

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

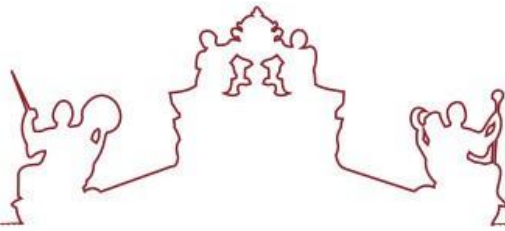
Padrões de atropelamento de aves e mamíferos de médio e grande porte no troço rodoviário do IC1 Marateca – Alvalade

João Miguel Baptista Mendes dos Santos

Orientador(es) / Paulo Sá-Sousa

Graca Maria Dias Garcia

Évora 2022



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

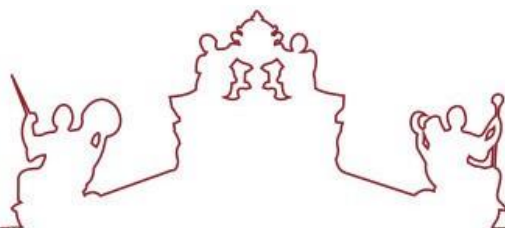
Padrões de atropelamento de aves e mamíferos de médio e grande porte no troço rodoviário do IC1 Marateca – Alvalade

João Miguel Baptista Mendes dos Santos

Orientador(es) / Paulo Sá-Sousa

Graca Maria Dias Garcia

Évora 2022



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

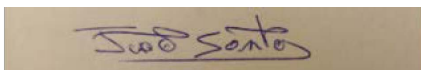
Presidente / João Eduardo Rabaça (Universidade de Évora)

Vogais / António Mira (Universidade de Évora) (Arguente)
Paulo Sá-Sousa (Universidade de Évora) (Orientador)

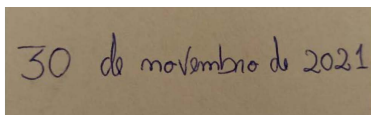
Compromisso de honra

Eu, João Miguel Baptista Mendes dos Santos, nº 45018, declaro que a presente dissertação de mestrado intitulada "Padrões de atropelamento de alguns macrovertebrados (aves e mamíferos) no troço rodoviário do IC1 Marateca - Alvalade", é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas na bibliografia ou outras listagens de fontes documentais, tal como todas as citações diretas ou indiretas têm devida indicação ao longo do trabalho segundo as normas académicas.

O candidato



Évora,



Resumo

O aumento da rede rodoviária e do tráfego, ao longo dos últimos anos, a nível mundial, tem resultado num impacte bastante negativo para a biodiversidade e para os habitats. Os atropelamentos faunísticos uma das maiores causas de morte não natural, ultrapassando a caça. Nesta dissertação pretendeu-se analisar os padrões de atropelamento de alguns macrovertebrados, aves e mamíferos de médio/grande porte, no troço do Itinerário Complementar 1 (IC1) Marateca-Alvalade, no distrito de Setúbal. Os registos decorreram entre abril de 2010 e dezembro de 2020 tendo sido realizados por responsáveis das Infraestruturas de Portugal, uma vez que é a entidade responsável pela concessão da estrada. Com os resultados obtidos através dos mapas de *Kernel Density* e do método de Malo, observou-se a existência de inúmeros *hotspots* de atropelamentos faunísticos (pontos negros) ao longo do troço estudado. Desta forma, foi possível sugerir algumas medidas de mitigação, com o objetivo de minimizar o impacte negativo que as estradas podem ter para os ecossistemas.

Palavras-chaves: rodovia; atropelamento; aves; mamíferos; Setúbal.

Road kill patterns of medium/large size birds and mammals on the IC1 road section between Marateca - Alvalade

Abstract

Over the last few years, the increase in road network and traffic had a very negative impact on biodiversity and habitats. One of the major causes of unnatural death resulting from road construction are faunistic collisions. This dissertation intends to analyse the roadkill patterns of some macrovertebrates, birds and medium/large mammals, on the section of the complementary road 1 (IC1) Marateca-Alvalade, in the district of Setúbal. The data registration took place between April 2010 and December 2020 and it has been carried out by the Infrastructures of Portugal, as it is the entity responsible for the road concession. There were observed the existence of hotspots along the studied section through the results of the Kernel maps and the Malo Method. This way, it is possible to suggest some mitigation measures in order to minimize the negative impact that roads can have on ecosystems.

Key words: roads; roadkill; birds; mammals; Setúbal

Agradecimentos

Ao Professor Paulo Sá Sousa e à Dra Graça Garcia, por toda a disponibilidade, críticas, auxílio e partilha da informação necessária para a elaboração desta dissertação.

Aos meus pais e irmã, por todo o apoio e confiança depositada em mim.

À Margarida por toda a ajuda, companheirismo, pelas palavras certas nos momentos certos, motivação e por estar sempre presente.

Aos meus amigos por toda a compreensão, pela preocupação e por toda a nossa amizade.

Um muito obrigado a tudo e a todos, que tornaram todo este processo um pouco mais fácil.

Índice

Resumo	i
Abstract	ii
Agradecimentos	iii
Índice	iv
Introdução	1
I-Metodologia	6
1.1 Área de estudo	6
1.2 Recolha de dados	8
1.3 Análise de dados	11
1.3.1 Hotspots:	11
II- Resultados	14
2.1 Mortalidade faunística geral	14
2.1.1 Evolução dos dados ao longo dos anos.....	14
2.1.2 Registo médio de dados ao longo dos meses	15
2.2 Mortalidade por grupo taxonómico	16
2.2.1 Mamíferos	16
2.2.2 Aves	20
2.3 Padrões de atropelamentos faunísticos	24
III- Discussão	33
3.1 Padrões de atropelamento.....	33
3.2 Conectividade da paisagem e medidas de mitigação	39
Conclusão	49
Referências	49

Índice de Figuras

Figura 1- Mapa de Portugal com o troço em estudo indicado a vermelho.....	7
Figura 2- Mapa do distrito de Setúbal com o troço em estudo indicado a vermelho (1:750 000).....	7
Figura 3- Número de atropelamentos registados por ano	14
Figura 4- Número médio de atropelamentos registados por mês durante a realização deste estudo.....	15
Figura 5- Gráfico com a percentagem relativa da mortalidade dos mamíferos e aves	16
Figura 6- Mortalidade por atropelamento por ordem no grupo dos mamíferos	18
Figura 7- Mortalidade por atropelamento por espécie no grupo dos mamíferos	19
Figura 8- Mortalidade por atropelamentos por ordem no grupo das aves	22
Figura 9- Mortalidade por espécie no grupo das aves	23
Figura 10 - Mapa de Kernel Density relativo aos atropelamentos no IC1	24
Figura 11- Fotografia demonstrativa de Passagens Hidráulicas com passadiços.....	43
Figura 12- Esquema de vedação em L	46
Figura 13- Esquema de vedação em L (continuação).....	46
Figura 14- Barreiras em rede utilizadas para obrigar as aves a aumentar a sua altura de voo	48

Índice de Tabelas

Tabela 1- Locais onde foram encontrados hotspots dos mamíferos.....	25
Tabela 2- Locais onde foram encontrados hotspots dos carnívoros	26
Tabela 3- Locais onde foram encontrados hotspots dos erinaceomorfos/ ouriço-cacheiro	26
Tabela 4- Locais onde foram encontrados hotspots dos lagomorfos	27
Tabela 5- Locais onde foram encontrados hotspots dos artiodátilos	27
Tabela 6- Locais onde foram encontrados hotspots da raposa	28
Tabela 7- Locais onde foram encontrados hotspots do texugo	28
Tabela 8- Locais onde foram encontrados hotspots das aves	29
Tabela 9- Locais onde foram encontrados hotspots das strigiformes	30
Tabela 10- Locais onde foram encontrados hotspots dos columbiformes	30
Tabela 11- Locais onde foram encontrados hotspots dos ciconiiformes.....	31
Tabela 12- Locais onde foram encontrados hotspots dos passeriformes	31
Tabela 13- Locais onde foram encontrados hotspots da coruja-das-torres.....	32
Tabela 14- Locais onde foram encontrados hotspots da coruja-do-mato.....	32
Tabela 15- Locais onde foram encontrados hotspots da garça-boieira	32

Introdução

Nos últimos anos, devido às alterações provocadas pelo ser humano, no meio ambiente, a biodiversidade a nível global, tem sido bastante afetada (Sala et al., 2000). Desde meados dos anos 60, no século passado, a preocupação é cada vez maior com as questões ambientais e com a influência que as atividades humanas podem ter nas mesmas (Dodd et al., 2004). De forma a combater os efeitos negativos provocados pelo Homem na natureza, as populações dos países mais desenvolvidos têm exigido aos seus governos que estas questões sejam abordadas e discutidas de forma mais recorrente (Graça, 2008).

A construção de diferentes tipos de infraestruturas, independentemente da sua tipologia e das suas funções, tem sofrido um aumento bastante significativo ao longo dos últimos anos. Estas, provocam impactes bastante negativos na natureza, sendo maioritariamente responsáveis pela alteração de paisagens, originando fragmentação ou em alguns casos total destruição de habitats, fazendo com que muitas das espécies que ocupam essas regiões, fiquem restringidas a áreas de menores dimensões e muitas vezes cercadas por estas estruturas, isolando as populações aí presentes (Kight e Swaddle, 2011). O seu impacto, pode ser muito negativo, ao ponto de levar à morte inúmeros indivíduos, originando nos piores cenários, a extinção das populações aí existentes (Kight e Swaddle, 2011).

Nos últimos anos, assim como já foi referido, as ações humanas, têm provocado alterações bastante significativas nas paisagens (Ascensão e Mira, 2006). Com a expansão contínua das áreas urbanas, tem-se verificado um acréscimo acentuado da extensão da rede rodoviária, quer em território nacional, quer a nível mundial, com o intuito de interligar as áreas povoadas (Grift et al., 2003). Este aumento provoca uma fragmentação da paisagem e, conseqüentemente, uma redução acentuada da quantidade e qualidade dos habitats e dos animais que aí podem ser encontrados (Grift et al., 2003). As rodovias têm um papel fundamental

para o desenvolvimento económico e urbano, sendo também responsáveis por potenciar interações sociais, uma vez que facilitam as movimentações dos seres humanos, entre diversos locais (Grilo, 2012). Contudo, as estradas são estruturas físicas que, interagem diretamente com os habitats envolventes e provocam alterações nos solos (Neves, 2009). Até ao ano 2050, estima-se que sejam ainda construídos aproximadamente 25 milhões de quilómetros de novas estradas, na sua grande maioria em países que se encontram em situações de desenvolvimento crescente, principalmente em zonas tropicais, caracterizadas pela sua riqueza em termos de biodiversidade (Ascensão et al., 2021). No início do presente século, estimava-se que existissem cerca de 800 milhões de viaturas em circulação no planeta, número que tem subido significativamente até aos dias de hoje, o que tem contribuído, como mais um fator relevante, para o aumento dos efeitos negativos das rodovias (Carvalho e Mira, 2011).

Com o aumento contínuo do número de estradas e de viaturas que as cruzam diariamente, estas infraestruturas tornaram-se uma das principais ameaças à biodiversidade, uma vez que colocam em perigo a conservação dos seres vivos, presentes nos territórios adjacentes (Gomes et al., 2009). Estas podem prejudicar todos os tipos de fauna, desde pequenos invertebrados a indivíduos de maior porte como roedores ou, em algumas regiões do globo, ungulados de maior porte (Carvalho e Mira, 2011).

Segundo alguns autores, existem determinados fatores principais, que realçam os efeitos negativos causados por infraestruturas, designadamente a mortalidade de animais, relacionada com a construção de rodovias ou por atropelamento (Carvalho e Mira, 2011). A criação do chamado efeito barreira, leva a que os animais vertebrados (como por exemplo as aves e os mamíferos) alterem os seus comportamentos, uma vez que a rodovia provoca restrições na sua movimentação, tanto na procura de alimentos, como na sua dispersão, resultando numa diminuição do contacto entre diferentes populações naturais. Como consequência verifica-se um aumento da consanguinidade o que conduz a uma perda de

variabilidade genética. Um aspeto bastante negativo uma vez que pode pôr em causa a capacidade de sobrevivência das populações perante alterações ambientais bruscas ou o aparecimento de doenças. Por fim, a estrada pode provocar ainda outras alterações, quer do ambiente físico como do ambiente químico da região, dispersão de espécies exóticas e um aumento significativo da utilização da área por parte do ser humano (Carvalho e Mira, 2011).

De acordo com diversos estudos realizados, a mortalidade derivada de atropelamentos é destacada como sendo o que apresenta um impacto mais prejudicial (Santos et al., 2013). Fatores como o volume do tráfego, a velocidade média dos veículos, a largura das rodovias e até mesmo a visibilidade reduzida dos automobilistas, têm um papel fundamental para os números de atropelamentos faunísticos mortais (Santos et al., 2013). Estes acidentes podem ter um efeito mais reduzido em populações de espécies mais abundantes, contudo, em populações pertencentes a grupos taxonómicos mais ameaçados, o seu impacto pode ser bastante considerável (Matilde, 2012). As espécies, que foram vítimas das colisões com os veículos, parecem estar inteiramente relacionadas com os diferentes tipos de habitats que rodeiam a estrada. Por exemplo, em áreas florestais, verificam-se mais incidentes com mamíferos ou aves, enquanto que perto de zonas húmidas, espera-se um maior número de atropelamentos de anfíbios (Santos et al., 2013).

A fragmentação dos habitats e, conseqüentemente das populações animais aí existentes, em resultado da presença das rodovias, pode afetar diversos grupos taxonómicos, como sejam as aves e os mamíferos (Coffin, 2007). O grupo das aves, parece bastante prejudicado, não só pela destruição dos seus habitats, mas também pelo elevado número de atropelamentos de que são vítimas todos os anos (Erritzoe et al., 2003). Este grupo, tem um papel extremamente importante, nos diversos nichos ecológicos que podem habitar, funcionando como bioindicadores da qualidade do ecossistema (Sekercioglu et al., 2004). O número de atropelamentos de aves é bastante elevado, uma vez que estas são em

muitos casos, levadas a atravessar as rodovias e a habitar perto destas infraestruturas. Por exemplo, a vegetação junto às bermas pode funcionar como habitat para espécies de necrófagos, como o caso das gralhas/corvos, que se alimentam dos cadáveres de outros animais, vítimas de atropelamento, ou para insetívoros, uma vez que a temperatura mais elevada, junto ao pavimento de estrada atrai insetos (Erritzoe et al., 2003). Para algumas espécies de aves, as estradas podem ainda ser utilizadas como corredores ecológicos ou rotas de migração, uma vez que são áreas abertas e sem obstáculos (Erritzoe et al., 2003).

No que diz respeito às populações de mamíferos, estas têm sofrido um grande declínio ao nível mundial (Garcês et al., 2020). A fragmentação dos seus habitats é também uma das razões responsáveis por esta diminuição (Woods e Munro, 1996). Os mamíferos utilizam as rodovias e as zonas perto das mesmas como locais de passagem para se deslocarem entre habitats, tornando-os mais vulneráveis à colisão mortal com os veículos. Para além dos mamíferos não voadores, os morcegos também podem ser afetados pelos atropelamentos faunísticos, uma vez que utilizam e voam entre os espaços abertos dos habitats para se deslocarem (Coffin, 2007).

Ademais, os atropelamentos faunísticos, representam um grande perigo para a segurança rodoviária, podendo danificar as viaturas e chegar mesmo a pôr em risco as pessoas que circulam nas mesmas (Ascensão et al., 2021). A colisão, com vertebrados de grande porte, pode pôr em causa a vida do ser humano e provocar grande estragos nas suas viaturas (Balčiauskas et al., 2020).

Entretanto, ao longo da extensão de uma rodovia existem locais onde se verifica um maior grau de mortalidade faunística, designados por *hotspots* ou pontos negros de mortalidade faunística (Carvalho, 2013). Uma das principais razões para esta ocorrência fatal está relacionada com o local escolhido pelos animais para atravessarem a rodovia. Muitas vezes a travessia faz-se em áreas onde a rodovia oferece uma menor resistência à sua travessia (relacionada com as características físicas do terreno-

habitat/uso dos solos e da estrada- intensidade do tráfego e velocidade das viaturas circulantes). Aliás, estes fatores, podem promover um afunilamento da rota e dos movimentos faunísticos, provocando, assim, um aumento do risco de colisão com os veículos em locais determinados (Santos et al., 2013).

Perante o exposto, a realização desta dissertação de mestrado, tem como objetivo principal, identificar pontos negros de mortalidade para diferentes grupos e espécies, através dos dados recolhidos pela IP – Infraestruturas de Portugal, relativos à mortalidade faunística causada pelo tráfego do IC1, no distrito de Setúbal, e assim, estudar os padrões de atropelamento.

Por fim, através deste estudo, será possível sugerir a implementação de medidas de mitigação, com o objetivo de minimizar, os impactos desta rodovia nas populações faunísticas da região.

I-Metodologia

1.1 Área de estudo

No ano de 1945, a rede nacional de estradas foi hierarquizada em três níveis (1ª, 2ª e 3ª classe), na sequência do surgimento do primeiro Plano Rodoviário Nacional. Este, era composto por cerca de 20 600 quilómetros de rodovia, tendo sido definido para cada classe medidas mínimas de largura, tal como descrito no Decreto-Lei n.º 222/98, de 17 de Julho.

Em 1998, com a entrada de Portugal na União Europeia e o desenvolvimento socioeconómico daí resultante, o Plano Rodoviário Nacional foi revisto e instituído pelo Decreto-Lei n.º 222/98, de 17 de Julho e posteriores alterações, ficando conhecido por PRN2000. De acordo com este diploma, a rede rodoviária nacional passaria a ser constituída pela rede nacional fundamental e pela rede nacional complementar, com funções de interesse nacional e internacional, totalizando 16 500 quilómetros de via. Os Itinerários Complementares enquadram-se na rede complementar e estabelecem as principais ligações regionais, bem como, as principais vias envolventes e de acesso nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto.



Figura 1- Mapa de Portugal com o troço em estudo indicado a vermelho

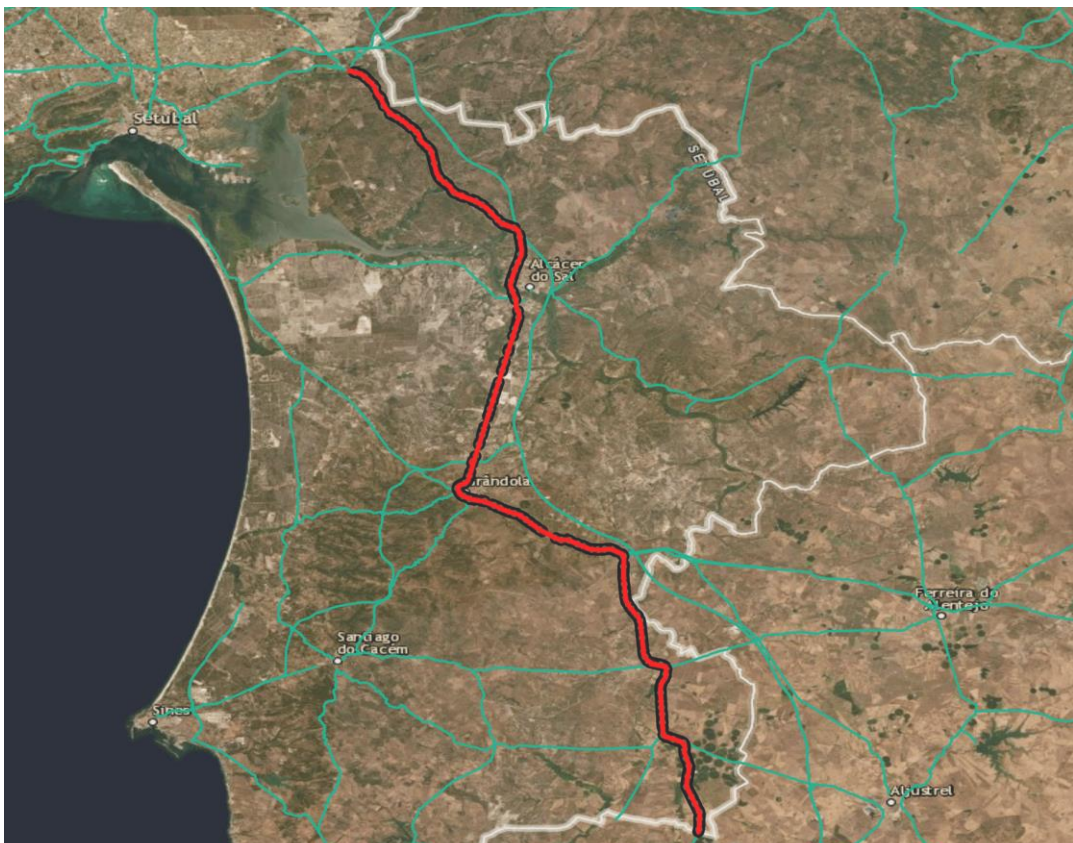


Figura 2- Mapa do distrito de Setúbal com o troço em estudo indicado a vermelho (1:750 000)

Este estudo foi realizado com base nos dados recolhidos ao longo do Itinerário Complementar 1, composto por três troços, que percorrem o distrito de Setúbal, entre as freguesias da Marateca e de Alvalade, num conjunto de 100 quilómetros. A escolha deste local, está relacionada com o elevado número de atropelamentos de animais que aí ocorrem por ano (Garcia, 2016). Os valores foram recolhidos entre 2010 e 2020 pelos operadores da Infraestruturas de Portugal (IP), com recurso à monitorização regular de cadáveres animais nas estradas (Garcia, 2021).

A região onde esta rodovia se encontra é caracterizada por apresentar um clima mediterrânico, com uma precipitação média anual, entre os 500 e os 800 mm (Rivas-Martínez, 1981).

Ao longo do troço do IC1, que se estende entre a Marateca e Alvalade, pode-se verificar que a paisagem sofreu algumas alterações por parte do ser humano, sendo composta por montado, zonas urbanas e agrícolas (Gomes et al., 2009), extensas áreas de pinhais, cultura de sequeiro, regadio e olivais. A rodovia é composta por duas faixas, uma em cada sentido e possui um volume bastante elevado de tráfego, inclusivamente noturno, sendo que ronda, entre Alcácer do Sal e Grândola, em média os 9 mil veículos por dia, muitos dos quais pesados (Laranjo, 2018). A partir de Grândola até ao limite de distrito, os valores de tráfego médio diário são mais reduzidos, sensivelmente entre os 3300 e os 5000 veículos/dia, de acordo com o Sistema de Modelação de Tráfego da IP (Graça Garcia, comunicação pessoal, novembro 28, 2021).

1.2 Recolha de dados

Tendo em conta a importância dos efeitos da mortalidade faunística, aliado à construção das rodovias, em abril de 2010 iniciou-se o registo dos dados relativos aos cadáveres de animais vítimas dos atropelamentos. Nessa mesma altura celebrou-se um protocolo entre a Ex-Estradas de Portugal (EP) (atual IP- Infraestruturas de Portugal) e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), com duração até 2013. Este, visava estabelecer uma intercolaboração na monitorização da mortalidade

dos animais nas estradas, através da formação de oficiais de inspeção (durante o primeiro ano), validação das espécies identificadas e a elaboração de relatórios de síntese anuais. O Programa de Monitorização continua a ser desenvolvido pela IP, tendo sofrido algumas mudanças metodológicas em 2015, de forma a corrigir alguns dos constrangimentos, que reduzem a veracidade dos resultados obtidos, que foram surgindo ao longo dos anos, criando assim indicadores de avaliação (Garcia, 2021).

Os registos referentes à mortalidade são feitos *in loco*, com recurso a uma plataforma web (XTranWeb), utilizada na gestão de dados georreferenciáveis.

Posto isto, estes dados são transferidos para o visualizador de informação geográfica da IP, que é um programa de Sistemas de Informação Geográfica Empresarial, onde, com recurso a uma ferramenta de edição criada pela equipa responsável pelos SIG, são complementados e sistematizados (Garcia, 2017).

É de salientar que os dados recolhidos são muitas vezes condicionados por diversos fatores:

- Clima: condições meteorológicas, como nevoeiro, forte pluviosidade ou intensa luminosidade (Grilo et al., 2009);
- Tráfego automóvel: nas zonas onde se verifica a presença de tráfego intenso, dificulta a observação dos cadáveres, uma vez que podem ficar ocultos ou mesmo danificados ou destruídos, num curto espaço de tempo (Grilo et al., 2009);
- Remoção dos cadáveres: por parte de outros animais, principalmente necrófagos (Grilo et al., 2009);
- Dimensões dos cadáveres: os indivíduos de grande porte são identificados com maior facilidade. Assim, os registos de aves e mamíferos de médio/grande porte estão mais próximos da mortalidade efetiva. Por sua vez, os restantes vertebrados, podem ter resultados subavaliados, uma vez que têm uma deteção mais difícil (Grilo et al., 2009);

- Impacto do atropelamento: a força de embate da viatura com o animal, pode ser tal, que este é projetado para fora da via ou pode apenas causar ferimentos que não impeçam o indivíduo de se mover, acabando por falecer longe do local de colisão (Grilo et al., 2009);
- Estado de conservação do cadáver: a sua resistência varia de acordo com o grupo taxonómico a que pertence. Assim sendo, as espécies que apresentam cadáveres com um grau de degradação menos elevado, tornam mais fácil a sua identificação (Grilo et al., 2009);
- Experiência do observador: Quanto maior for a experiência e a motivação, maior será a facilidade na identificação de indivíduos atropelados (Grilo et al., 2009).

Para que este último ponto influenciasse o menos possível, na veracidade dos dados recolhidos, todos os colaboradores realizaram uma formação específica, capacitando-os com uma melhor técnica de identificação dos animais e do seu posterior registo na plataforma informática (Garcia, 2020).

A mortalidade oriunda da colisão entre os animais e as viaturas resulta num impacte negativo bastante visível e quantificável. Para a realização desta dissertação foram utilizados os dados relativos aos atropelamentos faunísticos, registados entre o início do mês de abril de 2010 e o final do mês de dezembro de 2020. As inspeções, foram realizadas pelos oficiais das Unidades Móveis de Intervenção e Apoio (UMIA) distritais da IP, ao longo das inspeções regulares das estradas (Garcia, 2020).

A escolha dos dois grupos - aves e mamíferos de médio/grande porte (tamanho superior a 15-20 cm) - prendeu-se com a maior facilidade de observação e de posterior identificação, no processo de monitorização, tornando assim os resultados mais fiáveis. Além disso, salienta-se que, neste projeto, foram apenas tidos em conta os dados relativos ao atropelamento de animais selvagens. Desta forma, com recurso à análise estatística dos dados recolhidos desde abril de 2010 até dezembro de

2020, pretendeu-se verificar se existe algum padrão de mortalidade ou ocorrência de hotspots no IC1 e a sua relação com o habitat envolvente.

1.3 Análise de dados

Tal como foi referido anteriormente, apesar de os animais domésticos apresentarem registos bastante elevados, nesta dissertação serão apenas tidos em consideração os dados relativos à mortalidade de indivíduos silvestres. A separação destes dois grupos está relacionada com dois fatores, as diferenças entre os padrões e as causas de mortalidade entre ambos e o valor ecológico das espécies em questão (Garcia, 2017).

Para estudar os locais com maior densidade de ocorrência dos atropelamentos, recorreu-se a uma extensão do programa ArcGis 10.6, que é um *software* de *Spatial Analyst*, conhecida por *Kernel Density*. Esta é uma ferramenta que recorre a um conjunto de pontos (locais onde são avistados cadáveres) (How Kernel Density works, s.d.) e que permite medir o padrão de dispersão dos mesmos dentro de uma determinada área de interesse (Lala et al., 2021). Para tal, é criada uma área circular em redor de cada ponto, conhecida por raio de influência. O valor atribuído a cada célula resulta da soma dos valores *Kernel* sobrepostos e posteriormente divididos pela área do raio de pesquisa (Garcia, 2016). O mapa resultante desta função, são assinalados a diferentes cores as áreas com baixa densidade de atropelamentos e elevada (*hotspot* faunísticos) (Lala et al., 2021).

No caso dos animais silvestres, depois de recolhidos e analisados, os dados foram tratados de forma a agrupar as espécies encontradas, por grupos taxonómicos, tal como efetuado em Garcia (2021).

1.3.1 Hotspots:

Tal como foi explicado anteriormente, pretende-se encontrar a incidência de *hotspots*, também conhecidos por pontos negros, através da análise dos dados recolhidos relativos aos atropelamentos.

Com a utilização da ferramenta estimadora *Kernel Density* é possível identificar no mapa os locais da rodovia onde foi encontrada uma maior concentração de cadáveres.

A identificação destas zonas permite uma posterior intervenção por parte das entidades responsáveis da IP, com o objetivo de implementar medidas de mitigação, de forma a minimizar os atropelamentos (Garcia, 2021).

Contudo, através desta ferramenta, apenas se obtém de forma geral, os quilómetros onde este fenómeno ocorre.

Assim sendo, de forma a obter os dados concretos, onde ocorre um maior número de atropelamentos faunísticos, foi necessário recorrer ao método desenvolvido por Malo et al. (2004), que utiliza a distribuição de *Poisson*, para calcular os locais com maior probabilidade de ocorrerem atropelamentos faunísticos (Malo et al.,2004).

Para cada segmento de estrada, a probabilidade de ocorrer um determinado número de atropelamentos $p(x)$ é dada por:

$$p(x) = \frac{\lambda^x}{(x! e^\lambda)}$$

Na qual, λ representa o número médio de ocorrências por cada setor de estrada (geralmente utilizam-se setores de 500m, uma vez que se considera a extensão mais adequada, para uma posterior implementação de medidas de mitigação) (Garcia, 2021) e x , o número de ocorrências (Malo et al.,2004).

Desta forma, considera-se ser um hotspot de mortalidade faunística, sempre que um determinado troço de 500 metros tiver um número de atropelamentos mais elevado que o esperado, pelo acaso com uma probabilidade superior ou igual a 95% (Malo et al., 2004).

Nos mamíferos, este método foi aplicado definindo-os para este grupo como um todo e de seguida calculou-se para todas as ordens pertencentes ao mesmo e para as espécies de raposa, texugo e ouriço-cacheiro, por terem valores de mortalidade bastante elevados. No caso das aves, tal como foi feito com os mamíferos, o método Malo, foi utilizado para obter

os dados relativo às aves, do ponto de vista geral e de seguida calculou-se para as respectivas ordens do mesmo.

II- Resultados

2.1 Mortalidade faunística geral

Entre abril de 2010 e dezembro de 2020 foram registados mais de 1190 cadáveres (1198) de aves e mamíferos de médio/grande porte silvestres ao longo do troço do IC1 que liga a freguesia da Marateca à freguesia de Alvalade, no distrito de Setúbal.

2.1.1 Evolução dos dados ao longo dos anos

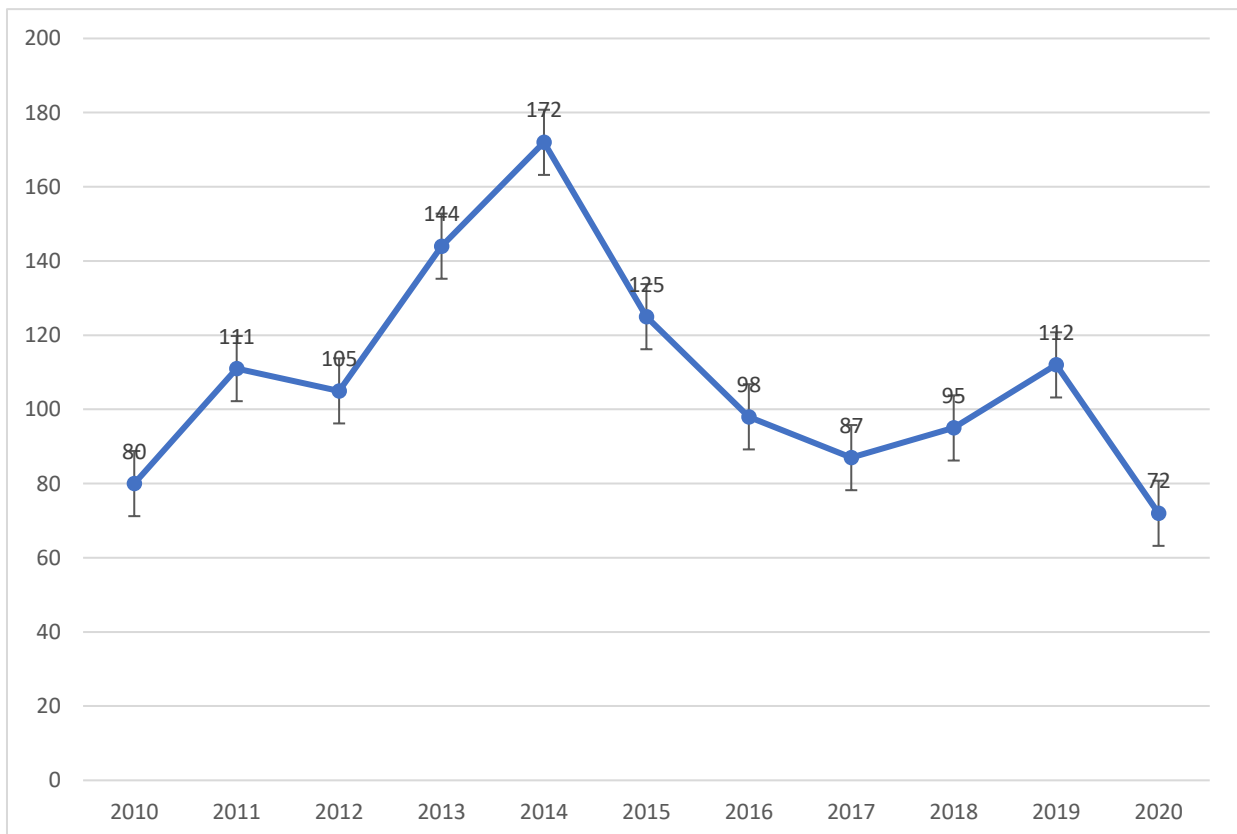


Figura 3- Número de atropelamentos registados por ano

Através da observação na *Figura 3* é possível verificar a evolução do número de atropelamentos faunísticos, ao longo dos anos, desde o início do registo de dados, em abril de 2010 até dezembro de 2020, no Itinerário Complementar 1.

Na *Figura 3* pode-se verificar que os valores sofreram alterações todos os anos. O ano de 2010 apresenta valores não muito elevados. Contudo, comparativamente com 2020, todos os valores dos anos anteriores são mais elevados.

2.1.2 Registo médio de dados ao longo dos meses

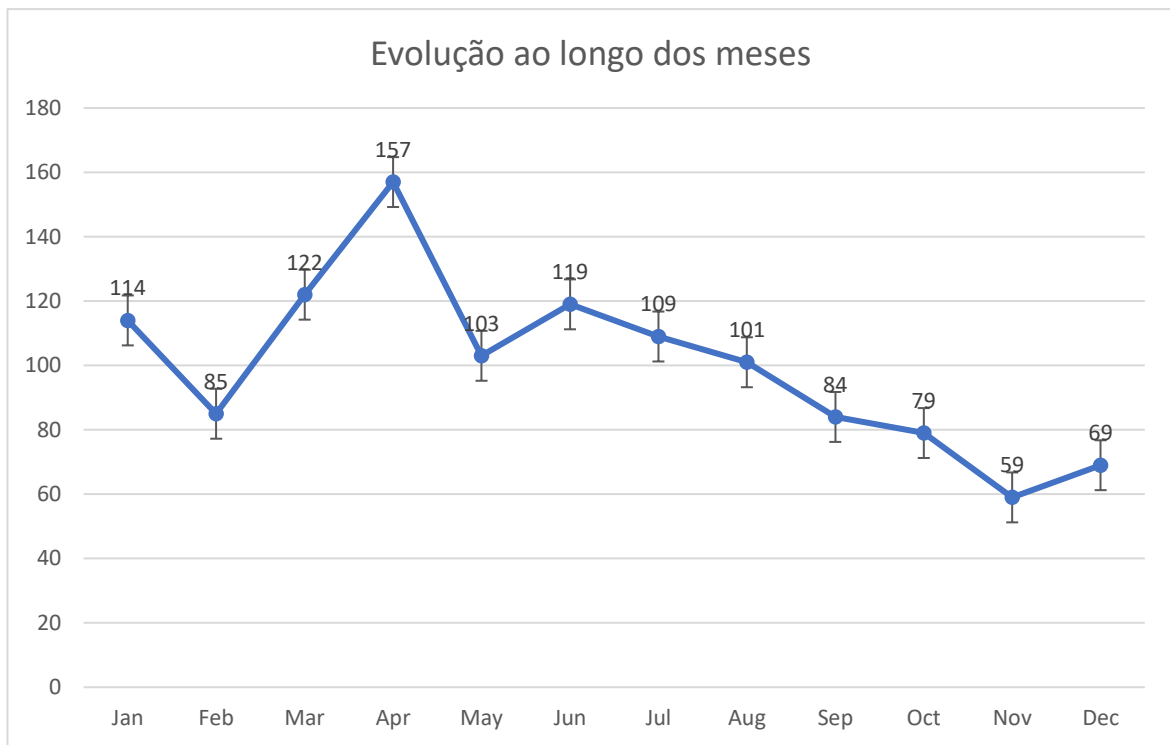


Figura 4- Número médio de atropelamentos registados por mês durante a realização deste estudo

Tal como se pode observar na *Figura 4*, ao longo de um ano podem ocorrer variações relativamente à quantidade de indivíduos atropelados no IC1.

Quando se compararam os registos dos diferentes meses desde o início dos registos em abril de 2010 e o final, em dezembro de 2020, verificou-se que no quarto mês do ano, ocorre um pico nos valores obtidos.

2.2 Mortalidade por grupo taxonómico

Ao compararmos os dois grupos taxonómicos estudados foi possível perceber, tal como se visualiza na *Figura 5*, que não se verificou uma grande discrepância entre os valores de ambos, com o grupo das aves (50%, n=604) a ser mais prejudicado do que o dos mamíferos (50%, n=594), com uma diferença pouco significativa.

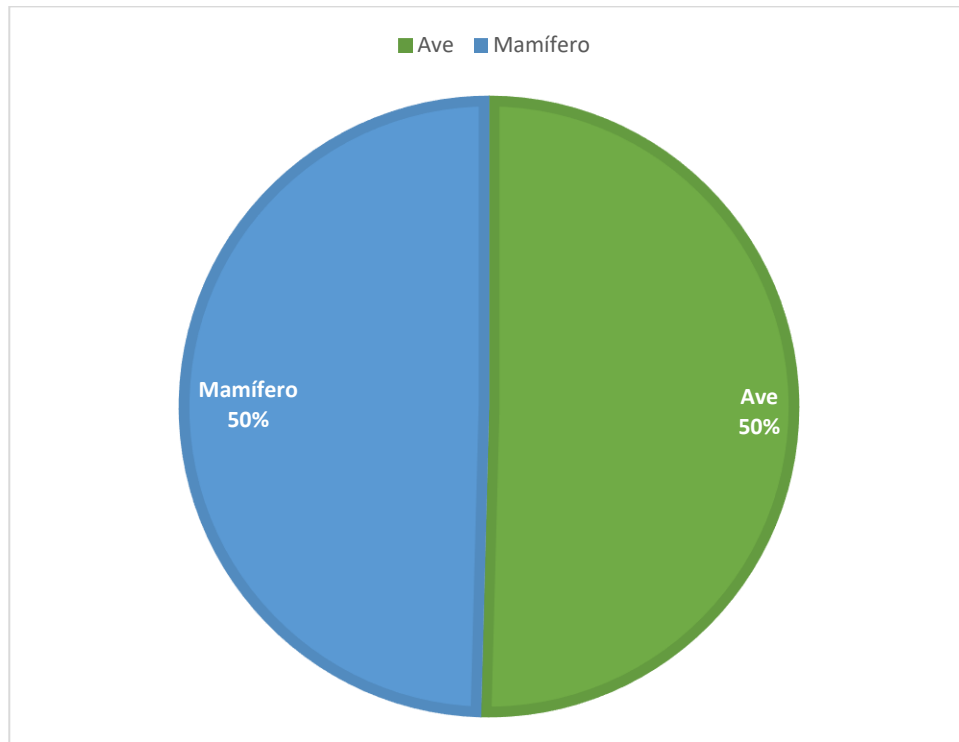


Figura 5- Gráfico com a percentagem relativa da mortalidade dos mamíferos e aves

2.2.1 Mamíferos

Pela análise da *Figura 6* percebe-se facilmente que, na classe dos mamíferos, a ordem dos carnívoros foi claramente a mais prejudicada, somando um total de 393 indivíduos atropelados.

Por sua vez, através da *Figura 7* verifica-se que a raposa (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758) foi a espécie mais encontrada, com cerca de 83 indivíduos registados, seguindo-se o texugo (*Meles meles* Linnaeus, 1758) com 80

registos. Com uma elevada frequência surgiram também sacarrabos (*Herpestes ichneumon* Linnaeus, 1758) com 69 atropelamentos, fuinha (*Martes foina*, Linnaeus, 1758) com 66 e a geneta (*Genetta genetta* Linnaeus, 1758) com 42 indivíduos.

Foram ainda encontrados 39 exemplares de lontra (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758), 12 de toirão (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758), com estatuto um devido ao seu elevado grau de decomposição.

Em segundo lugar, com cerca de 109 indivíduos registados encontram-se os erinaceomorfos, grupo composto, neste estudo, apenas por ouriços-cacheiros (*Erinaceus europaeus* Linnaeus, 1758).

O terceiro grupo mais afetado pelos atropelamentos foi o dos lagomorfos (64), com 34 coelhos (*Oryctolagus cuniculus* Linnaeus, 1758), espécie que, segundo o Livro Vermelho dos Vertebrados em Portugal (Cabral et al., 2005), se encontra “Quase ameaçada”, 29 lebres (*Lepus* Linnaeus, 1758) e 1 lagomorfo não identificado devido ao seu estado de degradação.

Nos artiodáctilos, onde se inclui o javali (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758) foram registados 13 indivíduos.

Foram ainda encontrados 2 morcegos (quirópteros). Relativamente a estes 2 exemplares, não identificados, poderão pertencer a espécies com estatuto de ameaça, visto que cerca de 36% das espécies que podem ser

encontradas em território nacional, estão classificadas como tal (Cabral et al., 2005)

Por fim, para além do roedor registado, uma ratazana (*Rattus rattus* Linnaeus, 1758) foram ainda observados 12 mamíferos, que não foi identificado devido ao seu elevado estado de decomposição.

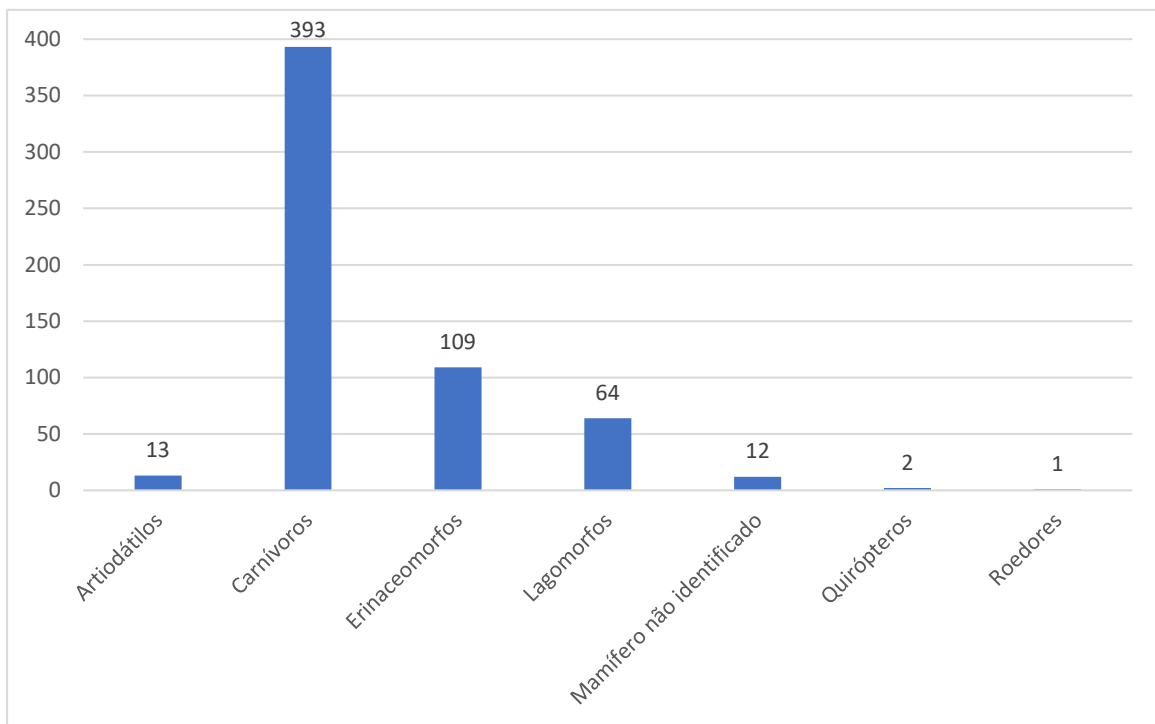


Figura 6-Mortalidade por atropelamento por ordem no grupo dos mamíferos

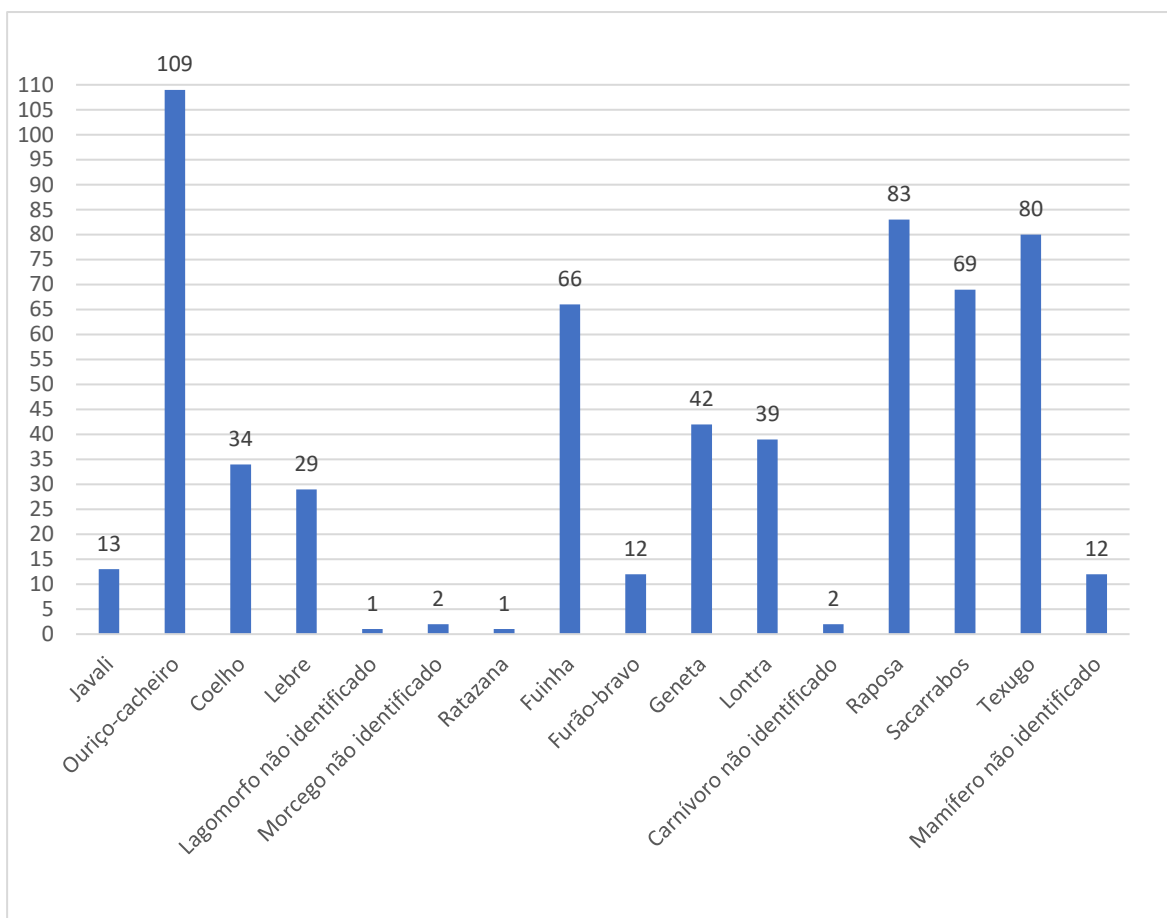


Figura 7- Mortalidade por atropelamento por espécie no grupo dos mamíferos

2.2.2 Aves

Cerca de 21% das 280 espécies de aves que se podem encontrar em Portugal têm estatuto de ameaça (Grilo et al., 2009).

Do grupo das strigiformes foram registados 401 indivíduos. A este, pertencem a coruja-das-torres (*Tyto alba* Linnaeus, 1758) com 204 registos, a coruja-do-mato (*Strix aluco* Linnaeus, 1758) com 148 registos, o mocho-galego (*Athene noctua* Linnaeus, 1758) com 21 registos, e o bufo-pequeno (*Asio otus* Linnaeus, 1758) com 11 registos.

Foram ainda encontrados 2 bufos-reais (*Bubo bubo* Linnaeus, 1758) com estatuto de conservação "Quase ameaçado" (Cabral et al., 2005) e 1 exemplar de milhafre-preto (*Milvus migrans* Linnaeus, 1758).

Por fim, observaram-se ainda 9 exemplares de rapinas noturnas e outras 5 rapinas, que não foram identificadas devido ao seu elevado grau de degradação.

Relativamente aos pelecaniformes, segundo grupo com valores mais elevados, registaram-se 81 garças-boieiras (*Bubulcus ibis* Linnaeus, 1758), 8 garças-brancas (*Ardea alba* Linnaeus, 1758) e 1 ibis-preta (*Plegadis falcinellus* Linnaeus, 1758).

Foram ainda observadas 8 aves aquáticas que não foi possível identificar, contudo, devido à proximidade de algumas destas a ninhos de garças, pensa-se que poderão ser exemplares de garça-branca ou garça-boieira, alguns dos quais juvenis.

Nos passeriformes, registaram-se 34 atropelamentos, dos quais faziam parte, 16 corvídeos, 16 corvos/gralhas (*Corvus corax* Linnaeus, 1758) (*Corvus corone* Linnaeus, 1758), com um estatuto de conservação "Quase ameaçado" (Cabral et al., 2005). Para além dos 16 corvídeos, ocorreram ainda 5 pegas-azuis (*Cyanopica cyanus* Pallas, 1776), 3 gaios (*Garrulus glandarius* Linnaeus, 1758) e 1 melro (*Turdus merula* Linnaeus, 1758).

Dos 11 passeriformes que tinham sido registados e classificados como não identificados, foi possível observar um tordo (*Turdus iliacus* Linnaeus, 1766). Este foi classificado como não identificado devido a um problema informático, uma vez que a aplicação utilizada não inclui todas as espécies

de passeriformes que existem. Desta forma, sempre que é encontrada uma espécie em que o seu nome não está disponível, regista-se como “não identificada” e identifica-se a espécie nas observações.

De um total de 21 atropelamentos de columbiformes, registaram-se 11 pombos (*Columba livia* Gmelin, 1789) e 10 rolas-turcas (*Streptopelia decaocto* Frivaldszky, 1838).

No grupo dos anseriformes, foi registado 1 pato-real (*Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758) e 5 aves aquáticas que não foi possível identificar devido ao seu mau estado, apesar de se saber que 2 destes eram patos.

Foram registados 13 accipitriformes, grupo composto por 8 águias-de-asa-redonda (*Buteo buteo* Linnaeus, 1758) e 5 peneireiros-cinzentos (*Elanus caeruleus* Linnaeus, 1758), com um estatuto de conservação “Quase ameaçado” (Cabral et al., 2005).

Encontraram-se, ainda, 12 cadáveres de ciconiiformes, todos pertencentes à espécie cegonha-branca (*Ciconia ciconia* Linnaeus, 1758).

Relativamente aos caprimulgiformes, foram observados 3 noitibós (*Caprimulgus spp* Linnaeus, 1758).

Também foram encontrados 3 cadáveres de espécies pertencentes aos charadriiformes, 2 gaivotas (*Larus fuscus* Linnaeus, 1758), com um estatuto de conservação “Vulnerável” (Cabral et al., 2005) e 1 narceja (*Gallinago gallinago* Linnaeus 1758), espécie que apresenta um decréscimo populacional, encontrando-se, segundo o Livro Vermelho dos vertebrados em Portugal, com estatuto “Criticamente em perigo” (Cabral et al., 2005).

Registaram-se também 3 coraciiformes, 2 guarda-rios (*Alcedo atthis* Linnaeus 1758) e 1 rolieiro (*Coracias garrulus* Linnaeus, 1758), espécie que apresenta um estatuto “Criticamente em perigo”, segundo o Livro Vermelho dos vertebrados em Portugal (Cabral et al., 2005).

Foram ainda avistados, 3 cucos-rabilongo (*Clamator glandarius* Linnaeus, 1758), espécie pertencente aos cuculiformes e 2 perdizes (*Alectoris rufa* Linnaeus, 1758). Foi ainda registado 1 exemplar de faisão

(*Phasianus colchicus* Linnaeus, 1758), pertencentes ao grupo dos galiformes. Contudo, esta é uma espécie exótica, que se encontra associada a atividades cinegéticas e que são geralmente exemplares que conseguem escapar durante as "largadas".

Por fim e com um número de atropelamentos bastante reduzido, foram registados 2 piciformes, 2 pica-paus malhados grandes (*Dendrocopos major* Linnaeus, 1758).

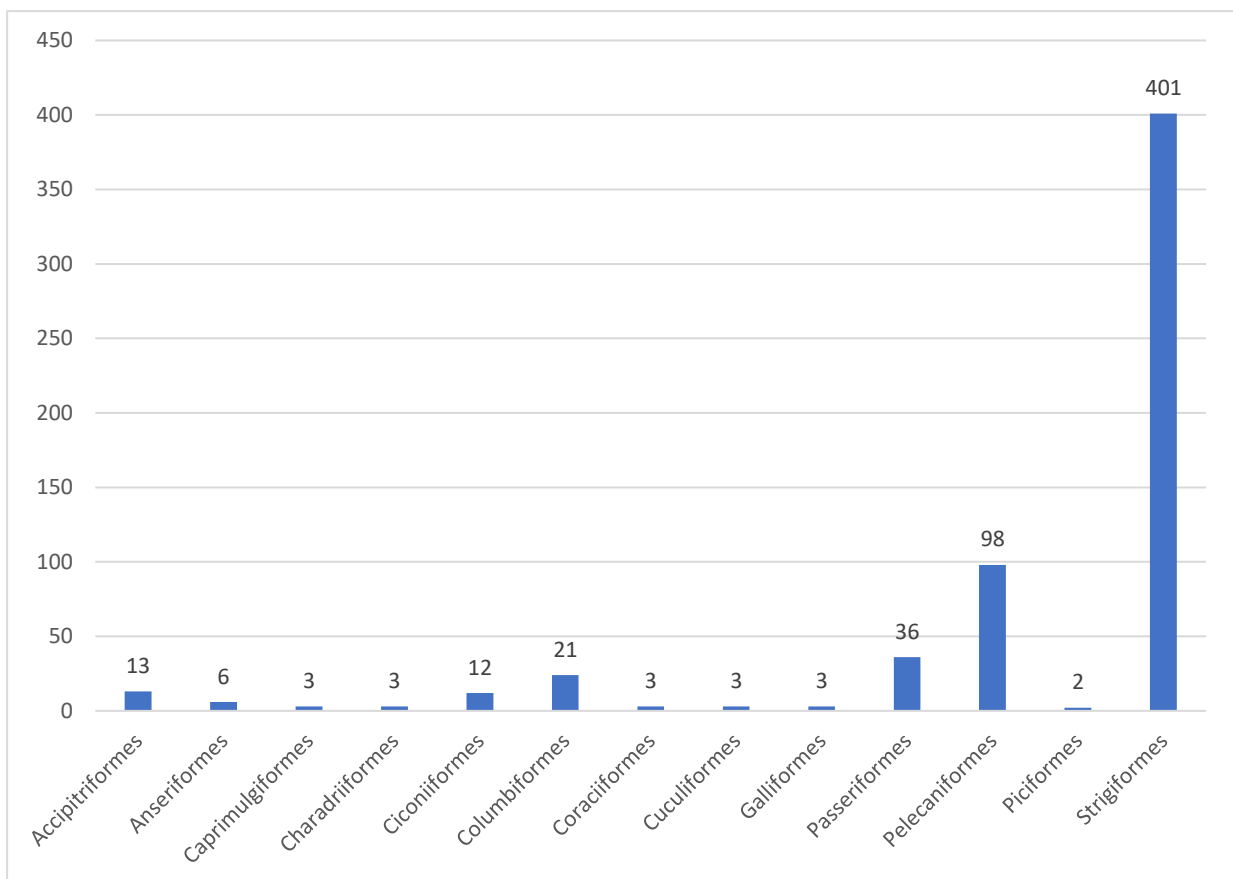


Figura 8- Mortalidade por atropelamentos por ordem no grupo das aves

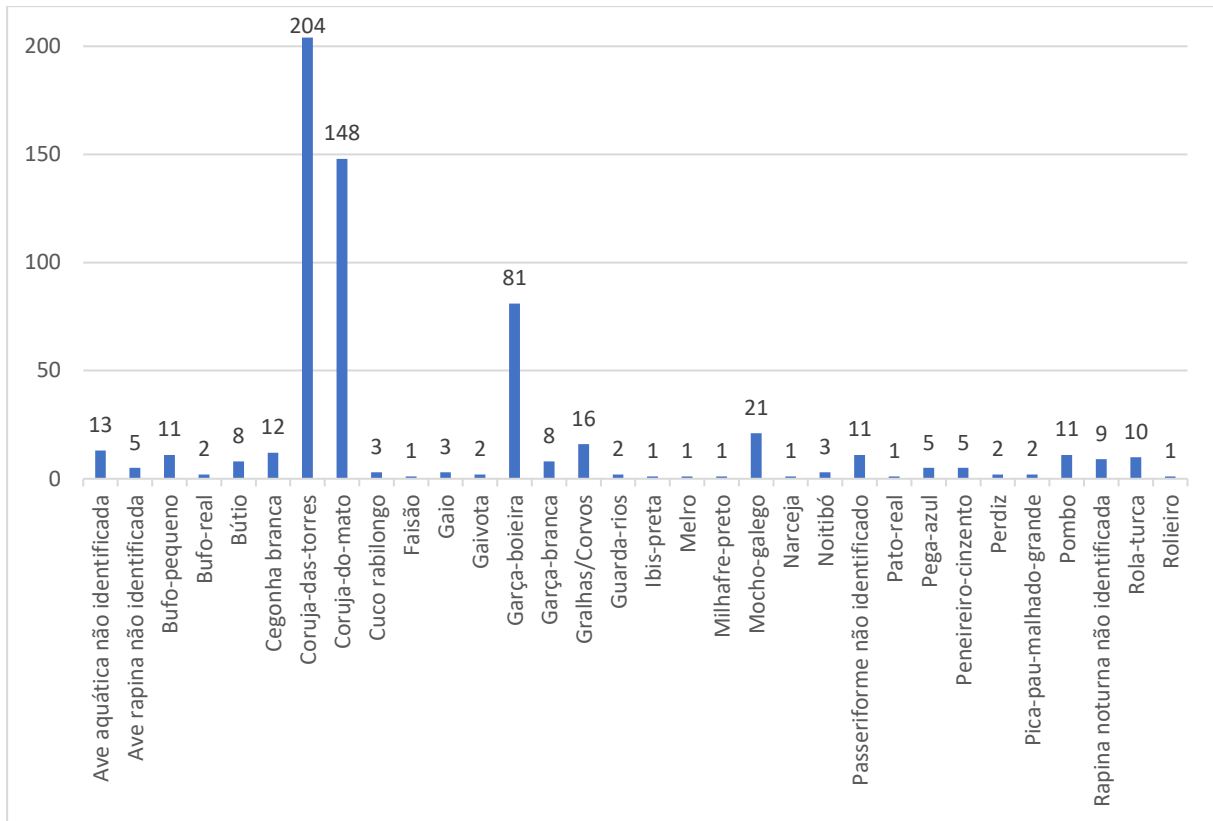


Figura 9- Mortalidade por espécie no grupo das aves

2.3 Padrões de atropelamentos faunísticos

Ao ser aplicada a ferramenta estimadora *Kernel Density*, do software *Spatial Analyst ArcGis 10.6*, foi possível obter a *Figura 10* (mapa de *Kernel Density*), onde se observa de uma forma mais geral os locais onde há ocorrência de *hotspots*.

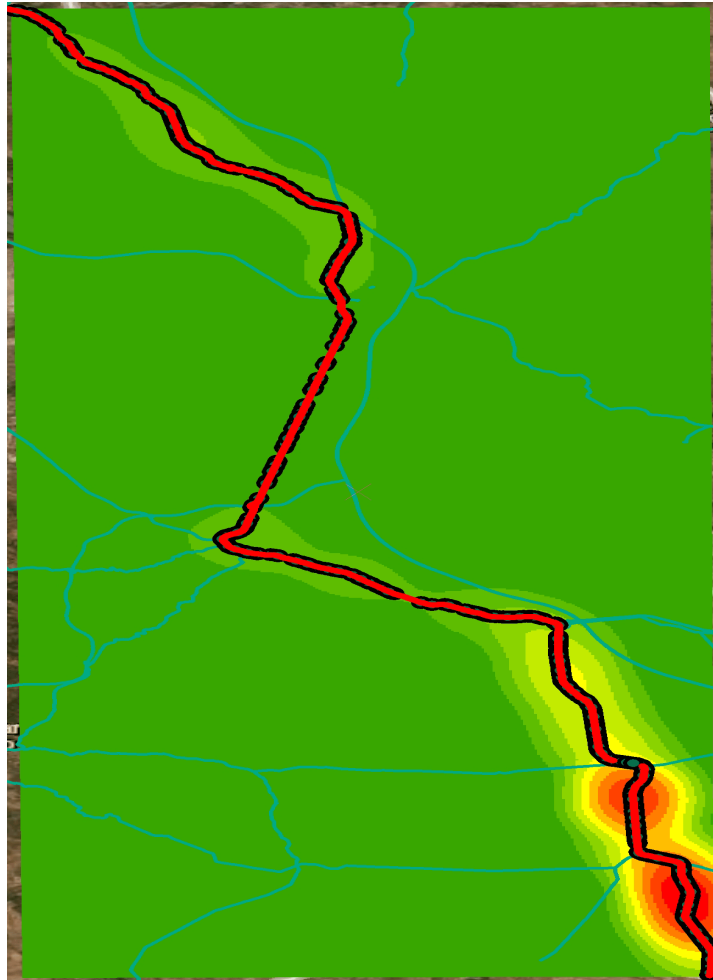


Figura 10 - Mapa de Kernel Density relativo aos atropelamentos no IC1 (1:750 000)

Apesar de ser possível observar na *Figura 10*, de uma forma geral os locais (zonas assinaladas a encarnado, são os locais com aglomerados de pontos) com maior ocorrência de pontos negros, foi necessário aplicar o método de Malo, para uma informação mais detalhada.

Nos mamíferos, através do método de Malo, verificou-se um número significativo de pontos negros (*Tabela 1*), situados entre os troços dos quilómetros 628,5-629 e 634-634,5 locais que apresentam, tal como

descrito anteriormente, sempre um valor superior a 95% de ocorrência de um ponto negro.

Tabela 1- Locais onde foram encontrados hotspots dos mamíferos

Mamíferos	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
	553-553,5	0,991314
	602,5-603	0,977397
	609,5-610	1
	612-612,5	0,991314
	616,5-617	0,99969
	617,5-618	0,99969
	622-622,5	0,991314
	622,5-623	0,991314
	625,5-626	0,999915
	628,5-629	0,999978
	629,5-630	0,996938
	630-630,5	0,999999
	630,5-631	0,999915
	631-631,5	0,977397
	632-632,5	0,999915
	632,5-633	0,996938
	633,5-634	1
	634-634,5	0,999003
	637,5-638	0,991314

Relativamente aos carnívoros (Tabela 2) existem 16 hotspots entre o troço 553-553,5 e o 634,5-635. Estes pontos negros estão espalhados ao longo da extensão da rodovia, sem que haja uma grande acumulação num determinado local, embora haja zonas em que podem ser observados dois pontos negros seguidos, como acontece ao longo de todo o quilómetro 622 e no troço de 500 metros aos 633,5-634 e 634-634,5. Verifica-se também uma maior quantidade de hotspots depois do troço 616,5-617.

Tabela 2- Locais onde foram encontrados hotspots dos carnívoros

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Carnívoros		
	553-553,5	0,994618752
	602,5-603	0,984006362
	607,5-608	0,984006362
	612-612,5	0,998355911
	616,5-617	0,999881613
	617,5-618	0,999881613
	619-619,5	0,957218856
	622-622,5	0,954914
	622,5-623	0,954914
	624-624,5	0,984006362
	625,5-626	0,984006362
	628,5-629	0,999881613
	629,5-630	0,995721886
	632,5-633	0,984006362
	633,5-634	0,999971745
	634-634,5	984006362

De seguida, os erinaceomorfos (*Tabela 3*) também apresentam um número significativo de pontos negros, num total de 8, apesar de bastante inferior quando comparado com o anterior. Estes estão separados ao longo de toda a rodovia, com exceção dos dois que ocorrem no troço 633,5-634 e 634-634,5.

Tabela 3- Locais onde foram encontrados hotspots dos erinaceomorfos/ouriço-cacheiro

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Erinaceomorfos/ Ouriço-cacheiro		
	589,5-590	0,954914
	614,5-615	0,954914
	625,5-626	0,954914
	626-626,5	0,954914
	630-630,5	0,999829
	633,5-634	0,996432
	634-634,5	0,954914
	637,5-638	0,954914

Relativamente à ordem dos lagomorfos (*Tabela 4*) apresentam apenas 2 pontos negros ao longo do quilómetro 630.

Tabela 4- Locais onde foram encontrados hotspots dos lagomorfos

	troços de 500 m onde foram encontrados <i>hotspots</i>	Distribuição de Poisson
Lagomorfos		
	630-630,5	0,999982
	630,5-631	0,999318

Por fim, os artiodáctilos (*Tabela 5*) apresentam apenas um local onde existe a ocorrência de hotspot, que se situa na primeira metade do quilómetro 632,0 (632,0-632,5).

Tabela 5- Locais onde foram encontrados hotspots dos artiodáctilos

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Artiodáctilos		
	632-632,5	0,993507

Através da distribuição de Poisson verificou-se ainda que em nenhuma das restantes ordens, pertencentes ao grupo dos mamíferos, se verifica a de ocorrerem pontos negros.

Por fim, aplicou-se ainda o método de Malo para a raposa (*Tabela 6*) e para o texugo (*Tabela 7*) e ainda para o ouriço-cacheiro (*Tabela 3*), pois de acordo com os valores obtidos são as espécies dentro dos carnívoros que foram mais afetadas, permitindo desta forma estabelecer uma relação entre o número de cadáveres e a ocorrência de *hotspots*. No que diz respeito às raposas (*Tabela 6*), apesar do valor bastante elevado de vítimas de atropelamentos, o número de locais onde se verifica a presença de hotspots da espécie é bastante reduzido, apenas 3, exatamente o mesmo que ocorreu com os texugos (*Tabela 7*) em que o número de possíveis pontos negros é de 4, bastante dispersos pela rodovia. Já o ouriço-cacheiro (*Tabela 3*) apresenta 8 locais com ocorrência de *hotspots*, um valor ligeiramente superior quando comparado com a raposa e o

texugo. Estes locais encontram-se bastantes dispersos por toda via, não se verificando uma grande aglomeração numa determinada zona.

Tabela 6- Locais onde foram encontrados hotspots da raposa

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Raposa		
	609,5-610	0,979627
	616,5-617	0,979627
	632,5-633	0,979627

Tabela 7- Locais onde foram encontrados hotspots do texugo

	troços de 500m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Texugo		
	553-553,5	0,953506
	609,5-610	0,953506
	617,5-618	0,953506
	624-624,5	0,988218

Por sua vez, nas aves (*Tabela 8*) foi obtido um total de 16 pontos negros. Numa parte inicial da rodovia podem ser encontrados de forma algo dispersa, contudo verifica-se um grande aglomerado entre a segunda metade do quilómetro 632 (632,5-633) e a primeira metade do quilómetro 636 (636-636,5).

Tabela 8- Locais onde foram encontrados hotspots das aves

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Aves		
	584,5-585	0,9989332
	607,5-608	0,97635664
	622-622,5	0,97635664
	622,5-623	1
	623-623,5	0,99967528
	628,5-629	0,99084499
	629,5-630	0,99674729
	630,5-631	0,99990783
	632,5-633	0,99999999
	633,5-634	1
	634-634,5	0,99084499
	634,5-635	0,99990783
	635-635,5	0,99967528
	635,5-636	0,97635664
	636-636,5	0,99674729

As strigiformes (*Tabela 9*) foram a ordem mais afetada, dentro das aves, a nível de atropelamentos faunísticos e por consequência no número de possíveis pontos negros, que foram 16 na totalidade.

Assim, para as strigiformes, verificou-se uma acumulação bastante significativa e preocupante de *hotspots* ao longo de quase 10 quilómetros, entre os quilómetros 627,5 e 636. Esta quantidade elevada de pontos negros deve ser tida em conta para uma futura implementação ou melhoria das medidas de mitigação.

Tabela 9- Locais onde foram encontrados hotspots das strigiformes

	troços de 500m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Strigiformes		
	560,5-561	0,963318392
	607,5-608	0,995676494
	622-622,5	0,986721629
	622,5-623	0,986721629
	627,5-628	0,963318392
	628,5-629	0,986721629
	629,5-630	0,995676494
	630,5-631	0,998722212
	631-631,5	0,963318392
	632-632,5	0,963318392
	632,5-633	0,999999999
	633-633,5	1
	633,5-634	0,995676494
	634-634,5	0,999980152
	634,5-635	0,995676494
	635-635,5	0,999980152
	635,5-636	0,995676494
	636-636,5	0,998722212

De seguida, aplicou-se o método de Malo para a ordem dos columbiformes (*Tabela 10*), onde foram apenas encontrados dois troços com ocorrência de pontos negros.

Tabela 10- Locais onde foram encontrados hotspots dos columbiformes

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Columbiformes		
	612,5-613	0,990486658
	614-614,5	0,960492483

Nos ciconiiformes (*Tabela 11*), apenas se obteve um troço de 500 metros, onde se observa a presença de *hotspot*, localizado na segunda metade do quilómetro 622 (622,5-623), tal como se verificou nos passeriformes (*Tabela 12*) com a ocorrência do mesmo na segunda metade do quilómetro 615 (615,5-616).

Tabela 11- Locais onde foram encontrados hotspots dos ciconiiformes

	troços de 500 m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Ciconiiformes		
	622,5-623	0,969468176

Tabela 12- Locais onde foram encontrados hotspots dos passeriformes

	troços de 500m onde foram encontrados hotspots	Distribuição de Poisson
Passeriformes		
	615,5-616	0,969492

Nas restantes ordens pertencentes ao grupo das aves, não foi observado mais nenhuma parte do troço onde se pudesse verificar uma acumulação significativa de indivíduos vitimais de atropelamentos faunísticos e de forma a originarem possíveis pontos negros.

Tal como foi feito para os carnívoros, selecionaram-se as duas espécies com um número de registos mais elevados, dentro das strigiformes (ordem mais afetada nas aves) e para uma espécie dentro da ordem dos pelecaniformes, por apresentar valores também bastante elevados. Desta forma, aplicou-se novamente o método de Malo para a coruja-das-torres, para a coruja-do-mato e para a garça-boieira.

Em relação à espécie coruja-das-torres (*Tabela 13*), apesar de não se observar uma grande quantidade de *hotspots*, entre o troço 632,5-633 e o 635,5-636, podem ser encontrados 7 seguidos, algo que se deve ter em atenção. Por sua vez, a coruja-do-mato (*Tabela 14*), contrariamente ao que seria de esperar, tal como acontece com as raposas e com os texugos, que sendo uma das espécies mais registada em termos de atropelamentos, apenas apresenta 3 zonas com ocorrência de *hotspots*, que ocorrem em zonas separadas, ao longo de todo o troço em estudo. Por fim, a garça-boieira (*Tabela 15*) apresenta um único local com de ocorrência de ponto negro, no troço 622,5-623.

Tabela 13- Locais onde foram encontrados hotspots da coruja-das-torres

	troços de 500m onde foram encontrados <i>hotspots</i>	Distribuição de Poisson
Coruja-das-torres		
	622,0-622,5	0,969329
	628,5-629,0	0,969329
	629,5-630,0	0,969329
	632,5-633,0	0,999999
	633,0-633,5	1
	633,5-634,0	0,969329
	634,0-634,5	0,999752
	634,5-635,0	0,9893002
	635,0-635,5	0,999752
	635,5-636,0	0,969329

Tabela 14- Locais onde foram encontrados hotspots da coruja-do-mato

	troços de 500 m onde foram encontrados <i>hotspots</i>	Distribuição de Poisson
Coruja-do-mato		
	622-622,5	0,970629
	628,5-629	0,970629
	629,5-630	0,970629
	630,5-631	0,989844
	632,5-633	1
	633-633,5	1
	633,5-634	0,970629
	634-634,5	0,999771
	634,5-635	0,989844
	635-635,5	0,999771
	635,5-636	0,970629

Tabela 15- Locais onde foram encontrados hotspots da garça-boieira

	troços de 500 m onde foram encontrados <i>hotspots</i>	Distribuição de Poisson
Garça-boieira		
	622,5-623	1

III- Discussão

3.1 Padrões de atropelamento

Através dos resultados obtidos quer pelo mapa de Kernel Density, quer pelo método desenvolvido por Malo, foi possível observar alguns padrões de atropelamento de alguns macrovertebrados (aves e mamíferos) no troço rodoviário do IC1 Marateca – Alvalade, tal como tinha sido inicialmente proposto. Assim, como foi referido anteriormente, com o mapa de *Kernel Density* obtido através do software *Spatial Analyst*, ArcGis 10.6, foi possível observar de uma forma geral a localização de pontos negros ao longo do troço estudado. Desta forma, quando se observa a *Figura 11* pode-se concluir que os *hotspots* incidem essencialmente nos últimos quilómetros do troço estudado, perto da freguesia de Alvalade. Por sua vez, através do método de Malo, obteve-se de uma forma concreta os troços onde existe uma maior ocorrência de pontos negros. Ao comparar os dados relativos aos locais onde se verifica um número mais elevado de atropelamentos faunísticos com os grupos taxonómicos aí registados, verificamos a presença bastante semelhante tanto de aves como de mamíferos, ao longo dos diversos pontos assinalados.

A presença da ocorrência de pontos negros, perto da freguesia de Alvalade, pode estar relacionada com a proximidade do rio Sado, o qual atravessa o IC1 perto da localidade de Ermidas do Sado. A presença do rio Sado perto da rodovia, atrai um maior número de populações para os habitats adjacentes, uma vez que estes habitats apresentam bastante vegetação, alimento, abrigo e podem funcionar como corredores ecológicos, permitindo a movimentação das espécies, entre habitats (Valeri e Senô, 2004). As condições mencionadas, tornam as áreas adjacentes ideais para muitas espécies. Desta forma, quanto maior for a presença de populações de diferentes espécies, maior será a probabilidade de estas se aproximarem da rodovia e serem colhidos pelas viaturas que por ali circulam.

Verificou-se que entre 2010 e 2020, ocorreram oscilações em relação aos números dos atropelamentos faunísticos. Em 2014 registou-se um pico no número de registos, relacionado com a alteração na periodicidade das amostragens, uma vez que passaram a ser feitas três vezes por semana e não duas, como até então. Desta forma, e tal como seria de esperar, o aumento na frequência de amostragem levou à subida do número de registos de atropelamentos faunísticos (Garcia, 2016).

Contudo, apesar desse aumento no ano de 2014, verificou-se um novo decréscimo nos valores da mortalidade nas rodovias. Entre 2016 e 2019 as amostragens foram feitas apenas 1 vez por semana, o que explica a diminuição dos valores apresentados, entre 2016 e 2018. Por sua vez a diminuição significativa dos valores observados em 2020 está relacionada com o início da pandemia da Covid19, que tem assolado Portugal e o resto do mundo desde então. Desta forma, as amostragens passaram a ser realizadas apenas de 15 em 15 dias, devido às restrições impostas (Garcia, 2021). Estas variações anuais, podem também estar relacionadas com fatores naturais, como o clima, a quantidade de alimento disponível ou com o aparecimento de doenças epidemiológicas, que provocam flutuações da abundância das populações locais (Garcia, 2016).

Através da análise de dados foi também possível observar a ocorrência de um pico dos valores médios mensais registados entre abril de 2010 e dezembro de 2020. Este aumento constante, observado no mês de abril, pode estar relacionado com o início da primavera e por consequência com o começo das atividades migratórias ou ainda com a época de reprodução, o que leva os animais a deslocarem-se entre diferentes habitats e por sua vez a atravessarem a rodovia com maior frequência, aumentando o seu risco de atropelamento. De salientar que, uma vez que os registos foram apenas iniciados em abril de 2010, não existem dados referentes aos três meses anteriores desse ano, fato que poderá ter influência, embora pequena, nos valores médios mensais registados.

No que diz respeito aos mamíferos existem fatores que podem explicar a ocorrência de possíveis pontos negros, nos locais assinalados, através do método de Malo e do mapa de *Kernel Density*. Os habitats adjacentes ao IC1, perto dos locais com maior incidência de *hotspots* de mamíferos, foram bastante alterados pelo ser humano, transformando-os em campos agrícolas. Os resultados obtidos podem estar relacionados com estas alterações de habitats (Červinka et al., 2015). A criação de campos agrícolas acaba por atrair um número elevado de espécies de mamíferos, de diferentes portes, dos habitats adjacentes, principalmente na procura de alimento, sejam eles roedores, herbívoros ou carnívoros. Esta procura de alimento em diferentes territórios leva a que haja um nível crescente de movimentações por parte dos mamíferos perto das rodovias, acabando muitas vezes por as atravessarem e serem atropelados pelas viaturas que por ali passam, muitas vezes a velocidades bastante significativas (Caro et al., 2000).

O fato dos carnívoros serem a ordem mais afetada, dentro do grupo dos mamíferos, pode estar relacionado com os seus padrões comportamentais. De um modo geral esta ordem é bastante vulnerável quer à colisão com veículos e quer ao efeito barreira causado pelas rodovias, devido às suas características, como a baixa densidade populacional, baixa fecundidade e a necessidade de territórios relativamente extensos (Grilo et al., 2009). Com a construção das rodovias, muitos dos seus territórios são atravessados pelas mesmas e acabam por ser fragmentados. Este fenómeno provoca a necessidade de estes terem, muitas vezes, que atravessar as estradas, quer na procura de alimento, quer na procura de parceiros para reprodução (Grilo et al., 2009). No caso das raposas e dos texugos, apesar dos seus elevados registos de mortalidade, apresentam um número reduzido de *hotspots*. De acordo com alguns estudos realizados sobre os padrões comportamentais das raposas, os seus territórios podem estender-se até cerca de 50 quilómetros, sendo que podem ser atravessados diversas vezes por rodovias (Phillips et al., 1972). Esta extensão dos seus territórios e o fato

de serem bastante generalistas ao nível dos habitats, pode explicar o facto de se verificar um elevado número de atropelamentos, sem que se verifique a ocorrência de possíveis hotspots.

Apesar de a destruição de habitats, o abate de indivíduos doentes e a sua utilização como iscos, a maior causa de mortalidade para a espécie *Meles meles* são os atropelamentos faunísticos (Davies et al., 1987). A grande maioria dos cadáveres de texugo foram encontrados entre o final do inverno e o final do outono, época que correspondente à maior atividade dos seus indivíduos. Sabe-se que o período entre fevereiro e abril, coincide com a época de acasalamento dos texugos, lutas territoriais e marcação de território. Desta forma, os indivíduos acabam por se deslocar entre os diversos territórios adjacentes em busca de novos parceiros sexuais, atravessando diversas vezes as rodovias durante este processo (Davies et al., 1987). De acordo com alguns estudos realizados, sabe-se que a conectividade da paisagem pode ser o principal fator responsável pelo elevado valor de indivíduos da espécie atropelados (Fabrizio et al., 2019). A falta de medidas de mitigação ou a sua não utilização por parte desta espécie, faz com que estes utilizem as rodovias para se deslocar entre habitats, sendo por isso atropelados

Por fim, no grupo dos mamíferos pode-se recorrer aos padrões comportamentais do ouriço-cacheiro, para explicar o elevado número de cadáveres da espécie registados. Sabe-se que estes hibernam entre outubro e março e encontram-se ativos nos restantes meses do ano (Wright et al., 2020) assim, de acordo com os dados recolhidos, relativamente aos atropelamentos desta espécie, sabe-se que na sua grande maioria, foram avistados entre abril e julho, salvo algumas exceções, de cadáveres registados em janeiro e fevereiro. Alguns estudos realizados sugerem a existência de uma relação entre o número de atropelamentos e a época de reprodução desta espécie, uma vez que, o ouriço-cacheiro, tem duas ninhadas, entre março e setembro e o pico dos atropelamentos coincide, com um aumento populacional significativo e com a dispersão dos juvenis para outros habitats (Wright et al., 2020).

Para diversas espécies pertencentes ao grupo das aves, as rodovias, podem ser bastante atrativas na procura de alimento, algo que pode explicar a ocorrência de um número significativo de pontos negros. Estas utilizam os cabos elétricos, os arbustos e árvores, como poleiros, de forma a poderem caçar, em áreas abertas, terrenos cultivados e na própria rodovia. Para além disso, o calor que é emitido pelo pavimento de estrada ao absorver a radiação solar, que auxilia a preservação de energia metabólica e a iluminação da rodovia, que tem um efeito de prolongamento da luz solar, ajudam a tornar estas infraestruturas ainda mais atraentes para algumas espécies de aves (Husby, 2006). O tráfego, que é constituído, muitas vezes por veículos pesados, também pode ser uma das razões que leva à ocorrência de valores de mortalidade nas aves, que se encontram perto da rodovia, uma vez que durante a sua passagem, estas viaturas, deslocam uma grande massa de ar, o que muitas vezes suga as aves contra si, provocando a sua mortalidade, ou ainda sofrer lesões internas, nas cavidade torácica e abdominal (barotrauma), que resultam da sua exposição a uma mudança repentina de pressão a que estas foram sujeitas (Rivera, s.d.).

Tal como acontece com muitas ordens, para as strigiformes, a colisão com veículos é considerada a sua principal causa de morte. Sabe-se, que utilizam a extensão das rodovias e os habitats adjacentes para se reproduzir, caçar e movimentar (Gomes et al., 2009). Estas utilizam diversas estruturas ao longo das rodovias, como poleiros, o que leva a um aumento da concentração de indivíduos nas proximidades da rodovia. Sabe-se também que estas áreas adjacentes podem fornecer uma abundância superior de alimento, como é o caso dos pequenos mamíferos. O elevado número de atropelamentos, pode estar relacionado com a atividade noturna, quase exclusiva das suas espécies. Durante a noite, as luzes dos carros podem causar o encadeamento destes animais, enquanto tentam atravessar a estrada, aumentando a probabilidade de colisão com as viaturas (Gomes et al., 2009).

Os hotspots encontrados, podem estar relacionados com o uso dos solos na envolvência, junto à estrada, ao longo dos quilómetros onde estes podem ser encontrados. Desta forma, pode-se estabelecer uma relação entre estas condições do habitat e a utilização das mesmas, como poleiro para as espécies desta ordem, o que leva a uma aproximação da rodovia.

Existem também outros fatores naturais, que têm uma grande influência no aparecimento de populações de determinadas espécies em locais específicos. Por exemplo, o valor extremamente alto de mortalidade de corujas-das-torres pode ser explicado, através do facto de diversos troços do IC1, atravessarem zonas com condições bastante propícias à sobrevivência da espécie, com bastantes campos agrícolas, como é o caso dos arrozais (Machado, 2011). Este tornou-se um dos biótipos mais utilizados por esta espécie, devido aos restos de cereal deixados pelos agricultores, após realização das drenagens dos campos e da colheita do arroz, levando a um aumento da presença de micromamíferos, principal presa da coruja-das-torres (Machado, 2011).

No caso da coruja-do-mato, a ocorrência de poucos pontos negros pode estar relacionada com as condições do habitat que esta espécie procura, caracterizado pela presença de áreas com vegetação densa, essencialmente azinheiras e sobreiros e montados bem estruturados. O facto de não existirem habitats muitos extensos, ao longo da rodovia, com estas características, leva a que se verifique um elevado número de mortalidade, mas contrariamente ao que se podia esperar, um número reduzido da ocorrência de possíveis hotspots (Ascensão e Mira, 2006), uma vez que as mortes ficam concentradas nessas áreas.

Por sua vez através dos valores obtidos, verificou-se a ocorrência de um ponto negro, de garça-boieira, no troço 622,5-623. Contudo, o elevado número de cadáveres registados poderá não estar apenas relacionado com atropelamentos faunísticos. Contudo, através dos relatórios anuais mais recentes da IP, foi possível perceber que os elevados valores de mortalidade obtidos, não correspondem apenas a atropelamentos (Garcia, 2016). Em grande parte dos casos, como parte da seleção natural, verifica-

se a ocorrência de competição intraespecífica entre os juvenis de graça boieira, dentro do mesmo ninho. Esta é feita à base de lutas, que dependendo da violência imposta podem ser descritas de duas formas (Fujioka, 1985).

Na primeira, existe um confronto físico ligeiro, onde os indivíduos em questão esticam totalmente os seus pescoços e trocam alguns golpes, mas sem causarem lesões nos seus adversários (Fujioka, 1985).

No segundo caso, o confronto físico ocorre com uma violência bastante superior, onde as crias utilizam os seus bicos para ferir os seus oponentes, fazendo com que os jovens menos capacitados, muitas vezes acabem por cair dos ninhos e não sobrevivam, numa tentativa de escapar aos ataques sofridos (Fujioka, 1985).

Estes números permitem perceber quais as melhores formas de combater os impactes negativos causados pelas rodovias e pelo tráfego. As medidas de mitigação a implementar estão dependentes dos seus grupos-alvo, das características do terreno e da própria rodovia.

3.2 Conectividade da paisagem e medidas de mitigação

A conectividade paisagística é caracterizada pela capacidade da paisagem em facilitar os fluxos biológicos dos organismos. (Ascensão e Mira, 2006).

Os corredores ecológicos, que são as rotas utilizadas pelos animais para se movimentarem, permitem proteger a diversidade dentro das espécies, uma vez que estes se podem deslocar livremente entre populações (Shi et al., 2018). A existência destes corredores, levam à diminuição do aparecimento de ilhas biológicas isoladas, o que permite diminuir um potencial risco de extinção, pois possibilitam a ocorrência de trocas genéticas entre diferentes populações, aumentando a variabilidade genética (Shi et al., 2018).

Para as equipas responsáveis por tentar minimizar os impactes das estradas na natureza é extremamente importante perceber quais as consequências do ponto de vista ecológico, que determinada rodovia tem

para os habitats que a rodeiam (Grilo et al.,2010). As medidas de mitigação, permitem, por um lado minimizar os efeitos negativos que as estradas têm nos ecossistemas envolventes, diminuindo os números relativos de atropelamentos faunísticos, criando locais que permitem uma travessia das rodovias, fácil e sem riscos para os animais, mas também aumentam os níveis de segurança das estradas para os condutores (Glista et al., 2009). Quando se procede à implementação das medidas deve-se ter em conta quais as mais corretas para o local, uma vez que cada espécie apresenta diferentes padrões comportamentais e que nem todas as medidas têm a mesma eficiência para espécies distintas (Grilo et al., 2010).

Para que a aplicação de medidas de mitigação, seja considerada bem-sucedida e eficaz é necessário que haja um conhecimento detalhado da forma como números de mortes por atropelamentos faunísticos com o passar do tempo (Rendall et al., 2021) e quais a causas dos atropelamentos (Lester, 2015).

A implementação das medidas de mitigação deve ocorrer em pontos estratégicos. Os *hotspots* são os locais indicados para tal, uma vez que são as zonas, ao longo de um troço de estrada, onde se verifica um maior número de mortes por atropelamento (Ascensão e Mira, 2006).

Ao longo de toda a extensão do troço do IC1 que liga a freguesia da Marateca à freguesia de Alvalade, observar-se a presença de diversas estruturas que podem ser aproveitadas pelos animais como locais seguros de passagem, como é o caso das passagens agrícolas ou passagens hidráulicas. As cercas de rede metálica, implementadas pelos proprietários dos terrenos adjacentes para delimitar os seus terrenos e manter os seus animais domésticos dentro dessas áreas, contribui para dificultar o acesso dos animais silvestres à via.

Tal como acima referido, as medidas de mitigação, devem ter em conta o comportamento característico do grupo taxonómico ou das espécies alvo (Grilo et al., 2010). Assim sendo, a comparação entre os dados obtidos sobre os locais mais propícios para a ocorrência de Pontos Negros, por

grupo taxonómico, segundo o Método de Malo e os locais onde já existem estruturas que permitem uma minimização dos impactes das estradas na fauna, permite perceber se estas são as mais indicadas para a fauna aí presente.

Segundo os dados fornecidos pela IP, as estruturas que podem ser encontradas com maior frequência ao longo dos 100 quilómetros que compõem o troço em estudo são as passagens hidráulicas ou PH's e as passagens agrícolas ou PA's, sendo estas as medidas mais eficazes para mamíferos terrestres, que devem ser aplicadas neste troço. Devido ao valor elevado económico que as estruturas totalmente direccionadas para uma travessia segura das rodovias por parte dos animais, tenta-se adaptar da melhor forma outros tipos de passagens já existentes e que inicialmente que se destinavam a outras funções, para que possam ser utilizadas do ponto de vista faunístico.

As PH's são passagens construídas sob as rodovias, projetadas para restabelecer as linhas de água existentes e auxiliar a drenagem da água da chuva e também podendo ser atravessadas por linhas de água, ajudando a controlar o fluxo das mesmas, de forma a impedir que em períodos mais chuvosos as estradas fiquem inundadas (Craveiro et al., 2019). Estas passagens, são implementadas em locais onde não se justifica a construção de pontes, tanto do ponto de vista estrutural como do ponto de vista financeiro (Garcia e Sousa, 2021). Podem ter diferentes alturas, dependendo da altura do recobrimento (Garcia e Sousa, 2021) um dos principais fatores determinantes para a sua utilização por parte de mamíferos de médio/grande porte. Para além da altura, outro dos fatores que pode levar a que, não só os carnívoros, que se sentem desconfortáveis ao molharem as suas patas, mas outros indivíduos evitem estas passagens, é a falta de uma zona de passagem seca. Assim sendo, de forma a permitir que estes animais as utilizem para circular entre diferentes habitats é a construção de passadiços, implementando-se nelas passadiços secos (Garcia e Sousa, 2021).

Na construção dos passadiços, um dos principais fatores a ter em conta são as características estruturais da passagem hidráulica e do curso de água, onde se deve ter em atenção o número de dias de inundação e o nível de água (Garcia e Sousa, 2021).

Estas estruturas podem ser compostas por blocos de betão ou por plataformas suspensas, fixas às paredes da passagem (largura superior a 50 cm), tendo a preocupação de que mesmo com a subida normal do nível da água estas continuam secas, permitindo a sua utilização. A sua superfície pode ainda ser coberta por materiais naturais, como madeira ou terra, tendo sempre em atenção, para não haver o risco de serem arrastados em épocas de caudal mais intenso (Garcia e Sousa, 2021). Por fim, deve terminar numa área seca adjacente, fora de valas de encaminhamento de água ou no leito da linha de água (Garcia e Sousa, 2021).

Esta medida apresenta um custo-benefício muito favorável, uma vez que os passadiços são muito eficazes e que a sua implementação é relativamente fácil. Por sua vez, tanto os custos de manutenção como os custos gerais e a necessidade de reabilitação, são bastante razoáveis contribuindo também para esta boa relação custo-benefício (Garcia e Sousa, 2021).



Figura 11- Fotografia demonstrativa de uma Passagem Hidráulica com passadiços (fonte: Garcia, 2021)

Quando se faz a comparação entre os valores da mortalidade nos mamíferos e a presença das passagens hidráulicas, verifica-se a ocorrência de pontos negros perto de 5 das 14 passagens existentes no trecho da rodovia em estudo, entre o trecho 603-603,5 e o final do trecho 618-618,5, sendo que a maioria ocorre em 609-609,5 e o 618-618,5.

Este número elevado pode ser originado por diversos fatores. O primeiro está relacionado com a falta de condições que as passagens apresentam, para que possam ser utilizadas pelos mamíferos, o que os leva a recorrer às estradas para se deslocarem entre habitats. Estas podem ser, a falta de passadiços ou até altura insuficiente, o que impossibilita a construção dos passadiços. Outra das razões que leva a que se verifique um elevado número de mamíferos junto a estas passagens é precisamente a presença de linhas de água, algo que atrai bastante estes indivíduos, devido à presença de maiores quantidades de alimento e ao fato de poder ter também um papel de corredor. Desta forma, os mamíferos acabam por se aproximar da rodovia, atravessando-a e colidindo com as viaturas.

Verificou-se ainda em alguns casos, que estas passagens são acompanhadas de vedações de rede, que não contornam totalmente as passagens, abrindo espaços, que permitem o acesso dos animais à rodovia. Estas vedações no caso de serem implementadas de forma correta, formam corredores de encaminhamento e aumentam a eficácia das PH's.

Desta forma, nos locais onde apesar da presença das passagens hidráulicas se verifica a existência de *hotspots*, sugere-se a implementação de passadiços onde não existem e a combinação desta medida com vedações, contornando totalmente as passagens, impedindo o acesso dos indivíduos à via.

No caso das vedações, a grande maioria que se encontra ao longo do IC1 foram implementadas por particulares, de forma a delimitar as suas propriedades e impedir a fuga do gado. Contudo, estas não são apropriadas para os mamíferos silvestres, uma vez que têm uma altura reduzida e a sua malha é larga, permitindo que sejam atravessadas com alguma facilidade (Garcia e Sousa, 2021). Tal como acima referido, a combinação entre esta medida e as passagens hidráulicas e passagens agrícolas permite direcionar os animais para estas zonas seguras de atravessamento (Garcia e Sousa, 2021). Deve ainda ser tido em conta, que muitas destas vedações, são responsáveis pela mortalidade de aves e morcegos, devido ao arame farpado que muitas delas possuem. Desta forma, o indicado é optar por outro tipo de arame, para evitar estas ocorrências (Garcia e Sousa, 2021).

Numa situação ideal, as vedações seriam colocadas de forma correta ao longo de toda a extensão da rodovia, contudo pode ser uma situação irrealista, principalmente do ponto de vista económico (Rendall et al., 2021). Desta forma, estas estruturas devem ser implementadas em locais estratégicos, quer em locais com pontos negros, quer na proximidade de outras medidas, como as PH's e as PA's (Rendall et al., 2021). As cercas podem apresentar diferentes dimensões, em função da sua funcionalidade e das espécies a que se destinam (Grilo et al., 2010).

Uma das formas de combater este acontecimento é recorrendo às vedações criando corredores que obriguem os animais a atravessar as rodovias pelas passagens acima indicadas. Para que isso ocorra, quando se procede à sua montagem ou substituição, devem ser bem esticadas, encostadas ou até mesmo enterradas no solo, eliminando qualquer espaço entre a rede e o solo, impossibilitando os animais de passarem por baixo destas. Estas devem ter uma malha progressiva, com malha basal inferior a 5 cm e uma altura superior a 1,60m uma vez que atravessam zonas naturais de rurais (Garcia e Sousa, 2021).

De forma a evitar que mamíferos com características escavadoras, como javalis, consigam abrir espaços por baixo das vedações e passá-las, podem ser adicionadas às vedações, redes em L.

Estas, caracterizam-se por possuírem uma malha extremamente apertada, que é colocada junto às vedações e dobrada em forma de L, com 50 cm de altura e 50 cm de base, sobre o solo, com a base tapada por terra ou betão pobre (Garcia e Sousa, 2021).

Do ponto de vista do custo-benefício esta medida é favorável, uma vez que a sua implementação é razoavelmente fácil, tal como os custos de manutenção. e uma. Contudo, apesar de ter uma eficácia muito elevada, esta medida apresenta elevada necessidade de reabilitação e um custo geral é elevado (Garcia e Sousa, 2021).

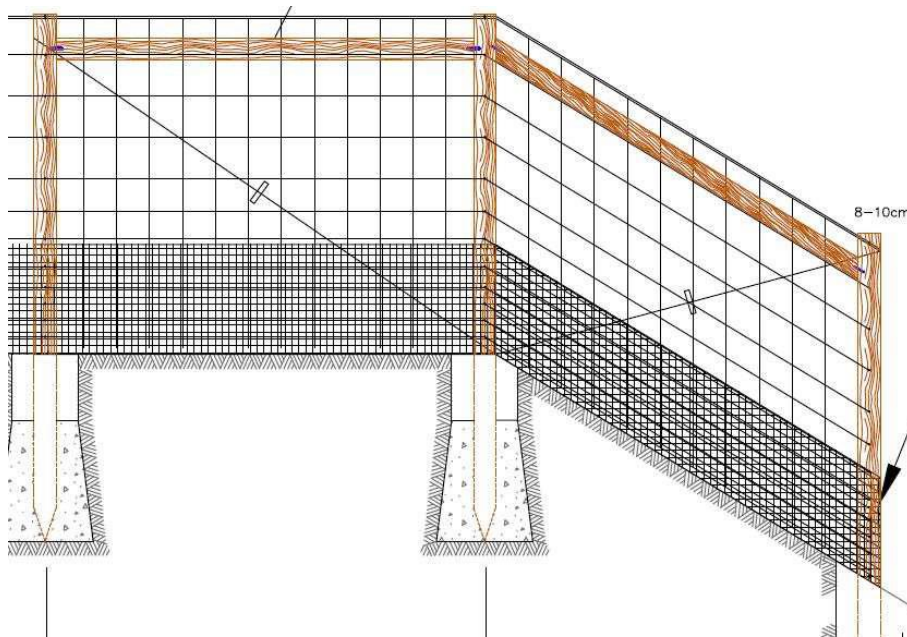


Figura 12- Esquema de vedação em L (fonte: Garcia e Sousa, 2021)

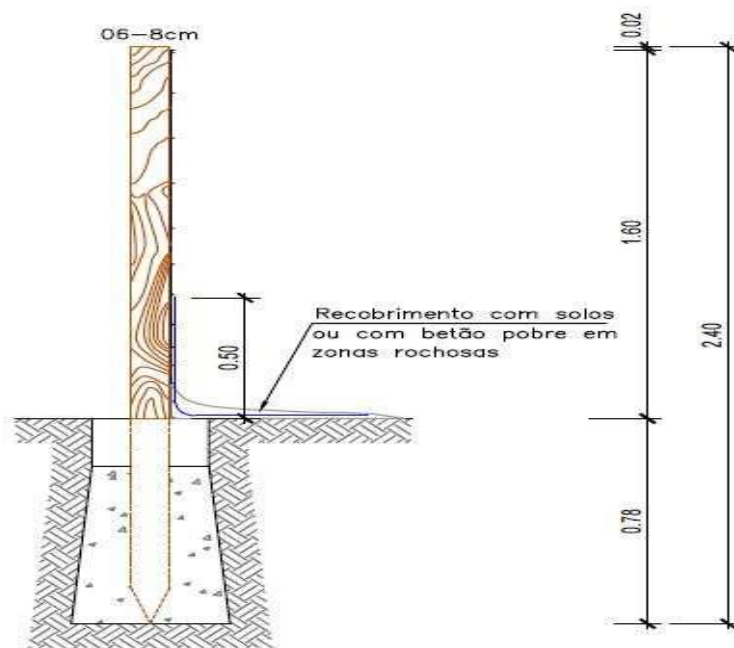


Figura 13- Esquema de vedação em L (continuação) (fonte: Garcia e Sousa, 2021)

Relativamente às passagens agrícolas foram encontrados poucos *hotspots* perto destas. Estas passagens destinam-se ao restabelecimento dos caminhos agrícolas entre os terrenos adjacentes. Estas, possuem pouco tráfego, maioritariamente tratores e as viaturas dos proprietários. Estas passagens, apesar de serem secas têm bastantes semelhanças do ponto de vista estrutural com as PH's. O facto de não possuírem linhas de

água, torna-as mais atraentes para os mamíferos, sem que seja necessária a construção de passadiços. As principais preocupações em relação a estas passagens prendem-se com a existência de portões que impossibilitem a travessia das mesmas e a má colocação das vedações, que permitam a aproximação dos animais à rodovia.

Contudo, a ocorrência de diversos pontos negros perto de passagens hidráulicas e agrícolas, como acontece nos troços, 609,5-610; 612-612,5; 617,5-618; 622-622,5; 630-630,5; 634-634,5 e 637,5-638, ao longo do IC1, demonstra que a implementação destas medidas, é um trabalho constante de forma que sejam melhoradas, permitindo assim diminuir o número de *hotspots* ao longo da rodovia e minimizar os impactos das rodovias nas populações de animais.

No que diz respeito às aves e aos morcegos, não existem medidas de mitigação totalmente eficazes. Contudo, o Projeto Life Lines, testou uma solução com bastante sucesso, nomeadamente barreiras em rede para obrigar as aves a voarem mais alto. Estas devem ser colocadas dos dois lados da estrada, nos locais com maior ocorrência de pontos negros (por serem locais de alimentação ou de abrigo, o que faz com que estes animais voem perto do nível da estrada), forçando estes animais a levantar a sua altura de voo, passando pela rodovia acima do nível das viaturas (Garcia e Sousa, 2021).

Do ponto de vista estrutural, as barreiras em rede devem ter pelo menos 3 metros de altura, sendo que quanto mais alta for, maior será a sua eficiência, devem ser permeáveis ao vento e sem provocar nenhum tipo de impacto visual e por isso ser compostas por uma rede de metal, com uma malha pequena, com uma cor clara de forma a ser observável por diferentes espécies dos grupos-alvos (Garcia e Sousa, 2021).

A colocação destas estruturas nas pontes, onde se verifica um maior número de atropelamentos de aves é uma das principais medidas que deve ser implementada, de forma a diminuir estes valores. A sua montagem também deve ocorrer entre os troços 630,5-631 e 637,5-638, onde se verifica a ocorrência de *hotspots* quer de aves (principalmente rapinas)

quer de mamíferos. Este fenómeno dos *hotspots* de rapinas, nesta extensão da rodovia, pode estar relacionado com a facilidade de encontrar alimento devido ao elevado número de cadáveres de mamíferos que ficam nas rodovias ou nas proximidades ou da existência de outros animais que fazem parte da sua dieta, como o caso de reptéis e pequenos mamíferos.

A aplicação destas medidas de mitigação tem um custo-benefício favorável, com uma implementação, uma eficácia muito alta, apesar de ter um custo geral elevado. Contudo, o seu custo de manutenção pode ser mais reduzido (Garcia e Sousa, 2021).



Figura 14- Barreiras em rede utilizadas para obrigar as aves a aumentar a sua altura de voo (Fonte: Garcia e Sousa, 2021)

Conclusão

Através dos dados, que foram obtidos ao longo da realização desta dissertação verificou-se que ao longo dos anos, morrem no troço rodoviário do IC1 Marateca-Alvalade, um número bastante elevado de animais silvestres pertencentes a diferentes espécies, quer de aves quer de mamíferos, que são atropelados pelas viaturas que por ali passam, ao tentarem atravessar a via, para se deslocarem entre habitats (Carvalho e Mira, 2011).

Foi também possível, obter o conhecimento de quais as espécies de aves e de mamíferos de médio/grande porte, mais afetadas ao longo dos anos em que os dados utilizados neste estudo foram recolhidos.

Para além da análise feita relativamente aos grupos e às espécies afetadas, realizou-se também a análise da evolução dos atropelamentos ao longo dos anos e a relação entre os meses do ano e os atropelamentos.

Apesar de não ser possível retirar conclusões específicas, observou-se uma alteração significativa ao longo dos anos e que os valores têm vindo a diminuir com o passar dos anos, apesar de ser necessário ter em conta a redução do esforço de amostragem em especial último no ano, devido à pandemia.

Por fim, com recurso ao método de Juan Malo, calculou-se a presença de pontos negros, de forma a ser possível localizar as zonas mais adequadas para a implementação ou melhoramento das medidas de mitigação. Verificou-se assim, que apesar de existir um número significativo de estruturas que podem ser aproveitadas pelos animais para atravessarem de forma segura as rodovias, muitas delas precisam de ser adaptadas (com a construção de passadiços), de forma a serem utilizadas por um maior número de espécies possível.

Referências

- Ascensão, F., Mira, A. (2006). Impactes das vias rodoviárias na fauna silvestre-Relatório final. Estradas de Portugal, Évora.
- Ascensão, F., Yogui, D. R., Alves, M. H., Alves, A. C., Abra, F., Desbiez, A. L.J. (2021). Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short-medium term. *Biol. Conserv.*, 253, 108902.
- Balčiauskas, L., Stratford, J., Balčiauskienė, L., Kučas, A. (2020). Importance of professional roadkill data in assessing diversity of mammal roadkills. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102493
- Cabral, M.J., Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.I., Rogado, L., Santos-Reis, M. (2005). Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza p. 207-480, Lisboa.
- Caro, T.M., Shargei, J.A., Stoner, G.J. (2000). Frequency of medium-sized mammal road-kill in an agricultural landscape in California. *American Midland Naturalist* 11, p. 362–369.
- Carvalho, D. L. K. P. (2013). Influência do esforço amostral na detecção do padrão espacial de mortalidade da fauna atropelada na Rodovia Rota do Sol. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Carvalho, F., Mira, A. (2011). Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research* 57, p. 157–174.
- Červinka J, Riegert J, Grill S, Salek M. (2015). Large-scale evaluation of carnivore road mortality: the effect of landscape and local scale characteristics. *Mammal Research*, 60(3), p. 233–243.
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5), p. 396–406.
- Craveiro, J., Bernardino, J., Mira, A., Vaz, P. G. (2019). Impact of culvert flooding on carnivore crossings. *Journal of Environmental*

- Management, 231, p. 878-885.
- Davies, J. M., Roper, T.J., Shepherdson, D.J. (1987). Seasonal distribution of road kills in the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology* 211(3), p. 525–530.
- Decreto-Lei n.º 222/98 de 17 de Julho *Diário da República — I SÉRIE-A* do Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território. (7 de Julho de 1998).
- Dodd Jr., C.K., Barichivich, W.J., Smith, L.L. (2004). Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118 (5), p. 619–631.
- Erberhardt, E., Mitchell, S., Fahrig, L. (2013). Road kill hotspots do not effectively indicate mitigation locations when past road kill has depressed populations. *Journal of Wildlife Management* 77 (7), p. 1353–1359.
- Erritzoe, J., Mazgajski, T.D., Rejt, L. (2003). Bird casualties on European roads – a review. *Acta Ornithologica*, 38 (2), p. 77-93.
- Fabrizio, M., Di Febbraro, M., D’Amico, M., Frate, L., Roscioni, F., Loy, A. (2019) Habitat suitability vs landscape connectivity determining roadkill risk at a regional scale: a case study on European badger (*Meles meles*). *European Journal of Wildlife Research*, 65(1), 1-10.
- Fujioka, M. (1985). Sibling competition and siblicide in asynchronously-hatching broods of the cattle egret *Bubulcus ibis*. *Animal Behaviour* 33(4), p.1218-1242.
- Garcês, A., Pires, I., Pacheco, F., Fernandes, L. S., Soeiro, V., Lóio, S., Prada, J., Cortes, R., Queiroga, F. (2020). Impact of anthropogenic pressures on wild mammals of Northern Portugal. *Veterinary World*, 13(12), p. 2691-2702.
- Garcia, G. (2016). Monitorização da mortalidade de fauna nas estradas da IP. Relatório Síntese, 2015.
- Garcia, G. (2017). Monitorização da mortalidade de fauna nas estradas da IP. Relatório Síntese, 2016.

- Garcia, G. (2020). Monitorização da mortalidade de fauna nas estradas da IP. Relatório Síntese, 2019.
- Garcia, G. (2021). Monitorização da mortalidade de fauna nas estradas da IP. Relatório Síntese, 2020.
- Garcia, G., Sousa, L. (2021). Soluções para minimização de impactes das estradas na fauna. *Workshop "Soluções para Minimização de Impactes das Estradas na Fauna"*[Acessível via https://lifelines.uevora.pt/wpcontent/uploads/2021/05/0_LIFELINES_Wrkshp_SMIEF.pdf. Consultado em 20/11/2021].
- Glista, D. J., DeVault, T. L., DeWoody, J. A. (2009). A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, 91 (1), p.1–7.
- Gomes, L., Grilo, C., Silva, C., Mira, A. (2009). Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. *Ecological Research*, 24 (2), p. 355–370.
- Graça, C. J. C. (2008). Análise comparativa de estudos de impacte ambiental de campos de golfe, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Grilo, C. (2012). A rede viária e a fauna - Impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: A. Bager (Ed.), *Ecologia de Estradas - Tendências e Pesquisas*. Lavras: UFLA. p. 35–57.
- Grilo, C., Bissonette, J.A., Cramer, P.C. (2010). Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: S.R. Jones (ed.). *Highways: Construction, Management, and Maintenance*. Nova Science Publishers, Hauppauge, NY. p. 73-114.
- Grilo, C., Bissonette J.A., Santos-Reis, M. (2009). Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation* 142(2), p. 301–313.
- How Kernel Density works. (s.d.). ArcGis Pro. [Acessível via <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>. Consultado em 20/08/2021].

- Husby M. (2016). Factors affecting road mortality in birds. *Ornis Fennica* 93: p. 2121-224.
- Jackson, S.D., Griffin, C.R. (2000). A strategy for mitigating highway impacts on wildlife. In: Messmer, T.A., West, B. (Eds.), *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*. The Wildlife Society, Bethesda, MD, p. 143–159.
- Kight, C. R., Swaddle, J. P. (2011). How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review. *Ecology Letters* 14 (10), p. 1052–1061.
- Lala, F., Chiyo, P. I., Kanga, E., Omondi, P., Ngene, S., Severud, W. J., Morris, A. W., Bump, J. (2021). Wildlife roadkill in the Tsavo Ecosystem, Kenya: identifying hotspots, potential drivers, and affected species. *Heliyon*, 7(3).
- Laranjo, A. (2018). *Requalificação do IC1 Alcácer do Sal - Grândola*. Grândola: Infraestruturas de Portugal.
- Lester, D. (2015). Effective wildlife roadkill mitigation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* 3 (1), p. 42–51.
- Machado, F. (2011). Efeito das alterações agrícolas na coruja-das-torres (*Tyto alba*): variação na abundância e no uso do espaço. Dissertação de Mestrado em Biologia da Conservação. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Malo, J.E., Suárez, F., Díez, A. (2004). Can we mitigate animal- vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 41(4), p. 701-710.
- Matilde, E. (2012). Contributos para a previsão da ocorrência de acidentes rodoviários por colisão com javalis (*Sus scrofa*). Dissertação de Mestrado em Biologia da Conservação, Universidade de Évora.
- Neves, V. I. B. (2009). Factores que influenciam a mortalidade por atropelamento de mamíferos carnívoros. Dissertação de Mestrado em Biologia da Conservação, Universidade de Évora.
- Phillips, R. L., Andrews, R.D., Storm, G. L., Bishop, R.A. (1972). Dispersal

- and mortality of red foxes. *Journal of Wildlife Management*, 36 (2), p. 237-248.
- Rendall, A.R., Webb, V., Sutherland, D.R., White, J.G., Renwick, L., Cooke, R. (2021). Where wildlife and traffic collide: roadkill rates change through time in a wildlife-tourism hotspot. *Global Ecol. Conserv.*, 27, p. 1-12.
- Rivas Martinez, S. (1981). — Les étages bioclimatiques de la vegetation de la Péninsule Iberique. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 37, p. 251-268.
- Rivera, G. G. (s.d.). Medidas de mitigación de impactos en aves silvestres y murciélagos” Información sistematizada nacional e internacional.
- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J.J, Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzing, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes. M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000). Biodiversity— global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, p. 1770–1774.
- Santos, S. M., Lourenço, R., Mira, A., Beja, P. (2013). Relative effects of road risk, habitat suitability, and connectivity on wildlife roadkills: the case of tawny owls (*Strix aluco*). *Plos One*, 8(11).
- Sekercioglu, C.H., Daily, G.C., Ehrlich, P.R. (2004) Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Science*, 101 (52), p. 18042–18047.
- Shi, H., Shi, T., Yang, Z., Wang, Z., Han, F., Wang, C. (2018). Effect of roads on ecological corridors used for wildlife movement in a natural heritage site. *Sustainability*, 10(8), p. 1–24.
- Speziale, K.L., Lambertucci, S.A., Olsson, O. (2008). Disturbance from roads negatively affects Andean condor habitat use. *Biological Conservation* 141, p. 1765–1772.
- Valeri, S.V., Senô, M. A. A. F. (2004). A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. In: 8º Congresso Internacional de Direito Ambiental, Fauna, políticas públicas e instrumentos legais. São Paulo, Brasil.

- van der Grift, E.A., Verboom, J., Pouwels, R. (2003). Assessing the impact of roads on animal population viability. In: Irwin, C.L., Garrett, P., McDermott, K.P. (Eds.), *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Wright, P.G.R., Coomber, F.G., Bellamy, C.C., Perkins, S.E., Mathews, F. (2020). Predicting hedgehog mortality risks on British roads using habitat suitability modelling. *PeerJ*, 7, e8154
- Woods, J.G., Munro, R.H. (1996). Roads, rails and the environment: wildlife at the intersection in Canada's western mountains, p. 35-47.
- Zuberogitia, I., del Real, J., Torres, J. J., Rodríguez, L., Alonso, M., de Alba, V, Azahara, C., Zabala, J. (2015). Testing pole barrier as feasible mitigation measure to avoid bird vehicle collisions (BVC). *Ecological Engineering*, 83, p. 144-151.