LAYSA MARIANA CAMILLO RIBEIRO DE CARVALHO

Correlações entre biometria ocular por ultrassonografia em modo-B, diâmetro da córnea por paquimetria e peso corpóreo em corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)

> São Paulo 2020

LAYSA MARIANA CAMILLO RIBEIRO DE CARVALHO

Correlações entre biometria ocular por ultrassonografia em modo-B, diâmetro da córnea por paquimetria e peso corpóreo em corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)

> Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Cirurgia

Área de Concentração:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientador:

Prof^a. Dr^a. Aline Adriana Bolzan

São Paulo 2020 Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

Correlações entre biometria ocular por ultrassonografia em modo-B, diâmetro da córnea por paquimetria e peso corpóreo em corujas-buraqueiras (<i>Athene cunicularia</i>) e corujinhas-do-mato (<i>Megascops choliba</i>) / Laysa Mariana Camillo Ribeiro de Carvalho. – 2020. 81 f. : il.
Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2020.
Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.
Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.
Orientadora: Profa. Dra. Aline Adriana Bolzan.
1. Aves. 2. Strigiformes. 3. Ultrassonografia. 4. Biometria. 5. Olho. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Maria Aparecida Laet, CRB 5673-8, da FMVZ/USP.



Comissão de Ética no Uso de Animais



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Parâmetros oftálmicos e biometria ocular em aves de rapina", protocolada sob o CEUA nº 1536211019 (ID 007364), sob a responsabilidade de Aline Adriana Bolzan e equipe; Laysa Mariana Camillo Ribeiro de Carvalho; Pamela Silvana Juárez Dongo; Marta Brito Guimarães - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 19/12/2019.

We certify that the proposal "Ophthalmic parameters and eye biometrics in birds of prey", utilizing 80 Birds (males and females), protocol number CEUA 1536211019 (ID 007364), under the responsibility of Aline Adriana Bolzan and team; Laysa Mariana Camillo Ribeiro de Carvalho; Pamela Silvana Juárez Dongo; Marta Brito Guimarães - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was approved by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 12/19/2019.

Finalidade da Proposta: Pesquisa

Vigência da Proposta: de 12/2019 a 12/2020

Área: Clínica Cirúrgica Veterinária

Origem:	Animais provenientes de outros projetos						
Espécie:	Aves	sexo:	Machos e Fêmeas	idade:	1 a 10 anos	N:	80
Linhagem:	Variada			Peso:	100 a 1000 g	_	

Local do experimento: Laboratório de Investigação em Oftalmologia Comparada/Serviço de Oftalmologia e Serviço de Diagnóstico por Imagem da FMVZ-USP.

São Paulo, 05 de janeiro de 2020

Anneliese Tcalor

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Roseli da Costa Gomes Secretaria de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: CARVALHO, Laysa Mariana Camillo Ribeiro

Título: **Correlações entre biometria ocular por ultrassonografia em modo-B**, diâmetro da córnea por paquimetria e peso corpóreo em corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/___/____

Banca Examinadora

Prof. Dr		
Instituição:	Julgamento:	
Prof. Dr		
Instituição:	Julgamento:	
Prof. Dr		
Instituição:	Julgamento:	

Aos meus pais, Graça e Roberto, que nunca mediram esforços para me proporcionar a melhor educação possível.

À minha irmã, Layla, que segue me inspirando a me tornar uma pessoa melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente à minha orientadora, **Profa. Dra. Aline Adriana Bolzan**, pela oportunidade de aprender tanto no Serviço de Oftalmologia, e pela possibilidade de finalizar esse mestrado, além de toda a compreensão e apoio nos momentos difíceis dessa jornada.

À Dra. Angélica de Mendonça Vaz Safatle, por compartilhar seu conhecimento e sua experiência, e por todos os ensinamentos, na área da oftalmologia.

Aos meus colegas Tatiana Assunção de Moraes, Pamela Silvana Juárez Dongo, Juliana de Souza Jorge e Carla Rodriguez Paes pela amizade, risadas e pelo apoio, e aos colegas de pós-graduação Débora Galdino Pinto, Ricardo Augusto Pecora e Emily Amin Khayat Rodriguez, por terem oferecido tanto suporte no início e por enriquecerem minha vida profissional. Todos vocês marcaram minha vida, e serei eternamente grata por esses momentos.

À **Dra. Marta Brito Guimarães**, pela colaboração durante a execução do projeto, sem ela esse projeto não teria sido possível.

Às minhas grandes amigas, Érica Simões de Almeida e Ana Luiza Luizon Miranda, que me apoiaram, me compreenderam e me ajudaram em todos os momentos possíveis. As minhas às minhas amigas Maira Vela Reis, Aline Di Fiore, Marcela Fuzeti, Marina Valsecchi e Mayara Galetti, que foram o ponto inicial no meu aprendizado pessoal e profissional.

Ao **Dr. Eduardo Perlmann** e à **Dra. Michelle Barboza Pereira Braga-Sá**, pela disponibilidade e aprendizado na área da ultrassonografia ocular.

À médica veterinária Liliane Milanelo e à bióloga Erika Sayuri Kaihara, que colaboraram imensamente para o fornecimento das aves do Parque Ecológico do Tietê e do Centro de Triagem de Animais Selvagens de Barueri, respectivamente. Às aves que contribuíram para que este trabalho fosse realizado, meu eterno carinho e respeito.

Às residentes Letícia Martins Nascimento, Patrícia Schneider Yogi, Priscila Mieko Lima Kiyuna e Fernanda de Carlo Deusdado, pela colaboração durante os exames ultrassonográficos, e à Profa. Dra. Carla Aparecida Batista Lorigados e ao Prof. Dr. Stefano Hagen, que disponibilizaram o aparelho ultrassonográfico para a realização dos exames. Aos secretários do Departamento de Cirurgia, Lívia dos Santos Gimenes e Belarmino Ney Pereira, pela força e pelo auxílio, agradeço toda paciência e dedicação.

À todos os **Professores**, **residentes** e **funcionários** do Hospital Veterinário da FMVZ-USP, pela disposição em ajudar, confiança e amizade. E à **Universidade de São Paulo**, pela oportunidade de realização do mestrado.

À todos os demais **amigos** que direta ou indiretamente colaboraram para a realização e finalização de mais uma etapa da minha vida.

À toda minha **família** (avós, tios e tias, primos e primas) que fizeram e fazem parte da minha vida, e consequente dessa jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

"Educar não é cortar as asas e sim orientar o voo" Paulo Freire

RESUMO

CARVALHO, L. M. C. R. Correlações entre biometria ocular por ultrassonografia em modo-B, diâmetro da córnea por paquimetria e peso corpóreo em corujasburaqueiras (*Athene cunicularia*) e corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*). 2020. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

As corujas são aves de rapina com atividades cacadoras, pertencentes à ordem Strigiformes e que apresentam adaptações anatômicas que auxiliam na caça. De hábitos noturnos, diurnos ou crepusculares, despertam interesse devido à sua complexidade visual. Visando-se contribuir ao conhecimento nesta área, este estudo objetivou comparar a biometria ocular e correlações com o diâmetro da córnea e peso corpóreo em duas espécies de corujas (Athene cunicularia e Megascops choliba) com padrões de atividade distintos e porte físico similar. Exames ultrassonográficos em modo-B foram realizados em ambos os olhos de 10 corujas Athene cunicularia (coruja-buraqueira) e 16 Megascops choliba (corujinha-do-mato) adultas, sadias e sem alterações nos olhos e/ou em seus anexos. Posteriormente, foram determinadas as medidas biométricas referentes ao comprimento axial do bulbo (CAB), à câmara anterior (CA), à lente (L), à camara vítrea (CV) e ao pécten (P), as quais foram registradas em milímetros. Foi também mensurado o diâmetro horizontal da córnea (DC), por paquimetria digital. A biometria foi comparada entre olhos e espécies. Correlações entre o comprimento axial com o diâmetro da córnea e o peso foram verificadas. Houve diferença significativa entre o peso das duas espécies, sendo as corujas da espécie Athene cunicularia mais pesadas (154,6 \pm 10,3 g) do que as Megascops choliba (119,3 \pm 15, 7 g). Na comparação quanto da biometria entre os olhos direito (OD) e esquerdo (OE), não houve diferenças significativas em Athene cunicularia; nas Megascops choliba, observaram-se diferenças significativas nas medidas da CA (3,56 \pm 0,15 e 3,49 \pm 0,17 mm, respectivamente) e CV (8,45 ± 0,21 e 8,43 ± 0,2 mm, respectivamente). Na comparação dos valores biométricos entre os olhos das duas espécies, verificou-se diferença significativa em OD, nas medidas da L ($6,18 \pm 0,18$ e $5,15 \pm 1,67$ cm), maiores nas Athene cunicularia, e CV ($8,52 \pm 0,21$ e $9,14 \pm 0,71$ mm), superiores

nas Megascops choliba. Em OE, houve diferença nas medidas de CA $(3,49 \pm 0,17 \text{ e})$ $3,71 \pm 0.22$ mm), L (6,19 \pm 0,19 e 5,11 \pm 1,55 mm) e CV (8,43 \pm 0,20 e 9,15 \pm 0,67 mm), sendo CA e CV superiores nas Megascops choliba e a biometria da L maior nas Athene cunicularia. O diâmetro da córnea não diferiu entre os olhos e entre as espécies. A correlaçãos entre CAB e DC foi fraca em OD e muito forte em OE nas Athene cunicularia; nas Megascops choliba foi muito forte em OD e muito fraca em OE. A correlação da médias entre os olhos foi forte em Athene cunicularia e fraca em Megascops choliba. A correlação entre o CAB e peso foi fraca em Athene cunicularia e muito fraca em Megascops choliba. Conclui-se que a biometria por ultrassonografia ocular em modo B consistiu em exame factível e eficiente na obtenção de dados relativos as medidas dos olhos das duas espécies de corujas estudadas. Foi possível estabelecer os parâmetros biométricos de normalidade e verificar as particularidades entre as espécies, assim como as correlações entre o comprimento axial do olho com o diâmetro da córnea e o peso. Os resultados permitiram constatar que as diferenças entre as espécies, particularmente de medidas como comprimento axial do olho e diâmetro da córnea que têm sido relacionadas aos padrões de atividade em aves, não foram expressivas, indicando haver similaridade na conformação dos olhos entre as espécies Athene cunicularia e choliba, consideradas respectivamente como Megascops corujas diurnascrepusculares e noturnas.

Palavras-chave: Aves. Strigiformes. Ultrassonografia. Biometria. Olho.

ABSTRACT

CARVALHO, L. M. C. R. Comparison of ocular biometry by B-mode ultrasonography in burrowing owls (*Athene cunicularia*) and tropical screech owls (*Megascops choliba*). 2020 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) -Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Owls are birds of prey with hunting activities, belonging to the order Strigiformes and which have anatomical adaptations that assist in hunting. From nocturnal, daytime or twilight habits, they arouse interest due to their visual complexity. Aiming to contribute to knowledge in this area, this study wishes to compare eye biometrics and correlations with corneal diameter and body weight in two species of owls (Athene cunicularia and Megascops choliba) with different activity patterns and similar physical size. B-mode ultrasound examinations were performed on both eyes of 10 Athene cunicularia (burrowing owl) and 16 adult Megascops choliba (tropical screech owl), healthy and with no changes in the eyes and / or their attachments. Subsequently, biometric measurements were determined regarding axial length of the bulb (ALB), anterior chamber (AC), lens (L), vitreous chamber (VC) and pecten (P), which were recorded in millimeters. The horizontal corneal diameter (CD) was also measured by digital pachymetry. Biometrics were compared between eyes and species. Correlations between axial length and corneal diameter and weight were verified. There was a significant difference between the weight of the two species, owls of the Athene cunicularia species being heavier (154.6 \pm 10.3 g) than Megascops choliba (119.3 \pm 15, 7 g). When comparing the biometrics between the right (RE) and left (LE) eyes, there were no significant differences in Athene cunicularia; in Megascops choliba, but significant differences were observed in the measurement of AC (3.56 \pm 0.15 and 3.49 \pm 0.17 mm, respectively) and VC (8.45 \pm 0.21 and 8.43 \pm 0, 2 mm, respectively). When comparing the biometric values between the eyes of the two species, there was a significant difference in RE, in L measurements (6.18 \pm 0.18 and 5.15 \pm 1.67cm), greater in Athene cunicularia, and VC (8.52 ± 0.21 and 9.14 ± 0.71 mm), higher in *Megascops choliba*. In LE, there was a difference in the measures of CA (3.49 \pm 0.17 and 3.71 \pm 0.22 mm), L (6.19 \pm 0.19 and 5.11 \pm 1.55 mm) and VC (8.43 \pm 0.20 and 9.15 \pm 0.67 mm), with AC and VC being superior in Megascops choliba and the biometry of L major in Athene cunicularia. The corneal diameter did not differ between the eyes and between species. The correlation between ALB and CD was weak in RE and very strong in LE in Athene cunicularia; in Megascops choliba it was very strong in RE and very weak in LE. The correlation of the measurement between the eyes was strong in Athene cunicularia and weak in Megascops choliba. The correlation between ALB and weight was weak in Athene cunicularia and very weak in Megascops choliba. It was concluded that biometry by B-mode ocular ultrasound consisted of a feasible and efficient examination in obtaining data regarding the measurements on the eyes of the two species of owls in the studied. It was possible to establish the biometric parameters of normality and to verify the particularities between the species, as well as the correlations between the axial length of the eye with the corneal diameter and the weight. The results showed that the differences between species, particularly in measurements such as axial length of the eye and corneal diameter, which have been related to activity patterns in birds, were not expressive, indicating a similarity in the conformation of the eyes between the species Athene cunicularia and Megascops choliba, considered respectively as day-twilight and night owls.

Keywords: Birds. Strigiformes. Ultrasonography. Biometry. Eye.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variações do formato do olho das aves: achatado, globoso ou tubular
Figura 2 – Representação esquemática de corte sagital do olho de coruja em
formato tubular e suas estruturas(A); Imagens fotográficas de cortes sagitais de
olhos de coruja-buraqueira (<i>Athene cunicularia</i>) (B) e corujinha-do-mato (<i>Megascops</i>
choliba) (C)
Figura 3 – Coruja-buraqueira (Athene cunicularia): vista frontal (A) e lateral (B)
Figura 4 – Corujinha-do-mato (<i>Megascops choliba</i>): vista frontal (A) e lateral (B)
Figura 5 - Transdutor linear L18-5 (A); gel condutor aplicado sobre o transdutor (B);
aparelho de ultrassonografia Phillips modelo Affiniti 70 [®] (C)
Figura 6 - Realização do exame ultrassonográfico nos olhos direito de uma coruja-
buraqueira (Athene cunicularia) (A) e de uma corujinha-do-mato (Megascops
choliba) (B)
Figura 7 – Biometria ultrassonográfica do olho direito de uma corujinha-do-mato
(Megascops choliba) nos cortes axiais horizontal (A) e vertical (B) com as medidas
do comprimento axial do bulbo (seta vermelha), profundidade da câmara anterior
(seta verde), espessura da lente (seta amarela) e profundidade da câmara vítrea
(seta azul) 46
Figura 8 – Biometria ultrassonográfica do olho direito (OD) de uma coruja-buraqueira
(Athene cunicularia) em corte axial horizontal (AH), com as medidas: (A)
comprimento axial do bulbo (seta vermelha), (B) profundidade da câmara anterior
(seta verde), (C) espessura da lente (seta amarela) e (D) profundidade da câmara
vítrea (seta azul)
Figura 9 – Biometria ultrassonográfica do pécten (P) no olho direito (OD) de uma
coruja-buraqueira (Athene cunicularia) no plano transversal em 6 horas (A) e
avaliação da vascularização do pécten com modo doppler colorido (B) 47
Figura 10 – Paquímetro digital 100.179D [®] (A). Mensuração do diâmetro da córnea
por paquimetria no olho esquerdo de uma coruja-buraqueira (Athene cunicularia) (B).
Imagem correspondente à mensuração do diâmetro da córnea (seta vermelha) no
olho esquerdo de uma corujinha-do-mato (Megascops choliba) (C) 48

Figura 20 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) dos olhos esquerdos das corujas-Figura 21 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) dos olhos direitos das corujinhas-do-Figura 22 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo em (milímetros) dos olhos esquerdos das corujinhas-do-Figura 23 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) entre os olhos direito e esquerdo das corujas-buraqueiras (Athene cunicularia)61 Figura 24 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) entre os olhos direito e esquerdo das corujinhas-do-mato (Megascops choliba) 61 Figura 25 – Representação gráfica da correlação entre o peso (em gramas) e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) de ambos os olhos das 10 corujas-Figura 26 – Representação gráfica da correlação entre o peso (em gramas) e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) de ambos os olhos das 16 corujinhas-

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios e respectivos desvios-padrão, valores minimos e máximos (em milimetros) relativos ao comprimento axial do bulbo, à profundidade da câmara anterior, à espessura da lente, à profundidade da câmara vítrea e ao comprimento do pécten dos olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras Tabela 2 - Comparação dos valores médios e respectivos desvios-padrão (em milimetros) relativos ao comprimento axial do bulbo, à profundidade da câmara anterior, à espessura da lente, à profundidade da câmara vítrea e ao comprimento do pécten entre os olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (Athene Tabela 3 - Comparação dos valores médios e respectivos desvios-padrão (em milimetros) relativos ao comprimento axial do bulbo, à profundidade da câmara anterior, à espessura da lente, à profundidade da câmara vítrea e ao comprimento do pécten dos olhos direito e esquerdo entre as 10 corujas-buraqueiras (Athene cunicularia) e as 16 corujinhas-do-mato (Megascops choliba), com valor de p 57 Tabela 4 – Valores médios e respectivos desvios-padrão (em milimetros) do diâmetro da córnea dos olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (Athene

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- cm centímetros
- g gramas
- % por cento
- ° graus
- kHz quilohertz
- MHZ mega-hertz
- n° número
- ® marca registrada
- mm milímetros
- < menor
- FMVZ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
- USP Universidade de São Paulo
- \pm mais ou menos
- W-teste de Wilcoxon
- p nível de significância
- t teste de T
- df graus de liberdade
- CAB comprimento axial do bulbo
- CA câmara anterior
- L lente
- CV câmara vítrea
- P pécten
- = igual
- S correlação de Spearman
- r coeficiente de correlação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	CORUJAS	20
2.1.1	Coruja-buraqueira – <i>Athene cunicularia</i>	21
2.1.2	Corujinha-do-mato – <i>Megascops choliba</i>	23
2.2	OLHOS E ANEXOS OCULARES EM AVES	24
2.3	VISÃO NAS CORUJAS	30
2.4	ULTRASSONOGRAFIA OCULAR	32
2.4.1	Particularidades da ultrassonografia ocular em corujas	38
3	OBJETIVOS	41
4	MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1	ASPECTOS ÉTICOS	42
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	42
4.2.1	Animais	42
4.2.2	Ultrassonografia ocular	44
4.2.2.1	Biometria ocular	46
4.2.3	Diametro da córnea	48
4.2.4	Análise estatística dos dados	49
5	RESULTADOS	50
5.1	BIOMETRIA OCULAR À ULTRASSONOGRAFIA EM MODO B	51
5.1.1	Comparação entre os olhos para cada espécie	53
5.1.2	Comparação entre os olhos entre as duas espécies	57
5.2	DIÂMETRO DA CÓRNEA À PAQUIMETRIA	57
5.3	CORRELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO AXIAL DO BULBO E DI	AMETRO
	DA CÓRNEA	58
5.4	CORRELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO AXIAL DO BULBO E PE	SO62
6	DISCUSSÃO	63
7	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICES	78

1 INTRODUÇÃO

As corujas pertencem à ordem Estrigiformes, sendo classificadas como aves de rapina, para as quais as atividades de caça são fundamentais para a sobrevivência. Apresentam adaptações que auxiliam nesta função, como visão e audição mais apuradas, sendo dependentes da integridade destes sentidos.

A visão aguçada é propiciada, principalmente, pela conformação dos olhos e de estruturas relacionadas que é relacionada às necessidades do animal e dependentes do tipo de habitat em que vivem. Diferenças entre o sistema visual e a conformação dos olhos entre aves de hábitos diurnos, crepusculares e noturnos vêm sendo descritas. Características como diâmetro da córnea e comprimento axial do olho maiores têm sido reportadas nas aves com padrão de atividade noturno.

Corujas das espécies Athene cunicularia e Megascops choliba são comuns no Brasil, sendo classificadas, na literatura especializada, como aves de hábitos diurnocrepuscular e noturno, respectivamente. Em decorrência da preocupação crescente com a preservação das espécies e manutenção da biodiversidade, avaliações cuidadosas destes animais, incluindo oftálmica, tornam-se uma demanda cada vez mais comum e frequente, principalmente para determinar se poderá ocorrer a reintrodução à vida livre ou haverá necessidade de manutenção em cativeiro.

O exame oftálmico completo das aves deve incluir avaliação ultrassonográfica objetivando-se verificar a normalidade ou detectar alterações no olho e suas estruturas que comprometam a visão. Nas corujas, os são olhos grandes e posicionados frontalmente. Estas características possibilitam a visão em condições de baixa luminosidade, já que esta ordem contém espécies com hábitos crepusculares e noturnos, mas também favorecem a ocorrência de lesões traumáticas, muitas das quais envolvendo o segmento posterior.

Neste contexto, os objetivos deste estudo consistiram em estabelecer e comparar parâmetros de biometria ocular em duas espécies de corujas com padrões de atividade diferentes e porte físico similar, visando-se obter valores de normalidade, os quais possibilitarão conhecer melhor os hábitos destas espécies e, ainda, auxiliar no diagnóstico de afecções oculares.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CORUJAS

As corujas constituem um grupo de aves com padrões anatômicos, morfológicos e comportamentais característicos. São consideradas aves de rapina ou rapinantes que são aves carnívoras com adaptações para a caça ativa, como o bico adunco e afiado, as garras vigorosas, o voo silencioso e visão e audição aguçadas (MENQ, 2018). A palavra rapina tem origem no latim (*rapio*) e significa "arrebatar, arrancar, tomar a força, roubar, raptar" (REZENDE; BIANCHET, 2014), sendo relacionada ao modo de obtenção do alimento destas espécies (MENQ, 2018).

As corujas, assim como os mochos e caburés, pertencem à Ordem Strigiformes que se divide em duas famílias: Tytonidae e Strigidae (MENQ, 2018; WINK et al., 2009). A família Tytonidae é composta pelas subfamílias Tytoninae e Phodilinae (WINK et al., 2009) e alberga 19 espécies, das quais somente a *Tyto furcata* (suindara) ocorre no Brasil (PIACENTINI et al., 2015; MENQ, 2018). A família Strigidae apresenta estrutura mais complexa, sendo formada por três subfamílias - Striginae; Asioninae e Surniinae (WINK et al., 2009) e mais de 200 espécies, sendo 22 delas reportadas no Brasil (PIACENTINI et al., 2015; MENQ, 2018).

Existe uma grande variabilidade quanto ao porte das corujas. Considerandose as espécies brasileiras, por exemplo, os caburés podem medir 14 a 15 cm e pesar aproximadamente 60 g, enquanto os jacurutus (*Bubo virginianus*) medem de 45 a 60 cm e tem peso de 1 a 2,5 kg (MENQ, 2018). Apresentam dimorfismo sexual relativo ao porte, não tão evidente quanto nos Falconiformes (SOARES et al., 2008). O tamanho entre os sexos é similar, sendo as fêmeas mais pesadas (MENQ, 2018).

Em relação à plumagem, a coloração críptica é predominante. Usualmente, exibem cores e padrões (estrias, barrados) que se assemelham a elementos do seu habitat, como galhos, troncos e folhagens. Este tipo de plumagem possibilita sua camuflagem, principalmente diurna, evitando problemas com predadores e também assédio ou comportamento de tumulto de passeriformes (MENQ, 2018).

De modo geral, as diversas espécies de corujas apresentam características comuns, favoráveis à caça, especialmente em condições de baixa luminosidade. Olhos grandes posicionados frontalmente propiciam visão binocular, porém, com

menor campo de visão periférica. Para ampliar o campo visual, possuem a capacidade de girar a cabeça em até 270°, em decorrência do maior número de vértebras cervicais comparativamente a outros vertebrados. A audição é bastante desenvolvida e duas aberturas auditivas assimétricas com discos faciais propiciam a localização precisa da presa pelos sons emitidos, facilitando sua detecção. A estrutura das rêmiges resulta em um voo silencioso, sem interferência na orientação acústica durante a caça e também dificulta a detecção do predador pela presa. Outra característica do grupo é a possibilidade de girar levemente o quarto dedo para trás, durante a investida em uma presa, auxiliando o hálux na sua imobilização (SOARES et al., 2008).

Apesar de serem consideradas aves de hábitos noturnos, somente 30% das corujas são estritamente notívagas, o restante apresenta padrões de atividade crepusculares ou catemerais a diurnos (GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ et al., 2013).

As corujas estão presentes em quase todos os continentes, com exceção da Antártida, tendo origem provavelmente no Velho Mundo (SICK, 1997; MENQ, 2018). Tem sido observadas em praticamente todos os habitats, como florestas, desertos, campos, pradarias, savanas, áreas montanhosas e áreas urbanas (MENQ, 2018).

Assim como as demais aves de rapina, as corujas são consumidores do topo da cadeia alimentar (SANT'ANA; DINIZ-FILHO, 1999), desempenhando papel relevante no controle de insetos e roedores em áreas agricultáveis e urbanas (SANTOS et al., 2017). Por serem predadores, são bastante sensíveis à degradação e contaminação ambientais, sendo úteis ao monitoramento das condições de seus habitats (SANT'ANA; DINIZ-FILHO, 1999; SANTOS et al., 2017). A perda de predadores de topo de cadeia pode gerar efeitos drásticos sobre a estrutura dos habitats, não somente em relação às presas como também à vegetação. Portanto, a preservação destes animais é essencial para manutenção da biodiversidade (SANT'ANA; DINIZ-FILHO, 1999).

2.1.1 Coruja-buraqueira - *Athene cunicularia* (MOLINA, 1782)

A coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) pertence à Família Strigidae e à Subfamília Surniinae (WINK, 2009). É a coruja mais conhecida e abundante do Brasil, sendo denominada também coruja-mineira, corujinha-do-buraco, coruja-do-campo, coruja-cupinzeira, caburé, caburé-do-campo, capotinha, guedé, urucuera,

urucuréia e urucuriá (WENG, 2018; WIKIAVES, 2019). Seu nome científico tem origem nas palavras *Athene* (divindade grega Atena) e *cunicularius/cuniculus* (latim) que significa mina, mineiro, túnel, passagem subterrânea, sendo chamada coruja mineira ou coruja que cava túneis por cavar buracos no solo (WIKIAVES, 2019).

Sua distribuição geográfica nas Américas é ampla, ocorrendo desde o Canadá e Estados Unidos até o extremo sul da América do Sul, incluindo todo o Brasil. Habita áreas abertas ou semiabertas como campos naturais, cerrado, restinga em praias, encostas de montanhas, pastagens em áreas rurais, gramados e terrenos baldios em áreas urbanas (SICK, 1997; MENG, 2018); usualmente ausente em áreas densamente florestadas. Apresenta baixo risco de extinção (MENG, 2018); com poucos predadores naturais, a principal ameaça à sua sobrevivência é a destruição do seu habitat natural (SICK, 1997).

É comumente observada empoleirada em mourões de cerca, fios, postes, montes de terra ou no solo próximo ao ninho (MENG, 2018), possuindo o hábito de ficar apoiada sobre uma das pernas (WIKIAVES, 2019). Utiliza buracos para assentamento, descanso, refúgio diurno e nidificação. Pode cavar seus próprios buracos com os pés e o bico, mas, prefere readaptar buracos abandonados por outros animais como tatus. Manifesta vocalização frequente e, a qualquer sinal de perigo, emite um som alto, forte e estridente (MENG, 2018; WIKIAVES, 2019).

Trata-se de uma espécie terrícola com hábitos diurnos e noturnos, sendo ativa principalmente durante o crepúsculo. Sua dieta é composta principalmente por insetos, aranhas e outros invertebrados e, em menor quantidade, por roedores, morcegos, répteis e anfíbios (SANTOS et al., 2017; MENG, 2018).

São aves de pequeno porte, com média de 19 a 29 cm de comprimento e 110 a 285 g. Não apresentam dimorfismo sexual evidente e, diferente da maioria das corujas, os machos são um pouco maiores que as fêmeas (MENG, 2018; WIKIAVES, 2019). Os adultos exibem plumagem de coloração amarronzada (com tons avermelhados em solos de terra roxa), com peito de cor creme e detalhes em marrom ou castanho (barrado e estrias). Possuem cabeça arredondada, sem penachos, com sobrancelhas brancas ou creme, olhos com íris amarela, dedos e tarsos amarelo-pálido e bico amarelo-marfim. Os filhotes apresentam peito creme, sem barrado ou estrias, cabeça marrom sem marcações na testa e nem sobrancelhas claras (MENG, 2018). As fêmeas usualmente são mais escuras que os machos (WIKIAVES, 2019).

2.1.2 Corujinha-do-mato - *Megascops choliba* (VIEILLOT, 1817)

A corujinha-do-mato (*Megascops choliba*) pertence à Família Strigidae e à Subfamília Striginae (WINK, 2009). É conhecida também como coruja-do-mato ou caburé-de-orelha. Seu nome científico tem origem nos termos gregos *megas* (grande) e *scops* (gênero) e *choliba* que significa coruja em aragonês (WIKIAVES, 2019).

Relativamente à sua distribuição geográfica, é referida na América Central, desde a Costa Rica, e América do Sul. Presente em todos os estados do Brasil. Ocorre em savanas, matas de galeria, clareiras e bordas de matas, áreas semiabertas com árvores esparsas, parques urbanos e áreas residenciais com boa arborização. Não é habitualmente vista no interior de florestas densas. Apresenta baixo risco de extinção (MENG, 2018).

É uma das corujas mais comuns em cidades, parques urbanos e fazendas (WIKIAVES, 2019). Possui hábitos noturnos, tornando-se ativa logo no início da noite. Durante o dia, refugia-se em fendas, buracos ou folhagens densas das árvores. Durante a noite, pode ser observada pousada em galhos baixos de árvores, arbustos nas margens de estradas, mourões de cercas ou fios de eletricidade. Nidifica em ninhos abandonados, cavidades e ocos de árvores (MENG, 2018).

Sua dieta é constituída principalmente por insetos e, em ambientes urbanos, os capturam nas proximidades de postes de iluminação. Também alimentam-se de aracnídeos e minhocas. Ingerem, com menos frequência, pequenos vertebrados como camundongos, anuros, cobras, morcegos e pequenas aves (MENG, 2018; WIKIAVES, 2019). Sua vocalização mais característica é um piar acelerado, ascendente, emitido com grande frequência no escurecer, mas também ouvida de madrugada (MENG, 2018; WIKIAVES, 2019). Esta vocalização auxilia na identificação da espécie (MENG, 2018).

São corujas pequenas, com 17 a 30 cm de comprimento e peso entre 80 a 196 g. Descrevem-se dois padrões da plumagem: cinza e ferrugíneo. Os adultos, no padrão cinza, possuem a face cinza contornada com preto, peito cinza com estrias e finas listras transversais e dorso cinza-amarronzado com manchas escuras. No ferrugíneo, apresentam plumagem marrom-avermelhada no dorso e ventre. Caracterizam-se, ainda, pela presença de dois tufos de penas no alto da cabeça e

olhos com íris amarelada. Os filhotes são mais claros e não tem os tufos de penas na cabeça (MENG, 2018; WIKIAVES, 2019).

2.2 OLHO E ANEXOS OCULARES EM AVES

O olho é o órgão sensorial responsável pela visão (KERN; COLITZ, 2013) e as aves apresentam olhos adaptados aos seus hábitos e às suas atividades (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007). Os olhos das aves são relativamente grandes quando comparados a outros vertebrados; em alguns rapinantes, os olhos ocupam mais que 50% do volume craniano (WALDVOGEL, 1990; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; LABELLE et al., 2012).

As aves possuem olhos com formatos variáveis, podendo ser achatados ou planos, arredondados ou globosos e tubulares (Figura 1) (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; KERN, COLITZ, 2013). A forma e o tamanho dos olhos são relativos ao padrão de atividade do animal (HALL; ROSS, 2007). Os olhos planos são característicos da maioria das aves de hábitos diurnos com cabeça estreita. Os arredondados são típicos de aves de rapina diurnas e os tubulares das noturnas, como as corujas. Nas corujas, o olho com formato tubular apresenta segmento posterior maior que o anterior e semelhante a um tubo (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). O formato é mantido pela presença de cartilagem e ossículos na esclera (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; PIERCE JR.; WARD, 2007; KERN; COLITZ, 2013).

Hall e Ross (2007) e Lisney et al. (2012) constataram diferenças significativas na forma dos olhos entre aves com atividades diurna, crepuscular catemeral e noturna (incluindo corujas), analisando a correlação entre o diâmetro da córnea e eixo axial do olho (usando o logaritmo comum da razão diâmetro:eixo). Observaram proporções maiores na razão diâmetro:eixo nas aves noturnas comparativamente às diurnas; as crepusculares e catemerais apresentaram valores intermediários.

Os olhos das aves são inseridos em órbitas ósseas largas, pouco profundas e incompletas, separadas por uma estrutura óssea fina ou um septo de tecido conjuntivo (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; WILLIAMS, 2012). As órbitas são formadas pelos ossos frontal, pré-frontal, esfenoide, mesetmoide, palatino, quadrado

e jugal (arco jugal). Nas regiões dorsal e temporal, o olho não é protegido por órbita óssea (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007).



Figura 1 – Variações do formato do olho das aves em três tipos: achatado, globoso ou tubular

Fonte: WALDVOGEL (1990).

As aves possuem pálpebras superior e inferior móveis, com maior mobilidade da inferior (que contém uma placa tarsal fibroelástica), permitindo maior cobertura da superfície ocular ao piscar. (WILLIS; WILKIE, 1999; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Podem ou não serem recobertas por penas (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Penas modificadas com função sensorial e de proteção são observadas próximas à margem palpebral (WILLIAMS, 1994; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007), sendo denominadas filoplumas (RODARTE-ALMEIDA et al., 2013).

A terceira pálpebra é bem desenvolvida, sendo, contudo, muito delgada e quase transparente na maioria das espécies (WILLIS; WILKIE, 1999; WILLIAMS, 2012; KERN; COLITZ, 2013) e, branca e opaca, em outras (WILLIS; WILKIE, 1999; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007) como nas corujas (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007) como nas corujas (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; RODARTE-ALMEIDA et al., 2013). Sua movimentação tem controle voluntário, ocorrendo ao piscar (WILLIAMS, 1994) e, também, em resposta à ameaça (WILLIAMS, 1994; 2012; KERN; COLITZ, 2013). A direção na qual ela se

move é variável nas diferentes espécies, nos sentidos dorsolateral a ventromedial e dorsomedial para ventrolateral (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007).

A margem livre da terceira pálpebra contém uma prega ou dobra pigmentada que auxilia na distribuição do filme lacrimal sobre a superfície ocular (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). O filme lacrimal é produzido principalmente pela glândula de Harder, situada na base da terceira pálpebra (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; STOREY et al., 2009; KERN, COLITZ, 2013). A glândula lacrimal é ausente em corujas e pinguins, estando localizada na região ventrolateral do olho (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; STOREY et al., 2009). As aves não possuem glândulas de Meibômio (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; WILLIAMS, 2012; KERN; COLITZ, 2013). A lágrima é drenada pelos pontos lacrimais inferior e superior e, depois, pelos ductos nasolacrimais até a cavidade nasal (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007).

A musculatura extraocular é pouco desenvolvida, sendo constituída por quatro músculos retos (dorsal, ventral, lateral e medial) e dois músculos oblíquos (dorsal e ventral), além dos músculos piramidal e quadrado, responsáveis pela movimentação da terceira pálpebra (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; PLOCHOCKI et al., 2018). Esta musculatura tênue limita a movimentação do bulbo (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; WILLIAMS, 2012) que é compensada por movimentos da cabeça (WILLIS; WILKIE, 1999; PLOCHOCKI et al., 2018).

A túnica fibrosa do olho é composta anteriormente pela córnea e posteriormente pela esclera (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Nas aves, a esclera contém cartilagem hialina e ossículos (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; LIMA et al., 2009). Os ossículos formam um anel ósseo no equador do olho, região intermediária e de junção dos segmentos anterior e posterior (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; LIMA et al., 2009). O total de ossículos varia de dez a 18 (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; LIMA et al., 2009). O total de ossículos varia de dez a 18 (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; LIMA et al., 2009; KERN; COLITZ, 2013); em algumas espécies de corujas, incluindo *Athene cunicularia*, variaram de 15 a 16 (LIMA et al., 2009). Esses ossículos conferem proteção e

manutenção do formato do olho diante de possíveis deformações durante voo e mergulho. Também são o ponto de origem dos músculos ciliares e parecem estar implicados no mecanismo de acomodação visual (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; LIMA et al., 2009).

A córnea das aves, assim como a de outros vertebrados, é transparente e avascular, sendo mais delgada que as de outras espécies (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Possui cinco camadas: epitélio estratificado escamoso não queratinizado, membrana de Bowman, estroma (90% da espessura), membrana de Descemet e endotélio. A membrana de Bowman é inexistente na córnea de mamíferos (WILLIS; WILKIE, 1999; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; WILLIAMS, 2012; KERN; COLITZ, 2013). Suas funções são manutenção do formato do olho, transmissão e refração da luz e acomodação (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007).

Íris, corpo ciliar e coroide constituem a túnica uveal ou úvea (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). A íris das aves é fina (WILLIAMS; 2012), com coloração variada que depende do tipo e da quantidade de pigmentos e da sua vascularização (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Sua coloração pode estar relacionada à espécie, à idade e ao sexo (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; WILLIAMS, 2012, sendo mais comum a marrom, porém, pode apresentar outras cores (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007). A íris contém quantidade abundante de fibras de musculatura estriada comparativamente às lisas (RAMER et al., 1996; LOERZEL et al., 2002; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; BARSOTTI et al., 2010a), além de vasos sanguíneos, células epiteliais, fibroblastos e nervos (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Deve apresentar superfície lisa e homogênea (WILLIS; WILKIE, 1999).

A íris atua como um diafragma, controlando a entrada de luz ao segmento posterior por sua contração ou dilatação. Em decorrência da musculatura estriada, as aves apresentam controle voluntário do diâmetro pupilar, com alterações mais significativas e rápidas no tamanho e formato das pupilas do que nos mamíferos. As aves (exceto as do gênero *Rynchops*) possuem pupilas circulares ou arredondadas (LIND; KELBER; KRÖGER, 2008; BANKS et al., 2015), as quais permitem a comunicação entre as câmaras anterior e posterior do olho (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Podem apresentar respostas pupilares diretas mediante estímulo luminoso, mas não resposta indireta ou consensual devido à decussação completa das fibras do nervo óptico no quiasma (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA;

TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Anisocoria discreta pode ser normal nas aves (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007).

Dentre as principais funções do corpo ciliar, estão a produção do humor aquoso pelos processos ciliares e, pela ação dos músculos ciliares, a acomodação (corneana e lenticular) e drenagem do humor aquoso. Nas aves, a musculatura ciliar é estriada, sendo composta pelos músculos de Crampton, Muller e Bruck (SAADATLOU; SHAHROUZ, 2016). A drenagem do humor aquoso ao seio venoso escleral ou canal de Schlemm ocorre no ângulo iridocorneano, através dos ligamentos pectinados (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). O ângulo iridocorneano é bem desenvolvido nas aves (WILLIAMS, 1994; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; KERN; COLITZ, 2013).

A lente apresenta variação de formato nas aves, sendo mais esférica nas de hábitos noturnos e achatada anteriormente nas diurnas. É mais macia e flexível que a dos mamíferos devido ao desenvolvimento mais lento de suas fibras, o que confere maior rapidez no processo de acomodação. Sua cápsula é relativamente fina (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Uma almofada em forma de anel está presente abaixo da cápsula, na região equatorial (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007); entre a almofada e o corpo ou núcleo central da lente há uma câmara (espaço lenticular) repleta de fluido (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). A almofada consiste em um arranjo radial de fibras mais largas da lente, capazes de suportar a pressão aplicada durante a acomodação, havendo correlação entre o seu tamanho e a capacidade de acomodação. A acomodação, nas aves, envolve contração da musculatura ciliar, alteração na curvatura da córnea e deformação com deslocamento anterior da lente (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007).

A lente é mantida na posição pelo vítreo, pelas zônulas (originadas nos processos ciliares e fixas à almofada anular) e pela íris. Fica encaixada na fossa patelar, superfície côncava anterior do vítreo adjacente à cápsula posterior da lente. O vítreo, transparente e gelatinoso, participa na transmissão da luz, manutenção do formato do olho e da aposição da retina. Ocupa aproximadamente dois terços do volume do olho, está firmemente aderido à cápsula posterior da lente e à periferia do nervo óptico (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007).

A retina das aves é composta pelas mesmas camadas que a dos demais vertebrados (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Os tipos de fotorreceptores e sua

distribuição variam, referindo-se cones, cones duplos com gotículas de óleo e bastonetes (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; KERN; COLITZ, 2013). As gotículas de óleo ampliam o espectro de cores e protegem contra as radiações ultravioletas (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Os cones são predominantes, exceto na retina de aves de hábito noturno, e se concentram na fóvea (RUGGERI et al., 2010).

As aves podem ser afoveadas ou possuir uma ou duas fóveas (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; RUGGERI et al., 2010; WILLIAMS, 2012; KERN; COLITZ, 2013; RAUSCHER et al., 2013). Presumese que, na vigência de duas fóveas, uma seria utilizada na visão mais próxima e a outra para visão à distância (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; WILLIAMS, 2012). As corujas tem apenas uma fóvea com formato elíptico (BRINGMANN, 2019), localização temporal e prevalência de bastonetes (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; RUGGERI et al., 2010; RAUSCHER et al., 2013).

A retina das aves é avascular ou anangiótica (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; RUGGERI et al., 2010; WILLIAMS, 2012; KERN; COLITZ, 2013; RAUSCHER et al., 2013) e desprovida de tapete (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; WILLIAMS, 2012; KERN; COLITZ, 2013). A ausência de vasos minimiza a dispersão da luz e favorece sua transmissão aos fotorreceptores (RUGGERI et al., 2010). A retina avascular é nutrida pela coroide (WILLIS; WILKIE, 1999; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; KERN; COLITZ, 2013) e pelo pécten (BRACH, 1977; WILLIS; WILKIE, 1999; JONES; PIERCE JR.; UARD, 2007; KERN; COLITZ, 2013) e pelo pécten (BRACH, 1977; WILLIS; WILKIE, 1999; JONES; PIERCE JR.; UARD, 2007; DAYAN; OZAYDIN, 2013; KERN; COLITZ, 2013; RAUSCHER et al., 2013). O disco óptico, oval e alongado, dificilmente é visível à oftalmoscopia devido à presença do pécten (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007).

O pécten é uma estrutura vascular não sensorial densamente pigmentada (coloração marrom ou preta) que emerge da retina, projetando-se do nervo óptico em direção ao vítreo (BRACH, 1977; WILLIAMS, 1994; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; KERN; COLITZ, 2013). Apresenta três formatos: cônico (em kiwis marrons); de ventoinha (em avestruzes e emas) e pregueado na (maioria das aves neognatas) (KIAMA et al., 2006). Apresenta pregas macro e microscópicas (BRACH, 1977; WILLIAMS, 1994; BAYÓN et al., 2007; JONES et al., 2007) que aumentam sua superfície (BRACH, 1977).

Aves de hábitos diurnos possuem esta estrutura mais desenvolvida e com maior número de pregas (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; RUGGERI et al., 2010).

Dentre as funções atribuídas ao pécten, incluem-se, ainda, o fornecimento de oxigênio à retina (BRACH, 1977; WILLIAMS, 1994; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007), a atuação na manutenção do equilíbrio acidobásico e de temperatura intraocular constante (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007), participação na produção dos fluidos intraoculares e sua circulação através de deslocamento do vítreo (WILLIAMS, 1994; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007), participação na produção dos fluidos intraoculares e sua circulação através de deslocamento do vítreo (WILLIAMS, 1994; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007) e composição de parte da barreira hematorretiniana (DAYAN; OZAYDIN, 2013).

Em aves, um fundo de olho normal geralmente possui coloração em tons de marrom ou cinza relacionada à intensidade da pigmentação da plumagem. Dependendo da quantidade de pigmento, pode-se visualizar vasos da coroide e da esclera (DAVIDSON, 1997). As aves não possuem tapete (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; KERN; COLITZ, 2013).

2.3 VISÃO NAS CORUJAS

As aves são altamente dependentes da visão e muitas tem os maiores olhos em relação ao tamanho do corpo do que qualquer outra classe de vertebrados terrestres, reforçando o papel deste sentido como a principal interface sensorial desses animais com seus ambientes (HALL; ROSS, 2007). A visão é essencial para alimentação, reprodução e voo, dentre outros aspectos da sobrevivência (BAYON; ALMELA; TAVALERA, 2007; BECKWITH-COHEN et al., 2015); quaisquer alterações na visão afetarão esses comportamentos (HOLT; LAYNE, 2008).

As aves possuem olhos simples, como os demais vertebrados, ocorrendo a entrada da luz e sua refração pela córnea e lente para a projeção de uma imagem na retina. A morfologia e as propriedades ópticas destes elementos determinam o direcionamento da luz através do olho e também o tamanho e a qualidade da imagem formada (HALL; ROSS, 2007). A anatomia ocular é bastante variável, principalmente entre as aves de hábitos diurnos e noturnos, como as corujas (BECKWITH-COHEN et al., 2015). As aves diurnas têm olhos que propiciam maior acuidade visual e, nas noturnas, os olhos favorecem a sensibilidade à luz (HALL; ROSS, 2007).

Os olhos grandes com alto grau de visão binocular e retina com maior quantidade de bastonetes do que cones, como os das corujas, provavelmente tem por finalidade auxiliar na captação da luz ambiente em condições de pouca luminosidade. Os olhos das corujas apresentam córneas com diâmetros grandes, o que permite que tenham também pupilas maiores, favorecendo assim a entrada de luz (WALDVOGEL, 1990; LISNEY et al., 2012). A predominância de bastonetes favorece também a detecção de forma e movimento (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007). Acredita-se que as corujas devem enxergar com predominância de tons em branco e preto (HOLT; LAYNE, 2008; LISNEY et al., 2012).

Estudos com algumas espécies de corujas evidenciaram que tanto as diurnas quanto as noturnas possuíam olhos relativamente grandes, órbitas convergentes, campo visual binocular amplo e forame óptico relativamente pequeno comparativamente a aves de outras espécies. Tais características permitem supor que todas as corujas sejam descendentes de um ancestral noturno (HALL; IWANIUK; GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ, 2009. HEESY; HALL, 2010; GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ et al., 2013).

Considera-se que as corujas tenham os olhos mais frontais entre as aves, propiciando assim um campo visual binocular amplificado (MARTIN, 1985; 2009) e visão estereoscópica (RODRIGUEZ et al., 2016; MARTIN, 2017). O campo visual total tem aproximadamente 110°, dos quais 70° são relativos à visão binocular (RODRIGUEZ et al., 2016). Nas corujas, esta posição frontal e consequente binocularidade, podem ser devido à presença de estruturas auditivas externas grandes e elaboradas, as quais juntamente com os olhos precisam ser acomodadas em um crânio relativamente pequeno. A audição apurada complementa a visão nas atividades de caça (MARTIN, 2009; 2012).

O olho grande, em formato tubular (Figura 2) permite uma visão mais precisa e efetiva, já que além de um maior diâmetro da córnea (que possibilita maior captação e refração da luz à retina), apresenta um eixo axial longo visando obter a máxima acuidade visual possível para um olho com configuração escotópica (PLOCHOCKI et al., 2018). Contudo, estas características associadas ao ajuste na órbita limitam excessivamente a mobilidade ocular (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; MARTIN, 2009; PLOCHOCKI et al., 2018). Para compensar esta imobilidade e ampliar o campo de visão, as corujas utilizam os movimentos da cabeça (JONES; PIERCE JR.; WARD, 2007; PLOCHOCKI et al., 2018), que pode girar aproximadamente 270º (BRINGMAN, 2019).

Figura 2 – Representação esquemática de corte sagital do olho de coruja em formato tubular e suas estruturas (A); Imagens fotográficas de cortes sagitais de olhos de coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) (B) e corujinha-do-mato (*Megascops choliba*) (C)



Fontes: (A) www.owlpages.com (2019); (B) e (C) CARVALHO (2020).

2.4. ULTRASSONOGRAFIA OCULAR

A ultrassonografia ocular é uma técnica importante na avaliação do olho e da órbita (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PENNINK et al., 2001). O uso do ultrassom para diagnóstico em Oftalmologia foi descrito, pela primeira vez, nos relatos de Mundt e Hughes sobre ultrassonografia em modo A, em 1956, e de Baum e Greenwood referente ao modo B, em 1958 (apud SILVERMAN, 2009). Na medicina veterinária, a ultrassonografia ocular tem sido empregada desde 1968 (MATTON; NYLAND, 2014).

A ultrassonografia é útil para a avaliação oftálmica por ser um exame acessível, de baixo custo, seguro, não invasivo e que usualmente pode ser realizado sem sedação (LORENTE-RAMOS et al., 2012; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012; GALLHOEFER et al., 2013) por ser relativamente indolor (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). O exame permite obter imagens em tempo real (SILVERMAN, 2009; LORENTE-RAMOS et al., 2012) e obter informações relativas à biometria, morfologia e vascularização (PENNINK et al., 2001).

As principais indicações para realização da ultrassonografia ocular são: avaliação de estruturas intraoculares na ocorrência de opacificação de meios transparentes (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PENNINK et al., 2001; SILVERMAN, 2009: LORENTE-RAMOS et al., 2012; PERLMANN; SÁ: SQUARZONI, 2012), hifema e hemorragia vítrea (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; LORENTE-RAMOS et al., 2012); miose extrema que dificulte ou impeça a avaliação fundoscópica (LORENTE-RAMOS et al., 2012); massas intraoculares (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; LORENTE-RAMOS et al., 2012; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012) e exoftalmia (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001). A ultrassonografia também é indicada para biometria das estruturas intraoculares e orbitárias (COTTRILL; BANKS; PECHMAN, 1989; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Dentre as contraindicações, que são escassas, a principal é a suspeita de ruptura do olho causada por trauma ou cirurgia recente, que pode resultar em extrusão do conteúdo ocular (LORENTE-RAMOS et al., 2012).

A ultrassonografia consiste no uso de ondas sonoras de altas frequências não perceptíveis à audição humana que é de aproximadamente 25 kHz (SILVERMAN, 2016); em medicina são utilizadas frequências entre 7,5 a 50 MHz (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). As ondas são direcionadas ao tecido por um transdutor piezoelétrico e após atingirem interfaces com diferentes densidades, são refletidas de volta ao aparelho sob a forma de ecos que são captados, amplificados e processados para serem transformados em imagens ultrassonográficas (TUNTIVANICH et al., 2007).

A transmissão do ultrassom através dos tecidos varia conforme a densidade e quando há interação entre as ondas e as estruturas avaliadas, os ecos são gerados. Em meios homogêneos a interação não ocorre e, consequentemente, não há reflexão dos ecos (KEALY; MCALLISTER; GRAHAM, 2012). No olho, as diferentes interfaces dos tecidos como as da córnea, das cápsulas anterior e posterior da lente e da parede posterior (complexo retina-coroide-esclera) são refletidas (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; TUNTIVANICH et al., 2007). A câmara anterior, o interior da lente e a câmara vítrea não apresentam eco (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001).

Aparelhos de ultrassom específicos para uso oftálmico possuem transdutor circular, mas, o exame também pode ser realizado com os transdutores lineares de aparelhos para o uso geral (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Devido à localização mais superficial do olho, indicam-se transdutores frequências de 7,5 a 13 MHz (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; LORENTE-RAMOS et al., 2012; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Também existem transdutores de alta frequência (50 a 100 MHz) que são usados na técnica de biomicroscopia ultrassônica (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

Na ultrassonografia ocular, são empregados os modos A e B (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; SILVERMAN, 2009; LORENTE-RAMOS et al., 2012; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). No modo A (unidimensional), o transdutor emite um pulso de ultrassom e os intervalos de tempo entre a transmissão do pulso e o retorno de eco são demostrados na forma de picos em um gráfico com eixos horizontal e vertical. A altura de cada pico expressa a força do eco e o eixo horizontal representa a profundidade da estrutura refletida. O modo A é basicamente usado em biometria e para detectar a mobilidade das estruturas examinadas (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001).

A ultrassonografia em modo B possibilita a obtenção de imagens bidimensionais (cortes transversais) em tempo real (COTTRILL; BANKS; PECHMAN, 1989; GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012) e a análise morfológica e topográfica do olho e da órbita, assim como as relações anatômicas entre as estruturas oculares (HAGER; DZIEZY; MILLCHAMP, 1987; COTTRILL; BANKS; PECHMAN, 1989; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Esta técnica é bastante utilizada para diagnóstico clínico (TUNTIVANICH et al., 2007), sendo um dos métodos padrão recomendado para avaliação de afecções em tecidos moles, incluindo as oculares (BOROFFKA ET AL., 2006). Os modos A e B estão presentes simultaneamente em aparelhos específicos para a ultrassonografia ocular (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Gonzalez, Rodriguez e Garcia (2001) recomendaram a avaliação ultrassonográfica nos dois modos para melhor avaliação das estruturas oculares. Contudo, atualmente, o modo B tem sido o mais utilizado na oftalmologia veterinária (GALLHOEFER et al., 2013).

A biometria ocular consiste na medida das dimensões do olho, de seus componentes e suas inter-relações (CHIWITT et al., 20176), podendo-se usar os modos A e B para esta finalidade (COTTRILL; BANKS; PECHMAN, 1989; EL-MAGHRABY; NYLAND; BELLHORN, 1995; HAMIZADA; OSUOBENI, 1999; GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PENNINK et al., 2001). Na biometria, são mensuradas quatro distâncias básicas: profundidade da câmara anterior (medida da face externa da córnea à cápsula anterior da lente); espessura da lente (medida da cápsula anterior à posterior); profundidade da câmara vítrea (medida da cápsula anterior à posterior); profundidade da côrnea e a face interna da parede posterior) do bulbo (medida entre a face externa da córnea e a face interna da parede posterior) (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

Hamidzada e Osuobeni (1999) referiram que a espessura da córnea e a profundidade da câmara anterior podem ser superestimadas no modo B, enquanto valores de espessura da lente, profundidade da câmara vítrea e comprimento axial podem ser subestimados. Biometria nos modos A e B foi comparada nas espécies canina (COTTRILL; BANKS; PECHMAN, 1989), bovina e ovina (EL-MAGHRABY; NYLAND; BELLHORN, 1995), não havendo diferenças significativas entre as técnicas. Também, à comparação da biometria em modo B com medidas diretas de olhos enucleados de equinos, observou-se somente diferença na espessura da córnea (ROGERS et al., 1986). Por esta equiparação e pela maior facilidade na interpretação das imagens, o modo B tem sido mais utilizado (TUNTIVANICH et al., 2007).

A biometria ocular é importante para o diagnóstico de alterações como microftalmia, macroftalmia (HERNÁNDEZ-GUERRA; RODILLA; LÓPEZ-MURCIA, 2007), glaucoma e *phthisis bulbi* (HERNÁNDEZ-GUERRA; RODILLA; LÓPEZ-MURCIA, 2007; KEALY; MCALLISTER; GRAHAN, 2012). Também é útil para determinar a dimensão e as dioptrias de lentes intraoculares para implante após
facectomias e estimar o tamanho de próteses oculares para uso após enucleação (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001).

Para a realização do exame ultrassonográfico, o transdutor pode ser aplicado diretamente na córnea na técnica transcorneana ou sobre as pálpebras na técnica transpalpebral (PENNINK et al., 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Na oftalmologia veterinária, a técnica mais empregada é a transcorneana (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Na técnica transcorneana, é possível obter avaliação mais precisa, principalmente da região posterior do olho e das estruturas orbitárias. Havendo necessidade de avaliação de estruturas mais anteriores, é recomendado o uso de almofada de recuo (HAGER; DZIEZY; MILLCHAMP, 1987; GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PENNINK et al., 2001) ou da técnica de imersão ou pseudoimersão colocando-se uma luva preenchida por gel ou solução salina entre o transdutor e o olho (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). A técnica transpalpebral é pouco recomendada devido à ocorrência de artefatos que comprometem a qualidade da imagem. Contudo, em casos com lesão na córnea ou edema excessivo das pálpebras, pode ser a alternativa mais viável (PENNINK et al., 2001).

Previamente ao início do exame, colírio anestésico deve ser instilado na superfície ocular. As pálpebras são contidas manualmente e o transdutor recoberto por gel é aplicado delicadamente sobre a córnea (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PENNINK et al., 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Os pacientes devem estar alertas, preferencialmente, pois se sedação ou anestesia geral forem necessárias podem ocorrer retração/rotação do olho e protrusão da terceira pálpebra, dificultando a realização do exame (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

O exame ultrassonográfico ocular é iniciado pela avaliação dos planos axiais horizontal e vertical, usando-se a lente como referência para orientação. Cortes transversais ou oblíquos também são utilizados (PENNINK et al., 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). Em oftalmologia veterinária, os cortes axiais são os mais empregados. Para análise de áreas mais periféricas, desloca-se a sonda nos sentidos dorsal e ventral (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

O exame deve ser metódico e fundamentado nas mesmas referências e etapas, o que possibilita comparações (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001). Ambos os olhos devem ser examinados; nos acometimentos unilaterais, o olho sadio será considerado o padrão de normalidade (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

O conhecimento sobre a anatomia do olho e da órbita é imprescindível para identificação e caracterização de anormalidades (PENNINK et al., 2001).

A biometria ocular bilateral consiste na primeira etapa do exame. Em sequência, procede-se à avaliação morfológica das estruturas oculares quanto ao tamanho, formato, posicionamento e à ecogenicidade (PENNINK et al., 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). A ocorrência de material ecogênico é investigada em câmara anterior, interior da lente e câmara vítrea (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

Na ultrassonografia em modo-B, as estruturas oculares são descritas como hiperecoicas, hipoecoicas, ou anecoicas, de acordo com sua refletividade (PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). O olho é caracterizado como uma estrutura arredondada, bem delimitada, com conteúdo anecoico e dividida em compartimentos anterior e posterior (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). No eixo axial em modo A, são registrados quatro picos correspondentes à córnea, às cápsulas anterior e posterior da lente e à parede posterior do olho (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001).

Em modo B, a córnea é vista como duas linhas paralelas curvilíneas hiperecoicas (epitélios anterior e endotélio). Nos polos da lente, evidenciam-se as cápsulas anterior e posterior como duas linhas ecoicas curvilíneas. Os corpos ciliares aparecem como projeções ecogênicas simétricas no equador da lente e adjacentes à íris. A parede posterior é formada por esclera, coroide e retina, sendo representada por um eco curvilíneo bem demarcado, não sendo possível individualizar estes tecidos. A região retrobulbar é observada como uma área com ecogenicidade moderada decorrente da quantidade de gordura presente. O nervo óptico é visto como uma estrutura alongada, hipoecoica ou anecoica em forma de funil, posterior à papila óptica. Os músculos extraoculares são representados por estruturas hipoecoicas finas e alongadas de difícil visualização (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PENNINK et al., 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012).

O ganho, que representa a força do eco e é expresso em decibéis, deve ser ajustado em cada etapa da varredura para que se possa obter imagens adequadas de todas as estruturas (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). O exame ultrassonográfico em modo-B pode ser complementado com doppler colorido visando-se avaliar a vascularização do olho e da órbita. Essa técnica pode contribuir com diagnóstico, prognóstico e tratamento de doenças como glaucoma e as de origem vascular, inflamatória e neoplásica (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012). A ultrassonografia doppler possibilita estudar o fluxo sanguíneo e a microcirculação. Um dos primeiros relatos sobre o uso na avaliação da microcirculação foi feito por Suzuki e Satomura em 1958, referindo-se à pulsabilidade do olho (CASTELLÓ et al., 2015).

No doppler colorido, as informações de fluxo sanguíneo (em cores) são sobrepostas às imagens do modo-B (em tons de cinza). No doppler pulsado ou espectral, os ultrassons são produzidos em pulsos sonoros, permitindo um intervalo entre a transmissão do pulso e o retorno do eco (CASTELLÓ et al., 2015). Os ecos retornam ao transdutor após as ondas serem refletidas em estruturas em movimento (células sanguíneas). Se o movimento está direcionado ao transdutor, os ecos retornam em velocidade maior que a da onda transmitida, gerando um desvio negativo (desvio doppler); o fluxo contrário produz velocidades menores. Velocidades maiores são representadas por tons de amarelo, laranja e vermelho e as menores em escalas de azul e verde (MATTON; NYLAND, 2014).

Com estes métodos, a hemodinâmica é estudada pela análise do som emitido, das ondas espectrais de velocidade e do mapeamento colorido. Para estudo da microcirculação, pode-se usar o doppler tríplex que une o doppler colorido ao pulsado. Apesar de sua utilidade, estas técnicas ainda são pouco utilizadas na medicina veterinária (CASTELLÓ et al., 2015).

2.4.1 Particularidades da ultrassonografia ocular em corujas

A ultrassonografia ocular é um procedimento rotineiro nos atendimentos oftálmicos em cães e gatos, mas ainda é pouco frequente em aves (GUMPENBERGER, KOLM, 2006). Assim como nos mamíferos, a técnica é considerada uma maneira não invasiva, segura e eficaz para avaliação do olho e da órbita das aves. Além de ser indicada para avaliação de olhos com opacidade de meios transparentes ou hemorragias intraoculares (DAVIDSON, 1997; WILLS et al., 2016), tem sido utilizada para biometria ocular e análise do pécten (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; WILLS et al., 2016).

Lesões oculares traumáticas são frequentes em aves de rapina de vida livre (DAVIDSON, 1997; DENVER; LAYNE, 2008; LABELLE et al., 2012; SERUCA et al., 2012), sendo as corujas as espécies mais acometidas (MURPHY; KERN; MCKEEVER, 1982; COUSQUER, 2005; WILLS et al., 2016). Estas lesões possivelmente são decorrentes da conformação anatômica do crânio e dos olhos, sendo comuns os traumas contusos com acometimento mais severo do segmento posterior (DAVIDSON, 1997; SERUCA et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015). Nestes casos, a ultrassonografia ocular é útil para detecção de descolamentos de retina, caso haja hifema ou hemorragia vítrea, assim como de lesões do pécten e luxações ou subluxações da lente (DAVIDSON, 1997; WILLS et al., 2016). A identificação de corpos metálicos também pode ser obtida ao ultrassom (DAVIDSON, 1997).

Poucos estudos biométricos do olho foram reportados em corujas sadias de diversas espécies (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; HARRIS et al., 2008; SQUARZONI et al., 2010; LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015; WILLS et al., 2016), mas, valores de referência e parâmetros de normalidade oftálmicos, úteis no diagnóstico de doenças oculares, ainda não foram determinados para todas as espécies (WILLS et al., 2016).

Alguns achados anatômicos na ultrassonografia do olho de aves são diferentes dos mamíferos, como a presença dos ossículos esclerais e do pécten. Os ossículos são caracterizados como estruturas hiperecoicas que produzem sombra acústica nas paredes medial e lateral do olho. O pécten aparenta formato tubular, apresenta moderada ecogenicidade e estende-se da retina para a câmara vítrea (SQUARZONI et al., 2010).

A avaliação ultrassonográfica do pécten pode ser complementada com o uso dos dopplers colorido e pulsado. Parâmetros referentes à velocidade da circulação sanguínea como velocidade de pico sistólico, velocidade diastólica final, índices de resistividade e pulsatilidade podem ser mensurados (FERREIRA; GIANNICO; MONTIANI-FERREIRA, 2015; MORAES et al., 2017).

A realização de um exame oftálmico completo, incluindo a ultrassonografia ocular quando necessária, é muito importante na avaliação de aves silvestres que sofreram traumas, previamente à reabilitação e soltura (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; WILLS et al., 2006). O estabelecimento de parâmetros de normalidade relativos ao sistema visual é necessário, considerando-se as variações anatômicas

nas diferentes espécies de aves, as quais podem estar relacionadas aos padrões de atividades diurnos ou noturnos (BECKWITH-COHEN, 2015).

Nas duas últimas décadas, houve um aumento significativo quanto ao interesse na conservação e preservação das espécies, incluindo as aves, tornandose necessários estudos que contribuam com o conhecimento sobre as causas de morbidade e mortalidade nas diversas áreas, como na oftalmologia (PLOCHOCKI et al., 2018). Em decorrência das pesquisas ainda escassas referentes à anatomia e ultrassonografia ocular em aves, particularmente as de rapina (GUMPENHERGER, 2006; SQUARZONI, 2010; LABELLE et al., 2012), concebeu-se comparar a biometria ocular ultrassonográfica em corujas de duas espécies (*Athene cunicularia* e *Megascops choliba*), da mesma família (Strigidae), com tamanho similar e padrões de atividade diversos (diurno/crepuscular e noturno, respectivamente), buscando-se verificar possíveis diferenças entre elas.

3 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo consistiram em: (1) estabelecer valores de referência de biometria ocular, à ultrassonografia em modo B, em duas espécies de corujas da família Strigidae, com tamanho similar e padrão de atividade diurnocrepuscular (*Athene cunicularia*) e noturno (*Megascops choliba*); (2) correlacionar os valores dos comprimento axial do olho com o diâmetro corneal (medido por paquimetria); (3) correlacionar o comprimento axial do olho com o peso corpóreo; (4) comparar os dados da biometria entre as duas espécies.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ASPECTOS ÉTICOS

A pesquisa foi realizada obedecendo-se aos critérios da Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO, 2019), sob anuência e vigilância da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo - CEUA-FMVZ-USP (protocolo nº 1536211019) e com autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade -SISBio-ICMBio (nº 70866-1).

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

4.2.1. Animais

O estudo incluiu 26 corujas pertencentes à família Strigidae, sendo 10 da espécie *Athene cunicularia* (coruja-buraqueira) (Figura 3) e 16 da espécie *Megascops choliba* (corujinha-do-mato) (Figura 4) provenientes do Centro de Recuperação de Animais Silvestres do Parque Ecológico do Tietê (CRAS-PET) situado em São Paulo ou do Centro de Triagem de Animais Silvestres de Barueri (CETAS-Barueri). As aves eram adultas, com sexo não determinado, sadias e desprovidas de oftalmopatias.

Foram adotados como critérios de inclusão: bom estado geral e ausência de sinais indicativos de doenças sistêmicas; presença de visão e ausência de quaisquer alterações nos olhos e/ou anexos oculares. Para tanto, as aves foram submetidas à avaliação clínica geral e ao exame oftálmico incluindo inspeção com lupa de pala e fonte de luz (Transiluminador de Finoff[®] - Welch Allyn do Brasil Comércio de Equipamentos Médicos Ltda., Barueri, São Paulo, Brasil) e biomicroscópio com lâmpada de fenda (Slit Lamp SL-15[®] - Kowa Company Ltd., Nagoya, Aichi, Japão), realizado pelo mesmo examinador (Pamela S. J. Dongo).



Figura 3 – Coruja-buraqueira (Athene cunicularia): vista frontal (A) e lateral (B)

Fonte: CARVALHO (2020).



Figura 4 – Corujinha-do-mato (Megascops choliba): vista frontal (A) e lateral (B)

Fonte: CARVALHO (2020).

4.2.2. Ultrassonografia ocular

Para a realização dos exames ultrassonográficos, as corujas foram contidas manualmente e mantidas em posição vertical, com auxílio de luvas de couro ou toalha de banho, buscando-se causar o mínimo estresse. A cabeça e os membros pélvicos foram imobilizados por contenção manual e as asas recolhidas para evitar fraturas e quebras das penas.

A ultrassonografia ocular em modo B e a captação das imagens foram realizadas em ambos os olhos das 26 corujas, usando-se transdutor linear L18-5 (5 a 18 MHz) em sistema de ultrassom Affiniti 70[®] (Philips, Amsterdã, Holanda do Norte, Países Baixos) (Figura 5). Foi utilizada a técnica transcorneana, sendo o transdutor recoberto por gel condutor (Carbogel ULT[®] - Carbogel Indústria e Comércio, São Paulo, São Paulo, Brazil) específico para ultrassonografia (Figura 5) e aplicado diretamente sobre a córnea, após instilação de colírio anestésico com proximetacaína 0,5% (Anestalcon[®] solução oftálmica - Alcon Laboratórios do Brasil, São Paulo, São Paulo, Brasil).





Fonte: CARVALHO (2020).

Com a ave adequadamente contida, o examinador procedia à abertura da pálpebra com uma das mãos, mantendo o transdutor na outra mão. O olho direito foi examinado primeiro e, em seguida, o esquerdo. O exame foi realizado com o transdutor posicionado horizontalmente, iniciando-se pelos planos axiais horizontal e vertical, nos quais o mesmo era deslocado levemente nos sentidos dorsal e ventral para acesso às áreas mais periféricas (Figura 6). Foram utilizados, ainda, os planos transversais e longitudinais.

Figura 6 - Realização do exame ultrassonográfico nos olhos direitos de uma coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) (A) e de uma corujinha-do-mato (*Megascops choliba*) (B)



Fonte: CARVALHO (2020).

Os exames ultrassonográficos seguiram metodologia similar às reportadas por Gumpenberger e Kolm (2006), Squarzoni et al. (2010), Labelle et al. (2012), Beckwith-Cohen et al. (2015) e Wills et al. (2016). As ultrassonografias e captação das imagens foram realizadas por dois examinadores (Laysa M. C. R. Carvalho e Débora G. Pinto). As medidas da biometria ocular foram feitas pelo mesmo examinador (Laysa M. C. R. Carvalho).

4.2.2.1. Biometria ocular

A biometria ocular foi realizada com imagens de ambos os olhos obtidas nos planos axiais horizontal e vertical (Figura 7). As imagens foram consideradas adequadas para as mensurações quando foi possível visibilizar com nitidez a córnea, as cápsulas anterior e posterior da lente e a parede posterior do olho. Estas interfaces foram alinhadas simetricamente ao longo do eixo óptico central do olho, ao nível do diâmetro máximo da lente. Para medida do pécten, foram utilizadas imagens do plano transversal em 6 horas.

Foram realizadas as seguintes medidas: comprimento axial do bulbo - CAB (da córnea até a parede posterior); profundidade da câmara anterior - CA (da córnea à cápsula anterior do cristalino); espessura da lente - L (cápsula anterior até a cápsula posterior da lente); profundidade da câmara vítrea - CV (cápsula posterior da lente até a parede posterior) (Figura 8) e comprimento do pécten (em sua máxima extensão) - P (Figura 9). A identificação e localização do pécten foi confirmada com auxílio do doppler colorido, pela observação da sua vascularização (Figura 9), após a captação da imagem para biometria. Se a vascularização não estivesse bem evidente, utilizava-se o power doppler.

Figura 7 – Biometria ultrassonográfica do olho direito de uma corujinha-do-mato (Megascops choliba) nos cortes axiais horizontal (A) e vertical (B) com as medidas do comprimento axial do bulbo (seta vermelha), profundidade da câmara anterior (seta verde), espessura da lente (seta amarela) e profundidade da câmara vítrea (seta azul)



Fonte: CARVALHO (2020).

Figura 8 – Biometria ultrassonográfica do olho direito (OD) de uma coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) em corte axial horizontal (AH), com as medidas: (A) comprimento axial do bulbo (seta vermelha), (B) profundidade da câmara anterior (seta verde), (C) espessura da lente (seta amarela) e (D) profundidade da câmara vítrea (seta azul)



Fonte: CARVALHO (2020).

Figura 9 – Biometria ultrassonográfica do pécten (P) no olho direito (OD) de uma coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) no plano transversal em 6 horas (A) e avaliação da vascularização do pécten com modo doppler colorido (B)



Fonte: CARVALHO (2020).

Os valores obtidos à biometria ocular foram registrados em milímetros A biometria foi baseada nos relatos de Gumpenberger e Kolm (2006), Squarzoni et al. (2010), Beckwith-Cohen et al. (2015) e Wills et al. (2016).

4.2.3. Diâmetro da córnea

O diâmetro horizontal da córnea (DC) foi aferido com paquímetro digital de 150 mm com resolução de 0,005 mm (Paquímetro digital 100.179D[®] - Digimess Instrumentos de Precisão Ltda., São Paulo, São Paulo, Brasil) (Figura 10), com as corujas em posição vertical e as faces para medição externa do paquímetro posicionadas do limbo lateral ao medial (nas posições equivalentes a 9 e 3 horas do relógio no olho direito e o inverso no esquerdo) (Figura 10), como relatado por Rodarte-Almeida et al. (2013) e Wills et al. (2016). As medidas foram executadas em seis corujas-buraqueiras e em 14 corujinhas-do-mato, sendo os valores obtidos registrados em milímetros.

Figura 10 – Paquímetro digital 100.179D[®] (A). Mensuração do diâmetro da córnea por paquimetria no olho esquerdo de uma coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) (B). Imagem correspondente à mensuração do diâmetro da córnea (seta vermelha) no olho esquerdo de uma corujinha-do-mato (*Megascops choliba*) (C)



Fonte: CARVALHO (2020).

4.2.4. Análise estatística dos dados

Todos os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para averiguar se apresentavam distribuição normal e direcionar a escolha dos testes utilizados. Os dados da biometria foram comparados entre os olhos direito e esquerdo. Para comparação dos dados que apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste T de Student pareado. Os dados que não apresentaram distribuição normal, foram comparados com o teste de Wilcoxon pareado.

Os dados da biometria e do peso foram comparados entre as duas espécies, empregando-se o teste T de Student não pareado, exceto para os parâmetros que não apresentaram distribuição normal, os quais foram avaliados com o teste de Wilcoxon não pareado.

O grau de significância estabelecido foi de 5% (p<0,05). Os cálculos estatísticos foram realizados com o programa de computador (RStudio Version 0.99.903[®] - RStudio Incorporation, Boston, Massachusetts, Estados Unidos da América).

5. RESULTADOS

Dentre as corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*), oito eram provenientes do CRAS-PET e duas do CETAS-Barueri. Quanto às corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*), dez eram provenientes do CETAS-Barueri, quatro do CRAS-PET e duas foram resgatadas no campus da FMVZ-USP e posteriormente encaminhadas a centros de triagem.

O peso das corujas da espécie *Athene cunicularia* (8 aves) variou de 140 a 165 g, com média e desvio-padrão de 154,6 \pm 10,3 g e, na espécie *Megascops choliba* (15 aves), o intervalo foi de 89 a 139 g, com média e desvio-padrão de 119,3 \pm 15, 7 g (Apêndice A). Houve diferença estatística significativa em relação ao peso (W = 120; p = 0,0001162) entre as duas espécies (Figura 11).

Figura 11 – Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes aos pesos (em gramas) de 8 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 15 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



Fonte: CARVALHO (2020).

5.1 BIOMETRIA OCULAR À ULTRASSONOGRAFIA EM MODO B

Em relação aos exames ultrassonográficos, o tempo médio do exame para cada ave foi de, no máximo, 10 minutos. Semelhante ao que foi descrito por Gumpenberger e Kolm (2006), observou-se a córnea como uma estrutura ecogênica e curvilínea, seguida por uma região anecoica referente à câmara anterior. A lente foi delimitada pelas cápsulas anterior e posterior, apresentadas como duas linhas hiperecoicas curvas com centro anecoico. A íris e o corpo ciliar formavam imagens hiperecoicas lateralmente à lente (em seu equador). A câmara vítrea foi caracterizada pelo aspecto anecoico (semelhante ao da câmara anterior), exceto pela presença do pécten, visualizado como uma estrutura de ecogenicidade moderada projetada da parede posterior do bulbo ao interior da câmara vítrea. A parede posterior foi demonstrada por uma linha hiperecoica, não sendo possível diferenciar esclera, coroide e retina. À utilização do doppler colorido e pulsado para auxílio na identificação do pécten, observou-se coloração em tons de azul e vermelho, conforme a direção do fluxo vascular.

Durante o exame foi utilizada a predefinição para tecidos superficiais ou pequenas partes. A frequência variou automaticamente de 5 a 18 MHz, dependendo do tecido observado e da profundidade das ondas, que alternou entre 2,5 a 3,0 centímetros, tendo o ganho das imagens ficado entre 41% a 56% a depender da resolução da imagem.

Figura 12 – Ecografia ultrassonográfica por modo B em olho esquerdo (OE) de uma corujinha-domato (*Megascops choliba*), em corte axial horizontal



Fonte: CARVALHO (2020). Legenda: córnea (C), câmara anterior (CA), cápsula anterior lenticular (CAL), lente (L), cápsula posterior lenticular (CPL), câmara vítrea (CV), complexo coroide-retinaesclera (CRE) e íris e corpo ciliar (*)

Em relação à biometria ocular, os valores de médias, desvios-padrão, valores mínimos e máximos para as medidas realizadas nos olhos direito e esquerdo das dez corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*), totalizando 52 olhos, estão demonstrados na Tabela 1. Os valores individuais estão contidos nos Apêndices B e C.

Tabela 1 – Valores médios e respectivos desvios-padrão, valores minimos e máximos (em milimetros) relativos ao comprimento axial do bulbo, à profundidade da câmara anterior, à espessura da lente, à profundidade da câmara vítrea e ao comprimento do pécten dos olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)

	Athene cunicularia		Megascops choliba	
	Olho direito	Olho esquerdo	Olho direito	Olho esquerdo
Comprimento axial				
Média	18,36	18,58	18,68	18,54
Desvio-padrão	1,42	1,29	0,29	0,26
Mínimo	15,9	16	18,2	17,9
Máximo	20,5	21	19,1	18,9
Câmara anterior				
Média	3,55	3,71	3,56	3,49
Desvio padrão	0,18	0,22	0,15	0,17
Mínimo	3,25	3,48	3,26	3,02
Máximo	3,84	4,13	3,85	3,74
Lente				
Média	5,15	5,11	6,18	6,19
Desvio padrão	1,67	1,55	0,18	0,19
Mínimo	1,63	2,2	5,7	5,89
Máximo	6,21	6,12	6,33	6,54
Câmara vítrea				
Média	9,14	9,15	8,54	8,43
Desvio padrão	0,71	0,67	0,21	0,20
Mínimo	8,25	8,25	8,09	7,98
Máximo	10,84	10,5	8.95	8,71
Pécten				
Média	4,25	4,35	3,85	3,95
Desvio-padrão	0,56	0,61	0,28	0,32
Mínimo	3,9	3,52	3,42	3,39
Máximo	5,41	5,52	4,24	4,52

Fonte: CARVALHO (2020).

5.1.1 Comparação entre os olhos para cada espécie

Na comparação dos valores biométricos entre os olhos direito e esquerdo, na espécie *Athene cunicularia*, não houve diferença estatística entre os olhos. Entretanto, na espécie *Megascops choliba*, houve diferença estatística entre os olhos para os parâmetros CA (t = 2,3; df = 15; p = 0,03622) e CV (t = 2,519; df = 15; p = 0,0236), como demonstrado nas Figuras 13 (comprimento axial do bulbo), 14 (profundidade da câmara anterior), 15 (espessura da lente), 16 (profundidade da câmara vítrea) e 17 (comprimento do pécten).

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios e desvios-padrão relativos à biometria ocular e os valores de "p" para as comparações realizadas entre os olhos, nas duas espécies.

Tabela 2 - Comparação dos valores médios e respectivos desvios-padrão (em milimetros) relativos ao comprimento axial do bulbo, à profundidade da câmara anterior, à espessura da lente, à profundidade da câmara vítrea e ao comprimento do pécten entre os olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (Athene cunicularia) e 16 corujinhas-do-mato (Megascops choliba), com valor de p

	Olho direito	Olho esquerdo	Valor de p
Athene cunicularia			
Comprimento axial	$18,36 \pm 1,42$	$18,58 \pm 1,29$	0,187
Câmara anterior	$\textbf{3,55} \pm \textbf{0,18}$	$\textbf{3,71} \pm \textbf{0,22}$	0,06714
Lente	5,15 ± 1,67	5,11 ± 1,55	0,4316
Câmara vítrea	$\textbf{8,43} \pm \textbf{0,20}$	9,15 ± 0,67	0,9279
Pécten	$4,\!25\pm0,\!56$	$4,\!35\pm0,\!61$	0,4403
Megascops choliba			
Comprimento axial	$18{,}68\pm0{,}29$	$18,\!54\pm0,\!26$	0,05189
Câmara anterior	$\textbf{3,56} \pm \textbf{0,15}^{a}$	$\textbf{3,}\textbf{49}\pm\textbf{0,}\textbf{17}^{\text{b}}$	0,03622
Lente	$\textbf{6,18} \pm \textbf{0,18}$	$\textbf{6,19} \pm \textbf{0,19}$	0,7036
Câmara vítrea	$\textbf{8,54} \pm \textbf{0,21}^{a}$	$\textbf{8,43}\pm\textbf{0,20}^{b}$	0,0236
Pécten	$\textbf{3,85} \pm \textbf{0,28}$	$\textbf{3,95} \pm \textbf{0,32}$	0,1262

*Médias com letras diferentes diferem entre si (p<0,05).

Fonte: CARVALHO (2020).

Figura 13 - Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes à mensuração do comprimento axial do bulbo (em milímetros) dos olhos direito e esquerdo de 10 corujasburaqueiras (Athene cunicularia) e 16 corujinhas-do-mato (Megascops choliba)



Fonte: CARVALHO (2020).

Figura 14 – Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes à mensuração da profundidade da câmara anterior (em milímetros) dos olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



Figura 15 – Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes à mensuração da espessura da lente (em milímetros) dos olhos direito e esquerdo de 10 corujasburaqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



Figura 16 – Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes à mensuração da profundidade da câmara vítrea (em milímetros) dos olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



Figura 17 – Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes à mensuração do comprimento do pécten (em milímetros) dos olhos direito e esquerdo de 10 corujasburaqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



5.1.2 Comparação entre os olhos entre as duas espécies

Na comparação dos valores biométricos entre os olhos das duas espécies, verificou-se diferença estatística significativa em relação ao olho direito, nas medidas da L (W = 20,5; p = 0,00185) e CV (t = 2,5684; df = 9,9872; p = 0,028), como demonstrado nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

Quanto ao olho esquerdo, houve diferença nas medidas de CA (t = 2,6977; df = 15,709; p = 0,01604), L (W = 14; p = 0,0005525) e CV (t = 3,2831; df = 10,048; p = 0,008195), como demonstrado nas Figuras 14, 15 e 16, respectivamente.

Na Tabela 3, encontram-se os valores médios e respectivos desvios-padrão referentes à biometria ocular e os valores de "p" para as comparações realizadas entre as duas espécies.

Tabela 3 – Comparação dos valores médios e respectivos desvios-padrão (em milimetros) relativos ao comprimento axial do bulbo, à profundidade da câmara anterior, à espessura da lente, à profundidade da câmara vítrea e ao comprimento do pécten dos olhos direito e esquerdo, entre as 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e as 16 corujinhas-domato (*Megascops choliba*), com valor de p

	Athene cunicularia	Megascops choliba	Valor de p
Olho direito			
Comprimento axial	$\textbf{18,68} \pm \textbf{0,29}$	$18,\!36\pm1,\!42$	0,4963
Câmara anterior	$\textbf{3,56} \pm \textbf{0,15}$	$\textbf{3,55} \pm \textbf{0,18}$	0,8717
Lente	$6{,}18\pm0{,}18^{\text{a}}$	$5,15 \pm 1,67^{b}$	0,00185
Câmara vítrea	$8{,}54\pm0{,}21^{a}$	$9,14\pm0,71^{\text{b}}$	0,028
Pécten	$\textbf{3,85} \pm \textbf{0,28}$	$\textbf{4,25} \pm \textbf{0,56}$	0,0593
Olho esquerdo			
Comprimento axial	$18,\!54 \pm 0,\!26$	18,58 ± 1,29	0,9318
Câmara anterior	$3{,}49\pm0{,}17^{\text{a}}$	$\textbf{3,71} \pm \textbf{0,22}^{b}$	0,01604
Lente	$6,\!19\pm0,\!19^{\text{a}}$	$5,11 \pm 1,55^{b}$	0,0005525
Câmara vítrea	$8{,}43\pm0{,}20^{\text{a}}$	$9,15\pm0,67^{\text{b}}$	0,008195
Pécten	$\textbf{3,95} \pm \textbf{0,32}$	$\textbf{4,35} \pm \textbf{0,61}$	0,07439

*Médias com letras diferentes diferem entre si (p<0,05). Fonte: CARVALHO (2020).

5.2. DIÂMETRO DA CÓRNEA À PAQUIMETRIA

Os valores referentes à mensuração do diâmetro horizontal da córnea à paquimetria estão demonstrados na Tabela 4. Os valores individuais estão nos Apêndices D e E. Em relação à esta medida, não houve diferença estatística entre os olhos e nem entre as duas espécies (Figura 18).

Tabela 4 – Valores médios e respectivos desvios-padrão (em milimetros) dodiâmetro da córnea dos olhos direito e esquerdo de 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)

Athene cunicularia		Megascops choliba	
Olho direito	Olho esquerdo	Olho direito	Olho esquerdo
14,77	14,23	14,54	14,68
2,37	0,91	0,8	1,1
13,16	13,34	12,73	12,41
19,05	15,63	15,65	16,91
14,5 ± 1,74		$14,61 \pm 0,94$	
	Athene of Olho direito 14,77 2,37 13,16 19,05 14,5	Athene cuniculariaOlho direitoOlho esquerdo14,7714,232,370,9113,1613,3419,0515,6314,5 ± 1,74	Athene cuniculariaMegascoOlho direitoOlho esquerdoOlho direito14,7714,2314,542,370,910,813,1613,3412,7319,0515,6315,6514,5 \pm 1,7414,61

Fonte: CARVALHO (2020).

Figura 18 – Representação gráfica da comparação dos valores médios referentes ao diâmetro da córnea (em milímetros) entre os olhos direito e esquerdo de seis corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 14 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



5.3. CORRELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO AXIAL DO BULBO E DIÂMETRO DA CÓRNEA

Em relação à espécie *Athene cunicularia*, houve correlação fraca entre os valores do comprimento axial do bulbo e diâmetro corneano para o olho direito (S = 12; p = 0,5167; r = 0,4) e correlação muito forte para o olho esquerdo (t = 5,9474; df = 3; p = 0,009505; r = 0,9601133), como demonstrado nas Figuras 19 e 20, respectivamente.

Figura 19 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) dos olhos direitos das corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*)



Figura 20 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) dos olhos esquerdos das corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*)



Fonte: CARVALHO (2020).

Na espécie *Megascops choliba*, houve correlação muito forte para o olho direito (t = 1,8539; df = 12; p = 0,08849; r = 0,4718431) e correlação negativa muito fraca para o esquerdo (t = -0,46689; df = 12; p = 0,6489; r = -0,1335705), como demonstrado nas Figuras 21 e 22, respectivamente.

Figura 21 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) dos olhos direitos das corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



Figura 22 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo em (milímetros) dos olhos esquerdos das corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



Verificou-se, também, a correlação entre as médias dos olhos direito e esquerdo, havendo correlação forte entre os parâmetros para a espécie *Athene cunicularia* (S = 12,679; p = 0,1731; r = 0,6377481) e correlação fraca para a espécie *Megascops choliba* (t = 1,1481; df = 12; p = 0,2733; r = 0,3145998), como demonstrado nas Figuras 23 e 24.

Figura 23 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) entre os olhos direito e esquerdo das corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*)



Fonte: CARVALHO (2020).

Figura 24 – Representação gráfica da correlação entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) entre os olhos direito e esquerdo das corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



5.4. CORRELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO AXIAL DO BULBO E PESO

Na espécie Athene cunicularia, verificou-se correlação muito fraca entre o comprimento axial do bulbo e o peso (t = 0,10091; df = 6; p = 0,9229; r = 0,04115996) e correlação fraca (t = 1,1646; df = 13; p = 0,2651; r = 0,307358) ocorreu na espécie *Megascops choliba*, como demonstrado nas Figuras 25 e 26, respectivamente.

Figura 25 – Representação gráfica da correlação entre o peso (em gramas) e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) de ambos os olhos das 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*).



Figura 26 – Representação gráfica da correlação entre o peso (em gramas) e o comprimento axial do bulbo (em milímetros) de ambos os olhos das 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*)



6. DISCUSSÃO

Os olhos dos vertebrados são adaptados ao ambiente visual no qual evoluem (LISNEY et al., 2012). Diversos estudos têm reportado diferenças morfológicas entre os olhos de aves com padrões de atividade diurno, crepuscular, catemeral ou noturno (HALL; ROSS, 2007; LISNEY et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015). Entretanto, são escassos em relação a variações interespecíficas e, neste sentido, as corujas representam um grupo ideal porque a ordem Strigiformes, a qual pertencem, é uma das poucas com espécies com padrões diversos de atividade, assim como preferências por habitat (LISNEY et al., 2012).

Objetivando-se contribuir ao conhecimento sobre possíveis variações interespecíficas quanto ao sistema visual de corujas, concebeu-se realizar a biometria ocular em duas espécies pertencentes à mesma família (Strigidae), com padrão de atividade diverso e porte físico similar. Por estas razões e também pela ocorrência e disponibilidade em centros de triagem, optou-se por estudar as espécies *Athene cunicularia* (coruja-buraqueira) e *Megascops choliba* (corujinha-do-mato).

O método escolhido para biometria ocular foi a ultrassonografia, por ser um exame rápido, pouco invasivo e indolor, com possibilidade de realização sem sedação ou anestesia (LORENTE-RAMOS et al., 2012; PERLMANN; SÁ; SQUARZONI, 2012; GALLHOEFER et al., 2013), como constatado, sendo possível executar os exames com as aves acordadas e contidas cuidadosamente. Essas características da técnica são relevantes em pesquisas com animais silvestres, como as corujas, por propiciarem menor nível de estresse. Ressalta-se, também, consistir em método que permite obter informações sobre biometria, morfologia e vascularização de estruturas (PENNINK et al., 2001), possibilitando-se o desenvolvimento dos objetivos propostos.

Embora a mensuração biométrica pelo modo A seja considerada mais fidedigna (HAMIDZADA; OSUOBENI (1999), a ultrassonografia em modo B foi adotada neste estudo por também fornecer medidas precisas como relatado em avaliações biométricas oculares em aves (HARRIS et al., 2008; GUMPENBERGER, KOLM, 2006; SQUARZONI et al., 2010; LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015; KUHN et al., 2015; WILLS et al., 2016) e outras espécies (COTTRILL; BANKS; PECHMAN, 1989; EL-MAGHRABY; NYLAND; BELLHORN, 1995). A metodologia empregada na realização dos exames ultrassonográficos e, posteriormente, nas mensurações dos parâmetros especificados, fundamentou-se em protocolos reportados em estudos prévios sobre biometria ocular em aves (GUMPENBERGER; KOLM, 2006; SQUARZONI et al., 2010; LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015).

Os exames foram realizados com transdutor linear com frequência de 5 a 18 MHz, similar ao usado por Beckwith-Cohen et al. (2015) ao avaliarem aves de rapina (incluindo-se corujas), sendo possível obter imagens adequadas à biometria. A técnica transcorneana foi empregada por propiciar melhor qualidade das imagens ultrassonográficas (PENNINK et al., 2001), sendo a mesma utilizada em estudos similares (GUMPENBERGER; KOLM, 2006; SQUARZONI et al., 2010; LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015; WILLS et al., 2016).

Nos exames ultrassonográficos, foi possível visualizar as estruturas oculares (incluindo-se o pécten), assim como as câmaras anterior e vítrea, à semelhança das imagens obtidas e descritas em corujas e outras espécies de aves (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; SQUARZONI et al., 2010; LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015; KUHN et al., 2015; WILLS et al., 2016; APRUZZESE et al., 2018). A biometria baseou-se em medidas já padronizadas e relatadas em estudos prévios (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; SQUARZONI et al., 2006; SQUARZONI et al., 2010; KUHN et al., 2015; WILLS et al., 2010; KUHN et al., 2015; WILLS et al., 2016; APRUZZESE et al., 2018).

Nas corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*), não foram observadas diferenças significativas entre os olhos direito (OD) e esquerdo (OE), em nenhuma das medidas realizadas, indicando simetria entre eles como referido por Squarzoni et al. (2010), em corujas-orelhudas (*Asio clamator*), e por Merlini (2015), em corujas-buraqueiras, suindaras (*Tyto alba*) e corujas-orelhudas. Entretanto, nas corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*), constataram-se diferenças entre OD e OE quanto às mensurações das câmaras anterior e vítrea (maiores em OD). Na comparação da biometria entre os ODs das duas espécies estudadas, houve diferença significativa nas medidas da lente e câmara vítrea; nos OEs, diferiram as mensurações de câmara anterior, lente e câmara vítrea.

Em relação às assimetrias observadas, Beckwith-Cohen et al. (2015) também as verificaram em aves de rapina diurnas, afirmando serem decorrentes de variações normais no tamanho das estruturas oculares. Consideraram, ainda, que as dimensões oculares podem ser difíceis de avaliar *in vivo* devido ao formato assimétrico do olho dessas aves. Kuhn et al. (2015) reportaram diferenças no comprimento axial em olhos de águias-carecas (*Haliaeetus leucocephalus*), as quais foram atribuídas ao número amostral pequeno (16 olhos de oito animais). Schwab (2012) referiu como comuns as assimetrias individuais nos olhos de aves.

Os comprimentos axiais observados nas *Athene cunicularia* (18,36 ± 1,42 mm em OD e 18,58 ± 1,35 mm em OE) foram semelhantes aos reportados na mesma espécie (18,94 ± 0,52 mm), à biometria ultrassonográfica em modo A por Merlini (2015). Porém, foram superiores aos descritos por Beckwith-Cohen et al. (2015) em *Athene noctua* (16,5 ± 1,0 mm) ou mocho-galego, espécie noturna com peso semelhante. Nas *Megascops choliba* (18,68 ± 0,29 mm em OD e 18,54 ± 0,26 em OE), os valores foram discretamente inferiores aos registrados em *Megascops asio* ou corujinha-do-mato oriental, também com hábitos noturnos e peso similar, por Harris et al. (2008) - 20,33 ± 0,6 mm e Labelle et al. (2012) - 19,4 ± 0,8 mm. Em corujas-de-orelha (*Asio otus*), também noturnas, um pouco mais pesadas porém ainda consideradas pequenas, o eixo foi um pouco menor - 17,30 ± 1,0 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006) e 17,2 ± 0,2 mm (BECKWITH-COHEN et al., 2015).

O comprimento axial das duas espécies estudadas foi superior ao de mochospequenos-d'orelhas (*Otus scops*) - 13,4 \pm 1,1 (BECKWITH-COHEN et al., 2015), que são aves menores e noturnas. As medidas foram inferiores às de corujas da mesma família, com porte médio como a coruja-orelhuda (*Asio clamator*) e as do gênero *Strix*, assim como aos de corujas de grande porte como as do gênero *Bubo*, que exibiram valores acima de 23 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; SQUARZONI et al., 2010; LABELLE et al., 2012; MERLINI, 2015; WILLS et al., 2016) e 30 mm (LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015; WILLS et al., 2016), respectivamente. Todavia, em corujas suindaras (*Tyto alba*), pertencentes à família Tytonidae, com porte médio e hábitos noturnos, os valores foram inferiores - 15 a 17 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; BECKWITH-COHEN et al., 2015; MERLINI, 2015).

Os valores relativos à profundidade da câmara anterior nas Athene cunicularia $(3,55 \pm 0,18 \text{ mm em OD e } 3,71 \pm 0,22 \text{ mm em OE})$, principalmente do OD, foram similares aos descritos na mesma espécie $(3,74 \pm 0,21 \text{ mm})$ por Merlini (2015) no exame em modo A por Merlini (2015). Já nas *Megascops choliba* (3,56 ± 0,15 mm em OD e 3,49 ± 0,17 em OE), os resultados foram um pouco menores que os

registrados por Harris et al. (2008) e Labelle et al. (2012), em *Megascops asio*, respectivamente de 4,03 \pm 0,3 mm e e 3,9 \pm 0,4 mm. Em *Asio otus*, a mensuração foi inferior - 2,40 \pm 0,65 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006).

A profundidade da câmara anterior nas corujas desta pesquisa foi menor que a de *Asio clamator* (SQUARZONI et al., 2010; MERLINI, 2015) e de corujas do gênero *Strix* (LABELLE et al., 2012; WILLS et al., 2016), cujos valores oscilaram entre 4 e 6 mm, exceto nas *Strix aluco* cuja medida foi 3,10 \pm 0,59 (GUMPENBERGER, KOLM, 2006). Também foi inferior aos dados de corujas do gênero *Bubo*, com média de 5,65 mm (LABELLE et al., 2012; WILLS et al., 2016). Os valores foram superiores aos da espécie *Tyto alba* - 2,70 \pm 0,23 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006) e 2,93 \pm 0,22 mm (MERLINI, 2015).

As medidas de espessura da lente nas *Athene cunicularia* (5,15 \pm 1,67 mm em OD e 5,11 \pm 1,55 mm em OE) foram um pouco inferiores e mais variáveis que às relatadas na mesma espécie (5,97 \pm 0,16 mm) por Merlini (2015), com biometria em modo A. Já nas *Megascops choliba* (6,18 \pm 0,18 mm em OD e 6,19 \pm 0,19 em OE), os resultados foram análogos aos de Labelle et al. (2012), em *Megascops asio* - 6,2 \pm 0,8 mm. Em *Asio otus*, a mensuração foi um pouco superior - 6,8 \pm 0,18 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006). Jones, Pierce e Ward (2007) mencionaram que a superfície anterior da lente de aves diurnas é mais plana comparada com as noturnas, o que poderia justificar os valores menores obtidos nas *Athene cunicularia* relativamente às *Megascops choliba*.

A espessura da lente nas corujas incluídas neste estudo foi inferior a de *Asio clamator* (SQUARZONI et al., 2010; MERLINI, 2015) e de corujas do gênero *Strix* (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; LABELLE et al., 2012; WILLS et al., 2016), cujos resultados variaram entre 7 e 9,8 mm. Foi menor também que em corujas do gênero *Bubo*, com valores de 9,3 ± 0,9 mm (LABELLE et al., 2012) e 8 ± 0,7 mm (WILLS et al., 2016). Os valores nas *Athene cunicularia* foram inferiores aos das *Tyto alba* - 5,86 ± 0,21 mm (MERLINI, 2015) e 6,77 ± 0,20 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006); já os das Megascops choliba foram superiores ao exame em modo A (MERLINI, 2015) e inferiores aos do modo B (GUMPENBERGER, KOLM, 2006).

A medida da câmara vítrea nas *Athene cunicularia* (8,43 ± 0,2 mm em OD e 9,15 ± 0,67 mm em OE) foi levemente inferior (especialmente no OD) à registrada em modo A, na mesma espécie (9,24 ± 0,4 mm), por Merlini (2015). No OD, foi análoga à relatada por Beckwith-Cohen et al. (2015) em *Athene noctua* (8,4 ± 0,2

mm) e superior no OE. Nas *Megascops choliba* (8,54 \pm 0,21 mm em OD e 8,43 \pm 0,2 em OE), os valores foram discretamente inferiores aos registrados em *Megascops asio* por Labelle et al. (2008) - 9,5 \pm 0,3 mm. Em *Asio otus*, as medidas foram menores - 7,4 \pm 0,23 mm (GUMPENBERGER, KOLM, 2006) e 7,6 \pm 0,1 mm (BECKWITH-COHEN et al., 2015).

A profundidade da câmara vítrea das duas espécies estudadas foi superior ao das *Otus scops* - 6,3 ± 0,5 (BECKWITH-COHEN et al., 2015). Medidas superiores foram reportadas em *Asio clamator* (SQUARZONI et al., 2010; MERLINI, 2015) e corujas do gênero *Strix* (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; LABELLE et al., 2012; WILLS et al., 2016). Também foram maiores em corujas do gênero *Bubo*, com valores aproximados de 17 a 19 mm (LABELLE et al., 2012; BECKWITH-COHEN et al., 2015; WILLS et al., 2016). Na espécie *Tyto alba*, os valores médios foram menores - 6,2 a 7,8 (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; BECKWITH-COHEN et al., 2015; MERLINI, 2015).

As diferenças na biometria entre as duas espécies podem ter resultado de variações biológicas, erros nas mensurações e exames ultrassonográficos realizados por diferentes examinadores, como descrito por Boroffka et al. (2006). Estes autores observaram, porém, que a maioria das medidas oculares na ultrassonografia em modo B, em cães, apresentou repetibilidade aceitável intra e interobservadores, exceto para medidas menores como a espessura da córnea. As divergências também podem ter sido acarretadas pela menor precisão das mensurações devido à não utilização do modo A para a biometria, considerado mais fidedigno por Hamidzada e Osuobeni (1999); Gonzalez, Rodriguez e Garcia (2001) recomendaram ainda a biometria nos dois modos para avaliação mais precisas das estruturas oculares.

Como reportado por Squarzoni et al. (2010), as imagens do pécten foram obtidas no plano transversal em 6 horas. Para confirmar sua identificação, foi utilizado o doppler colorido e pulsado visando-se verificar sua vascularização como feito também por WILLS et al. (2016).

O comprimento do pécten nas Athene cunicularia ($4,25 \pm 0,56 \text{ mm}$ OD e $4,35 \pm 0,61 \text{ mm}$ OE) e nas Megascops choliba ($3,85 \pm 0,28 \text{ mm}$ OD e $3,95 \pm 0,32 \text{ mm}$ OE) assemelhou-se aos de: Athene noctua - $4,1 \pm 0,3 \text{ mm}$ (BECKWITH-COHEN et al., 2015); Megascops asio - $4,2 \pm 0,4 \text{ mm}$ (LABELLE et al., 2012) e Asio otus - $4,30 \pm 0,31 \text{ mm}$ (GUMPENBERGER, KOLM, 2006). As medidas foram inferiores às

reportadas em *Otus scops* com 7,1 \pm 0,7 mm (BECK et al., 2015), *Asio clamator* (SQUARZONI et al., 2010) e corujas do gênero *Strix* com valores entre 5,7 \pm 0,73 a 5,9 \pm 0,4 (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; LABELLE et al., 2012; WILLS et al., 2016). Também foram menores que nas do gênero *Bubo* com resultados entre 6,9 \pm 0,2 a 8,3 \pm 1,1 mm (LABELLE et al., 2012; BECK et al., 2015; WILLS et al., 2016).

Em nosso estudo, não houve diferença significativa quanto ao comprimento do pécten entre as duas espécies avaliadas, diferente do que foi reportado por Beckwith-Cohen et al. (2015), que observaram medidas superiores em rapinantes de hábitos diurnos. Por ser uma estrutura de formato tridimensional, para mensurações mais precisas, Beckwith-Cohen et al. (2015) e Apruzzese et al. (2018) mencionaram a possibilidade de utilização da ultrassonografia trimensional na mensuração do pécten.

O diâmetro da córnea foi medido com paquímetro digital à semelhança dos relatos de Rodarte-Almeida et al. (2013) e Wills et al. (2016). Não houve diferença significativa entre OD e OE e nem entre as duas espécies. Os valores obtidos para *Athene cunicularia* (14,5 ± 1,74 mm) e *Megascops choliba* (14,61 ± 0,94 mm) foram similares aos de *Megascops asio* (14,8 mm) reportados por Labelle et al. (2012) e inferiores ao registrados por Harris et al. (2008) na mesma espécie (15,25 ± 0,5 mm). Foram também menores que os registrados em *Asio clamator* (15.7±2.74 mm) por Rodarte-Almeida et al. (2013) e aos mensurados em corujas dos gêneros *Strix* e *Bubo*, superiores a 20 mm (LABELLE et al., 2012; WILLS et al., 2016).

Pesquisas avaliando a possível correlação entre o formato do olho e os padrões de atividade têm sido reportadas em aves, répteis e mamíferos (LISNEY et al., 2012). Em relação ao formato, medidas como o comprimento axial do olho e o diâmetro da córnea foram determinadas, sendo constatada correlação entre elas. A razão entre o diâmetro corneano e o comprimento axial foi maior em aves de hábitos noturnos (HALL; ROSS, 2007; LISNEY et al., 2012), o que não foi igualmente observado na comparação entre as corujas deste estudo. Na espécie *Athene cunicularia*, a correlação foi fraca no OD e muito forte no OE; na espécie *Megascops choliba*, a correlação foi muito forte para o OD e negativa muito fraca para o OE. Na comparação entre as médias de OD e OE, houve correlação forte entre os parâmetros para *Athene cunicularia* e fraca para *Megascops choliba*

Hall e Ross (2007), ao avaliarem 459 espécies de aves, constataram que as noturnas possuíam diâmetros de córnea e comprimentos axiais maiores que as

diurnas. Portanto, neste estudo, esperava-se que estes valores fossem superiores na espécie *Megascops choliba*, o que não ocorreu, já que diferenças significativas quanto aos parâmetros não foram observadas entre as duas espécies. Nossos dados também não corroboram os de Linsey et al. (2012) que, ao compararem nove espécies de corujas com diferentes hábitos, também referiram valores mais altos nas noturnas, intermediários nas crepusculares e catemerais e menores nas diurnas.

Linsey et al. (2012) reportaram que nas espécies *Athene cunicularia*, considerada diurna-crepuscular, e *Asio flammeus*, tida como crepuscular-catemeral, apresentaram taxas mais parecidas às das corujas noturnas ou crepuscularesnoturnas. Referiram, ainda, que apesar dos padrões de atividade atribuídos às corujas *Athene cunicularia* e *Asio flammeus* na literatura, também tem sido relatado que estas espécies tem predileção pela caça sob baixa intensidade de luz. Motta-Júnior (2006), analisando as relações tróficas entre cinco espécies de corujas, incluindo *Athene cunicularia* e *Megascops choliba*, verificou que todas exibiram atividades de caça predominantemente nas horas crepusculares e noturnas. Também que as *Athene cunicularia* mostraram-se mais ativas no crepúsculo e início da noite do que durante o dia. Tais resultados podem justificar nossos achados, em que uma coruja diurna-crepuscular apresentou valores iguais aos de uma coruja noturna.

Schmitz e Motani (2010) criaram um método para discriminar os diferentes padrões de atividades em espécies animais, baseando-se na morfometria dos olhos. Entretanto, não foi possível a correlação em corujas e primatas noturnos, provavelmente devido ao formato tubular do olho que pode representar uma via evolucionária diferente para o aumento na captação da luz. Talvez, o formato dos olhos das corujas não tenham possibilitado estabelecer as correlações esperadas entre o diâmetro da córnea e o comprimento axial do olho.

O peso é um parâmetro de fácil mensuração em aves (APRUZZESE et al., 2018), diferente da idade e do sexo que não puderam ser determinados neste estudo, por avaliar animais de vida livre e sem dimorfismo sexual. A faixa etária pode ser estimada pela plumagem dos animais, pois há diferenças entre adultos e filhotes (MENQ, 2018). Apesar de apresentarem pesos semelhantes, houve diferença significativa, sendo as corujas da espécie *Athene cunicularia* mais pesadas. Os pesos de ambas as espécies foram compatíveis aos descritos na literatura (PLUMPTON, 1994; SILVEIRA, 2016).

A correlação entre o peso e o comprimento axial do olho foi observada, porém, sendo muito fraca na espécie *Athene cunicularia* e fraca na espécie *Megascops choliba*. Esta correlação também foi constatada por Schaeffel e Wagner (1996) em corujas da espécie *Tyto alba* (sendo superior à de pombos), Beckwith-Cohen et al. (2015) em rapinantes diurnos e noturnos (incluindo corujas) e Wills et al. (2016) em corujas das espécies *Strix nebulosa* e *Bubo scandiacus*.

Estudos biométricos, como o realizado. são importantes pois 0 estabelecimento de medidas relativas à normalidade é imprescindível ao diagnóstico de alterações congênitas ou adquiridas que afetem o tamanho do bulbo ou as interrelações entre suas estruturas (HERNÁNDEZ-GUERRA; RODILLA; LÓPEZ-MURCIA, 2007; MCALLISTER; GRAHAN, 2012). Também permitem determinar o tamanho e o poder óptico de lentes intraoculares e as medidas de próteses intraoculares (GONZALEZ; RODRIGUEZ; GARCIA, 2001). A biometria pode contribuir ao conhecimento das características morfofuncionais dos olhos de diferentes espécies de aves, sendo seu uso indicado na rotina do exame oftálmico com finalidade de obtenção de dados que possam contribuir, inclusive, com a tomada de decisão sobre a viabilidade ou não de soltura e reintrodução destes animais (GUMPENBERGER, KOLM, 2006; LABELLE et al., 2012; APRUZZESE et al., 2018).

7. CONCLUSÕES

O estudo permitiu concluir que:

 A biometria ocular com ultrassonografia em modo B foi factível em corujas das espécies Athene cunicularia e Megascops choliba, tendo sido possível estabelecer medidas em aves adultas e sadias, as quais poderão ser utilizadas no diagnóstico de algumas afecções oculares;

 Apesar das duas espécies serem classificadas com padrões de atividades distintos, não foram observadas diferenças significativas nas mensurações relativas ao comprimento axial pela ultrassonografia em modo B e o diâmetro da córnea à paquimetria, as quais são descritas na literatura como superiores nas aves de hábitos noturnos;

- A correlação entre o comprimento axial do olho e o peso ocorreu, porém com intensidade fraca em *Athene cunicularia* e muito fraca em *Megascops choliba*.

 As diferenças na biometria ocular entre as espécies não foram verificadas em todas as medidas, indicando possíveis variações nas dimensões das estruturas (lente) e dos espaços intraoculares (câmaras anterior e vítrea);

 Há necessidade de estudos complementares sobre os parâmetros de biometria ocular e suas correlações em uma amostragem maior para se averiguar se as diferenças observadas persistiriam.
REFERÊNCIAS

APRUZZESE, A. et al. Ocular ultrasonography and biometry in the cinereous vulture (*Aegypius monachus*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 32, n. 4, p. 307-313, 2018.

ASSOCIATION FOR RESEARCH IN VISION AND OPHTHALMOLOGY (ARVO). **Statement for the use of animals in ophthalmic and visual research**. Disponível em: https://www.arvo.org/About/policies/statement-for-the-use-of-animals-in-ophthalmic-and-vision-research. Acesso em: 20 ago. 2019.

BANKS, M. S. et al. Why do animal eyes have pupils of different shapes? **Science Advances**, v. 1, p. 1-9, 2015.

BAYÓN, A.; ALMELA, R. M.; TALAVERA, J. Avian ophthalmology. **European Journal of Companion Animal Practice**, v. 17, n. 3, p. 253-266, 2007.

BECKWITH-COHEN, B. et al. Differences in ocular parameters between diurnal and nocturnal raptors. **Veterinary Ophthalmology**, v. 18, n. 1, p. 98-105, 2015.

BOROFFKA, S. A. E. B. et al. Intraobserver and interobserver repeatability of ocular biometric measurements obtained by means of B-mode ultrasonography in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 67, n. 10, p. 1743-1749, 2006.

BRACH, V. The functional significance of the avian pecten: A review. **The Condor**, v. 79, p. 321-327, 1977.

BRINGMANN, A. Structure and function of the bird fovea. **Anatomia, Histologia**, **Embryologia**, p. 1-24, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ahe.12432>.

CASTELLÓ, C. M. et al. Ultrassonografia doppler colorido e doppler espectral para o estudo de pequenos fluxos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22; p. 2691-2713, 2015.

CHIWITT, C. L. H. et al. Ocular biometry by computed tomography in different dog breeds. **Veterinary Ophthalmology**, v. 20, n. 5, p. 411-4191-9, 2017.

COTRILL, N. B.; BANKS, W. J.; PECHMAN, R. D. Ultrasonographic and biometric evaluation of the eye and orbit of dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 50, n. 6, p. 898-903, 1989.

COUSQUER, G. Ophthalmological findings in free-living tawny owls (*Strix aluco*) examined at a wildlife veterinary hospital. **Veterinary Record**, v. 156, p. 734-739, 2005.

DAVIDSON, M. Ocular consequences of trauma in raptors. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 6, n. 3, p. 121-130, 1997.

DAYAN, M. O.; OZAYDIN, T. A comparative morphometrical study of the pecten oculi in different avian species. **The Scientific World Journal**, p. 1-5, 2013. Article ID 968652.

EL-MAGHRABY, H. M.; NYLAND, T. G., BELLHORN, R. W. Ultrasonographic and biometric evaluation of sheep and cattle eyes. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 36, p. 148-151, 1995.

FERREIRA, T. A. C.; GIANNICO, A. T.; MONTIANI-FERREIRA, F. Hemodynamics of the pectinis oculi artery in american pekin ducks (*Anas platyrhynchos domestica*). **Veterinary Ophthalmology**, v. 19, n. 5, p. 409-413, 2015.

GALLHOEFER, N. S. et al. Comparison of ultrasonography and histologic examination for identification of ocular diseases of animals: 113 cases (2000-2010). **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 243, n. 3, p. 376-388, 2013.

GONZALEZ, E.; M. RODRIGUEZ, A.; GARCIA, I. Review of ocular ultrassonography. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 42, n. 6, p. 485-495, 2001.

GUMPENBERGER, M.; KOLM, G. Ultrasonographic and computed tomographic examinations of the avian eye: physiologic appearance, pathologic findings, and comparative biometric measurement. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 47, n. 5, p. 492-502, 2006.

GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ, C. ET AL. Comparative study of visual pathways in owls (Aves: Strigiformes). **Brain, Behavior and Evolution**, v. 81, p. 27-39, 2013.

HAGER, D. A.; DZIEZY, J.; MILLCHAMP, N. J. Two-dimensional real-time ocular ultrasonography in the dog - technique and normal anatomy. **Veterinary Radiology**, v. 28, n. 2, p. 60-65, 1987.

HALL, M. I.; IWANIUK, A. N.; GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ, C. Optic foramen morphology and activity pattern in birds. **The Anatomical Record**, v. 292, p. 1827-1845, 2009.

HALL, M. I.; ROSS, C. F. Eye shape and activity pattern in birds. **Journal of Zoology**, v. 271, n. 4, p. 437-444, 2006.

HAMIDZADA, W. A.; OSUOBENI, E. P. Agreement between A-mode and B-mode ultrasonography in the measurement of ocular distances. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 40, n. 5, p. 502-507, 1999.

HARRIS, M. C. et al. Ophthalmic examination findings in a colony of screech owls (*Megascops asio*). **Veterinary Ophthalmology**, v. 11, n. 3, p. 186-192, 2008.

HERNÁNDEZ-GUERRA, A. M.; RODILLA, V.; LÓPEZ-MURCIA, M. M. Ocular biometry in the adult anesthetized ferret *(Mustela putorius furo*). **Veterinary Ophthalmology**, v. 10, n. 1, p. 50-52, 2007.

HOLT, D. W.; LAYNE, E. A. Eye injuries in long-eared owls (*Asio otus*): prevalence and survival. **Journal of Raptor Research**, v. 42, n. 4, p. 243-247, 2008.

JONES, M. P.; PIERCE, K. E.; WARD, D. Avian vision: a review of form and function with special consideration to birds of prey. **Journal of Exotic Pet Medicine**, v. 16, n. 2, p. 69-87, 2007.

KEALY, J. K.; MCALLISTER, H.; GRAHAM, J. P. **Radiologia e ultrassonografia do cão e do gato**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 589p.

KERN, T. J.; COLITZ, C. M. H. Exotic animal ophthalmology. In: GELATT, K.N. **Veterinary ophthalmology**. 5. ed. Iowa: Wiley-Blackwell, 2013. cap. 33, p.1750-1819.

KIAMA, S. G.et al. The morphology of the pecten oculi of the ostrich, *Struthio camelus*. **Annals of Anatomy**, v. 188, p. 519-528, 2006.

LABELLE, A. L. et al. Clinical utility of a complete diagnostic protocol for the ocular evaluation of free-living raptors. **Veterinary Ophthalmology**, v. 15, n. 1, p. 5-17, 2012.

LIMA, F. C. et al. Anatomy of the scleral ossicles in brazilian birds. **Brazilian Journal** of Morphological Sciences, v. 26. p. 165-169, 2009.

LIND, O. E.; KELBER, A.; KRÖGER, R. H. H. Multifocal optical systems and pupil dynamics in birds. **The Journal of Experimental Biology**, v. 211, p. 2752-2758, 2008.

LISNEY, T. J. et al. Eye shape and retinal topography in owls (Aves: Strigiformes). **Brain, Behavior and Evolution**, v. 79, p. 218-236, 2012.

LORENTE-RAMOS, R. M. et al. US of the eye made easy: a comprehensive how-to review with ophthalmoscopic correlation. **RadioGraphics**, v. 32, p. E175-E200, 2012.

MARTIN, G. R. What is binocular vision for? A birds' eye view. **Journal of Vision**, v. 9 (11), n. 14, p. 1-19, 2009.

MARTIN, G. R. Through birds' eyes: insights into avian sensory ecology. **Journal of Ornithology**, v. 153, p. S23-S48, 2012. Suppl. 1.

MARTIN, G. R. What drives bird vision? Bill control and predator detection overshadow flight. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11:619, p. 1-16, 2017.

MATTON, J. S.; NYLAND, T. G. **Small animal diagnostic ultrasound**. 3. ed. St. Louis: Elsevier Saunders, 2014. 680 p.

MENQ, W. Corujas do Brasil. **Aves de Rapina Brasil**, 2013. Disponível em: http://www.avesderapinabrasil.com/materias/corujas_brasileiras.htm. Acesso em: 19 set. 2019.

MORAES, W. et al. Doppler ultrassonography of the pectinis oculi artery in harpy eagles (*Harpia harpyja*). **Open veterinary journal**, v. 7, n. 1, p. 70-74, 2017.

OWLPAGES. Disponível em: http://www.owlpages.com. Acesso em: 20 ago. 2019.

MURPHY, C. J.; KERN, T. J.; MCKEEVER, K. Ocular lesions in free-living raptors. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 181, p. 1302-1304, 1982.

PENNINCK, D. et al. Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 22-39, 2001.

PERLMANN, E.; SÁ, M. B. P. B.; SQUARZONI, R. Ultrassonografia ocular como ferramenta diagnóstica na medicina veterinária. **Medvep - Revista Cientifica de Medicina Veterinária - Pequenos Animais e Animais de Estimação**, v. 10, n. 33, p. 204-211, 2012.

PIACENTINI, V. Q. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, n. 2, p. 91-298, 2015.

PLOCHOCKI, J. H. et al. Extraocular muscle architecture in hawks and owls. **Veterinary Ophthalmology**, v. 21, n. 1, p. 595-600, 2018.

PLUMPTON, D. L., LUTZ, R. S. Sexual size dimorphism, mate choice, and productivity of burrowing owls. **The Auk**, v. 111, n. 3, p. 724-727, 1994.

REZENDE, A. M.; BIANCHET, S. B. **Dicionário do latim essencial**. São Paulo: Autêntica Editora. 2. ed. 2014. 512p.

RODARTE-ALMEIDA, A. C. V. et al. O olho da coruja-orelhuda: observações morfológicas, biométricas e valores de referência para testes de diagnóstico oftálmico. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 10, p. 1275-1289, 2013.

RODRIGUES, M.P. M. et al. The flash electroretinogram of burrowing owl - *Athene cunicularia*. **JOJ Ophthalmology**, v. 1, n.3, p. 1-6, 2016.

ROGERS, M. et al. Evaluation of the extirpated equine eye using B-mode ultrasonography. **Veterinary Radiology**, v. 27, p. 24-29, 1986.

RUGGERI, M. et al. Retinal structure of birds of prey revealed by ultra-high resolution spectral-domain optical coherence tomography. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 51, n. 11, p. 5789-5795, 2010.

SANT'ANNA, C. E. R.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Macroecologia de corujas (Aves: Strigiformes) da América do Sul. **Ararajuba**, v. 7, n. 1, p. 3-11, 1999.

SANTOS, D. M. et al. Caracterização alimentar da *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) (Coruja buraqueira). **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, p. 1-9, 2017.

SCHAEFFEL, F.; WAGNER, H. Emmetropization and optical development of the eye of the barn owl (*Tyto alba*). **Journal of Comparative Physiology A**, v. 178, p. 491-498, 1996.

SCHWAB, I. R. **Evolution's witness: how eyes evolved.** New York: Oxford University Press, 2012. 306p.

SERUCA, C. et al. Ocular consequences of blunt trauma in two species of nocturnal raptors (*Athene noctua* and *Otus scops*). **Veterinary Ophthalmology**, v. 15, n. 4, p. 236-244, 2012.

SILVEIRA, J. L. G. S. **TAMANHO É DOCUMENTO?** – Uma análise da ocupação de duas espécies de coruja, a Corujinha-do-mato (Megascops choliba) e o Caburé (Glaucidium brasilianum) de um remanescente da Caatinga no semi-árido potiguar. Junho 2016. 23 páginas. Monografia (Bacharel em Ecologia) - departamento de Ecologia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, junho de 2016.

SICK, H. Ornotologia brasileira. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 912p.

SILVERMAN, R. H. Focused ultrasound in ophthalmology. **Clinical Ophthalmology**, v. 10, p. 1865-1875, 2016.

SILVERMAN, R. H. High-resolution ultrasound imaging of the eye - a review. **Clinical** and **Experimental Ophthalmology**, v. 37, p. 54-67, 2009

SOARES, E. S. et al. **Plano de ação nacional para a conservação de aves de rapina**. Brasília: ICMBio, 2008. 136 p. (Série espécies ameaçadas, v. 5).

SQUARZONI, R. et al. Ultrasonographic aspects and biometry of striped owl's eyes (*Rhinoptynx clamator*). **Veterinary Ophthalmology**, v. 13, n. 1, p. 86-90, 2010.

TUNTIVANICH, N. et al. Postnatal development of canine axial globe length measured by B-scan ultrasonography. **Veterinary Ophthalmology**, v. 10, n. 1, p. 2-5, 2007.

WALDVOGEL, J. A. The bird's eye view. American Scientist, v. 78, n. 4, p. 342-353, 1990.

WIKIAVES. Disponível em: http://www.wikiaves.com.br. Acesso em: 20 ago. 2019.

WILLIAMS, D. L. **Ophthalmology of exotic pets**. 1 ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. p. 248.

WILLIS, A.M.; WILKIE, D.A. Avian ophthalmology part 1: anatomy, examination and diagnostic techniques. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 13, n. 3, p. 160-166, 1999.

WILLS, S. et al. 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, v. 47, n. 1, p. 244-255, 2016.

WINK, M. et al. Molecular phylogeny of owls (Strigiformes) inferred from DNA sequences of the mitochondrial cytochrome B and the nuclear RAG-1 gene. **Ardea**, v. 97, n. 4, p. 581-591, 2009.

APÊNDICES

Corujas	Athene cunicularia	Megascops choliba
Identificação	Peso	Peso
1	161	110
2	*	*
3	140	132
4	148	138
5	140	138
6	161	139
7	161	120
8	*	124
9	161	119
10	165	106
11		89
12		120
13		130
14		125
15		106
16		93

Apêndice A – Valores individuais relativos ao peso (em gramas) de 8 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e 15 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*).

*Peso não registrado.

Corujas	Corujas Olho direito						OI	ho esquerd	lo	
Identificação	CAB	CA	L	CV	Р	CAB	CA	L	CV	Р
1	20,5	3,74	5,73	9,47	5,41	21	3,92	5,46	9,53	5,52
2	16	3,34	1,63	10,84	3,58	17,5	4,13	2,2	10,5	4,18
3	18,8	3,53	6,12	8,74	3,9	18,9	3,76	5,8	8,91	4,14
4	18,5	3,48	5,94	8,78	4	18,7	3,48	5,89	8,82	3,52
5	18,6	3,48	5,8	8,78	3,62	18,6	3,57	5,61	8,95	3,67
6	18,8	3,66	5,75	8,99	4,64	18,6	3,62	5,84	8,83	4,97
7	18,7	3,71	5,94	8,74	4,2	18,6	3,62	6,12	8,58	3,99
8	18,3	3,48	6,21	8,25	4,55	18,3	3,57	5,94	8,25	4,63
9	15,9	3,25	2,41	9,56	3,95	16	3,48	2,18	9,93	4,73
10	19,5	3,84	5,96	9,25	4,65	19,6	3,98	6,06	9,16	4,2

Apêndice B – Valores individuais da biometria ocular (em mm) de ambos os olhos de 10 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) referentes ao comprimento axial do bulbo (CAB), à profundidade da câmara anterior (CA), à espessura da lente (L), à profundidade da câmara vítrea (CV) e ao comprimento do pécten (P), obtidos por ultrassonografia em modo B.

Corujas		Olho direito					Olho esquerdo			
Identificação	CAB	СА	L	CV	Р	CAB	СА	L	CV	Р
1	18,2	3,62	6,26	8,37	3,58	18,3	3,74	6,37	8,29	3,39
2	19,1	3,7	6,1	8,63	3,41	18,8	3,61	6,01	8,51	3,56
3	18,5	3,48	6,08	8,5	4,11	18,4	3,57	5,9	8,37	4,52
4	18,7	3,52	6,31	8,41	3,57	18,5	3,57	6,03	8,54	4,27
5	19,1	3,85	5,7	8,95	3,8	18,5	3,52	5,89	8,7	3,71
6	19	3,62	6,03	8,86	4,23	18,8	3,62	6,12	8,58	3,96
7	18,3	3,56	6,12	8,53	4,24	18,3	3,56	6,04	8,42	4,34
8	18,7	3,59	6,23	8,51	4,04	18,7	3,63	6,19	8,44	4,17
9	18,2	3,27	6,33	8,09	4,02	18,3	3,02	6,54	8,13	3,93
10	18,7	3,26	6,28	8,45	4,1	17,9	3,26	6,38	7,98	4,17
11	18,6	3,42	6,19	8,84	3,7	18,7	3,38	6,24	8,51	3,67
12	19	3,61	6,19	8,58	3,56	18,7	3,41	6,38	8,28	3,71
13	18,8	3,6	6,56	8,58	3,42	18,7	3,37	6,23	8,7	3,67
14	18,8	3,74	6,14	8,58	3,97	18,9	3,61	6,1	8,71	4,14
15	18,5	3,51	6,19	8,38	3,92	18,5	3,42	6,42	8,42	4,15
16	18,7	3,65	6,14	8,46	3,93	18,7	3,51	6,28	8,34	3,8

Apêndice C – Valores individuais da biometria ocular (em mm) de ambos os olhos de 16 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*) referentes ao comprimento axial do bulbo (CAB), à profundidade da câmara anterior (CA), à espessura da lente (L), à profundidade da câmara vítrea (CV) e ao comprimento do pécten (P), obtidos por ultrassonografia em modo B.

Corujas	Olho direito	Olho esquerdo
Identificação	DC	DC
1	19,05	15,63
4	13,2	13,83
5	13,24	13,87
6	13,16	13,34
7	13,92	13,62
10	16,08	15,11

Apêndice D – Valores individuais relativos ao diâmetro da córnea (DC), em mm, de ambos os olhos de 6 corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*), obtidos por paquimetria digital.

Apêndice E – Valores individuais relativos ao diâmetro da córnea (DC), em mm, de ambos os olhos de 14 corujinhas-do-mato (*Megascops choliba*), obtidos por paquimetria digital.

Corujas	Olho direito	Olho esquerdo		
Identificação	DC	DC		
3	13,74	16,91		
4	14,27	14,99		
5	14,77	16,17		
6	13,86	15,01		
7	12,73	15,03		
8	14,84	14,44		
9	14,3	14,02		
10	14,1	13,78		
11	14,4	14,48		
12	15,65	14,39		
13	14,85	12,41		
14	15,5	13,7		
15	15,1	15,46		
16	15,44	14,79		

Apêndice F – Quadro de interpretação da correlação entre duas variaveis.

Correlação (r)	Interpretação
1	Perfeita
0,8 – 1,0	Muito forte
0,6 - 0,8	Forte
0,4 - 0,6	Moderada
0,2 - 0,4	Fraca
0 – 0,2	Muito fraca
0	Sem correlação