa (Kruskal-wallis:  $H=1,28$ ;  $df=3$ ;  $P=0,734$ ).

**Tabela 13** – Mortalidade por electrocussão observada entre épocas do ano na amostra normalizada do estudo. A mortalidade é dada em aves por 100 apoios por época e indica-se o desvio padrão (SE).

Época	n (100 apoios)	Mortalidade Normalizada	SE
Migração	32	4,67	3,11
Inverno	32	1,48	0,53
Reprodução	32	1,14	0,37
Dispersão de Juvenis	32	1,24	0,48

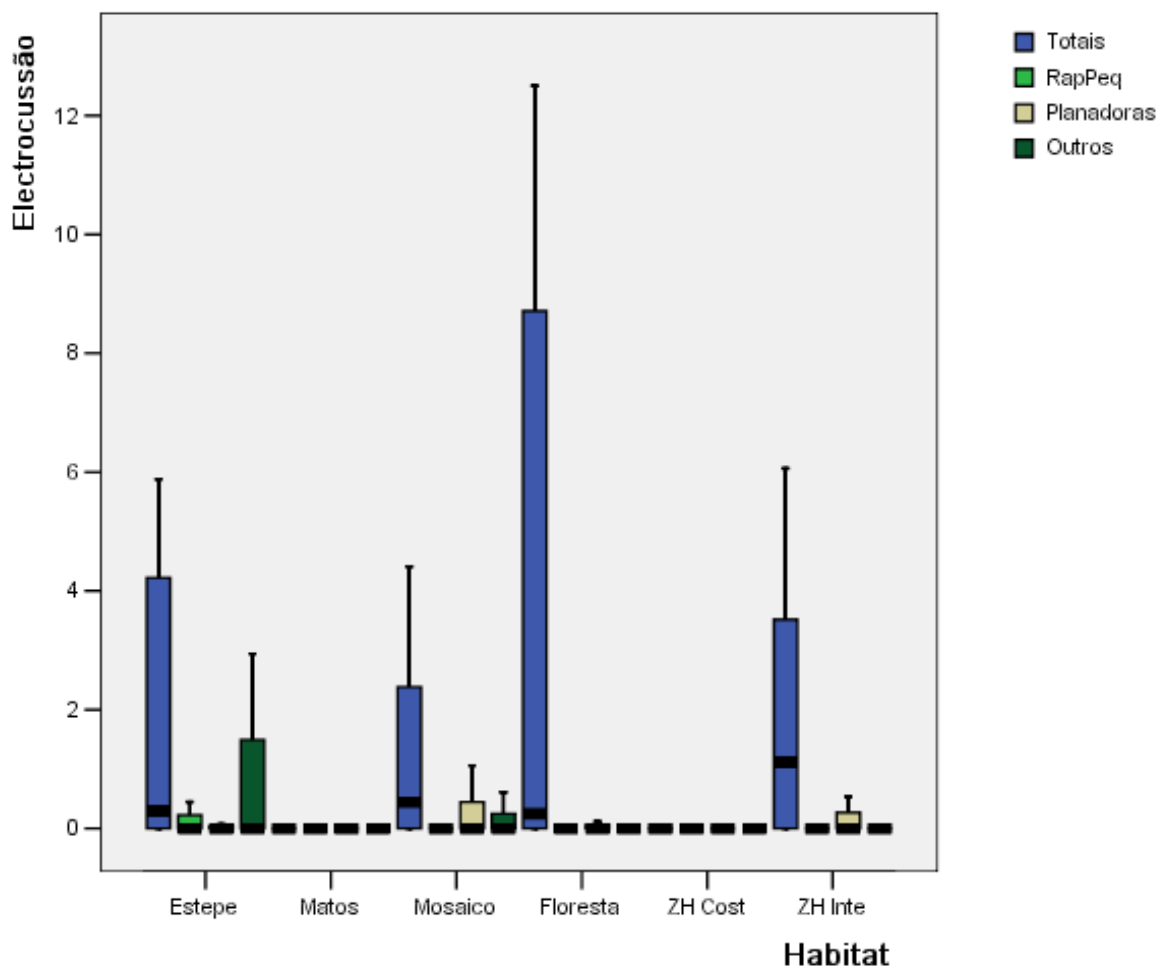
Relativamente ao *habitat* que envolve os apoios amostrados, encontraram-se diferenças significativas para a electrocussão observada e normalizada para 100 apoios (Kruskal-wallis:  $H=15,16$ ;  $df=5$ ;  $P=0,010$ ). A mortalidade em áreas de Floresta ( $4,68\pm 1,61$  aves por 100 apoios por ano) é a mais elevada (Tabela 13), seguida pela electrocussão em Zonas Húmidas Interiores ( $3,11\pm 1,54$  aves por 100 apoios por ano) e Estepe ( $2,32\pm 0,82$  aves por 100 apoios por ano). A electrocussão foi menor nos apoios do *habitat* Zonas Húmidas Costeiras ( $0,79\pm 0,58$  aves por 100 apoios por ano) e nos Matos ( $0,93\pm 0,41$  aves por 100 apoios por ano). De acordo com o teste de Nemenyi pode separar-se claramente a mortalidade em Floresta da mortalidade em Zonas Húmidas Costeiras (vide Figura 10). O teste não discrimina diferenças em qualquer dos outros *habitats*.

**Tabela 14** – Diferenças de mortalidade por electrocussão entre *Habitats*, na amostra normalizada do estudo. A mortalidade é dada em aves por 100 apoios por ano e indica-se o erro padrão (SE).

<i>Habitat</i>	n (100 apoios)	Mortalidade Normalizada	SE
Estepe	16	2,32	0,82
Matos	26	0,93	0,41
Mosaico Agro-Florestal	25	1,71	0,60
Floresta	24	4,68	1,61
Zonas Húmidas Costeiras	23	0,79	0,58
Zonas Húmidas Interiores	16	3,11	1,54

Quando se considera as diferenças de mortalidade entre *habitats* para os 8 grupos de espécies, verificam-se diferenças significativas para Rapinas Pequenas (Kruskal-wallis:  $H=11,88$ ;  $df=5$ ;  $P=0,036$ ), Aves Planadoras (Kruskal-wallis:  $H=10,76$ ;  $df=5$ ;  $P=0,037$ ) e Outras (Kruskal-wallis:  $H=18,11$ ;  $df=5$ ;  $P=0,003$ ) (Figura 10). O grupo designado como Outras

inclui aves como o Garças, o Rolieiro (*Coracias garrulus*), o Cuco-rabilongo (*Clamator glandarius*) ou o Picanço-real (*Lanius meridionalis*). Também são incluídos neste grupo todas as espécies não identificadas que não foram classificadas como passeriformes. Os indivíduos deste grupo mais heterogéneo foram encontrados sobretudo em Estepe e Mosaico Agro-Florestal. A recolha de Rapinas Pequenas concentrou-se no *habitat* Estepe ao contrário das Aves Planadoras que têm registos de electrocussão em todos os *habitats*.



**Figura 10** – Mortalidade por colisão de 3 grupos de espécies nos 6 tipos de *habitat* considerados no estudo. (Mosaico – Mosaico Agro-florestal; ZH Cost – Zona Húmida Costeira e ZH Interior – Zona Húmida Interior). Indica-se a Mediana, o intervalo interquartis e a barra de erro corresponde ao intervalo do desvio padrão (SD).

## 5.2 - Eficácia das medidas de correcção para linhas Perigosas

A partir de um universo de 85km de linhas corrigidas em 2005, depois de uma primeira prospecção em 2003-2005, foi possível monitorizar uma amostra de 54km. Os transeptos em linhas em operação corrigidas e 28km de transeptos de controlo foram monitorizadas em cinco áreas classificadas (Parque Natural do Tejo Internacional (Decreto Regulamentar n.º 9/2000 de

18 de Agosto), ZPE de Campo Maior (PTZPE0043; Decreto Regulamentar n.º 384-B/99 de 23 de Setembro), Parque Natural da Serra de São Mamede (Decreto Regulamentar n.º 121/89 de 14 de Abril), ZPE de Castro Verde (PTZPE0046; Decreto Regulamentar n.º 384-B/99 de 23 de Setembro) e Parque Natural do Vale do Guadiana (Decreto Regulamentar n.º 28/95 de 18 de Novembro). Os dados para a análise principal são feitos em apenas 6km de linhas corrigidas em Triângulo no Tejo Internacional, 8km de linhas corrigidas em Triângulo e 6km de linhas corrigidas em Galhardete na ZPE de Castro Verde e 8km de linhas corrigidas em Triângulo no Vale do Guadiana. Os resultados analisados incluem 32 aves electrocutadas e 35 aves mortas por colisão (Tabela 14).

Todos os vestígios de aves mortas recolhidos junto a apoios já corrigidos, foram analisados com especial atenção antes de lhes ser atribuída a morte por electrocussão. Uma vez que alguns cadáveres tinham uma data de morte estimada em mais de 3 meses, foram considerados resultado de acidente antes das correcções e não foram incluídos na análise. Os indivíduos com elevada probabilidade de terem sido electrocutados em apoios corrigidos foram apenas 12. As electrocussões envolveram 6 apoios com armação em Triângulo com isoladores rígidos, 3 apoios com armação em Triângulo com esteira de derivação, 1 Poste de Transformação, 1 apoio com Triângulo com cadeias de amarre e 1 OCR com esteira de derivação.

**Tabela 15** - Mortalidade em visitas sistemáticas aos transeptos corrigidos, realizadas em 2006-2008. São apresentados dados observados de colisão e de electrocussão no total das 4 épocas do ano.

Correcções	Área	Extensão (km)	Mortalidade	
			Electrocussão	Colisão
Linhas de Triângulo	PNTI	6	1	1
	ZPE Castro Verde	8	4	7
	PNVG	8	1	4
Controlo de Triângulo	PNTI	6	0	2
	ZPE Castro Verde	8	17	5
	PNVG	8	7	2
Linhas de Galhardete	ZPE Castro Verde	6	2	10
Controlo de Galhardete	ZPE Castro Verde	6	4	4

Os resultados obtidos nos mesmos transeptos antes da correcção são apresentados na Tabela 15. Os registos de 2003-2005 somam um total de 84 aves mortas por electrocussão e 35 aves mortas por colisão.

Numa primeira análise é possível verificar que ocorreram reduções importantes na electrocussão, mas apenas uma ligeira diminuição na colisão.

**Tabela 16** - Mortalidade em visitas sistemáticas aos transeptos antes da correcção, realizadas em 2003-2005. São apresentados dados observados de colisão e de electrocussão no total das 4 épocas do ano.

Correcções	Área	Extensão (km)	Mortalidade	
			Electrocussão	Colisão
Linhas de Triângulo	PNTI	6	13	6
	ZPE Castro Verde	8	31	9
	PNVG	8	15	5
Controlo de Triângulo	PNTI	6	2	1
	ZPE Castro Verde	8	13	1
	PNVG	8	2	1
Linhas de Galhardete	ZPE Castro Verde	6	5	5
Controlo de Galhardete	ZPE Castro Verde	6	3	7

#### 5.2.1 – Avaliação de dados com controlo

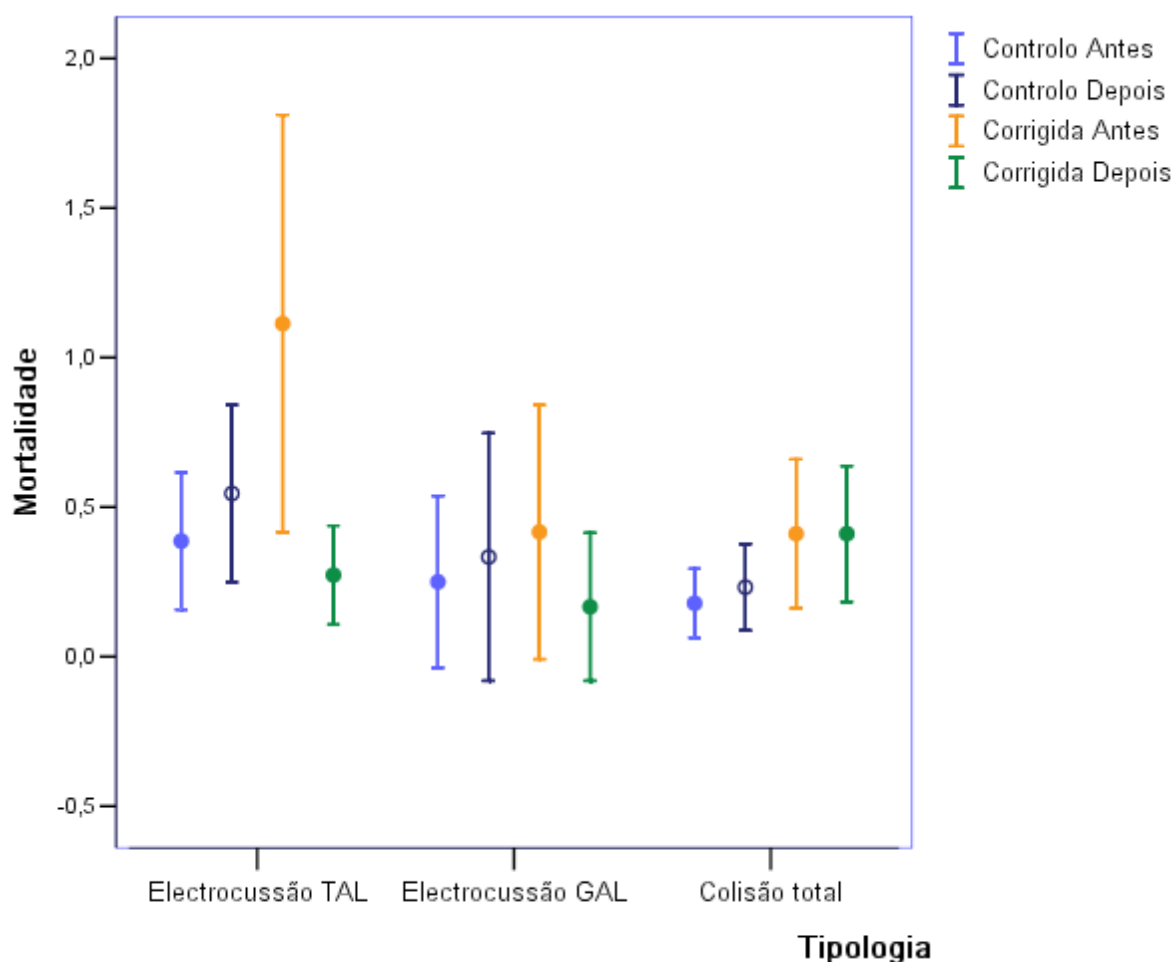
A mortalidade por electrocussão em linhas corrigidas de Triângulo com isoladores rígidos passou de  $0,86 \pm 0,25$  (SE) aves por apoio por ano, para  $0,04 \pm 0,01$  (SE) aves por apoio por ano, uma redução de 89% (Figura 11). Nos transeptos de controlo de Triângulo com isoladores rígidos a mortalidade por electrocussão passou de  $0,10 \pm 0,03$  (SE) aves por apoio por ano, para  $0,15 \pm 0,05$  (SE) aves por apoio por ano. Este aumento de mortalidade nos transeptos sem correcções poderia ter sido sentido nos transeptos corrigidos, caso não se verificassem as intervenções da EDP-Distribuição. A diferença entre essa electrocussão esperada e a electrocussão efectivamente observada nos troços corrigidos foi de 93%.

Nas linhas corrigidas de Galhardete com isoladores suspensos, a electrocussão passou de  $0,13 \pm 0,08$  (SE) aves por apoio por ano, para  $0,05 \pm 0,03$  (SE) aves por apoio por ano, o que equivale a 60% de redução (Figura 11). Os transeptos de controlo verificaram um aumento de mortalidade por electrocussão  $0,09 \pm 0,05$  (SE) aves por apoio por ano para  $0,12 \pm 0,07$  (SE) aves por apoio por ano. Deste modo a diferença entre a electrocussão esperada e a electrocussão efectivamente observada nos troços corrigidos foi de 69%. As análises estatísticas (Anova bifactorial) à electrocussão não revelaram diferenças significativas na mortalidade verificada entre o primeiro e segundo períodos de monitorização (Antes e Depois das correcções) e entre os dois conjuntos de linhas estudadas (linhas usadas na correcção e os seus controlos). Também não se verificou uma interacção significativa entre os factores “Correcções” e “Ano”.

No conjunto de transeptos corrigidos da tipologia Triângulo e Galhardete registou-se uma variação da colisão de  $1,71 \pm 0,46$  (SE) aves por transepto por ano, para  $1,64 \pm 0,44$  (SE) aves por transepto por ano, ou seja uma redução de 4%. No mesmo período e para as linhas de controlo, a mortalidade por colisão aumentou de  $0,71 \pm 0,19$  (SE) aves por transepto por

ano, para  $0,93 \pm 0,25$  (SE) aves por transepto por ano. A diferença entre os valores esperados para os transeptos corrigidos e os valores efectivamente observados foi de 27% (Figura 11).

A Anova Bifactorial usada para a colisão no conjunto de linhas de Triângulo e Galhardete não revelou diferenças significativas na mortalidade verificada entre o primeiro e segundo períodos de monitorização (Antes e Depois das correcções).



**Figura 11** – Mortalidade por electrocussão em apoios de Triângulo (TAL) e nos apoios em Galhardete (GAL) e por colisão na soma dos troços das duas tipologias, nos troços corrigidos e de controlo, antes e depois das intervenções. Indica-se a Média e a barra de erro corresponde ao intervalo do erro padrão (SE).

### 5.2.2 – Avaliação de troços sem uso de controlo

A análise da variação de mortalidade em linhas corrigidas, sem transeptos de controlo, foi feita com uma comparação simples entre os dados de 2006-2008 (Tabela 14) e os dados de 2003-2005 (Tabela 15), através de uma comparação de médias com um teste T de Student emparelhado. Para esta análise acrescentam-se 6km de linhas em Galhardete com isoladores suspensos e 6km de linhas em Triângulo com isoladores rígidos na ZPE de Campo Maior, 6km



de Galhardete com isoladores suspensos no PNTI e 4km de linhas em Galhardete com isoladores suspensos no PNSSM, aos 28km já avaliados. O número total de electrocussões passou de 88 aves antes das correcções (2003-2005) para 11 aves depois das correcções (2006-2008). O número total das colisões passou de 37 aves antes das correcções para 35 aves depois das correcções. A nova análise indica que a redução da mortalidade por electrocussão nos transeptos de Triângulo rígido tem significado estatístico (Teste T emparelhado:  $t'=2,89$ ;  $df=126$ ;  $P=0,004$ ). A redução da mortalidade por electrocussão em transeptos de Galhardete continua a não ser significativa (Teste T emparelhado:  $t'=1,79$ ;  $df=46$ ;  $P=0,08$ ), tal como a redução da colisão no conjunto das duas tipologias (Teste T emparelhado:  $t'=-0,63$ ;  $df=198$ ;  $P=0,52$ ).

### 5.3 Eficácia das medidas de minimização para novas linhas

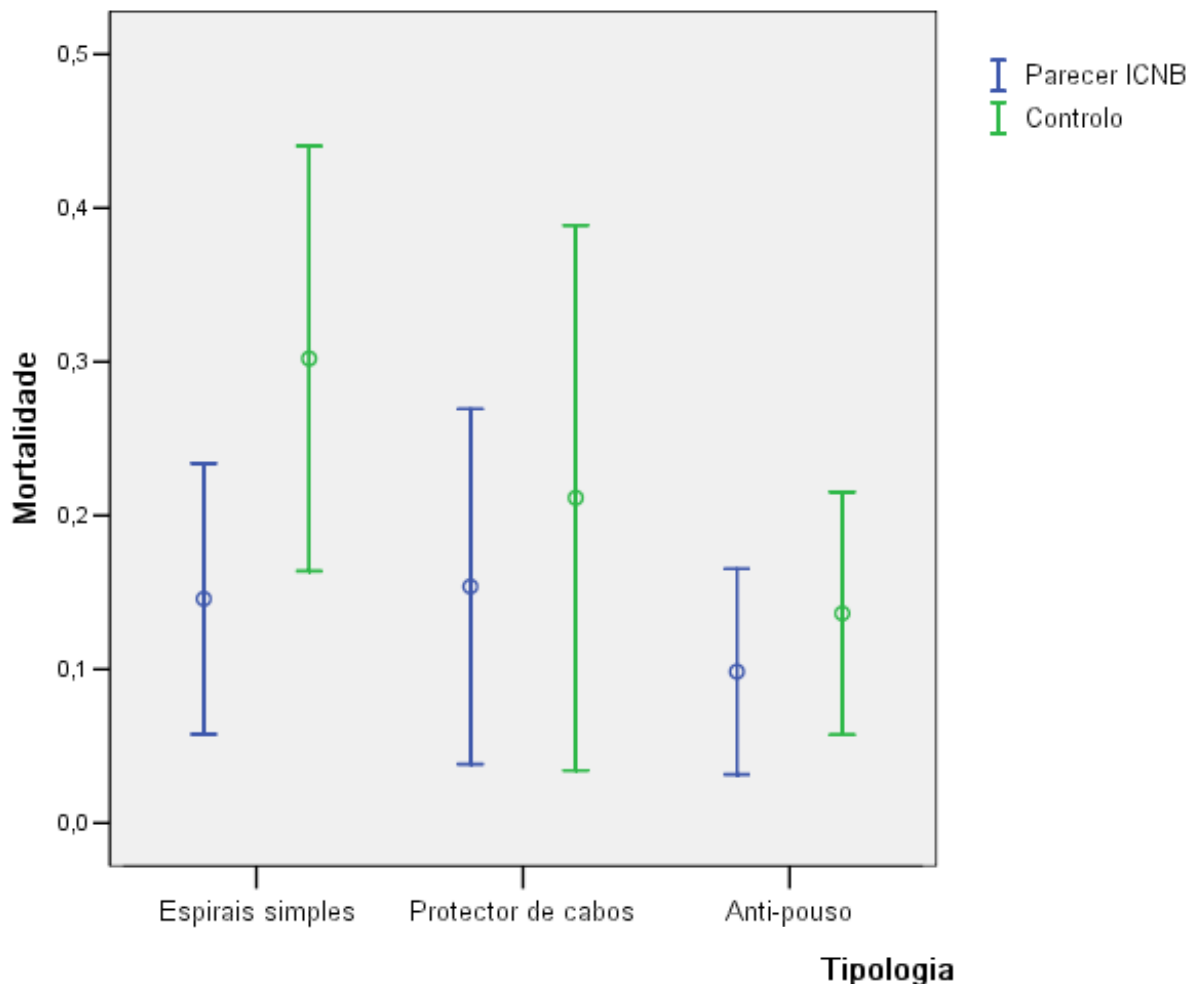
Foram monitorizados 44km de linhas construídas em áreas protegidas com um parecer do ICNB (Tabela 16). A maioria destas linhas novas (31km) apresenta Anti-pouso do Modelo 3, cerca de metade (28km) possui Espirais simples de 8cm ou Fitas e uma parte menor (14km) possui Protectores de condutores.

**Tabela 17** - Mortalidade observada para as diferentes medidas de minimização. Apresentam-se os resultados obtidos para a colisão e electrocussão em número de indivíduos por ano.

Tipologia	Transeptos	Colisão	Electrocussão
Galhardete + Espirais + Anti-pousos	5	6	1
Galhardete + Protector de cabos + Espirais + Anti-pousos	12	6	8
Triângulo + Protector de cabos + Espirais + Anti-pousos	1	0	0
Esteira Horizontal + Protector de cabos + Espirais	1	0	0
Galhardete de Alta + Espirais Duplos + Anti-pousos	4	1	0
Galhardete + Fitas	5	2	0
Galhardete + Anti-pousos	9	5	4
Galhardete – Controlo	33	33	17
Galhardete - Controlo Fitas	5	7	1
Abobada - Controlo Fitas	5	2	1
Triângulo - Controlo Fitas	5	1	2
Galhardete Alta – Controlo	4	1	0

Recolheram-se 98 cadáveres de aves no conjunto de todos os transeptos prospectados de modo sistemático e seus controlos. Determinou-se que 34 aves sofreram electrocussão e que 64 aves sofreram colisão com os cabos condutores (Tabela 16). Uma vez mais foi dada particular atenção a recolhas de cadáveres em apoios com medidas de minimização de electrocussão.

Os resultados anuais nos transeptos com medidas de minimização foram comparados directamente com os controlos respectivos, num teste com amostras emparelhadas. Essa comparação de pares de tratamentos indicou uma diferença significativa na mortalidade por colisão (Teste T emparelhado:  $t'=-2,05$ ;  $df=95$ ;  $P=0,039$ ) entre os controlos ( $0,30 \pm 0,07$  aves por km por ano) e as linhas com Espirais simples ou Fitas ( $0,14 \pm 0,04$  aves por km por ano). O mesmo teste realizado para a electrocussão, não detectou diferenças significativas para a mortalidade por electrocussão (Teste T emparelhado:  $t'=-0,65$ ;  $df=51$ ;  $P=0,52$ ) entre linhas com Protectores de cabos ( $0,15 \pm 0,06$  aves por km por ano) e os seus controlos ( $0,21 \pm 0,09$  aves por km por ano). Também não se verificaram diferenças significativas (Teste T emparelhado:  $t'=-0,82$ ;  $df=131$ ;  $P=0,41$ ) entre a electrocussão nos transeptos com Anti-pousos do modelo 3 nos apoios ( $0,10 \pm 0,03$  aves por km por ano) e os seus transeptos de controlo ( $0,14 \pm 0,04$  aves por km por ano).



**Figura 12** – Mortalidade por colisão entre transeptos de linhas novas com Espirais simples e seus controlos e por electrocussão nos transeptos de linhas novas com Protector de cabo ou com Anti-pouso e os respectivos controlos. Indica-se a Média e a barra de erro corresponde ao intervalo do erro padrão (SE).

## 6 - DISCUSSÃO

O presente estudo assumiu o desafio de caracterizar o impacto da Rede de Distribuição de energia eléctrica nas populações de aves selvagens de Portugal. Por um lado apostou-se na quantificação da magnitude da ocorrência de colisão e electrocussão no país, procurando identificar quais os factores de ordem ambiental (espécies, *habitats* e época do ano) e técnica (tipologia de apoios) que mais contribuíam para explicar a interacção das aves com as estruturas das linhas de média e alta tensão. Por outro lado avaliou-se a eficácia das soluções técnicas disponíveis no terreno, de modo a apontar soluções de curto e médio prazo para as situações que implicavam ameaça para os valores naturais a nível local e nacional.

### Amostra considerada

A amostra da Rede de Distribuição em Áreas Classificadas (APs, ZPEs e IBAs) não é uniforme em termos de cobertura dos 42 locais de prospecção, em termos de frequência das tipologias avaliadas e em termos de número de transeptos em cada *habitat* considerado. Após assegurar uma cobertura de 20% da extensão da Rede de Distribuição em dois terços das Áreas Classificadas, o estudo concentrou o esforço de amostragem em locais onde a recolha de dados era mais eficiente. Essa opção resultou em que quase 40% da amostra total tivesse origem em apenas 4 das 42 Áreas Classificadas (Parque Natural do Douro Internacional, Parque Natural do Tejo Internacional, IBA das Planícies de Évora e ZPE de Castro Verde).

No que diz respeito às tipologias, 80% da amostra total é composta por transeptos de Triângulo com isoladores rígidos e Galhardete de média tensão com isoladores suspensos. Estas são as tipologias mais abundantes em todo o país e as que são usadas nos troços mais longos de linhas de distribuição. No caso dos *habitats*, cerca de 50% dos transeptos foram considerados como “Mosaico Agro-Florestal”, que é de longe o mais comum em áreas rurais bem cobertas pela Rede de Distribuição de energia eléctrica. Uma vez que cada transecto de dois quilómetros tinha de ter uma continuidade mínima (80%) em termos de *habitat* atravessado e tipologia de apoios, foi largamente favorecida a amostra nos *habitats* com maiores áreas contínuas e nas tipologias mais comuns.

Considerou-se que a distribuição da amostra total de 922km de linhas de média e alta tensão é representativa da situação nacional em Áreas Classificadas, pelo que se determinou a Taxa de Mortalidade Estimada por colisão e electrocussão com base nos dados observados. Para avaliar o efeito das tipologias de apoios e do *habitat* atravessado foi necessário normalizar os dados, para diluir as diferenças nos tamanhos das amostras dos vários tratamentos. Nas comparações efectuadas, não é relevante o valor de cada tratamento, mas sim a diferença entre os tratamentos

### Mortalidade por Colisão

A Taxa de Mortalidade Estimada por colisão foi de 2,93 aves por quilómetro e por ano. Este valor é semelhante ao valor de 3,44 aves por quilómetro e por ano que havia sido

determinado apenas com os dados de mortalidade entre 2003 e 2005 (Infante *et al.* 2005). Estudos sistemáticos de mortalidade por colisão em linhas de média e alta tensão, com intervalos de prospecção grandes e com amostras grandes são pouco comuns na bibliografia. Tradicionalmente a colisão é estudada em linhas de Muito Alta Tensão e a electrocussão em linhas de média e alta tensão (Bevanger 1998, Janss 2000). Parte dos estudos mais citados relativos à colisão de aves referem-se a linhas de Muito Alta Tensão (MAT) em extensões prospectadas muito pequenas e com elevadas concentrações de aves (e.g.: Scott *et al.* 1972, Heijnis 1980, Rusz *et al.* 1986), Golstraw & Du Guesclin 1991, Hartman *et al.* 1992), que resultaram em mortalidades superiores a 100 aves por km por ano. Estudos mais recentes concentram-se na eficácia de medidas de minimização, mas de novo privilegiando as linhas de MAT (e.g.: Alonso *et al.* 1994, Janss & Ferrer 1998, Bridges & Anderson 2000, Bevanger & Brøseth 2001, Barrett & Weseloh 2008)

Os estudos de colisão que melhor podem ser comparados com a avaliação efectuada em Portugal são o de Alonso & Alonso (1999), que inclui várias províncias de Espanha (100km) e o de Janss & Ferrer (1998) com cerca de 10km em Badajoz. O primeiro estudo usou apenas linhas de MAT e a mortalidade foi estimada em 2,95 aves por quilómetro por ano, o segundo estudo juntou linhas de distribuição e de transporte e a mortalidade foi estimada em 1,16 aves por quilómetro por ano.

A tipologia que apresentou maiores valores de mortalidade a nível nacional foi o Pórtico, que possui apenas um nível vertical formado pelos cabos condutores. Este dado teve em conta os *habitats* atravessados e a localização das amostras. O resultado obtido não é consistente com a percepção generalizada de que o número de cabos sobrepostos numa perspectiva vertical é proporcional à probabilidade de colisão (Beaulaurier 1981, Navazo & Roig 1994). Esta ideia é intuitiva e fortemente apoiada por projectos de minimização de impactos em linhas de Muito Alta Tensão, onde a redução de um nível de colisão (eliminação do cabo de terra ou de guarda) reduziu as mortalidades registadas (Meyer 1978, James & Haak 1979, Beaulaurier 1981, Faaner 1981, 1987, Alonso *et al.* 1994). Mais uma vez são praticamente inexistentes comparações na bibliografia para as colisões entre diferentes linhas de média tensão. Um estudo em Espanha comparou mortalidade por colisão numa linha de MAT, numa linha de alta tensão e numa linha de média tensão (Abóbada) e não foram encontradas quaisquer diferenças (Janss & Ferrer 1998).

Se eliminarmos a tipologia Pórtico da amostra do presente estudo, a correlação entre mortalidade e os planos de colisão aumenta, mas continua a não ser significativa. Os resultados obtidos indicam que o número de níveis de cabos pode ser um factor importante no que diz respeito à probabilidade de colisões, mas não é o único ou o mais determinante. Vários autores assumem que são as diferenças no desempenho em voo das espécies, que melhor prevêem as diferenças na probabilidade de colisão (Bevanger 1994, Savereno *et al.* 1996, Bevanger 1998). Outra hipótese a desenvolver é a influência da distância entre apoios (vão) na probabilidade de colisão. As aves percebem melhor estruturas verticais, como os apoios e

são menos sensíveis a estruturas colocadas na horizontal, como os cabos (Beaulaurier 1981, Navazo & Roig 1994). Os resultados para a colisão tendem a ser superiores em linhas de MAT, com vãos na ordem dos 300m, quando comparadas com os resultados em linhas de média tensão (Neves *et al.* 2005). A tipologia Pórtico tende a ter vãos maiores que a maioria das tipologias de média tensão amostradas, porque usa dois postes de betão em cada apoio. Esse facto encarece a construção destas linhas que são destinadas a áreas planas onde os vãos podem ser superiores, reduzindo o número total de apoios a colocar.

A maioria dos 12 grupos de espécies considerados na colisão, apresentam diferenças na mortalidade registada entre tipologias. Uma parte dessa diferença de mortalidade entre tipologias é influenciada pelos já referidos registos de mortalidade na tipologia “Pórtico”. Noutros casos há uma forte associação de tipologias menos comuns com uma região em particular e com a abundância local de alguns grupos. Um exemplo disso é a presença exclusiva de “Esteira Vertical” na ZPE da Ria de Aveiro e o facto desta tipologia ser a mais importante na morte da classe “Aves aquáticas”. Este efeito das abundâncias locais de grupos de espécies nas diferenças entre tipologias pode explicar também a excepção verificada para a classe de aves designada “Passeriformes residentes”. A mortalidade deste grupo, com distribuição semelhante em todas as áreas, foi a única que não foi diferente entre tipologias.

Não foram encontradas diferenças na mortalidade por colisão entre épocas ou *habitats*. A dimensão da amostra de transeptos obrigou a que as campanhas de campo trimestrais se estendessem por períodos grandes, verificando-se pouca diferença temporal entre o final e o início de campanhas de épocas contíguas. A colisão total parece ser mais importante nos *habitats* abertos como as “Zonas Húmidas Costeiras” e a “Estepe”, mas a baixa representatividade na amostra total pode ter condicionado a discriminação de diferenças. Quando se considera as diferenças de mortalidade para os 12 grupos de espécies encontram-se as associações significativas óbvias entre “Aves estepárias” (Costa *et al.* 2003), “Galiformes” e “Cegonha-branca” (Rosa *et al.* 2005) com o *habitat* “Estepe” e “Aves aquáticas” (Farinha & Costa 1999) e o *habitat* “Zonas Húmidas Costeiras”, o que confirma as referências à importância do habitat que se encontram na bibliografia (e.g.: Haas 1980, Herrero *et al.* 1981). Estes resultados para os dois *habitats* referidos estão relacionados com o facto das 7 Áreas Classificadas com mortalidade acima da média nacional serem 4 zonas húmidas e 3 áreas onde predominam as planícies cerealíferas (Costa *et al.* 2003).

#### Mortalidade por electrocussão

A Taxa de Mortalidade Estimada por electrocussão foi de  $0,31 \pm 0,07$  aves por apoio e por ano. Este valor é maior do que as 0,18 aves por apoio por ano, determinado por Infante *et al.* (2005) com dados recolhidos apenas entre 2003 e 2005. Não é claro porque se verificou esta variação. Os valores de outros autores são bastante variados em resultado dos diferentes esforços de amostragem aplicados (Bevanger 1998). Janss & Ferrer (1996) estimaram uma média de 0,09 aves por apoio por ano e APLICC (1996) obteve um valor de 0,15 aves por apoio por ano, ambos com amostras superiores a 3000 apoios. Para amostras inferiores a

1000 apoios as taxas de mortalidade variam entre 0,33, 0,42 e 5,20 aves por apoio por ano (Olendorff *et al.* 1981, Boeker & Nickerson 1975, Benson 1981). Os estudos com amostras mais pequenas tendem a concentrar-se em apoios onde a probabilidade de colisão é maior.

Foi encontrada uma diferença estatística importante para a mortalidade entre diferentes tipologias. As tipologias com valores de mortalidade acima da média possuem apoios com elementos em tensão no topo do poste e por cima das travessas, o que é referido na maioria da bibliografia (e. g. Haas, 1980; Olendorf *et al.*, 1981; Ferrer *et al.* 1991, Negro & Ferrer 1995). Esse efeito é claro quando se verifica que dentro de um mesmo tipo de armação de apoio, a diferença no tipo de isoladores e a função dos apoios influencia a mortalidade por electrocussão. Os apoios com cadeias de amarre (condutores ao nível das travessas) provocam mais mortalidade que os mesmos apoios em alinhamento (condutores abaixo das travessas). Em sentido contrário sempre que os isoladores passam de isoladores rígidos (condutores acima da travessa) para cadeias de amarre, diminui a mortalidade.

Para os diferentes grupos de espécies também se encontraram diferenças na probabilidade de electrocussão entre as tipologias. Um bom modo de ilustrar a diferente sensibilidade dos grupos de espécies à electrocussão neste estudo, é verificar o número de tipologias com registos de mortalidade para “Rapinas pequenas” (5 tipologias), “Rapinas médias” (11 tipologias) e “Aves planadoras” (12 tipologias). À medida que aumenta a envergadura média das espécies destes grupos semelhantes, diminui a diferença encontrada entre a mortalidade por electrocussão nas diferentes tipologias.

Não foram encontradas diferenças na mortalidade por electrocussão entre épocas pelas mesmas razões apresentadas para a colisão. No entanto a diferença entre *habitats* foi significativa, com valores máximos nas áreas de “Floresta”. Mais de dois terços do *habitat* “Floresta” corresponde a Montado (68%) que tem grande abundância de espécies sensíveis à electrocussão, Accipitriformes, Cicconiformes e corvídeos (e.g.: Leshem 1985, Bevanger 1994, Bayle 1999, Janss 2000). No que diz respeito a análise da influência do habitat na mortalidade de grupos de espécies, apenas algumas classes apresentaram diferenças significativas. No caso das “Rapinas pequenas” a mortalidade está concentrada em habitat “Estepe”, o que é de esperar para um grupo composto exclusivamente por espécies de Peneireiro.

As 6 Áreas Classificadas onde a mortalidade por electrocussão foi o dobro da média nacional têm alguma ligação aos *habitats* com maior mortalidade como a “Floresta” (Montado), mas também às “Zonas Húmidas Interiores”.

#### Medidas de correcção para linhas

As medidas de minimização aplicadas em linhas já em operação obtiveram resultados diferentes para a colisão e para a electrocussão. A redução da colisão com as Espirais simples de 8cm de diâmetro foi baixa e sem significado estatístico. As referências mais comuns na bibliografia dizem respeito a medidas aplicadas em linhas de Muito Alta Tensão. Nessas linhas a sinalização dos cabos com Espirais simples de cor cinzenta obteve resultados também

baixos (e.g.: Heijins 1980, Raevel & Tombal 1991, Neves *et al.* 2005). Uma excepção é o estudo realizado na Holanda onde se verificou uma redução da mortalidade de 65% (Koops & de Jong 1982). O uso de Espirais duplas em linhas de MAT tem resultados de redução de colisão superiores, que variam entre os 60% e os 81% (Alonso *et al.* 1994, Janss & Ferrer 1998, Alonso y Alonso 1999, De La Zerda & Rosselli 2003). O uso destas espirais de maior tamanho não é recomendado para a maioria das linhas de média tensão devido ao pequeno diâmetro dos cabos condutores e ao peso dos dispositivos que pode causar problemas de equilíbrio mecânico dos apoios.

A redução da mortalidade por electrocussão no presente estudo foi importante e tem significado estatístico para a tipologia Triângulo com isoladores rígidos. As poucas mortalidades ocorridas não podem ser explicadas por colocação deficiente dos equipamentos de isolamento, que foram verificados no terreno. Entre as espécies envolvidas encontram-se aves de grande envergadura como 4 Cegonhas-brancas e um Grifo, o que terá contribuído para os acidentes.

A redução da mortalidade por electrocussão tende a ser mais eficaz e com carácter permanente quando se opta por tipos de desenho de armações mais seguras, quer no que diz respeito à posição dos cabos condutores em relação às travessas, quer no que respeita à distância entre fases (Olendorff *et al.* 1981, Lehman 1999). Quando se opta por uma solução mais temporária como o isolamento dos elementos em tensão os vários estudos publicados referem taxas de redução da mortalidade de electrocussão semelhantes aos obtidos neste estudo (e.g.: APLIC 1996).

#### Medidas de minimização para novas linhas

As novas linhas construídas com medidas de minimização registaram menos mortalidade por colisão que linhas vizinhas sem qualquer medida de minimização. A diferença de mortalidade nestas linhas com Espirais simples ou Fitas nos cabos condutores foi significativa. Este resultado pode explicar-se pelo facto das espirais usadas terem cor branca ou vermelha. Pelo menos dois estudos indicam que Espirais simples de cor branca e vermelha, colocadas de modo alternado, obtêm melhores resultados que as espirais de cor cinzenta (Raevel & Tombal 1991, Brown & Drewien 1995). As espirais brancas serão mais visíveis ao amanhecer e ao anoitecer, enquanto as espirais de cor vermelha são mais eficazes durante o dia. Estes resultados devem ser considerados em conjunto com os dados da correcção de linhas, que demonstraram a ineficácia das Espirais simples. Também deve ser referido que as Espirais simples não apresentam qualquer efeito em grupos importantes de aves, como a Abetarda ou os Grous (Janss & Ferrer 2000).

As linhas com protectores dos condutores também causaram menos mortalidade por electrocussão que linhas vizinhas sem isolamento das fases junto aos apoios. Essa diferença não é significativa porque os valores de mortalidade registados são baixos (inferiores à media nacional) quer nas linhas com medidas quer nos seus controlos. As electrocussões em linhas de Galhardete com Anti-pousos do modelo 3 foram ligeiramente superiores aos seus controlos.

Esse valor não é significativo, mas merece alguma atenção. A colocação de Anti-pousos no topo de apoios de Galhardete com isoladores suspensos, pode favorecer o pouso das aves nas travessas do meio ou de baixo, possibilitando o toque com o cabo condutor suspenso da travessa imediatamente acima. A eficácia da colocação de anti-pousos parece clara para apoios com isoladores rígidos ou cadeias de amarre, mas pode não ser eficaz para apoios com isoladores suspensos.



## 7 – CONCLUSÕES

A amostra da Rede de Distribuição considerada neste estudo não é a mais uniforme em termos de cobertura de Áreas Classificadas ou em termos das variáveis tipologia e *habitat*, mas reuniram-se as condições necessárias para permitir a estimativa de Taxa de Mortalidade robustas para a colisão e a electrocussão e para se avaliar a influência da tipologia e do *habitat*.

A Taxa de Mortalidade Estimada para a colisão em linhas de média e alta tensão é um valor importante por ser tão pouco frequente em artigos publicados. A sua ordem de grandeza é equivalente a alguns estudos realizados para colisão em linhas de muito alta tensão.

Os valores obtidos para a colisão considerando linhas com diferentes níveis de cabos em disposição vertical, contrariam a assunção generalizada para estudos em muito alta tensão e merecem uma investigação mais aprofundada.

A Taxa de Mortalidade Estimada para a electrocussão é equivalente à maior parte da bibliografia disponível.

As diferenças na mortalidade entre diferentes tipologias confirmam a perigosidade de apoios com elementos em tensão no topo dos postes e por cima das travessas.

Não se verificaram influências da época na probabilidade de mortalidade por colisão ou electrocussão, mas há uma interacção entre os resultados da época e a mortalidade por colisão nas diferentes tipologias amostradas.

Os *habitats* atravessados pelas linhas estudadas influenciam a probabilidade de colisão para grupos de espécies como as “Aves estepárias”, “Galliformes”, “Aves aquáticas” e “Cegonha-branca”. Este parâmetro também influencia a probabilidade de electrocussão no total de espécies consideradas e nos grupos “Rapinas Pequenas” e “Aves Planadoras”.

As medidas de minimização aplicadas em linhas já em exploração não foram eficazes para a colisão, mas reduziram de modo significativo a mortalidade por electrocussão.

As medidas de minimização aplicadas na construção de linhas novas resultaram em menores registos de colisão, quando comparadas com linhas em exploração sem medidas de minimização. A electrocussão não foi menor nas linhas novas quando comparadas com linhas em exploração sem medidas de minimização.

As Espirais simples com cor branca e vermelha foram eficazes na minimização da colisão, ao contrário das Espirais simples de cor cinzenta.

A colocação de Anti-pousos do Modelo 3 em apoios de Galhardete com isoladores suspensos não é recomendada de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

## 8 - BIBLIOGRAFIA

Alonso, J.C., J.A. Alonso, R. Munoz-Pulido 1994. Mitigation of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. *Biological Conservation* 77: 79-86.

Alonso J.A. & J.C. Alonso 1999. Colisión de aves con líneas de transporte de energía eléctrica en España. In Ferrer M. & G. Janss (eds.): *Aves y Líneas eléctricas. Colisión, electrocución y nidificación*. Quercus. 253 pp.

Avian Power Line Interaction Committee (APLICC) 1996. *Suggested practices for raptor protection on power lines: the state of the art in 1996*. Edison Electric Institute. Washington D.C. 125pp.

Bagyura, J., T. Szitta, L. Haraszthy, J. Fidlóczy & M. Prommer 2009. Results of the Saker conservation programme in Hungary, 1980-2006. Sielicke, J. & Mizera, T. (eds.) (2009). *Peregrine Falcon Populations - Status and Perspectives in the 21st century*. Turul.

Barrett, G.C. & D.V. Weseloh 2008. Bird Mortality Near High Voltage Transmission Lines in Burlington and Hamilton, Ontario, Canada Environment Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium, 2008. Pages 421-428.

Bayle, P. 1999. Preventing Birds of prey problems at transmission lines in Western Europe. *Raptor Research* 33 (1):43-48.

Beaulaurier, D.L. 1981. *Mitigation of bird collision with transmission lines*. Bonneville Power Administration. U.S. Department of Energy 71Pp.

Benson, P.C. 1981. Large raptor electrocution and power pole utilization: a study in six western states. Ph.D. Dissertation. Brigham Young University. Provo, Utah. 98 pp.

Bevanger, K. 1994. Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigation measures. *Íbis* 136: 412-425.

Bevanger, K. 1995. Tetraonid mortality caused by collisions with power lines in boreal forest habitats in central Norway. Fauna Norvegica Serie C, *Cinclus* 18: 41-51.

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

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

Bevanger, K., O.Y. Bakke & S. Engen 1994. Corpse removal experiments with Willow Ptarmigan (*Lagopus lagopus*) in power-line corridors. *Okologie der Vogel* 16: 597-607.

Boeker, E.L. & Nickerson, P.R. 1975. Raptor electrocutions. *Wildlife Society Bulletin* 3(2): 79-81.

Bridges, J.M. & T.R. Anderson 2000. Mitigating the Impacts of Electric Facilities to Birds. The Seventh Annual International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management. Goodrich-Mahoney, J.W., D.F. Mutire & C.A. Guild (eds.) Elsevier Science, Ltd. Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK. Pages 389-391.

Brown, W.M. & R. C. Drewien 1995. Evaluation of two power line markers to reduce crane and waterfowl collision mortality. *Wildlife Society Bulletin* 23: 217-227.

Costa, L.T., M. Nunes, P. Geraldes & H. Costa 2003. *Zonas Importantes para as Aves em Portugal*. SPEA, Lisboa. 160pp.

De La Zerda, S. & Rosselli, S. 2003. Mitigación de colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica com marcaje del cable de guarda. *Ornitología Colombiana* 1: 42-62.

Dixon, A., N. Batbayar, M. Etheridge, P-O. Gankhuyag & S. Gombobaatar 2008. Development of the Artificial Nest Project in Mongolia. *Falco* 32: 8-10.

Faanes, C. A. 1981. Assessment of power lines siting in relation to bird strikes in the Northern great plains. 1980 Annual Report. U.S. Fish Wildlife Service. Northern Prairie Wildlife Research Center. Jamestown, North Dakota.

Faanes, C. A. 1987. Bird behaviour and mortality in relation to power lines in prairie habitats. U.S. Fish Wildl. Serv. Technical Report 7.

Farinha J & H. Costa 1999. *Aves aquáticas de Portugal*, ICN 1999. Lisboa.

Ferrer M., M. De La Riva & J. Castroviejo 1991. Electrocution of Raptors on Power Lines in Southwestern Spain. *Journal of Field Ornithology* 62 (2): 181-190.

Ferrer, M. & G.F. Janss 1999. *Aves y Líneas eléctricas. Colisión, electrocución y nidificación*. Quercus. 253 pp.

Franson, J.C., L. Siloe, & J.J. Thomas 1995. Causes of eagle deaths. Page 68 in LaRoe, E.T., G.S. Farris, C.E. Puckett, P.D. Doran & M.J. Mac (eds.) Our living resources: a report to the nation on the distribution, abundance, and health of U.S. plants, animals, and ecosystems. U.S. Dep. Interior, National Biological S.

Haas, D. 1980. Gefährdung unserer Grossvögel durch Stromschlag-eine Dokumentation. *Ökologie der Vogel 2*: 7-57.

Hartman, P.A., S.Y. Byrne & M.F. Dedon 1992. Bird Mortality in relation to the Mare Island 115-kV transmission line: Final Report 1988-1991. Department of Navy, Western Division., Cal. Pg Report 443-91.3.

Heijnis, R. 1980. Vogelotod durch Drahtanflüge bei Hochspannungsleitungen. *Ökologie der Vogel 2*: 111-129.

Hugie, R.D., J.M. Bridges, B.S. Chanson & M. Skougard 1993. Results of a post construction bird monitoring study on the Great Falls-Conrad 230kV transmission line. Pp 16.1-16.21. in. EPRI Proceedings: Avian Interactions with utility structures. International workshop September 13-16 1992, Miami. Electric Power Research Institute.

Infante, S., J. Neves, J. Ministro & R. Brandão 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 Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Castelo Branco. 217pp.

James, B. W. & B.A. Haak 1979. Factors affecting avian flight behavior and collision mortality at transmission lines. Bonneville Power Administration Report. U. S. Department of Energy, Oregon.

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

Janss, G. F. & M. Ferrer. 1998. Rate of collision with power lines: conductor-marking and groundwire-marking. *Journal of Field Ornithology* 69: 8-17.

Janss, G.F. & M. Ferrer. 2000. Common crane and great bustard collision with power lines: mortality rate and risk exposure. *Wildlife Society Bulletin* 28 (3): 675-680.

Lehman, R.N., A.R. Ansell, M.G. Garrett, A.D. Miller & R.D. Olendorff 1999. Suggested practices for raptor protection on power lines: The American Story. P. 125-144 in: *Birds and Power Lines. Collision, Electrocutation and Breeding*. M. Ferrer and G.F. Janss (eds.) Servicios Informativos Ambientales/Quercus, Madrid, Spain.

Leshem, Y. 1995. Griffon vultures in Israel: Electrocutation and other reasons for a declining population. *Vulture News* 13: 14-20.

Longridge, M.W. 1986. The impact of power lines in bird flight behaviour, with reference to collision mortality and systems reliability. Bird Res. Comm., ESCOM Report, Johannesburg.

Koops, F.B. & J. DE Jong. 1982. Verminderin van draadslachtoffers door markering van hoogspanningsleidingen in de omgeving van Heerenveen. *Electrotechniek* 60: 641-646.

Mañosa, S. & J. Real 2001. Potencial negative effects of collisions with transmission lines on a Bonelli's Eagle population. *Journal Raptor Reserch* 35: 247 – 252.

Monteiro, A. 1999. Mortalidadade de aves em Linhas Eléctricas no Parque Natural do Douro Internacional. ICNB, Mogadouro. pp. 12.

Matos, N. 1997. Avaliação do Impacto de Linhas Eléctricas no Estuário do Tejo. Relatório de Estágio de Licenciatura. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Mathiassons, J. 1993. Mute Swans *Cygnus olor* killed from collision with electrical wires a study of two situations in Sweden. *Environmental Poll* 80: 239-246.

Meyer, J.R. 1978. Effects of transmission lines on bird flight behavior and collision mortality. Bonneville Power Administration Report. U. S. Department of Energy, Oregon.

Morkill, A.E. & S.H. Anderson 1991. Effectiveness of marking powerlines to reduce Sandhill crane collisions. *Wildlife Society Bulletin* 19: 442-449.

Navazo, V. & J. Roig 1997. Estúdio sobre la nidificacion de aves en torres de líneas de transporte de electricidad. Pp. 223-231. in Segundas Jornadas sobre Linhas Eléctricas y Médio Ambiente. Red Electrica de Espanha, Madrid.

Negro, J.J. 1987. Adaptacion de los tendidos eléctricos al entorno. Monografia de *Alytes* (1) Adenex, Merida.

Negro, J.J. & Ferrer, M. 1995. Mitigation measures to reduce electrocution of birds on power lines. *Ibis* 137: 423-424.

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

Olendorff, R.R., A.D. Miller & R.N. Lehman 1981. Suggested practices for raptor Protection on Power Lines – Edison Electric Institute Washington.

Potapov, E., D. Sumya, S. Gombobaatar & N.C. Fox 2002. Nest site selection in Mongolian Sakers. *Falco* 19, 9-10.

Raevel, P., & J.C. Tombal 1991. Impact des lignes haute-tension sur l'avifaune. *Aménagement et Environnement* 1:1-56.

Rayner, J.M.V. 1988. Form and function in avian flight. *Current Ornithology* 5: 1–66.

Rensen, T.A., A. De Bruin, J.H. Van Doorn, A. Gerritsen, N.G. Greven & C.J. Smit 1975. Vogelsterft in Nederland tengevolge van aanvaringen met hoogspanningslijnen. Rijkinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem: 1-64.

Rocha, P. 1999. Impacto de linhas eléctricas no Parque Natural do Vale do Guadiana. ICNB, Mértola. 7pp.

Rosa, G., V. Encarnação & M. Candelária 2005. V Censo Nacional de Cegonha Branca. Encontro Internacional sobre linhas Eléctricas e Avifauna, Lisboa.

Rusz, P.J., H.H. Prince, R. D. Rusz & G.A. Dawson 1986. Bird collision with transmission lines near power plant cooling pond. *Wildlife Society Bulletin* 14: 441- 444.

Savereno, A.J., A. L. Savereno, R. Boettcher, & S.M. Haig 1996. Avian behaviour and mortality at power lines in coastal South Carolina. *Wildlife Society Bulletin* 24: 636-648.

Scott, R., L. Roberts & C. Cadbury 1972. Bird deaths from power lines at Dungeness. *British Birds* 65: 273 – 286.

Zar, J. H. 1998. *Biostatistical Analysis*. Eds. Prentice Hall International. 4<sup>th</sup>. Ed. New Jersey.

## ANEXOS

Tabela Anexa I – Lista de espécies recolhidas nos trabalhos de prospecção e monitorização de transectos de linhas de média e alta tensão. Indica-se o número de indivíduos mortos por electrocussão e colisão.

Nome científico	Nome comum	Electrocussão	Colisão
<i>Egretta garzetta</i>	Garça-branca	0	8
<i>Bubulcus ibis</i>	Garça-boieira	0	46
<i>Ardea cinerea</i>	Garça-real	2	3
<i>Ardea purpurea</i>	Garça-Imperial	0	1
<i>Ciconia ciconia</i>	Cegonha-branca	120	27
<i>Anas crecca</i>	Marrequinha	0	11
<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato-real	0	16
<i>Pandion haliaetus</i>	Águia-pesqueira	1	0
<i>Gyps fulvus</i>	Grifo	11	1
<i>Aquila crysaetus</i>	Águia-real	0	2
<i>Aquila adalberti</i>	Águia-imperial-ibérica	1	0
<i>Aegypius monachus</i>	Abutre-preto	0	1
<i>Circaetus gallicus</i>	Águia-cobreira	22	1
<i>Hieraaetus pennatus</i>	Águia-calçada	10	1
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	Águia-Bonelli	7	1
<i>Milvus migrans</i>	Milhafre-negro	16	0
<i>Milvus milvus</i>	Milhafre-real	1	1
<i>Elanus caeruleus</i>	Peneireiro-cinzento	1	1
<i>Circus cyaneus</i>	Tartaranhão-cinzento	2	2
<i>Circus sp.</i>	Tartaranhões	2	0
<i>Circus aeruginosus</i>	Águia-sapeira	1	0
<i>Circus pygargus</i>	Águia-caçadeira	4	5
<i>Buteo buteo</i>	Águia-d'asa-redonda	106	5
<i>Accipiter nisus</i>	Gavião	0	1
<i>Accipiter gentilis</i>	Açor	8	0
<i>Falco tinnunculus</i>	Peneireiro-comum	47	0
<i>Falco naumanni</i>	Francelho	10	0
<i>Falco peregrinus</i>	Falcão-peregrino	2	0
<i>Falco sp.</i>	Peneireiros	3	0
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz	0	52
<i>Scolopax rusticola</i>	Galinholha	0	2
<i>Fulica atra</i>	Galeirão	0	1
<i>Gallinago gallinago</i>	Narceja	0	1
<i>Gallinula chloropus</i>	Galinha-d'água	0	3
<i>Vanellus vanellus</i>	Abibe	0	14
<i>Coturnix coturnix</i>	Codorniz	0	33
<i>Otis tarda</i>	Abetarda	0	7



Tabela Anexa I (continuação) – Lista de espécies recolhidas nos trabalhos de prospecção e monitorização de transeptos de linhas de média e alta tensão. Indica-se o número de indivíduos mortos por electrocussão e colisão.

Nome científico	Nome comum	Electrocussão	Colisão
<i>Tetrax tetrax</i>	Sisão	0	28
<i>Actitis hypoleucos</i>	Maçarico-rochas	0	1
<i>Pluvialis apricaria</i>	Tarambola-dourada	0	7
<i>Calidris alpina</i>	Pilrito-barriga-preta	0	19
<i>Charadrius hiaticula</i>	Borrelho-grande-de-coleira	0	5
<i>Charadrius alexandrinus</i>	Borrelho-coleira-interrompida	0	2
<i>Himantopus himantopus</i>	Pernalonga	0	3
<i>Calidris minuta</i>	Pilrito-pequeno	0	2
<i>Calidris alba</i>	Pilrito-das-praias	0	2
<i>Arenaria interpres</i>	Rola-do-mar	0	2
<i>Numenius phaeopus</i>	Maçarico-galego	0	2
<i>Sterna sp.</i>	Andorinhas do mar	0	2
<i>Larus sp.</i>	Gaivotas	1	0
<i>Larus cachinnans</i>	Gaivota-patas-amarelas	1	1
<i>Pterocles orientalis</i>	Cortiçol-de-barriga-preta	0	1
<i>Columba livia</i>	Pombo-das-rochas	2	43
<i>Columba palumbus</i>	Pombo-torcaz	1	80
<i>Streptopelia turtur</i>	Rola-brava	0	10
<i>Streptopelia decaoto</i>	Rola-turca	2	17
<i>Stix aluco</i>	Coruja-do-mato	5	2
<i>Bubo bubo</i>	Bufo-real	11	2
<i>Tyto alba</i>	Coruja-das-torres	7	5
<i>Athene noctua</i>	Mocho-galego	3	0
<i>Caprimulgus ruficollis</i>	Noitibo-de-nuca-vermelha	0	3
<i>Otus scops</i>	Mocho-de-orelhas	0	2
<i>Alcedo atthis</i>	Guarda-rios	0	1
<i>Merops apiaster</i>	Abelharuco	0	2
<i>Upupa epops</i>	Poupa	0	5
<i>Jynx torquilla</i>	Torcicolo	0	1
<i>Riparia riparia</i>	Andorinha-das-barreiras	0	1
<i>Hirundo rustica</i>	Andorinha-das-chaminés	0	1
<i>Hirundo daurica</i>	Andorinha-aurica	0	1
<i>Delichon urbica</i>	Andorinha-dos-beirais	0	1
<i>Garrulus glandarius</i>	Gaio	2	2
<i>Clamator glandarius</i>	Cuco-rabilongo	0	1
<i>Coracias garrulus</i>	Rolieiro	1	3
<i>Alauda arvensis</i>	Laverca	0	4
<i>Lullula arborea</i>	Cotovia-pequena	0	2

Tabela Anexa I (continuação) – Lista de espécies recolhidas nos trabalhos de prospecção e monitorização de transeptos de linhas de média e alta tensão. Indica-se o número de indivíduos mortos por electrocussão e colisão.

Nome científico	Nome comum	Electrocussão	Colisão
<i>Galerida theklae</i>	Cotovia-do-monte	0	2
<i>Anthus pratensis</i>	Petinha-dos-prados	0	6
<i>Galerida sp</i>	Cotovia	0	6
<i>Melanocorypha calandra</i>	Calhandra-real	0	4
<i>Calandrella brachidactyla</i>	Calhandrinha	0	2
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Chasco-cinzento	0	2
<i>Oenanthe hispanica</i>	Chasco-ruivo	0	1
<i>Turdus iliacus</i>	Tordo-ruivo	0	2
<i>Turdus merula</i>	Melro	0	5
<i>Turdus philomelus</i>	Tordo-comum	0	28
<i>Sylvia atricapilla</i>	Toutinegra-cabeça-preta	0	9
<i>Sylvia cantillans</i>	Toutinegra-carrasqueira	0	4
<i>Sylvia borin</i>	Felosa-das-figueiras	0	2
<i>Sylvia conspicillata</i>	Silvia-de-bigodes	0	2
<i>Sylvia melanocephala</i>	Toutinegra-cabeça-preta	0	1
<i>Phylloscopus collybita</i>	Felosa	0	1
<i>Phylloscopus trochilus</i>	Felosa-musical	0	5
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Rouxinol-dos-caniços	0	1
<i>Locustella naevia</i>	Felosa-malhada	0	1
<i>Certhia brachydactyla</i>	Trepadeira-comum	0	1
<i>Lanius senator</i>	Picanço-barreteiro	2	3
<i>Lanius collurio</i>	Picanço-de-dorso-ruivo	0	1
<i>Lanius meridionalis</i>	Picanço-real	1	10
<i>Pica pica</i>	Pega-rabuda	1	4
<i>Cyanopica cooki</i>	Pega-azul	0	9
<i>Corvus monedula</i>	Gralha-de-nuca-cinzenta	1	1
<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	Gralha-de-bico-vermelho	2	0
<i>Corvus corone</i>	Gralha-preta	58	2
<i>Corvus corax</i>	Corvo	47	1
<i>Oriolus oriolus</i>	Papa-figos	0	1
<i>Sturnus unicolor</i>	Estorninho-preto	66	31
<i>Sturnus sp.</i>	Estorninho sp.	2	5
<i>Parus caeruleus</i>	Chapim-azul	0	1
<i>Sitta europaea</i>	Trepadeira-azul	0	2
<i>Parus major</i>	Chapim real	0	2
<i>Saxicola torquata</i>	Cartaxo	0	3
<i>Passer montanus</i>	Pardal	0	3
<i>Passer domesticus</i>	Pardal-comum	0	19

Tabela Anexa I (continuação) – Lista de espécies recolhidas nos trabalhos de prospecção e monitorização de transeptos de linhas de média e alta tensão. Indica-se o número de indivíduos mortos por electrocussão e colisão.

Nome científico	Nome comum	Electrocussão	Colisão
<i>Petronia petronia</i>	Pardal-francês	0	12
<i>Fringilla coelebs</i>	Tentilhão	0	1
<i>Carduelis cannabina</i>	Pintaroxo	0	2
<i>Carduelis carduelis</i>	Pintassilgo	0	5
<i>Miliaria calandra</i>	Trigueirão	0	61
	Ave n identificada	58	78