

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

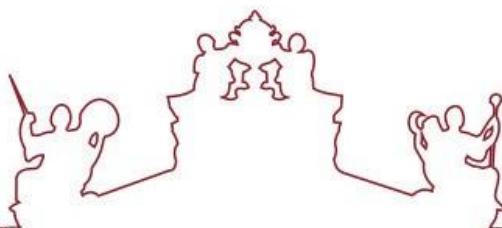
Dissertação

Lesões oculares na prática clínica de aves de rapina silvestres

Inês Maria Vieira de Almeida Costa

Orientadores / Rita Payan-Carreira
Bárbara Martín-Maldonado Jiménez
Catarina Falcão Trigo Vieira Branco Lavrador

Évora 2021



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

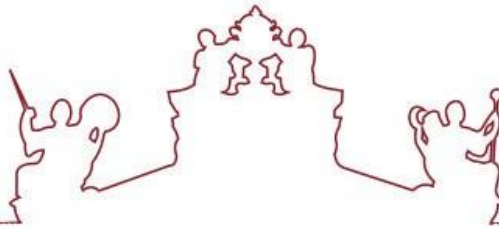
Dissertação

Lesões oculares na prática clínica de aves de rapina silvestres

Inês Maria Vieira de Almeida Costa

Orientadores / Rita Payan-Carreira
Bárbara Martín-Maldonado Jiménez
Catarina Falcão Trigo Vieira Branco Lavrador

Évora 2021



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

Presidente | Margarida Simões (Universidade de Évora)

Vogais | Rita Payan-Carreira (Universidade de Évora) (Orientador)
Roberto Sargo (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro) (Arguente)

A ti, Musa

“Remember to look up at the stars and not down at your feet. Try to make sense of what you see and wonder about what makes the universe exist. Be curious. And however difficult life may seem, there is always something you can do and succeed at. It matters that you don't just give up.”

-Stephen Hawking

Agradecimentos

Às minhas orientadoras da Universidade de Évora, Prof. Doutora Catarina Lavrador e Prof. Doutora Rita Payan Carreira, a quem agradeço muito toda a ajuda, disponibilidade e importante contribuição na elaboração deste trabalho. À Prof. Doutora Catarina pelas palavras de apoio e incentivo quando mais precisava.

À Bárbara, minha orientadora externa, pelo precioso apoio que me deu em todos os momentos, por ser incansável, dedicada, paciente e ter sempre uma palavra amiga a dizer. Ao Fernando, Irene, Laura, Virgínia e Natalia, por todo o conhecimento, pela vossa muito boa disposição diária que aconchegava o coração nos dias em que as saudades de casa apertavam, pela incrível paciência com que ensinam todos estagiários/voluntários que passam pelo GREFA e, por todo o amor que põem naquilo que fazem, vocês são uma inspiração para mim! Ao Fran, pela oportunidade de dias bem passados rodeados de ovos! Aos voluntários/estagiários e companheiros de albergue, pela vossa hospitalidade, pela recepção sempre com um sorriso caloroso mesmo nos dias mais longos, e por tornarem a minha estadia ainda mais inesquecível. À Sara, minha italiana favorita e melhor companheira de trabalho, por me teres ensinado (e obrigado) que o tempo de cozedura da massa é, imperativamente, de 8 minutos; sei que levo a tua amizade para a vida.

A todos, sempre me fizeram sentir em casa. *Hasta luego*, família GREFA!

Ao Programa Erasmus+ que me facilitou, em vários sentidos, a oportunidade de ter uma experiência além-fronteiras.

Às pessoas que, durante todos estes anos, foram a minha segunda família na Mui Nobre e Sempre Leal Cidade de Évora: à Pimba, Daniela, Frazão, Valente, Carolina, Gaby, “velhas cuscas”, pela vossa amizade incondicional, pela partilha constante (de tudo!), por terem criado comigo tão boas recordações, mesmo as das horas mais fatídicas. Foi um prazer ter-me cruzado com vocês.

À Lúcia, por seres como és, companheira de todas as horas, por sempre me ajudares a pôr os pés bem assentes na terra. Por seres a metade da minha laranja.

Por último mas mais importante, a toda a minha família, especialmente aos meus pais que sempre me apoiaram incondicionalmente e encorajaram em tudo e foram os responsáveis por hoje estar aqui, em todos os sentidos. Às minhas avós, que são sempre o reconforto. A quem nunca esqueço mas já cá não está, tenho a certeza que se orgulhariam de mim. À minha prima Dulce, cérebro da família, pela ajuda imprescindível no tratamento dos dados.

A todos os que se cruzaram comigo nos últimos meses e me trouxeram novas formas de olhar.

LESÕES OCULARES NA PRÁTICA CLÍNICA DE AVES DE RAPINA SILVESTRES

Resumo

A oftalmologia assume importância vital na clínica de animais silvestres, em particular em aves de rapina, pelas suas características visuais especializadas, pela sua repercussão a nível ecológico e prevalência de lesões oculares em comparação com outras espécies.

Este trabalho procura a identificação e determinação das principais lesões oculares encontradas em rapinas de vida-livre, das causas de ingresso e estabelecer o plano terapêutico adequado para cada caso.

Neste âmbito, realizou-se a exploração oftalmológica a 90 exemplares de 20 espécies de rapinas ingressadas no hospital do GREFA em Madrid, Espanha.

Observou-se uma maior prevalência de lesões no segmento anterior, em particular a ocorrência de úlcera corneal, hifema e blefarite, nas quais o traumatismo é a causa predominante. As afeções oftálmicas poderão influenciar negativamente a viabilidade da visão e a capacidade de reintrodução com sucesso na natureza. Um exame oftalmológico completo é uma ferramenta essencial para o diagnóstico, dirigindo ainda a instituição de um tratamento correto.

Palavras-chave: Oftalmologia, Lesões oculares, Aves de rapina, Fauna silvestre, Centro de recuperação

OCULAR LESIONS IN THE CLINICAL PRACTICE OF FREE-LIVING BIRDS OF PREY

Abstract

Ophthalmology is vital in the practice of wild animal medicine, particularly in birds of prey due to its specialized visual characteristics, crucial ecological influence, and prevalence of eye injuries than in any other avian group.

This study aims to identify and determine the main ocular lesions found in free-life birds of prey, hospital admission causes and the appropriate therapeutic plan.

In this study, an ophthalmologic exploration was carried out, assisted by complementary diagnostic tests, on 90 birds from 20 species of birds of prey admitted to the hospital of GREFA in Madrid, Spain.

The prevalence of lesions was observed particularly in the anterior segment highlighting corneal ulcers, hyphema, and blepharitis, where the trauma is the predominant cause.

Ophthalmic injuries may adversely affect vision viability and the ability to successfully reintroduce into nature. A complete eye examination is a fundamental diagnostic tool that allows instituting a correct treatment.

Keywords: Ophthalmology, Ocular lesions, Birds of prey, Wild fauna, Rehabilitation Center

LESIONES OCULARES EN LA PRÁCTICA CLÍNICA DE AVES RAPACES SILVESTRES

Resumen

La visión es un sentido altamente especializado en aves rapaces que se adapta a las necesidades ecológicas de cada especie. En aves silvestres, la prevalencia de lesiones oculares en rapaces es muy elevada. En este sentido, la oftalmología cobra gran importancia en la clínica de rapaces silvestres.

El objetivo de esta tesis fue estudiar las lesiones oculares más frecuentes en aves rapaces de vida libre y establecer el tratamiento más efectivo para cada caso.

Para ello se realizó un examen oftalmológico completo a 90 individuos de vida libre recurriendo a medios de diagnóstico complementarios en caso necesario.

Se detectó una mayor prevalencia de lesiones en el segmento anterior, siendo úlcera de córnea, hifema y blefaritis las más frecuentes, y los traumatismos son la causa primaria predominante. Este estudio pone de manifiesto la importancia de realizar un examen oftalmológico completo en aves rapaces para poder evaluar correctamente su visión, y por tanto su capacidad para ser reintroducidas exitosamente en el medio ambiente.

Palabras clave: Oftalmología, Lesiones oculares, Aves rapaces, Fauna silvestre, Centro de recuperación

Índice geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Resumen	iv
Índice geral	v
Índice de gráficos.....	vii
Índice de tabelas	vii
Índice de figuras	vii
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE ESTÁGIO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. Aves de Rapina	8
3.1.1. Caracterização e ecologia das espécies da Europa	9
3.1.2. Estatutos de conservação e legislação vigente	12
3.1.3. Principais ameaças e medidas de conservação	14
3.2. Oftalmologia: importância na medicina da conservação	17
3.3. Anatomia ocular e particularidades em Aves de Rapina	19
3.3.1. A visão das aves	19
3.3.2. Órbita	20
3.3.3. Globo ocular	21
3.3.4. Pálpebras e anexos.....	22
3.3.5. Túnica fibrosa - Córnea e esclera	23
3.3.6. Túnica vascular – Íris, corpo ciliar e coróide	24
3.3.7. Lente	27
3.3.8. Túnica nervosa – Retina	28
3.3.9. Pécten	30
3.3.10. Fóvea.....	31
3.4. Lesões oculares: fisiopatologia, sinais clínicos e possíveis etiologias	32
3.4.1. Classificação de acordo com a localização.....	33
3.4.2. Prognóstico	43
4. OBJETIVOS	44
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
5.4. Caracterização da amostra	45
5.5. Exame oftalmológico	46

5.5.1. Meios complementares de diagnóstico: Citologia e cultura de córnea, Radiografia, Ecografia Modo B, Eletroretinografia	48
5.6. Análise estatística de dados	49
6. RESULTADOS	50
6.1. Caracterização da população	50
6.4. Prevalência.....	51
6.4.1. Prevalências por segmento ocular	52
6.4.2. Lesões oculares mais frequentes.....	53
6.5. Correlação estatística	55
6.6. Plano terapêutico: protocolo GREFA	55
7. DISCUSSÃO	57
8. CONCLUSÕES	63
9. BIBLIOGRAFIA	64

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Distribuição por classe taxonómica dos animais ingressados no GREFA durante o período de estágio (n=1195).	3
Gráfico 2 - Distribuição das causas de ingresso no GREFA durante o período de estágio.	4
Gráfico 3 – Distribuição das principais causas de ingresso por classe taxonómica.....	4
Gráfico 4 - Diversidade específica da amostra.	50
Gráfico 5 - Distribuição das causas de ingresso, n=90 indivíduos.	51

Índice de tabelas

Tabela 1 - Distribuição por classe etária e por sexo da população.	51
Tabela 2 - Discriminação das lesões oculares analisadas, por grupo anatómico.....	52
Tabela 3 – Distribuição das lesões oculares em 90 aves (180 olhos) segundo a ecologia das espécies.	53
Tabela 4 - Distribuição da resolução dos casos clínicos.....	54
Tabela 5 - Valores de <i>p-value</i> associados ao teste de correlações entre as variáveis, Qui-quadrado (χ^2) de <i>Pearson</i> , com intervalo de confiança de 90%. * $p<0.05$ indica significância estatística.	55

Índice de figuras

Figura 1 - Anilhagem de um bufo-real (<i>Bubo bubo</i>) após exame físico.....	5
Figura 2 – Radiografias em projeção ventro-dorsal (VD) realizadas a ave, réptil e mamífero. ...	6
Figura 3 - Participação em estudo microbiológico utilizando ovos de galinhas de granja.....	7
Figura 4 - Vista lateral da cabeça de uma águia-real (<i>Aquila chrysaetus</i>). Detalhe da crista ocular e do seu efeito sombra.....	21
Figura 5 - Vista dorsal do crânio. Morfologia do anel esclerótico em aves de rapina diurnas à esquerda e noturnas à direita (adaptado de Plochocki <i>et al.</i> , 2018).....	22
Figura 6 - presença do reflexo da terceira pálpebra em resposta a estímulo corneal numa cegonha-branca (<i>Ciconia ciconia</i>).....	23
Figura 7 - Exemplo da variação da coloração da íris entre duas espécies. Crias de	26
Figura 8 - Exploração do fundo de olho. Detalhe do pécten (p) e vasos sanguíneos coroidais (v) num bufo-real (<i>Bubo bubo</i>).	31
Figura 9 - Blefaroconjuntivite unilateral esquerda num peneireiro-vulgar (<i>Falco tinnunculus</i>). .	33
Figura 10 - Úlcera de córnea superficial e midríase permanente num mocho-d'orelhas (<i>Otus scops</i>), à esquerda. A mesma úlcera de córnea evidenciada mediante o teste da fluoresceína, à direita.	36
Figura 11 - Efeito Tyndall num bufo-real (<i>Bubo bubo</i>) com uveíte ativa.....	38
Figura 12 - Sinequia anterior numa	38
Figura 13 - Hifema organizado numa coruja-do-mato (<i>Strix aluco</i>).	38

Figura 14 - Catarata incipiente numa águia-de-Bonelli (<i>Aquila fasciata</i>) à esquerda e num milhafre-real (<i>Milvus milvus</i>) à direita.....	40
Figura 15 - Realização de oftalmoscopia indireta a um adulto (à esquerda) e tonometria com Tonovet a uma cria (à direita), de águia-de-Bonelli (<i>Aquila fasciata</i>).	47
Figura 16 - Exame do fundo de olho. Lesão compatível com descolamento de retina (seta vermelha) num mocho-galego (<i>Athene noctua</i>).....	48
Figura 17 - Ecografia ocular em modo B compatível com descolamento de retina (seta azul) numa coruja-do-mato (<i>Strix aluco</i>). (c) córnea; (cp) câmara posterior.	48
Figura 18 - Enucleação por evisceração do olho direito num mocho-galego (<i>Athene noctua</i>). 56	

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

ABNM: Agente bloqueador neuromuscular

D: Dioptria

EAE: Extremidade anterior esquerda

EPD: Extremidade posterior direita

EPR: Epitélio pigmentado da retina

ERG: Eletroretinografia

GREFA: Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat

IUCN: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

PIO: Pressão intraocular

VD: Ventro-dorsal

1. INTRODUÇÃO

“Nasceu um abutre-preto no Alentejo pela primeira vez em quarenta anos” foi o título de um artigo publicado por uma revista dedicada ao jornalismo da natureza, em 2015 (Geraldes, H). Numa perspetiva histórica, o conflito com o animal remonta aos primórdios da existência humana, principalmente com os “superpredadores” (como por exemplo, o urso-pardo, lobo-ibérico, águias e abutres, lince-ibérico e lontra-europeia) por constituírem uma ameaça potencial à sua vida e representarem as espécies com quem o Homem competia pelos recursos naturais e, mais tarde, pelas espécies cinegéticas e pelo gado. Esta perseguição ativa na Península Ibérica foi contínua até um passado recente, onde o seu auge ocorreu a meados do século XX com a criação de juntas especializadas (conhecidas como Juntas de Eliminação de Animais Daninhos) pelos governos de ambos os países, alegando que estas espécies colocavam em causa os interesses e bens das populações. Está provado que esta atividade resultou numa das principais causas de declínio e extinção de várias espécies de predadores bem como na destruição e fragmentação do seu habitat (Palomares *et al.*, 1995; Martínez-Abraín *et al.*, 2008). Atualmente esta prática deixou de ser financiada pelo governo e a utilização de venenos e armadilhas é considerada ilegal, ainda assim o seu uso é, infelizmente, comum, generalizado e pouco seletivo e embora muitas destas espécies estejam protegidas pela lei a sua conservação não está ainda totalmente garantida por medidas legais eficazes. O papel regulador dos predadores de topo nos ecossistemas é hoje em dia amplamente reconhecido, bem como o facto de que a sua manutenção em elevadas densidades limita o crescimento descontrolado de outras populações. Em suma, cadeias tróficas bem estruturadas promovem o equilíbrio e saúde das comunidades bióticas (Palomares *et al.*, 1995).

A percepção social destas aves modificou-se e graças ao esforço conjunto de profissionais de vários ramos foi possível recuperar populações extintas e impedir a extinção de outras. As aves de rapina estão hoje inseridas em inúmeros projetos de reintrodução, reforço e educação ambiental, em virtude disso a maioria das espécies melhorou o seu estatuto populacional e o panorama geral é positivo (Palomino & Valls, 2011).

Os centros de recuperação integram este importante labor contribuindo de forma crucial seja por suporte clínico, programas de reprodução em cativeiro, educação ambiental ou através de contribuição de cariz científico. Neste sentido, a medicina veterinária e a biologia devem caminhar de “mãos dadas” em estreita colaboração para que se obtenham melhores resultados em estudos biomédicos sobre fauna silvestre do que os que obteriam se cada uma trabalhasse de forma independente. O papel do médico-veterinário é essencial: para além de ser sua exclusiva responsabilidade investigar e diagnosticar doenças e realizar necropsias, também é imperativo a presença de um profissional capacitado que reconheça de imediato situações de

emergência médica e responda prontamente, e da mesma forma maximize o bem-estar destes animais, aquando da realização de captura, colheita de amostras biológicas e avaliações sanitárias de aves silvestres em equipas multidisciplinares. A formação veterinária implica o conhecimento científico numa multiplicidade de áreas, o que torna o médico-veterinário um valioso aliado e protagonista essencial da medicina da conservação (Saggese, 2007). Tendo em conta que uma das principais causas de admissão de aves em centros de recuperação selvagem são os traumatismos, é muito comum coexistirem traumatismos cranianos e ocular, especialmente em aves de rapina, pelas suas características anatómicas. Desta forma, é notória a importância da oftalmologia na prática clínica de aves silvestres para apreciação das estruturas intraoculares e avaliação do estado visual, fatores estes que determinam se é plausível manter a ave, dentro dos padrões de bem-estar animal. Reconhecendo globalmente a parca dinamização da área de oftalmologia nos centros de recuperação da fauna silvestre torna-se imperativo que o médico-veterinário tenha à sua disposição meios de diagnóstico, bem como o conhecimento inerente à oftalmologia destas espécies e qual a forma viável e eficaz recomendada de reabilitação.

A presente dissertação inicia-se com uma breve descrição das atividades realizadas durante o período de estágio curricular. Segue-se uma contextualização às aves de rapina autóctones, abordando resumidamente a caracterização e ecologias deste grupo de aves, o panorama global/Península Ibérica das várias espécies e a legislação vigente, bem como as ameaças que enfrentam atualmente e as medidas de conservação que atuam de forma a mitigar o efeito das mesmas. São clarificados os objetivos da medicina da conservação e a importância da oftalmologia na recuperação de fauna selvagem juntamente com uma revisão sumária da anatomia ocular das aves com o propósito de elucidar sobre as particularidades e diferenças observadas nas aves úteis para a compreensão da patologia adiante. São expostas as lesões oculares que com maior frequência se encontram na prática clínica de aves silvestres, onde é explicada a fisiopatologia e os sinais clínicos que geralmente acompanham cada lesão. A segunda parte da dissertação começa por complementar o conhecimento médico através do exame oftalmológico sistemático, constituindo os materiais e métodos utilizados neste estudo observacional, e quais os meios de diagnóstico complementares de maior valor nesta prática. Analisados os dados, procedeu-se à apreciação dos resultados. É exposta a terapêutica protocolada no *Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat* (GREFA). Ao longo da discussão são confrontados os resultados com a literatura a que a autora teve acesso e apontadas as principais limitações à realização deste trabalho. Para terminar, são descritas as conclusões obtidas.

2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE ESTÁGIO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do estágio curricular do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, inserido em medicina de fauna selvagem. O estágio curricular decorreu no GREFA, o qual se localiza e atua na Comunidade de Madrid em Espanha, sob orientação da Prof.^a Doutora Catarina Falcão Trigo Vieira Branco Lavrador, da Prof.^a Doutora Rita Payan Carreira e da Dr.^a Bárbara Martín-Maldonado Jiménez, durante o período de 24 de Janeiro a 12 de Maio de 2019. O horário de trabalho decorreu de segunda-feira a domingo, com uma folga semanal, perfazendo uma carga horária média de 60 horas semanais.

A sazonalidade deste intervalo de tempo permitiu à autora contactar e acompanhar um aumento exponencial do número de animais inerente ao início da época reprodutiva da fauna autóctone – observando-se uma afluência de crias e juvenis – e regresso das espécies migratórias à península ibérica, registando-se uma elevada casuística com um total de 1195 animais admitidos, pertencentes à classe das aves, mamíferos e répteis (Gráfico 1).

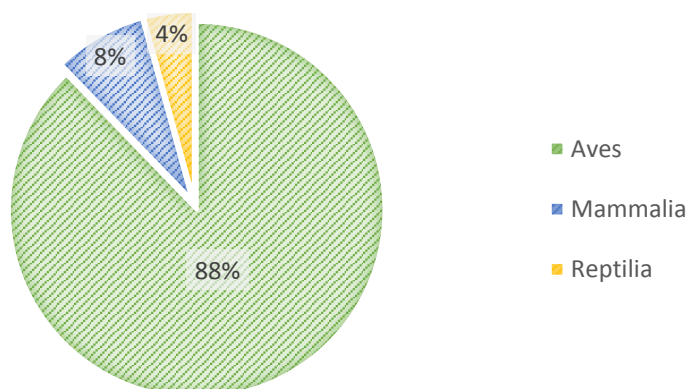


Gráfico 1 - Distribuição por classe taxonómica dos animais ingressados no GREFA durante o período de estágio (n=1195).

Dos 1195 animais, a classe das Aves representou a grande maioria da população (n=1049), evidenciando-se a espécie Pato-real (*Anas platyrhynchos*), seguida dos mamíferos (n=95) na qual se destaca o Coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*), e répteis (n=51) sobretudo testudíneos (comuns tartarugas).

A rotina de trabalho no Hospital foi distribuída diariamente entre a Enfermaria, Laboratório e Necropsias após exposição, discussão e planeamento das tarefas a realizar relativamente a cada caso clínico por parte dos médicos-veterinários em conjunto com os voluntários e trabalhadores do departamento. Na Enfermaria, a admissão de um animal pressupõe desde logo a identificação da causa de ingresso de acordo com a sua história clínica, sendo que, durante a estância da autora e intensificando-se a partir do mês de Março, a admissão de animais numa fase precoce da sua vida constituiu a causa mais frequente (n=470), seguindo-se a ocorrência de traumatismo

(n=336) e a admissão com origem numa causa fortuita (n=183), como sumariado no Gráfico 2. As restantes causas de ingresso apresentaram uma menor expressão, não obstante serem de igual importância num centro de recuperação.

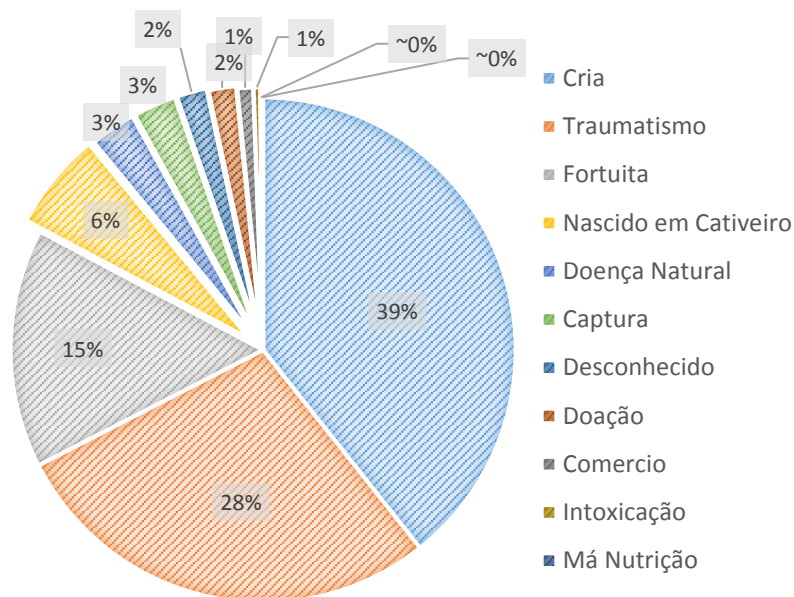


Gráfico 2 - Distribuição das causas de ingresso no GREFA durante o período de estágio.

Analisando a causa de ingresso consoante a classe taxonómica (Gráfico 3) constatou-se que, no caso dos répteis, é frequente o nascimento em cativo e o seu comércio (a devolução destes animais é um cenário recorrente em centros de recuperação quando atingem um tamanho considerável e os tutores não pretendem continuar a mantê-los). Em mamíferos, o traumatismo (predominando o ataque de outro animal) apresenta um valor superior ao ingresso de crias. Em aves, a queda do ninho é a principal situação que favorece o aumento do segmento cria, e geralmente o traumatismo ocorre em circunstâncias desconhecidas, sendo o encarceramento em corpos de água a causa fortuita mais frequente nesta classe.

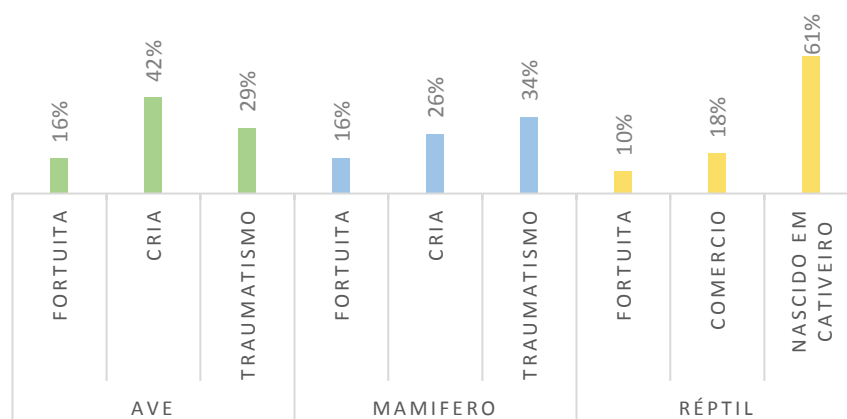


Gráfico 3 – Distribuição das principais causas de ingresso por classe taxonómica.

A avaliação do animal tem lugar mesmo antes do contacto direto, por inspeção do estado geral, atitude, posição, presença de fezes ainda no interior da caixa de transporte. É de extrema importância que, ao trabalharmos com espécies selvagens, se minimizem situações de *stress* e a manipulação ao iniciar a observação do animal. As diferenças interespecíficas levam a que a contenção tenha que se adequar às suas particularidades, sem esquecer que a segurança, tanto a humana como animal, estão em primeiro lugar. Procede-se à pesagem do animal e à identificação do sexo, quando existe dimorfismo sexual, e da idade. Segue-se um exame físico detalhado e sistemático (Figura 1), identificação das alterações diagnosticadas, estabelecimento de um prognóstico, instituição de plano terapêutico ou ponderar, em algumas situações, a necessidade de eutanásia humanitária.



Figura 1 - Anilhagem de um bufo-real (*Bubo bubo*) após exame físico.

Muitas vezes, a autora teve oportunidade de recorrer a meios complementares de diagnóstico, principalmente radiografia (Figura 2) mas também auxiliar em ecografias e endoscopias, exames oftalmológicos, realização de colheita de amostras (microbiológicas e sanguíneas), administração de fluidoterapia e medicação, realização de suturas, alimentação forçada através de sonda, limpeza e desinfecção de feridas, colocação de apósitos e bandagens sobretudo para imobilização de extremidades em aves, preparação da dieta específica e instalações dos animais internados, assistir a algumas sessões de fisioterapia que decorrem em paralelo com as atividades diárias na enfermaria e participação em cirurgias, como ajudante de cirurgião, ajudante geral ou anestesiologista. Esporadicamente também se efetuaram revisões/primeiros socorros aos animais residentes que integram os programas de educação e reprodução em cativeiro do GREFA, como o abutre-preto (*Aegypius monachus*), águia-de-Bonelli (*Aquila fasciata*), águia-real (*Aquila chrysaetos*), falcão-peregrino (*Falco peregrinus*), peneireiro-vulgar (*Falco tinnunculus*) e peneireiro-das-torres (*Falco naumanni*).

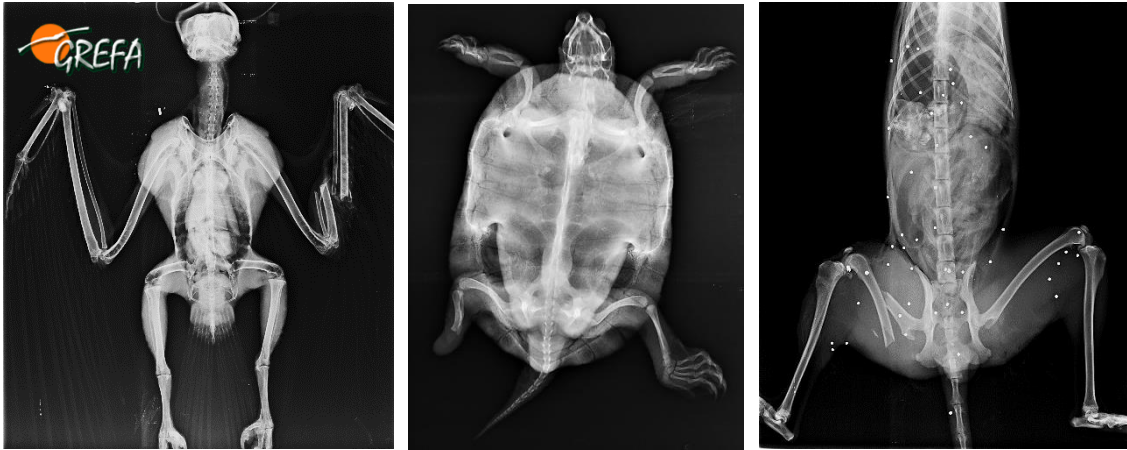


Figura 2 – Radiografias em projeção ventro-dorsal (VD) realizadas a ave, réptil e mamífero.

Da esquerda para a direita: milhafre-real (*Milvus milvus*) com fratura exposta e cominuta de rádio-cúbito da extremidade anterior esquerda (EAE); cágado-mediterrânico (*Mauremys leprosa*) com amputação da extremidade posterior direita (EPD); presença de chumbos alojados por todo o corpo com fratura de fêmur direito numa raposa (*Vulpes vulpes*).

A autora dedicou aproximadamente metade do seu horário laboral ao laboratório, efetuando e auxiliando no processamento e observação de amostras clínicas e no cultivo de microrganismos. Tendo a possibilidade de realizar com muita frequência esfregaços sanguíneos e coloração dos mesmos, análise hematológica completa através da contagem total de células sanguíneas (Câmara de *Neubauer*) e contagem diferencial de leucócitos (para estabelecimento da fórmula leucocitária) ao microscópio, análise e interpretação de microhematócrito, análises bioquímicas, exames coprológicos diretos, de flutuação e sedimentação e determinação da concentração de chumbo no sangue, com menor frequência. A autora teve ainda oportunidade de participar em estudos microbiológicos a decorrer no laboratório, levados a cabo pelo GREFA e outras entidades que colaboram no *Projecto Bioprotect* (Figura 3). Este projeto tem como objetivo encontrar alternativas ao uso de antibióticos preventivos em explorações avícolas, centrando-se na procura de bactérias probióticas em fauna selvagem capazes de competir com as bactérias patogénicas mais frequentes em avicultura.

No departamento de Necropsias a autora pontualmente assistiu e efetuou necropsias tanto de aves, como mamíferos e répteis, contactando com as distintas anatomias de cada espécie, realizando o respetivo relatório e colheita de amostras de variados órgãos e conservação de tecidos para anatomia patológica.

Durante o estágio, teve ainda a oportunidade de fazer uma visita guiada a todos os departamentos do Centro, desde as instalações que alojam animais irrecuperáveis, destinados à educação da população, ao departamento de crias órfãs, departamento de reabilitação para onde seguem os animais quando têm alta hospitalar, projeto de reprodução do cágado-europeu

(*Emys orbicularis*), uma espécie ameaçada, entre outros programas correntes desenvolvidos por uma equipa multidisciplinar com vasta experiência, atuando em conjunto em prol da conservação da fauna selvagem autóctone. A autora participou ainda no departamento de reprodução em cativeiro e em libertações, devolvendo os animais ao seu habitat natural.

Durante este período a autora pôde assistir a uma série de seminários sobre diversos assuntos de medicina de animais silvestres lecionados pelos médicos-veterinários e biólogos do GREFA, tendo como público-alvo os seus voluntários.

No decorrer do estágio a aluna contribuiu também para a realização de um estudo denominado "*Prevalencia y características de hemoparásitos en aves rapaces nocturnas en un centro de recuperación de fauna salvaje*" vencedor de prémio no *XIV Congreso Nacional de Investigación para Estudiantes Pregraduados de Ciencias de la Salud*, na Universidad Complutense de Madrid, e que esperamos poder publicar em breve.



Figura 3 - Participação em estudo microbiológico utilizando ovos de galinhas de granja.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aves de Rapina

Mais do que qualquer outro grupo de aves, as Aves de rapina sempre fascinaram o ser humano desde a Idade Antiga às civilizações modernas, transmitindo-lhes ideais de poder, vitalidade, sacralidade e nobreza. Embora continuem a ser consideradas criaturas singulares e as mais majestosas de entre as aves, muitas espécies de aves de rapina sofreram e continuam a sofrer a perseguição humana. As aves de rapina constituem o principal predador aviário de topo da cadeia trófica, presente em praticamente todos os ecossistemas, desempenhando um papel fundamental na estruturação das comunidades biológicas e no controlo das populações de presas. Inerente a estes fatores, são bastante suscetíveis a alterações ambientais, tratando-se das principais espécies que mais têm sofrido com o impacto da ação humana na modificação dos habitats naturais (Sarasola *et al.*, 2018).

O termo “rapina” deriva do latim “rapīna” que significa extorsão, vigilância ou roubo violento (Priberam, 2020). Inicialmente, as aves de rapina estavam agrupadas principalmente de acordo com a sua preferência dietética, por possuírem bicos fortes e garras afiadas, uma acuidade visual extraordinária e um poderoso voo. Sabe-se hoje em dia que estas aves possuem origens evolucionárias distintas, organizando-se em três ordens: Falconiformes (falcões, caracaras); Accipitriformes (águias, milhafres, abutres...) e Strigiformes (corujas e mochos) (Jarvis *et al.*, 2014). Os Falconiformes são também filogeneticamente relacionados com os Passeriformes (pássaros) e Psittaciformes (papagaios), para além da ordem Accipitriformes (Mitkus *et al.*, 2018; Negro & Galván, 2018).

Apesar de serem essencialmente predadores ou necrófagos, as aves de rapina apresentam inúmeras variações entre si e adaptações morfológicas devido às características das suas presas e habitats. No que toca à dieta existem aquelas que se alimentam quase exclusivamente de aves como os falcões e gaviões; outras, como a águia-cobreira (*Circaetus gallicus*), alimentam-se de répteis; outras ainda, como o quebra-ossos (*Gypaetus barbatus*), que se alimenta de ossos de ungulados quebrados que lançam do alto de escarpas. Em relação ao tamanho, existem espécies a pesar mais de 10kg com uma envergadura de asas superior a 3m, como o abutre-preto (*Aegypius monachus*), contrastando com outras, de pesos entre 40-50g como o mocho-d’orelhas (*Otus scops*) e uma envergadura média de asas de 50cm (Svensson *et al.*, 2017; Negro & Galván, 2018). Em suma, são aves que exploram um amplo espectro de recursos alimentícios (mamíferos, aves, insetos, répteis, peixes, ossos) conseguidos por diferentes métodos de alimentação (vigia, perseguição, oportunismo, necrofagia, etc.) consumindo-os diretamente, através de manipulação ou até mesmo utilizando ferramentas, ação característica do abutre-do-Egipto (*Neophron percnopterus*) (Martínez & Calvo, 2006).

Observam-se diversas estratégias de migração. Algumas das espécies residentes num determinado território tendem a não se afastar do local onde nasceram, enquanto outras realizam longas viagens de milhares de quilómetros, as denominadas aves migratórias. As migrações podem ocorrer no mesmo país ou entre continentes e são resultado da influência das estações do ano no ciclo de vida das aves. Na Península Ibérica ocorrem 34 diferentes espécies de aves de rapina, das quais dez se consideram estivais nidificantes, outras são exclusivamente residentes (16) ou invernantes (duas). Poucas espécies possuem indivíduos residentes e indivíduos invernantes em simultâneo (três) e as restantes são de espécies acidentais ou migradores de passagem no território peninsular (ICNF, 2005; ICNF, 2016; Svensson *et al.*, 2017; BirdLife International, 2020a; BirdLife International, 2020b).

3.1.1. Caracterização e ecologia das espécies da Europa

A ordem Accipitriformes inclui 36 espécies pertencentes a três famílias diferentes. Sendo apenas aves diurnas, de dimensão e morfologia variáveis, possuem bicos em forma de gancho e garras fortes. Com exceção dos abutres, apresentam hábitos carnívoros em que a maioria das espécies persegue e caça as suas presas. A família *Accipitridae* compreende os búbios, gaviões, milhafres, águias, tartaranhões e abutres, representando a família mais numerosa com 34 espécies, que se caracterizam pelas suas asas largas, e presença de compridas penas primárias que se assemelham a “dedos”, adequadas a voos planadores circulares. As famílias *Sagittariidae* e *Pandionidae* possuem apenas uma espécie cada: a Ave-secretária (*Sagittarius serpentarius*) que se distribui somente pelo continente africano (Kemp *et al.*, 2020) e a águia-pesqueira (*Pandion haliaetus*), respetivamente. Esta última detém garras muito fortes com as quais apanha agilmente o peixe, após pairar sobre a água (Svensson *et al.*, 2017).

De porte médio e asas largas, os búbios planam em círculos a grandes altitudes em correntes térmicas e são também avistados normalmente pousados imóveis procurando presas, geralmente pequenos roedores, mas também insetos, vermes e pequenos répteis. Os açores e gaviões apresentam pequena a média dimensão, cauda comprida e asas largas com pontas arredondadas que lhes permitem virar rapidamente e deste modo efetuar caçadas em florestas densas. Por serem bastante velozes, observam as suas presas desde uma elevada altura atacando de surpresa ou através de rápidas perseguições aéreas através de estratégias de emboscada, capturando-as no solo ou no ar. Estas presas são sobretudo aves, mas também pequenos mamíferos. Os milhafres, de pequeno a médio porte, possuem asas e caudas compridas e são especialistas em voo planado em círculos ou deslizando, lentamente e a baixa altitude. Possuem hábitos alimentares muitas vezes necrófagos, alimentando-se de pequenos animais, mortos naturalmente ou atropelados, recorrendo também a lixeiras. São rapinas oportunistas, podendo roubar o alimento a outras aves de rapina ou corvídeos. Os tartaranhões apresentam médio porte, asas e caudas compridas, sendo avistados muitas vezes planando com

as asas ligeiramente levantadas. As bases da sua alimentação são pequenas aves, roedores, insetos e répteis. No grupo das águias estão incluídos vários géneros e, portanto, espécies de dimensões diferentes e algumas não aparentadas. Envergam asas largas e fortes, garras afiadas e bicos possantes. Existem seis espécies de abutres descritas na Europa. A sua maioria possui uma dimensão muito grande e asas largas com músculos fracos comparativamente ao seu peso, dependendo por isso das correntes térmicas. São aves necrófagas observadas muitas vezes em bando voando em círculos em busca de carniça ou restos de presa. Como resultado dos seus hábitos alimentares, estas aves possuem bicos fortes e garras pequenas, já que não são caçadoras (Svensson *et al.*, 2017).

As Falconiformes incluem unicamente a família *Falconidae* (Kemp *et al.*, 2020) que engloba 12 espécies de exímios voadores, possuem asas pontiagudas e estreitas que lhes conferem velocidade, são capazes de caçar em voo e executar longos voos picados. São rapinas de pequena e média dimensão, com fortes membros pélvicos e poderosas garras curvas e afiadas (Martínez & Calvo, 2006; Svensson *et al.*, 2017).

As aves pertencentes à ordem Strigiformes têm todas elas hábitos sobretudo crepusculares e noturnos e distribuem-se pelas famílias *Tytonidae* e *Strigidae* (Kemp *et al.*, 2020), estando representadas por 18 espécies. Possuem uma cabeça grande com um padrão facial em forma de “disco”, olhos posicionados frontalmente e, algumas apresentam ainda pequenas “orelhas”. Dispõem de excelentes capacidades auditivas e visuais que as auxiliam durante o ataque, geralmente de surpresa, que utilizam para caçar as suas presas, tanto a partir de um pouso como em voo. A sua plumagem macia e densa permite-lhes voar de forma silenciosa e, para além disso, apresentam cores semelhantes às do ambiente onde vivem, o que lhes confere bastante camuflagem (Svensson *et al.*, 2017).

A época reprodutiva das aves de rapina acontece uma vez por ano, durante a primavera e verão, e o acasalamento envolve um período de cortejo sexual por parte do macho que realiza exibições acrobáticas, muitas vezes acompanhadas de vocalizações (exceto os abutres), e ainda a alimentação da fêmea de forma a atrair uma companheira ou assegurar aquela com quem já se encontra emparelhado (Tapia & Zuberogoitia, 2018).

O polimorfismo é bastante comum, manifestando-se nos diferentes tipos de plumagem e em variações devidas a fatores como a idade, principalmente, e o sexo. O raio de distribuição de uma espécie é diretamente proporcional ao seu grau de polimorfismo. Geralmente, as aves de rapina apresentam um dimorfismo sexual pouco marcado, ou seja, não exibem diferentes características morfológicas evidentes entre machos e fêmeas de uma espécie, com exceção de algumas espécies. Poderá estar presente na plumagem, onde os machos apresentam cores e padrões mais chamativos que as fêmeas, e no tamanho. No que diz respeito ao tamanho, na natureza os machos são normalmente maiores que as fêmeas. Porém esta relação está invertida

no caso das rapinas, fenómeno designado de dimorfismo sexual inverso (*reversed size dimorphism*). Existem algumas espécies em que a dimensão e peso da fêmea são apreciavelmente maiores que do macho (Martínez & Calvo, 2006).

Tal como a maioria das espécies de aves, também as aves de rapina são consideradas monogâmicas. Contudo estão descritas variações. Algumas espécies agrupam-se em trios ou quartetos, como sucede com o quebra-ossos (*Gypaetus barbatus*). Cada espécie possui a sua preferência no que toca à altitude, posição, acessibilidade, visibilidade e abrigo do local do ninho. O habitat envolvente onde este se situa constitui um recurso importantíssimo pois terá de garantir proteção e alimento para a longa época reprodutiva (Sarasola *et al.*, 2018). De uma forma geral, podem distinguir-se três tipos de ambientes de nidificação elegidos pelas aves de rapina: os ambientes rochosos, as áreas florestais, e as estepes ou estepes cerealíferas. As montanhas rochosas de grande altitude constituem, por exemplo, o habitat de preferência do grifo (*Gyps fulvus*) e da águia-real (*Aquila chrysaetus*). A águia-de-Bonelli (*Aquila fasciata*), o bufo-real (*Bubo bubo*) e o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*) ocupam escarpas e outros afloramentos rochosos de menor altitude, enquanto que a coruja-do-mato (*Strix aluco*) é principalmente florestal e nidifica em cavidades nas árvores, estando, por conseguinte, sujeitos a uma maior pressão humana. O açor (*Accipiter gentilis*) prefere floretas ou bosques com áreas de descampado e nidifica em altas árvores coníferas, tal como a águia-calçada (*Aquila pennata*) e a águia-d'asa-redonda (*Buteo buteo*). O mocho-d'orelhas (*Otus scops*) tem um maior espectro de distribuição que inclui árvores de jardins de povoações. Nas zonas estepárias podemos encontrar espécies como o peneireiro-das-torres (*Falco naumanni*), o tartaranhão-caçador (*Circus pygargus*), a coruja-das-torres (*Tyto alba*) e o mocho-galego (*Athene noctua*). Estas últimas duas espécies possuem uma distribuição bastante ampla podendo estar presentes em ambientes pouco humanizados ou ambientes urbanos (Martínez & Calvo, 2006).

A família *Accipitridae* normalmente constrói o próprio ninho com lã de ungulados, ramos e até plástico e lixo. A maioria da família *Falconidae* simplesmente cava um pequeno buraco na areia ou numa árvore, ou aproveita ninhos de outras espécies. Ambos os progenitores cuidam obrigatoriamente da cria. A maioria do tempo de incubação e alimentação é executado pela fêmea, ao passo que os machos fornecem praticamente todo o alimento para a família. A viabilidade reprodutora está dependente deste comportamento do macho durante o cortejo, na medida em que a disponibilidade de alimento influencia a postura de ovos pela fêmea pois a aquisição de uma suficiente condição corporal antes de se reproduzir é fundamental; uma fêmea mal nutrida não realiza a postura, enquanto uma fêmea bem nutrida porá provavelmente um maior número de ovos (Martínez & Calvo, 2006; Tapia & Zuberogitia, 2018).

Apenas as grandes águias e abutres adultos estão relativamente livres de qualquer predação; as restantes aves de rapina, desde os ovos e crias aos adultos, sofrem predação principalmente

pelas grandes “corujas”, corvídeos e carnívoros, em particular martas, ginetas ou felídeos devido à sua capacidade de escalada (Tapia & Zuberogoitia, 2018).

3.1.2. Estatutos de conservação e legislação vigente

Nas perspetivas global e europeia, quatro espécies de aves de rapina estão inseridas nas classificações de “ameaçada” e “quase ameaçada” da Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas do IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*). O abutre-do-Egipto (*Neophron percnopterus*) lidera este conjunto estando categorizado como “Em Perigo” (EN – Endangered) pelo declínio muito rápido que demonstra nas últimas gerações, e que resulta do envenenamento por diclofenac, e pelo grave declínio a longo-prazo observado na Eurásia e África (BirdLife International, 2015a; BirdLife International, 2019a). Segue-se a águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) com estatuto “Vulnerável” (VU – Vulnerable) uma vez que a espécie tem uma população muito reduzida e está dependente de medidas de conservação contínuas e intensivas, em resultado das quais vem apresentando um aumento constante (BirdLife International, 2019b). O quebra-ossos (*Gypaetus barbatus*) assume estatuto “Vulnerável” (VU – Vulnerable) na Europa devido à sua população diminuída e em declínio não só neste continente como em termos mundiais (BirdLife International, 2015b). Incluídos na categoria “Quase Ameaçado” (NT – Near Threatened), estão o milhafre-real (*Milvus milvus*) que enfrenta um rápido decréscimo populacional e o abutre-preto (*Aegypius monachus*) que vê a sua reduzida população asiática atravessar um decréscimo constante apesar do panorama europeu ser de “Pouco preocupante” (LC – Least Concern) já que possui uma ampla distribuição e a tendência populacional parece estar a aumentar (BirdLife International, 2015c; BirdLife International, 2018; BirdLife International, 2019c).

No Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal, os resultados da avaliação dos diferentes grupos de aves destacam as aves de presa com uma grande percentagem de espécies ameaçadas e quase ameaçadas; atualmente apresentam elevada vulnerabilidade à extinção. De acordo com as fichas de caracterização das aves que ocorrem em Portugal, nesta obra estão contabilizadas num total de 21 espécies inseridas nas categorias de “ameaçado” e “quase ameaçado”. O quebra-ossos (*Gypaetus barbatus*) é a única considerada regionalmente extinta. Classificadas como “ criticamente em Perigo” (CR – Critically Endangered) estão a águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*), o abutre-preto (*Aegypius monachus*), e as populações residentes de milhafre-real (*Milvus milvus*), do tartaranhão-cinzento (*Circus cyaneus*) e da águia-pesqueira (*Pandion haliaetus*), fundamentados por populações muito/extremamente reduzidas, com evidências de declínio continuado no número de indivíduos nas suas áreas de distribuição. A categoria “Em Perigo” (EN – Endangered) inclui o abutre-do-Egipto (*Neophron percnopterus*), a águia-real (*Aquila chrysaetus*), a águia-de-Bonelli (*Aquila fasciata*), o tartaranhão-caçador (*Circus pygargus*), a população invernante da águia-pesqueira (*Pandion haliaetus*) e a coruja-do-nabal (*Asio flammeus*). A lista torna-se extensa na classificação “Vulnerável” (VU –

Vulnerable) abrangendo o bútio-vespeiro (*Pernis apivorus*), o peneireiro-das-torres (*Falco naumanni*), o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*), o esmerilhão (*Falco columbarius*), a ógea (*Falco subbuteo*), o tartaranhão-ruivo-dos-pauis (*Circus aeruginosus*), o açor (*Accipiter gentilis*), e as populações invernantes do milhafre-real (*Milvus milvus*) e do tartaranhão-cinzento (*Circus cyaneus*). Por último, o peneireiro-cinzento (*Elanus caeruleus*), o grifo (*Gyps fulvus*), a águia-cobreira (*Circaetus gallicus*), a águia-calçada (*Aquila pennata*) e o bufo-real (*Bufo bufo*) assumem o estatuto “Quase Ameaçado” (NT – Near Threatened). Para as noturnas mocho d’orelhas (*Otus scops*) e bufo-pequeno (*Asio otus*) a informação disponível é insuficiente para avaliar o risco de extinção. As restantes espécies não mencionadas pertencem à categoria inicial de “Pouco preocupante” (LC – Least concern) (Almeida *et al.*, 2008; Cabral *et al.*, 2008). Em Espanha, o panorama geral é idêntico ao português.

As espécies aqui apresentadas como ameaçadas ou quase ameaçadas estão protegidas por estatuto legal, por legislação nacional, comunitária e internacional, tanto no que se refere às suas populações como aos habitats de ocorrência. A Diretiva nº 92/43/CEE estabelece uma rede ecológica europeia de zonas especiais de conservação (Rede Natura 2000), relativa à conservação das aves selvagens através da diretiva Aves e diretiva Habitats para a conservação dos habitats naturais, constituindo em 1979 a primeira ação da União Europeia para a conservação do património natural. Estas diretivas enquadram-se na regulamentação nacional através do Decreto-Lei n.º 140/99, que se aplica a todas as espécies de aves que ocorrem em estado selvagem, incluindo os seus ovos e ninhos, as quais é estritamente proibido capturar, abater, perturbar ou destruir as áreas destas espécies. Está ainda proibida a detenção, compra/venda ou exposição para fins comerciais destes espécimes. As aves de rapina estão aqui listadas como espécies de interesse comunitário e algumas delas (25) com a indicação de espécie prioritária. Estão enumeradas a águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) e o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*) no Anexo I de espécies em perigo de extinção enquanto as restantes se encontram no Anexo II da Convenção de Washington ou Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies da Fauna e da Flora Selvagem Ameaçadas de Extinção (CITES), acordo internacional que supervisiona o comércio de animais e plantas. Na Convenção de Berna ou Convenção sobre a Vida Selvagem e os Habitats Naturais na Europa publicada em Portugal pelo Decreto nº 95/81 de 23 de julho, os Falconiformes e Strigiformes constituem espécies da fauna estritamente protegidas, inseridas no Anexo II da convenção. A necessidade internacional de conservação das espécies animais migradoras deu origem à elaboração da Convenção de Bona ou Convenção sobre a Conservação de Espécies Migradoras da Fauna Selvagem em 1983, ratificada em Portugal através do Decreto nº 103/80 de 11 de Outubro, onde se incluem os falconiformes e accipitriformes (ICNF, 2020a).

Estas aves contam com populações reduzidas devido à sua sensibilidade ecológica derivado do facto de ocuparem a posição de topo da cadeia trófica, e por isso, geralmente estão ameaçadas.

Contudo, situações como a perda de habitat pela exploração dos recursos naturais e expansão das áreas agrícolas e urbanas, caça furtiva, espólio de ovos e crias e contaminação por biocidas e venenos são causas determinantes que explicam estatutos gravemente ameaçados por todo o mundo que comprometem a conservação destas espécies (Martínez & Calvo, 2006; Sarasola *et al.*, 2018).

3.1.3. Principais ameaças e medidas de conservação

Os principais fatores de ameaça das aves são, no geral, a perda e degradação de habitat, resultado da gestão de áreas não agrícolas, das práticas agrícolas como a intensificação da agricultura e também fruto da construção de infraestruturas, como as autoestradas, barragens e parque eólicos, que contribuem de forma direta para a degradação de habitats de nidificação e/ou alimentação. Além do mais, a perturbação humana é um fator gerador de um impacto negativo importante sobre as aves, responsável pela mortalidade significativa de muitas espécies, nomeadamente como resultado da caça e abate ilegal, colisão ou captura acidental. Noutros casos, como o do tartaranhão-caçador (*Circus pygargus*) – espécie terrestre que nidifica no solo – sofre predação de ovos e crias por corvídeos e ratazanas, ou no caso do falcão-das-torres (*Falco naumanni*) – que nidifica em construções – vê ameaçado o seu sucesso reprodutor pela competição pelos locais de nidificação com a gralha-de-nuca-cinzenta e o pombo, e pela predação por ratazanas. Estas duas rapinas são exemplo da alteração dinâmica que existe entre outras espécies autóctones e que apresenta repercussões desfavoráveis à sua conservação (Cabral *et al.*, 2008).

Relativamente às aves de presa, o envenenamento e o abate a tiro são ameaças com uma incidência significativa, transversais a todas as espécies na Península Ibérica, seja pelos seus métodos de caça (muitas apresentam voo baixo e lento) ou hábitos alimentares (principalmente as necrófagas, incluindo as ocasionais). O uso de raticidas no controlo de pragas agrícolas e florestais afeta negativamente as espécies que se alimentam dos roedores contaminados. Também o uso de iscos envenenados é uma forma frequente de controlo ilegal de predadores de espécies pecuárias ou cinegéticas. O saturnismo (intoxicação por chumbo) é uma ameaça que atinge aves que dependem das zonas húmidas e, em especial, os abutres (Almeida *et al.*, 2008).

No que toca às aves necrófagas, as exigências sanitárias pecuárias impostas, nomeadamente no que respeita à recolha de cadáveres, resultaram numa diminuição considerável da disponibilidade alimentar, pois o abandono das carcaças de gado nas explorações constituía uma importante fonte de alimento. Neste sentido, de igual forma as alterações e diminuições continuadas nos sistemas de agricultura e pecuária extensiva e intensificação agropecuária, bem como a desmatização de extensas áreas de arborizados para construção humana, têm vindo a

restringir os recursos tróficos e a limitar o sucesso de recolonização de espécies em perigo de extinção (Almeida *et al.*, 2008).

As espécies que são predadoras essencialmente ornitófas mostram-se vulneráveis aos pesticidas e metais pesados. Verifica-se também alguma morbilidade e mortalidade devido a tricomoníase e candidíase em aves para quem o pombo é a base da dieta. Outro facto, é a depleção da presa preferencial especialmente das grandes águias, como o coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*) – recentemente reavaliado e que assume agora o estatuto “Em Perigo” (EN - Endangered) pela IUCN –, em consequência da mixomatose e da doença hemorrágica viral associada a uma gestão cinegética incorreta, prejudicando gravemente a sua recuperação (Almeida *et al.*, 2008).

A colisão e eletrocussão em linhas elétricas de média e alta tensão tem representatividade sobretudo nas espécies de médio e grande porte – que as utilizam muitas vezes como pouso e dormitório regular – e são uma das principais causas de mortalidade não natural, que afeta bastante a dispersão de juvenis. Dos poucos indivíduos que sobrevivem, as lesões graves e irreversíveis que prevalecem impossibilitam a sua devolução à natureza. Em Espanha está identificada como a maior causa de mortalidade atual, onde 62% das águias encontradas mortas haviam sido eletrocutadas. Contudo trata-se de uma causa de morte subestimada e difícil de aferir, uma vez que muitas são posteriormente predadas por outros animais silvestres, como raposas, abutres ou milhafres. As aves mais afetadas são a águia-de-Bonelli (*Aquila fasciata*) e a águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) (Almeida *et al.*, 2008). Em Portugal, de igual forma, a eletrocussão é considerada uma ameaça subvalorizada, pois estima-se que muitos casos não sejam detetados, e que pode ter elevado impacto para a águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) (LPN, 2015a).

A perturbação direta ou indireta provocada por atividades agrosilvícolas, cinegéticas, por estradas, trânsito de veículos e pessoas (também por atividades turísticas, como observação de aves e fotografia) em locais mais remotos, principalmente em zonas de nidificação e durante os períodos mais sensíveis, ocasionam uma redução da eficiência reprodutiva ou poderão motivar o abandono dos locais de nidificação. A morte por colisão com automóveis é maioritariamente registada em rapinas noturnas. A perseguição direta e intencional através de abate a tiro, destruição de ninhos e espólio de crias é ainda uma realidade preocupante na Península Ibérica (Almeida *et al.*, 2008).

A conversão para vastas áreas de eucaliptal, seja devido ao corte ou incêndios florestais que destroem milhares de hectares de árvores autóctones, são um fator de grande importância no Centro e Norte de Portugal, e traduz-se na perda de habitat florestal para efeitos de nidificação, ao mesmo tempo que tendem a favorecer a fragmentação das populações e restringem o habitat

de caça. Em geral, os eucaliptos não providenciam as condições adequadas para o suporte de ninhos de grandes dimensões (Almeida *et al.*, 2008).

Os principais fatores de ameaça aqui identificados estão, de uma forma geral, relacionados com a destruição, degradação e fragmentação dos habitats naturais, resultantes de ações do Homem.

Apesar de apresentarem estatuto legal de proteção, concluiu-se que para a maioria das espécies este estatuto é insuficiente, havendo a necessidade de implementar estratégias de recuperação das populações e medidas de intervenção com vista à proteção dos habitats de forma a reverter a sua situação desfavorável e assegurar a sua conservação. Estão identificadas também algumas lacunas na legislação, em particular quanto à regulamentação do uso de chumbo nas munições de caça, devido à elevada expressão de saturnismo. Sendo as aves de rapina as espécies tradicionalmente perseguidas, as ações de educação junto das populações constituem instrumentos importantes de sensibilização. Apontada como fundamental, é a medida que visa a monitorização das populações e seguimentos das suas tendências, dando a conhecer a sua biologia e ecologia, e os fatores de ameaça que sobre elas incidem (Cabral *et al.*, 2008).

As ações de conservação implementadas individualmente são dirigidas às ameaças que são consideradas exequíveis e que, de certa forma, podem atenuar os efeitos nefastos gerais sobre a fauna, estabelecendo determinadas medidas a diferentes níveis que vão desde a redução de fatores de perturbação do sucesso reprodutor a medidas de colaboração na gestão de habitat (cinegética e florestal). Mais especificamente, as ações passam pela conservação do habitat de modo a alcançar a recolonização das espécies; melhorar o habitat de nidificação que inclui em casos específicos o reforço de ninhos já construídos pelas aves ou a construção de ninhos artificiais, auxiliando a manutenção dos casais ou favorecendo a instalação de novos casais; gestão das principais presas das aves de rapina, principalmente aquelas que estão em declínio e constituem um fator limitante para as populações; reduzir a mortalidade por causa não natural, designadamente por abate a tiro e envenenamento, por eletrocussão em linhas elétricas estabelecendo protocolos com as entidades envolvidas, através dos quais foi possível desenvolver mais estudos de impacto sobre a avifauna e proceder à correção de mais de 110 quilómetros de linhas elétricas (Alcazar *et al.*, 2018), testar novas tipologias estruturais, instalar equipamentos anticollisão e monitorizar a eficácia das medidas corretivas implementadas até ao momento; agir contra o uso ilegal de venenos, detetando maior número de atividades ilegais; proceder ao seguimento de aves através de transmissores rádio e satélite; e, por fim, colaboração na gestão de habitat (cinegética e florestal), mantendo o contacto com proprietários e gestores de caça de modo a reduzir a perturbação das aves, especialmente durante o período crítico de reprodução, e ao mesmo tempo sensibilizar setores cinegético, florestal e agropecuário, operadores turísticos e o público em geral (LPN, 2015b; ICNF, 2020b).

Em Portugal e Espanha decorrem diversos programas que salvaguardam a proteção legal e promovem a conservação das espécies. O programa LIFE é cofinanciado pela União Europeia e apoia projetos de conservação ambiental e da natureza, dispondo de vários no que toca à conservação de aves de rapina no país, sendo eles: Life Estepárias, Life Rupis, Life Imperial e Life Lines. Em Espanha decorrem o LIFE Bonelli e AQUILA a-LIFE, e colaboram com o LIFE ConRAsi, de Itália. O Programa Antídoto resulta de uma coordenação ibérica para o combate ao uso ilegal de venenos, por exemplo desde herbicidas, rodenticidas, a envenenamento acidental por acumulação de metais pesados (como o chumbo, utilizado na caça), que afetam a fauna em larga escala.

3.2. Oftalmologia: importância na medicina da conservação

O objetivo primordial da medicina da conservação consiste na busca da saúde ecológica, ou seja, da saúde dos ecossistemas e seus habitantes, em conjunto com a biologia da conservação (Else & Pokras, 2002; Tabor, 2002). Ao ser reconhecida como componente de conservação da biodiversidade, preocupa-se com os efeitos da doença em espécies raras ou ameaçadas e no funcionamento dos ecossistemas, bem como o impacto que alterações na diversidade das espécies poderão ter na manutenção e transmissão de uma enfermidade; vários estudos demonstram que conservando a biodiversidade é possível diluir a transmissão de determinado agente patogénico (Aguirre *et al.*, 2004).

Os esforços de conservação da vida selvagem confrontam-se cada vez mais com o declínio, a sobrelotação ou a fragmentação das populações, a contaminação ambiental e a introdução de novas espécies concorrentes ou patogénicas. Assim sendo, a integração da medicina veterinária é uma peça fundamental numa abordagem multidisciplinar que promove a saúde ecológica, na sociedade e natureza, alcançada pela tríade entre a saúde humana, animal e ambiental em projetos de conservação bem-sucedidos. O médico-veterinário pode contribuir na avaliação e monitorização da saúde das populações selvagens, além da prestação de serviços clínicos e patológicos. A monitorização da saúde das populações de animais selvagens ao longo do tempo poderá ser útil na implementação ou modificação de estratégias, obtenção de dados sobre a viabilidade populacional e presença de zoonoses, deteção precoce de problemas de saúde potencialmente graves, participar na adequação das populações de animais selvagens para translocação, repovoamento, e criação de programas de ecologia. (Cook & Karesh, 1995; Daszak *et al.*, 2004).

Desde há vários séculos que as aves de rapina despertam a curiosidade do ser humano, científica e culturalmente. A sua capacidade de viver em quase todo o tipo de meio ambiente é impressionante, desde o ártico aos desertos mais secos. Representam, por isso, indicadores extremamente sensíveis da riqueza do nosso planeta, mas também da sua fragilidade. A poluição, a fragmentação dos ecossistemas, os danos diretos e a negligência humana são as

principais ameaças que alteram o mundo natural e continuam a afetar a fauna selvagem. O estudo e compreensão da saúde das aves de rapina podem ajudar a detetar e reverter algumas destas tendências (Cooper, 2002; Lovette, I. J., & Fitzpatrick, 2016).

No que diz respeito à visão, esta assume vital importância. Este grupo de animais atingiu elevados níveis de especialização, desenvolvendo características muito particulares pelo facto de serem predadores de topo da cadeia trófica. Esta incrível visão é necessária para informar o cérebro da localização exata de determinada presa, ameaça ou objeto, para além de ter influência direta no voo e reprodução, em suma de subsistência indiscutível. O grande tamanho do olho (subestimado por estar bastante envolto pelo crânio) confere-lhe também uma maior imagem na retina e conseqüentemente um poder de resolução maior e uma maior perceção de detalhe, especialmente em relação à acuidade visual das aves de rapina diurnas. No caso específico das aves de rapina noturnas, a sua visão é bastante precisa e altamente adaptada a condições de pouca ou ausência de luz, apresentando uma elevada sensibilidade à luminosidade. Desenvolveram um conjunto de características anatómicas e fisiológicas que lhes permitem captar a máxima quantidade de luz possível (Cooper, 2002).

Um sistema visual tão eficiente proporcionou a estas aves uma grande vantagem evolutiva em relação a outras, mas também as torna mais fragilizadas perante simples alterações (Piñeiro & Bert, 2011). Assim, quando a visão está comprometida o reflexo na saúde e bem-estar da ave é significativo, sendo um fator importante a considerar quando se pondera a devolução à natureza, a eutanásia ou, dependendo da espécie, a introdução em programas de criação em cativeiro; ainda assim, são questões difíceis e controversas (Cooper, 2002). No início do século XX surgiram os primeiros estudos relativos à anatomofisiologia visual das aves que, sendo básicos devido à falta de possibilidades e parca qualidade tecnológica, são as bases que possibilitaram o desenvolvimento da oftalmologia atual. Apenas nos últimos anos se começou a revelar de grande interesse e importância o conceito da conservação de aves de vida livre e em cativeiro, tanto que começou a considerar-se a oftalmologia aviária como uma especialidade de grande relevância em medicina veterinária (Piñeiro & Bert, 2011). A oftalmologia tornou-se portanto uma área significativa na medicina da fauna silvestre: estudos indicam que no que respeita a doenças oculares, a sua prevalência é mais elevada em aves de rapina do que em qualquer outro grupo de aves (Bayón *et al.*, 2007 referido por Korbel, 2002).

É necessário proceder a uma precisa avaliação (exame oftalmológico e processo de reabilitação) do sistema visual a fim de determinar quais os pacientes com danos oculares que estão aptos a serem libertados, considerando o elevado grau de acuidade visual necessário para a sua sobrevivência em natureza. Para além disso, também existem diferenças entre as espécies de aves de rapinas no que toca às características e o uso da visão na predação, nicho ecológico e o uso de outros sentidos, que influenciam o impacto de uma falha visual. É importante ter em consideração a localização e tamanho da lesão: se situadas no segmento posterior, lesões

centrais possuem mais impacto na visão do que lesões periféricas, principalmente se envolve a fóvea (área na retina de elevada acuidade visual). A cronicidade de uma lesão deve também ser considerada e, a monitorização das mesmas é fundamental de forma a avaliar a sua progressão e repercussão. A forma de caçar de cada espécie influencia a necessidade de visão binocular; as aves de rapinas diurnas estão mais dependentes da visão binocular do que as noturnas. Estas, para além da visão servem-se da audição que desempenha um importantíssimo papel na caça, sendo que nestas espécies a perda unilateral da visão comporta um impacto menor do que nas espécies diurnas e por isso possuem maior probabilidade de serem libertadas nestas condições. Frequentemente, devido à sua estreita proximidade anatómica do ouvido e olho, a contusão poderá também provocar traumatismo auditivo concomitante, traduzindo-se numa redução auditiva e parca localização acústica, conjugação esta que poderá determinar se a ave é libertada ou sujeita a eutanásia humanitária quando o animal se torna irrecuperável e impossibilitado de sobreviver em vida livre (Pauli *et al.*, 2007a).

3.3. Anatomia ocular e particularidades em Aves de Rapina

3.3.1. A visão das aves

Apesar de partilharem de algumas semelhanças na morfologia e fisiologia ocular com os mamíferos, as aves apresentam algumas particularidades que devem ser consideradas a fim de garantir um correto exame oftalmológico. Portanto, tal como acontece com os outros vertebrados, o olho da ave fornece uma via pela qual a luz é captada e focada pelas células fotorreceptoras na retina. A energia luminosa é convertida em impulsos elétricos que serão conduzidos através de uma rede de neurónios, que convergem no nervo ótico, transportando a informação e processando-a no cérebro.

As aves possuem uma das melhores capacidades visuais de todo o reino animal, altamente especializada e ajustada às condições em que vivem. Geralmente apresentam olhos muito grandes para permitir visões amplas e imagens nítidas, em que aproximadamente 50% ou mais do volume do crânio é ocupado pelos olhos, enquanto que no humano esse volume é inferior a 5% (Jones *et al.*, 2007; Lovette, I. J., & Fitzpatrick, 2016). Aves de rapina, tanto diurnas como noturnas, apresentam olhos de ainda maior tamanho que o das outras aves, particularmente as espécies predadoras em comparação com as necrófagas (Mitkus *et al.*, 2018). As características visuais das aves excedem bastante as dos mamíferos, possuindo uma acuidade visual (habilidade para discernir detalhes nitidamente) 2 a 8 vezes maior, capacidade de deteção de movimentos 10 a 15 vezes superior, bem como campos visuais totais próximos de 360°, amplitudes de estereopsia (visão binocular) até 70 graus e apetência para detetar movimentos produzidos de forma morosa. Muitas aves possuem apenas uma estreita zona cega atrás e acima da cabeça, enquanto noutras é bastante abrangente. A configuração do campo visual pode diferir

mesmo entre espécies congêneres, a qual pode ser explicada funcionalmente pela procura de alimento (predadores e necrófagos) e pelo tipo de presa que capturam. Tal como sucede com o necrófago oportunista milhafre-preto (*Milvus migrans*) que possui um grande campo visual que lhe permite aumentar as possibilidades de detectar carcaças de animais, em comparação com a predadora águia-de-Harris (*Parabuteo unicinctus*). Por outro lado, a largura máxima do campo binocular é maior em aves, como a águia-de-Harris, cujas presas requerem voos rápidos, e menor noutras como acontece com a águia-cobreira (*Circaetus gallicus*) que caça principalmente répteis no solo, e ainda como os abutres. Outra aptidão que desempenha um papel importante na camuflagem, orientação e comunicação é a percepção da luz ultravioleta pelas aves diurnas (Bayón, 2016a; Mitkus *et al.*, 2018). Por outro lado, o globo ocular dos mamíferos é esférico conferindo-lhe maior mobilidade na órbita e conseqüentemente maior ângulo de visão sem necessidade de mover a cabeça. Já as aves apresentam dimensões desproporcionais das câmaras anterior e posterior (de maior dimensão) resultando numa menor mobilidade do globo ocular, compensada pela conformação anatómica a nível cervical com uma única face articular na articulação atlantoccipital concedendo-lhes amplo ângulo de rotação do pescoço, em particular nas aves de rapina noturnas. Aves que apresentam um comportamento predatório sobre presas rápidas aparentam ter vastos movimentos oculares (superiores a 10°) onde, por não necessitarem de mover a cabeça, por consequência reduzem a desfocagem retiniana, como no caso dos *Accipiter* sp. e *Buteo* sp. (Mitkus *et al.*, 2018). Dependendo das espécies, também a posição ocular é variável; de acordo com a configuração evolutiva do crânio podem apresentar-se numa posição semilateral ou mais frontal. É o caso das aves predadoras, cujos olhos se localizam na parte anterior do crânio, favorecendo a captura de presas durante o ataque em conjunto com outros elementos sensoriais e motores, como por exemplo o sistema auditivo, o elevado nível de coordenação neuromuscular e plumagem silenciosa em voo (Piñeiro & Bert, 2011).

As aves dispõem de uma capacidade superior à dos humanos para distinguir cores, como a distinção da luz ultravioleta (UV) como cor distinta, gama do espectro eletromagnético que o ser humano é incapaz de discriminar. Estas usam a sua sensibilidade UV para observar objetos, como a cera presente na casca de frutas; luz UV refletida a partir das penas de outras aves ou como o peneireiro-vulgar (*Falco tinnunculus*) que é capaz de localizar trilhos de rato através do reflexo UV da urina e fezes (Lovette, I. J., & Fitzpatrick, 2016).

3.3.2. Órbita

A órbita é formada pelos ossos frontal, prefrontal, esfenóide, etmóide, palatino, ossos quadrados e arco jugal. As zonas dorsal e temporal do globo não estão protegidas por osso e a restante área do mesmo encaixa estreitamente na órbita. Geralmente, o diâmetro equatorial do globo apresenta-se maior que a orla orbital anterior e estão separados por um fino septo interorbital. Na maioria das aves de rapinas, podemos encontrar uma crista ocular (Figura 4) localizada dorsal

e cranial ao olho formada por uma crista supraciliar e penas da região, que protege o olho do brilho intenso resultante da passagem da luz originando um reflexo palpebral, bem como proteção contra o vento, poeiras e detritos. De função semelhante, em algumas espécies observa-se a existência de penas escuras medial e ventral ao olho, como é o caso do falcão-peregrino (*Falco peregrinus*), que lhe permite reduzir o encandeamento (Jones *et al.*, 2007).



Figura 4 - Vista lateral da cabeça de uma águia-real (*Aquila chrysaetus*).
Detalhe da crista ocular e do seu efeito sombra.

3.3.3. Globo ocular

O globo ocular possui grande tamanho relativamente ao corpo, sendo o segmento posterior desproporcionalmente maior que o segmento anterior. As zonas temporal e dorsal não estão protegidas por osso; apenas a porção caudal do globo o está, ajustando-se estreitamente à órbita. No segmento intermédio (região ciliar), os olhos são suportados por 10 a 18 ossículos esclerais formando um anel ossicular e, por cartilagem hialina no segmento posterior da esclera. As órbitas estão separadas por uma fina estrutura óssea ou tecido conjuntivo. O globo ocular pode apresentar três formas básicas diferentes: plana, globosa e tubular. A forma plana, típica da maioria das aves, apresenta um eixo anteroposterior curto, uma zona intermédia (região ciliar) plana ou côncava, córnea convexa e segmento posterior hemisférico. Derivada da necessidade de alta resolução para longas distâncias, a forma globosa está presente nas aves diurnas, como as aves de rapina diurnas, insectívoras e corvos, onde a região ciliar é projetada além do segmento posterior, apesar de permanecer côncava. A terceira forma, tubular, é típica de aves de rapina noturnas, na qual o segmento intermédio côncavo se alonga anteroposteriormente formando um tubo, antes de se unir ao segmento posterior (Bayón, 2016a).

Em comparação com os mamíferos, a mobilidade ocular nas aves é muito reduzida pelo facto de possuírem músculos extraoculares rudimentares (quatro músculos reto, dois oblíquos, um piramidal e um quadrado). Estes músculos são inervados pelo nervo oculomotor e a sua única

função é mover a membrana nictitante e o próprio olho (Bayón, 2016a). O músculo retrator do bulbo está ausente, sendo substituído pelos músculos quadrado e piramidal que atuam sobre a membrana nictitante. Em Strigiformes, o movimento do olho é bastante limitado devido à forma tubular acentuada que se apresenta fixa pelo anel esclerótico alongado. Accipitriformes e Falconiformes exibem uma forma ocular globosa com um anel esclerótico pouco protuberante e músculos extraoculares de maior dimensão que contribuem para uma maior mobilidade ocular (Figura 5). Estas espécies diurnas, durante o voo, mantêm a cabeça orientada para diante a fim de minimizar a resistência aerodinâmica, estando dependentes dos movimentos oculares (Plochocki *et al.*, 2018).

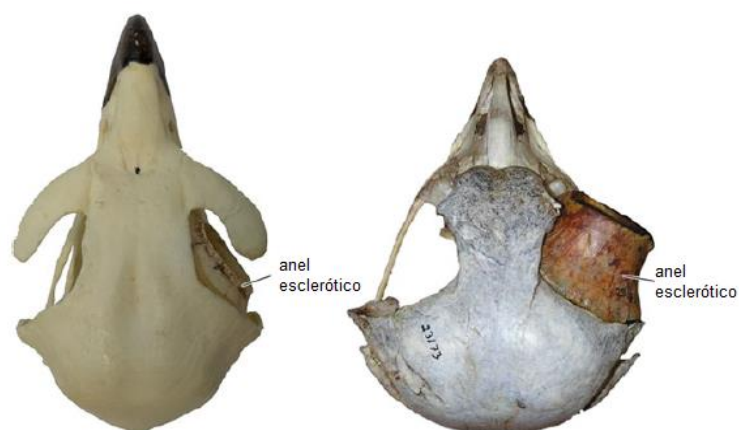


Figura 5 - Vista dorsal do crânio. Morfologia do anel esclerótico em aves de rapina diurnas à esquerda e noturnas à direita (adaptado de Plochocki *et al.*, 2018).

3.3.4. Pálpebras e anexos

As aves possuem pálpebra superior, pálpebra inferior e membrana nictitante. A pálpebra inferior é mais móvel que a superior, o que lhe permite cobrir uma maior parte do olho durante o encerramento da fenda palpebral. Possuem uma placa tarsal que acompanha paralelamente a pálpebra de consistência fibroelástica conferindo às pálpebras alguma rigidez e onde, ao contrário dos mamíferos, não integram glândulas de Meibomius (glândulas sebáceas) no seu bordo palpebral. Perto da margem palpebral estão presentes penas modificadas com funções táctil e de proteção. Após a eclosão, as pálpebras podem apresentar-se bem desenvolvidas e fenda palpebral aberta ou fenda cerrada com desenvolvimento incompleto, respetivamente nas espécies precociais e altriciais (Bayón, 2016a).

A membrana nictitante ou terceira pálpebra é muito móvel e desenvolvida, fina e translúcida (Figura 6). Move-se de posição medial a lateral em aves rapinas diurnas e dorsonasal a ventrotemporal nas noturnas (Calvo & Romairone, 2014) por ação do músculo piramidal que tem origem na zona caudal da esclera. O bordo superior encontra-se fortemente aderido à esclera

subjacente e associado à conjuntiva, enquanto que o bordo livre possui marginalmente uma dobra pigmentada que facilita a distribuição da lágrima sobre a superfície do olho (Bayón, 2016a). Localizada na base da membrana nictitante situa-se a glândula de Harder. Já a glândula lacrimal (ausente em aves de rapina noturnas) situa-se na porção inferotemporal do globo ocular. Ambas produzem fluido lacrimal, apesar de a glândula de Harder ser a sua principal fonte. O extenso canal vai desde a glândula de Harder desembocando no saco conjuntival que se encontra entre o globo ocular e a terceira pálpebra. O tecido linfoide associado à conjuntiva, juntamente com a glândula de Harder, desempenham um papel fundamental na resposta imunológica humoral da superfície ocular (Bayón, 2016a).



Figura 6 - presença do reflexo da terceira pálpebra em resposta a estímulo corneal numa cegonha-branca (*Ciconia ciconia*).

3.3.5. Túnica fibrosa - Córnea e esclera

Histologicamente semelhante em mamíferos, a córnea das aves é também ela avascular e transparente, apesar de consideravelmente mais fina. Termina na zona de transição com a esclera denominada de Limbo (Piñeiro & Bert, 2011). A córnea dos animais é mais fina na sua zona central e mais espessa na periferia, e nas aves não é exceção. Murphy e Dubielzig (1983), estudaram detalhadamente a anatomia ocular da águia-real (*Aquila chrysaetos*) e determinaram que a porção mais espessa se localiza no limbo ($1.2\mu\text{m}$), e a mais fina na córnea central ($0.64\mu\text{m}$), sendo bastante notória a diferença de espessuras entre estas aves e por exemplo, o gato doméstico ($560\mu\text{m}$) (Jones *et al.*, 2007; Martin, 2019; Moore, 2019). A córnea constitui a porção anterior da túnica fibrosa do globo e apresenta 5 camadas: a mais anterior, lâmina basal e epitélio estratificado escamoso; a segunda camada, uma lâmina acelular anteriormente limitante, denominada membrana de Bowman; a terceira camada, o estroma, é responsável por 90% da espessura da córnea; a quarta camada, membrana de Descemet, posteriormente

limitante; e por fim uma única camada de células epiteliares que atua como barreira hidrofóbica e bomba, o endotélio corneal. As formas globosa e tubular, como é o caso das aves de rapina diurnas e noturnas respectivamente, apresentam uma córnea fortemente curva e uma pequena área relativamente ao globo. Assim sendo, as suas funções são de suporte do conteúdo intraocular, refração da luz devido à sua curvatura e transmissão da mesma pela sua transparência (Jones *et al.*, 2007).

A esclera é a componente posterior da túnica fibrosa, a qual nas aves contém cartilagem hialina que se estende até aos ossículos esclerais. A maioria das aves apresenta 14 ou 15 ossículos, localizados anteriormente abaixo ou externamente ao corpo ciliar desde o limbo ao plano equatorial do globo. Os ossículos providenciam proteção e forma ao globo e, ao mesmo tempo são o local de origem de músculos ciliares estriados que participam na acomodação da visão. O humor aquoso é drenado através do ângulo iridocorneal para o canal de Schlemm, o seio venoso escleral (Jones *et al.*, 2007).

3.3.6. Túnica vascular – Íris, corpo ciliar e coróide

A úvea constitui a túnica vascular do olho, sendo que a íris e corpo ciliar fazem parte da úvea anterior e a coróide da úvea posterior. Topograficamente, a íris está dividida numa zona ciliar periférica de fibras espessas e zona pupilar central de fibras mais finas, com o colarete formando a área de junção das duas. O corpo ciliar está dividido anteriormente em *pars plicata* (processos ciliares) e *pars plana* posteriormente. A principal função da coróide é assegurar suporte nutricional à retina, sendo composta por vasos sanguíneos dispostos em várias camadas e pigmento (Pickett, 2019; Abarca, 2019).

A íris é originada a partir da porção anterior do corpo ciliar e estende-se centralmente sobre a lente, formando um diafragma incompleto entre as câmaras anterior e posterior. Da sua organização fazem parte numerosos vasos sanguíneos, fibroblastos, nervos, colagénio, células epiteliares e uma forte componente muscular que regula a quantidade de luz que alcança o segmento posterior do olho através de contração ou dilatação pupilar. As várias cores apresentadas pela íris resultam do tipo de pigmentação e suas quantidades, bem como do grau de vascularização. A sua pigmentação é composta por purinas e pteridinas, em maior extensão, e carotenoides (Jones *et al.*, 2007), notando que em algumas espécies de aves a coloração da íris pode variar consoante a idade e sexo (Figura 7). Contrariamente aos mamíferos, a musculatura presente na íris é maioritariamente estriada existindo apenas uma pequena proporção de músculo liso, o que significa que a contração da pupila é em certa medida voluntária (Bayón, 2016a).

As alterações de tamanho e forma da pupila podem ser muito mais extensas e bastante mais rápidas em aves do que em mamíferos (Jones *et al.*, 2007). Foram identificados cinco componentes musculares no corujão-da-Virgínia (*Bubo virginianus*), três circunferenciais e dois

radiais, os quais controlam o tamanho da pupila. As componentes contrácteis que são as principais constritoras da íris resumem-se num mioepitélio, uma banda anular de músculo liso que assegura a manutenção da miose e uma banda mais larga, principal constritora da íris. A componente contráctil radial facilita a dilatação da íris e é composta por epitélio bem desenvolvido e algumas fibras estriadas dispersas (Oliphant *et al.*, 1983, Oliphant, 1988, Wygnanski-Jaffe *et al.*, 2007, referidos por Jones *et al.*, 2007). O reflexo pupilar consensual está ausente devido à completa decussação das fibras nervosas no quiasma ótico. Contudo, devido à fina espessura do septo interósseo que separa os globos, um forte estímulo luminoso num dos globos poderá desencadear uma constrição pupilar, consequência da estimulação da retina contralateral, mimetizando uma resposta consensual. Um baixo grau de anisocoria fisiológica poderá ser normal secundária à separação das fibras nervosas após o quiasma ótico. Aliás, a dilatação pupilar nas aves é um desafio; a dilatação farmacológica pupilar, com o objetivo de facilitar o exame do fundo de olho, deverá ser alcançada através do uso de um agente bloqueador neuromuscular (ABNM) curariforme aplicado intracamerar (injetado na câmara anterior, com agulha fina 27-30G) ou tópico, apesar de este último frequentemente não produzir uma midríase suficiente e a injeção intracamerar possuir os seus riscos inerentes (Holmberg, 2013). Exemplo de um ABNM é a D-tubocuranina, comumente usada em aves de rapina para induzir midríase e que é bastante eficaz quando administrada intracamerar; contudo quando aplicada topicamente produz um efeito parcial ou ausente. A utilização de Brometo de Rocurónio, estudada em corujas-do-mato (*Strix aluco*), sugere que uma única aplicação tópica é uma alternativa sem efeitos adversos locais ou sistémicos e que resulta numa midríase consistente, suficiente para a completa avaliação do fundo de olho (Barsotti *et al.*, 2010).

O corpo ciliar suspende a lente através das fibras zonulares. Contém os processos ciliares e as suas principais funções incluem a formação do humor aquoso pelos processos ciliares e influência muscular no fluxo do mesmo, produção de pressão intraocular, bem como suprimento sanguíneo e nervoso do segmento anterior, controla o processo de acomodação e constitui uma barreira hematoaquosa. Os processos ciliares baseiam-se num conjunto de capilares, estroma e duas camadas de epitélio que constituem o prolongamento da retina, no qual a retina neurosensorial se continua para o *pars plana/plicata* como camada epitelial interna não pigmentada e o epitélio retiniano pigmentado como camada epitelial pigmentada externa do corpo ciliar. As fibras zonulares têm origem na *pars plana* e juntamente com os músculos ciliares participam na acomodação (Pickett, 2019). Os dois músculos ciliares são também eles estriados, ao contrário do músculo liso ciliar dos mamíferos. Os músculos esclerocorneais anteriores – músculos de Crampton – são de maior tamanho em rapinas e menor em aves marinhas, e os músculos esclerocorneais posteriores – músculos de Brücke – maiores em aves marinhas do género *Morus* sp., como por exemplo o ganso-patola (*Morus bassanus*) (Maggs *et al.*, 2013).

O humor aquoso é produzido pelo epitélio não pigmentado do corpo ciliar, fluindo na sua maioria da câmara posterior para a câmara anterior através da pupila. O equilíbrio resultante da produção e excreção permite reunir condições homeostáticas de pressão intraocular (PIO) afetando

indiretamente o tamanho, forma e turgescência do olho. Durante o seu percurso, fornece os nutrientes necessários às estruturas intraoculares avasculares e remove os produtos resultantes do metabolismo para além de que mantém as propriedades óticas normais providenciando um meio transparente e índice refrativo apropriados. As suas características permitem-lhe criar estas condições adequadas, as quais incluem baixa concentração proteica, elevadas concentrações de ascorbato e lactato, e concentrações reduzidas de glucose, ureia e azoto não proteico. Embora descrito, o glaucoma primário em aves é raro sendo mais comum o desenvolvimento de glaucoma secundário a traumatismo ou uveíte. Existem diferenças consideráveis entre espécies em relação à viscosidade do humor aquoso, sendo esta muito mais elevada em aves de rapina que em espécies domésticas como é exemplo o humor aquoso na coruja-barrada (*Strix varia*) que é 4.7 vezes mais viscoso do que o canino, possivelmente explicado pela concentração/composição em sólidos totais (Davis *et al.*, 2014).

A coróide é a porção posterior da túnica vascular e a sua principal função é fornecer oxigénio e suporte nutricional à retina. Para além disso, atua também de forma a dissipar o calor produzido pela absorção de luz pelos fotorreceptores da retina (Jones *et al.*, 2007). É formada por tecido conjuntivo pigmentado e vasos sanguíneos dispostos em diferentes camadas, de acordo com o seu tamanho. O *tapetum lucidum* está presente na maioria das espécies domésticas, exceto nos suínos e nas aves (Abarca, 2019). A coróide está organizada em cinco camadas, a lâmina supracoroideia, camada exterior, constituída por tecido conjuntivo elástico pigmentado na qual ocorre a transição para a esclera; o espaço pericoroideal composto por feixes de fibras musculares estriadas e lisas e tecido conjuntivo que o atravessam radialmente; a lâmina vasculosa onde predominam artérias; a lâmina coriocapilar, que disponibiliza o oxigénio; a lâmina basal, a camada mais interna e membrana mais fina, que separa a coróide do epitélio pigmentado da retina (Jones *et al.*, 2007).



Figura 7 - Exemplo da variação da coloração da íris entre duas espécies. Crias de bufo-pequeno (*Asio otus*) à esquerda e cria de coruja-do-mato (*Strix aluco*) à direita.

3.3.7. Lente

Localizada caudalmente à íris entre a câmara anterior e a câmara posterior, a lente ou cristalino é uma estrutura biconvexa formada por fibras transparentes, estando suspensa pelas fibras zonulares como referido anteriormente. De elevada transparência, possui conteúdo proteico, elevados níveis de anidrase carbónica e de glutatíão contrastando com a ausência de vascularização e inervação. É através do humor aquoso e de humor vítreo que obtém nutrição e elimina resíduos (Myrna, 2019). Como resultado destas condições especiais, a lente a par com a córnea, é capaz de refratar a luz, bem como focá-la na superfície da retina (Jones *et al.*, 2007). A lente é composta por uma fina cápsula, por epitélio metabolicamente ativo na sua porção anterior enquanto que na região equatorial possui uma almofada anular – *pulvinus annularis lentis* – rodeando o corpo central, inexistente em mamíferos e que embora não seja opticamente ativa tem função nutritiva (Piñeiro & Bert, 2011). Entre a almofada anular e o corpo central existe uma câmara preenchida por fluido – *vesicula lentis* – que os separa. Esta disposição anatómica poderá representar um mecanismo hidrostático com o objetivo de aplicar pressão do corpo ciliar ao corpo da lente, facilitando o processo de acomodação (Jones *et al.*, 2007).

Os mecanismos envolvidos na acomodação visual dos mamíferos são muito diferentes aos das aves; é alcançada através dos músculos ciliares que atua sobre as fibras zonulares reduzindo a sua tensão produzida sobre a lente permite que esta assuma uma conformação mais esférica, aumentando a acuidade visual. Já nas aves, os mecanismos envolvidos não só provocam uma alteração na forma da lente como também implicam uma alteração na curvatura corneal (Jones *et al.*, 2007).

Na acomodação visual das aves ocorrem várias modificações na curvatura corneal, movimento anterior e deformação do cristalino permitindo realizar o enfoque ideal dos objetos (Piñeiro & Bert, 2011). A alteração no comprimento focal da lente na ave é produzida por três músculos ciliares, através de diferentes mecanismos. O músculo ciliar anterior, músculo de Crampton, entendendo-se desde os ossículos esclerais à junção corneoescleral ao contrair-se altera o raio de curvatura da córnea, ou seja, provoca um achatamento da córnea na sua margem periférica, resultando num aumento do poder refrativo. Quanto maior a curvatura da córnea, maior o poder refrativo (Katzir & Howland, 2003, referidos por Jones *et al.*, 2007). Posteriores a este, encontram-se os músculos de Brücke e Müller, que atuam sobre os processos ciliares que se fundem à lente e esta vai sendo gradualmente comprimida ou movida anteriormente. Também a deformação da lente é causada pela pressão exercida pelo músculo circunferencial da íris que projeta cranialmente a parte central da lente contra a pupila, aumentando também assim o poder refrativo (Holmberg, 2013; Williams, 2013).

A lente das aves é mais suave e maleável do que nos mamíferos, permitindo uma acomodação mais rápida e um intervalo de acomodação de 2 a 50 D (dioptrias), contrastando com a acomodação muito limitada nos animais domésticos de 2-3 D, 1 D no cavalo e de apenas 2-3 a

15 D em humanos, de idade superior a 40 anos e jovens, respetivamente (Myrna, 2019). A sua forma é relativamente esférica em espécies noturnas e achatada anteriormente em espécies diurnas (Holmberg, 2013).

Existem algumas espécies de aves, geralmente presas como sejam o pombo, codorniz e galinha, que possuem mecanismos estáticos que lhes permitem focar diferentes objetos a diferentes distâncias, como por exemplo fixar uma imagem do solo enquanto se alimenta e em simultâneo manter sob vigilância o horizonte (Martin, 1986, referido por Jones *et al.*, 2007). Apesar do mecanismo para este acontecimento não ser totalmente conhecido sabe-se que ocorre devido à emetropia (lateral e dorsal) e miopia (ventral) em diferentes sectores do campo visual (Millodot & Blough, 1971; Nye, 1973; Fitzke *et al.*, 1985; Martin, 1986; McFadden *et al.*, 2001, referidos por Jones *et al.*, 2007). Nas espécies predatórias o campo visual míope já não está presente na medida em que seria desvantajoso na captura de presas com maior mobilidade (Murphy *et al.*, 1995, referido por Jones *et al.*, 2007).

O humor vítreo ou corpo vítreo, transparente e de consistência gelatinosa, está firmemente conectado à porção posterior da cápsula da lente, à *ora ciliaris retinae* e ao nervo ótico. Forma dois terços do volume ocular, contendo 99% de água e apenas 1% de ácido hialurónico. A sua função baseia-se na transmissão da luz, fornecer estrutura ao globo e manter a posição normal da retina (Jones *et al.*, 2007).

3.3.8. Túnica nervosa – Retina

A retina é o órgão responsável pela transdução da luz em impulsos nervosos, originando uma imagem. Ao atravessar os diversos tecidos que compõem o olho, a luz atinge os fotorreceptores (cones e bastonetes) que contêm fotopigmentos que produzem energia química quando expostos a um estímulo luminoso. Por sua vez, esta energia é convertida num sinal nervoso, o qual após ser processado na retina é transmitido pelo nervo ótico ao córtex visual (Ofri, 2013). Histologicamente, a retina é composta de retina neurosensorial (ou neuroretina), formada por nove camadas, e epitélio pigmentado da retina (EPR). O EPR é a camada mais externa da retina (Abarca, 2019), que contacta com a coróide apõe-se à camada mais externa da retina sensorial - a camada de fotorreceptores - a que se seguem as restantes camadas da neuroretina [respetivamente os segmentos internos e externos de bastonetes e cones; a membrana limitante externa; a camada nuclear externa (núcleos dos bastonetes e cones); a camada plexiforme externa (constituída pelas sinapses entre fotorreceptores e a camada nuclear interna); a camada nuclear interna; (contendo os núcleos das células amaracinas, horizontais, bipolares e de Müller); camada plexiforme interna (constituída pelas sinapses entre as células da camada nuclear interna e as células ganglionares); a camada de células ganglionares; a camada de fibras nervosas (constituída pelos axónios das células ganglionares)]; e a membrana limitante interna, que contacta com o humor vítreo (Abarca, 2019). O impulso visual passa as várias camadas, atravessando as células bipolares até às células ganglionares, onde o impulso é processado,

enquanto que as células de Müller fornecem suporte estrutural. As funções do EPR incluem a reciclagem de pigmento visual, transporte metabólico para os fotorreceptores e fagocitose inflamatória, tornando-o essencial para a funcionalidade e integridade da retina. (Ofri, 2013).

Nas aves estão presentes algumas variações no que toca à morfologia, vascularização da retina e área de acuidade visual. A retina é avascular e não possui *tapetum lucidum*, e por isso a sua oxigenação e nutrição é alcançada através da lâmina coriocalilar e pecten, respetivamente. O tipo e quantidade de fotorreceptores variam entre as espécies, mas geralmente existem bastonetes, cones simples (até quatro tipos distintos) e ainda cones duplos com gotículas de óleo adjacentes [pequenos organelos esféricos situados entre os segmentos interno e externo, que contêm lípidos e carotenoides (Milkus *et al.*, 2018)], que predominam nas espécies diurnas (Bayón, 2016a). Os bastonetes são responsáveis pela deteção da forma e movimento e também da visão a baixa luminosidade. Enquanto na retina de uma ave diurna predominam os cones, nas aves noturnas são os bastonetes as estruturas dominantes, como por exemplo no corujão-da-Virgínia (*Bubo virginianus*) que apresenta um rácio de bastonetes, cones simples e cones duplos de 30:1:2 (Braekevelt, 1993, referido por Jones *et al.*, 2007). As gotículas de óleo estão também presentes em cones simples e tem por função filtrar a luz, permitindo que determinados comprimentos de onda sejam transmitidos aos segmentos externos dos fotorreceptores ajudando na deteção da polarização da retina (Young & Martin, 1984 referido por Jones *et al.*, 2007). Estas gotículas possuem cor e localizam-se no segmento interior do cone; a luz deverá atravessá-la antes de atingir os fotopigmentos. Existem seis tipos de gotículas de óleo que variam dependendo do tipo e concentração de carotenoides que contêm (Chen *et al.*, 1984, referido por Jones *et al.*, 2007). Por isso, a resposta dos cones depende não só da sensibilidade espectral ao fotopigmento como também das características de transmitância da gotícula de óleo. Teoricamente, o número de sensibilidades espectrais funcionais pode exceder o número de fotopigmentos já que estes poderão estar associados a diferentes tipos de gotículas de óleo em diferentes cones. Isto significa que a retina típica das aves é capaz de discriminar um vasto conjunto de comprimentos de onda comparativamente à retina típica dos mamíferos. Uma forte evidência deste fenómeno manifesta-se na retina pentacromática do pombo-comum (*Columba livia*) (Emmerton & Deluis, 1980, referido por Jones *et al.*, 2007).

A análise genética comparativa do transcriptoma da retina realizada a aves de rapina noturnas e diurnas mostrou existirem diferenças sugestivas de adaptação molecular à fisiologia da espécie. Na ordem Strigiformes foi demonstrada a existência de cinco genes visuais para a baixa iluminação, na transdução ocorrente nos bastonetes, envolvidos na ativação e recuperação da fotoresposta, traduzindo-se num aumento da sensibilidade à luz e conseqüentemente num aumento da acuidade visual e da resolução em condições de baixa luminosidade. Também nestes foram detetados genes na faixa do vermelho (comprimento de onda longo) e na faixa do azul (comprimento de onda curto) que poderão manifestar-se na visão colorida durante a

atividade crepuscular. Em relação aos Falconiformes foram detetados seis genes envolvidos na transdução em cones, bastonetes ou ambos, sugerindo uma elevada resolução tanto em condições de luz normal durante o dia como de baixa luminosidade, concordantes com a rápida velocidade de perseguição que os caracteriza e normal atividade diurna e também crepuscular, reportada frequentemente. É de notar uma convergência molecular genética entre Strigiformes e Falconiformes possivelmente associada à adaptação à luz crepuscular. A ordem dos Accipitriformes possui seis genes envolvidos na transdução nos cones que contribuem para uma elevada acuidade visual, sendo este o grupo que maior acuidade visual apresenta na classe das Aves. Tanto os Strigiformes como os Accipitriformes expressam outros genes que apresentam um papel importante na manutenção ou fortalecimento do normal funcionamento das células fotorreceptoras, uma vantagem seletiva contra o risco potencial de lesão ocular na escuridão ou durante a perseguição/caçada no solo (incluindo grandes mamíferos), respetivamente (Wu *et al.*, 2016).

Algumas espécies de aves possuem também na sua retina uma ou duas regiões onde se encontram cones em abundância, as quais têm a capacidade de distinguir diferentes tonalidades de cor, alta resolução, e fixação binocular (percepção de profundidade). Estas regiões são denominadas de fóveas (Jones *et al.*, 2007).

3.3.9. Pécten

O fundo de olho nas aves é talvez o mais interessante de entre todas as espécies. Este possui normalmente uma cor cinzenta ou avermelhada, nem sempre sendo visíveis os vasos sanguíneos coroidais. O disco ótico é longo e oval mas difícil de observar devido à sobreposição pelo pécten. O pécten é uma estrutura vascular proeminente que emerge da retina e se projeta no corpo vítreo, não sensorial e altamente pigmentada, que está ausente nos mamíferos (Figura 8). A sua função baseia-se na nutrição da retina fornecendo oxigénio e nutrientes, apresentando um papel importante intraocular no equilíbrio ácido-base, produção de fluidos e manutenção da temperatura (Bayón, 2016a). Um mecanismo intrigante, primeiramente descrito por Pettigrew, consiste em oscilações sacádicas (bruscas e rápidas) do pécten causadas por pequenos movimentos de torção contínuos do globo, originando difusão de oxigénio e nutrientes permitindo a total perfusão da retina (Pettigrew *et al.*, 1990, referido por Williams, 2013). Podem ser identificados três tipos morfológicos: em forma de ventoinha, encontrada em avestruzes (*Struthio camelus*); forma cónica, presente no kiwi (*Apteryx sp.*) e a forma plissada descrita nas aves de rapina e na maioria das espécies (Holmberg, 2013). Geralmente as aves diurnas possuem um pécten maior e com mais pregas do que as aves noturnas e é possível verificar alterações do pécten e quantidade de pigmentação consoante a atividade da ave e espécie. Melanócitos pleomórficos formam bainhas incompletas ao longo do vasto plexo de capilares dando suporte

estrutural ao pecten e protegendo os vasos sanguíneos da radiação UV e radicais livres de oxigênio (Kiama *et al.*, 1994, referido por Jones *et al.*, 2007).

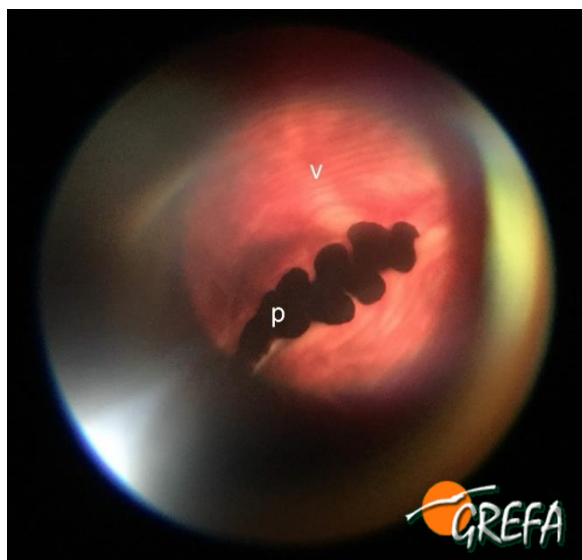


Figura 8 - Exploração do fundo de olho. Detalhe do pecten (p) e vasos sanguíneos coroidais (v) num bufo-real (*Bubo bubo*).

3.3.10. Fóvea

A presença de uma fóvea é uma notável adaptação que resulta num aprimoramento da acuidade visual. A maioria das espécies domésticas é afoveada (ausência de fóvea) ou possui apenas uma; os primatas são os únicos mamíferos a possuir fóvea (Fite & Rosenfield-Wessels, 1975, referido por Jones *et al.*, 2007). As fóveas consistem em depressões na retina que contêm elevada densidade de fotorreceptores (predominância de cones) e células ganglionares, e nas quais as imagens focadas são produzidas com uma acuidade visual bastante maior que nas outras regiões da retina. Esta estrutura é tipicamente encontrada em espécies cuja acuidade visual é crucial para a sua sobrevivência, e portanto, está presente em quase todas as espécies de aves e em todas as aves rapinas estudadas até então. A maioria das aves de rapina (Falconiformes e Accipitriformes) apresenta duas fóveas (espécies bifoveadas), localizadas na retina central e na retina temporal, sendo esta última a adicional e que poderá não estar presente em algumas aves. Devido à localização algo lateral dos olhos nestas aves, a fóvea central está relacionada com a visão lateral monocular e fixação de objetos longínquos enquanto que a fóvea temporal é importante na visão binocular. Esta característica é comum nestes grupos de aves pois permite-lhes ver claramente em mais do que um eixo visual, melhora a percepção de distância e conseqüentemente permite-lhes atingir grandes velocidades de voo. A fóvea central é normalmente a mais desenvolvida, com uma maior densidade de fotorreceptores e uma depressão com maior profundidade. O grupo das Strigiformes é uma das exceções, na medida em que apenas apresentam fóvea temporal, a qual lhes confere grande campo de visão binocular

devido aos seus olhos frontalmente colocados; outra particularidade é a predominância de bastonetes ao invés de cones na fóvea, característico da sua atividade noturna (Jones *et al.*, 2007; Holmberg, 2013).

Aves de rapina caçadoras geralmente possuem duas fóveas que se complementam; a fóvea central confere-lhes elevada acuidade visual ao campo visual lateral usado para detetar a presa a longa distância enquanto a fóvea temporal, menos proeminente, permite uma visão aguçada no campo visual frontal. As rapinas necrófagas carecem de fóvea temporal, o que indica necessidades distintas na procura de alimento (Mitkus *et al.*, 2018).

A cooperação funcional entre as fóveas central e temporal é demonstrada por Tucker (2000) no falcão-peregrino (*Falco peregrinus*): primeiramente quando uma presa é avistada a longa distância, a ave inicia a caçada não voando diretamente na sua direção, mas realizando sobre ela uma espiral logarítmica, permitindo-lhe esta trajetória de voo manter a cabeça reta alinhada em relação ao corpo mas com determinado ângulo em relação à presa. Para além desta colocação de cabeça diminuir a resistência aerodinâmica, também posiciona corretamente a fóvea central na sua linha de visão, adequada para a acuidade de distância. À medida que se aproxima da presa, a trajetória vai-se tornando cada vez mais direta e a fóvea temporal começa a ser utilizada, permitindo a binocularidade e a exatidão necessária para o ataque (Tucker *et al.*, 2000).

3.4. Lesões oculares: fisiopatologia, sinais clínicos e possíveis etiologias

Em aves está descrita uma prevalência de lesões oculares de 7.6%, atingindo valores superiores, entre 14% a 26%, quando se trata de aves de presa (Bayón, 2016b). As patologias oftalmológicas são causadas por uma variedade de agentes etiológicos capaz de afetar a visão das aves de forma direta ou indireta. Os mais comuns incluem as infeções virais originadas sobretudo por Poxvirus; as infeções bacterianas frequentemente envolvendo bactérias Gram positivas como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp. ou *Pseudomonas* spp.; infeções de origem micótica e parasitária, por *Aspergillus* sp e *Toxoplasma* e *Tricomonas*, respetivamente; deficiências nutricionais nomeadamente de vitamina A; afeções congénitas como a microftalmia; e, por fim mas com maior expressão, a etiologia traumática (Dupont *et al.*, 1994; Piñeiro & Bert, 2011; Bayón, 2016b).

Os traumatismos são a principal e mais relatada causa de lesão ocular em aves de rapina admitidas em centros de recuperação de fauna silvestre, provocada por um forte impacto da cabeça aquando de acidentes rodoviários/atropelamento, colisão contra janelas e linhas elétricas mas também pelo encarceramento em redes de pesca ou arame farpado (Cousquer, 2005; Williams *et al.*, 2006; Labelle *et al.*, 2012). Outras causas incluem a manifestação ocular de

doença sistémica. Doenças congénitas e distúrbios no desenvolvimento são pouco frequentes, mas poderão ser subnotificadas (Labelle *et al.*, 2012). Pelas suas características anatómicas, as aves de rapina consideram-se predispostas para que ocorra lesão ocular quando existe traumatismo craniano: globos oculares grandes, bem desenvolvidos e frontalmente localizados (Davidson, 1997). A localização e tamanho da lesão definem o impacto na visão: lesões situadas na periferia do segmento posterior terão um impacto significativamente menor do que lesões centrais, tal como terão um impacto bastante superior as lesões que abrangem a fóvea (área da retina especializada da acuidade visual). As consequências das mesmas poderão determinar o potencial de libertação da ave (Pauli *et al.*, 2007a).

As lesões oculares de origem traumática localizam-se desde as pálpebras a zonas mais internas do olho, com apresentações clínicas ligeiras a graves e irreversíveis, podendo existir infeção bacteriana secundária (Piñeiro & Bert, 2011).

3.4.1. Classificação de acordo com a localização

3.4.1.1. Blefarite

É a inflamação das pálpebras, que normalmente tem origem traumática (ação mecânica, irritante, corpo estranho) ou infecciosa, sendo que no último caso é acompanhada por exsudado purulento. Observa-se um edema periocular local ou difuso. Pode estar associada à lesão da superfície ocular, denominando-se então de blefaroconjuntivite (Bayón, 2016b). A capacidade reativa inflamatória em aves é grande e, por conseguinte, a maioria dos processos intraoculares são acompanhados por uma componente inflamatória palpebral já que esta constitui a primeira barreira física defensiva (Piñeiro & Bert, 2011).



Figura 9 - Blefaroconjuntivite unilateral esquerda num peneireiro-vulgar (*Falco tinnunculus*).

A laceração, abrasão ou contusão palpebral ou da membrana nictitante ocorrem também com frequência; poderão agravar-se se existe infecção secundária concomitante. Quando a normal função e mobilidade da membrana nictitante são afetadas é espectável que surjam úlceras ou cicatrização corneanas (Figura 9) (Davidson, 1997).

3.4.1.2. Conjuntivite

A seguir às pálpebras, a conjuntiva é a segunda barreira defensiva ocular. Sendo muito sensível, apresenta uma rápida resposta inflamatória graças ao seu epitélio altamente vascularizado. É das alterações oftalmológicas mais encontrada em aves. Manifesta-se normalmente pela hiperémia conjuntival, quemose, descarga ocular serosa ou mucopurulenta e blefarospasmo indicando desconforto (Piñeiro & Bert, 2011; D. L. Williams, 2013). Pode ser classificada em três grupos consoante a sua etiologia: quando é causada por fatores locais específicos, como são infecções da mucosa conjuntival (virais, bacterianas, parasitárias, micóticas), traumatismos (contusão, objetos afiados, garras, corpo estranho) ou substâncias irritantes; quando é uma manifestação de infecção orbital ou periorbital, principalmente processos respiratórios que afetam os seios orbitários (maioritariamente de origem bacteriana, por *Mycoplasma gallisepticum* como agente primário) (Calvo & Romairone, 2014); ou quando é resultado de uma septicemia e se manifesta apenas por hiperémia (Bayón, 2016b). Por isso, deve sempre efetuar-se uma zaragatoa conjuntival para exame citológico e cultura (Holmberg, 2016).

3.4.1.3. Queratite não-ulcerativa

A queratite consiste na inflamação da córnea, podendo afetar apenas o epitélio corneal ou camadas mais profundas (Piñeiro & Bert, 2011). Na clínica de animais de companhia, esta é uma lesão comum que possui variadas causas, incluindo traumatismo, infecção, decorrente da disfunção na produção de lágrima, condições imunomediadas, doença sistémica ou causa desconhecida (Crispin, 2002). Em aves, a hipovitaminose A está muitas vezes na origem de queratoconjuntivite seca por metaplasia das glândulas lacrimais (Smith *et al.*, 2015). Por outro lado, a presença de alterações/lacerações palpebrais com perda de tecido ou parálise palpebral ou da membrana nictitante, após exposição prolongada da superfície ocular, resultará em queratopatia de exposição, com mau prognóstico de recuperação da visão normal nestas aves (Williams, 2008). As lesões provocadas por traumatismo englobam fibrose, pigmentação e edema. É de notar que ao contrário dos mamíferos, a resposta corneal nas aves não desenvolve vascularização. Qualquer alteração que envolva perda de transparência ou brilho, presença de irregularidades ou modificação do diâmetro indica alteração corneal (Davidson, 1997).

Edema de córnea

A presença de edema indica que existe dano corneal (inflamação) com disrupção de pelo menos uma das barreiras estruturais que limitam a presença de água, ativa e passivamente, no estroma, resultando em retenção de água. O dano corneal poderá ir desde úlcera epitelial a dano endotelial corneal, sem crescimento de vasos sanguíneos no estroma como acontece em mamíferos. A córnea adquire uma opacidade cinzento-azulada difusa característica, por efeito de alterações histológicas e estruturais no estroma. Quando o edema se manifesta de forma difusa sugere que a lesão alcançou o endotélio corneal (Wilcock, 2013). A córnea torna-se mais espessa, perde refringência e adquire uma coloração azulada, comprometendo as suas propriedades óticas. (Crispin, 2002; Piñeiro & Bert, 2011).

Opacidade corneana

Apesar de estarem também sujeitas a traumatismos, as aves que vivem em cativeiro estão mais predispostas a lesões relacionadas com a idade, uma vez que alcançam uma longevidade largamente superior e incompatível com a vida em liberdade. Moore *et al.* (2018) sugere, entre outros fatores, que alterações no metabolismo da córnea relacionadas com a idade podem contribuir para a degeneração lipídica da mesma, manifestando-se através de uma progressiva opacidade da córnea.

Um estudo recente numa população de Íbis-eremita (*Geronticus eremita*) relacionou a presença de opacidade de córnea (opacidade corneana unilateral) em indivíduos equipados com emissores GPS fixados na parte superior do dorso, no âmbito de programas de reintrodução da espécie na Europa. Em estádios mais avançados de opacidade de córnea, são observadas cataratas, uveíte e conjuntivite que culminarão em lesões irreversíveis e perda total de visão do olho afetado. Os autores sugerem que a causa mais provável de opacidade seja devido ao efeito térmico da radiação eletromagnética do emissor, localizado bastante próximo do globo ocular (Fritz *et al.*, 2020). Esta é uma prática de seguimento bastante comum em aves de rapina, principalmente em espécies abrangidas por programas de recuperação e conservação. Não obstante, em aves de rapina ainda não está demonstrado que as afete de igual forma, já que estas e as espécies estudadas possuem um comprimento distinto de pescoço.

3.4.1.4. Queratite ulcerativa

Apesar de as lesões ulcerativas estarem com frequência associadas a infeção, corpo estranho, ou queratite seca, elas são principalmente causadas por traumatismo agudo (Lawton, 2002). As úlceras de córnea são comumente observadas em aves de rapina (Figura 10), acompanhadas muitas vezes apenas por blefarospasmo e/ou epífora (Williams, 2013). Este tipo de lesão erosiva provoca a perda de epitélio corneal bem como de outras camadas celulares mais profundas,

dependendo da lesão, sendo classificadas de acordo com a sua profundidade e camadas celulares envolvidas (Piñeiro & Bert, 2011). Frequentemente ocorrem infecções secundárias microbianas, na maior parte dos casos de origem bacteriana, que agravam a lesão provocando uma progressiva necrose estromal ou até mesmo perfuração (Davidson, 1997).

A úlcera superficial é aquela onde ocorre apenas perda do epitélio superficial, não interferindo na espessura da córnea. Quando esta apresenta bordes elevados é denominada de úlcera tórpida.

A úlcera estromal (profunda) afeta a espessura da córnea podendo apresentar maior ou menor profundidade consoante o nível de estroma envolvido. Geralmente a perda de estroma é significativa.

A úlcera descemética é considerada uma úlcera bastante profunda estendendo-se por toda a espessura da córnea, e expondo a membrana de Descemet. Esta, por sua vez, é hidrofóbica e por isso não se tingem com fluoresceína, apresentando-se corada apenas nas paredes (estroma) (Crispin, 2002).

O descemetocélio ocorre quando a membrana de Descemet prolapsa devido à pressão causada pelo humor aquoso através da úlcera presente. Constitui uma emergência oftálmica (Calvo & Romairone, 2014).

Cicatriz corneal: Devido às suas características celulares e ausência de vascularização a córnea das aves possui um mecanismo de cicatrização pouco desenvolvido. Deste modo é muito frequente observar uma cicatriz corneal que se formou a partir de uma lesão aguda (Piñeiro & Bert, 2011).



Figura 10 - Úlcera de córnea superficial e midríase permanente num mocho-d'orelhas (*Otus scops*), à esquerda. A mesma úlcera de córnea evidenciada mediante o teste da fluoresceína, à direita.

3.4.1.5. Uveíte

A inflamação da úvea compreende a úvea anterior (íris e corpo ciliar) e/ou a úvea posterior (coróide), sendo designada panuveíte quando ambas as partes estão envolvidas (Crispin, 2002). Diversas causas podem estar na origem da uveíte nas aves, incluindo infecções generalizadas (destaque para as infecções secundárias a vírus, como a doença de Marek ou Poxvírus), septicemia resultante de infecção bacteriana (por *P. multocida*, *Salmonella* spp. e *Mycoplasma gallisepticum*), inflamação imunomediada, neoplasia, sendo que em aves de rapina é frequentemente secundária a traumatismo (Bayón, 2016a; Scott, 2016). Devido a traumatismo contuso ou penetrante, as uveítes anterior e posterior estão habitualmente associadas a hemorragia e outras alterações como hifema, hipópion, coágulos de fibrina, iridociclodialise, lesões no cristalino, bem como fraturas nos ossículos esclerais (Bayón, 2016b). Os sinais clínicos de uveíte são normalmente idênticos entre espécies e etiologias, manifestando-se através de sinais dor e desconforto ocular como blefarospasmo, fotofobia, epífora e de outros sinais sugestivos, tais como miose pupilar, hiperémia escleral, efeito Tyndall (Figura 11) por interrupção da barreira hematoaquosa, edema de córnea, presença de células inflamatórias, PIO diminuída, formação de sinequia anterior (Figura 12) ou posterior, íris edemaciada ou com perda de detalhe, opacidade vítrea, inclusive podendo também afetar a retina causando exsudação, edema ou descolamento da mesma (Miler, 2013). Uma uveíte crônica poderá provocar atrofia do corpo ciliar e, conseqüentemente, **phthisis bulbi** (Lawton, 2002). Outras sequelas secundárias à uveíte são: edema de córnea difuso; sinequia anterior e posterior, esta última passível de causar íris bombé; **cataratas**, como efeito da alteração da composição do humor aquoso prejudicial à nutrição do cristalino; bem como **glaucoma**. O glaucoma primário não está descrito em aves graças ao largo ângulo iridocorneal que possuem; não obstante, nestas espécies é secundário a uveíte e hifema (Miler, 2013; Bayón, 2016b).

As **sinequias** consistem em aderências resultantes da inflamação da íris, normalmente conseqüente a traumatismo ocular. Esta apresentar-se-á como uma forma irregular da pupila. Se a aderência da íris ocorre entre esta e a córnea é designada por sinequia anterior; se a aderência ocorre entre esta e o cristalino é denominada sinequia posterior (Calvo & Romairone, 2014). As complicações desta alteração prendem-se pela formação de íris bombé que impede o normal fluxo de humor aquoso através da pupila para a câmara anterior e pela presença de infiltrados de células e resíduos inflamatórios que bloqueiam o ângulo iridocorneal e reduzem a drenagem do humor aquoso, originando glaucoma secundário. Se durante o processo inflamatório ativo da úvea a PIO se encontrar normal ou aumentada significa que o fluxo de humor aquoso poderá estar comprometido (Miler, 2013).



Figura 12 - Sinequia anterior numa águia-calçada (*Aquila pennata*).



Figura 11 - Efeito Tyndall num bufo-real (*Bubo bubo*) com uveíte ativa.

3.4.1.6. Hifema

É uma das lesões oculares mais comuns encontradas em aves de rapina silvestres (Figura 13). É uma lesão aguda que resultará maioritariamente da rotura traumática de vasos sanguíneos da úvea ou de uveíte severa, originando hemorragias que se acumulam na câmara anterior (Miller, 2013). A sua apresentação é geralmente unilateral podendo ser bilateral quando a causa é sistémica, como acontece na intoxicação por anticoagulantes cumarínicos (rodenticidas) que produzem fortes hemorragias na câmara anterior. O envenenamento de fauna selvagem afeta principalmente aves de rapina com hábitos necrófagos (Álvares, 2003). Um grau de hemorragia elevado poderá aumentar a compressão intraocular e originar glaucoma secundário a hifema (Piñeiro & Bert, 2011; Calvo & Romairone, 2014).



Figura 13 - Hifema organizado numa coruja-do-mato (*Strix aluco*).

3.4.1.7. Perfuração do globo ocular

O traumatismo perfurante acarreta graves consequências para o olho. O dano é limitado pelas fortes fibras da córnea e esclera que envolvem e enclausuram as estruturas intraoculares. A perfuração anterior constitui a maioria dos casos atingindo a córnea e esclera. Contudo, é comum ocorrerem outras lesões diretas na íris, rotura ou luxação da lente, ou lesões em estruturas posteriores, acompanhadas por hemorragia ou exsudação na câmara posterior. Após perfuração, existe perda de humor aquoso e é ativado o mecanismo de cicatrização do olho, pelo qual a íris se desloca anteriormente e adere à lesão de forma a limitar a disrupção presente e que tem como consequência o encerramento do ângulo de drenagem. Devido ao comprometimento anterior é muitas vezes difícil examinar a integridade das estruturas intraoculares (Mould, 2002). A perfuração ocular com materiais contaminados (por exemplo, garra ou bico de uma rapina) contaminados constituem veículos de transmissão de microrganismos responsáveis pelo desenvolvimento de **hipópion**, que se traduz numa acumulação purulenta na câmara anterior (Piñeiro & Bert, 2011).

3.4.1.8. Luxação do cristalino

A luxação sucede quando ocorre rotura de todas as fibras zonulares que sustentam o cristalino, levando ao seu deslocamento. Produz-se uma luxação anterior ou posterior se a lente se direciona para a câmara anterior ou para a câmara posterior, respetivamente. Uma subluxação poderá anteceder a luxação derivado da rotura de somente algumas das fibras zonulares, causando um deslocamento parcial do cristalino (Ofri, 2013).

A principal causa de luxação do cristalino são os traumatismos oculares, embora possa também ser secundária a glaucoma, uveíte, tumores intraoculares e cataratas (observado maioritariamente em rapinas noturnas aquando da maturação da catarata que a torna intumescente, originando tensão nas fibras zonulares; sendo que estas espécies por si só apresentam uma anatomia esférica da lente) (Williams, 2013). As manifestações clínicas de subluxação e iminente luxação da lente são essencialmente fibrilas vítreas na câmara anterior, alterações na profundidade da câmara anterior e na curvatura da íris, e iridoneose. Por outro lado, a luxação posterior eventualmente danificará o corpo vítreo causando liquefação (sinérese), enquanto a luxação anterior além de bastante dolorosa, comporta um risco iminente de desenvolver glaucoma, uveíte, edema de córnea permanente e descolamento de retina (caso ocorra deslocamento anterior do corpo vítreo) (Ofri, 2013).

3.4.1.9. Cataratas

As cataratas resultam de alterações oculares com diversas causas que se manifestam pela perda progressiva da transparência da lente ou da sua cápsula. A sua natureza e aparência variáveis,

permitem classificá-las de acordo com a etiologia, a localização da opacidade inicial (capsular, cortical e nuclear), a idade e, clinicamente, pelo estadio de maturação (Ofri, 2013). São uma das condições clínicas mais observadas em aves, podendo entre outras ter etiologia congénita, idade (catarata senil) ou degeneração de retina (Bayón, 2016b). Ocorrem frequentemente em aves de rapina, sejam de vida livre ou cativo, adquiridas principalmente por origem traumática ou secundárias a deficiências nutricionais. Estão muitas vezes associadas a inflamação intraocular, em que a perda de visão depende da extensão e grau de opacidade interferindo gradualmente na capacidade de se alimentarem (Lawton, 2002; Scott, 2016). Para além destas, neste grupo de aves, estão também descritas anomalias do desenvolvimento ocular, entre elas a microfacia (lente pequena), lente constituída por material anormal e hipoplasia do nervo ótico (Bayón, 2016b). Classificam-se por incipientes, imaturas, maduras e hiper maduras. As incipientes e imaturas constituem estadios iniciais da catarata (Figura 14), não existindo um completo envolvimento da lente e onde, na primeira, apenas fibras ou uma pequena área está afetada. O afeito destes estadios na visão é limitado ou inexistente e continua a ser possível realizar exame indireto ao fundo de olho. Na catarata madura a lente está totalmente afetada e tornou-se opaca, podendo surgir acumulação de fluidos provocando intumescência; a partir deste estadio existe perda de visão do olho afetado. Na catarata hiper madura poderá ocorrer separação da lente, devido à acumulação de fluidos, bem como proteólise e liquefação das proteínas da lente (reabsorção da lente), conduzindo ao esvaziamento destas através da cápsula para a úvea, o que por sua vez origina uma uveíte por reação de corpo estranho mediada pelo sistema imunitário. Esta perda de conteúdo e conseqüente redução de volume provoca um afundamento da câmara anterior e aplanamento da íris. Observa-se nesta fase, congestão episcleral, baixa PIO e escurecimento da íris (Petersen-Jones, 2002; Ofri, 2013). É comum existir luxação ou subluxação do cristalino concomitante, de forma primária ou secundária (Bayón, 2016b).



Figura 14 - Catarata incipiente numa águia-de-Bonelli (*Aquila fasciata*) à esquerda e num milhafre-real (*Milvus milvus*) à direita.

3.4.1.10. Corioretinite

A inflamação da coróide estende-se regularmente à retina, devido à estreita proximidade entre ambas e à disrupção da barreira sanguínea; assim como o inverso, a inflamação da retina raramente se encontra isolada (Ofri, 2013). A corioretinite é frequentemente observada em aves de rapina que sofreram traumatismo craniano, causando alterações visuais variáveis, que poderão ser mínimas ou levar à perda total da visão (Scott, 2016). Consoante os sinais clínicos é possível fazer a distinção entre uma corioretinite ativa ou inativa, porém não é possível indicar qual a estrutura – retina ou coróide – de origem da inflamação primária. Numa corioretinite ativa são identificados os clássicos sinais inflamatórios: exsudado, edema, infiltração celular similar a uma névoa, a retina aparenta um aspeto “desorganizado”, baço e existe perda de definição dos bordos nas zonas afetadas; poderá ser acompanhada por uveíte anterior e hemorragia da retina (possível descolamento de retina), campo visual irregular e esbranquiçado, resultante de defeitos na retina e coróide que expõem a esclera. Por outro lado, na corioretinite inativa, após o processo inflamatório observa-se atrofia da retina afetada, áreas de despigmentação acastanhadas, perda do padrão vascular da coróide, e depressões profundas (ponteado preto) e manchas irregulares resultantes de processos antigos de inflamação crónica e cicatrização. Aglomerados circulares profundos são indicadores de agente infeccioso (Ofri, 2013; Scott, 2016).

Alguns autores referem que a presença de corioretinite e pequenas alterações focais pigmentadas poderão estar associadas a exposição a luz solar em rapinas noturnas (Williams, 2013), ou lesões causadas por toxoplasmose (Korbel, 2000 referido por Bayón, 2016b), tal como é descrito em pombos e canários onde a infeção por este protozoário é clinicamente grave (Williams *et al.*, 2001; Atasever *et al.*, 2020). Sendo as aves silvestres hospedeiros primários do vírus da Febre do Nilo Ocidental (Flavivirus), está descrita a diminuição da visão e existência de lesões coriorretinais bem demarcadas, com áreas de exsudado e cicatrização coriorretinal e uveíte associadas à infeção por este vírus em algumas espécies de rapina (Pauli *et al.*, 2007b).

3.4.1.11. Descolamento de retina

Tal como grande parte das lesões, também as retinopatias em aves estão relacionadas com eventos traumáticos, onde predomina o descolamento de retina e hemorragia afetando muitas vezes também o pecten (Williams, 2013). Outras retinopatias em aves incluem degeneração da retina, anomalias congénitas [a displasia congénita da retina foi descrita por Murphy *et al.* (1985) em aves de rapina, nomeadamente em falcões], inflamação e descolamento de retina (Bayón, 2016b). Não obstante, as lesões de etiologia traumática ou infecciosa representam a maioria das situações descritas na literatura (Williams, 2013).

O descolamento da retina consiste na perda de junção celular entre a neuroretina (camada de fotorreceptores) e o EPR, o que se traduz na prática numa separação da retina da coróide subjacente. A separação verifica-se justo neste local pois estas duas camadas (neuroretina e

EPR) são embriologicamente distintas, coexistindo entre elas um espaço potencial. Resultante desta disrupção, a troca de metabolitos bem como a oxigenação e nutrição entre a retina e a coróide está interrompida, trazendo consequências severas e irreversíveis. São diversos os fatores etiológicos que podem estar na origem desta lesão, nomeadamente condições congénitas; acumulação subretinal de fluidos sobretudo por hemorragia ou exsudado; forças de tração decorrente de uveíte posterior ou descolamento do corpo vítreo por luxação do cristalino; ou liquefação degenerativa do corpo vítreo (Ofri, 2013). Os sinais clínicos de descolamento de retina incluem a perda de visão aguda, midríase de vários graus, pupila não responsiva a luz direta, alteração da retina que surge cinza a esbranquiçada com bordos da lesão bem demarcados, elevada relativamente à retina adjacente e disfarçando a vasculatura coroidal subjacente. Uma elevação subtil será mais difícil de identificar em aves pela ausência de vasos sanguíneos na retina. Poderão também notar-se pregas nas áreas lesionadas. A perda total de visão sucederá quando o descolamento é completo, apesar de poder ocorrer uma nova adesão. Enquanto lesões focais ou multifocais não prejudicam a visão, e apenas é observada uma ligeira alteração no reflexo pupilar. Em aves de rapina, lesões periféricas terão menor impacto que lesões focais envolvendo a(s) fóvea(s). Por outro lado, um descolamento de retina contíguo ao pecten irá não só afetar a área lesionada como também poderá resultar numa disfunção generalizada da retina pelo dano causado nas fibras nervosas periféricas que se encaminham ao nervo ótico, subjacente ao pecten, e consequentemente resultará em perda total da visão (Davidson, 1997; Bayón, 2016b).

3.4.1.12. Hemorragia câmara posterior

A causa mais frequente de lesões no segmento posterior é o traumatismo, particularmente em aves de rapina. Estas lesões – sem manifestação externa concomitante – são no geral não dolorosas e por isso são frequentemente subdiagnosticadas (Davidson, 1997; Bayón, 2016b). O traumatismo ocular poderá variar entre moderado a grave e provocar uma série de alterações nos diferentes órgãos. Para além dos descritos anteriormente, também o pecten e o corpo vítreo tendem a sofrer lesões. No momento em que a ave é submetida a exame oftalmológico, a presença de hemorragia na câmara posterior auxilia na determinação da cronicidade da lesão (Pauli *et al.*, 2007a). O pecten é uma estrutura particularmente propensa a hemorragia, uma vez que é bastante vascularizado, e sofre frequentemente laceração ou rotura nestes casos; a hemorragia é geralmente observada em redor deste. A hemorragia do corpo vítreo é identificada no fundo do olho por um movimento giratório acompanhando o movimento de cabeça da ave (Davidson, 1997). Esta última requer uma contínua avaliação oftalmológica já que poderá tardar alguns meses a resolver-se (Cousquer, 2005). A hemorragia intravítrea está descrita como sendo bastante comum e tendo como principal causa o sangramento do pecten (Moore *et al.*, 2017).

3.4.2. Prognóstico

Existem algumas divergências sobre qual a abordagem mais lógica e adequada em casos de aves com perda total da visão ou comprometimento visual unilateral. O prognóstico tem como base a gravidade da lesão, sabendo-se à partida que lesões de fundo de olho não dispõem de tratamento. As lesões isoladas do segmento posterior são normalmente condições não dolorosas e sem manifestação de sinais clínicos e conseqüentemente não são externamente identificáveis (Davidson, 1997). Compreendendo o impacto que tem a visão binocular no estilo de caça destas espécies, é necessário avaliar as características anatômicas e ecológicas que permitem a sobrevivência de um indivíduo com dano ocular irreversível. Apesar de poder depender da espécie, as aves diurnas são mais dependentes da estereopsia do que as noturnas. Estas últimas, para além da visão contam com um importante papel auditivo durante a caça gozando de uma capacidade de localização acústica em escuridão total (Pauli *et al.*, 2007). Em caso de traumatismo, é comum existir lesão concomitante do aparelho auditivo, devido à proximidade anatômica ao globo ocular, traduzindo-se na redução da audição e parca localização acústica. Em suma, o comprometimento visual severo bilateral impossibilita a devolução da ave à natureza sendo motivo de eutanásia humanitária. A perda total de visão unilateral numa ave de rapina diurna requer uma avaliação minuciosa da sua viabilidade, e em casos negativos a resolução poderá passar pela permanência em programas de cativeiro quando se trata de uma espécie ameaçada ou, eutanásia humanitária. Em contrapartida, aves de rapina noturnas têm um prognóstico mais favorável.

4. OBJETIVOS

No que se refere à medicina da conservação tanto em Portugal como em Espanha, são poucos os estudos oftalmológicos sobre a fauna ibérica. A oftalmologia é indispensável no tratamento de aves de rapina em centros de recuperação onde está possivelmente subvalorizada, por um lado pela capacidade limitada de aquisição de meios de diagnóstico e pela escassez em literatura de referência espécie-específica publicada e, por outro, pela reduzida formação nesta área.

O principal objetivo deste estudo pretende conhecer a prevalência de lesão ocular em aves de rapina de vida livre e, desta forma, contribuir para o desenvolvimento do conhecimento médico na especialidade da oftalmologia nestas espécies, demonstrar a importante ferramenta para o médico-veterinário que a avaliação oftalmológica na clínica de animais silvestres representa, para que o resultado final culmine tanto no bem-estar animal individual como na conservação de espécies ameaçadas. Complementarmente, este estudo procura identificar e caracterizar as lesões oculares mais comuns observadas no *Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat* (GREFA). Para além disso, propõe-se determinar as principais causas de patologia ocular em vida livre e analisar os elementos individuais ou de grupo taxonómico considerados relevantes que poderão predispor ao seu desenvolvimento. Por fim, indicar-se-á o plano terapêutico protocolado no GREFA.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.4. Caracterização da amostra

Neste estudo retrospectivo foi realizada exploração oftalmológica completa a 90 aves de rapina (180 olhos) num total de 20 espécies diferentes. Estes indivíduos deram entrada no hospital do GREFA provenientes de toda a Comunidade de Madrid, quer exibindo patologia oftálmica quer, na sua maioria, outra causa concomitante de maior evidência no momento do resgate. Para a concretização deste estudo retrospectivo, utilizaram-se para reforço da amostra os dados clínicos do período compreendido entre janeiro de 2017 e agosto de 2019 (ano em que participou a estagiária), durante o qual ingressaram no hospital 2666 aves de rapina. Alguns dos casos clínicos foram eliminados deste estudo por falta de informação necessária, por envolver animais mantidos em programas de cativeiro, ou simplesmente por incongruências no registo. A amostra inclui aves de cada uma das ordens (diurnas e noturnas), de vários grupos etários (cria, juvenil e adulto) de ambos os sexos, ou de sexo indeterminado na ausência de dimorfismo sexual. A idade das aves foi estabelecida através da fase de desenvolvimento da plumagem: as crias possuem plumas densas e permanecem no ninho dependendo totalmente dos progenitores; os juvenis distinguem-se das crias pelo aparecimento das primeiras penas em crescimento que sobressaem entre as plumas já em menor quantidade, e alimentam-se sozinhos no ninho da comida aportada pelos progenitores; os subadultos apresentam a plumagem completa, incluindo as penas de voo, que lhes permite voar e alimentarem-se pelos seus próprios meios, estes distinguem-se dos adultos principalmente pela presença residual de canhões ainda nas penas de voo. No caso de espécies sem dimorfismo sexual, o sexo determina-se mediante análise genética unicamente em espécies ameaçadas (técnica realizada por um laboratório externo), enquanto que nas restantes espécies o sexo é estimado com base no tamanho e peso da ave.

É importante referir que, na maioria dos casos, estas aves teriam outra patologia concomitante e de maior evidência que levou ao seu resgate, e por este motivo a morte prematura ou o seu desfecho não estaria relacionado com as variáveis em estudo. As aves ingressadas foram submetidas a um exame físico completo que incluía a inspeção ocular onde se avaliou a simetria entre ambos os olhos, a dilatação pupilar, a presença de reflexo palpebral e pesquisou-se por lacerações/lesões e secreções oculares; na suspeita de uma alteração, os animais seguiram um protocolo específico para uma exploração mais dirigida. Posteriormente, foram encaminhados para divisões/compartimentos individuais de diferentes tamanhos, dependendo da espécie e da gravidade do estado clínico, onde iriam permanecer em internamento durante todo o período de observação e tratamento.

5.5. Exame oftalmológico

O exame oftalmológico foi executado de forma completa, minuciosa, mas célere e sistemática (Figura 15). De referir que a história clínica da cada animal havia sido previamente recolhida e analisada pelos médicos-veterinários no momento em que este foi admitido no centro de recuperação. Na fauna selvagem, a maioria das vezes a história clínica não é esclarecedora, podendo inclusive ser desconhecida.

O exame inicia-se desde logo pela inspeção à distância através da observação da ave na sua instalação (ambiente tranquilo e conhecido), observando a atitude, posição da cabeça, a forma como se move, como reage a estímulos externos, assim como o comportamento perante obstáculos. De seguida a exploração oftalmológica prosseguiu desta vez à distância de um braço com a ave imobilizada. Tratando-se de animais silvestres, todas as aves foram sujeitas a contenção por um assistente em posição vertical utilizando uma toalha a envolver o corpo (asas), tendo especial atenção às garras segurando-as com uma das mãos. Este foi efetuado numa sala que reuniu boas condições de iluminação e escuridão. A **inspeção ocular** iniciou-se pela exploração clínica num ambiente de luz ténue com o auxílio do transiluminador de Finoff, pesquisando por alterações nas pálpebras ou estruturas perioculares e pela presença de exsudados e de sinais clínicos que indiquem dor ou fotofobia; foi ainda avaliada a conformação orbitária e simetria de ambos os olhos a partir de várias perspetivas (frente, cima, lateral). Em aves de rapina noturnas abordou-se adicionalmente a iluminação transaural, em virtude da relação ouvido-olho existente nestas espécies. Avaliaram-se os **reflexos oculares**, nomeadamente o reflexo palpebral por pressão digital junto à comissura palpebral; o reflexo pupilar, fazendo incidir uma luz focal sobre a pupila; a resposta de ameaça, executando um movimento de ameaça com a mão, evitando falsos positivos por correntes de ar ou pelo contacto com as cerdas faciais; o reflexo corneal, tocando a córnea com uma zaragatoa; tal como a capacidade de cada ave reagir a estímulos visuais seguindo um objeto e uma luz fixamente. O reflexo pupilar poderá ser difícil de avaliar, graças à capacidade de constrição e dilatação voluntária da íris em aves, ocorrendo muitas vezes movimentos espontâneos da pupila resultantes de *stress* (Bayón *et al.*, 2007). Também por esta razão o uso de agentes midriáticos comumente utilizados para obter dilatação pupilar em mamíferos, para a exploração do fundo de olho, mostra-se inefetivo (Bayón *et al.*, 2016b).

Para além de fraturas orbitais e dano nas estruturas intraoculares, o traumatismo na região da cabeça está muitas vezes associado a lesão do sistema nervoso central (SNC). Assim sendo, é necessário inspecionar toda a região da cabeça e avaliar o estado neurológico da ave sempre que uma lesão ocular está presente (Davidson, 1997).

A **oftalmoscopia direta** foi realizada com o Oftalmoscópio Elite da Welch Allyn (WelchAllyn Inc, New York, U.S.A), de forma sistemática desde as estruturas mais anteriores às posteriores [ou

seja, foi realizado o exame do segmento anterior e o exame do fundo de olho (desde as pálpebras à retina)]. A oftalmoscopia direta não é a técnica mais indicada para animais que possuem pequeno diâmetro de olho nem para a utilização em fauna selvagem, pela estreita proximidade entre examinador e paciente que este exame exige (Bayón *et al.*, 2007). Com o intuito de complementar o exame e obter maior quantidade de informação, efetuou-se também **oftalmoscopia indireta** mediante o uso do Oftalmoscópio indireto Heine Omega 500 (HEINE Optotechnik GmbH & Co. KG, Gilching, Germany) e lentes 30D e 78D (Eickemeyer, Tuttlingen, Germany) entre o examinador e o olho da ave, sendo esta técnica uma importante ferramenta no diagnóstico de lesões do fundo de olho (Figura 17), já que permite a exploração de uma grande área a uma maior distância do examinador (Bayón *et al.*, 2007). Não foi necessário recorrer ao uso de administrações tópicas/intracamerais de agentes curariformes ou anestesia geral para obter midríase para realizar a oftalmoscopia. Ainda nesta fase, os indivíduos que apresentaram suspeita de úlcera de córnea foram submetidos ao **teste de fluoresceína** (Fluoresceína®) através da aplicação tópica de uma gota da solução seguida de uma rápida lavagem com soro fisiológico. Sempre que necessário recorreu-se a luz azul de cobalto para avaliar a integridade do epitélio corneal.

A pressão intraocular (PIO) foi estimada por meio de tonometria de ricochete. A tonometria é o método utilizado para a determinação da PIO, uma técnica importantíssima em oftalmologia e fundamental no diagnóstico de glaucoma e uveíte anterior, onde a PIO se encontra aumentada e diminuída, respetivamente (Maggs, 2013). Depois da exploração ocular, os valores foram medidos através de um tonómetro de ricochete, Tonovet Icare®, onde a cabeça foi cuidadosamente contida de modo a não exercer demasiada pressão sobre os globos oculares evitando assim que interfira nos resultados do exame. Foram realizadas duas medições repetidas a cada olho. A avaliação da PIO obteve-se por comparação dos valores medidos em ambos os olhos, tendo em conta o intervalo de valores normais de cada espécie e considerando a variação individual.



Figura 15 - Realização de oftalmoscopia indireta a um adulto (à esquerda) e tonometria com Tonovet a uma cria (à direita), de águia-de-Bonelli (*Aquila fasciata*).

5.5.1. Meios complementares de diagnóstico: Citologia e cultura de córnea, Radiografia, Ecografia Modo B, Eletroretinografia

Em alguns indivíduos foi necessário realizar uma exploração mais dirigida recorrendo a provas complementares, nomeadamente: radiografia de crânio, ecografia ocular e eletroretinografia.

Perante aves com suspeita de processos infecciosos ou parasitários (com descarga ocular) e conjuntivites não responsivas procedeu-se à colheita de amostras através de uma zaragatoa estéril para posterior cultivo microbiológico, tal como se realizou citologia e cultura de córnea perante úlceras ou erosões corneais, de acordo com o protocolo do centro de recuperação. A colheita é efetuada previamente a qualquer administração de colírios ou outras soluções.

A radiografia de crânio é utilizada para avaliar o crânio e as órbitas, permitindo o diagnóstico de lesões traumáticas, fraturas e neoplasias ósseas que interfiram com o normal funcionamento da visão. Contudo, a tomografia computadorizada é o meio de diagnóstico mais indicado nestes casos (Piñeiro & Bert, 2011).

A ecografia ocular modo B é uma técnica rápida e não invasiva bastante útil na toma de dados biométricos e na avaliação das estruturas internas (corpo vítreo, retina) quando existe opacidade nas estruturas anteriores do olho (córnea, câmara anterior, cristalino), permitindo detectar luxação do cristalino, descolamento de retina (Figura 16), alterações retrobulbares, neoplasias e corpos estranhos (Bayón *et al.*, 2007). Durante o procedimento utilizou-se uma sonda ecográfica linear de 6.3 MHz em modo B. Sobre a córnea da ave foi administrado previamente anestésico tópico Colircusí Doble Anestésico® que contém cloridrato de oxibuprocaina e cloridrato de tetracaína.

A eletroretinografia (ERG) permite avaliar a função eléctrica da retina (e não a real percepção visual da ave), através do registo da variação do potencial eléctrico que se produz nas células quando estimuladas por uma luz de adequada intensidade (Piñeiro & Bert, 2011). As aves foram primeiramente submetidas a anestesia geral volátil, mediante a inalação de isoflurano. O equipamento utilizado foi o mesmo que o utilizado normalmente para animais domésticos.

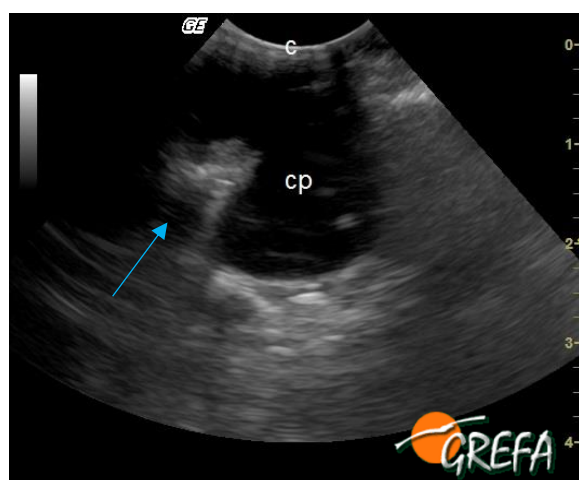


Figura 17 - Ecografia ocular em modo B compatível com descolamento de retina (seta azul) numa coruja-do-mato (*Strix aluco*).
(c) córnea; (cp) câmara posterior.

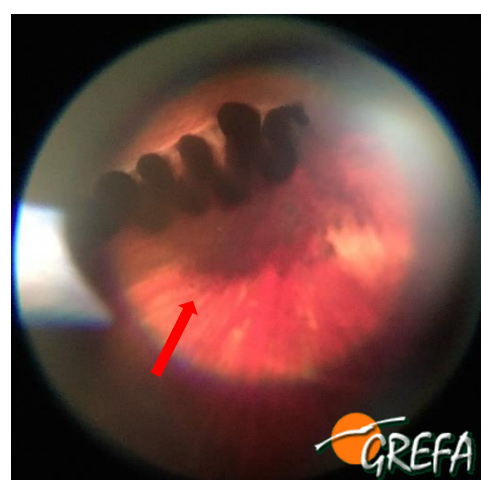


Figura 16 - Exame do fundo de olho. Lesão compatível com descolamento de retina (seta vermelha) num mocho-galego (*Athene noctua*).

5.6. Análise estatística de dados

A análise estatística dos dados foi executada através dos programas *Microsoft® Excel® 2019 MSO* e *IBM® SPSS® Statistics V21.0 2013*, nos quais se procedeu a uma análise descritiva dos dados bem como à execução do teste Qui-quadrado (χ^2) de Pearson com o intuito de estudar a relação entre algumas variáveis. De modo a proceder à descrição da população da amostra foi encontrada a diversidade específica existente, e os indivíduos foram agrupados segundo o sexo, idade e ecologia. Num segundo passo foram descritas as alterações oculares, tendo em conta as suas prevalências, números máximo e mínimo e localização. Para verificar a correlação entre variáveis foram avaliadas: a presença de úlcera de córnea associada a descolamento de retina, a presença de luxação do cristalino, de hifema, de blefarite, e a ecologia noturna. Foi também avaliada a relação entre a causa de ingresso traumática com a presença da lesão ocular catarata. O intervalo de confiança escolhido para a análise estatística foi de 90%, e deste modo os valores de $p < 0.05$ foram considerados estatisticamente significativos.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterização da população

Foram sujeitas a exploração oftalmológica 90 aves de 20 espécies diferentes (Gráfico 4), sendo 39 delas aves de rapina diurnas e 51 aves de rapina noturnas. Nos anos de 2017 e 2018 foram admitidos com pelo menos uma alteração ocular 34 e 37 indivíduos, respetivamente, enquanto que até agosto de 2019 ingressaram 19 indivíduos.

Durante este período, a causa de ingresso mais observada foi o traumatismo (66/90) (Gráfico 5), tendo dentro desta categoria sido observado uma prevalência de traumatismo de causa desconhecida (31/90) sobre atropelamento (14/90), as duas causas mais comuns.

Ao exame físico no momento de ingresso, o prognóstico muito grave revelou-se o mais recorrente (63.6%). A maioria das aves apresentava outras condições/patologias concomitantes, como fraturas ósseas, debilidade, desidratação, emaciação, intoxicações variadas ou patologias infecciosas. Foram excluídos do estudo animais provenientes de criação em cativeiro por constituírem uma amostra com número reduzido e de valor pouco significativo.

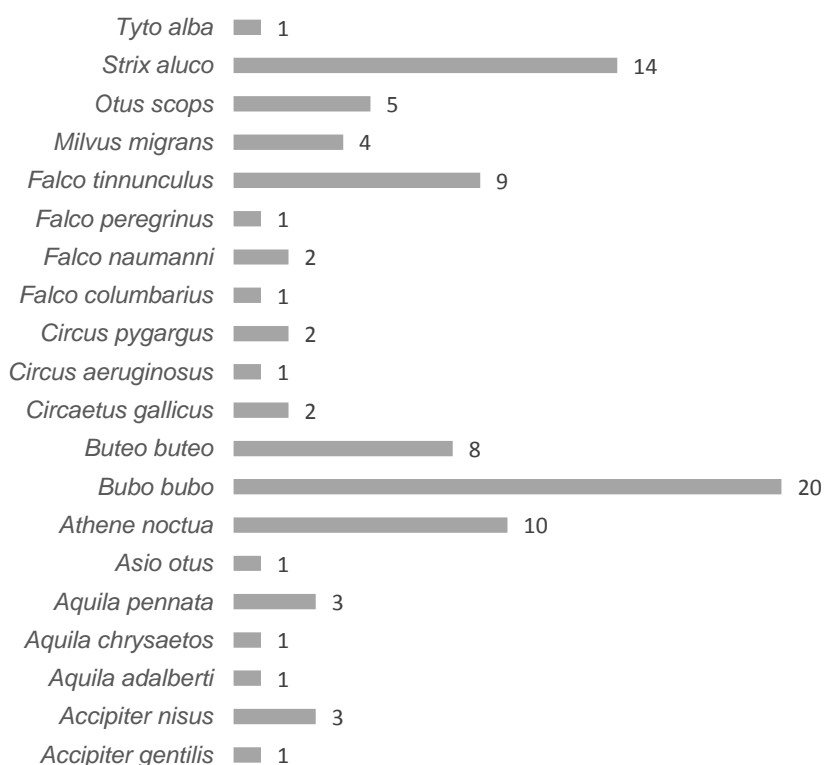


Gráfico 4 - Diversidade específica da amostra.

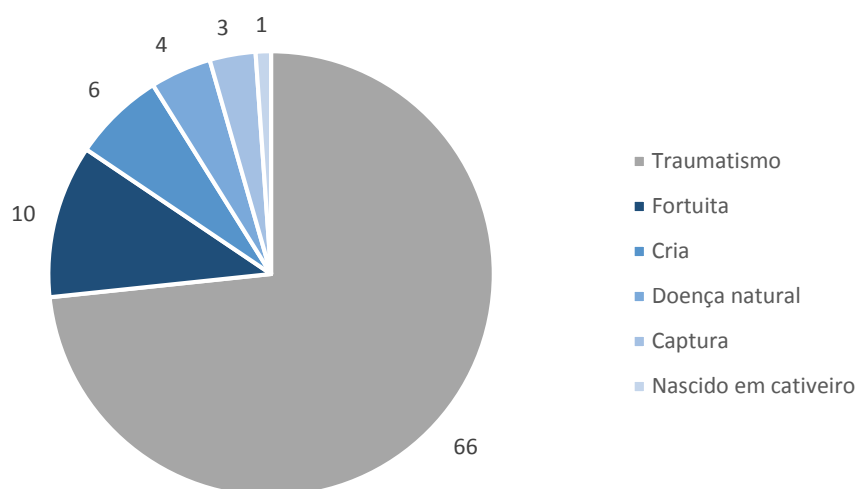


Gráfico 5 - Distribuição das causas de ingresso, n=90 indivíduos.

As distribuições de classe etária e sexo da população estão discriminadas na Tabela 1, analisadas consoante a ecologia das espécies.

Tabela 1 - Distribuição por classe etária e por sexo da população.

ECOLOGIA	IDADE				SEXO			Total
	Cria	Juvenil	Subadulto	Adulto	Fêmea	Macho	Indeterminado	
Diurna	5	3	6	25	9	12	18	39
Noturna	1	7	6	37	9	8	34	51
Total	6	10	12	62	18	20	52	90

6.4. Prevalência

As lesões oculares apresentaram, para o período em estudo, uma prevalência de 3.4% na população de aves de rapina admitidas no centro de recuperação. Foram identificadas no total 33 alterações oculares distintas, representadas na Tabela 2 de acordo com a sua estruturação anatómica. Na amostra presente foram mais frequentemente diagnosticadas úlcera de córnea (21.3%), hifema (11.2%) e blefarite (9.0%). Com menos expressão denotaram-se uma série de alterações, entre as quais descemetocélio, glaucoma, hipópion e paralisia da membrana nictitante com uma prevalência de 0.5%.

Tabela 2 - Discriminação das lesões oculares analisadas, por grupo anatómico.

Anexos oculares		
Conjuntiva	Membrana nictitante	Pálpebras
Conjuntivite Quemose	Hematoma Hemorragia Laceração Paralisia	Abrasão/Laceração Blefarite Ptose palpebral
Segmento anterior		
Córnea	Úvea	Lente
Cicatriz corneana Descemetocélio Edema de córnea Glaucoma Opacidade corneana Queratite Úlcera/erosão corneal	Fibrina CA Hifema Hipópion Perfuração (prolapso) <i>Phthisis bulbi</i> Sinequia Uveíte	Catarata Luxação do cristalino
Segmento posterior		
Aderências CP Corioretinite Degeneração da retina	Descolamento de retina Hemorragia da coróide Hemorragia CP	Hemorragia vítrea Rotura de pecten

O número máximo de alterações oculares (seis) foi encontrado em apenas um indivíduo. Em contraste com apenas uma alteração por indivíduo, que se verificou o resultado mais frequente (40/90), seguido por duas (22/90), três (14/90), quatro (9/90) e cinco (4/90) alterações.

Relativamente à prevalência por localização, 53.3% das aves apresentou lesão unilateral e 46.7% lesão bilateral. As espécies diurnas contaram com uma prevalência de 17.8% localizadas bilateralmente e 25.6% unilateralmente; nas espécies noturnas 28.9% das lesões foram bilaterais e 27.8% unilaterais.

6.4.1. Prevalências por segmento ocular

De entre as lesões diagnosticadas, 65.6% das aves evidenciam lesão em apenas um segmento ocular e 34.4% em mais do que um segmento em simultâneo. O segmento anterior foi o mais afetado com uma prevalência de 63.3%. Em contrapartida, 18.6% das lesões envolveram os anexos oculares e 18.1% o segmento posterior. Analisando por segmento, blefarite foi a lesão mais identificada nos anexos oculares; úlcera de córnea e hifema tiveram maior expressão no segmento anterior; no segmento posterior, destacaram-se o descolamento de retina, hemorragia da câmara posterior e degeneração de retina.

6.4.2. Lesões oculares mais frequentes

Na Tabela 3 estão representadas as contagens de lesões oculares em relação ao número de aves e número de olhos, em rapinas diurnas e rapinas noturnas. As prevalências listadas são relativas ao número de olhos.

Tabela 3 – Distribuição das lesões oculares em 90 aves (180 olhos) segundo a ecologia das espécies.

Lesão ocular	Diurnas			Noturnas			
	No. aves	No. olhos	Prevalência	No. aves	No. olhos	Prevalência	
ANEXOS	Abrasão/laceração pálpebra	3	4	4.4%	1	1	0.8%
	Blefarite	13	16	17.8%	4	4	3.2%
	Conjuntivite	3	4	4.4%	1	1	0.8%
	Hematoma 3a pálpebra	0	0	0.0%	3	3	2.4%
	Hemorragia 3a pálpebra	1	1	1.1%	1	1	0.8%
	Laceração 3a pálpebra	2	2	2.2%	1	1	0.8%
	Paralisia 3a pálpebra	1	1	1.1%	0	0	0.0%
	Ptose palpebral	0	0	0.0%	1	1	0.8%
	Quemose	0	0	0.0%	1	1	0.8%
ANTERIOR	Catarata	2	2	2.2%	6	6	4.8%
	Cicatriz corneana	1	1	1.1%	1	1	0.8%
	Descemetocélio	0	0	0.0%	1	1	0.8%
	Edema de córnea	1	1	1.1%	1	1	0.8%
	Fibrina CA	0	0	0.0%	2	3	2.4%
	Glaucoma	1	1	1.1%	0	0	0.0%
	Hifema	8	8	8.9%	13	13	10.4%
	Hipópion	0	0	0.0%	1	1	0.8%
	Luxação do cristalino	4	4	4.4%	5	5	4.0%
	Opacidade corneana	1	1	1.1%	2	2	1.6%
	Perfuração (Prolapso)	6	6	6.6%	3	3	2.4%
	Phthisis bulbi	2	2	2.2%	0	0	0.0%
	Queratite	2	2	2.2%	0	0	0.0%
	Sinequia	1	1	1.1%	5	5	4.0%
	Úlcera corneal	11	14	15,6%	29	40	32.0%
Uveíte	3	4	4.4%	7	8	6.4%	
POSTERIOR	Aderências CP	1	1	1.1%	0	0	0.0%
	Corioretinite	0	0	0.0%	1	1	0.8%
	Degeneração da retina	2	2	2.2%	4	4	3.2%
	Descolamento de retina	4	4	4.4%	6	8	6.4%
	Hemorragia CP	3	4	4.4%	4	4	3.2%
	Hemorragia da coróide	1	1	1.1%	2	2	1.6%
	Hemorragia vítrea	1	2	2.2%	0	0	0.0%
Rotura de pécten	1	1	1.1%	4	4	3.2%	

Foram identificadas no total 189 alterações oculares na população. No geral, a lesão ocular que se destaca substancialmente é úlcera de córnea (40 aves; 54 olhos) com uma prevalência de 25.1%. Por ordem decrescente de prevalência, úlcera corneal (11 aves; 14 olhos), blefarite (13 aves; 16 olhos) e hifema (8 aves; 8 olhos) são as três lesões mais frequentes em rapinas diurnas. Ao passo que úlcera corneal (29 aves; 40 olhos), hifema (13 aves; 13 olhos), e uveíte (7 aves; 8 olhos) e descolamento de retina (6 aves; 8 olhos) com igual prevalência, foram as lesões mais observadas em rapinas noturnas.

Tabela 4 - Distribuição da resolução dos casos clínicos.

<i>Resolução</i>	<i>No.de aves</i>
<i>Baixa</i>	22
<i>Eutanásia</i>	27
<i>Transferidos (irrecuperável)</i>	4
<i>Libertações</i>	35
<i>Dept. Reabilitação</i>	2
<i>Total</i>	90

A prevalência de indivíduos libertados (35/90) predomina sobre todas as outras resoluções, como retrata a Tabela 4. Foram efetuadas 27/90 eutanásias humanitárias. O número de eutanásias relacionadas com patologia ocular foi bastante elevado comparativamente ao total de indivíduos eutanasiados (18/27). Destas 18 aves, a maioria (15) foi submetida a eutanásia por cegueira bilateral, um deles por possível cegueira central; apenas uma ave foi eutanasiada por patologia infectocontagiosa com repercussão ocular bilateral; uma ave diurna por cegueira unilateral incompatível com habilidade predatória da espécie e, uma ave diurna por cegueira unilateral associada a lesão ortopédica irrecuperável. Ocorreram 22/90 baixas de aves que se encontravam em hospitalização e não resistiram ao conjunto de patologias que apresentaram desde o momento de ingresso. Apenas 4/20 foram declarados irrecuperáveis e encaminhados para santuários ou outros centros de recuperação para incorporarem programas de conservação em cativeiro. No momento da recolha de dados encontravam-se 2/90 aves em processo de reabilitação, no departamento de reabilitação do GREFA.

6.5. Correlação estatística

Foi encontrada uma correlação positiva muito forte estatisticamente significativa entre a presença da lesão úlcera de córnea com a ecologia noturna ($r=0.96$; $p=0.04$), como demonstrado na Tabela 5. As restantes correlações não apresentaram valor estatístico para o intervalo de confiança de 90% embora no caso dos pares presença de úlcera de córnea associado a presença de hifema ($r=0.95$; $p=0.06$), e presença de úlcera de córnea associado a presença de luxação do cristalino ($r=0.81$; $p=0.09$), os valores de *p-value* se encontrem muito próximos do valor aceite como significativo.

Tabela 5 - Valores de *p-value* associados ao teste de correlações entre as variáveis, Qui-quadrado (χ^2) de *Pearson*, com intervalo de confiança de 90%.
* $p < 0.05$ indica significância estatística.

<i>Variável 1</i>	<i>Variável 2</i>	<i>p-value</i>
Úlcera de córnea	Conjuntivite	0.85
Úlcera de córnea	Descolamento de retina	0.15
Úlcera de córnea	Luxação do cristalino	0.09
Úlcera de córnea	Hifema	0.06
Úlcera de córnea	Blefarite	0.10
Úlcera de córnea	Noturna	0.04 *
Traumatismo	Catarata	0.88

6.6. Plano terapêutico: protocolo GREFA

Os planos terapêuticos instituídos no GREFA pressupõem que a ave se encontra estabilizada e que, em casos graves, é mantida numa câmara de oxigenação sob condições de obscuridade e 30°C de temperatura, associado ao tratamento de suporte necessário. O resultado do teste de fluoresceína anterior determina se a terapia poderá ou não incluir corticosteroides, pelo facto de que a utilização de corticoides está contraindicada na presença de defeito epitelial da córnea pois influencia o processo de cicatrização. No GREFA, a administração diária da medicação a animais selvagens é realizada, em regra, apenas uma vez, de modo a restringir ao máximo o contacto, já que a terapêutica oftálmica implica a contenção da ave.

Para o tratamento de lesões do segmento anterior e anexos utiliza-se uma suspensão oftálmica de tobramicina e dexametasona (Tobradex®) SID. Quando o teste de fluoresceína é positivo, o tratamento tópico é modificado para tobramicina sob a forma de pomada ou colírio (Tobrex®) ou

para um colírio tri-antibiótico de sulfato de polimixina B, sulfato de neomicina e gramicidina (Oftalmowell®) SID.

Em úlceras de córnea profundas é prescrita, ademais, terapia sistémica de meloxicam (Metacam®) na dose de 1mg/kg e buprenorfina (Buprex®) a 0.06 mg/kg SID, administradas via intramuscular no primeiro dia. Nos seguintes dias, as administrações são efetuadas via oral, onde o analgésico é substituído por tramadol (Tramal®) na dose de 15 mg/kg SID. Em casos de uveíte anterior, o tratamento passa pela prescrição de suspensão oftálmica de acetato de prednisolona (Pred fort®) e meloxicam SID.

É imperativo a administração de analgesia sistémica.

Em caso de patologia ocular em estado terminal ou processos dolorosos irrecuperáveis, como é o caso da perfuração ocular, recorre-se à enucleação por evisceração (Figura 18).



Figura 18 - Enucleação por evisceração do olho direito num mocho-galego (*Athene noctua*).

7. DISCUSSÃO

A medicina de fauna está intimamente relacionada com patologias de origem traumática; sabendo que aves de vida livre estão sujeitas a variadas experiências traumáticas, onde as causas antropogénicas contribuem diretamente (disparo, eletrocussão, colisão com estruturas) (León-Ortega *et al.*, 2016), lesões traumáticas correspondem a uma grande fatia da clínica destas espécies. Especialmente em aves de rapina, as suas características anatómicas singulares e essencial acuidade visual determinante para a sua sobrevivência na natureza, tornam estas aves propensas a lesões oculares frequentes. Embora a combinação das suas características oculares (globo ocular volumoso, segmento posterior desproporcionalmente maior, pecten vascular intraocular, acomodação corneal e lenticular, ossículos esclerais, córnea pouco espessa, etc.) representem uma vantagem para a ecologia das espécies de vida livre, também são uma condicionante para o agravamento de processos patológicos resultantes de eventos traumáticos (Moore *et al.*, 2017).

Este trabalho contribui para o reconhecimento da importância da oftalmologia no dia-a-dia de um centro de recuperação de animais silvestres, para a definição de um completo protocolo de exame oftalmológico e informação sobre quais as lesões oculares mais comuns que poderão surgir na prática clínica, servindo de guia para médicos-veterinários de fauna. Apesar da notória ascensão desta matéria na medicina veterinária, encontra-se ainda pouco difundida e praticada nas instituições educativas tal como centros de recuperação no geral. Para isso, é imperioso reconhecer as peculiaridades anatómicas aviárias para identificar alterações que fujam à normalidade. A correta e precisa exploração oftálmica e interpretação dos resultados, à luz do conhecimento de oftalmologia ornitológica, mostra-se crucial no estabelecimento de prognóstico e na resolução destes casos, uma vez que, um animal selvagem com défice visual em ambos os olhos é considerado não libertável, restringindo as opções à eutanásia humanitária ou à sua manutenção permanente em cativeiro, em programas de educação ambiental ou conservação de espécies, no caso de espécies emblemáticas e ameaçadas de extinção; ou seja, a decisão tomada irá determinar a sobrevivência e devolução ao habitat natural, daí a necessidade de existir uma sólida associação entre a componente médica e a componente de reabilitação.

A avaliação da função visual em aves selvagens é uma tarefa difícil e da qual poderá advir má interpretação de resultados na medida em que algumas espécies híper-reativas a qualquer estímulo podem ocasionar falsos positivos, ao passo que outras espécies apresentam um comportamento estoico, exibindo uma resposta diminuída, e o mesmo acontece no caso de patologias sistémicas ou traumatismos cranianos (Labelle *et al.*, 2012). Neste estudo para a realização de oftalmoscopia, não foi necessário recorrer a agentes midriáticos tópicos, administração intracamerar, ou anestesia geral, procedimentos normalmente utilizados na obtenção de midríase. Assim, foram eliminados riscos de possibilidade de absorção sistémica e toxicidade bem como riscos inerentes à aplicação da injeção e riscos anestésicos. Ainda assim,

este procedimento é considerado um luxo na maioria dos centros de reabilitação, para o qual se obtém desempenho satisfatório numa sala escura (Cousquer, 2005). Ainda que a prevalência de glaucoma tenha sido mínima na amostra usada neste trabalho, em concordância com outros trabalhos, a utilização da tonometria está indicada na rotina do exame oftalmológico sendo uma técnica fácil de realizar, muito pouco invasiva e económica. Observa-se uma considerável amplitude de valores de PIO entre espécies, que poderá ser explicada pelas variações na curvatura e espessura da córnea (Labelle *et al.*, 2012).

O Teste de Schirmer (STT-I) não é um método praticado na rotina do exame oftalmológico do GREFA pela série de obstáculos que acarreta. Alguns autores questionam o tamanho das tiras comercializadas, considerando-o demasiado grande para aves de rapina (Harris *et al.*, 2008). Outros verificaram uma grande variabilidade nos resultados testada em olhos saudáveis de juvenis e adultos, valores inferiores aos obtidos anteriormente noutras famílias (Cousquer, 2005). Contudo, o Teste de Schirmer modificado (mSTT-I) é uma alternativa que oferece resultados consistentes, adaptável a várias espécies animais, principalmente naquelas que possuem uma pequena fissura palpebral que impossibilita o uso do teste convencional (Herrerros, 2018). Não obstante, a sua utilidade é controversa devido às variadas limitações que o seu uso implica. Um trabalho levado a cabo no GREFA identificou um conjunto de limitações enfrentadas. O corte manual das tiras comercializadas conduz à perda da *standardização* da técnica e numa maior variabilidade dos resultados, considerando o erro humano inerente ao corte; no caso de o corte ser realizado diretamente sobre a tira e não através da embalagem, perdendo-se a componente estéril da técnica que impossibilita a posterior colheita de amostras microbiológicas. Outra limitação apontada prende-se com a complexidade da colocação das tiras e estabilização palpebral manual pelo operador, graças ao pequeno tamanho do globo ocular e da fissura palpebral (Herrerros, 2018).

A população analisada é constituída por uma ampla diversidade específica, correspondendo a mais de metade das espécies autóctones que ocorrem na Península Ibérica e que abrange desde exemplares de espécies classificadas como “Críticamente em Perigo” a espécies com estatuto “Pouco Preocupante”. Esta é uma amostragem significativa que representa importância por ser constituída na íntegra por aves selvagens enquanto que a maioria dos estudos utiliza aves que vivem em cativeiro, variável que poderá interferir nos resultados obtidos e onde determinadas lesões não poderão ser extrapoladas para as espécies de vida livre. As espécies predominantes pertenceram às aves de rapina noturnas, coincidindo também com o grupo que maior número de admissões com alterações oculares teve durante este período de tempo, sendo esta propensão a lesão ocular em relação a aves diurnas suportado por estudos anteriores (Murphy *et al.*, 1982; Moore *et al.*, 2017). Este resultado é fundamentado pelas diferenças anatómicas e fisiológicas consideráveis que existe entre o grupo das diurnas e o grupo das noturnas. A face plana, o grande globo ocular relativamente ao crânio, de forma tubular, estreitamente envolvido

pela órbita, a ausência de crista supraorbital que protege o olho das rapinas diurnas, torna-o mais suscetível a dano por contragolpe e também lesões no segmento posterior, torna as espécies noturnas ainda mais vulneráveis a traumatismos (Beckwith-Cohen *et al.*, 2015). O traumatismo foi a principal causa responsável pelo ingresso destas aves, tal como já observado (Cousquer, 2005; Harris *et al.*, 2008; Labelle *et al.*, 2012) A maioria das lesões mostra-se consistente com dano ocular de origem traumática, em simultâneo com traumatismo corporal e cranial. Traumatismos que advêm de uma ocorrência desconhecida poderão englobar qualquer subcategoria predefinida e deste modo reduzir a prevalências das mesmas. Reside por vezes alguma dificuldade em identificar a causa que está na origem de uma lesão desta natureza pela inexistência de indícios aquando do resgate do animal ou ausência de testemunhas no local, cenário bastante comum em animais selvagens, justificando a expressão de traumatismo de origem desconhecida. A colisão com veículos e atropelamento é a situação causal identificada mais comum. Segundo o relatório de monitorização da mortalidade de fauna nas estradas de Portugal, no âmbito do projeto LIFE LINES, as aves constituem a segunda (a seguir aos mamíferos) principal vítima de atropelamento e morte, especialmente as aves de rapina noturnas (Garcia, 2019).

De acordo com um estudo realizado em Espanha, o envolvimento ocular encontra-se entre as patologias com maior taxa de mortalidade na primeira semana de hospitalização (Molina-López *et al.*, 2015). A população registou uma prevalência considerável de prognóstico muito grave, tendo em consideração que possuíam outras patologias em simultâneo e raramente lesão oftalmológica era patologia única.

As variáveis individuais como o sexo e a idade não demonstraram ter relevante interferência nos resultados. O estudo aqui apresentado é representativo de todas as faixas etárias. Notou-se um gradual aumento com o avanço da classe etária que poderá ser explicado de acordo com o ciclo de vida das aves, à medida que vão abandonando o ninho. As crias permanecem no ninho e o seu ingresso normalmente acontece apenas no caso de queda do ninho, apresentando por isso o valor mais baixo. Os indivíduos classificados como juvenis são aqueles que, ainda crias, começam a mudar as primeiras penas e a praticar os primeiros voos, daí este número ser superior à classe etária anterior. Seguindo este raciocínio, os adultos foram a classe etária que se destacou constituírem indivíduos independentes e mais expostos. O sexo indeterminado foi predominante nesta variável, justificado pela dificuldade por vezes na identificação de caracteres de dimorfismo sexual ténues ou inexistentes em algumas espécies, principalmente em noturnas. A literatura sugere que as variáveis individuais são fatores importantes na sobrevivência, nomeadamente a mortalidade relacionada ao sexo e idade, associados a diferenças comportamentais e investimento energético em machos e fêmeas durante a época reprodutiva, mas também na gestão de habitat e procura de alimento (León-Ortega *et al.*, 2016).

A prevalência de lesões oculares observada na população em estudo foi muito inferior ao referido na literatura (Bayón, 2016b). Constatou-se que úlcera de córnea, hifema e blefarite são as lesões oftálmicas mais comuns entre as aves de rapina admitidas no hospital. Estas são sugestivas de traumatismo como etiologia mais provável. As lesões oculares unilaterais foram ligeiramente mais observadas do que as lesões bilaterais, contrastando com resultados de outros autores (Murphy *et al.*, 1982; Labelle *et al.*, 2012). A localização da lesão em aves noturnas e diurnas apoia a teoria da topografia anatómica: as noturnas apresentaram uma maior prevalência de alterações bilaterais devido aos seus globos oculares próximos e frontalmente dirigidos e fino septo ocular que permite a transferência do impacto para o olho contralateral; ao invés, as alterações unilaterais sobressaíram nas diurnas, justificado pela localização mais lateral do globo. Detalhando, apenas nas rapinas noturnas a terceira lesão mais comum não corresponde à blefarite mas sim a uveíte e descolamento de retina.

A maioria das lesões apenas afetam um segmento ocular em cada indivíduo, sendo menos frequente o aparecimento em vários segmentos afetados em simultâneo. Os resultados sugerem que é mais comum a presença de lesão no segmento anterior quando comparado com os anexos e segmento posterior, destacando-se a úlcera de córnea e hifema nestes casos, contrastando com outros trabalhos onde o segmento posterior apresenta uma elevada prevalência, mas nos quais a úlcera de córnea, hifema, uveíte e descolamento de retina estão entre as lesões mais observadas (Labelle *et al.*, 2012; Seruca *et al.*, 2012). A prevalência de alterações tanto no segmento anterior como no segmento posterior é superior em aves de rapina noturnas; apenas as alterações localizadas nos anexos têm maior prevalência em aves de rapina diurnas.

É expectável que a úlcera de córnea seja das lesões mais frequentes num cenário onde predominam as alterações traumáticas uma vez que a córnea é a principal estrutura ocular em contacto com o exterior. Hifema quando presente esteve associado a outras lesões traumáticas como por exemplo, úlceras de córnea, lacerações de pálpebra, cataratas, descolamento de retina e hemorragias na câmara posterior. Tal como noutras publicações, úlcera de córnea e hifema destacam-se entre as lesões traumáticas mais observadas (Seruca *et al.*, 2012; Wills *et al.*, 2016).

É complicado prever a origem das cataratas, se foram ocasionadas por traumatismo, processo patológico ou se estão relacionadas com a idade, uma vez que existe predomínio de aves adultas com idade desconhecida. É comum o diagnóstico de cataratas em aves domésticas, selvagens e em aves de cativeiro associadas a traumatismo, mas também devido à idade (Wills *et al.*, 2016). Neste estudo, as cataratas estão todas localizadas apenas unilateralmente, o que suporta a sua etiologia traumática, por contusão. Para além de que as aves apresentavam outras lesões traumáticas aleatórias.

Em apenas um exemplar foi-lhe diagnosticado blefaroconjuntivite bilateral de etiologia infecciosa provocada por tricomoníase. Alterações como paralisia da terceira pálpebra, quemose, ptose palpebral, descemetocélio, glaucoma, hipópion, coriorretinite e aderências na câmara posterior,

foram detetadas apenas uma vez, unilateralmente. Raramente foram encontrados depósitos de fibrina na câmara anterior e na câmara posterior; sendo sugestivos de processo inflamatório prévio, esta observação sugere que a maioria das alterações encontradas na nossa amostra corresponderia a processos agudos. A luxação do cristalino foi também pouco prevalente, como reporta Moore *et al.* (2017), possivelmente pela forte ligação das fibras zonulares à almofada anular do cristalino.

Não se registaram lesões ocasionadas pela longevidade (por exemplo, neoplasias) como acontece em animais de companhia exóticos ou indivíduos mantidos em cativeiro, e de alterações congénitas.

Pela literatura é esperado que a prevalência de lesões do segmento posterior seja elevada e comum em aves de rapina devido à forma do globo ocular que se mostra propenso a dano por traumatismo (Davidson, 1997; Moore *et al.*, 2017).

A correlação estatisticamente significativa entre úlcera de córnea e a ecologia noturna da ave ($p=0.04$), como seria espectável, traduz o grande globo ocular e diâmetros de córnea muito superiores aos das espécies de aves de rapina diurnas (Wills *et al.*, 2016), para além de todas as outras características anatómicas que tornam este grupo mais propenso a lesão ocular aquando de uma ocorrência traumática. As restantes variáveis analisadas não estavam estatisticamente associadas. Relativamente ao anteriormente suposto, as cataratas não estão estatisticamente relacionadas com o traumatismo ($p=0.88$). As pálpebras e conjuntiva foram testadas por constituírem estruturas intimamente próximas à córnea e, deste modo, poderia prever-se o acompanhamento desta por blefarite ou conjuntivite, o que não se verificou. Desta forma, pressupõe-se que o traumatismo que causa úlcera corneal é diferente do tipo de traumatismo que causa inflamação e laceração nestas estruturas. A conjuntivite pode estar também relacionada com traumatismo abrasivo provocado por corpo estranho (por exemplo, praganas). Sendo a úlcera de córnea a lesão com maior expressão sobre as restantes, observada como resultado ao traumatismo, seria esperado que existisse uma relação entre esta e o descolamento de retina ou luxação de cristalino. Nestas alterações, o presente estudo não foi de encontro ao resultado de outros onde as maiores prevalências incidiram sobre estruturas do segmento posterior. O mesmo seria esperado com o hifema que, apesar de se rejeitar a correlação, o $p=0.06$ foi bastante próximo do valor aceite.

O recurso a meios complementares de diagnóstico foi exercido a fim de complementar o exame oftalmológico quando opacidades no segmento anterior e hemorragias na câmara posterior impossibilitaram a exploração das estruturas intraoculares. Da mesma forma que se recorreu à ecografia ocular para identificar alterações através de medições biométricas, e à ERG para uma objetiva quantificação da função da retina quando existiu suspeita sobre a sua normal/total funcionalidade pela presença de lesões, a qual permitiu também avaliar a resposta ao tratamento e fazer o acompanhamento da evolução do quadro clínico. Tal como havia sido reportado

anteriormente pela literatura, comprovou-se que a ecografia ocular é um método de diagnóstico bastante útil, efetivo, rápido, não invasivo e económico, e que a eletroretinografia demonstrou ser uma ferramenta de elevado valor complementar, decisivo na determinação do potencial de libertação de alguns exemplares neste estudo (Labelle *et al.*, 2012; Wills *et al.*, 2016).

Uma das maiores limitações aos estudos em medicina veterinária, especialmente em animais selvagens, é o reduzido tamanho da amostra disponível, acarretando o risco de a distribuição de uma variável não ser representativa da população por estar suscetível à variação biológica individual (Friedrichs *et al.*, 2011). Por outro lado, um aspeto negativo inerente à medicina de animais selvagens prende-se na relativa suscetibilidade a outros fatores, como outras patologias e também uma maior suscetibilidade ao *stress*, manifestado com menor intensidade em animais habituados ao Homem e à contenção. Ademais, algumas aves morreram ou foram submetidas a eutanásia nas primeiras horas ou durante a hospitalização devido a outras patologias não relacionadas, o que impediu em alguns casos um diagnóstico clínico completo e restringiu a amostra. Ao longo do estudo foram detetadas outro tipo de limitações. Apesar de existir a contribuição de uma grande diversidade específica, algumas das espécies estão representadas por um número muito pequeno de indivíduos. A literatura que incide sobre oftalmologia em aves exóticas é vasta, principalmente nos psitacídeos, mas os estudos que se focam em aves de rapina são muito limitados, menos ainda naquelas de vida livre. A autora pôde constatar também a grande lacuna que existe de literatura espanhola e portuguesa sobre esta matéria. Atualmente não estão ainda disponíveis valores de referência e parâmetros oculares normais para todas as espécies, exceto em aves de falcoaria. De acordo com estudos realizados entre várias ordens, famílias e espécies, são notórias as variações das estruturas anatómicas entre elas e a necessidade de ter à disposição parâmetros oculares espécie-específicos estabelecidos para uma exploração oftálmica adequada e essencial para avaliar a integridade das estruturas das diferentes espécies de rapinas, permitindo ao médico-veterinário estabelecer diagnósticos e prognósticos mais precisos (Beckwith-Cohen *et al.*, 2015; Willis *et al.*, 2016). Neste estudo considerou-se o erro humano relacionado ao operador desde a admissão dos animais, exame físico, administração de medicação e registo clínico diário, prática inserida na política *hands-on* do GREFA para todos os voluntários e estagiários. Na realização do exame oftalmológico esta variabilidade diminuiu, mas que apesar de efetuado geralmente pelo mesmo médico-veterinário, pontualmente era realizado por outro médico-veterinário. Tendo em conta os resultados relativos à resolução dos casos clínicos pode concluir-se que o plano terapêutico protocolado e instituído nestes animais foi bem-sucedido, pelas poucas eutanásias que houveram relacionadas com lesões oftálmicas passíveis de serem tratadas e elevado número de libertações. As aves submetidas a eutanásia corresponderam a indivíduos que ingressaram com extensas lesões irreversíveis e sem possibilidade de tratamento, ou onde o tratamento passou pela enucleação no caso das diurnas. Uma grande limitação ao tratamento, transversal a praticamente todos os

centros de recuperação de fauna são as questões monetárias e a capacidade de aquisição de material indispensável à realização de muitos procedimentos médicos.

8. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu a aquisição de conhecimentos relativamente às lesões oculares frequentemente presentes em aves de rapina de vida livre. Conclui-se que a principal causa de ingresso destas aves em centros de recuperação é o traumatismo, como também está na origem da maioria das lesões oculares. O diagnóstico precoce e preciso das alterações oculares, que no caso de espécies selvagens é relativo, previne o surgimento de complicações de lesões que à partida não ameaçam a visão e evita o prolongamento do sofrimento animal. Um exame clínico e oftalmológico completo e o recurso aos meios de diagnóstico à disposição aprontam o médico-veterinário na tomada de uma correta decisão e na determinação da extensão do dano ocular, reduzindo a possibilidade de subestimar o comprometimento da função visual. As probabilidades de um indivíduo ser devolvido à natureza dependem da dimensão da lesão e estruturas afetadas que requerem uma avaliação e monitoração por um médico-veterinário experiente (Cousquer, 2005). Em aves de rapina, a avaliação do efeito da lesão sobre a visão poderá tornar-se difícil devido à elevada acuidade visual e parca previsão sobre esta em alterações que afetam a retina, a variabilidade na visão e a dependência sobre os diferentes componentes ecológicos de cada espécie (hábitos alimentares, comportamentos predatórios, interação social, associação com outros órgãos sensoriais) (Moore *et al.*, 2017). Dois critérios relacionados com a visão dos quais depende a libertação em medicina de animais selvagens são a capacidade de escapar a predadores e a capacidade de encontrar alimento (Harris *et al.*, 2008).

Hoje em dia ainda não é comum a realização regular da exploração oftálmica em centros de recuperação. É fundamental inserir a oftalmologia na rotina do exame físico em clínica da conservação, reconhecendo o facto de que se trabalha com exemplares caracterizados pelo seu comportamento estoico que mascaram o seu desconforto, aliado a algumas condições intraoculares não dolorosas que facilmente passam despercebidas.

Investigações futuras deverão avaliar como é que lesões específicas interferem na visão de um indivíduo, consoante a espécie. Do mesmo modo que é necessário fazer uma análise mais cuidada e seguimento de aves que perderam a visão binocular e que são libertadas apenas com visão unilateral, uma vez que ainda não existe a confirmação de que estes animais conseguirão manter a sua vida normal, sem acarretar uma deterioração do seu estado geral.

Em medicina da conservação impõem-se questões éticas que deverão ser sempre colocadas e que requerem uma resposta: Deverão ser devolvidos à natureza exemplares que possuam visão disfuncional? Exemplares com perda total da visão deverão ser mantidos em cativeiro perpétuo ou submetidos a eutanásia?

9. BIBLIOGRAFIA

- Abarca E. (2019). Vitreous and ocular fundus. In *Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine (2nd Edition)*. Martin, C. L., Pickett, J. P., & Spiess, B. M., Taylor & Francis Group, LLC, USA, ISBN 978-1-4822-5864-6, pp. 571-575.
- Aguirre AA, Tabor GM, Ostfeld RS. (2004). Conservation medicine: Ontogeny of an emerging discipline. In *Conservation medicine and a new agenda for emerging diseases*. Daszak, P., Tabor, G. M., Kilpatrick, A. M., Epstein, J. O. N., & Plowright, R., Annals of the New York Academy of Sciences, **1026(1)**: 1-11.
- Alcazar R, Ramos R, Infante S, Alves P, Machado R, Costa J, Rochinha C. (2018). Protocolo Avifauna VII (2016-2018). Relatório Final. Lisboa. Disponível em <https://www.spea.pt/projetos/>
- Almeida J (coord.), Catry P, Encarnação V, Franco C, Granadeiro JP, Lopes R, Moreira F, Oliveira P, Onofre N, Pacheco C, Pinto M, Pitta Groz MJ, Ramos J, Silva L (2008). Fichas de caracterização – Aves. In Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (Cabral MJ, Almeida J, Almeida PR, Delinger T, Ferrand de Almeida N, Oliveira ME, Palmeirim JM, Queiroz AI, Rogado L & Santos-Reis M (eds.)).3ªed. Instituto da Conservação da Natureza/Assírio & Alvim. Lisboa, ISBN 978-972-37-1082-3.
- Álvares F. (2003). O envenenamento ilegal e a agonia da fauna selvagem portuguesa. *Tribuna da Natureza*, **14**: 5-8.
- Atasever A, Ekebaş G, Gram DY, Babür C, & Inci A. (2020). Experimental Toxoplasmosis in Pigeons (*Columba livia*). *Asian Journal of Research in Infectious Diseases*, 16-26. doi 10.9734/ajrid/2020/v3i130117
- Barsotti G, Briganti A, Spratte JR, Ceccherelli R, & Breggi G. (2010). Mydriatic effect of topically applied rocuronium bromide in tawny owls (*Strix aluco*): Comparison between two protocols. *Veterinary Ophthalmology*, **13(SUPPL. 1)**: 9–13. doi 10.1111/j.1463-5224.2010.00773.x
- Bayón A, Almela R, & Talavera J. (2007). *Avian ophthalmology*, *European Journal of Companion Animal Practice*, **17(3)**: 1–13.
- Bayón A. (2016a). The clinical examination. The eye and eyelids. In *Avian Medicine (3rd Edition)*. Samour J., Elsevier Ltd., USA, ISBN 978-0-7234-3832-8, pp. 49-68.
- Bayón A. (2016b). Trauma-related medical conditions. Eye and eyelid injuries and ocular diseases. In *Avian Medicine (3rd Edition)*. Samour J., Elsevier Ltd., USA, ISBN 978-0-7234-3832-8, pp. 246-259.

- Beckwith-Cohen B, Horowitz I, Bdolah-Abram T, Lublin A, & Ofri R. (2015). Differences in ocular parameters between diurnal and nocturnal raptors. *Veterinary Ophthalmology*, **18(s1)**: 98-105. doi 10.1111/vop.12126
- BirdLife International 2015a. *Neophron percnopterus*. Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2015: e.T22695180A60117461. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International 2015b. *Gypaetus barbatus*. Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2015: e.T22695174A60116752. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International 2015c. *Aegypius monachus*. Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2015: e.T22695231A60119347. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International 2018. *Aegypius monachus*. Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2018:e.T22695231A131935194. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International 2019a. *Neophron percnopterus*. Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2019:e.T22695180A154895845. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International 2019b. *Aquila adalberti*. Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2019: e.T22696042A152593918. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International 2019c. *Milvus milvus* (amended version of 2018 assessment). Cambridge: The IUCN Red List of Threatened Species, 2019: e.T22695072A155600973. Acedido a 13-01-2020. Disponível em <http://www.birdlife.org/>
- BirdLife International (2020a). Country profile: Portugal. Acedido a 06-12-2019. Disponível em <http://www.birdlife.org/datazone/country/portugal>.
- BirdLife International (2020b). Country profile: Spain. Acedido a 06-12-2019. Disponível em <http://www.birdlife.org/datazone/country/spain>.
- Braekevelt CR. (1993). Fine structure of the retinal photoreceptors of the great horned owl (*Bubo virginianus*). *Histology and Histopathology*, **8**:25-34.
- Calvo LA, Romairone A. (2014). Patología ocular de las aves rapaces. Ilustre Colegio Oficial de Veterinarios de Valladolid, Valladolid. ISBN 84-695-9706-X, pp. 19-28, 63-96.

- Cabral MJ (coord.), Almeida J, Almeida PR, Dellinger T, Ferrand de Almeida N, Oliveira ME, Palmeirim JM, Queiroz AI, Rosado L & Santos-Reis M (eds.) (2008). Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. 3ªed. Instituto da Conservação da Natureza/Assírio & Alvim. Lisboa. ISBN 978-9-7237-1082-3.
- Chen DM, Collins JS, Goldsmith TH. (1984).The ultraviolet receptor of birds. *Science*, **225**:337-340.
- Crispin S. (2002). The cornea. In *BSAVA Manual of small animal ophthalmology*. Petersen-Jones, S. & Crispin, S. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, England. ISBN 0-905214-54-4, pp. 134-161.
- Cook R A, & Karesh W B. (1995). Applications of veterinary medicine to in situ conservation efforts. *Oryx*, **29(4)**: 244. doi 10.1017/S0030605300021232
- Cooper J E. (2002). Birds of Prey: Health & Disease (3rd Ed.). Blackwell Science Ltd., UK, ISBN 0-632-05115-9, pp. 22-25, 194-197.
- Cousquer G. (2005). Ophthalmological findings in free-living tawny owls (*Strix aluco*) examined at a wildlife veterinary hospital. *Veterinary Record*, **156(23)**: 734–739. doi 10.1136/vr.156.23.734
- Daszak P, Tabor G M, Kilpatrick A M, Epstein J, & Plowright R. (2004). Conservation medicine and a new agenda for emerging diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1026**: 1–11. doi 10.1196/annals.1307.001
- Davidson M. (1997). Ocular Consequences of Trauma in Raptors. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, **6(3)**: 121–130.
- Davis K, Carter R, Tully T, Negulescu I, & Storey E. (2014). Comparative evaluation of aqueous humor viscosity. *Veterinary Ophthalmology*, **18(1)**: 50–58. doi 10.1111/vop.12145
- Decreto-Lei n.º 140/99 de 24 de Abril. Diário da República n.º 96/1999, Série I-A de 1999-04-24. Ministério do Ambiente. Lisboa.
- Else JG, & Pokras M A. (2002). Introduction. In *Conservation medicine: ecological health in practice*. Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S., Tabor, G. M., House, C., & Pearl, M. C. (Eds.). Oxford University Press. ISBN 978-0-1951-5093-3, pp., 3-7.
- Emmertson J, Deluis JD. (1980). Wavelength discrimination in the visible and ultraviolet spectrum by pigeons. *Journal of Comparative Physiology*, **141(1)**:47-52.

- Fite KV, Rosenfield-Wessels S. (1975). A comparative study of deep avian foveas. *Brain, Behavior and Evolution*, **12(1-2)**:97-115.
- Fitzke FW, Hayes BP, Hodos W, Holden AL, & Low JC. (1985). Refractive sectors in the visual field of the pigeon eye. *The Journal of physiology*, **369(1)**: 33-44.
- Friedrichs K, Barnhart K, Blanco J, Freeman K, Harr K, Szladovits B, & Walton R. (2011). ASVCP Quality Assurance and Laboratory Standards Committee (QALS) Guidelines for the determination of reference intervals in veterinary species and other related topics. Quality Assurance and Standard Guidelines (Madison, ASVCP).
- Fritz J, Eberhard B, Esterer C, Gönner B, Trobe D, Unsöld M, Völkl B, Wehner H, & Scope, A. (2020). Biologging is suspect to cause corneal opacity in two populations of wild living Northern Bald Ibises (*Geronticus eremita*).
- Garcia G. (2019). Monitorização da Mortalidade de Fauna nas Estradas da IP. Relatório Síntese 2018. Disponível em <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/>
- Geraldes H. (2015). Nasceu um abutre-preto no Alentejo pela primeira vez em 40 anos. Disponível em <https://www.wilder.pt/historias/nasceu-um-abutre-preto-no-alentejo-pela-primeira-vez-em-40-anos/>
- Harris MC, Schorling JJ, Herring IP, Elvinger F, Bright PR, & Pickett JP. (2008). Ophthalmic examination findings in a colony of Screech owls (*Megascops asio*). *Veterinary Ophthalmology*, **11(3)**: 186–192. doi 10.1111/j.1463-5224.2008.00618.x
- Herreros SG. (2018). Test de Schirmer Tipo I modificado en Cernícalo Primilla (*Falco naumanni*). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria.
- Holmberg B. (2013). Ophthalmology of exotic pets. In *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology (5th Ed.)*. Maggs, D. J., Miller, P. E., & Ofri, R., Elsevier Inc., USA, ISBN 978-1-4377-2367-0, pp. 445, 455-457.
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2005). Ficha de caracterização das Espécies de Aves. Livro Vermelhos dos Vertebrados de Portugal. Disponível em <http://www2.icnf.pt/> (ICNF, Lisboa)
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2016). Património natural. União Europeia e Âmbito Internacional. Anilhagem de Aves. Disponível em <http://www2.icnf.pt/> (ICNF, Lisboa)

- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2020a). Património natural. União Europeia e Âmbito Internacional. Disponível em <http://www2.icnf.pt/> (ICNF, Lisboa)
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2020b). Património Natural. Água-imperial-ibérica. Disponível em <http://www2.icnf.pt/> (ICNF, Lisboa)
- Jarvis ED, Ye C, Liang S, ..., Nabholz B. (2014). Whole-genome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds. *Science*, **346(6215)**: 1320–1331. doi 10.1126/science.1253451
- Jones MP, Pierce KE, & Ward D. (2007). Avian Vision: A Review of Form and Function with Special Consideration to Birds of Prey. *Journal of Exotic Pet Medicine*, **16(2)**: 69–87. doi 10.1053/j.jepm.2007.03.012
- Katzir G, Howland HC. (2003). Corneal power and underwater accommodation in great cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*). *Journal of Experimental Biology*, **206(5)**: 833-841.
- Kemp AC, Kirwan GM, Christie DA, & Marks JS. (2020). Secretarybird (*Sagittarius serpentarius*). In *Handbook of the Birds of the World Alive*. Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). Lynx Edicions, Barcelona. Acedido a 06-12-2019. Disponível em <https://www.hbw.com/node/53186>
- Kiama SG, Bhattacharjee J, Maina JN, & Weyrauch KD. (1994). A scanning electron microscope study of the pecten oculi of the black kite (*Milvus migrans*): possible involvement of melanosomes in protecting the pecten against damage by ultraviolet light. *Journal of Anatomy*, **185(Pt 3)**: 637- 642.
- Labelle AL, Whittington JK, Breaux CB, Labelle P, Mitchell MA, Zarfoss MK, Schimidt, SA, & Hamor RE. (2012). Clinical utility of a complete diagnostic protocol for the ocular evaluation of free-living raptors. *Veterinary Ophthalmology*, **15(1)**: 5–17. doi 10.1111/j.1463-5224.2011.00899.x
- Lawton M. (2002). Exotic species. In *BSAVA Manual of small animal ophthalmology*. Petersen-Jones, S. & Crispin, S. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, England. ISBN 0-905214-54-4, pp. 287-290.
- León-Ortega M, Delgado M del M, Martínez JE, Penteriani V, & Calvo JF. (2016). Factors affecting survival in Mediterranean populations of the Eurasian eagle owl. *European Journal of Wildlife Research*, **62(6)**: 643–651. doi 10.1007/s10344-016-1036-7

- Lovette IJ, & Fitzpatrick JW (Eds.)(2016). Handbook of Bird Biology (3rd Ed.). John Wiley & Sons, USA, ISBN 978-1-1182-9102-3, pp. 256-259.
- LPN (2015a). Conservação da Águia-imperial-ibérica em Portugal. Eletrocussão. Lisboa: Liga para a protecção da natureza, 2015-2018. Acedido a 13-01-2019. Disponível em <https://lifeimperial.lpn.pt/pt/eletrocussao>
- LPN (2015b). Conservação da Águia-imperial-ibérica em Portugal. Objetivos. Lisboa: Liga para a protecção da natureza, 2015-2018. Acedido a 13-01-2019. Disponível em <https://lifeimperial.lpn.pt/pt/objetivos>
- Maggs DJ. (2013). Diagnostic techniques. In *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (5th Ed.), Maggs, D. J., Miller, P. E., & Ofri, R.. Elsevier Inc., USA, ISBN 978-1-4377-2367-0, pp. 79-109.
- Maggs DJ, Miller P E, & Ofri R. (2013). *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (5th Ed.). Elsevier Inc., Missouri, USA, ISBN 978-1-4377-2367-0.
- Martin CL. (2019). Problem-based management of ocular emergencies. In *Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine (2nd Edition)*. Martin, C. L., Pickett, J. P., & Spiess, B. M. Taylor & Francis Group, LLC., USA, ISBN 978-1-4822-5864-6, pp. 81-85.
- Martin GR. (1986). The eye of a passeriform bird, the European starling (*Sturnus vulgaris*): eye movement amplitude, visual fields and schematic optics. *Journal of Comparative Physiology A*, **159**(4): 545-557.
- Martínez J E, & Calvo J F. (2006). Rapaces diurnas y nocturnas de la Región de Murcia. A. G. Novograf.
- Martínez-Abraín A, Crespo J, Jiménez J, Pullin A, Stewart G, & Oro D. (2008). Friend or foe: societal shifts from intense persecution to active conservation of top predators. *Ardeola*, **55**(1): 111-119.
- McFadden SA, Shields BN, Rounsley KJ. (2001). Local accommodation in a lateral eyed bird facilitates seeing simultaneously in two different places in space. *Journal of Vision*, **1**(3): 229-229.
- Miller PE. (2013). Uvea. In *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (5th Ed.) Maggs, D. J., Miller, P. E., & Ofri, R.. Elsevier Inc., USA, ISBN 978-1-4377-2367-0, pp. 229-242.

- Millodot M, Blough P. (1971). The refractive condition of the pigeon eye. *Vision research*, **11(9)**: 1019.
- Mitkus M, Potier S, Martin GR, Duriez O, & Kelber A. (2018). Raptor Vision. In *Oxford Research Encyclopedia of Neuroscience*, **(September)**. doi 10.1093/acrefore/9780190264086.013.232
- Molina-lópez RA, Casal J, & Darwich L. (2015). Prognostic indicators associated with early mortality of wild raptors admitted to a wildlife rehabilitation centre in Spain. *Veterinary Quarterly*, **35(1)**: 9–15. doi 10.1080/01652176.2014.985856
- Moore BA, Teixeira LBC, Sponsel WE, & Dubielzig RR. (2017). The consequences of avian ocular trauma: histopathological evidence and implications of acute and chronic disease. *Veterinary Ophthalmology*, **20(6)**: 496–504. doi 10.1111/vop.12453
- Moore PA. (2019). Cornea and sclera. In *Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine (2nd Edition)*. Martin, C. L., Pickett, J. P., & Spiess, B. M. Taylor & Francis Group, LLC., USA, ISBN 978-1-4822-5864-6, pp. 315-320.
- Mould J. (2002). The orbit and globe. In *BSAVA Manual of small animal ophthalmology*. Petersen-Jones, S. & Crispin, S. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, England. ISBN 0-905214-54-4, pp. 68-73.
- Murphy CJ, Howland M, Howland HC. (1995). Raptors lack lower-field myopia. *Vision research*, **35(9)**: 1153-1155.
- Murphy CJ, Kern TJ, Loew E, Buyukmihci NC, Bellhorn R W, De Lahunta A, ..., & Graham D L. (1985). Retinal dysplasia in a hybrid falcon *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **187(11)**: 1208-1209.
- Murphy CJ, Kern TJ, McKeever K, McKeever L, & MacCoy D. (1982). Ocular lesions in freelifving raptors. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **181(11)**: 1302-1304.
- Myrna K. (2019). Lens. In *Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine (2nd Edition)*. Martin, C. L., Pickett, J. P., & Spiess, B. M Taylor & Francis Group, LLC., USA, ISBN 978-1-4822-5864-6, pp. 531-537.
- Negro JJ, & Galván I. (2018). Behavioural Ecology of Raptors. In *Birds of prey: biology and conservation in the XXI century*. Sarasola, J. H., Grande, J. M., & Negro, J. J. (2018). *Nature*, **222(5194)**: 701-701.

- Nye PW. (1973). On the functional differences between frontal and lateral visual field of the pigeon. *Vision Research*, **13(3)**: 559-574.
- Ofri R. (2013). Lens. In *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (5th Ed.). Maggs, D. J., Miller, P. E., & Ofri, R. Elsevier Inc., USA, ISBN 978-1-4377-2367-0, pp. 276-278, 287-290.
- Ofri R. (2013). Retina. In *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (5th Ed.). Maggs, D. J., Miller, P. E., & Ofri, R. Elsevier Inc., USA, ISBN 978-1-4377-2367-0, pp. 299-314, 327-333.
- Oliphant L. (1988). Cytology and pigments of non-melanophore chromatophores in the avian iris. *Progress in clinical and biological research*, **256**: 65-82.
- Oliphant LW, Johnson MR, Murphy C, & Howland, H. (1983). The musculature and pupillary response of the great horned owl iris. *Experimental eye research*, **37(6)**: 583-595.
- Palomares F, Gaona P, Ferreras P, & Delibes M. (1995). Positive effects on game species of top predators by controlling smaller predator populations: an example with lynx, mongooses, and rabbits. *Conservation Biology*, **9(2)**: 295-305.
- Palomino D, & Valls J. (2011). Las rapaces forestales en España. Población reproductora en 2009-2010 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.
- Pauli A, Klauss G, Diehl K, & Redig P. (2007). Clinical Techniques: Considerations for Release of Raptors with Ocular Disease. *Journal of Exotic Pet Medicine*, **16(2)**: 101–103. doi 10.1053/j.jepm.2007.03.009
- Pauli AM, Cruz-Martinez LA, Ponder JB, Patrick TR, Amy LG, GK, James VS, & Wünschmann A. (2007). Ophthalmologic and oculo-pathologic findings in red-tailed hawks and Cooper's hawks with naturally acquired West Nile virus infection. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **231(8)**: 1240–1248. doi 10.2460/javma.231.8.1240
- Petersen-Jones S. (2002). The orbit and globe. In *BSAVA Manual of small animal ophthalmology*. Petersen-Jones, S. & Crispin, S. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, England. ISBN 0-905214-54-4, pp. 208-216.
- Pettigrew JD, Wallman J, Wildsoet CF. (1990). Saccadic oscillations facilitate ocular perfusion from the avian pecten. *Nature*, **343(6256)**: 362-363.

- Pickett JP. (2019). Anterior uvea and anterior chamber. In *Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine (2nd Edition)*. Martin, C. L., Pickett, J. P., & Spiess, B. M. Taylor & Francis Group, LLC, USA, ISBN 978-1-4822-5864-6, pp. 411-416.
- Piñeiro CJS, & Bert E. (2011). Valoración de las afectaciones al sistema visual de las aves. *Revista Electronica de Veterinaria*, **12(1)**: 1–41.
- Plochocki JH, Segev T, Grow W, & Hall MI. (2018). Extraocular muscle architecture in hawks and owls. *Veterinary Ophthalmology*, **21(6)**: 595–600. doi 10.1111/vop.12553
- Saggese MD. (2007). Medicina de la conservación, enfermedades y aves rapaces. *El hornero*, **22(2)**: 117-130.
- Sarasola JH, Grande JM, & Negro JJ. (Eds.). (2018). *Birds of prey: biology and conservation in the XXI century*. Springer, ISBN 978-3-319-73744-7.
- Scott DE. (2016). *Raptor Medicine, Surgery, and Rehabilitation (2nd Ed.)*. C.A.B. International, UK, ISBN 978-1-78064-746-3, pp. 97-107.
- Seruca C, Molina-López R, Peña T, & Leiva M. (2012). Ocular consequences of blunt trauma in two species of nocturnal raptors (*Athene noctua* and *Otus scops*). *Veterinary Ophthalmology*, **15(4)**: 236–244. doi 10.1111/j.1463-5224.2011.00976.x
- Smith SP, Barbon AR, & Forbes NA. (2015). Evaluation of the Phenol Red Thread Tear Test in Falconiformes. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, **29(1)**: 25–29. doi 10.1647/2008-050
- Tabor GM. (2002). Defining conservation medicine. In *Conservation medicine: ecological health in practice*. Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S., Tabor, G. M., House, C., & Pearl, M. C. (Eds.). Oxford University Press, ISBN 978-0-1951-5093-3, pp. 8-16.
- Tapia L, & Zuberogoitia I. (2018). Breeding and Nesting Biology in Raptors. In *Birds of prey: biology and conservation in the XXI century*. Sarasola, J. H., Grande, J. M., & Negro, J. J. (2018). *Nature*, **222(5194)**: 701-701
- Tucker VA, Tucker AE, Akers K, Enderson JH. (2000). Curved flight paths and sideways vision in peregrine falcons (*Falco peregrinus*). *Journal of Experimental Biology*, **203(24)**: 3755-3763.
- Wilcock BP. (2013). General Pathology of the Eye. In *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology (5th Ed.)*. Maggs, D. J., Miller, P. E., & Ofri, R. Elsevier Inc., USA, ISBN 978-1-4377-2367-0, pp. 60-78.

- Williams D, Gonzalez Villavincencio C, & Wilson S. (2006). Chronic ocular lesions in tawny owls (*Strix aluco*) injured by road traffic. *Veterinary Record*, **159(5)**: 148–153. doi 10.1136/vr.159.5.148
- Williams DL. (2008). Raptors: ophthalmology. In *BSAVA manual of raptors, pigeons and passerine birds*. Chitty, J., & Lierz, M. British Small Animal Veterinary Association. ISBN 978-1-910443-10-1, pp. 278-283
- Williams DL. (2013). The avian eye. In *Ophthalmology of Exotic Pets*. John Wiley & Sons, Ltd., USA, ISBN 978-1-4443-3041-0, pp. 119-127, 143-152.
- Williams SM, Fulton RM, Render JA, Mansfield L, & Bouldin M. (2001). Ocular and encephalic toxoplasmosis in canaries. *Avian Diseases*, 262-267.
- Wills S, Pinard C, Nykamp S, & Beaufrière H. (2016). Ophthalmic Reference Values and Lesions in Two Captive Populations of Northern Owls: Great Grey Owls (*Strix Nebulosa*) and Snowy Owls (*Bubo Scandiacus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, **47(1)**: 244–255. doi 10.1638/2015-0009.1
- Wu Y, Hadly EA, Teng W, Hao Y, Liang W, Liu Y, & Wang H. (2016). Retinal transcriptome sequencing sheds light on the adaptation to nocturnal and diurnal lifestyles in raptors. *Scientific Reports*, **6(April)**: 1–12. doi 10.1038/srep33578
- Wynnanski-Jaffe T, Murphy CJ, Smith C, Kubai M, Christopherson P, Ethier CR, & Levin AV. (1984). Protective ocular mechanisms in woodpeckers. *Eye*, **21(1)**: 83-89.