

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

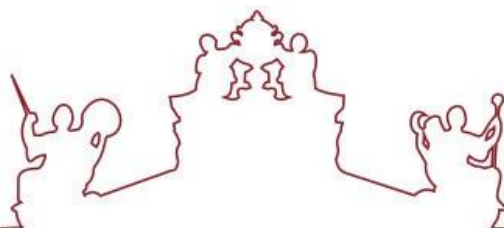
Dissertação

**Eficácia das medidas de minimização de mortalidade por
atropelamento de aves e mamíferos**

Inês Isabel da Silva Prates Lopes

Orientadores | Nuno Miguel Peres Sampaio Pedroso
Rui do Nascimento Fazenda Lourenço

Évora 2022



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

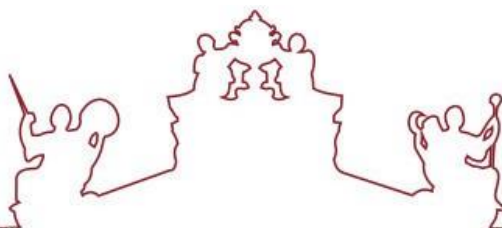
Dissertação

**Eficácia das medidas de minimização de mortalidade por
atropelamento de aves e mamíferos**

Inês Isabel da Silva Prates Lopes

Orientadores | Nuno Miguel Peres Sampaio Pedroso
Rui do Nascimento Fazenda Lourenço

Évora 2022



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

Presidente | Paulo Sá-Sousa (Universidade de Évora)

Vogais | Nuno M. Pedroso (Universidade de Évora) (Orientador)
Pedro Alexandre Salgueiro (Universidade de Évora) (Arguente)

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores Nuno Pedroso e Rui Lourenço por todo o apoio prestado ao longo deste trajeto e por toda a paciência perante todas as minhas dúvidas. Gostaria também de agradecer a toda a equipa do projeto LIFELINES que me acolheu de braços abertos e sempre me prestou apoio quando as dúvidas surgiam. Dentro da equipa do projeto deixo um especial agradecimento ao Tiago Pinto pela ajuda na seleção dos dados utilizados neste estudo, ao Luís Sousa pela cedência de fotos e ao André Oliveira pela ajuda prestada nos diferentes métodos utilizados ao longo da dissertação.

Agradeço aos meus amigos, principalmente às minhas meninas, por todo o apoio que precisava para terminar a última fase do mestrado e por todos os momentos em que me permitiram acalmar perante as dificuldades que surgiam ao longo desta etapa. Agradeço por terem sido as minhas compinchas no desabafo e nas distrações, pelas chamadas e pelas viagens, pelas dúvidas e pelas ajudas ao longo destes 5 anos.

Por último, mas não menos importante agradeço à minha família por todo o apoio e preocupação que demonstraram ao longo da redação desta dissertação, obrigando-me a esforçar e nunca desistir dos nossos objetivos. Agradeço aos meus pais por todo o esforço que fizeram para me fornecer a melhor educação e por apoiarem sempre as minhas vontades e sonhos, mesmo questionando o futuro. Agradeço às minhas avós que mesmo não sabendo qual a minha licenciatura nem mestrado, sempre se preocuparam sobre o que me faltava para acabar esses marcos da minha vida. Agradeço também ao meu irmão pelas palavras de incentivo e força para seguir sempre o melhor caminho. Às minhas sobrinhas tenho a agradecer todos os momentos em que me distraíram e que me fizeram lembrar que por vezes também é preciso parar para respirar.

Conteúdos

1. Introdução	1
2. Materiais e métodos	5
2.1 Área de estudo	5
2.2 Descrição das intervenções	6
2.2.1 Dispositivos refletores de dissuasão	6
2.2.2 Barreiras para vertebrados voadores	7
2.2.3 Passagens hidráulicas	8
2.2.4 Rede de coelhos	9
2.2.5 Protótipo de dissuasão	10
2.3 Recolha de dados:	10
2.3.1. Medidas de minimização aplicadas nas rodovias.....	10
2.3.2 Protótipo de dissuasão de aves de rapina noturnas.....	13
2.4 Análise de dados	14
2.4.1 Medidas de minimização aplicadas nas rodovias.....	14
2.4.2 Protótipo de dissuasão de aves de rapina noturnas.....	16
3. Resultados	16
3.1 Medidas de minimização aplicadas nas rodovias	16
3.1.1 Dispositivos refletores de dissuasão	16
3.1.2 Barreira para vertebrados voadores	18
3.1.3 Passagens hidráulicas	20
3.1.4 Rede para coelhos	30
3.2. Protótipo de dissuasão para aves de rapina noturnas	33
4. Discussão de resultados	37
4.1 Medidas de minimização aplicadas na rodovia	37
4.1.1 Dispositivos refletores de dissuasão	37
4.1.2 Barreiras para vertebrados voadores:	38
4.1.3 Passagens hidráulicas	39
4.1.4 Rede para coelhos	44
4.2 Protótipo de dissuasão para aves de rapina noturnas	45
5. Conclusão	46
6. Referências bibliográficas	49
ANEXO 1. Resultados da análise ANOVA e teste de Tukey	56

Índice de figuras

Figura 1. Localização das medidas de minimização: passagens hidráulicas com passadiços (laranja); passagens hidráulicas com vedações (amarelo); dispositivos refletores de dissuasão (vermelho); barreiras para vertebrados voadores (azul) e rede para coelhos (rosa). Fonte: Google Earth)	6
Figura 2. Dispositivos refletores de dissuasão.....	7
Figura 3. Barreiras para vertebrados voadores.	7
Figura 4. A) Passadiços implementados nas PH; B) Passagens hidráulicas utilizadas pela fauna.....	8
Figura 5. Rede para evitar colonização de coelhos (Lagomorpha) nas bermas das rodovias.	9
Figura 6. Instalação de protótipo para dissuasão de aves de rapina noturnas.	10
Figura 7. Percursos do MOVE: 1ª fase de 51,5 km (vermelho); 2ª fase de 118,3 km (azul). Fonte: Google Earth.....	12
Figura 8. Distâncias entre as coordenadas GPS e a localização das emissões realizadas; individuo 4447 (roxo); individuo 4448 (laranja) e individuo 4449 (rosa). Fonte: QGIS Development Team.....	13
Figura 9. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Strigiformes para a área de intervenção e controlo dos dispositivos refletores de dissuasão.	17
Figura 10. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Chiroptera para a área de intervenção da barreira para vertebrados voadores.	19
Figura 11. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Passeriformes para a área de intervenção da barreira para vertebrados voadores.	19
Figura 12. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Strigiformes para a área de intervenção da barreira para vertebrados voadores.	20
Figura 13. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.....	21
Figura 14. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.....	22
Figura 15. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.....	24
Figura 16. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.....	25

Figura 17. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.	26
Figura 18. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.	28
Figura 19. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.	29
Figura 20. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.	30
Figura 21. Boxplot representativo das medianas nas categorias “antes” e “depois” do individuo 44447.	34
Figura 22. Boxplot representativo das medianas nas categorias “antes” e “depois” do individuo 44448.	34
Figura 23. Boxplot representativo das medianas nas categorias “antes” e “depois” do individuo 44449.	35
Figura 24. Boxplot representativo das medianas nas categorias “durante” e “após” do individuo 44447.	36
Figura 25. Boxplot representativo das medianas nas categorias “durante” e “após” do individuo 44448.	36
Figura 26. Boxplot representativo das medianas nas categorias “durante” e “após” do individuo 44449.	37

Índice de tabelas

Tabela 1. Descrição e localização das passagens hidráulicas (PH) com passadiços.	8
Tabela 2. Descrição e localização das passagens hidráulicas (PH) com vedações	9
Tabela 3. Datas de realização de monitorização diária e de implementação das medidas de minimização.....	12
Tabela 4. Datas de reprodução de playback para cada indivíduo.	14
Tabela 5. Dados de atropelamentos da ordem Strigiformes para a área de intervenção e controlo dos dispositivos refletores de dissuasão.....	18
Tabela 6. Dados de atropelamentos das ordens Chiroptera, Passeriformes e Strigiformes para a área de intervenção das barreiras para vertebrados voadores.	20
Tabela 7. Dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.	22
Tabela 8. Dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.	23
Tabela 9. Dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.	24
Tabela 10. Dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.	25
Tabela 11. Dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.....	27
Tabela 12. Dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.....	28
Tabela 13. Dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.....	29
Tabela 14. Dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.....	30
Tabela 15. Dados de atropelamentos das ordens Carnivora e Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de redes para coelhos.	33

Eficácia das medidas de minimização de mortalidade por atropelamento de aves e mamíferos

Resumo

As rodovias têm vários impactes na fauna selvagem, sendo os principais a mortalidade por atropelamento e a fragmentação de habitat, afetando principalmente os grupos aves e mamíferos. Este estudo pretendeu testar a eficácia de medidas de minimização implementadas em hotspots de mortalidade, no distrito de Évora no âmbito de um projeto de conservação. Foi possível comprovar que as barreiras para vertebrados voadores e as redes para coelhos diminuem a mortalidade por atropelamento desses grupos mas para as restantes medidas, dispositivos refletos de dissuasão, adaptação de passagens hidráulicas e protótipo de dissuasão, não foi possível demonstrar a sua eficácia. Este facto aconteceu sobretudo devido ao baixo número de aves e mamíferos atropelados registados, sendo necessária a continuação da monitorização pós-implementação de modo a alargar a base de dados. No entanto, este estudo servirá de apoio a futuros estudos sobre a eficácia destas medidas na minimização da mortalidade de fauna por atropelamento.

Palavras-chave: medidas de minimização; atropelamento; ecologia das estradas; mamíferos; aves, Alentejo

Efficiency of measures to reduce mortality by road-killing in birds and mammals

Abstract

Roads have several impacts on wildlife, the main ones being roadkill mortality and habitat fragmentation, mainly affecting the bird and mammal groups. This study aimed to test the effectiveness of the minimization measures implemented in the mortality hotspots, in the district of Évora as part of a conservation project. The barrier for flying vertebrates and the net for wild rabbit proved effective in reducing the roadkills for these groups but for the other tested measures, the deterrent reflective devices, adaptation of hydraulic passages, and the dissuasion prototype, this efficiency was not proved. This happened mainly due to data limitations, and therefore the continuation of post-implementation monitoring is necessary to extend the database. However, this study will support future studies on the effectiveness of these measures in minimizing fauna roadkills.

Key words: minimization measures; roadkill; road ecology; mammals; birds; Alentejo

1. Introdução

As rodovias são infraestruturas lineares que causam impactos na biodiversidade como a criação de uma barreira ao movimento impedindo o fluxo genético, a perda e degradação de habitat (van der Ree, Smith & Grilo, 2015), fragmentação das populações (Rytwinski & Fahrig, 2015), luz artificial (Lourenço *et al.*, 2013) e o ruído associado aos veículos (Parris, 2015). Os principais impactos das rodovias na fauna são a mortalidade por colisão com veículos; modificação do comportamento animal e a fragmentação de habitat (Trombulak & Frissell, 2000; Seiler, 2001; Coffin, 2007; Bager & Rosa, 2010). A probabilidade de colisão com veículos pode aumentar devido à presença de rodovias no habitat e na distribuição natural das espécies atropeladas (Coffin, 2007) podendo provocar efeitos negativos na viabilidade populacional das espécies (Costa, Ascensão & Bager, 2015). As bermas das rodovias são consideradas um importante refúgio para pequenos mamíferos, e a sua presença nesses locais contribui para o aumento de atropelamentos de predadores (Silva *et al.*, 2019) como, por exemplo, carnívoros e corujas. Segundo Pinowski (2005), a probabilidade de atropelamento para espécies necrófagas nas rodovias é elevada devido a estas se alimentarem de carcaças de animais atropelados, podendo desta forma gerar um ciclo contínuo de perda de biodiversidade.

Mamíferos com baixas taxas reprodutivas, com grandes territórios, grande capacidade de dispersão, que utilizam as rodovias como corredores de dispersão, e aves com grandes territórios, que realizem voos baixos e que possuam territórios perto de rodovias, mostram maior suscetibilidade aos impactos causados pela presença destas infraestruturas lineares (Rytwinski & Fahrig, 2015). Devido aos mamíferos e às aves serem dos grupos mais afetados pela mortalidade por atropelamento, as medidas de minimização implementadas e testadas neste estudo tiveram como grupos-alvo estes mencionados previamente.

Em Portugal, o Alentejo Central é uma área com grande diversidade florística, faunística e paisagística, sendo considerada uma região com elevado valor natural. A construção e a utilização de infraestruturas lineares têm vindo a afetar a diversidade característica desta região. A ocorrência de várias espécies

de fauna com valor para a conservação levou a que estudos sobre atropelamentos fossem bastante relevantes, tornando o Alentejo uma das áreas mais bem estudadas do país a nível da mortalidade por atropelamento e obstáculos à deslocação da fauna (e.g. Silva *et al.*, 2019; Mouta, 2020; van der Horst *et al.*, 2019; Craveiro *et al.*, 2019; Santos, Carvalho & Mira, 2011).

No seguimento destes estudos surgiu o projeto LIFELINES - Rede de Infraestruturas Lineares com Soluções Ecológicas (LIFE14 NAT/PT/001081), com o principal objetivo de testar medidas de minimização que mitiguem os efeitos negativos das infraestruturas lineares em várias espécies de fauna. Este projeto é uma parceria entre a Universidade de Évora, a Infraestruturas de Portugal (IP), as Câmaras de Évora e Montemor-o-Novo, a Marca (Associação de Desenvolvimento Local), a Quercus (Organização Não Governamental de Ambiente), a Universidade de Aveiro e a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (para mais informações ver - <https://lifelines.uevora.pt/>).

A implementação de medidas de minimização tem como objetivo reduzir os efeitos negativos e restaurar os processos ecológicos e fluxos associados à continuidade da paisagem e dinâmicas metapopulacionais (Corlatti *et al.*, 2009). Algumas das medidas de minimização implementadas, nestes casos específicos através da colaboração entre a Universidade de Évora, Infraestruturas de Portugal (IP) e os Municípios de Évora e Montemor-o-Novo, foram a colocação de 100 dispositivos refletores de dissuasão de aproximação de corujas (Estrada nacional EN4); colocação de 2 barreiras direcionadas para vertebrados voadores (EN114); a adaptação de 9 passagens hidráulicas (EN4; EN114 e IP2) para passagem de fauna terrestre através da colocação de passadiços laterais e vedações que dirijam estes animais para estas passagens; a instalação de 2 redes para coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*) nas bermas das rodovias (EN4) (LIFELINES, 2018) e foi ainda testado um protótipo de dissuasão para corujas. Estas medidas, desenvolvidas mais em baixo, foram colocadas em troços de rodovias que apresentavam hotspots de mortalidade para fauna silvestre, locais onde existe um elevado foco de mortalidade por atropelamento dos grupos de fauna em questão (dados projeto MOVE – Universidade de Évora).

As aves de rapina noturnas apresentam uma elevada taxa de mortalidade nas rodovias devido à sua atividade noturna e ao seu comportamento (Fajardo

et al. 1998; Meunier, Verheyden & Jouventin, 2000; Ramsden, 2003). Estas aves utilizam as rodovias como potenciais locais de caça, corredores de deslocação e muitas vezes estas estruturas integram a sua área vital como habitat de caça (Fajardo *et al.* 1998; Meunier, Verheyden & Jouventin, 2000; Ramsden, 2003). Os faróis dos veículos têm um forte impacto na visão destas espécies provocando uma cegueira temporária, que as desorienta provocando um atraso no seu tempo de reação à aproximação do veículo (Hernandez, 1988; Slater 2002, Ramsden 2003). Para minimizar estes impactos foram implementados dispositivos refletores de dissuasão. Estes apresentam um elevado número de estudos quanto à sua eficácia para os grupos de cervídeos e marsupiais (Benten *et al.*, 2018), no entanto será a primeira vez que estes dispositivos serão estudados como medida de prevenção de atropelamentos para aves de rapina noturnas. A sua implementação teve como principal objetivo afastar este grupo de aves das rodovias aquando da passagem de um veículo, através da alteração do seu comportamento (Benten *et al.*, 2018).

Devido à movimentação tridimensional em aves (Zuberogoitia *et al.*, 2015) e em mamíferos voadores (morcegos), a aplicação de uma medida de minimização torna-se mais complexa. Num estudo realizado por Pons (2000) verificou-se que, quando as bermas das estradas se encontravam a uma altura superior à rodovia, existia uma menor taxa de atropelamento para aves, devido a estas poderem realizar um voo em linha reta acima da altura dos veículos impedindo a colisão. Para diminuir a mortalidade por atropelamento, na zona do Alentejo central, de aves e morcegos, foram colocadas barreiras direcionadas para vertebrados voadores com o objetivo de dirigir o voo para uma altitude superior à dos veículos, permitindo que atravessassem a rodovia em segurança. A sua colocação pode criar um efeito barreira para animais de maiores dimensões, em semelhança às barreiras acústicas (Carvalho *et al.*, 2017), concluindo que estas deverão ser colocadas apenas nos locais que apresentam maiores taxas de mortalidade para vertebrados voadores e de preferência associados a passagens para fauna de maneira a permitir a continuidade da paisagem.

As passagens hidráulicas (PH) foram construídas com o objetivo de permitir o escoamento das águas pluviais e de ribeiras evitando inundações (Liu & Zhao, 2003), no entanto, têm mostrado um forte potencial como passagem de

fauna. A adaptação de passagens hidráulicas para a passagem de fauna tem vindo a ser cada vez mais comum, devido a serem monetariamente mais acessíveis que a construção de uma estrutura própria para passagem de fauna (Mata *et al.*, 2008). Devido às passagens hidráulicas estarem frequentemente associadas a sistemas ripários, permite que animais que utilizem esse corredor possam atravessar a rodovia em segurança sem barreiras que poderão levar à sua morte (Glista, DeVault, & DeWoody, 2009), contribuindo também para a minimização dos efeitos da fragmentação de habitat (Ascensão & Mira, 2006). Craveiro *et al.* (2019) verificou que quando estas passagens hidráulicas se encontravam inundadas, existia uma menor probabilidade de os animais as utilizarem, a não ser que estas apresentassem uma faixa seca onde eles pudessem atravessar sem a necessidade de se molharem. Para a adaptação das passagens hidráulicas em estudo foram implementados passadiços nas laterais interiores das passagens e vedações nas imediações, dirigindo os animais para estas estruturas.

Os taludes e a sua composição mostram-se bastante importantes quando, na área, não existe disponibilidade de solo para colonização pelo coelho-bravo (Gea-Izquierdo, Munoz-Igualada & San Miguel-Ayanz, 2005). No entanto, quando estes taludes se encontram nas bermas das rodovias existe uma forte probabilidade de atropelamento para este grupo. Uma colonização nestes locais poderá também comprometer a estabilidade dos taludes, podendo provocar derrocadas nas bermas da rodovia. Com o objetivo de diminuir estes riscos foram tomadas medidas que impedissem a colonização por coelhos, através da implementação de redes com uma malha apertada nos taludes em dois locais ao longo da EN4. Com esta medida pretende-se então diminuir os atropelamentos de coelho-bravo e indiretamente diminuir também o atropelamento dos seus predadores na mesma zona.

Um dos grandes efeitos da urbanização na vida selvagem é o ruído antropogénico, que perturba os sinais acústicos utilizados por muitos grupos de animais (Fröhlich & Ciach, 2019), como as aves de rapina noturnas (ordem Strigiformes) que utilizam a audição para comunicação, defesa de território e caça (Mikkola, 1983). Neste estudo foi testado um protótipo de dissuasão com o objetivo de verificar a reação das aves de rapina noturnas a esta perturbação

sonora. Se se verificar a eficácia deste no afastamento de aves, poderá ser considerada uma possível utilização como medida de minimização de atropelamentos nas rodovias.

Assim, em resumo, o objetivo desta dissertação de mestrado foi verificar a eficácia das medidas de minimização de mortalidade por atropelamento para aves e mamíferos em rodovias através da i) caracterização das medidas de minimização aplicadas na área de estudo; ii) comparação de dados de mortalidade recolhidos antes e depois da colocação destas medidas; e iii) avaliação da eficácia das medidas de minimização. Neste estudo serão testadas 5 hipóteses: (1) os dispositivos refletos de dissuasão diminuem a mortalidade por atropelamento de rapinas noturnas afastando-as da rodovia; (2) as barreiras para vertebrados voadores diminuem a mortalidade por atropelamento desses vertebrados redirecionando o seu voo em altitude; (3) as passagens hidráulicas diminuem a mortalidade por atropelamento de mamíferos nas suas proximidades; (4) as redes para coelhos diminuem a mortalidade deste grupo e indiretamente de mamíferos carnívoros e (5) o protótipo de dissuasão apresenta uma eficácia no afastamento de aves de rapina noturnas.

Com este estudo espera-se identificar quais as medidas de minimização que têm um efeito positivo na diminuição da taxa de mortalidade por atropelamento das aves e mamíferos e que possam ser recomendadas para replicação em outros pontos do país.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em quatro municípios localizados no Alentejo Central, Arraiolos, Estremoz, Évora e Montemor-o-Novo (Figura 1). O local de estudo é caracterizado por terrenos planos, apresenta um clima mediterrânico com invernos amenos e verões secos e quentes, e uma predominância do uso

de solo de montados de sobreiro (*Quercus suber*) e azinheira (*Quercus rotundifolia*) (Pinto-Correia, 1993) e zonas agrícolas.

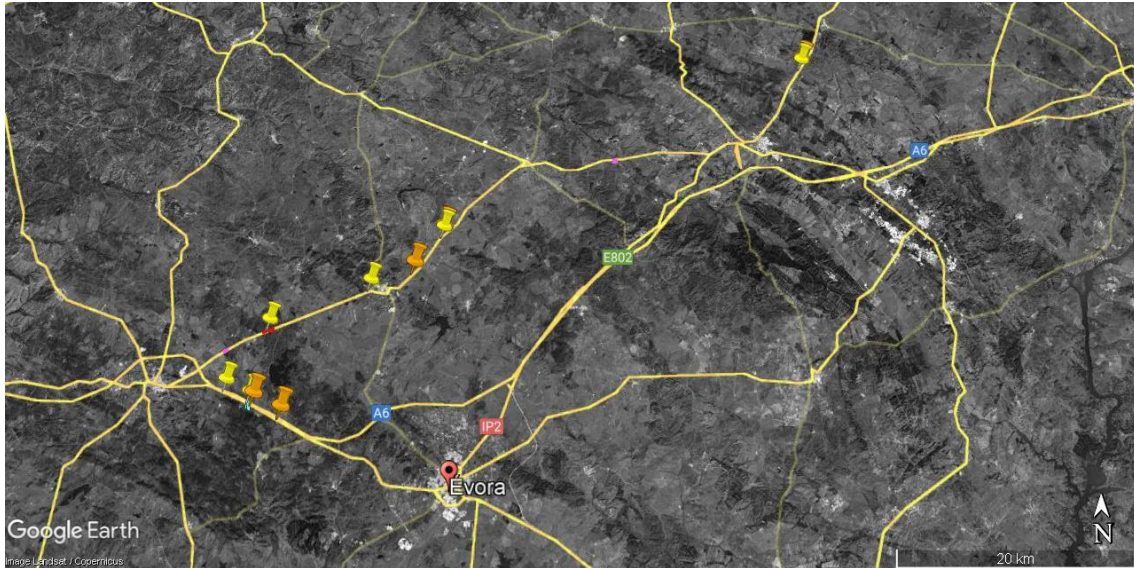


Figura 1. Localização das medidas de minimização: passagens hidráulicas com passadiços (laranja); passagens hidráulicas com vedações (amarelo); dispositivos refletivos de dissuasão (vermelho); barreiras para vertebrados voadores (azul) e rede para coelhos (rosa). Fonte: Google Earth)

2.2 Descrição das intervenções

2.2.1 Dispositivos refletivos de dissuasão

Esta medida encontra-se direcionada para as aves de rapina noturnas (i.e., corujas, mochos, bufos - ordem Strigiformes) e baseia-se na instalação de 100 dispositivos refletivos de dissuasão de modelo SWAREFLEX (Figura 2) em ambos os lados da rodovia ao longo de 1 km da EN4. Os dispositivos são colocados nos refletores já existentes nas bermas das rodovias de modo a redirecionarem a luz dos faróis dos veículos para a área lateral à rodovia (Grilo, Bissonett & Cramer, 2010; Borda-de-Água *et al.*, 2017), criando um sinal de aviso para a fauna, levando os animais a permanecer no local onde se encontram ou a procurarem refúgio até ao final da passagem dos veículos para poderem atravessar a rodovia em segurança (Light dome road products, 2020).



Figura 2. Dispositivos refletores de dissuasão.

2.2.2 Barreiras para vertebrados voadores

Para a diminuição de mortalidade por atropelamentos para as ordens Passeriformes, Strigiformes e Chiroptera foram implementadas as barreiras para vertebrados voadores (Figura 3). No total, foram instaladas 2 barreiras na EN114, com o objetivo de elevar o voo destes animais. Estas barreiras são metálicas com uma malha fina com cerca de 4 metros de altura. A presença de passagens hidráulicas ou outros tipos de passagens para fauna de maiores dimensões, associadas aos locais onde foram implementadas estas barreiras, acaba por atenuar o efeito barreira que é criado pela sua colocação, e permite que estes atravessem as rodovias em segurança. Existe também na base de cada barreira uma pequena abertura para evitar que esta crie um efeito barreira para fauna de menores dimensões que se desloque apenas por meio terrestre.



Figura 3. Barreiras para vertebrados voadores.

2.2.3 Passagens hidráulicas

A adaptação de passagens hidráulicas (Figura 4) para a passagem de fauna foi dividida em duas etapas. A primeira etapa consistiu na instalação de passadiços laterais no interior de 5 passagens hidráulicas (Tabela 1) localizadas na EN4, EN114 e IP2. A segunda etapa consistiu na instalação ou reparação de vedações em 7 passagens hidráulicas (Tabela 2) localizadas na EN4, EN114 e IP2, variando no seu comprimento e no tamanho de malha. Após o início da instalação de passadiços foi verificado que uma das passagens (660) estaria conectada a uma segunda (6499), logo para uma maior eficácia e probabilidade de atravessamento foi também implementado um passadiço na segunda passagem, formando um total de 6 passagens hidráulicas adaptadas para uso da fauna.



Figura 4. A) Passadiços implementados nas PH; B) Passagens hidráulicas utilizadas pela fauna.

Tabela 1. Descrição e localização das passagens hidráulicas (PH) com passadiços.

Número da PH	Rodovia	Vedação
644	EN114	Não
660 + 6499	EN114	Sim
2748	EN4	Sim
6453	EN4	Não
2434	IP2	Sim

Tabela 2. Descrição e localização das passagens hidráulicas (PH) com vedações.

Número de PH	Rodovia	Passadiços	Vedações
660 + 6499	EN114	Sim	Existente (privado)
637	EN114	Não	Instalada
6439	EN4	Não	Instalada
2741	EN4	Não	Instalada
2748	EN4	Sim	Instalada
Sem número	EN4	Não	Instalada
2434	IP2	Sim	Reparada

2.2.4 Rede de coelhos

As redes de coelhos (Figura 5) são redes metálicas com uma malha apertada aplicadas nos taludes localizados nas bermas das rodovias com o intuito de diminuir a colonização de coelhos nesse local. Esta medida foi implementada em dois troços ao longo da EN4, cada um com um comprimento de 650 metros, formando ao todo um total de 1300 metros. A escolha dos locais de implementação foi baseada na observação de colonizações por parte dos coelhos nos taludes e em dados de atropelamento que apresentavam um hotspot de mortalidade para a ordem Lagomorpha.



Figura 5. Rede para evitar colonização de coelhos (Lagomorpha) nas bermas das rodovias.

2.2.5 Protótipo de dissuasão

Para diminuição de atropelamentos da ordem Strigiformes foi ainda testado um protótipo (Figura 6), que pretende afastar as aves rapinas noturnas do local de emissão de modo a manter os indivíduos em segurança e longe dos locais de atropelamentos. Este protótipo reproduz um conjunto de sons associados a zonas humanizadas como, por exemplo, cães a ladrar e sons de maquinaria utilizada em obras. Este teste foi realizado em três indivíduos da espécie coruja-do-mato (*Strix aluco*) seguidos por telemetria (GPS-datalogger), dois dos quais o território localizava-se perto da N4 (indivíduos 44448 e 44449) e um com território perto da EM529 (indivíduo 44447).



Figura 6. Instalação de protótipo para dissuasão de aves de rapina noturnas.

2.3 Recolha de dados

2.3.1. Medidas de minimização aplicadas nas rodovias

Para a obtenção dos dados necessários para testar a eficácia das medidas implementadas, foi realizada a monitorização de animais vertebrados

atropelados entre Montemor-o-Novo e Évora em três fases: 1) antes do início do Projeto LIFELINES - pré-LIFELINES; 2) após o início do Projeto LIFE mas antes da implementação das medidas - pré-intervenção e 3) após a implementação das medidas - pós-intervenção (Tabela 3). A monitorização é considerada uma das formas de recolha de dados mais utilizada para escolher a medida de minimização mais adequada (Gunson, Mountrakis & Quackenbush, 2011; Cureton & Deaton 2012; Glista, DeVault & DeWoody, 2009) e testar a sua eficácia (Glista *et al.*, 2009; Lesbarreres and Fahrig 2012). A monitorização de atropelamentos foi realizada diariamente devido à persistência das carcaças de animais atropelados na rodovia em muitos casos ser, segundo Santos, Carvalho & Mira (2011), de apenas um dia. Esta monitorização, seguindo a metodologia MOVE (metodologia implementada pela equipa da Unidade de Biologia da Conservação, Departamento de Biologia da Universidade de Évora, idealizada pelo professor António Mira) foi realizada por um observador num veículo a cerca de 30 km/h (Silva *et al.*, 2019) ao início do dia para evitar que a remoção por parte de necrófagos, veículos ou humanos leva-se ao desaparecimento de carcaças (Guinard, Julliard & Barbraud, 2012; Slater, 2002; Teixeira *et al.*, 2013). O percurso, efetuado desde 2005, variou de direção diariamente, intercalando o sentido Évora – Montemor-o-Novo e Montemor-o-Novo – Évora, seguindo troços das rodovias EN114, N4 e EM529 (Figura 7), incluindo 2 percursos, um menor de 51,5 km (aplicado na 1ª fase) e um maior de 118,3 km (aplicado nas 2ª e 3ª fases).

Os animais encontrados nesses percursos foram registados numa aplicação onde se inseriram várias informações, sendo as mais importantes, a identificação taxonómica (espécie, género e *etc.*), o estado de conservação (esmagado, inteiro, parcialmente inteiro), a antiguidade (recente, antigo) e as coordenadas GPS. Após o registo de atropelamento a carcaça era retirada da rodovia de maneira a evitar uma segunda contagem no dia seguinte. Quando não foi possível a identificação no local, a carcaça foi transportada para laboratório para posterior identificação.

Tabela 3. Datas de realização de monitorização diária e de implementação das medidas de minimização.

Medida	Pré-LIFELINES	Pré-intervenção	Data de implementação	Pós-intervenção
Dispositivos refletos de dissuasão	16/03/2010 a 15/03/2013	16/04/2015 a 15/04/2017	Fevereiro 2019	1/03/2019 a 28/02/2020
Barreira para vertebrados voadores	16/03/2010 a 15/03/2013	16/04/2015 a 15/04/2017	Janeiro 2019	1/02/2019 a 31/01/2020
PH passadiços/vedações	16/03/2010 a 15/03/2013	16/04/2015 a 15/04/2017	Agosto 2017/ Novembro 2017	16/10/2017 a 15/10/2019
Rede de coelhos	16/03/2010 a 15/03/2013	16/04/2015 a 15/04/2017	Outubro 2017	1/11/2017 a 31/10/2019

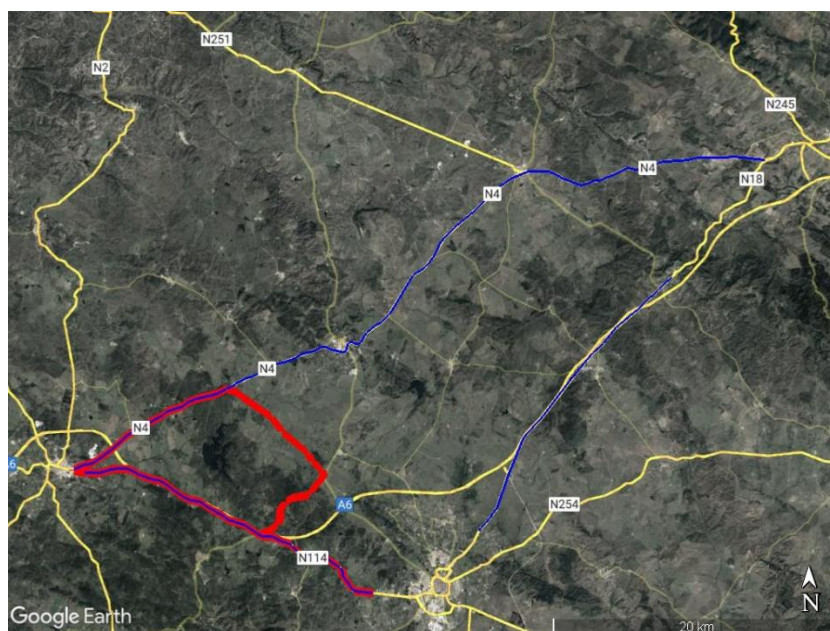


Figura 7. Percursos do MOVE: 1ª fase de 51,5 km (vermelho); 2ª fase de 118,3 km (azul). Fonte: Google Earth.

Para comprovar a utilização das passagens hidráulicas por parte da fauna foi realizada a monitorização por foto-armadilhagem que utiliza a emissão de infravermelhos para a deteção da passagem de animais, permitindo obter fotografias e vídeos (Apps & Mcnutt, 2018). As câmaras foram montadas no interior das passagens hidráulicas e na diagonal ao local onde irão atravessar os animais, tendo sempre em conta que estas câmaras são bastante sensíveis à altura e ao ângulo em que são colocadas (Apps & Mcnutt, 2018). Posteriormente

estas câmaras foram verificadas uma vez por semana, onde decorreu a mudança de cartões de memória e pilhas se necessário (Craveiro *et al.*, 2019).

2.3.2 Protótipo de dissuasão de aves de rapina noturnas

Para testar a eficácia do protótipo de som foram organizadas capturas de 3 corujas-do-mato (*Strix aluco*) para posterior marcação com emissores data-logger GPS, permitindo assim, através da telemetria, saber a localização das corujas ao longo do período de estudo (Figura 8). Antes das capturas foram realizados pontos de escuta para verificar a ocupação dos territórios. Estes pontos de escuta incluíram a emissão de chamamentos de machos durante 3 minutos e uma espera de 10 minutos por uma possível resposta. Em territórios ocupados foram realizadas capturas através da colocação de redes e emissão de chamamentos de machos até um máximo de 40 minutos, com verificação regular da rede a cada 10 minutos. A escolha dos dias para realização de pontos de escuta e capturas foi sempre feita evitando dias chuvosos e com ventos fortes. Após a captura foram colocados emissores data-logger GPS (PinPoint VHF fabricado por Biotrack Ltd) nos indivíduos, que realizaram a recolha das coordenadas GPS dos indivíduos de 10 em 10 minutos, que posteriormente foram descarregados por VHF.

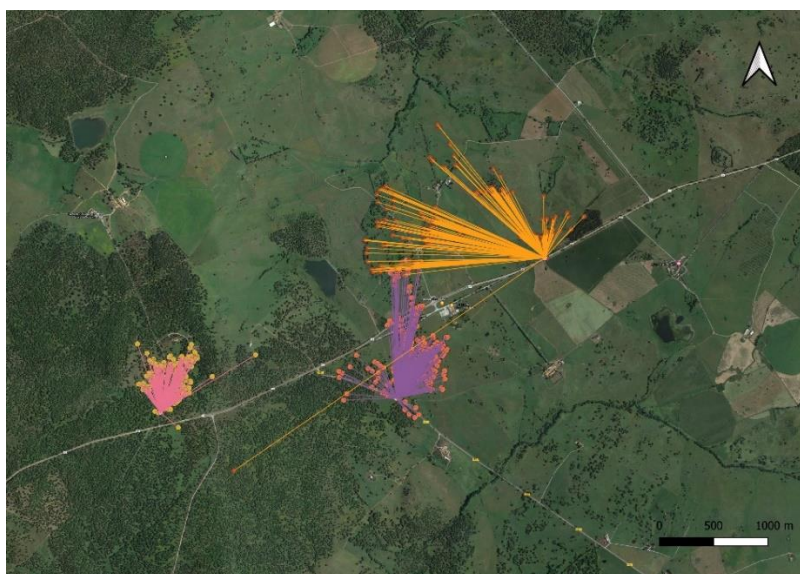


Figura 8. Distâncias entre as coordenadas GPS e a localização das emissões realizadas; indivíduo 4447 (roxo); indivíduo 4448 (laranja) e indivíduo 4449 (rosa). Fonte: QGIS Development Team.

Para testar o efeito dos sons do protótipo no comportamento das corujas-do-mato cada indivíduo foi visitado ao longo de 9 dias consecutivos, durante os quais foi ativado o protótipo e emitido o playback duas horas após o anoitecer, procurando variar o mínimo o horário de emissão.

Tabela 4. Datas de reprodução de playback para cada indivíduo.

Indivíduo	Data de início	Data do fim
44447	30 Janeiro 2018	7 Fevereiro 2018
44448	21 Fevereiro 2018	1 Março 2018
44449	6 Março 2018	14 Março 2018

Os dados obtidos foram divididos em quatro grupos diferentes: (A) Nos dias da emissão durante as duas horas em que foi emitido o playback; (B) Nos dias da emissão após a emissão do playback; (C) Nos dias antes da emissão à hora que iria ser emitido o playback; (D) Nos dias antes da emissão após as horas em que iria ser emitido o playback.

Para verificar a movimentação de aves de rapina noturnas na área de implementação de dispositivos refletores de dissuasão também houve uma tentativa de realização deste método, mas sem sucesso por falta de capturas de corujas no local, tendo sido apenas obtidas respostas aos playbacks emitidos.

2.4 Análise de dados

2.4.1 Medidas de minimização aplicadas nas rodovias

Para a análise de dados obtidos através do MOVE foi utilizada uma metodologia BACI (Before-After-Control-Impact) que consiste na comparação dos dados recolhidos, por anos completos de amostragem antes e depois de terem sido colocadas as medidas de minimização nas áreas de implementação e nas áreas de controlo (3 anos para a 1ª fase; 2 anos para a 2ª fase e 1 a 2

anos para a 3ª fase, dependendo do ano de implementação das medidas), correspondendo a 7 amostragens anuais, ou seja, 7 replicados.

Os dados utilizados neste estudo foram recolhidos pela equipa do projeto LIFELINES. Ao integrar esta equipa foi-me possibilitado participar e contribuir em várias campanhas realizadas dentro do projeto como a recolha de dados de atropelamentos (ocasionalmente entre 2018 e 2020), captura de pequenos mamíferos nas bermas das rodovias (2020), colocação de armadilhagem fotográfica (2020), monitorização de anfíbios (2019) e campanhas de capturas de aves de rapina noturnas (2020).

Para a obtenção de áreas controlo foi realizada uma comparação entre as áreas intervencionadas e áreas próximas que pudessem apresentar a mesma caracterização em termos de vegetação. Devido às áreas de intervenção e às áreas de controlo se localizarem nas mesmas rodovias e a poucos metros de distância, o tráfego médio diário foi considerado o mesmo. As barreiras para vertebrados voadores não apresentaram uma área controlo devido à falta de áreas com características semelhantes ao local de implementação.

Neste estudo, foram apenas considerados os dados de animais atropelados na área de intervenção direta das medidas (para os casos dos dispositivos refletores de dissuasão, barreiras para vertebrados voadores, protótipo de dissuasão, rede de coelhos) e num buffer de 200 metros para as passagens hidráulicas, e nas áreas controlo.

A análise dos dados para as medidas de minimização implementadas foi realizada no programa IBM SPSS (IBM Corp. Released 2020) através da construção de gráficos boxplot que demonstrem as alterações entre cada fase e entre as áreas de intervenção e as áreas controlo. Foram efetuadas análises de variância (ANOVA), com as variáveis fase (pré-LIFELINES; pré-intervenção e pós-intervenção) e localização (intervenção, controlo), que nos permitiu verificar se existe uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias obtidas em cada área (área de implementação e área controlo). Nos casos em que foram comprovadas diferenças significativas, foi ainda realizado um teste de Tukey (post-hoc) para mostrar entre que fases existiram diferenças significativas ($P < 0,05$).

2.4.2 Protótipo de dissuasão de aves de rapina noturnas

Os dados utilizados para esta análise foram recolhidos pela equipa do projeto LIFELINES e Labor - Laboratório de Ornitologia da Universidade de Évora. Em finais de 2020 foi-me possível auxiliar nestas capturas e aprender os métodos aplicados.

Após a recolha das coordenadas das corujas foram medidas, através do programa QGIS Development Team (2021) (versão 3.10.0 - A Coruña), as distâncias de cada um desses pontos à localização em que foi emitido o playback. Depois de obtidas as distâncias foram realizadas duas análises com recurso ao programa estatístico R (R Core Team, 2021) de modo a entender como é que o protótipo afetou o comportamento das três corujas testadas.

Para analisar os dados obtidos foram realizados, em cada análise, dois testes estatísticos para cada indivíduo, um modelo linear generalizado (GLM) e um teste não paramétrico Mann-Whitney, de modo a comparar médias entre duas categorias. Na primeira análise as distâncias obtidas foram divididas nas categorias “antes” (grupo C e D) e “depois” (grupo A e B), de modo a comparar as distâncias de cada indivíduo nos dias antes da emissão (“antes”) e nos dias em que foi realizada a emissão (“depois”). Na segunda análise foram criadas as categorias “durante” (grupo A) e “após” (grupo B), de modo a comparar as distâncias de cada indivíduo nas horas de emissão do playback (“durante”) e nas horas logo após a emissão do playback (“após”).

3. Resultados

3.1 Medidas de minimização aplicadas nas rodovias

3.1.1 Dispositivos refletores de dissuasão

Ao longo dos anos em que foi realizado o estudo, foi comprovado uma diminuição contínua no número de atropelamentos para a ordem Strigiformes, tanto na área de implementação dos dispositivos refletos de dissuasão como na área controle. Esta diminuição mostrou-se mais acentuada entre as fases pré-LIFELINES e pré-intervenção para ambas as áreas (Figura 9). É possível verificar que houve uma maior variação na fase pré-LIFELINES (valor mínimo de atropelamentos foi de 1 na área de intervenção e de 2 na área de controle; valor máximo de atropelamentos de 7 na área de intervenção e de 11 na área de controle) (Tabela 5). Os resultados da ANOVA ($P > 0,05$) mostraram que, quando comparadas as médias entre as fases e entre áreas, as diferenças não foram significativas (Anexo 1).

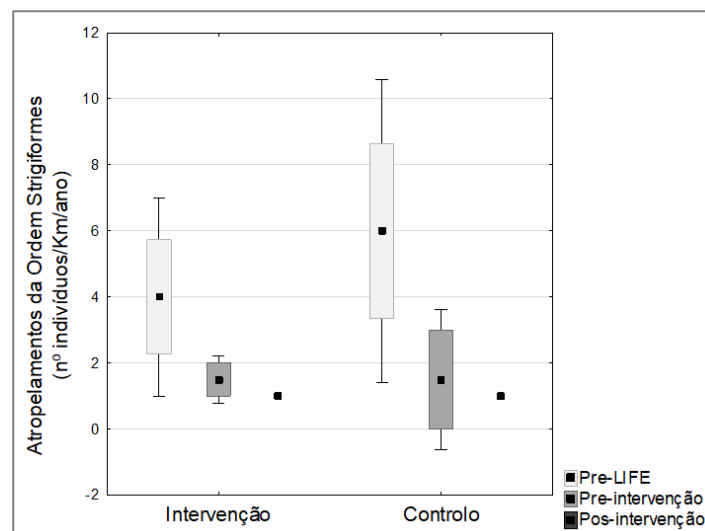


Figura 9. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Strigiformes para a área de intervenção e controlo dos dispositivos refletos de dissuasão.

Tabela 5. Dados de atropelamentos da ordem Strigiformes para a área de intervenção e controlo dos dispositivos refletivos de dissuasão.

Strigiformes	Fase	Ano de amostragem	Área
1	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
7	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
4	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
2	Pré- intervenção	1	Intervenção
1	Pré- intervenção	2	Intervenção
1	Pós-intervenção	1	Intervenção
11	Pré-LIFELINES	1	Controlo
5	Pré-LIFELINES	2	Controlo
2	Pré-LIFELINES	3	Controlo
3	Pré- intervenção	1	Controlo
0	Pré- intervenção	2	Controlo
1	Pós-intervenção	1	Controlo

3.1.2 Barreira para vertebrados voadores

Para a barreira de vertebrados voadores colocada na EN114, os resultados apresentaram uma diminuição contínua de atropelamentos para as ordens Chiroptera (Figura 10) e Passeriformes (Figura 11). Houve também uma diminuição do número de atropelamentos para a ordem Strigiformes mas essa alteração deu-se apenas entre as fases pré-LIFELINES e pré-implementação, sendo que os atropelamentos se mantiveram nulos durante a segunda e terceira fase (Figura 12). Os decréscimos mais significativos foram entre a pré-intervenção e a pós-intervenção, para as ordens Chiroptera (Figura 10) e Passeriformes (Figura 11); e entre as fases pré-LIFELINES e pré-intervenção para a ordem Strigiformes (Figura 12). A ordem Chiroptera e a ordem Passeriformes verificaram uma maior variação do número de atropelamentos na fase pré-LIFELINES (valor mínimo de 2 e máximo de 13; e valor mínimo de 7 e máximo de 16, respetivamente), a ordem Strigiformes não apresentou variações significativas (Tabela 6).

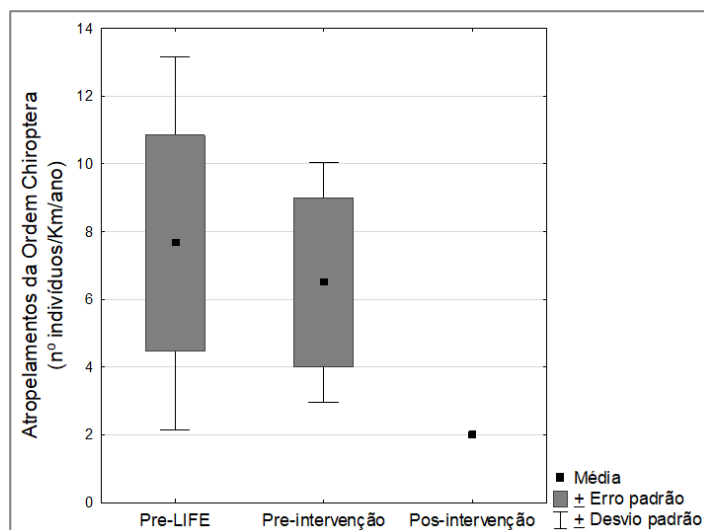


Figura 10. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Chiroptera para a área de intervenção da barreira para vertebrados voadores.

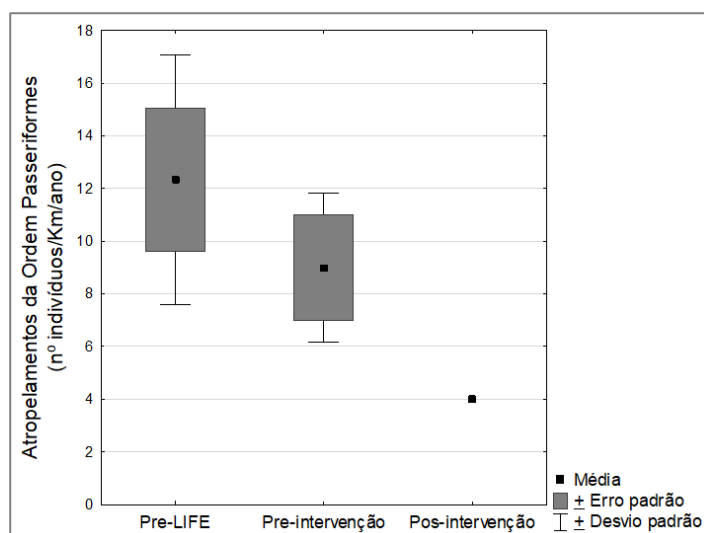


Figura 11. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Passeriformes para a área de intervenção da barreira para vertebrados voadores.

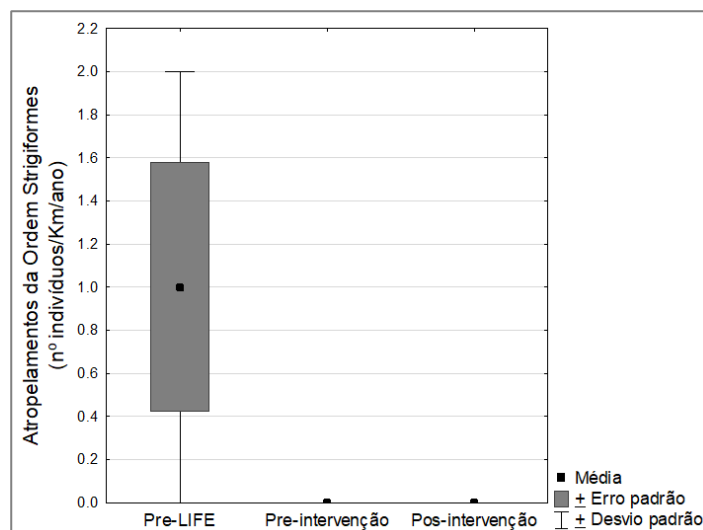


Figura 12. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Strigiformes para a área de intervenção da barreira para vertebrados voadores.

Tabela 6. Dados de atropelamentos das ordens Chiroptera, Passeriformes e Strigiformes para a área de intervenção das barreiras para vertebrados voadores.

Chiroptera	Passeriformes	Strigiformes	Fase	Ano de amostragem	Área
2	14	2	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
13	7	0	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
8	16	1	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
4	11	0	Pré-intervenção	1	Intervenção
9	7	0	Pré-intervenção	2	Intervenção
2	4	0	Pós-intervenção	1	Intervenção

3.1.3 Passagens hidráulicas

As passagens hidráulicas sofreram duas intervenções, uma em que foram colocados passadiços dentro das passagens de modo a permitir que animais que evitem água possam utilizar esta estrutura para atravessar as rodovias em segurança, e a colocação de vedações nas imediações destas estruturas de modo a conduzir os animais à utilização das passagens hidráulicas.

Passagens hidráulicas com passadiços

Para a ordem Carnivora pudemos verificar um aumento do número de atropelamentos nos locais onde foram implementados os passadiços assim como um aumento de atropelamentos na área controlo. Os maiores aumentos foram registados entre as fases pré-intervenção e pós-intervenção, para a área de intervenção, e entre as fases pré-LIFELINES e pré-intervenção, para a área controlo (Figura 13). Para a área de intervenção foi verificada uma maior variação na fase pré-LIFELINES (valor mínimo de 0 e valor máximo de 6), e na área controlo a variação mais significativa foi registada na fase pré-intervenção (valor mínimo de 1 e valor máximo de 6) (Tabela 7). Foi obtida, através da realização da ANOVA, uma diferença significativa ($P = 0,039$) entre as médias das fases, e através da realização das comparações múltiplas verificaram-se diferenças entre as fases pré-LIFELINES e pós-intervenção ($P = 0,034$) (Anexo 1).

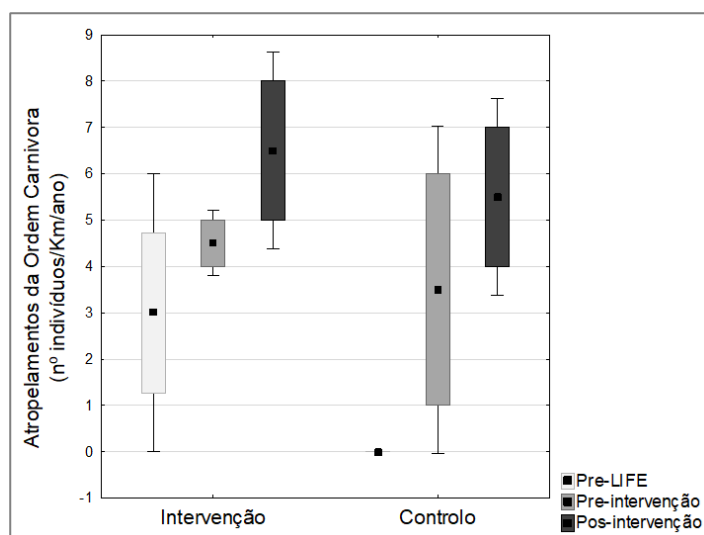


Figura 13. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Tabela 7. Dados de atropelamentos da ordem Carnívora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Carnívora	Fase	Ano de amostragem	Área
6	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
4	Pré- intervenção	1	Intervenção
5	Pré- intervenção	2	Intervenção
5	Pós-intervenção	1	Intervenção
8	Pós-intervenção	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	1	Controlo
0	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	Pré-LIFELINES	3	Controlo
1	Pré- intervenção	1	Controlo
6	Pré- intervenção	2	Controlo
4	Pós-intervenção	1	Controlo
7	Pós-intervenção	2	Controlo

Para a ordem Lagomorpha (coelhos e lebres) foram apresentados decréscimos contínuos do número de atropelamentos (Figura 14). Em ambas as áreas estudadas não foram verificadas grandes variações nos números de atropelamentos (valor mínimo de 0 e máximo de 3 para ambas as áreas) (Tabela 8). Os resultados obtidos através da ANOVA não demonstraram nenhuma diferença significativa entre as médias dos períodos ($P > 0,05$).

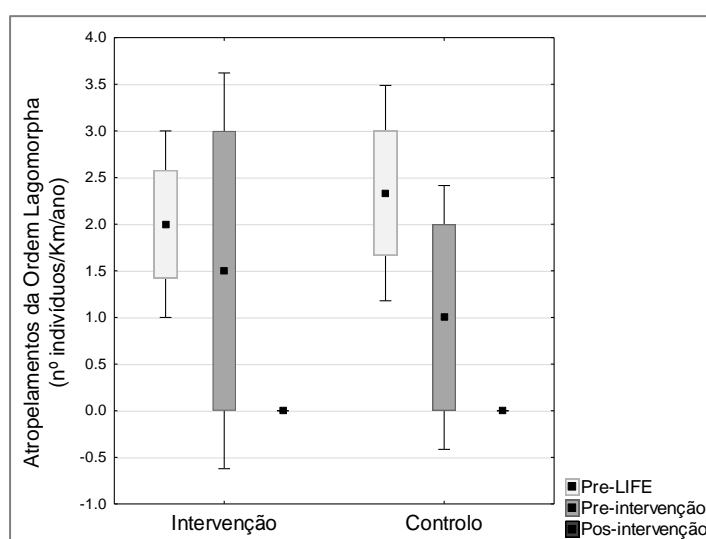


Figura 14. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Tabela 8. Dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Lagomorpha	Fase	Ano de amostragem	Área
2	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
1	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
3	Pré- intervenção	1	Intervenção
0	Pré- intervenção	2	Intervenção
0	Pós-intervenção	1	Intervenção
0	Pós-intervenção	2	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	1	Controlo
3	Pré-LIFELINES	2	Controlo
1	Pré-LIFELINES	3	Controlo
2	Pré- intervenção	1	Controlo
0	Pré- intervenção	2	Controlo
0	Pós-intervenção	1	Controlo
0	Pós-intervenção	2	Controlo

No caso da ordem Eulipotyphla existe apenas uma espécie com registos de atropelamentos, sendo ela o ouriço-cacheiro (*Erinaceus europaeus*). Pudemos verificar um aumento de atropelamentos na área de intervenção nas passagens hidráulicas com passadiços, sendo o mais significativo entre as fases pré-LIFELINES e pré-intervenção, e um decréscimo contínuo na área controlo (Figura 15). Através da observação da tabela verificou-se que, para a área de intervenção, a maior variância deu-se na fase pós-intervenção (valor mínimo de 0 e máximo de 5), enquanto na área controlo foi verificada na fase pré-LIFELINES (valor mínimo de 0 e máximo de 9) (Tabela 9). Através da análise estatística ANOVA os resultados para esta espécie não demonstraram diferenças significativas ($P > 0,05$) (Anexo 1).

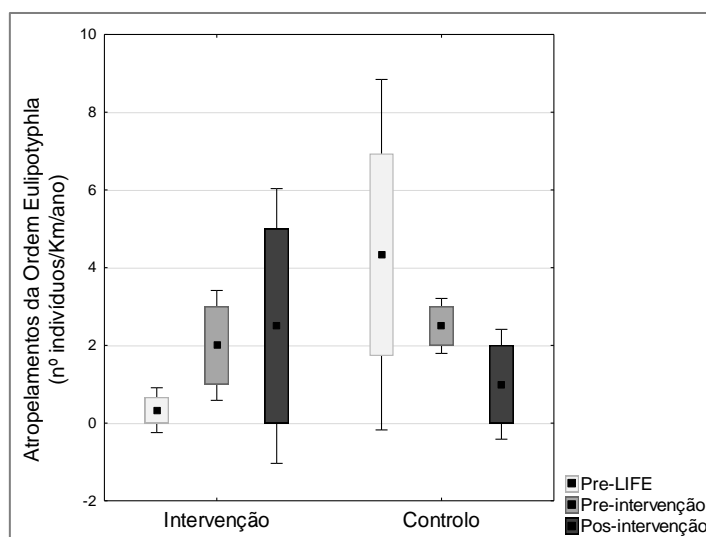


Figura 15. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Tabela 9. Dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Eulipotyphla	Fase	Ano de amostragem	Área
0	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
1	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
1	Pré- intervenção	1	Intervenção
3	Pré- intervenção	2	Intervenção
0	Pós-intervenção	1	Intervenção
5	Pós-intervenção	2	Intervenção
9	Pré-LIFELINES	1	Controlo
4	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	Pré-LIFELINES	3	Controlo
2	Pré- intervenção	1	Controlo
3	Pré- intervenção	2	Controlo
2	Pós-intervenção	1	Controlo
0	Pós-intervenção	2	Controlo

Para a ordem Artiodactyla apenas foram registados dados para a espécie *Sus scrofa* (javali). Através do boxplot pôde-se verificar que, na área de intervenção, houve um aumento no número de atropelamentos na fase de pré-intervenção seguida de uma diminuição para 0 indivíduos atropelados; ao contrário da área controlo onde só houve atropelamentos na fase pré-intervenção (Figura 16). Em ambas as áreas não foram verificadas variações

significativas (valor mínimo de 0 e máximo de 2 na área de intervenção; e valor mínimo de 0 e máximo de 1 para a área de controlo) (Tabela 10). Os resultados para a ordem Artiodactyla resumiram-se a 4 indivíduos atropelados na área de intervenção e 1 na área controlo, no somatório dos 7 anos de amostragem, tornando este grupo inviável para realização de análises estatísticas.

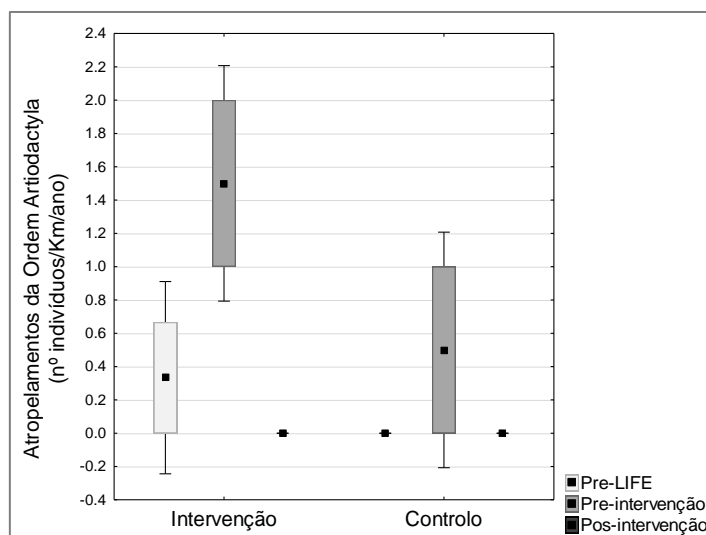


Figura 16. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Tabela 10. Dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com passadiços.

Artiodactyla	Fase	Ano de amostragem	Área
0	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
1	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
2	Pré- intervenção	1	Intervenção
1	Pré- intervenção	2	Intervenção
0	Pós-intervenção	1	Intervenção
0	Pós-intervenção	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	1	Controlo
0	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	Pré-LIFELINES	3	Controlo
0	Pré- intervenção	1	Controlo
1	Pré- intervenção	2	Controlo
0	Pós-intervenção	1	Controlo
0	Pós-intervenção	2	Controlo

Passagens hidráulicas com vedações

Para a ordem Carnívora foram observados aumentos contínuos do número de atropelamentos, entre fases, tanto na área de intervenção como para a área controlo (Figura 17). As maiores variações foram verificadas na área de intervenção para a fase pré-LIFELINES (valor mínimo de 1 e máximo de 7) e na área controlo para a fase pré-intervenção (valor mínimo de 1 e máximo de 6) (Tabela 11). Através da realização da ANOVA foram observadas diferenças significativas no fator fase ($P = 0,033$), e através da realização das comparações múltiplas verificaram-se diferenças significativas entre as fases pré-LIFELINES e pós-intervenção ($P = 0,029$) (Anexo 1).

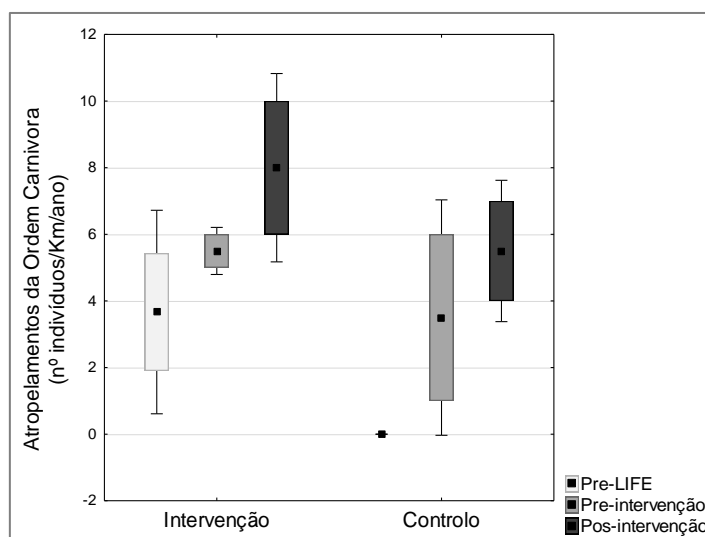


Figura 17. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Carnívora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Tabela 11. Dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Carnivora	Fase	Ano de amostragem	Área
7	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
1	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
6	Pré- intervenção	1	Intervenção
5	Pré- intervenção	2	Intervenção
6	Pós-intervenção	1	Intervenção
10	Pós-intervenção	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	1	Controlo
0	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	Pré-LIFELINES	3	Controlo
1	Pré- intervenção	1	Controlo
6	Pré- intervenção	2	Controlo
4	Pós-intervenção	1	Controlo
7	Pós-intervenção	2	Controlo

Nas passagens hidráulicas com vedações, a ordem Lagomorpha apresentou uma diminuição contínua do número de atropelamentos de indivíduos tanto na área de intervenção como na área controlo (Figura 18). Foi verificada uma variação na fase de pré-LIFELINES para a área de intervenção (valor mínimo de 3, máximo de 7), por outro lado não foram verificadas variações significativas para a área controlo (valor mínimo de 0, máximo de 3) (Tabela 12). Os resultados obtidos através da ANOVA demonstraram que existem diferenças significativas no fator fase ($P = 0,018$) e através da realização das comparações múltiplas verificaram-se diferenças entre as fases pré-LIFELINES e pós-intervenção ($P = 0,016$) (Anexo 1).

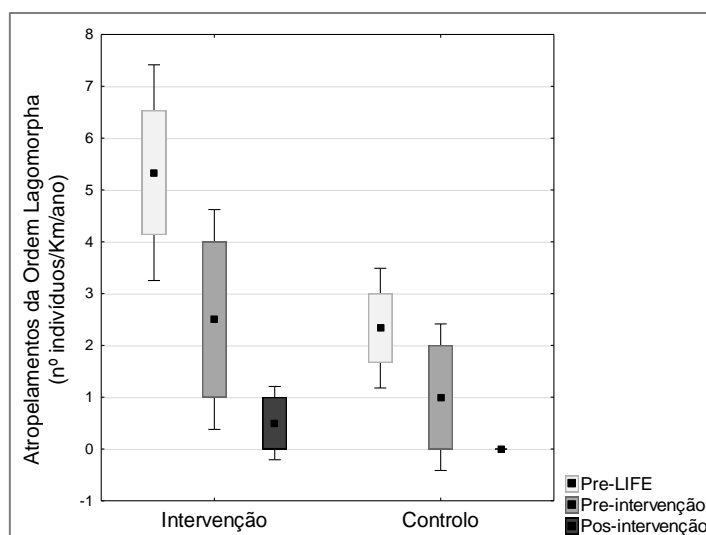


Figura 18. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Tabela 12. Dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Lagomorpha	Fase	Ano de amostragem	Área
7	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
6	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
1	Pré- intervenção	1	Intervenção
4	Pré- intervenção	2	Intervenção
1	Pós-intervenção	1	Intervenção
0	Pós-intervenção	2	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	1	Controlo
3	Pré-LIFELINES	2	Controlo
1	Pré-LIFELINES	3	Controlo
2	Pré- intervenção	1	Controlo
0	Pré- intervenção	2	Controlo
0	Pós-intervenção	1	Controlo
0	Pós-intervenção	2	Controlo

Para a ordem Eulipotyphla, mais precisamente o ouriço-cacheiro, foi verificado que na área de intervenção, esta espécie manteve essencialmente o mesmo número de atropelamentos e um decréscimo contínuo ao longo das fases na área controlo, sendo este mais acentuado entre as fases pré-LIFELINES e pré-implementação (Figura 19). Foi verificada uma maior variação na fase pós-intervenção para a área de intervenção (valor mínimo de 0 e máximo de 4) e na área controlo na fase pré-LIFELINES (valor mínimo de 0 e máximo de 9) (Tabela

13). As análises realizadas para esta ordem demonstraram que não foram observadas diferenças significativas entre fases (Anexo 1).

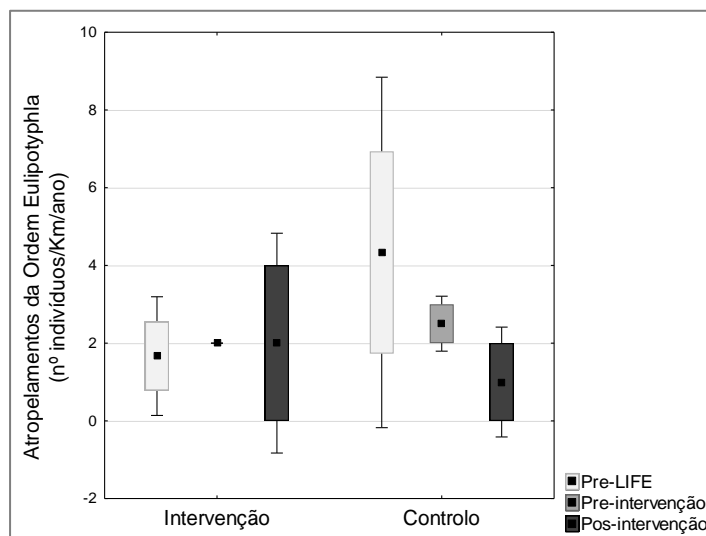


Figura 19. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Tabela 13. Dados de atropelamentos da ordem Eulipotyphla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Eulipotyphla	Fase	Ano de amostragem	Área
2	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
3	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
2	Pré- intervenção	1	Intervenção
2	Pré- intervenção	2	Intervenção
0	Pós-intervenção	1	Intervenção
4	Pós-intervenção	2	Intervenção
9	Pré-LIFELINES	1	Controlo
4	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	Pré-LIFELINES	3	Controlo
2	Pré- intervenção	1	Controlo
3	Pré- intervenção	2	Controlo
2	Pós-intervenção	1	Controlo
0	Pós-intervenção	2	Controlo

A ordem Artiodactyla apresentou flutuações no número de atropelamentos em ambas as áreas de estudo (Figura 20). Os resultados resumiram-se a 2 indivíduos atropelados na área de intervenção e 1 na área controlo (todos javali

Sus scrofa) (Tabela 14), no somatório dos 7 anos de amostragem, tornando este grupo inviável para a realização de análises.

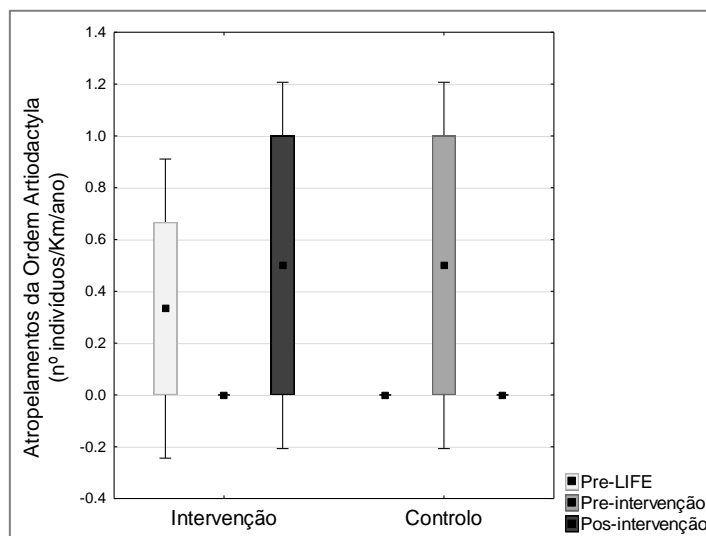


Figura 20. Boxplot representativo dos dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Tabela 14. Dados de atropelamentos da ordem Artiodactyla para a área de intervenção e controlo de passagens hidráulicas com vedações.

Artiodactyla	Fase	Ano de amostragem	Área
0	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
1	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
0	Pré- intervenção	1	Intervenção
0	Pré- intervenção	2	Intervenção
0	Pós-intervenção	1	Intervenção
1	Pós-intervenção	2	Intervenção
0	Pré-LIFELINES	1	Controlo
0	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	Pré-LIFELINES	3	Controlo
0	Pré- intervenção	1	Controlo
1	Pré- intervenção	2	Controlo
0	Pós-intervenção	1	Controlo
0	Pós-intervenção	2	Controlo

3.1.4 Rede para coelhos

Estas redes tiveram como alvo a ordem Lagomorpha e indiretamente também pretendia diminuir a mortalidade por atropelamento para a ordem

Carnivora. Os resultados obtidos para a área controle e para a área de intervenção foram semelhantes tendo eles sido, a diminuição de atropelamentos para Lagomorpha (Figura 21) e o aumento de atropelamentos para a ordem Carnivora (Figura 22). A ordem Lagomorpha apresentou uma diminuição mais significativa entre as fases pré-LIFELINES e pré-intervenção, em ambas as áreas, no entanto, é também de notar que na área controle entre a fase pré-intervenção e pós-intervenção houve um ligeiro aumento no número de atropelamentos (Figura 21). Ainda ao analisar os gráficos podemos reparar que para a ordem Carnivora houve um aumento mais significativo entre a fase pré-LIFELINES e pré-implantação, tanto para a área de intervenção como para a área controle (Figura 22).

A ordem Lagomorpha apresentou a maior variação na fase pré-LIFELINES, tanto para a área de intervenção (mínimo 6, máximo 17) como para a área controle (mínimo 6, máximo 18) (Tabela 15). Já a ordem Carnivora mostrou uma maior variação de número de atropelamentos na fase pós-intervenção para a área de intervenção (valor mínimo de 2 e máximo de 6) e na fase pré-intervenção para a área controle (valor mínimo de 0 e máximo de 5) (Tabela 15). Em ambas as ordens, as médias no fator localização não demonstraram qualquer tipo de diferença significativa, no entanto, para a ordem Lagomorpha, o fator fase demonstrou uma diferença significativa ($P = 0,014$) entre as fases pré-LIFELINES e pós-intervenção ($P = 0,018$) e entre as fases pré-LIFELINES e pré-intervenção ($P = 0,047$), sendo o primeiro mais significativo (Anexo 1). A ordem Carnivora não apresentou diferenças significativas entre fases (Anexo 1).

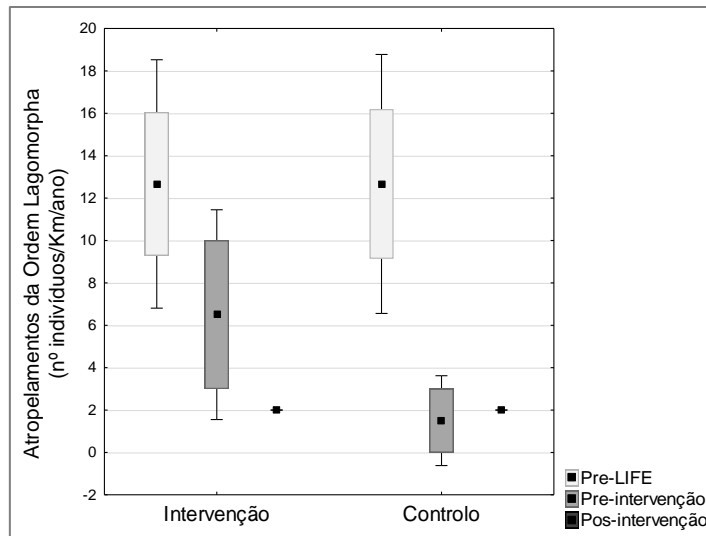


Figura 21. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de redes para coelhos.

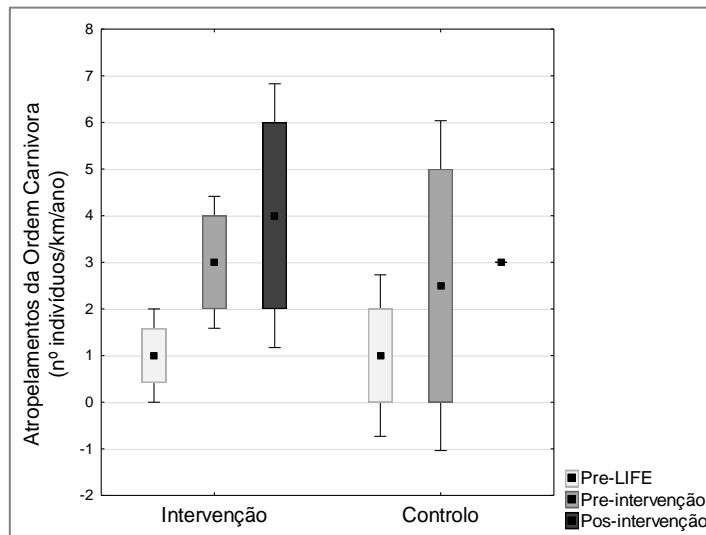


Figura 22. Boxplots representativos dos dados de atropelamentos da ordem Carnivora para a área de intervenção e controlo de redes para coelhos.

Tabela 15. Dados de atropelamentos das ordens Carnivora e Lagomorpha para a área de intervenção e controlo de redes para coelhos.

Carnivora	Lagomorpha	Fase	Ano de amostragem	Área
1	15	Pré-LIFELINES	1	Intervenção
0	6	Pré-LIFELINES	2	Intervenção
2	17	Pré-LIFELINES	3	Intervenção
4	10	Pré- intervenção	1	Intervenção
2	3	Pré- intervenção	2	Intervenção
2	2	Pós-intervenção	1	Intervenção
6	2	Pós-intervenção	2	Intervenção
3	18	Pré-LIFELINES	1	Controlo
0	14	Pré-LIFELINES	2	Controlo
0	6	Pré-LIFELINES	3	Controlo
0	3	Pré- intervenção	1	Controlo
5	0	Pré- intervenção	2	Controlo
3	2	Pós-intervenção	1	Controlo
3	2	Pós-intervenção	2	Controlo

3.2. Protótipo de dissuasão para aves de rapina noturnas

A primeira análise realizada foi a comparação da distância do indivíduo ao local de emissão dos sons nos períodos de dias “antes” e “depois” da emissão, tendo os resultados obtidos sido os seguintes:

Para o indivíduo 44447 (coruja-do-mato *Strix aluco*) foi registada uma distância ligeiramente superior na categoria “antes”, tendo esta diminuído “depois” da emissão dos sons (Figura 23). Através da realização do GLM obtivemos um coeficiente da variável categórica negativo (-0,274) mostrando que os valores médios da categoria “depois” são inferiores aos valores médios da categoria “antes”, com um valor altamente significativo ($P < 0,001$). No teste não paramétrico de Mann-Whitney foi obtido um valor de $P = 0,0018$.

Para o indivíduo 44448 foi registada uma distância superior na categoria “depois” estando o indivíduo mais próximo do local de emissão na categoria “antes” (Figura 24). Através da realização do GLM obtivemos um coeficiente da variável categórica positivo (0,323) mostrando que os valores médios da categoria “depois” são superiores aos valores médios da categoria “antes”, com um valor altamente significativo ($P < 0,001$). No teste não paramétrico de Mann-Whitney foi obtido um valor de significância $P < 0,001$.

Para o indivíduo 44449 a diferença entre as duas categorias foi quase imperceptível, tendo a distância sido superior na categoria “depois” (Figura 25). Através da realização do GLM obtivemos um coeficiente da variável categórica positivo (0,022) mostrando que os valores médios da categoria “depois” são superiores aos valores médios da categoria “antes”, com um valor altamente significativo ($P < 0,001$). No teste não paramétrico de Mann-Whitney foi obtido um valor não significativo de $P = 0,95$.

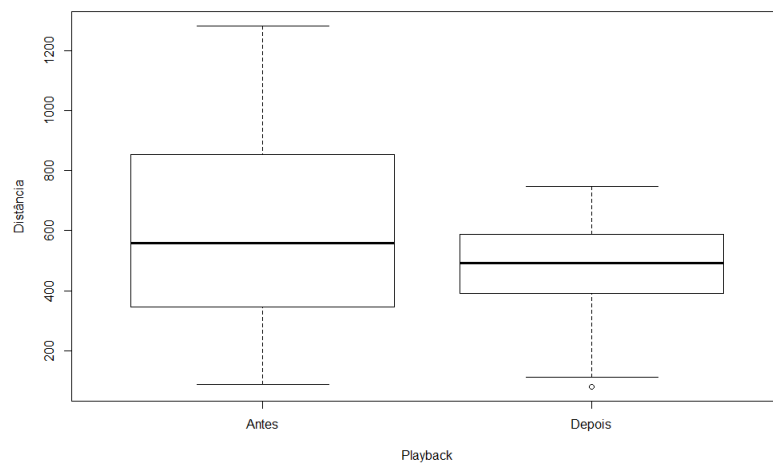


Figura 21. Boxplot representativo das medianas nas categorias “antes” e “depois” do individuo 44447.

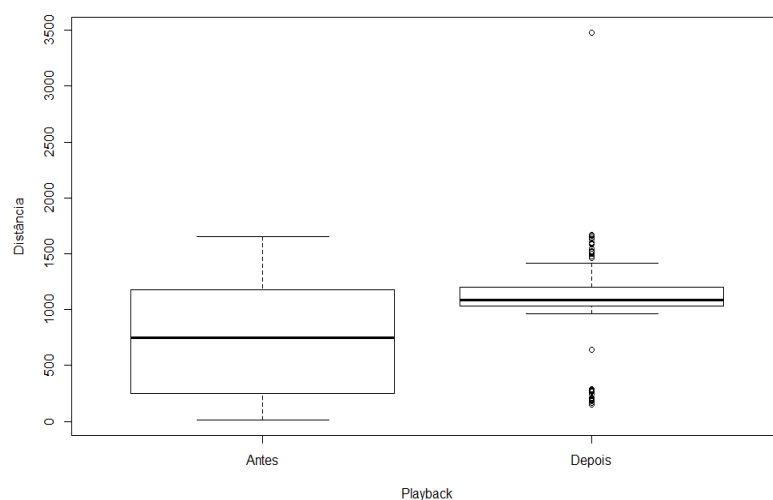


Figura 22. Boxplot representativo das medianas nas categorias “antes” e “depois” do individuo 44448.

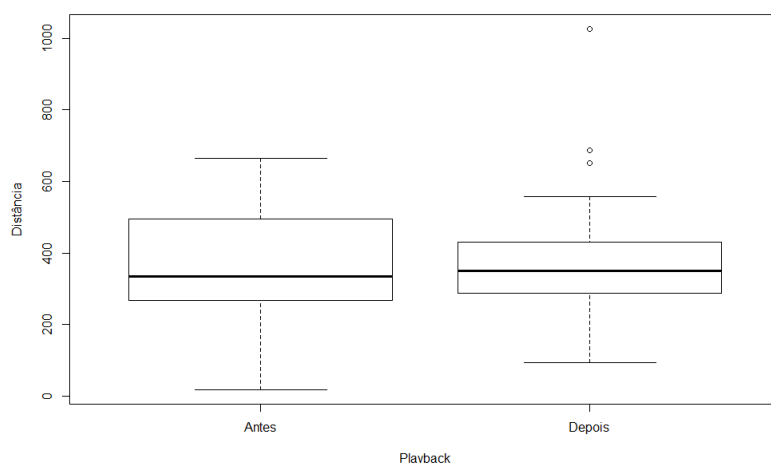


Figura 23. Boxplot representativo das medianas nas categorias “antes” e “depois” do indivíduo 44449.

A segunda análise foi a comparação da distância ao local de emissão dos sons nos períodos consecutivos “durante” e “após” a emissão (no mesmo dia) obtendo os seguintes resultados:

Para o indivíduo 44447 foi observada uma distância superior na categoria “durante”, tendo o indivíduo se afastado do local de emissão (Figura 26). Através da realização do GLM obtivemos um coeficiente da variável categórica negativo (-0,134) mostrando que os valores médios da categoria “durante” são superiores aos valores médios da categoria “após”, com um valor de $P < 0,001$. No teste não paramétrico de Mann-Whitney foi obtido um valor de significância de $P = 0,009$.

Para o indivíduo 44448 as diferenças entre as duas categorias não foram muito perceptíveis, apresentando assim uma maior distância para a categoria “após” (Figura 27). Através da realização do GLM obtivemos um coeficiente da variável categórica positivo (0,052) mostrando que os valores médios da categoria “durante” são inferiores aos valores médios da categoria “após”, com um valor de $P < 0,001$. No teste não paramétrico de Mann-Whitney foi obtido um valor de $P = 0,29$.

Para o indivíduo 44449 foi registrado um distanciamento superior na categoria “durante” (Figura 28). Através da realização do GLM obtivemos um coeficiente da variável categórica negativo (-0,077) mostrando que os valores

médios da categoria “durante” são superiores aos valores médios da categoria “após”, com um valor de $P < 0,001$. No teste não paramétrico de Mann-Whitney foi obtido um valor de $P = 0,021$).

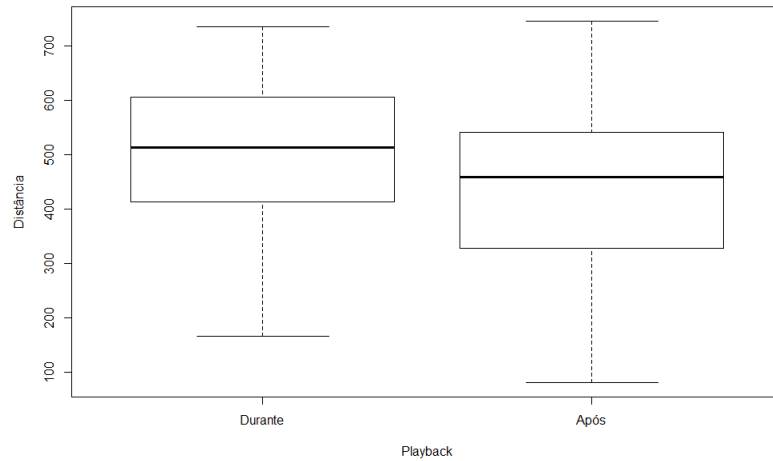


Figura 24. Boxplot representativo das medianas nas categorias “durante” e “após” do indivíduo 44447.

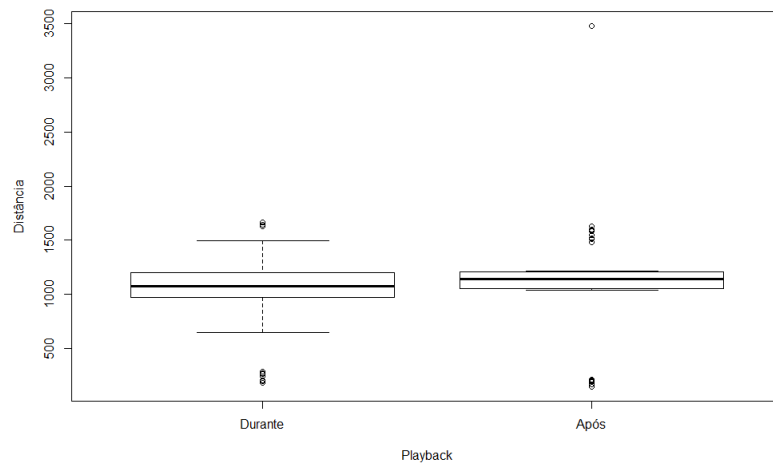


Figura 25. Boxplot representativo das medianas nas categorias “durante” e “após” do indivíduo 44448.

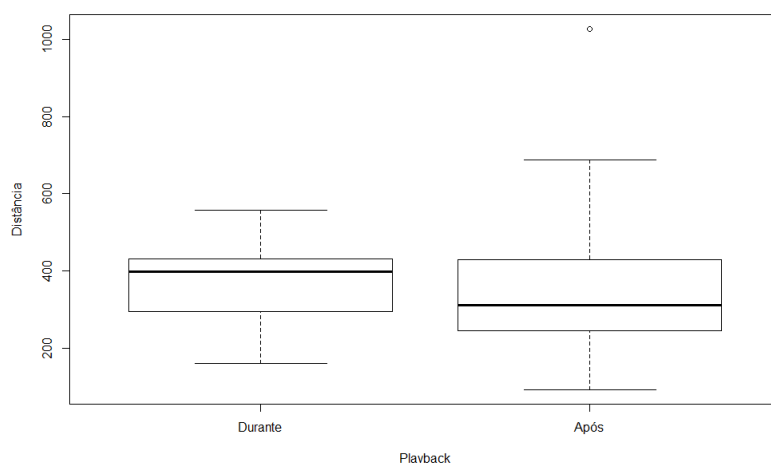


Figura 26. Boxplot representativo das medianas nas categorias “durante” e “após” do individuo 44449.

4. Discussão de resultados

4.1 Medidas de minimização aplicadas na rodovia

4.1.1 Dispositivos refletores de dissuasão

Após a análise dos resultados obtidos podemos concluir que não se pode atribuir a diminuição dos atropelamentos de indivíduos da ordem Strigiformes na área de intervenção ao longo das diferentes fases, à presença dos dispositivos refletores de dissuasão porque esta diminuição também se verificou na área controlo. Logo não é possível comprovar a eficácia desta medida na minimização de atropelamentos para este grupo.

Segundo van der Horst *et al.* (2019) as corujas-do-mato (*Strix aluco*) têm demonstrado uma tendência negativa junto das rodovias na área de estudo entre 2005 e 2016. Assim como acontece com as corujas-do-mato também poderá ocorrer com outras espécies de Strigiformes, podendo ser esta a principal razão da diminuição de atropelamentos registada nas duas áreas estudadas, criando fortes limitações à avaliação da eficácia da medida de minimização. Além disso

a coruja-do-mato é a espécie de ave noturna mais comum na área de estudo (Silva *et al.*, 2012).

Sendo este grupo dependente da sua audição e da sua visão para a caça e comunicação intraespecífica, o ruído e a luz emitidos pelos veículos nas rodovias poderão afetar as suas capacidades negativamente (Silva *et al.*, 2012), tornando o território indesejável para os indivíduos, levando ao abandono dos territórios próximos às rodovias (Brotons & Herrando, 2001; Peris & Pescador, 2004; Garriga *et al.*, 2017). Outros fatores que poderão diminuir a frequência de indivíduos da ordem Strigiformes nas bermas das rodovias podem ser o aumento da fragmentação causada pela construção desta estrutura linear (Silva *et al.*, 2012) e aquando da morte dos indivíduos que ocupavam os territórios perto do local de implementação, estes não sejam ocupados por novos indivíduos devido à fraca disponibilidade de recursos fornecidos pelo habitat (Brotons & Herrando, 2001; Peris & Pescador, 2004).

A variação de atropelamentos que se verificou ao longo da fase anterior ao Projeto LIFELINES indica que há alterações da presença de indivíduos de ano para ano, que podem ser atribuídas a alterações comportamentais acima referidas, e/ou que o troço de rodovia estudado pode agir como sumidouro (Heinrichs, Lawler & Schumaker, 2016) para a comunidade de aves de rapina noturnas.

4.1.2 Barreiras para vertebrados voadores

Os resultados apresentaram uma diminuição de atropelamentos, na área de implementação, para as três ordens estudadas. No caso dos Strigiformes esta diminuição verificou-se, quer na fase pré-intervenção, quer na pós-intervenção, com nenhuma ave de rapina noturna detetada, e um registo de apenas 3 indivíduos em 7 anos de amostragem, pelo que não é possível confirmar com certeza que a implementação da barreira para vertebrados voadores tenha sido eficaz para este grupo. A causa da diminuição da mortalidade pode ser devida à redução da abundância na área de estudo, tal como referido para a medida de minimização anterior. Para o caso dos Chiroptera, existe uma clara diminuição

entre a fase pré-intervenção e pós-intervenção indicando a possível eficácia desta medida para este grupo. Igualmente para os Passeriformes, existe essa diminuição, embora já se identificasse um registo contínuo de decréscimo de mortalidade para esta ordem da 1ª para a 2ª fase.

A tipologia da medida, que na essência é uma barreira ao voo, parece funcionar para a maioria dos grupos de vertebrados voadores, forçando a elevação do voo por cima da barreira e evitando assim a deslocação dos animais ao nível dos veículos, diminuindo os embates. No entanto, devido a não ter sido possível identificar nenhuma área que apresentasse os mesmos padrões que a área de implementação, existe uma falta de comparação entre área de intervenção e uma área controlo para nos poder fornecer uma resposta mais fundamentada sobre a eficácia da medida de minimização.

4.1.3 Passagens hidráulicas

Passagens hidráulicas (passadiços)

- **Carnivora**

Para a ordem Carnivora foi observado um aumento contínuo de atropelamentos ao longo das três fases analisadas em ambas as áreas em estudo, tanto a área de implementação como na área controlo. Não foi assim possível comprovar diretamente que as passagens hidráulicas com passadiços poderão ser uma medida eficaz para a diminuição de mortalidade por atropelamento dos mamíferos carnívoros. No entanto, outros estudos realizados na mesma área demonstraram que esta é uma medida eficaz para essa diminuição (por exemplo, Craveiro *et al.*, 2019), logo o facto de esta medida não ter demonstrado eficácia neste estudo poderá ser por fatores independentes como o baixo número de dados obtidos.

No entanto o aumento do número de atropelamentos verificado em ambas as áreas, poderá significar que terá havido um aumento significativo nas

populações de carnívoros na área em geral ou perto das rodovias. Este poderá ter ocorrido, eventualmente, devido a fatores da ecologia das espécies como uma grande disponibilidade de presas nas bermas das rodovias (Silva *et al.*, 2019) ou da facilidade de alimentação através de carcaças. Por outro lado, poderá ser relevante que as passagens hidráulicas com passadiços devam ser complementadas com vedações para poderem orientar adequadamente os indivíduos para as PHs e evitar que estes atravessem a rodovia nas faixas de rodagem.

- **Lagomorpha**

Ao contrário da ordem Carnivora, os Lagomorpha apresentaram uma diminuição contínua ao longo das três fases estudadas, tanto na área de implementação como na área controlo. No entanto, o valor dos atropelamentos (máximo 3) não permite afirmar que esta é uma diminuição significativa. A colocação de passadiços em passagens hidráulicas não pode então ser considerada uma medida de minimização eficaz, até à data, o que já era expectável pois esta ordem apresenta um baixo uso destas passagens, como comprovado pelo baixo número de ocorrências na foto monitorização (0,18% do total de indivíduos de mamíferos registados) no estudo realizado por Mouta (2020).

É necessário ter ainda em conta que os dados utilizados para analisar ambas as áreas são poucos, 9 indivíduos atropelados na área de intervenção e 9 na área de controlo, em 7 anos de amostragem. O facto de os dados utilizados serem limitados poderá de alguma forma mascarar eventuais padrões de mortalidade atribuídos à ordem.

- **Eulipotyphla**

Quando comparados os resultados para a área de intervenção e a área controlo, podemos verificar alguma diferença. Enquanto ao longo das três fases, na área de intervenção, pudemos verificar um aumento contínuo no número de atropelamentos; na área controlo, verificamos exatamente o contrário, onde

houve um decréscimo contínuo do atropelamento de indivíduos desta ordem. Podemos assim concluir que as passagens hidráulicas com passadiços não demonstraram sucesso na minimização de atropelamentos para os ouriços-cacheiros. No estudo conduzido por Mouta (2020) também foi comprovado que as passagens hidráulicas não demonstraram eficácia devido à fraca ocorrência da espécie registada por foto-monitorização (apenas 0,5% do total de indivíduos de mamíferos registados).

A diminuição do número de atropelamentos na área controlo poderá ser explicada por fatores inerentes à ecologia da espécie, como a alteração de habitat que está a ocorrer (intensificação da agricultura) nesta área do Alentejo (Silveira *et al.*, 2018), e que poderá estar a ser potenciada pela vulnerabilidade ao atropelamento, e também poderá haver uma diminuição na densidade populacional da espécie localmente.

Passagens hidráulicas (vedações)

- **Carnívora**

Quando analisados os resultados obtidos nas passagens hidráulicas com vedações pudemos verificar que estes são semelhantes aos resultados obtidos para as passagens hidráulicas com passadiços. Sendo eles o aumento significativo do número de atropelamentos de carnívoros para ambas as áreas em estudo (área de implementação e área controlo). Não foi possível, desta maneira, comprovar que a colocação de vedações nos locais de passagens hidráulicas seja eficaz na prevenção de atropelamentos de mamíferos carnívoros. No entanto, outro estudo demonstrou que vedações perto das passagens hidráulicas aumentou a probabilidade de utilização das passagens hidráulicas por parte da espécie *Meles meles* (texugo), não se tendo verificado para as restantes espécies porque devido às dimensões da malha, esta permitia a passagem de carnívoros de menores dimensões (Craveiro *et al.*, 2019), quer porque os pequenos carnívoros têm capacidade de trepar pela vedação, quer

porque existem erros de colocação ou falta de manutenção que permitem essa passagem por aberturas na vedação.

Mais uma vez a limitação do número de dados utilizados para esta análise poderá ter influenciado os resultados sobre a verdadeira eficácia desta medida. Futuramente deveriam ser tidos em conta fatores como, uma adequada colocação das vedações e adequada manutenção.

O aumento registado para esta ordem poderá ser atribuído a um aumento nas populações de mamíferos carnívoros nas bermas das rodovias devido às condições favoráveis para habitação que estas apresentam como, por exemplo, a disponibilidade de alimento nas bermas das rodovias que tem vindo a aumentar devido às alterações de habitat que têm ocorrido (intensificação da agricultura) (Silveira *et al.*, 2018).

▪ **Lagomorpha**

Para a ordem lagomorpha tanto na área controlo como na área de intervenção houve uma diminuição contínua de atropelamentos de etapa para etapa. Sendo que o decréscimo mais acentuado foi registado entre as duas fases antes da implementação da medida de minimização, a diminuição do número de atropelamentos não pode ser atribuída à presença das vedações em associação com passagens hidráulicas. Dados de foto-monitorização apresentados por Mouta (2020) para a mesma área de estudo, registaram também um baixo número de ocorrências desta ordem (0,18% do total de indivíduos de mamíferos registados) em passagens hidráulicas.

A diminuição do número de atropelamentos para a ordem Lagomorpha que tem vindo a ser registada ao longo do estudo poderá dever-se a fatores associados à ecologia da espécie como a diminuição das populações nacionalmente, especialmente de coelho-bravo (Ferreira, Paupério, & Alves, 2010), assim como à intensificação da agricultura alterando os habitats (Silveira *et al.*, 2018).

▪ **Eulipotyphla**

Na área controlo como já tínhamos visto anteriormente existe uma diminuição contínua no número de atropelamentos. Por outro lado, na área de intervenção de passagens hidráulicas com vedações associadas podemos ver uma estabilidade, sendo a média de atropelamentos igual para a fase de pré-intervenção e pós-intervenção. Podemos então concluir que a medida de minimização aplicada poderá não ser eficaz para esta ordem. Para avaliar a verdadeira eficácia da medida de minimização são necessários mais anos de monitorização após a implementação da medida. No entanto, estes dados vêm no seguimento do que Mouta (2020) obteve, onde verificou a não eficácia desta medida de minimização através de dados fornecidos por foto-monitorização onde apresentaram que apenas 0,5% dos mamíferos que utilizaram as passagens hidráulicas eram pertencentes à ordem Eulipotyphla.

Os resultados apresentados para a área de intervenção poderão estar relacionados com fatores como o comportamento da espécie (por exemplo, parar de se mover face a uma ameaça aumentando a probabilidade de atropelamento (Huijser & Bergers, 2000; Brockie *et al.*, 2009), neste caso os carros na rodovia). A diminuição de atropelamentos registada para a área controlo poderá ser justificada pela alteração de habitat (intensificação da agricultura) que se tem vindo a registar (Silveira *et al.*, 2018) potenciada pelos atropelamentos tendo levado a uma diminuição da densidade populacional da espécie.

▪ **Artiodactyla**

A espécie *Sus Scrofa* é caracterizada por ter uma grande capacidade de reprodução e facilidade em se adaptar e ocupar diferentes tipos de habitats (Colino–Rabanal *et al.*, 2012). Colino–Rabanal *et al.* (2012) observou que a mortalidade por atropelamento para esta espécie em Castela e Leão (Espanha) aumentava mais em áreas de produção de milho, do que em áreas com cobertura florestal e/ou com grandes volumes de tráfego e veículos com elevadas velocidades, levando a querer que os animais se afastam destas infraestruturas lineares.

O baixo número de registos de atropelamentos para os javalis, vão ao encontro do que se conhece, sendo esta uma das espécies menos atropeladas na região do Alentejo. Atualmente, tem-se vindo a verificar um aumento anual no número de atropelamentos (Projeto LIFE LINES, dados não publicados). Este baixo número de registos de indivíduos atropelados para esta ordem poderá ser devido ao comportamento da espécie que demonstra evitar rodovias com bastante tráfego, preferindo habitats que não estejam associados a estas infraestruturas lineares. Outro fator que poderá influenciar o número de animais atropelados poderá ser as dimensões dos indivíduos, sendo que estes são animais de grandes dimensões, os condutores poderão ter mais facilidade na deteção da presença desta espécie e mais facilidade em evitar a colisão.

4.1.4 Rede para coelhos

Os resultados para as duas ordens afetadas por esta medida de minimização (Lagomorpha e Carnivora) foram contrários. Para a ordem Lagomorpha foram observadas diminuições no número de atropelamentos nas duas áreas em estudo, tendo a área controlo apresentado um ligeiro aumento no número de atropelamentos na fase de pós-intervenção. A diminuição de atropelamentos na área de intervenção foi mais significativa, levando a crer que para a ordem em questão esta medida tenha sido eficaz na minimização de mortalidade. Por outro lado, a ordem Carnivora apresentou um aumento contínuo no número de atropelamentos nas duas áreas estudadas, levando a concluir que para esta ordem a medida implementada para a diminuição de atropelamentos não foi eficaz.

Como referido nos resultados anteriores para as PH's (passadiços e vedações), o aumento exponencial de atropelamentos de carnívoros poderá ser devido a variados fatores, tais como, um aumento na densidade populacional de carnívoros na área, aumentando assim a probabilidade de atropelamentos para indivíduos desta ordem.

A diminuição registada no número de atropelamentos de indivíduos de Lagomorpha, poderá ser atribuída à implementação da medida de minimização,

no entanto, a diminuição do número de atropelamentos registada antes da implementação da medida e na área controlo poderão contribuir para uma dúvida sobre a eficácia da rede para coelhos, sendo necessários mais dados após a implementação para seguir a tendência que a ordem irá demonstrar. Para além da desocupação das bermas das estradas por parte dos coelhos-bravos por incapacidade de colonizar, esta diminuição contínua poderá também ser devido ao facto de se ter vindo a notar uma diminuição na sua densidade populacional a nível nacional, principalmente os coelhos-bravos (Ferreira, Paupério, & Alves, 2010).

4.2 Protótipo de dissuasão para aves de rapina noturnas

Após a realização da primeira análise de comparação entre as categorias “antes” e “depois” verificou-se que os três indivíduos de coruja-do-mato estudados apresentaram respostas bastante diferentes. Para o indivíduo 44447 pudemos verificar uma aproximação ao local nos dias em que foi emitido o playback. Por outro lado, os indivíduos 44448 e 44449 apresentaram um afastamento do local da emissão nos dias do playback, sendo que o primeiro teve um maior distanciamento. Apesar de 2 das 3 corujas apresentarem uma resposta de afastamento à utilização do protótipo este também acabou por aparentemente provocar a atração de uma coruja.

A segunda análise foi uma comparação entre as categorias “durante” e “após”, que acabou também por apresentar uma diferença nas respostas de cada indivíduo. Nesta análise pudemos verificar uma aproximação do local de emissão de playback por parte dos indivíduos 44447 e 44449 nas horas seguintes à emissão. Por outro lado, o indivíduo 44448 apresentou um comportamento diferente aos outros dois indivíduos afastando-se do local de emissão nas horas após o playback. Apesar do indivíduo 44448 se ter afastado do local de emissão, foi uma distância muito pouco significativa que, juntando aos resultados dos outros dois indivíduos, não demonstram uma eficácia evidente por parte do protótipo, quando falamos na repercussão do playback após a sua emissão.

A atração das corujas à localização da emissão do playback poderá ser por diversas razões, tais como, curiosidade por parte dos indivíduos face a um novo elemento no seu território. Por outro lado, o som emitido pelo protótipo poderá não afetar as capacidades de caça e o comportamento de algumas espécies de corujas (Fröhlich & Ciach, 2019), fazendo com que a aproximação seja apenas coincidência. No caso de a atração das corujas ao local de emissão se dever por curiosidade, deverão ser testados, futuramente, outros tipos de sons.

Podemos assim concluir que apesar da limitação dos dados, parece existir sempre uma resposta (atração ou repulsa) por parte das corujas, que poderá variar consoante o indivíduo e o seu contexto. No geral podemos considerar que o protótipo, apesar de se mostrar eficaz quando analisamos uma escala de dias sem reprodução e dias com reprodução, apresenta também uma resposta não desejada quando comparamos o comportamento das corujas durante e logo após a reprodução do playback.

5. Conclusão

Os resultados deste estudo permitem concluir que nos anos logo após a implementação das medidas de minimização, não foram muitas as medidas que demonstraram eficácia na diminuição de atropelamento de fauna, sendo que as que se mostraram eficientes foram apenas para algumas ordens para as quais eram direcionadas. A falta de eficácia demonstrada pelas medidas de minimização aplicadas, poderá ser associada a vários fatores independentes a estas medidas. O principal fator que influencia os resultados sobre a eficácia das medidas de minimização neste estudo é o baixo número de indivíduos atropelados de aves e mamíferos detetados, inviabilizando assim as comparações entre fases e áreas. Outro fator poderá ser o pouco tempo decorrido após a implementação das medidas, um a dois anos variando segundo o ano de implementação, não tendo permitido a recolha de um grande número de dados, nem uma adaptação às medidas de minimização por parte da fauna

selvagem (Smith, van der Ree & Rosell, 2015; Clevenger & Huijser, 2011; Grilo *et al.*, 2015).

Através dos dados recolhidos podemos verificar que dentro de cada fase foram observadas variações anuais do número de atropelamentos, que se verificaram quer nas áreas de intervenção, quer nas áreas controlo, o que inviabiliza, mesmo quando se denota uma diminuição do número de atropelamentos após a implementação das medidas, que essa diminuição seja resultado da medida em questão e não de outros fatores. Estes podem estar associados a alterações de habitat ao redor da rodovia, processos ecológicos ou mortalidade natural nas populações. Este poderá ser um fator influenciador dos resultados obtidos principalmente para grupos com um baixo número de indivíduos (n).

Além dos fatores acima mencionados poderão também existir fatores que limitam a recolha de dados reais de atropelamento, como por exemplo, a probabilidade de persistência de uma carcaça, probabilidade de aparecer nova carcaça entre contagens e a probabilidade de deteção de uma carcaça (van der Ree, Smith & Grilo, 2015) por parte do observador.

Das hipóteses testadas relativamente à eficácia das medidas de minimização apenas foi possível comprovar a hipótese “as barreiras para vertebrados voadores diminuem a mortalidade por atropelamento desses vertebrados redirecionando o seu voo em altitude”. As restantes hipóteses não puderam ser comprovadas para todas as ordens para as quais foram direcionadas, sendo que as redes para coelhos diminuem a mortalidade deste grupo mas não foi possível comprovar o mesmo para os mamíferos carnívoros.

As amostragens nos períodos pré-intervenção e pós-intervenção vieram a revelar-se curtas para demonstrar tendências nos números de atropelamentos, logo para a obtenção de resultados mais concretos, os estudos realizados no futuro deverão ter uma base de dados mais alargada em tempo de monitorização ou então a área de estudo deverá ser aumentada de maneira a obter um maior número de dados de atropelamento, levando a uma obtenção de resultados mais aproximados da verdadeira eficácia das medidas de minimização.

Os resultados obtidos para o protótipo de dissuasão mostraram-se inconclusivos quanto ao comportamento das corujas face à emissão do playback, não tendo assim sido possível comprovar a hipótese testada: “o protótipo de dissuasão apresenta uma eficácia no afastamento de aves de rapina noturnas”. Para além das respostas registadas terem variado bastante, o baixo número de indivíduos utilizados (3 corujas) influenciou a verdadeira resposta da coruja-do-mato (*Strix aluco*) ao playback. Futuramente este estudo deverá ser reproduzido novamente, mas com um número de indivíduos superior e também com playbacks de diferentes sons para se poder analisar a reação da espécie a vários sons humanizados. Seria também importante testar a eficácia do protótipo a longo prazo, verificando se não existe habituação da espécie à emissão, revertendo o efeito inicial de afastamento.

Apesar de neste estudo não ter sido possível verificar a eficácia da maior parte das medidas de minimização implementadas devido às limitações acima referidas, o desenvolvimento e o teste de medidas de minimização da mortalidade por atropelamento de fauna em rodovias é um dos grandes desafios da ecologia das rodovias e um estudo bastante importante em biologia da conservação.

6. Referências bibliográficas

- Apps, P. J., & Mcnutt, J. W. (2018). How camera traps work and how to work them. *African Journal of Ecology*, 56, 702–709. <https://doi.org/10.1111/aje.12563>.
- Ascensão, F., & Mira, A. (2006). Impactes das vias rodoviárias na fauna silvestre. (relatório)
- Bager, A., & Rosa, C. A. da. (2010). Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotropica*, 10(4), 149–153. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032010000400020>
- Benten, A., Annighöfer, P., & Vor, T. (2018). Wildlife warning reflectors' Potential to mitigate wildlife-vehicle Collisions-A review on the evaluation methods. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6(37), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00037>.
- Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., & Pereira, H. M. (2017). Railway ecology. In: Borda-de-água, L., Barrientos, R., Beja, P. & Pereira, H. M., *Railway Ecology*, pp.1–320. Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7>
- Brockie, R. E., Sadleir, R. M. F. S. & Linklater, W. L. (2009) Long-term wildlife roadkill counts in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 36(2), 123-134, DOI: 10.1080/03014220909510147
- Brotons, L., & Herrando, S. (2001). Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. *Landscape and Urban Planning*, 57, 77–89. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00191-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00191-8)
- Carvalho, F., Santos, S. M., Mira, A., & Lourenço, R. (2017). Methods to Monitor and Mitigate Wildlife Mortality in Railways. In: Borda-de-água, L., Barrientos, R., Beja, P. & Pereira, H. M., *Railway Ecology*, (pp. 23-42). Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7>

- Clevenger, A. P. & Huijser, M. P. (2011). Wildlife Crossing Structure Handbook. Design and Evaluation in North America. Final Report, August 2003 – February 2011. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
- Clevenger, A.P. & Wierzchowski, J. (2006). Maintaining and restoring connectivity in landscapes fragmented by roads. In: Crook, K., Sanjayan, M. (Eds.), *Conservation Biology*, vol. 14 (pp. 502-535). Cambridge University Press.
- Coffin, A.W. (2007). From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *J. Transp. Geog.*, 15, 396-406.
- Colino–Rabanal, V. J., Bosch, J., Muñoz, M. J., & Peris, S. J. (2012). Influence of new irrigated croplands on wild boar (*Sus scrofa*) road kills in NW Spain. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35(2), 247–252. <https://doi.org/10.32800/abc.2012.35.0247>.
- Corlatti, L., Hacklaender, K. & Frey-Roos, F. (2009). Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. *Conservation Biology*, 23, 548-556.
- Costa, A. S., Ascensão, F., & Bager, A. (2015). Mixed sampling protocols improve the cost-effectiveness of roadkill surveys. *Biodiversity and Conservation*, 24(12), 2953–2965. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0988-3>
- Craveiro, J., Bernardino, J., Mira, A., & Vaz, P. G. (2019). Impact of culvert flooding on carnivore crossings. *Journal of Environmental Management*, 231, 878–885. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.108>
- Cureton, J. C. J. & Deaton, R. (2012) Hot moments and hot spots: identifying factors explaining temporal and spatial variation in turtle road mortality. *Journal of Wildlife Management*, 76, 1047–1052
- Fajardo, I. V., Pividal, M. Trigo & M. Jiménez. (1998). Habitat selection, activity peaks and strategies to avoid road mortality by the Little Owl *Athene noctua*. *Alauda*, 66: 49-60.

- Ferreira, C., Paupério, J., & Alves, P. C. (2010). The usefulness of field data and hunting statistics in the assessment of wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) conservation status in Portugal. *Wildlife Research*, 37(3), 223–229. <https://doi.org/10.1071/WR09137>
- Fröhlich, A., & Ciach, M. (2019). Nocturnal noise and habitat homogeneity limit species richness of owls in an urban environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17), 17284–17291. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05063-8>
- Garriga, N., Franch, M., Santos, X., Montori, A., & Llorente, G. A. (2017). Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landscape and Urban Planning*, 157, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.029>
- Gea-Izquierdo, G., Muñoz-Igualada, J., & San Miguel-Ayán, A. (2005). Rabbit warren distribution in relation to pasture communities in Mediterranean habitats: Consequences for management of rabbit populations. *Wildlife Research*, 32, 723–731. <https://doi.org/10.1071/WR04129>
- 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), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.11.001>
- Grilo, C., Bissonette, J. A., & Cramer, P. C. (2010). Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In Jones, S. R., *Highways: Construction, Management and Maintenance*, pp. 73-114. Frank Columbus.
- Grilo, C., Smith, D.J. & Klar, N. (2015). Carnivores: struggling for survival in roaded landscapes. In: van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (eds.), *Handbook of road ecology*, pp. 300-312. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK
- Guinard, E., Julliard, R. & Barbraud, C. (2012). Motorways and bird traffic casualties: carcasses surveys and scavenging bias. *Biological Conservation*, 147, 40-51.
- Gunson, K. E., Mountrakis, G. & Quackenbush, L. J. (2011) Spatial wildlife-vehicle collision models: a review of current work and its application to

- transportation mitigation projects. *Journal of Environment Management*, 92, 1074–1082.
- Heinrichs, J.A., Lawler, J.J. & Schumaker, N.H. (2016). Intrinsic and extrinsic drivers of source–sink dynamics. *Ecology and Evolution*, 6, 892-904. <https://doi.org/10.1002/ece3.2029>
- Hernandez, M. (1988). Road mortality of the little owl (*Athene noctua*) in Spain. *Journal of Raptor Research*, 22, 81-84.
- Huijser, M. P. & Bergers, P. J. (2000). The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation*, 95(1), 111–116. doi:10.1016/s0006-3207(00)00006-9.
- IBM Corp. Released. (2020). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- James, A.R.C. & Stuart-Smith, A.K. (2000). Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. *Journal of Wildlife Management*, 64, 154–159.
- Lesbarreres, D. & Fahrig, L. (2012) Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in Ecology & Evolution*, 27, 374–380.
- Light dome road products. (2020). *Wildlife warning reflectors*. Disponível em: https://www.lightdome.co.uk/wildlife_reflectors.html?fbclid=IwAR0mLd1dBsFtziS1RslAvPn3dk_v4ynSy8-0-EV-VEMzH2f5bT5Zmc29ljk. Acedido a: 20 de junho de 2020.
- Liu, R. & Zhao, D. (2003). Evaluation of Best Management Practices for Mitigating Impacts of Highways on Stream and Wildlife Ecology. First Progress Report. Auburn University.
- Lourenço, R., Goytre, F., del Mar Delgado, M., Thornton, M., Rabaça, J. & Penteriani, V. (2013) Tawny owl vocal activity is constrained by predation risk. *Journal of Avian Biology*, 44, 461–468.
- Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Suárez, F., & Malo, J. E. (2008). Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures

on a Spanish motorway. *Journal of Environmental Management*, 88(3), 407–415

Meunier, F. D., Verheyden, C. & Jouventin, P. (2000). Use of roadsides by diurnal raptors in agricultural landscapes. *Biological Conservation*, 92, 291-298.

Mikkola, H. (1983). *Owls of Europe*. 397 p. A.D. & T. Poyser, Calton.

Mouta, C. (2020) Spatiotemporal patterns of culvert use by terrestrial Mediterranean mammals (Dissertação de mestrado). Universidade de Évora, Universidade de Lisboa, Portugal.

Parris, K. M. (2015). Ecological impacts of road noise and options for mitigation. In: van der Ree R., Smith D. J. & Grilo C., *Handbook of road ecology* (Eds) (pp.151-158). John Wiley & Sons, Chichester, UK.

Peris, S. J., & Pescador, M. (2004). Effects of traffic noise on passerine populations in Mediterranean wooded pastures. *Applied Acoustics*, 65, 357–366. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2003.10.005>.

Pinowski, J. (2005). Roadkills of vertebrates in Venezuela. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(1), 191-196.

Pinto-Correia, T. (1993). Threatened landscape in Alentejo, Portugal: the Montado and other agro-silvo pastoral systems. *Landscape and Urban Planning*, 24, 43–48. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(93\)90081-N](https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90081-N).

Pons, P. (2000). Height of the road embankment affects probability of traffic collision by birds. *Bird Study*, 47(1), 122–125. <https://doi.org/10.1080/00063650009461167>

QGIS Development Team. (2021). QGIS Geographic Information System. QGIS Association, Available from: <http://www.qgis.org>

R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

- Ramsden, D.J. (2003). Barn Owls And Major Roads: results and recommendations. From a 15-year research project. The Barn Owl Trust, Ashburton.
- Rytwinski, T. & Fahrig, L. (2015) The impacts of roads and traffic on terrestrial animal populations. In: van der Ree R., Smith D. J. & Grilo C., *Handbook of road ecology* (Eds) (pp.237-246). John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Santos, S.M., Carvalho, F. & Mira, A. (2011). How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for roadkill monitoring surveys. *PLoS ONE*, 6.
- Seiler, A. (2001). Ecological Effects of Roads: A review. Introductory Research Essay No 9, Department of Conservation Biology: University of Agricultural Sciences, S-730 91 Riddarhyttan, Sweden.
- Silva, C. C., Lourenço, R., Godinho, S., Gomes, E., Sabino-Marques, H., Medinas, D., Neves, V., Silva, C., Rabaça, J. E. & Mira, A. (2012). Major Roads Have a Negative Impact on the Tawny Owl *Strix aluco* and the Little Owl *Athene noctua* populations. *Acta Ornithologica*, 47(1), 47–54. <https://doi.org/10.3161/000164512x653917>
- Silva, C., Simões, M. P., Mira, A., & Santos, S. M. (2019). Factors influencing predator roadkills: The availability of prey in road verges. *Journal of Environmental Management*, 247, 644–650. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.083>
- Silveira, A., Muñoz-Rojas, J., Pinto-Correira, T., Guimarães, M. H., Ferrão, J., Schmidt, L. (2018). The sustainability of agricultural intensification in the early 21st century: insights from the olive oil production in Alentejo (Southern Portugal). In Delicado, A., Domingos, N., Sousa, L. de (Eds.), *Changing societies: legacies and challenges*. Vol. 3. The diverse worlds of sustainability, pp. 247-275. Lisbon: Imprensa de Ciências Sociais.
- Slater, F.M. (2002). An assessment of wildlife road casualties - the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecology*, 3, 33-42.

- Smith, D. J., van der Ree, R., & Rosell, C. (2015). Wildlife crossing structures: an effective strategy to restore or maintain wildlife connectivity across roads. In: van der Ree R., Smith D. J. & Grilo C., *Handbook of road ecology* (Eds) (pp.172-183). John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Teixeira, F.Z., Coelho, A.V.P., Esperandio, I.B. & Kindel, A. (2013). Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation*, 157, 317-323.
- Trombulak, S.C. & Frissell, C.A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*. 14(1), 18-30.
- van der Horst, S., Goytre, F., Marques, A., Santos, S., Mira, A., & Lourenço, R. (2019). Road effects on species abundance and population trend: a case study on tawny owl. *European Journal of Wildlife Research*, 65(6). <https://doi.org/10.1007/s10344-019-1325-z>
- van der Ree R., Smith D. J. & Grilo C. (2015) *Handbook of road ecology*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781118568170
- Van der Ree, R., Smith, D. J. & Grilo, C. (2015). The ecological effects of linear infrastructure and traffic: challenges and opportunities of rapid global growth. In: van der Ree R., Smith D. J. & Grilo C., *Handbook of road ecology* (Eds) (pp.1-9). John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Zuberogoitia, I., del Real, J., Torres, J. J., Rodríguez, L., Alonso, M., de Alba, V., Azahara, C. & Zabala, J. (2015). Testing pole barriers as feasible mitigation measure to avoid bird vehicle collisions (BVC). *Ecological Engineering*, 83, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.06.026>

ANEXO 1. Resultados da análise ANOVA e teste de Tukey

Tabela A1. Resultados da ANOVA para a ordem Strigiformes para os dispositivos refletores de dissuasão.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Strigiformes					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	46,667 ^a	5	9,333	0,862	0,555
Intercepto	61,364	1	61,364	5,664	0,055
Fase	40,667	2	20,333	1,877	0,233
Localização	1,091	1	1,091	0,101	0,762
Fase Localização *	3,000	2	1,500	0,138	0,873
Padrão	65,000	6	10,833		
Total	232,000	12			
Total corrigido	111,667	11			

Tabela A2. Resultados da ANOVA para a ordem Carnívora nas passagens hidráulicas com passadiços.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Carnívora					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	65,500 ^a	5	13,100	2,620	0,109
Intercepto	198,375	1	198,375	39,675	<0,001
Fase	50,000	2	25,000	5,000	0,039
Localização	9,375	1	9,375	1,875	0,208
Fase Localização *	3,429	2	1,714	0,343	0,720
Padrão	40,000	8	5,000		
Total	277,000	14			
Total corrigido	105,500	13			

Tabela A3. Resultados do teste de Tukey para a ordem Carnivora nas passagens hidráulicas com passadiços.

Comparações múltiplas						
Variável dependente: Carnivora						
Tukey HSD						
					Intervalo de Confiança 95%	
(I) Fase	(J) Fase	Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Pós_Intervenção	Pré_Intervenção	2,00	1,581	0,452	-2,52	6,52
	Pré_LIFELINES	4,50*	1,443	0,034	0,38	8,62
Pré_Intervenção	Pós_Intervenção	-2,00	1,581	0,452	-6,52	2,52
	Pré_LIFELINES	2,50	1,443	0,252	-1,62	6,62
Pré_LIFELINES	Pós_Intervenção	-4,50*	1,443	0,034	-8,62	-0,38
	Pré_Intervenção	-2,50	1,443	0,252	-6,62	1,62

*. A diferença média é significativa no nível 0,05

Tabela A4. Resultados da ANOVA para a ordem Lagomorpha nas passagens hidráulicas com passadiços.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Lagomorpha					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	11,690 ^a	5	2,338	1,675	0,246
Intercepto	17,510	1	17,510	12,545	0,008
Fase	11,274	2	5,637	4,038	0,061
Localização	0,010	1	0,010	0,007	0,933
Fase * Localização	0,417	2	0,208	0,149	0,864
Padrão	11,167	8	1,396		
Total	46,000	14			
Total corrigido	22,857	13			

Tabela A5. Resultados da ANOVA para a ordem Eulipotyphla nas passagens hidráulicas com passadiços.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Eulipotyphla					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	27,381 ^a	5	5,476	0,751	0,608
Intercepto	60,167	1	60,167	8,251	0,021
Fase	0,881	2	0,440	0,060	0,942
Localização	3,375	1	3,375	0,463	0,515
Fase * Localização	19,357	2	9,679	1,327	0,318
Padrão	58,333	8	7,292		
Total	150,000	14			
Total corrigido	85,714	13			

Tabela A6. Resultados da ANOVA para a ordem Carnivora nas passagens hidráulicas com vedações.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Carnivora					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	89,833 ^a	5	17,967	3,254	0,067
Intercepto	256,760	1	256,760	46,508	<0,001
Fase	59,417	2	29,708	5,381	0,033
Localização	25,010	1	25,010	4,530	0,066
Fase * Localização	1,845	2	0,923	0,167	0,849
Padrão	44,167	8	5,521		
Total	358,000	14			
Total corrigido	134,000	13			

Tabela A7. Resultados do teste de Tukey para a ordem Carnivora nas passagens hidráulicas com vedações.

Comparações múltiplas						
Variável dependente: Carnivora						
Tukey HSD						
					Intervalo de Confiança 95%	
(II) Fase	(J) Fase	Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Pós_Intervenção	Pré_Intervenção	2,25	1,661	0,407	-2,50	7,00
	Pré_LIFELINES	4,92*	1,517	0,029	0,58	9,25
Pré_Intervenção	Pós_Intervenção	-2,25	1,661	0,407	-7,00	2,50
	Pré_LIFELINES	2,67	1,517	0,243	-1,67	7,00
Pré_LIFELINES	Pós_Intervenção	-4,92*	1,517	0,029	-9,25	-0,58
	Pré_Intervenção	-2,67	1,517	0,243	-7,00	1,67

*. A diferença média é significativa no nível 0,05

Tabela A8. Resultados da ANOVA para a ordem Lagomorpha nas passagens hidráulicas com vedações.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Lagomorpha					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	48,024 ^a	5	9,605	4,191	0,036
Intercepto	51,042	1	51,042	22,273	0,002
Fase	32,024	2	16,012	6,987	0,018
Localização	9,375	1	9,375	4,091	0,078
Fase * Localização	3,929	2	1,964	0,857	0,460
Padrão	18,333	8	2,292		
Total	135,000	14			
Total corrigido	66,357	13			

Tabela A9. Resultados do teste de Tukey para a ordem Lagomorpha nas passagens hidráulicas com vedações.

Comparações múltiplas						
Variável dependente: Lagomorpha						
Tukey HSD						
					Intervalo de Confiança 95%	
(III) Fase	(J) Fase	Diferença média (I- J)	Estatística do teste Padrão	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Pós_Intervenção	Pré_Intervenção	-1,50	1,070	0,385	-4,56	1,56
	Pré_LIFELINES	-3,58*	0,977	0,016	-6,38	-0,79
Pré_Intervenção	Pós_Intervenção	1,50	1,070	0,385	-1,56	4,56
	Pré_LIFELINES	-2,08	0,977	0,144	-4,88	0,71
Pré_LIFELINES	Pós_Intervenção	3,58*	0,977	0,016	0,79	6,38
	Pré_Intervenção	2,08	0,977	0,144	-0,71	4,88

*. A diferença média é significativa no nível 0,05

Tabela A10. Resultados da ANOVA para a ordem Eulipotyphla nas passagens hidráulicas com vedações.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Eulipotyphla					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	17,381 ^a	5	3,476	0,498	0,770
Intercepto	68,344	1	68,344	9,793	0,014
Fase	5,464	2	2,732	0,391	0,688
Localização	1,760	1	1,760	0,252	0,629
Fase Localização *	8,417	2	4,208	0,603	0,570
Padrão	55,833	8	6,979		
Total	151,000	14			
Total corrigido	73,214	13			

Tabela A11. Resultados da ANOVA para a ordem Lagomorpha nas redes para coelhos.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Lagomorpha					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	353,381 ^a	5	70,676	3,281	0,066
Intercepto	522,667	1	522,667	24,263	0,001
Fase	328,381	2	164,190	7,622	0,014
Localização	9,375	1	9,375	0,435	0,528
Fase * Localização	17,857	2	8,929	0,414	0,674
Padrão	172,333	8	21,542		
Total	1240,000	14			
Total corrigido	525,714	13			

Tabela A12. Resultados do teste de Tukey para a ordem Lagomorpha nas redes para coelhos.

Comparações múltiplas						
Variável dependente: Lagomorpha						
Tukey HSD						
					Intervalo de Confiança 95%	
(I) Fase	(J) Fase	Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	Sig.	Limite inferior	Limite superior
Pós_Intervenção	Pré_Intervenção	-2,00	3,282	,819	-11,38	7,38
	Pré_LIFELINES	-10,67*	2,996	,018	-19,23	-2,11
Pré_Intervenção	Pós_Intervenção	2,00	3,282	,819	-7,38	11,38
	Pré_LIFELINES	-8,67*	2,996	,047	-17,23	-0,11
Pré_LIFELINES	Pós_Intervenção	10,67	2,996	,018	2,11	19,23
	Pré_Intervenção	8,67*	2,996	,047	,11	17,23

*. A diferença média é significativa no nível 0,05

Tabela A13. Resultados da ANOVA para a ordem Carnivora nas redes para coelhos.

Testes de efeitos entre sujeitos					
Variável dependente: Carnivora					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	17,857 ^a	5	3,571	,937	0,506
Intercepto	78,844	1	78,844	20,680	0,002
Fase	16,607	2	8,304	2,178	0,176
Localização	0,844	1	0,844	0,221	0,651
Fase * Localização	0,607	2	0,304	0,080	0,924
Padrão	30,500	8	3,813		
Total	117,000	14			
Total corrigido	48,357	13			