

**ELTON HUGO LIMA DA SILVA SOUZA**

**Avaliação de parâmetros clínicos oftálmicos, eletrofisiológicos, ecobiometria ocular em modo B e dopplervelocimetria da artéria oftálmica em Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*, Gmelin, 1788)**

**RECIFE - PE  
2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA – PGV**

**ELTON HUGO LIMA DA SILVA SOUZA**

**Avaliação de parâmetros clínicos oftálmicos, eletrofisiológicos, ecobiometria ocular em modo B e dopplervelocimetria da artéria oftálmica em Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*, Gmelin, 1788)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência Veterinária.

**Orientador: Prof. Dr. Fabrício Bezerra de Sá**

**RECIFE  
2016**

### Ficha Catalográfica

S729a Souza, Elton Hugo Lima da Silva.  
Avaliação de parâmetros clínicos oftálmicos,  
eletrofisiológicos, ecobiometria ocular em modo B e  
dopplervelocimetria da artéria oftálmica em Gavião-Carijó  
(*Rupornis magnirostris*, Gmelin, 1788) / Elton Hugo Lima da  
Silva Souza. – Recife, 2016.  
87 f. : il.

Orientador: Fabrício Bezerra de Sá.  
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência  
Veterinária) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Medicina veterinária, Recife, 2016.  
Anexo(s) e Referências bibliográficas.

1. Diagnóstico por imagem. 2. Eletrofisiologia.  
3. Hemodinâmica. 4. Neuroftalmologia. 5. Oftalmologia  
veterinária. I. Sá, Fabrício Bezerra de, orientador. II. Título

CDD 636.089

**ELTON HUGO LIMA DA SILVA SOUZA**

**Avaliação de parâmetros clínicos oftálmicos, eletrofisiológicos, ecobiometria ocular em modo B e dopplervelocimetria da artéria oftálmica em Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*, Gmelin, 1788)**

Dissertação de Mestrado

**Aprovada em 26 de fevereiro de 2016**

**Banca Examinadora:**

---

**Prof. Dr. Fabrício Bezerra de Sá**  
**Orientador– Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal - UFRPE – Presidente**

---

**Prof. Dr. Valdir Luna da Silva**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

---

**Dr. Edbhergue Ventura Lola Costa**  
**Médico Veterinário PNPD/CAPES/UFRPE**

---

**Prof. Dr. Moacir Bezerra de Andrade – UFRPE**  
**Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal - UFRPE**

*“A Deus, por iluminar meus caminhos, aos meus pais, irmão e a minha esposa, por todo o apoio, compreensão e carinho.”*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter guiado os meus caminhos e minhas escolhas.

A minha família, principalmente a meus pais, que me apoiaram incondicionalmente em todas as decisões e escolhas da minha vida. Minha eterna gratidão.

A Sabrina Ferreira, companheira de todas as horas, que chorou, deu risadas, sentiu, participou, dividiu e tolerou as ausências, te agradeço pela expressão de amor profundo. As alegrias de hoje também são suas, pois o estímulo e carinho foram vitais em mais essa vitória.

Ao professor, orientador e amigo Fabrício Bezerra de Sá, que além de me guiar pelos caminhos do conhecimento, sempre foi tolerante e compreensivo.

A todos que contribuíram neste trabalho, em especial a Rinaldo Ferri, Robério Siqueira, Edbhergue Costa, Yuri Valença e Taciana Spinelli, meus sinceros agradecimentos.

A todos que fazem e já fizeram parte do Laboratório de Oftalmologia Experimental.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao CNPQ, pelo apoio com as instalações, equipamentos e ajuda financeira.

*“O rio atinge seus objetivos, porque aprendeu a contornar os obstáculos”.*  
*(Lao Tsé)*

## RESUMO

O *Rupornis magnirostris*, uma ave de rapina silvestre abundante em todo território nacional, comumente encontrado em cativeiro, pelos mais variados motivos, como traumas, mutilações e apreensões do tráfico de animais, onde sofrem com problemas que podem acometer o sistema visual. Desta forma, objetivou-se avaliar os parâmetros clínicos oftálmicos, eletrofisiológicos, ecobiometria ocular em modo B e dopplervelocimetria da artéria oftálmica. Foram avaliados os dados do exame oftálmico como, a produção lacrimal (teste lacrimal de Schirmer), sensibilidade corneal (estesimetria de Cochet Bonnet) e pressão intraocular (tonometria de rebote), em relação a idade. Também foram realizadas análises quantitativa da função retiniana sob a luz branca e com diferentes comprimentos de onda (eletrorretinograma de campo total), das vias visuais (Potencial Visual Evocado por Flash de Luz), da biometria ultrassônica (ecobiometria ocular em modo B) e foram definidos os índices Doppler de resistência e pulsatilidade dos da artéria oftálmica (ultrassonografia triplex). Nos parâmetros oftálmicos só o teste Schirmer não modificou na faixa de idade estudada, há uma relação direta entre ele e o limiar de sensibilidade corneano, levando em consideração a idade. Na eletrofisiologia ocular os potenciais visuais evocados por flash de luz variam significativamente com o aumento da idade, na sensibilidade espectral verificou-se resposta aos seis comprimentos de ondas estudados e no eletrorretinograma a anestesia aumentou significativamente os tempos implícitos da onda fotópica e as amplitudes da onda “b” fotópica e do flicker 30 Hz. Na ecobiometria em modo B constatou-se uma relação entre a câmara anterior e a lente assim como com a lente e a câmara vítrea e na dopplervelocimétrica da artéria oftálmica verificou-se uma relação significativa entre o índice de pulsatilidade e índice de resistibilidade, assim como deles com a pressão intraocular e uma relação significativa do pico de velocidade sistólica e da velocidade diastólica final. Estes resultados abrem novos horizontes para a oftalmologia ornitológica, no que diz respeito a seus parâmetros clínicos oftálmicos, eletrofisiológicos, ecobiométricos em modo B e dopplervelocimétricos.

**Palavras-chave:** Diagnóstico por imagem, Eletrofisiologia, Hemodinâmica, Neuroftalmologia, Oftalmologia Veterinária



## ABSTRACT

*Rupornis magnirostris* is a common bird of prey in Brazil. Often seen in the wild, they are also commonly kept in captivity for many different reasons, such as trauma, mutilations, seizures or after apprehensions of wild life traffic. These animals often suffer from different problems that affect the visual system. This study aimed to evaluate the clinical parameters of the ophthalmic exam including electrophysiological, ocular biometry B-mode and Doppler velocimetry of the ophthalmic artery. Clinical ophthalmic examination data was collected, these included tear production (Schirmer tear test), corneal sensitivity test (esthesiometry Cochet Bonnet) and intraocular pressure (tonometry rebound); results were evaluated regarding different age ranges. Retinal quantitative function analysis was performed with white light and different wavelengths (full-field electroretinogram), analysis of the visual pathways (light flash visual evoked potential), ultrasound biometry (B-mode echobiometry of the eye) and Doppler indices of resistance and pulsatility of the ophthalmic artery (triplex ultrasound). Lacrimal Schirmer test was the only clinical parameter of the ophthalmic exam that had no age group differences. This may be due this tests direct relation with corneal sensibility considering age range. In ocular electrophysiology the visually evoked potentials elicited by flash stimuli varied significantly with increase in age; the spectral sensitivity study responded to five different wavelengths; electroretinogram was significantly influenced by anesthesia, increasing photopic implicit time and amplitude of b waves and flicker 30Hz. B mode echobiometry demonstrated a relation between the anterior chamber and lens as well as the lens and the vitreous chamber. ophthalmic artery Doppler velocimetry had a significant relationship between pulsatility and resistivity index, as well as with their intraocular pressure as well as a significant ratio of the peak systolic velocity and end diastolic velocity. These results open new horizons for ornithological ophthalmology, regarding clinical ophthalmology, electrophysiological, B mode echobiometry and Doppler velocimetry.

**Keywords:** Diagnostic Imaging, Electrophysiology, Hemodynamics, Neuro-ophthalmology, Veterinary Ophthalmology

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>19</b>
2.1.GERAL	19
2.2.ESPECÍFICOS	19
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>20</b>
3.1.Ocular O <i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	20
3.2.Morfologia	21
3.3.Aspectos macroscópicos e microscópicos do bulbo ocular das aves	21
3.3.1. A Córnea e Esclera	24
3.3.2. A Lente	25
3.3.3. A Íris	26
3.3.4. O Pécten	26
3.3.5. A Retina	27
3.4.Percepção de Luz e Movimento nas Aves	30
3.5.Parâmetros Clínicos Oftalmológicos	31
3.5.1. Tonometria Rebote	31
3.5.2. Teste lacrimal de Schirmer	31
3.5.3. Estesimetria corneana de Cochet Bonnet	32
3.6.Eletrofisiologia ocular	32
3.6.1. Eletrorretinograma de campo total	33
3.5.2. Potencial Visual Evocado por Flash de Luz	35
3.7.Ecobiometria em modo B e Dopplervelocimetria ocular	36
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>40</b>
4.1.Animais	40
4.2.Parâmetros Clínicos Oftalmológicos	41
4.2.1. Teste lacrimal de Schirmer	41
4.2.2. Estesimetria corneana de Cochet Bonnet	42
4.2.3. Tonometria Rebote	42
4.3. Eletrofisiologia Ocular	43
4.3.1. Eletrorretinograma de Campo Total	44
4.3.1.1. Eletrodos e estímulo	44
4.3.1.2.Procedimento para os Exames	44

4.3.1.3. Avaliação-----	45
4.3.2. Sensibilidade Espectral-----	46
4.3.2.1. Eletrodos e estímulo-----	46
4.3.2.2. Procedimento para os Exames-----	46
4.3.2.3. Avaliação-----	47
4.3.3. Potencial Visual Evocado por Flash de Luz-----	47
4.3.3.1. Eletrodos e estímulo-----	47
4.3.3.2. Procedimento para os Exames-----	47
4.3.3.3. Avaliação-----	48
4.4. Ecobiometria ocular em modo B e Dopplervelocimetria da artéria oftálmica-- -----	49
4.4.1. Equipamento -----	49
4.4.2. Procedimento para os Exames-----	49
4.4.3. Avaliação-----	50
4.4.4. Avaliação Estatística-----	52
5. RESULTADOS-----	53
5.1. Parâmetros Clínicos Oftalmológicos-----	53
5.1.1. Teste lacrimal de Schirmer-----	53
5.1.2. Estesimetria corneana de Cochet Bonnet-----	53
5.1.3. Pressão Intraocular-----	55
5.2. Eletrofisiologia Ocular -----	55
5.2.1. Eletrorretinograma de Campo Total-----	55
5.2.2. Potencial Visual Evocado por Flash de Luz-----	57
5.2.3. Sensibilidade Espectral-----	58
5.3. Ecobiometria ocular em modo B e Dopplervelocimetria da artéria oftálmica-- -----	60
6. DISCUSSÃO-----	62
6.1. Parâmetros clínicos oftalmológicos-----	62
6.1.1. Teste lacrimal de Schirmer-----	63
6.1.2. Estesimetria corneana de Cochet Bonnet-----	64
6.1.3. Pressão intraocular-----	64
6.2. Eletrofisiologia ocular-----	66
6.2.1. Eletrorretinograma de campo total-----	66
6.2.2. Sensibilidade espectral-----	68

6.2.3. Potencial visual evocado por flash de luz-----	69
6.3.Ecobiometria em modo B e Dopplervelocimetria ocular -----	70
7. CONCLUSÃO-----	72
8. REFERÊNCIAS-----	73
ANEXOS-----	84

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

- Figura 1.** Imagem visibilizando corte longitudinal dos formatos dos bulbos oculares encontrados nas aves. Em A o formato achatado, em B o formato alongado e em C o formato tubular. Fonte: adaptado de CANDIOTO, (2011).-----22
- Figura 2:** Imagem visibilizando em corte longitudinais o bulbo ocular das aves. Em A, representação do desenho das estruturas e em B representa a imagem do globo ocular real. Fonte: adaptado de CANDIOTO (2011) e de <http://slideplayer.com.br/slide/360035/>-----23
- Figura 3.** Desenho representativo das cinco ondas de acordo com as condições recomendadas pela ISCEV. Fonte: JACOB, 2012 -----34
- Figura 4.** Desenho representativo da onda “a” e “b”.-----35
- Figura 5.** Imagem visibilizando o ultrassom bidimensional do bulbo ocular de um Gavião-carijó, onde se evidenciam suas estruturas anatômicas: C: córnea; CA: câmara anterior; CAL: cápsula anterior da lente; L: lente; CPL: cápsula posterior da lente; CV: câmara vítrea e P: pécten.-----37
- Figura 6.** Imagem visibilizando ultrassom bidimensional longitudinal com Doppler colorido do bulbo ocular de um Gavião-carijó, com fluxos em azul (se distanciando do transdutor - venoso) e vermelho (se aproximando do transdutor - arterial), bem como uma área de turbulência (mosaico de azul, vermelho e verde). Em C: córnea; L: lente; CV: câmara vítrea.--38
- Figura 7.** Imagem visibilizando a representação gráfica do fluxo sanguíneo (arterial, venoso e no pécten os dois juntos) relacionando a velocidade em função do tempo e que mostra vários ciclos cardíacos, marcados no fluxo arterial. Em verde, no fluxo arterial o envelopamento da onda para calculo de velocidades e índices Doppler.-----39
- Figura 8.** Imagem visibilizando a quantificação em milímetros da porção aquosa do filme lacrimal (teste lacrimal de Schirmer) em um Gavião-carijó.-----41
- Figura 9.** Imagens visibilizando o teste de estesiometria em um Gavião-carijó. Em (A) animal contido manualmente com luva de couro e estesiômetro de Cochet Bonnet posicionado com o náilon tocando na córnea. Em (B) um maior aumento e nota-se o náilon tocando na região central da córnea.-----42
- Figura 10.** Imagens visibilizando a tonometria de rebote em um Gavião-carijó.-----43
- Figura 11:** Imagem do sistema da Nihon Kohdem, o Neuropack 2 MEB-7102A/k-----43
- Figura 12.** Imagem visibilizando o posicionamento dos eletrodos no ERG em um Gavião-carijó acordado, contido manualmente.-----45
- Figura 13.** Imagem visibilizando o exemplo das ondas “a” e “b” do ERG-----46
- Figura 14.** Crânio de um Gavião-carijó com representação dos posicionamentos dos eletrodos. Azul: Ativo, Vermelho: Referência e Verde: Terra.-----48

<b>Figura 15.</b> Imagem de um Gavião-carijó contido e em decúbito lateral, com a probe do ultrassom posicionado sobre o globo ocular, realizando a captação das imagens pela técnica transcorneal.-----	49
<b>Figura 16.</b> Cortes longitudinais do globo. Em “A”: figura esquemática do globo ocular, em corte longitudinal, de um Gavião-carijó evidenciando os intervalos mensurados. Em “B” ecobiometria ocular em modo B, de um Gavião-carijó mostrando os intervalos mensurados (C: córnea, L: lente e CV: câmara vítrea).-----	50
<b>Figura 17.</b> Ultrassonografia Triplex da artéria oftálmica de um Gavião-carijó, onde o Doppler colorido e pulsado espectral são sobrepostos à imagem bidimensional, para obtenção dos picos da velocidade sistólica (PVS) e velocidade diastólica final (VDF) e posterior cálculo dos índices de resistividade (RI) e pulsatilidade (PI). O ângulo de insonação do volume da amostra (SV) é igual a 20°.-----	51
<b>Figura 18.</b> Imagens visibilizando a realização do teste da estesiometria corneana de Cochet Bonnetteste. Em “A” resposta negativa. Em “B” resposta positiva.-----	54
<b>Figura 19.</b> Imagem visibilizando as ondas das respostas STR, Escotópica e Mista do ERG.-----	56
<b>Figuras 20.</b> Imagem visibilizando as ondas das respostas Fotópicas e Flicker do ERG de animais anestesiados e acordados-----	57
<b>Figura 21.</b> Imagem visibilizando as ondas das respostas do PVE-F de animais menores que um ano e iguais ou maiores que um ano.-----	58
<b>Figura 22.</b> Representação da resposta média e seu desvio padrão para os tempos implícitos da onda “a”.-----	58
<b>Figura 23.</b> Representação da resposta média e seu desvio padrão para os tempos implícitos da onda “b”.-----	59
<b>Figura 24.</b> Representação da resposta média e seu desvio padrão para as amplitudes das ondas “a”.-----	59
<b>Figura 25.</b> Representação da resposta média e seu desvio padrão para as amplitudes das ondas “b”.-----	60

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Representação das médias e dos desvios padrões do teste lacrimal de Schirmer em relação com a idade.-----53
- Tabela 2.** Representação das médias e dos desvios padrões da Estesimetria em relação com a idade.-----54
- Tabela 3.** Representação das médias e dos desvios padrões da PIO em relação com a idade. --  
-----55
- Tabela 4.** Representação das médias e dos desvios padrões dos tempos implícitos e das amplitudes das ondas “a” e “b” dos exames de ERG (Escotópico e Misto) e “+” e “-“ STR .---  
-----56
- Tabela 5.** Representação das médias e dos desvios padrões dos tempos implícitos e das amplitudes das ondas “a” e “b” dos exames de ERG (Fotópicos e Flicker 30Hz).-----56
- Tabela 6.** Representação dos valores das médias e dos desvios padrões dos PVE-F nos animais menores que um ano e iguais ou maiores que um ano-----57
- Tabela 7.** Representação valores médios e desvios padrões das ecobiometrias oculares em modo B do globo ocular em relação com a idade.-----61
- Tabela 8.** Representação valores médios e desvios padrões da Dopplervelocimetria da artéria oftálmica em relação com a idade.-----61

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Quantidade de animais e olhos analisados em relação com o objetivo-----	40
<b>Quadro 2:</b> Condições das respostas do ERG-----	44
<b>Quadro 3.</b> Representação dos comprimentos de onda e angulação dos LEDs utilizados nos estímulos para a sensibilidade espectral. -----	46



## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

$\mu\text{V}$	Microvoltes
$\Omega$	Ohms
$^{\circ}$	Graus
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
ARVO	The Association for Research in Visual and ophthalmology
bpm	Batimentos por minutos
$\text{cd.s/m}^2$	Candelas vezes segundo por metro quadrado
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
CETAS	Centro de triagem de animais silvestres
cm	Centímetros
DMFA	Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
EEG	Eletroencefalograma
ERG	Eletrorretinograma
Hz	Hertz
IBAMA	Instituto do meio ambiente e dos recursos renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade
IP	Índice pulsatilidade
IR	Índice de resistência
ISCEV	Internacional Society for Clinical Electrophysiology of Vision
KHz	Quilo Hertz
LED	Light emitting diode
LOE	Laboratório de Oftalmologia Experimental
mg	Miligramas
MHz	Mega Hertz
mm	Milímetros

mm <sup>2</sup>	Milímetros quadrados
MMA	Ministério do Meio Ambiente
mmHg	Milímetros de mercúrio
MODO A	Modo unidimensional
MODO B	Modo bidimensional
ms	Milissegundos
N	Deflexões negativas
nm	Nanômetros
P	Picos positivos
PIO	Pressão intraocular
PVE	Potencial Visual Evocado
PVE-F	Potencial Visual Evocado por Flash de luz
SISBIO	Sistema de Autorização e Informações em biodiversidade
STR	Limiar de Resposta Escotópica
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UV	Ultravioleta
VDF	Velocidade diastólica final
VPS	Velocidade de pico sistólico

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil de acordo com os Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação do Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade (ICMBio) do Ministério do Meio Ambiente (MMA), vivem mais de oito mil espécies de vertebrados, distribuídos em mamíferos, aves, peixes, répteis e anfíbios (ICMBio, 2015).

Essa vasta fauna tem um valor imensurável, quando se trata dos seus valores científicos, econômicos, ecológicos e culturais. Um patrimônio que a grande maioria da população não reconhece como sendo importante. O equilíbrio ecológico e ambiental dos mais variados ecossistemas depende de alguma espécie animal. A manutenção desse equilíbrio se torna difícil quando se trata do desconhecimento técnico-científico sobre a grande maioria dos animais selvagens (VIDOLIN et al., 2004).

A falta de conhecimento aliada a grande quantidade de animais que se encontram em cativeiros, sejam em criatórios legalizados (criadores comerciais, cativeiros para manejo de fauna, parques ecológicos e jardins zoológicos, entre outros), ou em centros de recuperação, decorrente de acidentes e emergências ambientais, estão sujeitos a traumas, erros no manejo nutricional e/ou ambiental, os quais impossibilitam sua volta à vida livre (VIDOLIN et al., 2004). Traumas esses que por sua vez podem acometer o sistema visual (MILLICHAMP, 2002; OLIVEIRA et al., 2009).

Sistema visual este, que é o mais importante para as aves, é essencial para um voo seguro, uma boa alimentação e proteção. Este grupo de animais tem uma série de adaptações que dão acuidade visual superior à de outros vertebrados (GÜNTÜRKÜN, 1998).

A oftalmologia é um ramo da medicina veterinária que vem crescendo significativamente e cada vez mais necessita de literatura especializada. Para tanto se faz indispensável constantes pesquisas, tanto em animais domésticos quanto em animais silvestres. É de extrema importância a padronização dos dados clínicos oftálmicos e de exames complementares dos animais da fauna nacional, uma vez que são escassos os dados científicos sobre eles.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Descrever e avaliar os parâmetros clínicos oftalmológicos, eletrofisiológicos, ecobiometria ocular em modo B e dopplervelocimetria da artéria oftálmica em Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*, Gmelin, 1788).

### **2.2.ESPECÍFICOS**

Padronizar o teste lacrimal de schirmer, a tonometria de rebote e a estesiometria corneana de Cochet Bonnet.

Verificar a correlação entre o teste lacrimal de schirmer, a tonometria de rebote e a estesiometria corneana de Cochet Bonnet.

Padronizar o eletrorretinograma de campo total com luz branca.

Investigar o efeito da anestesia sobre as respostas escotópicas e flicker do eletrorretinograma de campo total.

Padronizar o potencial visual evocado por flash de luz.

Verificar o efeito da idade sobre a resposta do potencial visual evocado por flash de luz.

Determinar a sensibilidade espectral pelo eletrorretinograma de campo total.

Realizar a ecobiometria em modo B do bulbo ocular.

Definir os valores das velocidades e dos índices dopplervelocimétricos da artéria oftálmica.

Verificar a correlação dos índices Doppler com os valores de pressão intraocular.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. O Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*, Gmelin, 1788)

O Gavião-carijó é uma ave de rapina da ordem *Accipitriformes*, da família *Accipitridae*, tendo seu estado de conservação classificado como pouco preocupante (SICK, 2004).

O seu nome popular origina-se de seu padrão de estrias encontrado no peito. Este gavião é encontrado em diferentes ambientes, ocorrendo do México à Argentina e em todo o Brasil. É a espécie predominante, entre as aves de rapina, no Brasil, habitando os mais variados ambientes: os campos, as bordas de matas, as áreas urbanas, entre outros, sendo mais raro em áreas densamente florestadas. Também é conhecido pelos nomes de anajé, gavião-indaié, gavião-pinhel, gavião-pega-pinto, gavião-pinhé e indaié (FERGUSON-LES & CHRISTIE, 2001; SICK, 2004).

A presença do Gavião-carijó é cada vez maior nos centros urbanos. Sua adaptação foi bem sucedida a este ambiente, pois nas cidades a oferta de presas é maior e os seus predadores naturais (outras aves de rapina maiores) são escassos. Toda ave de rapina equilibra a fauna, evita uma superpopulação de roedores e aves pequenas, além de consumir insetos, lagartos, morcegos e ninhos de outras aves. Esse hábito alimentar generalista se reflete na sua ampla distribuição geográfica (FERGUSON-LES; CHRISTIE, 2001; SICK, 2004).

Seu peso fica em torno de 250 a 300 gramas, medem cerca de 31 a 41 centímetros, sendo os machos adultos menores que as fêmeas. Os adultos apresentam a ponta do bico preta com a base amarelada, a cabeça e a parte superior das asas são amarronzadas, mas tornam-se cinzas com o amadurecimento da ave. O peito é ferruginoso, a barriga e as pernas são brancas. Existem duas listras negras bem visíveis na extremidade da cauda. Quando está voando, suas asas são largas e de comprimento médio. A coloração básica da parte inferior das asas é o bege estriado com finas listras escuras, porém essas características de plumagem variam dependendo da região que habitam e as aves jovens apresentam a coloração marrom-carijó, a qual se confunde com outros gaviões (SICK, 2004).

O gavião-carijó tem o hábito de viver e voar em casal, fazendo movimentos circulares em quanto vocalizam. Essa vocalização também serve para anunciar sua presença, pois são extremamente territoriais. Na fase de reprodução, o casal constrói um ninho com 50 centímetros de diâmetro, com gravetos e folhas, geralmente na copa de grandes árvores. Diferentemente de outras aves, que só apresentam o ovário esquerdo, nas fêmeas dessa espécie os dois ovários são desenvolvidos. As fêmeas põem em média dois ovos e os

encubam ininterruptamente por cerca de 30 dias. Durante este período o macho passa a alimentá-la no ninho (SICK, 2004).

### **3.2. Morfologia Ocular**

No ambiente existem radiações as quais se propagam como ondas, que podem variar em longas e lentas, ou extremamente rápidas e curtas; porém, a sensibilidade para captação nos seres vivos é limitada a uma pequena faixa entre os dois extremos. Para a captação dessas ondas são necessários mecanismos específicos e tratando-se de faixas de ondas curtas, como a da luz, o mecanismo é o de fotorrecepção (ROMER, et al, 1981).

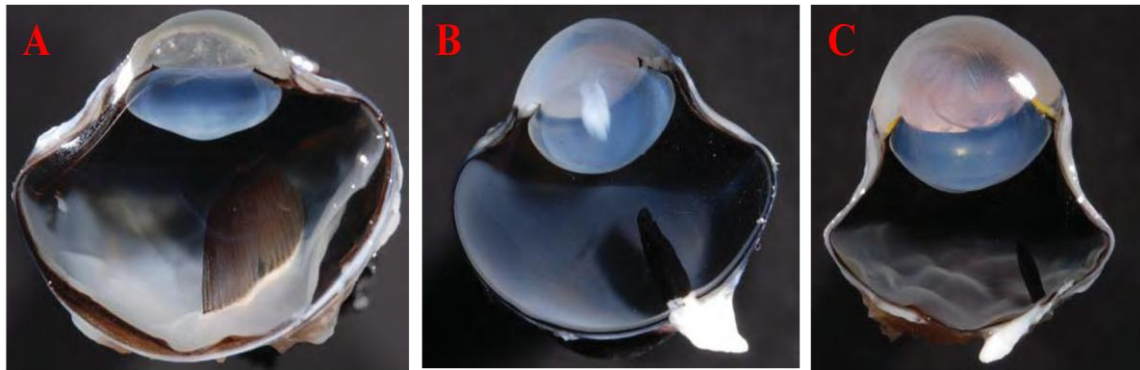
Essa sensibilidade específica à luz é bastante variável no reino animal. Nos invertebrados simples, essa capacidade encontra-se em células ou agregados de células específicas, frequentemente associadas a pigmentos (mancha ocelar). Outros mais evoluídos apresentam estrutura fotorreceptora organizada com uma lente para concentrar a luz sobre as células sensitivas, contidas em uma câmara fechada. Estruturas similares ou mais complexas, com o mesmo princípio são encontradas em moluscos, artrópodes e vertebrados (ROMER, et al, 1981).

Nos vertebrados a estrutura fotorreceptora é denominada globo ocular (olho), onde tem características comuns em todas as classes de vertebrados, mas são as distinções e especificidades, já descritas por KAUPP (1918), FRANZ (1934), WALLS (1942), PEARSON (1972), que chamam atenção nas aves.

### **3.3. Aspectos macroscópicos e microscópicos do bulbo ocular das aves**

Uma característica singular é o tamanho do globo ocular das aves, o mesmo ocupa quase toda a órbita, permitindo apenas um limitado movimento rotacional, praticamente sem espaço para os músculos, chegando a ser maior que o cérebro quando somados. Nas aves, assim como em outras classes, a posição dos olhos na órbita tem relação direta com o hábito alimentar, aves com características de predador possuem olhos voltados para frente, aumentando a visão binocular, mas reduzindo seu campo visual. Nas aves com outros hábitos alimentares como as graníferas, os olhos são dispostos lateralmente, isso possibilita um maior campo visual, permitindo a visualização de seus predadores por vários ângulos. Uma exceção na variação da localização do globo é o caso dos Socós, cujos olhos se localizam na região inferior da cabeça (COLVILLE & BASSERT, 2011).

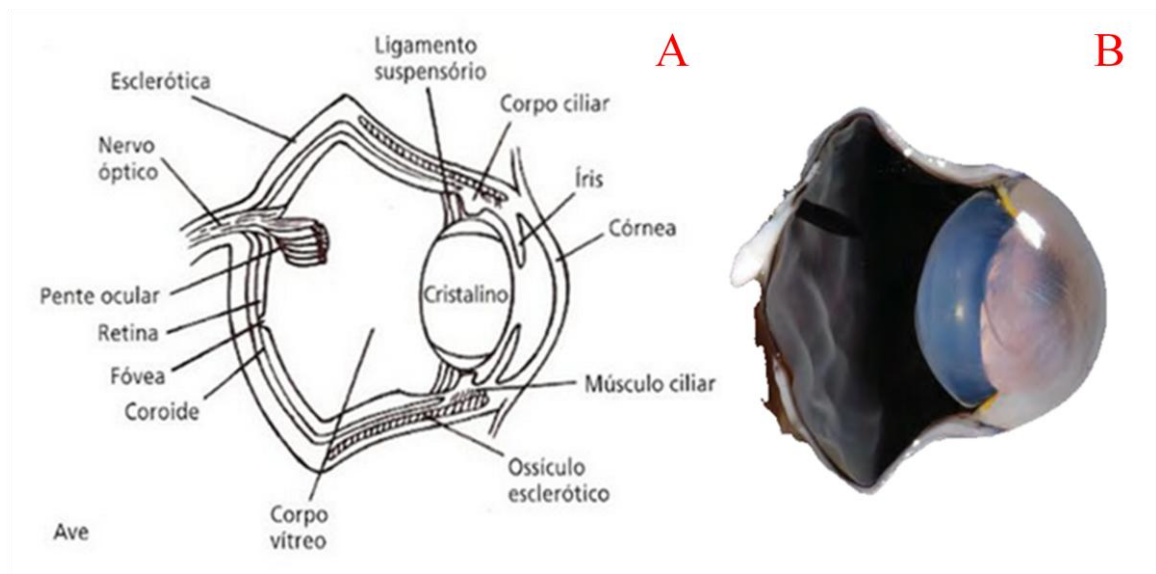
Outra particularidade é o formato do bulbo ocular, que tem relação direta com seu habito de vida (predominantemente diurno ou noturno) e com o tamanho do olho, onde pode ser classificado em três formatos: achatado (plano, arredondado ou oval), alongado (globular ou redondo) e tubular (em forma de sino) (POUGH et al, 2003; COLVILLE & BASSERT, 2011). A figura 1 mostra as três formas.



**Figura 1.** Imagem visibilizando corte longitudinal dos formatos dos bulbos oculares encontrados nas aves. Em A o formato achatado, em B o formato alongado e em C o formato tubular. Fonte: adaptado de CANDIOTO, (2011).

As aves com formato de olhos achatados são a grande maioria, elas são predominantes diurnas. Esse formato se caracteriza pelo eixo anteroposterior pequeno (JONES et al., 2007). O formato alongado garante uma alta resolução visual, garantindo uma ótima visão a longas distâncias, nele a região intermediária (zona ciliar) tem formato côncavo e estende-se até o seguimento posterior e é encontrado em aves de rapina diurnas. Já na forma tubular, assim como o formato alongado, tem a região intermediária côncava, porém com um comprimento bem maior, similar a um tubo. Este formato maior é predominante em aves de rapina noturnas (MARTIN, 1993; BAYÓN et al., 2007).

Independente do formato, as estruturas do globo ocular nas aves (figura 2), assim como nos mamíferos, eles se organizam em três túnicas, dispostas em camadas concêntricas denominadas de túnica fibrosa (camada externa), túnica vascular (camada média) e a túnica nervosa (camada interna) (SLATTER, 2005).



**Figura 2:** Imagem visibilizando em corte longitudinais o bulbo ocular das aves. Em A, representação do desenho das estruturas e em B representa a imagem do globo ocular real.

Fonte: adaptado de CANDIOTO (2011) e de <http://slideplayer.com.br/slide/360035/>

A túnica fibrosa é formada posteriormente pela esclera, normalmente branca, e anteriormente pela córnea, avascular e transparente. A região cortical da córnea, onde faz junção com a esclera é denominada limbo. A região anterior da esclera é reforçada por um anel de ossículos, denominado anel esclerótico (figura 2A) (DYCE et al., 1997; SLATTER, 2005; COLVILLE & BASSERT, 2011).

A úvea é camada média ou intermediária, composta por vasos e pigmentos, constituída pela íris e corpo ciliar, na região anterior, e coróide na posterior. Na região anterior também são encontrados músculos ciliares e estriados. A abertura central da íris é denominada pupila (figura 2A) (DYCE et al., 1997; SLATTER, 2005; COLVILLE & BASSERT, 2011).

A camada interna, túnica neural, tem como principal componente a retina, responsável pela fototransdução. Nela se encontra o disco óptico, porção intraocular do nervo óptico, e o pecten, estrutura altamente vascular, que se adere a ela e se projeta em direção à porção anterior do bulbo ocular (figura 2A) (DYCE et al., 1997; SLATTER, 2005; COLVILLE & BASSERT, 2011).

No bulbo ocular, também podemos encontrar outras estruturas além das que constituem as três túnicas. Uma delas é o cristalino ou lente, que tem forma biconvexa transparente e é mantida em posição graças a um conjunto de ligamentos suspensórios (zonulares), que se distribuem circularmente sobre a cápsula do cristalino e se unem aos corpos ciliares (zônula ciliar), onde se inserem na camada média. Outras são o humor aquoso e o humor vítreo, que preenchem as câmaras oculares (figura 2). Estas estruturas têm a função



de proteção, nutrição, acomodamento e percepção da luz (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004; SLATTER, 2005).

### 3.3.1. A Córnea e Esclera

A córnea das aves é avascular e transparente, com funções que vão além de sustentação do conteúdo intraocular, refração da luz, diretamente ligada com a sua curvatura. Nos olhos das aves a córnea tem uma área relativamente pequena quando comparada com a do resto do globo ocular e isso fica mais evidente nos formato tubular, onde sua curvatura é ainda maior (SAMUELSON, 1999; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009).

Na sua estrutura apresentam cinco camadas: o epitelial (*epithelium corneae externum*), a camada de Bowman (*lamina limitans superficialis*), o estroma (*substantia propria corneae*), a camada de Descemet (*lamina limitans profunda*) e camada endotelial (*epithelium corneae internum*) (SAMUELSON, 1999; CANDIOTO, 2011; WILLIAMS, 2012).

O epitélio é composto por uma única camada de células basais, junto com duas ou três fileiras de células poliédricas e uma camada de células escamosas não queratinizadas com cerca de três a quatro células de espessura (SAMUELSON, 1999; CANDIOTO, 2011; WILLIAMS, 2012).

A camada de Bowman consistir em uma lâmina basal extremamente fina, acelular e superficial. Sua composição é de uma fina camada de estroma condensado, que não é encontrada em muitas espécies exceto nas aves, humanos e primatas. Nas aves, diferente das demais espécies, tem maior espessura e uma função estrutural prioritária na estabilidade da córnea (STEPP, 2006; REESE et al., 2009).

O estroma é a camada mais espessa da córnea, aproximadamente 90% da espessura total, sua formação predominante de tecido fibroso, constituído de sulfato de condroitina. Esse tecido é especializado na produção e organização da matriz extracelular, que se organiza em depósitos estratificados, o que facilita a sua separação em planos (PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005; REESE et al., 2009).

A membrana limitante posterior ou membrana de Descemet é composta por fibrilas colágenas organizadas em uma rede tridimensional fina, o que confere elasticidade a córnea. Ela se divide em duas camadas, anterior (próximo ao estroma) e posterior (próxima ao endotélio) (REESE et al., 2009).

O endotélio é formado por células achatadas atreladas por junções apertadas, com a função de drenar o excesso de água da córnea, mantendo sua transparência, pelo estado de

deturgescência. Qualquer falha na drenagem faz com que acumule água e torne o estroma opaco (PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005; PIGATTO et al., 2005).

O epitélio também participa do estado de deturgescência, como barreira hidrofóbica. Além da participação na desidratação ele contribui para a nutrição da córnea, que ocorre pela difusão do fluido do filme lacrimal pré-corneal e do humor aquoso da câmara anterior (realizado pelo endotélio), já que a córnea não possui vasos sanguíneos (PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005; REESE et al., 2009). Além da participação na manutenção da transparência, a córnea também participa do mecanismo de acomodação, pela função dos músculos de *Crampton*, que achatam a córnea periférica e projetam o centro anteriormente, tornando-o mais convexo (BRANCO, 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

Com um papel estrutural similar ao da córnea, a esclera é bem mais resistente, evitando a modificação do formato do globo pelas forças de pressão, tanto interna como externa (HILDEBRAND & GOSLOW, 2006; FRANZ-ODENDAAL, 2008).

A esclera das aves é formada por cartilagem hialina revestida com tecido conjuntivo denso. Na região intermediária, dispostos em toda a circunferência do olho, é encontrado o anel esclerótico que pode variar em forma e quantidade de placas, dependendo da espécie. (BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008). Eles podem ser quadrados ou retangulares, como nos Falconiformes, podem ter bordas tortuosas, como nos Piciformes e ainda ser trapezoidais, como nos Psitaciformes e Columbiformes, ser encontrados de 2- 32 placas dependendo da espécie (ROMER, 1956; LIMA et al., 2009).

As principais funções do anel esclerótico são a proteção e sustentação o globo ocular principalmente nos momentos de voo ou mergulho e o auxílio na acomodação visual, mais especificamente nos músculos ciliares na porção anterior da córnea (ROMER, 1956; REESE et al., 2009).

### **3.3.2. A Lente**

A lente ou cristalino nas aves é transparente e similar a dos mamíferos, porém pode variar de forma dependendo da espécie e do hábito de vida. Nas aves noturnas são esféricos e nas diurnas são achatados na parte anterior. Possuem um poder bem maior de acomodação, diferente dos mamíferos, pois existe uma estrutura no seu córtex chamada almofada anelar que também são formadas pelas fibras lenticulares, porém com uma organização diferente, em formato radial, ao invés da forma concêntrica do resto do cristalino (BAYÓN, 2007; GELATT, 2012). Nas aves de rapina diurnas essa almofada é muito grande quando comparada a outras aves (SAMUELSON, 1999; GELATT, 2012).

Nessa almofada se inserem os músculos responsáveis pela sua compressão, o de *Cramptons*, que além disso, modifica o formato da córnea e o de *Brucke*, que exerce tração sobre o corpo ciliar, movimentando-o anteriormente. Outra estrutura que facilita a acomodação é a câmara hidrostática (*vesicula lentis*), que se localiza entre o núcleo e a almofada do cristalino, que sofre compressão pelo músculo circunferencial da íris, na sua região central, aumentando seu comprimento axial (EVANS & MARTIN, 1993; BRANCO, 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

### 3.3.3. A Íris

A íris tem a função de controlar a entrada de luz que chega a retina, isso ocorre pelo mecanismo similar a de um diafragma, que fecha (miose) e abre (midríase) dependendo da quantidade de luz no ambiente. Ela tem origem na região anterior do corpo ciliar, são formadas por vasos, nervos, colágeno, fibroblastos, células epiteliais e músculos estriados e não estriados. A presença de musculatura estriada permite a contração voluntária. Essa contração voluntária da pupila impede a avaliação dos reflexos pupilares a luz (direto e consensual) e em algumas vezes ocorre anisocoria, não sendo isto um sinal de enfermidade (WILLIS & WILKIE, 1999; BAYÓN, 2007; JONES et al., 2007; GELATT, 2012). Isso também anula o uso de midriáticos tópicos (como tropicamida e atropina) e obriga o uso de bloqueadores neuromusculares, como brometo de pancurônio (BARSOTT et al, 2012).

A cor da íris se dá pela presença de compostos carotenoides (purinas e pirimidinas), em algumas espécies existem iridiócitos (células refrativas), que é similar a um tapete lúcido, também em algumas espécies a coloração muda em relação ao sexo e a idade (HART, et. al. 2000; BAYÓN, 2007; BRANCO, 2007; JONES et al., 2007; RODARTE-ALMEIDA, 2013).

### 3.3.4. O Pécten

O pécten é mais uma estrutura intraocular das aves que faz divergir das outras classes. Ele é altamente vascularizado, pigmentado, tem origem na coroide e projeta-se do disco óptico em direção ao corpo vítreo (WALLS, 1942; WILLIS & WILKIE, 1999; KIAMA et al., 2006; BAYÓN, 2007; RUGGERI et al., 2010; CANDIOTO, 2011; GELATT, 2012; RODARTE-ALMEIDA, 2013). Ele pode ter três formatos (Cônico, asa ou palhetas e em dobra ou pregueada) e é constituído por pregas, mais abundantes em aves diurnas, unidas por tecido conjuntivo contendo grandes vasos cercados por capilares e melanócitos (KIAMA et al., 2006; CANDIOTO, 2011; RODARTE-ALMEIDA, 2013; FERREIRA, 2015).

As funções do pecten são as mais variadas, vão desde a nutrição da retina, redução do brilho, regulação da pressão e regulação do pH intraocular, entre outras (WILLIS & WILKIE, 1999; BAYÓN, 2007; CANDIOTO, 2011; GELATT, 2012; FERREIRA, 2015)

### **3.3.5. A Retina**

A retina é considerada como a região mais importante do olho, sendo uma camada neural localizada no fundo do globo ocular, tem uma organização de células laminares e em camadas. Essas células são responsáveis pela captação e transmissão das informações luminosas (imagem) através do sistema óptico, pela conversão de luz visível em impulsos elétricos na atividade neural. Tornando assim a córnea, o cristalino, a úvea e a esclera estruturas auxiliares (HECKENLIVELY & ARDEN, 2006; WILCOCK, 2007; GELATT, 2012).

Anatomicamente a retina vai da íris até o disco óptico e nas aves ela é avascular (anangiótica), podendo ser dividida em duas porções: visual (óptica ou neuroretina), que é sensível a luz; e a cega, que não é sensível à luz. Já histologicamente a retina visual é subdividida em não sensorial (formada pelo epitélio pigmentar da retina) e pela retina sensorial, onde estão localizados os fotorreceptores e outros neurônios, que nas aves são mais abundantes que nos mamíferos (BAYÓN, 2007; WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008; GELATT, 2012).

O epitélio pigmentar da retina forma a camada mais externa da retina, ela é uma única camada epitelial de células poligonais, não sensoriais. Ela forma uma parte da barreira hematoencefálica, protegendo a retina da circulação coroide. A sua pigmentação é na porção não tapetal do fundo ocular, conferindo uma cor castanha homogênea. O mesmo é responsável pela homeostase retiniana, já que nele ocorre a regeneração e síntese do fotorpigmento (WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008).

Dentre outras funções, o epitélio pigmentar faz: a fagocitose das pontas envelhecidas dos segmentos externos dos fotorreceptores, que por sua intensa absorção de luz e fototransdução se desgastam; o transporte ativo de substâncias dos capilares da coroide para o interior dos fotorreceptores fazendo assim a sua nutrição; a absorção pelos grânulos de melanina dos fótons que passaram através ou entre os fotorreceptores, evitando danos na retina; adesão da retina à coroide subjacente; manutenção do meio extracelular; auxiliam no metabolismo dos derivados da Vitamina A e são responsáveis pela reciclagem do transretinal para nova síntese de pigmento visual (WOLF, 2004; LAMB & PUGH JR, 2006; JOSELEVITCH, 2008; EKESTEN, 2009).

A camada de fotorreceptores se classifica em dois tipos: cones e bastonetes. Os mesmos são responsáveis pela fotorrecepção, o processo de detecção de fótons, e pela conversão em um sinal eletroquímico. Nessa camada também se encontra os processos citoplasmáticos das células de Müller (SLATTER, 2008). A membrana limitante externa é uma barreira formada pelas membranas celulares dos cones, bastonetes e células de Müller (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2009). A camada nuclear externa: É formada pelos corpos celulares dos cones e bastonetes, fibras de conexão entre os fotorreceptores, axônios dos fotorreceptores e processos das células de Müller (PEÑA, 2009). A camada plexiforme externa é formada pelas terminações axônicas dos fotorreceptores que são envolvidas pelo citoplasma das células de Müller e por células horizontais, que realizam sinapses laterais entre fotorreceptores e células bipolares, modulando a sua atividade (SLATTER, 2008; JORGE, 2009; PEÑA, 2009).

A camada nuclear interna é constituída por núcleos de quatro tipos de células; bipolares, horizontais, amácrinas e Müller (PEÑA, 2009; SLATTER, 2008). As células bipolares fazem sinapse com os fotorreceptores na camada plexiforme externa e transmitem sinais dos fotorreceptores ou das células horizontais para as células ganglionares (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2009; PEÑA, 2009).

As células amácrinas estão em sinapse com as células bipolares e ganglionares e não apresentam axônios evidentes. Existem tipos diferentes de células amácrinas que se distinguem de acordo com o grau de estratificação das suas dendrites. Elas são responsáveis pela integração horizontal de estímulos e inibição lateral das células ganglionares; ajustando-as com células bipolares (EKESTEN, 2009; PEÑA, 2009). As células de Müller são astrócitos, células da Glia, com uma função de manutenção da integridade estrutural da retina, semelhante as células da neuroglia. Os seus núcleos estão na camada nuclear interna, mas o seu citoplasma atravessa toda a retina. Os seus prolongamentos citoplasmáticos envolvem os axônios das células ganglionares e os vasos sanguíneos, junto com astrócitos, que se diferenciam na cobertura dos vasos por pés vasculares. Porém em situações de agressão traumática e lesão da retina, as células de Müller são ativadas para formar tecido de cicatrização glial (EKESTEN, 2009; PEÑA, 2009; LEWIS, 2010).

A camada plexiforme interna é composta pelos axônios das células bipolares e amácrinas. Porém na camada plexiforme ocorre as sinapses no sentido vertical entre as células bipolares e ganglionares (SLATTER, 2008; PEÑA, 2009). A camada de células ganglionares está formada pelos corpos celulares das células ganglionares e os dendritos das amácrinas (SLATTER, 2008). As fibras do nervo óptico (axônios das células ganglionares) formam um

conjunto de fibras nervosas ópticas, que atravessam paralelamente a superfície da retina até o disco óptico e saem do globo ocular onde são mielinizadas para formar o nervo óptico ou segundo par craniano (SLATTER, 2008). A membrana limitante interna é uma membrana basal, vascularizada, responsáveis pela nutrição (exceto da camada nuclear externa,), onde se ligam as extremidades das células de Müller, formando a camada mais interna da retina, em contato direto com o humor vítreo (WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008).

Nas retinas das aves existe uma região responsável por uma maior resolução visual, denominadas fóvea. A fóvea tem uma densidade maior de cones e não apresentam as camadas sobre os fotorreceptores. A retina pode ser classificada quanto a quantidade de fóveas em: afoveatas, que não possuem fóvea, mas possuem uma área central ou linha visual; monofoveatas, que possuem uma fóvea central ou temporal com ou sem linha visual ao redor da fóvea; bifoveatas, que possuem duas fóveas, uma central principal, mais profunda e outra temporal mais superficial com ou sem linha visual. Os rapinantes são exemplos desse último tipo (BAYÓN, 2007; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009; RUGGERI et al., 2010; GELATT, 2012; RODARTE-ALMEIDA, 2013).

Na retina, por baixo do pécten é possível encontrar o disco óptico, que diferentemente dos mamíferos é longo, oval e dele é que saem os axônios mielinizados que formam o nervo óptico (SLATTER, 2008; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

### **3.4. Percepção de Luz e Movimento nas Aves**

Os quatro tipos de cones em um pássaro ampliam o alcance da visão de cores até o ultravioleta. A maioria das aves são tetracromáticas, ou seja, possuindo cones sensíveis a luz ultravioleta (UV), bem como aqueles para o vermelho, verde e azul, mas algumas aves têm um pigmento adicional, sendo, pentacromáticas (WILKIE, et al., 1998).

Cada cone de um pássaro ou réptil contém uma gota de óleo de cor, estas não existem nos mamíferos. As gotículas que contêm altas concentrações de carotenóides são colocadas de modo que a luz os atravessa antes de atingir os pigmentos visuais. Eles agem como filtros, remoção de alguns comprimentos de onda e estreitando o espectro de absorção dos pigmentos. Isto reduz a resposta por sobreposição entre pigmentos e aumenta o número de cores que um pássaro pode discernir (GOLDSMITH & COLLINS, 1984).

Seis tipos de gotículas de óleo de cones foram identificadas, cinco delas têm misturas de carotenóides que absorvem comprimentos de onda e intensidades diferentes, o sexto tipo não tem pigmentos (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998). As cores e distribuições de gotículas de óleo da retina variam consideravelmente entre as espécies, sendo

mais dependente do nicho ecológico exercido (caçador, pescador, herbívoro). Como exemplos, os caçadores diurnos, aves de rapina têm poucas gotas coloridas, enquanto que o Garajau comum tem um grande número de gotas de vermelho e amarelo na retina dorsal (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998).

Mesmo dentro da faixa de comprimentos de onda que são visíveis aos seres humanos, aves passeriformes podem detectar as diferenças de cor que os seres humanos não detectam. Esta discriminação mais fina junto com a habilidade de ver a luz ultravioleta, significa que muitas espécies mostram dimorfismo sexual que é visível para aves, mas não os seres humanos (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998). Um receptor UV pode dar a um animal uma vantagem na procura de alimentos. A superfície serosa de muitas frutas e bagas refletem a luz ultravioleta que pode anunciar sua presença (GOLDSMITH & COLLINS, 1984).

As aves podem perceber movimentos rápidos melhores que os seres humanos, a uma taxa superior a 50 Hz aparece como um movimento contínuo (WILLIAMS & FLACH, 2003). Os seres humanos não podem, portanto, distinguir flashes individuais de uma lâmpada fluorescente oscilando em 60 Hz, mas periquitos e galinhas têm limites de oscilação de mais de 100 Hz (WILLIAMS & FLACH, 2003).

Aves também podem detectar objetos em movimento lento. O movimento do sol e as constelações no céu são imperceptíveis para os seres humanos, mas são detectados pelos pássaros. A capacidade de detectar esses movimentos permite se orientar corretamente na migração (WILLIAMS & FLACH, 2003). Para obter imagens estáveis durante o voo ou quando empoleirados em um galho balançando, os pássaros seguraram a cabeça o mais estável possível e compensam os reflexos. Manter uma imagem estável é especialmente relevante para as aves de rapina (WILLIAMS & FLACH, 2003).

### **3.5. Parâmetros Clínicos Oftalmológicos**

A oftalmologia veterinária é uma das especialidades da Medicina Veterinária, que assim como as demais, necessita de muitas informações sobre as espécies de animais silvestres, principalmente quando se trata de parâmetros utilizados na marcha de exame oftálmico. Os parâmetros como valores de pressão intraocular, teste lacrimal de Schirmer e limiar de sensibilidade corneal, são imprescindíveis no diagnóstico de várias doenças, mas também são utilizados como base para diversas pesquisas científicas (SLATTER, 2008).

### 3.5.1. Tonometria Rebote

A tonometria é a medida da pressão intraocular de forma não invasiva, onde mensura-se o equilíbrio dinâmico entre a produção e manutenção do humor aquoso dentro do globo ocular, sempre exercendo pressão para conservação do seu formato e sendo regulada por sua drenagem (ALGUIRE, 1990; STUCKEY, 2004).

Dentre os métodos de mensuração da pressão intraocular (PIO) a tonometria de impacto (rebote ou dinâmica) faz uso de equipamentos que por eletromagnetismo lança um objeto (sonda) sobre a córnea. Basicamente é a aplicação de uma corrente elétrica sobre uma sonda com dimensões e peso conhecido, onde a mesma é lançada em uma velocidade constante. Ao atingir o alvo (córnea), a sonda é repelida pelo atrito e sua velocidade de retorno é mensurada e transformada em um sinal digital que será convertido em um valor correspondente a milímetros de mercúrio (mmHg) (KONTIOLA, 2000; DAVIES, et al, 2006).

Esta técnica tonométrica é afetada pela tensão ocular superficial e por isso mesmo deve ser realizada antes da instilação de qualquer tipo de colírios incluindo os anestésicos (MAGGS, 2008). Os colírios podem alterar a tensão lacrimal superficial e as forças capilares exercidas podem afetar os tempos de contato da sonda com a córnea (KNIESTEDT et al., 2008), levando a alterações na cinética da sonda (CHO & BROWN, 1995; ALMUBRAD & OGBUEHI, 2007).

### 3.5.2. Teste lacrimal de Schirmer

A lágrima (filme lacrimal pré-corneano) tem a função de remover corpos estranhos, permitir a oxigenação, fornecer nutrientes, manter a superfície e a qualidade óptica da superfície corneana. Ela é formada por três camadas, a aquosa, a lipídica e a camada de mucina. A camada aquosa tem a função de lubrificação, oxigenação e nutrição da córnea; a camada de lipídica reduz os efeitos da evaporação sobre a camada aquosa; a camada de mucina auxilia na passagem de água, auxiliando na refração (SAMUELSON, 2007).

O filme lacrimal pode ser avaliado de forma quantitativa (teste lacrimal de Schirmer), e na avaliação qualitativa (teste de tempo de ruptura do filme lacrimal). No teste lacrimal de Schirmer é utilizada uma fita com largura, comprimento e com características hidrofílicas conhecidas. Esta fita capta a parte aquosa da lágrima por capilaridade. Na sua utilização uma de suas extremidades é colocada dentro da conjuntiva inferior durante um minuto e a



quantidade de milímetros pode ser observada pela marca do líquido na fita (MOORE, 1999; LIMA et al., 2011).

### **3.5.3. Estesiometria corneana de Cochet Bonnet**

A córnea é densamente innervada por nociceptores polimodais, terminações sensoriais, que são sensíveis a estímulos externos, que podem ser térmicos, químicos e mecânicos, podendo estes serem afetados por mediadores inflamatórios endógenos que são expressos fisicamente no reflexo corneano de piscar (BROOKS et al, 2000; STILES et al, 2001).

Na avaliação quantitativa do limiar de sensibilidade das terminações nervosas corneanas é utilizada a estesiometria de Cochet-Bonnet, aparelho similar a uma caneta que contém um filamento de náilon móvel no seu interior. O teste consiste no toque a córnea por este filamento em ordem decrescente de tamanho, até se verificar a resposta positiva, que consiste no reflexo de piscar a estímulo mecânico (11 a 200mg/0,0113mm<sup>2</sup>) (BROOKS et al, 2000; STILES et al, 2001).

### **3.6. Eletrofisiologia ocular**

Os testes eletrofisiológicos são de grande importância clínica sendo amplamente utilizados como métodos de diagnóstico para doenças oculares (KOMAROMY et al., 2002; SACAI et al., 2003). Os principais procedimentos utilizados na clínica oftalmológica são: a eletrorretinografia (ERG) e o potencial visual evocado (PVE). Cada um destes procedimentos abrange a avaliação funcional de determinadas estruturas oculares e/ou das vias visuais, por uma análise objetiva de diferenças no potencial elétrico (SIMS, 1999).

O eletrorretinograma pode ser de campo total (analisa a retina como um todo), por padrão reverso (analisa a função macular) e multifocal (analisa individualmente regiões da retina). O potencial visual evocado avalia as vias visuais intracranianas, incluindo o nervo óptico, quiasma óptico e o córtex visual. Assim, uma técnica combinada, incorporando e interagindo com as informações dos diferentes testes pode ser necessária para a caracterização das doenças e localização das lesões (HOLDER, 2006).

Para a padronização e difusão da eletrofisiologia visual clínica foi formada a Sociedade Internacional de Eletrofisiologia Visual Clínica (International Society for Clinical Electrophysiology of Vision – ISCEV), um órgão internacional que periodicamente publica normas e guias para o uso clínico destes procedimentos. Esses padrões estabelecidos pela ISCEV descrevem os tipos de estímulos que podem gerar respostas padronizadas a qualquer

teste eletrofisiológico, com dados conhecidos e comparados em todos os lugares para propósitos clínicos e de pesquisa (MARMOR & ZRENNER, 2006).

### 3.6.1. Eletrorretinograma de campo total

O eletrorretinograma de campo total é um teste eletrofisiológico que essencialmente registra a atividade celular retiniana em resposta a estímulos por flashes luminosos simultâneos em todo o campo visual (BIRCH & ANDERSON, 1992; MARMOR et al, 2009).

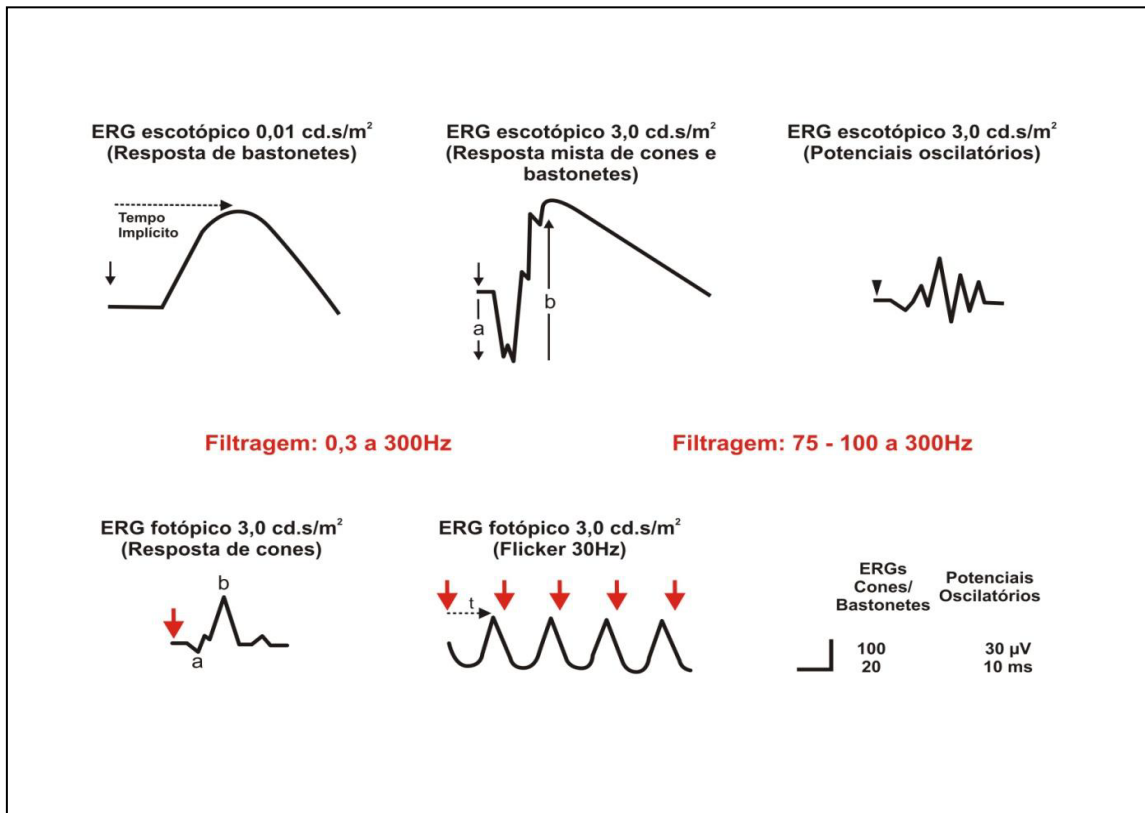
As células da retina geram potenciais elétricos em resposta a estímulos luminosos, que são captados através de eletrodos, os quais poderão estar posicionados na córnea, como os eletrodos em forma de lente de contato; na conjuntiva, como as fibras condutoras, eletrodos de folhas de ouro ou em forma de gancho (MARMOR et al, 2009; HOLDER et al, 2010).

A necessidade de quantificar a resposta específica das células retinianas fez com que fosse estipulado um protocolo padrão, composto por cinco tipos de estímulos, nomeados de acordo com as condições de adaptação e intensidade dos flashes empregados. As respostas são medidas em candelas vezes segundo por metro quadrado ( $\text{cd.s/m}^2$ ). As condições de adaptação prévia (ao escuro ou ao claro) à estimulação são necessárias na obtenção de respostas separadas das células. Assim, a adaptação ao escuro (escotópica) tem como objetivo isolar as respostas de bastonetes, ou obter respostas mistas de cones e bastonetes. Já a adaptação fotópica (ao claro) isola as respostas de cones (Figura 3) (MARMOR et al, 2009; HOLDER et al, 2010).

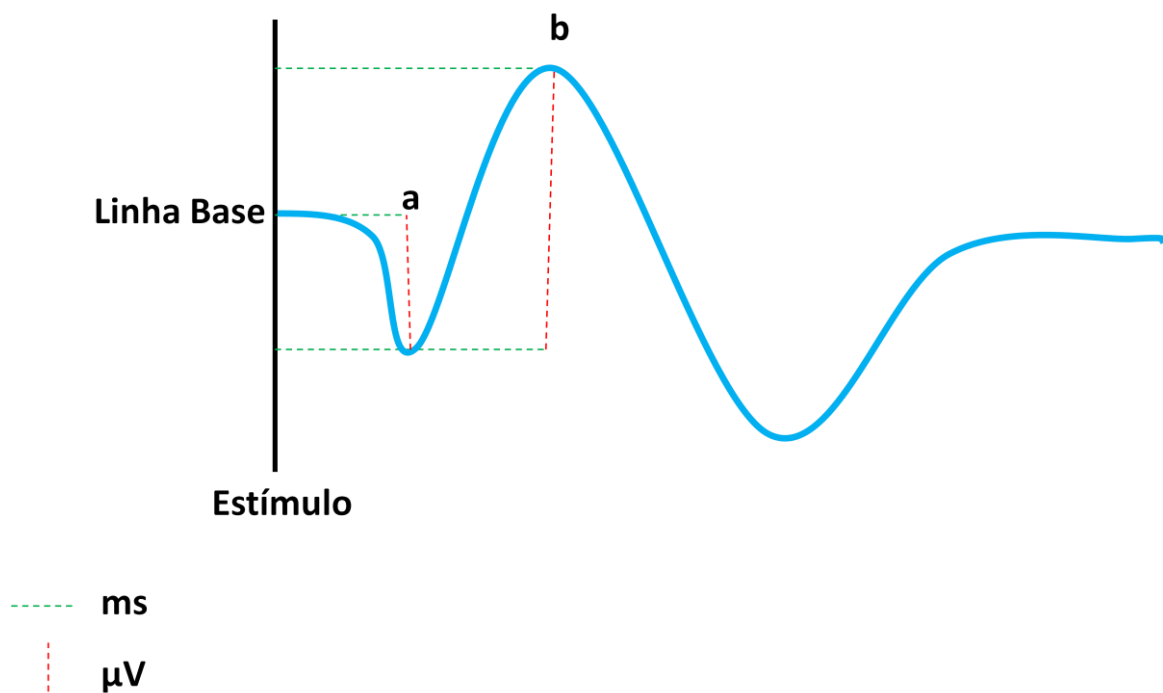
Quanto à intensidade dos estímulos na condição escotópica, são recomendados cerca de  $0,01 \text{ cd.s/m}^2$  (resposta isolada da via dos bastonetes),  $3,0 \text{ cd.s/m}^2$  (resposta mista de cones e bastonetes) e potenciais oscilatórios, caracterizados como respostas oscilatórias rápidas do eletrorretinograma, obtidas por filtragem passa-banda do registro de resposta mista (MARMOR et al 2009, HOLDER et al, 2010). A ISCEV recomenda para as condições fotópicas flashes com intensidade de  $3,0 \text{ cd.s/m}^2$ , obtendo resposta isolada de cones e de um estímulo contínuo chamado flicker, no qual são emitidos 30 flashes por segundo (30Hz) (Figura 3). Os estímulos fotópicos são gerados com iluminado ambiente de intensidade de  $30 \text{ cd.s/m}^2$  (MARMOR et al, 2009).

No eletrorretinograma, os potenciais gerados em resposta à estimulação são representados em forma de ondas, onde cada tipo de estímulo possui uma forma de onda característica. As respostas são compostas por onda negativa (onda a) e positiva (onda b) (Figura 4) (MARMOR et al., 2009). As mesmas são analisadas através da mensuração das amplitudes, que são da linha de base ao pico da onda “a” e “b” pico-a-pico. O tempo implícito

(latência) é o tempo decorrido entre a geração do estímulo e o pico máximo da onda (Figura 4) (MARMOR et al., 2009).



**Figura 3.** Desenho representativo das cinco ondas de acordo com as condições recomendadas pela ISCEV. Fonte: JACOB, 2012



**Figura 4.** Desenho representativo da onda “a” e “b”.

### 3.6.2. Potencial Visual Evocado por Flash de Luz

O potencial visual evocado por flash de luz (PVE-F) pode se dar por repetições de pequenos potenciais registrados no eletroencefalograma (EEG), captados com eletrodos posicionados na região superior do crânio, sobre o córtex visual quando a retina é estimulada (COSTA, 1995; SACAI et al., 2003; MORENO-CARMONA et al., 2006). O estímulo de luz deve ter um ângulo visual de pelo menos 20 graus, com flash de duração máxima de cinco milissegundos, com a luminância aproximada de três candelas de segundo por metro quadrado ( $\text{cd.s/m}^2$ ) e eletrodos com impedância menor que 5 kOms (HARDING *et al.*, 1996).

O PVE representa os potenciais pré-sinápticos, que corresponde a passagem nos axônios e suas terminações, e outro mais tardio, representação pós-sináptica das fibras tálamo-corticais devido à organização histológica do córtex. Alterações nesse processo irão ser traduzido em alterações na onda do PVE-F (DANTAS, 1995; FAHLE & BACH, 2006). Para quantificar os sinais são analisados o tempo implícito, intervalo do estímulo até o aparecimento do pico ou deflexão na onda, em milissegundos (ms) e a amplitude, intervalo vertical entre um pico ou deflexão e outro, medida em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) (FAHLE & BACH, 2006).

Os registros dos PVE-F são semelhantes no mesmo indivíduo, mas tem uma variabilidade interindivíduos, estes registros podem ser realizados em pacientes pouco colaborativos e com opacidades de meios, ou seja não dependem da acuidade visual (STRAIN; OLCOTT; HOKETT, 1986; CATALÁ & CASTANY, 2005; ODOM et al., 2006). Basicamente a análise dos registros é realizada de acordo com o tempo implícito dos picos positivos (P1, P2 E P3) e das deflexões negativos (N1 e N2) e da amplitude de pico a pico (SACAI et al., 2003). Este método fornece informações similares aos outros sem requerer cooperação do paciente (STRAIN; OLCOTT; HOKETT, 1986).

O PVE-F é um exame muito eficaz na avaliação quantitativa da função visual, principalmente quando ocorrem opacidades nos meios oculares (como hemorragia vítrea e catarata) (ODOM et al., 1987; VADREVU, CAVENDER, ODOM, 1992; OYAMADA, 2000; CRUZ & SALOMÃO, 2001).

### 3.7. Ecobiometria em modo B e Dopplervelocimetria ocular

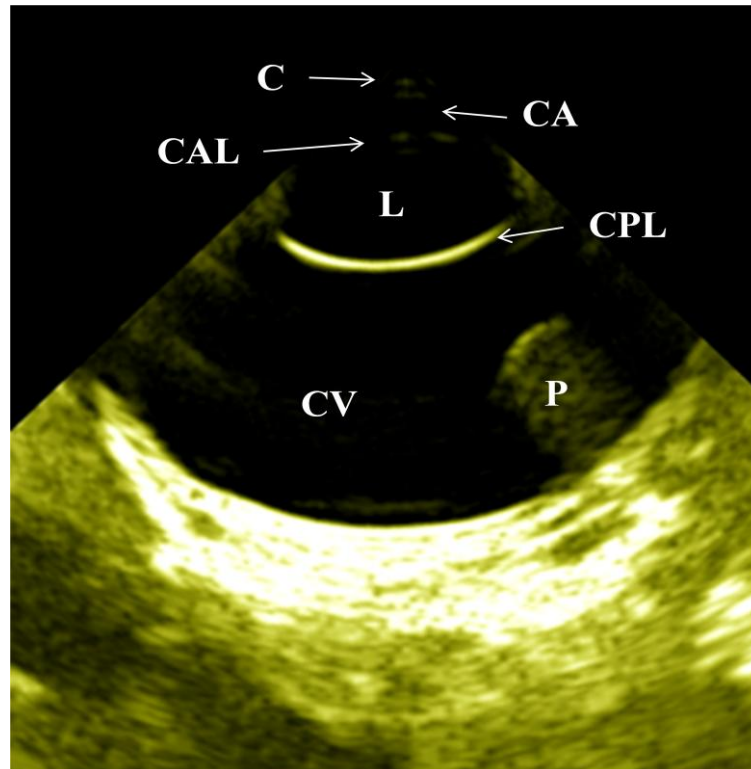
Na avaliação ocular, o emprego da ultrassonografia traz muitas informações, pois por ser o olho um órgão que contém grande quantidade de substância líquida, melhora a acústica

facilitando a visualização de suas estruturas. Além disso, a maioria dos vasos oculares e orbitais localiza-se paralelamente ao feixe de ultrassom, proporcionando condições ideais para os estudos hemodinâmicos (GELATT-NICHOLSON et al, 1999). Os modos ultrassonográficos utilizados para avaliar essas estruturas oculares são o linear ou unidimensional (modo A) e o bidimensional (modo B). O modo A representa graficamente a diferença de densidade dos tecidos em picos verticais, sendo mais sensível para a mensuração de estruturas. O modo B representa em imagens bidimensionais, sendo mais eficaz para avaliar alterações estruturais (GONÇALVES et al, 2005; WILKIE & WILLIS, 2005; SILVERMAN, 2009; DIETRICH, 2013). A aplicabilidade biométrica na clínica oftalmológica é incontestável, sendo cada vez mais utilizada e bem difundida no auxílio de diagnósticos, prognósticos e monitoramento de patologias oculares e dos seus danos (DINIZ et al, 2004).

A ultrassonografia Doppler (pulsada, espectral e colorida), exhibe as propriedades, como direção e velocidade vasculares (fluxo sanguíneo nas artérias e veias). Com ela é possível quantificar o volume do fluxo sanguíneo pela mensuração da velocidade multiplicada pela área transversal do vaso determinada pela imagem bidimensional. Essa ferramenta é muito útil quando se trata de enfermidades oculares que alterem as propriedades vasculares como nas retinopatias (diabéticas, hipertensivas e degenerativas) e no glaucoma (DINIZ et al, 2004; NYLAND et al, 2005).

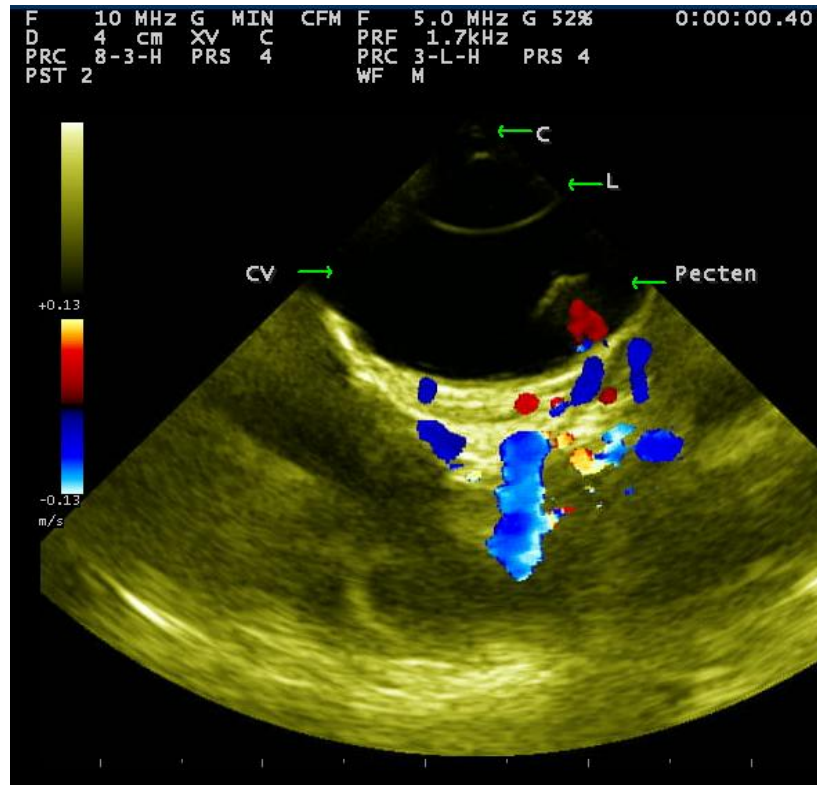
Na aplicação do exame ultrassonográfico ocular duas técnicas são comumente utilizadas, a transpalpebral e a transcorneal. A transpalpebral, como o nome indica, é realizada através das pálpebras, colocando-se o transdutor sobre elas. A transcorneal as pálpebras são abertas e o transdutor é colocado sobre a córnea, nessa se faz necessário o uso de anestésico tópico corneal. Nas técnicas o uso de gel condutor estéril sob o transdutor é imprescindível (TWELKER et al., 1997).

Na ultrassonografia das aves algumas estruturas podem ser bem visualizadas, servindo tanto para sua mensuração (biometria ocular), quanto para a avaliação morfológica e estão representadas na Figura 5.



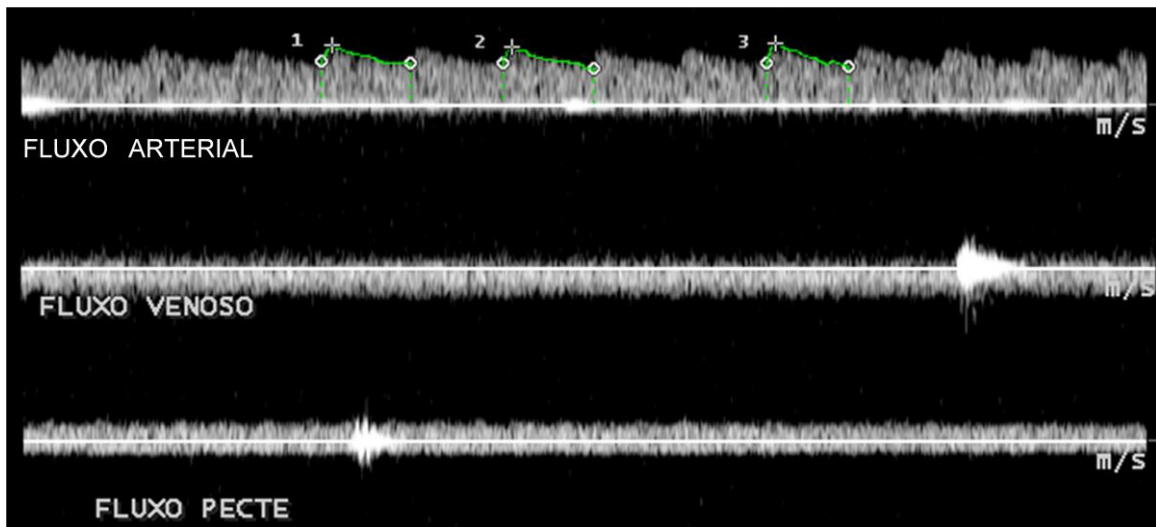
**Figura 5.** Imagem visibilizando o ultrassom bidimensional do bulbo ocular de um Gavião-carijó, onde se evidenciam suas estruturas anatômicas: C: córnea; CA: câmara anterior; CAL: cápsula anterior da lente; L: lente; CPL: cápsula posterior da lente; CV: câmara vítrea e P: pécten.

Na avaliação das estruturas oculares das aves pelo ultrassom, assim como em outros animais, pode-se adicionar o modo Doppler colorido, permitindo-se analisar a anatomia vascular da região retrobulbar e ocular com grande precisão, identificando os vasos e seu trajeto, além de determinar os parâmetros quantitativos da velocidade do fluxo sanguíneo e impedância vascular. A direção do fluxo sanguíneo pode ser observada pela aproximação e afastamento com o transdutor, sendo exibida em vermelho (aproximando) e azul (distanciando). Outras cores podem ser encontradas, geralmente quando em verde representa variância alta, ou turbulência, quando se mistura com o vermelho ou azul forma um fluxo com aspecto de mosaico. Além da direção também são avaliados o brilho das cores, que reflete a magnitude da velocidade (figura 6) (FEIGENBAUM et al, 2007). A frequência Doppler é a diferença entre frequência transmitida e a recebida, quanto maior o deslocamento, maior a velocidade. Porém, o valor obtido depende da angulação estar paralelo ao fluxo sanguíneo, pois o deslocamento poderá não ser tão fidedigno se o feixe transmitido não tiver um ângulo o mais paralelo possível ao fluxo sanguíneo (NYLAND et al, 2005; FEIGENBAUM et al, 2007; CARVALHO et al, 2009)



**Figura 6.** Imagem visibilizando ultrassom bidimensional longitudinal com Doppler colorido do bulbo ocular de um Gavião-carijó, com fluxos em azul (se distanciando do transdutor - venoso) e vermelho (se aproximando do transdutor - arterial), bem como uma área de turbulência (mosaico de azul, vermelho e verde). Em C: córnea; L: lente; CV: câmara vítrea.

A representação gráfica quantitativa das velocidades e direções do volume de amostra (movimento dos glóbulos vermelhos em um determinado ponto no eixo vertical em cm/s em relação ao tempo no eixo horizontal) é denominada espectro de Doppler, geralmente representada em escala de cinza, que pode mudar durante o ciclo cardíaco, refletido pela alteração na forma do traçado espectral ou conformação das ondas (Figura 7). Os equipamentos de ultrassom Doppler calculam automaticamente a velocidade (NYLAND et al, 2005; WOOD et al, 2010).



**Figura 7.** Imagem visibilizando a representação gráfica do fluxo sanguíneo (arterial, venoso e no pecten os dois juntos) relacionando a velocidade em função do tempo e que mostra vários ciclos cardíacos, marcados no fluxo arterial. Em verde, no fluxo arterial o envelopamento da onda para cálculo de velocidades e índices Doppler.

O uso simultâneo do Doppler em ondas pulsadas, colorido e espectral, sobreposto dos ultrassons bidimensional em tempo real é denominado ultrassom Triplex. Esse modo facilita a localização dos pequenos vasos da circulação orbital e a sua qualificação e quantificação do seu fluxo sanguíneo. Sendo possível ajustar o ângulo entre o feixe de som e o fluxo no interior do vaso (LIEB et al, 1992; DINIZ et al, 2004; NOVELLAS et al, 2007).

Os dados obtidos no fluxo sanguíneo de uma artéria pelo Doppler de onda pulsada espectral são descritos nos índices de resistência (IR) e de pulsatilidade (IP) (NOVELLAS et al, 2007). O IR é o resultado da subtração entre as velocidades de pico sistólica (VPS) e diastólica final (VDF) sobre a VPS. O IR pode variar entre zero e um. O IP é o resultado da subtração entre a VPS e VDF sobre a velocidade média (CARVALHO & ADDAD, 2009).

Na realização do exame de ultrassom é imprescindível a escolha de um transdutor com superfície de contato pequena, como por exemplo, setorial, microconvexo e linear. A frequência deve ser a maior possível, pois quanto maior a frequência melhor é a qualidade das imagens (SPAULDING, 2008; SCHMIDT, 2010; DIETRICH, 2013).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi submetida e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob o número de licença 005/2016, da Universidade Federal Rural de



Pernambuco (UFRPE). Também pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), através do Sistema de Autorização e Informações em Biodiversidade (SISBIO), sob o número de solicitação 52252. A pesquisa também foi aprovada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sob o número de licença OF02019.000843/2014-46 PE/GABIN/IBAMA.

#### 4.1. Animais

Todos os animais utilizados neste projeto foram oriundos do Centro de Triagens de Animais Silvestres (CETAS), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A coleta dos dados foi realizada no Laboratório de Oftalmologia Experimental (LOE), Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal (DMFA) da UFRPE. Os experimentos seguiram as recomendações do ARVO (*The Association for Research in Vision and Ophthalmology*).

A fim de excluir animais com alguma doença, os mesmos foram submetidos a exame clínico e oftálmico para verificar a integridade anatômica do bulbo ocular e seu estado geral (GELATT, 2012). Os animais eram mantidos em ambiente ventilado, com temperatura controlada (21°C), sem barulho e calmo. Foram feitas distinções de sexo.

O número total de animais utilizados foi de 17, sendo subdivididos em grupos segundo os objetivos deste trabalho. Os animais dos grupos Parâmetros Clínicos Oftalmológicos, Ecobiometria Ocular em Modo B e Dopplervelocimetria da Artéria Oftálmica, foram os mesmos (Quadro 1).

**Quadro 1.** Quantidade de animais e olhos analisados em relação com o objetivo.

Objetivo	Número de Animais	Olhos
Parâmetros Clínicos Oftalmológicos	12	24
Eletrorretinograma de Campo Total (ERG)	10	20
Sensibilidade Espectral	6	12
Potencial Visual Evocado por Flash de Luz	11	22
Ecobiometria Ocular em Modo B	6	12
Dopplervelocimetria da Artéria Oftálmica	6	12

#### 4.2. Parâmetros Clínicos Oftalmológicos

Os parâmetros clínicos oftalmológicos foram realizados nos mesmos animais, no mesmo instante e na seguinte ordem Teste Lacrimal de Schirmer, estesiometria corneana de Cochet Bonnet e tonometria de Rebote.

Na realização dos testes e coleta dos dados os animais foram contidos manualmente, usando luva de couro, e tiveram a cabeça cuidadosamente imobilizada através dos ramos da mandíbula ou do bico.

Para análise dos valores clínicos oftalmológicos, os animais foram divididos em dois grupos: os menores que três meses e os maiores ou iguais a três meses. Também foi feito a correlação entre o Teste Lacrimal de Schirmer e a estesiometria corneana de Cochet Bonnet, levando em conta a idade.

#### 4.2.1. Teste lacrimal de Schirmer

No teste lacrimal de Schirmer foram utilizadas fitas absorventes (Ophthalmos®) para quantificar a porção aquosa do filme lacrimal. Para tanto a fita foi posicionada suavemente no saco conjuntival, por um minuto em um olho de cada vez, imediatamente após foi verificado o valor (figura 8).

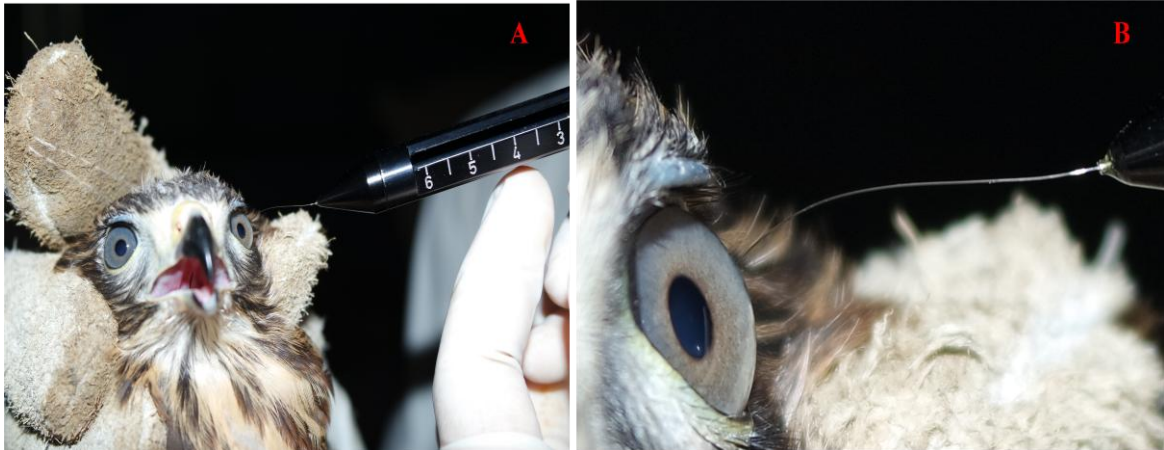


**Figura 8.** Imagem visibilizando a quantificação em milímetros da porção aquosa do filme lacrimal (teste lacrimal de Schirmer) em um Gavião-carijó.

#### 4.2.2. Estesiometria corneana de Cochet Bonnet

A avaliação da sensibilidade corneana foi realizado com o estesiômetro de Cochet Bonnet, que avalia a resposta mecânica ao toque na córnea (reflexo corneal).

Na realização do procedimento foi ajustado o comprimento do náilon do estesiômetro em 4,5 cm e cuidadosamente tocado na região central da córnea, após o toque se não houve resposta foi repetido o processo com redução gradativa (a cada 0,5 mm) do comprimento do náilon até resposta do reflexo corneano positivo (ato de piscar) (Figura 9).



**Figura 9.** Imagens visibilizando o teste de estesiometria em um Gavião-carijó. Em (A) animal contido manualmente com luva de couro e estesiômetro de Cochet Bonnet posicionado com o náilon tocando na córnea. Em (B) um maior aumento e nota-se o náilon tocando na região central da córnea.

#### 4.2.3. Tonometria Rebote

Na avaliação da PIO foi utilizado um tonômetro de rebote (TONOVET da Icare®), não foi utilizado nem um tipo de anestésico e nem outro tipo de medicamento sistêmico ou tópico.

Durante a mensuração o tonômetro foi mantido em posição horizontal, com distância entre a sonda e a córnea de aproximadamente 4-8 mm, formando um ângulo de 90° (figura 10).



**Figura 10.** Imagens visibilizando a tonometria de rebote em um Gavião-carijó.

O tonômetro foi apontado para região central da córnea e foram realizadas seis medições, onde foi excluído o valor mais alto e o mais baixo, sendo o resultado final a média das quatro medições. Esse processo foi repetido cinco vezes e a média das cinco repetições ficou sendo o valor deste animal.

### 4.3. Eletrofisiologia Ocular

Na avaliação quantitativa retiniana e pós retiniana pelo Eletrorretinograma de Campo Total e pelo Potencial Visual Evocado por Flash de Luz, respectivamente foi utilizado o equipamento da Nihon Kohdem, o Neuropack 2 MEB-7102A/k (Figura 11). O foto estimulador utilizado foi “Foto-Estimulador Por Diodo Emissor De Luz Multicolor”, com uma luz de *Light-emitting diode* (LED).



**Figura 11:** Imagem do sistema da Nihon Kohdem, o Neuropack 2 MEB-7102A/k

Nos exames eletrofisiológicos oculares (ERG e PVE- F) foram seguidas as recomendações da *International Society for Clinical Electrophysiology of Vision* (ISCEV).

#### 4.3.1. Eletrorretinograma de Campo Total

#### 4.3.1.1. Eletrodos e estímulo

Na avaliação retiniana pelo ERG os eletrodos utilizados foram os monoplares subdérmicos da Ambu® modelo Neuroline subdermal 12x0.40mm e o eletrodo monopolar de córnea da Universo SA, modelo ERG-jet™, conectados ao Electrode Junction Box JB-711B do Neuropack 2 MEB-7102A/k e com um filtro de 1-1000Hz do tipo passa banda. Os eletrodos subdérmicos foram posicionados a meio centímetro da comissura temporal (eletrodo referência) e o outro na parte dorsal do crânio entre os olhos do animal (eletrodo terra). O eletrodo de córnea ativo foi colocado no olho examinado. O estímulo de LED utilizado foi de cor branca 7000k e uma angulação de 20°.

Os exames de ERG foram divididos em escotópicos e fotópicos. Nos escotópicos foram realizados: o limiar de resposta escotópica (STR), a resposta escotópica e a resposta mista. Nos fotópicos foram realizados: a resposta fotópica e a resposta flicker 30Hz em animais anestesiados e acordados. As condições das respostas foram descritas no quadro 2.

**Quadro 2:** Condições das respostas do ERG

Respostas	Intensidade luminosa (cd/m <sup>2</sup> )	Frequência (Hz)	Quantidade de estímulos
STR	0,00001	-----	1
Escotópica	0,01	-----	1
Mista	3	0,1	3
Fotópica	3	0,7	5
Flicker	3	30	20

(cd/m<sup>2</sup>): candelas por metro quadrado      Hz: Hertz

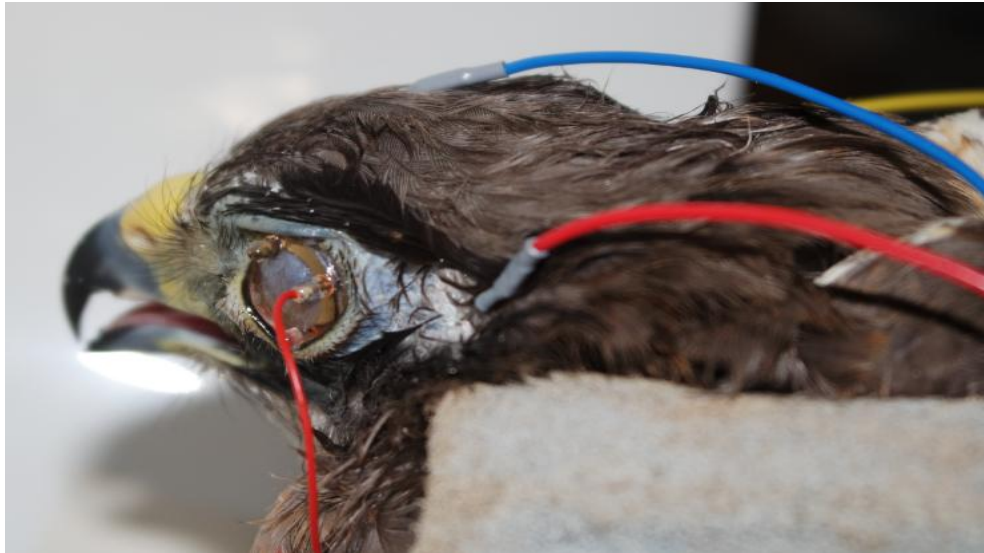
#### 4.3.1.2. Procedimento para os Exames

Na realização do exame os animais foram pesados, posteriormente alguns animais (6/10) foram contidos quimicamente (anestesiados com 0,6 mg/kg Diazepam e 15mg/kg de cloridrato de cetamina, por via intramuscular) seguindo as recomendações do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2013). Após contensão química foi instilada a anestesia local tópica corneal, lubrificação (cloridrato de proximetacaína 0,5% e metilcelulose 2%, respectivamente) e os animais posicionados com o olho a ser examinado voltado para o foto estimulador.

Os animais foram mantidos em adaptação em ambiente totalmente escuro por 20 minutos para posterior realização das respostas escotópicas (STR, escotópica e mista). Após

término ocorreu a adaptação por dez minutos ao ambiente com luz ( $30 \text{ cd/m}^2$ ) e posteriormente foram realizados estímulos fotópicos.

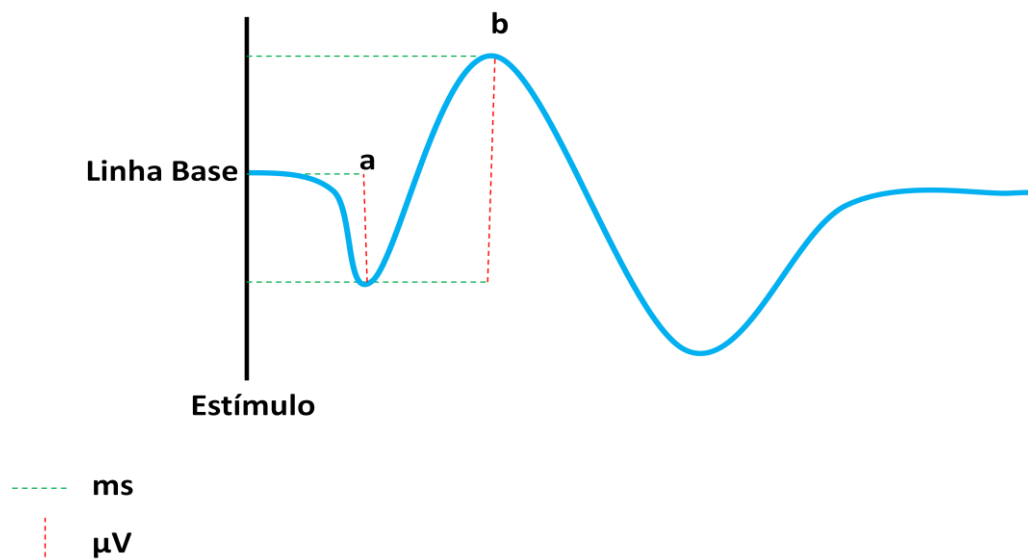
Também foram analisados os estímulos fotópicos sem o uso de anestésicos (4/10). Na realização dessa análise a única diferença do protocolo supracitado foi à utilização apenas da contenção manual (Figura 12).



**Figura 12.** Imagem visibilizando o posicionamento dos eletrodos no ERG em um Gavião-carijó acordado, contido manualmente.

#### 4.3.1.3. Avaliação

Os resultados foram avaliados considerando as amplitudes em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) e os tempos implícitos (latências) em milissegundos (ms). Para a confecção dos dados obtidos foram analisados 300 ms e consideradas as seguintes convenções: amplitude da onda “a” que consiste no intervalo entre a linha base e a deflexão da onda “a”; tempo implícito da onda “a”, que consiste no intervalo entre o estímulo e o aparecimento da onda “a”; amplitude da onda “b”, que consiste no intervalo entre a onda “a” e o pico da onda “b”; tempo implícito da onda “b” que consiste no intervalo entre o estímulo e o aparecimento da onda “b” (Figura 13). Nos resultados também foram comparados os dados dos animais anestesiados e não anestesiados.



**Figura 13.** Imagem visibilizando o exemplo das ondas “a” e “b” do ERG

### 4.3.2. Sensibilidade Espectral

#### 4.3.2.1. Eletrodos e estímulo

Na avaliação da Sensibilidade Espectral pelo Eletroretinograma de Campo Total foram utilizados os mesmos equipamentos e princípios dos ERG fotópicos com luz branca e acordados (sem o uso de anestésicos), já citados, com uma variação no comprimento de onda dos estímulo luminosos apresentados (Quadro 3).

**Quadro 3.** Representação dos comprimentos de onda e angulação dos LEDs utilizados nos estímulos para a sensibilidade espectral.

Cor de iluminação	Comprimento de onda (nm)	Ângulo de visualização
Ultravioleta	405	15
Azul	470	15
Verde	527	15
Amarelo	591	15
Vermelho	626	15

nm: nanômetros

#### 4.3.2.2. Procedimento para os Exames

O exame ocorreu com adaptação por dez minutos ao ambiente com luz ( $30\text{cd/m}^2$ ) e posteriormente foram realizados cinco estímulos na frequência de cinco hertz com intervalos entre eles de um minuto e na ordem crescente dos comprimentos de onda.

### **4.3.2.3. Avaliação**

Os dados obtidos para cada comprimento de onda foram analisados os tempos implícitos e amplitudes de “a” e “b” nos mesmos parâmetros do ERG fotópico com os animais acordados.

### **4.3.3. Potencial Visual Evocado por Flash de Luz**

#### **4.3.3.1. Eletrodos e estímulo**

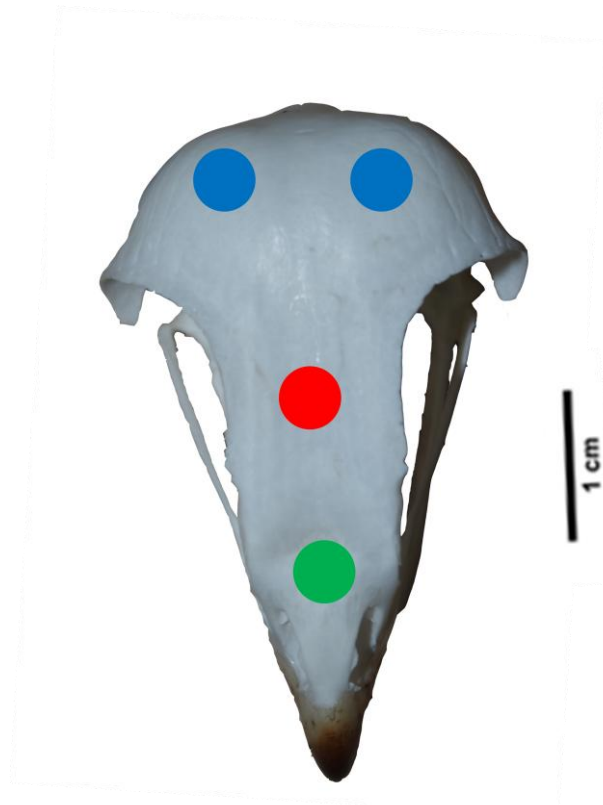
Na avaliação pós retiniana pelo Potencial Visual Evocado por Flash de Luz os eletrodos utilizados, foram subdérmicos da Ambu® modelo Neuroline subdermal 12x0.40mm, conectados ao Electrode Junction Box JB-711B do Neuropack 2 MEB-7102A/k e com um filtro de 1-100Hz do tipo passa banda.

. O estímulo foi de LED com intensidade de  $3.000 \text{ mcd/m}^2$ , de cor branca 7000k e uma angulação de  $20^\circ$ , com uma frequência de 1Hz e 20 estímulos

#### **4.3.3.2. Procedimento para os Exames**

Os animais foram contidos manualmente, não foi utilizado sedativo, nem anestésicos. Os PVE-F foram registrados a partir de colocações monopolares de eletrodos ativos, O1 e/ou O2, posicionados 1-1,5 cm à esquerda ou à direita da crista nugal, um eletrodo de referência comum, colocado na linha mediana do crânio e o eletrodo terra foi colocado entre os olhos, logo após o bico (Figura 14). Durante o exame, os animais permaneceram em vigília, com os olhos a serem examinados abertos e a cabeça levemente contida e com a fonte geradora de luz posicionada no seu eixo visual.





**Figura 14.** Crânio de um Gavião-carijó com representação dos posicionamentos dos eletrodos. Azul: Ativo, Vermelho: Referência e Verde: Terra.

#### **4.3.3.3. Avaliação**

Os animais foram divididos em dois grupos, os menores que um ano e os maiores ou iguais a um ano. Os dados gerados foram avaliados considerando as amplitudes em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) e os tempos implícitos (latências) em milissegundos (ms). Para a confecção dos dados obtidos foram analisados 300 ms e consideradas as seguintes convenções: amplitude dos intervalos de ondas “P1-N1”, “N1-P2” e “P2-N2” que consiste nos intervalos entre picos. Tempos implícitos das ondas “P1”, “N1”, “P2” e “N2” que consiste no intervalo entre o estímulo e o aparecimento das ondas “P1”, “N1”, “P2” e “N2”.

#### **4.4. Ecobiometria ocular em modo B e Dopplervelocimetria da artéria oftálmica**

#### 4.4.1. Equipamento

Na avaliação biométrica do olho *in vivo* foi realizada a Ecobiometria ocular em modo B e no estudo hemodinâmico da artéria oftálmica foi realizada a Dopplervelocimetria através do aparelho da marca ESAOTE®, modelo MyLab® 30CV, com aplicação de um transdutor convexo multifrequencial PA 023® (7,5 – 10 MHz) e licença vascular. O Doppler pulsado, colorido e espectral, foi calibrado numa frequência de 5 MHz, filtro de 50 Hz, 50% de ganho, frequência de repetição de pulso de 1,7 e 4,8 a 5,6 kHz, respectivamente, e volume de amostra entre 1,0 e 2,0 mm, com ângulo de insonação da amostra entre 15 e 45 graus.

#### 4.4.2. Procedimento para os Exames

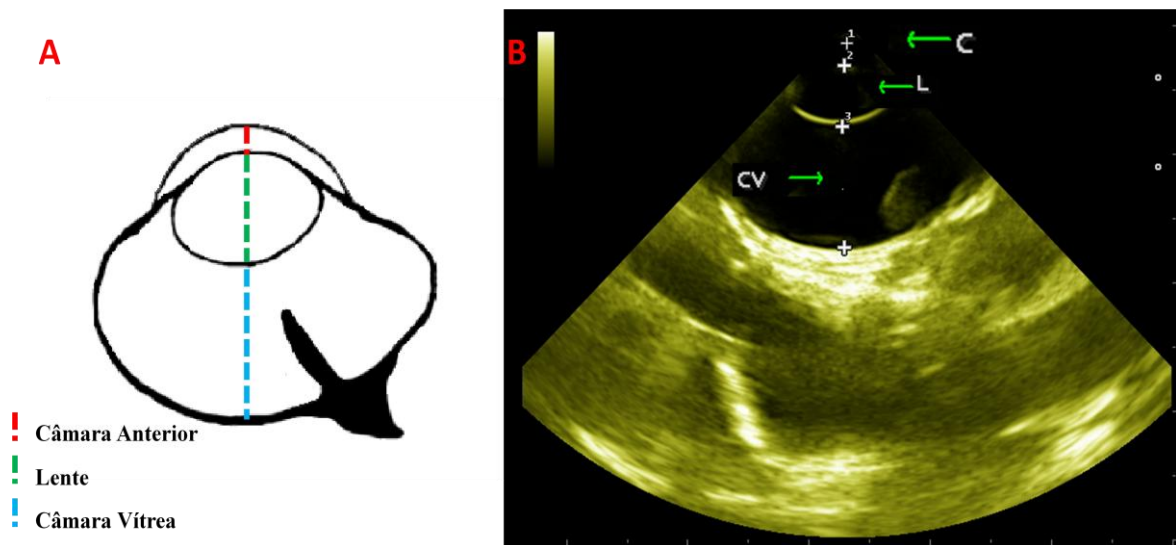
Os animais foram contidos manualmente, usando luva de couro, tendo a cabeça cuidadosamente imobilizada através dos ramos da mandíbula ou do bico e mantido em decúbito lateral. As imagens foram obtidas através da técnica transcorneal com uso de lubrificante estéril (metilcelulose 2%), três minutos após ser instilado colírio anestésico (cloridrato de proximetacaína 0,5%) (figura 15).



**Figura 15.** Imagem de um Gavião-carijó contido e em decúbito lateral, com a probe do ultrassom posicionado sobre o globo ocular, realizando a captação das imagens pela técnica transcorneal.

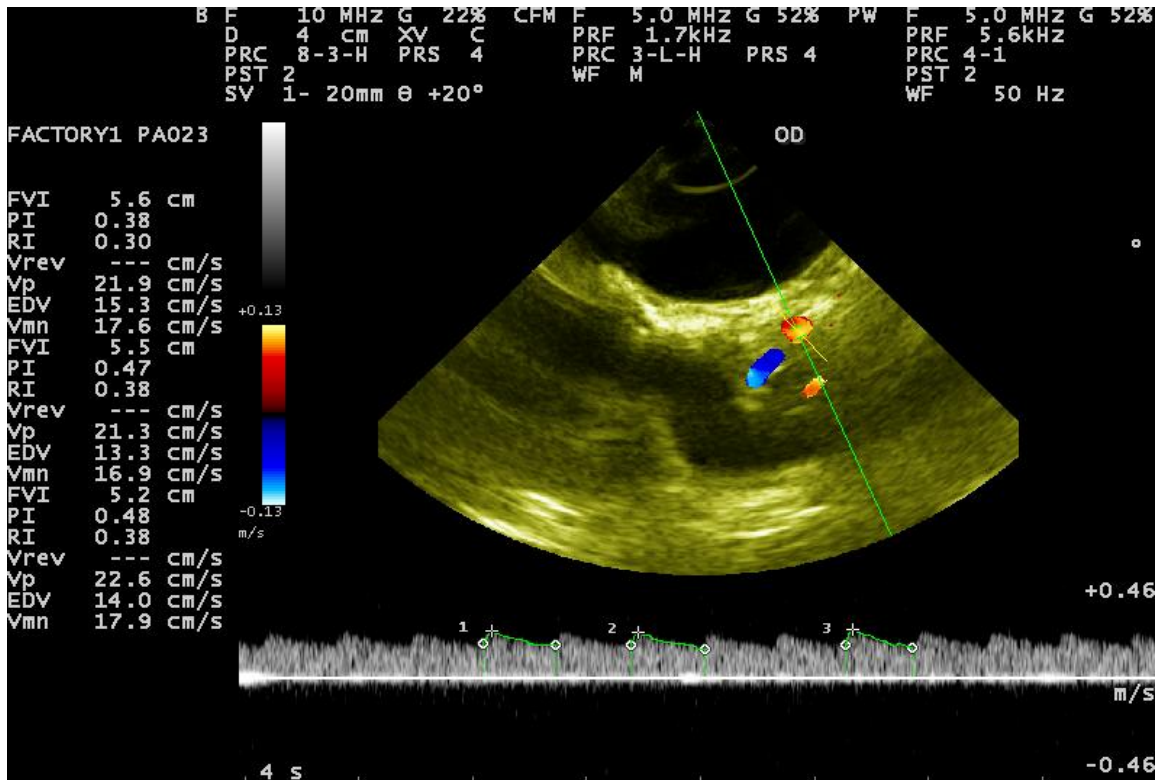
#### 4.4.3. Avaliação

Para ecobiometria ocular em modo B foram obtidas as imagens longitudinais do globo ocular, onde foram calculadas as distâncias, em milímetros, da câmara anterior (distância entre a córnea e a cápsula anterior do cristalino), lente (distância entre a cápsula anterior e posterior do cristalino) e câmara vítrea (distância entre a cápsula posterior do cristalino e a retina) (figura 16). Também foram calculados para o eixo axial longitudinal total do globo ocular, soma das medidas.



**Figura 16.** Cortes longitudinais do globo. Em “A”: figura esquemática do globo ocular, em corte longitudinal, de um Gavião-carijó evidenciando os intervalos mensurados. Em “B” ecobiometria ocular em modo B, de um Gavião-carijó mostrando os intervalos mensurados (C: córnea, L: lente e CV: câmara vítrea).

Na Dopplervelocimetria da artéria oftálmica três a cinco ondas espectrais semelhantes foram avaliadas quantitativamente, onde se mensurou o pico da velocidade sistólica (PVS), velocidade diastólica final (VDF) e as médias das velocidades através do envelopamento (contorno) da onda espectral. Os índices Doppler (IR e o IP) foram calculados através do software vascular do aparelho (figura 17).



**Figura 17.** Ultrassonografia Triplex da artéria oftálmica de um Gavião-carijó, onde o Doppler colorido e pulsado espectral são sobrepostos à imagem bidimensional, para obtenção dos picos da velocidade sistólica (PVS) e velocidade diastólica final (VDF) e posterior cálculo dos índices de resistividade (RI) e pulsatilidade (PI). O ângulo de insonação do volume da amostra (SV) é igual a 20°.

Na análise dos valores das medidas longitudinais da Ecobiometria ocular em modo B, os animais foram divididos em dois grupos: os menores que três meses e os maiores ou iguais a três meses. Os intervalos da câmara anterior, lente, câmara vítrea e eixo axial longitudinal total do globo ocular dos dois grupos foram mensurados e os valores para cada um foram submetidos aos testes estatísticos. Também foi feita a correlação entre os intervalos levando em conta a idade.

A Partir dados obtidos na Dopplervelocimetria da artéria oftálmica de cada olho foram calculadas as médias das velocidades do fluxo arterial durante o ciclo cardíaco (VPS e VDF) e os índices Doppler de (IR e IP). Posteriormente foram calculadas as médias e os desvios padrões para cada parâmetro levando em conta os animais menores que três meses e os maiores ou iguais a três meses. Os IR e IP foram correlacionados com a PIO e o eixo axial longitudinal total do globo ocular.

#### 4.4.4. Avaliação Estatística

Os dados coletados foram analisados no programa Statistica versão 8.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

A fim de testar a normalidade, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, para cada parâmetro. Para os que apresentaram uma distribuição normal ( $p > 0,05$ ) nos grupos, foram submetidos ao teste t de Student (teste paramétrico), os demais ( $p \leq 0,05$ ) foram submetidos ao teste de Mann-Whitney (teste não paramétrico), considerando a diferença estatisticamente significativa para  $p < 0,05$ .

Também foram avaliadas possíveis correlações entre os dados. Nos dados com distribuição não normal foi utilizado o Teste de correlação de Spearman e nos dados com distribuição normal foi utilizado o teste de correlação de Pearson, com os seguintes graus: 1 correlação perfeita; 0,75 a 0,99 (positivo ou negativo) indica uma correlação forte; 0,5 a 0,749 (positivo ou negativo) indica uma correlação moderada; 0,25 a 0,499 (positivo ou negativo) indica uma correlação fraca; maior que 0 a 0,249 (positivo ou negativo) indica uma correlação pequena e 0 quando a correlação é nula.

## 5. RESULTADOS

Os dados coletados após serem processados foram analisados e os resultados descritos em relação aos parâmetros clínicos oftalmológicos, eletrofisiologia ocular, ecobiometria ocular em modo B e Dopplervelocimetria da artéria oftálmica.

### 5.1. Parâmetros Clínicos Oftalmológicos

Os parâmetros clínicos oftalmológicos (pressão intraocular, sensibilidade de córnea e produção lacrimal) foram avaliados quantitativamente e individualmente levando em conta a idade. Também foram realizados teste de correlação entre a sensibilidade de córnea e a produção lacrimal.

#### 5.1.1. Teste lacrimal de Schirmer

A avaliação quantitativa da fração aquosa lacrimal em milímetros por minuto foi executada utilizando o teste lacrimal de Schirmer. A média e do desvio padrão de cada grupo (animais menores e animais iguais ou maiores de três meses), estão representados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Representação das médias e dos desvios padrões do teste lacrimal de Schirmer em relação com a idade.

Idade	Média do Teste lacrimal de Schirmer (mm)
Animais < 3 meses	9,12 ± 3,04 <sup>a</sup>
Animais ≥ 3 meses	10,58 ± 3,55 <sup>a</sup>

Letras iguais na mesma coluna representam resultados sem diferença estatística.  
mm = milímetros

#### 5.1.2. Estesiometria corneana de Cochet Bonnet

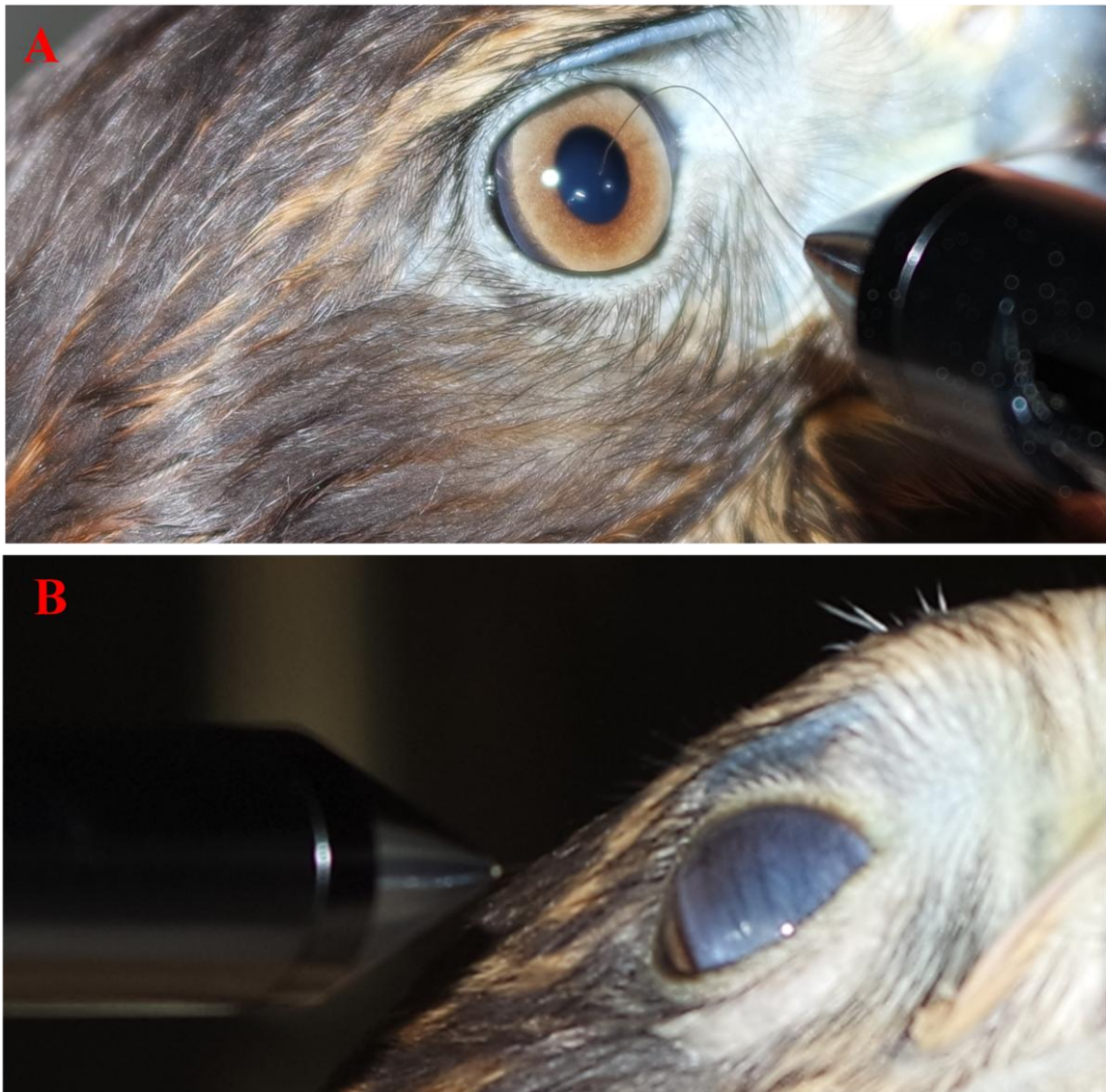
Na quantificação do limiar de sensibilidade corneana em milímetros, foi utilizado a estesiometria corneana de Cochet Bonnet, onde foram obtidos os valores médios e desvios padrões para animais menores de três meses em comparação aos iguais ou maiores de três meses, representados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Representação das médias e dos desvios padrões da estesiometria em relação com a idade.

Idade	Média da Estesiometria (mm)
Animais < 3 meses	$2 \pm 0,7^a$
Animais $\geq 3$ meses	$0,54 \pm 0,14^b$

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados com diferença estatística.  
mm = milímetros

As respostas do reflexo corneal negativa e positiva sob o teste da estesiometria corneana de Cochet Bonnet podem ser visualizadas na Figura 18.



**Figura 18.** Imagens visibilizando a realização do teste da estesiometria corneana de Cochet Bonnetteste. Em “A” resposta negativa. Em “B” resposta positiva.

### 5.1.3. Pressão Intraocular

A pressão intraocular em milímetros de mercúrio foi determinada com a tonometria de rebolte, onde foram obtidos os valores médios e desvios padrões para animais menores de três meses em comparação aos iguais ou maiores que três meses, representados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Representação das médias e dos desvios padrões da PIO em relação com a idade.

Idade	Média da PIO (mmHg)
Animais < 3 meses	11,16 ± 2,74 <sup>a</sup>
Animais ≥ 3 meses	17 ± 4 <sup>b</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados com diferença estatística.  
mmHg = milímetros de mercúrio.

O posicionamento correto na realização da mensuração da PIO e um posicionamento incorreto podem ser visualizados na Figura 19.

A relação entre a sensibilidade de córnea e a produção lacrimal dos animais com idade menor que três meses foram observados uma correlação moderada positiva ( $p=0,69$ ); já nos animais com idade igual ou acima de três meses apresentam uma correlação pequena positiva ( $p= 0,22$ ). Isso indica que com o aumento da idade perde-se correlação entre os parâmetros de sensibilidade corneana e a produção lacrimal.

## 5.2. Eletrofisiologia Ocular

Nos exames de eletrofisiologia ocular foram avaliados quantitativamente e individualmente a retina e as vias pós retinianas, pelo eletrorretinograma de campo total e o potencial visual evocado por flash de luz, respectivamente. Durante os exames que necessitaram de anestesia a temperatura média dos animais foi de 41,6°C.

### 5.2.1. Eletrorretinograma de Campo Total

Nos exames de ERG os dados coletados foram avaliados quantitativamente onde foram obtidos as médias e os desvios padrões dos valores de tempos implícitos (latências) e das amplitudes das ondas “a” e “b”, para os testes STR, Escotópica e Mista (tabela 4).

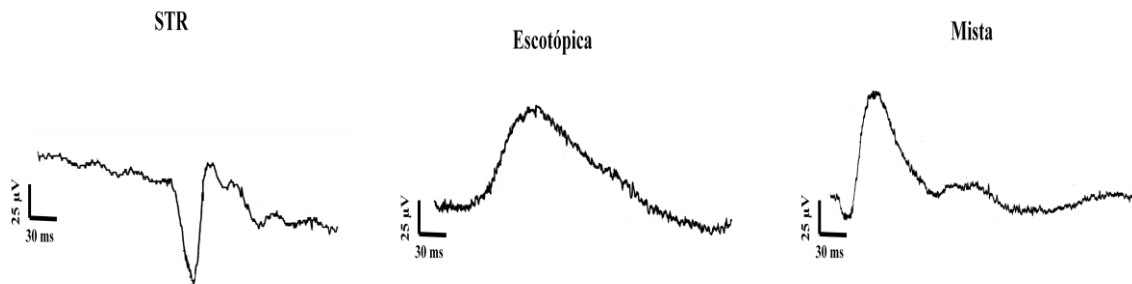
**Tabela 4.** Representação das médias e dos desvios padrões dos tempos implícitos e das amplitudes das ondas “a” e “b” dos exames de ERG (Escotópico e Misto) e “+” e “-“ STR .



	Tempo Implícito (ms)	Média	Amplitude (μV)	Média
STR	Onda “+”	166,25 ± 36,21	Onda “+”	12,41 ± 6,75
	Onda “-”	190 ± 34,32	Onda “-”	38,35 ± 6,94
Escotópica	Onda “a”	27,1 ± 13,71	Onda “a”	2,48 ± 1,53
	Onda “b”	58,63 ± 26,6	Onda “b”	27,76 ± 8,45
Mista	Onda “a”	18,93 ± 9,49	Onda “a”	11,94 ± 2,89
	Onda “b”	53,3 ± 23,93	Onda “b”	28,58 ± 10,33

ms:milissegundos e μV:microvoltes

Como representação qualitativa dos dados foram transcritas as ondas das respostas escotópicas (STR, Escotópica e Mista), que por sua vez se mostraram de boa qualidade e com pouco ruído (Figura 19).



**Figura 19.** Imagem visibilizando as ondas das respostas STR, Escotópica e Mista do ERG.

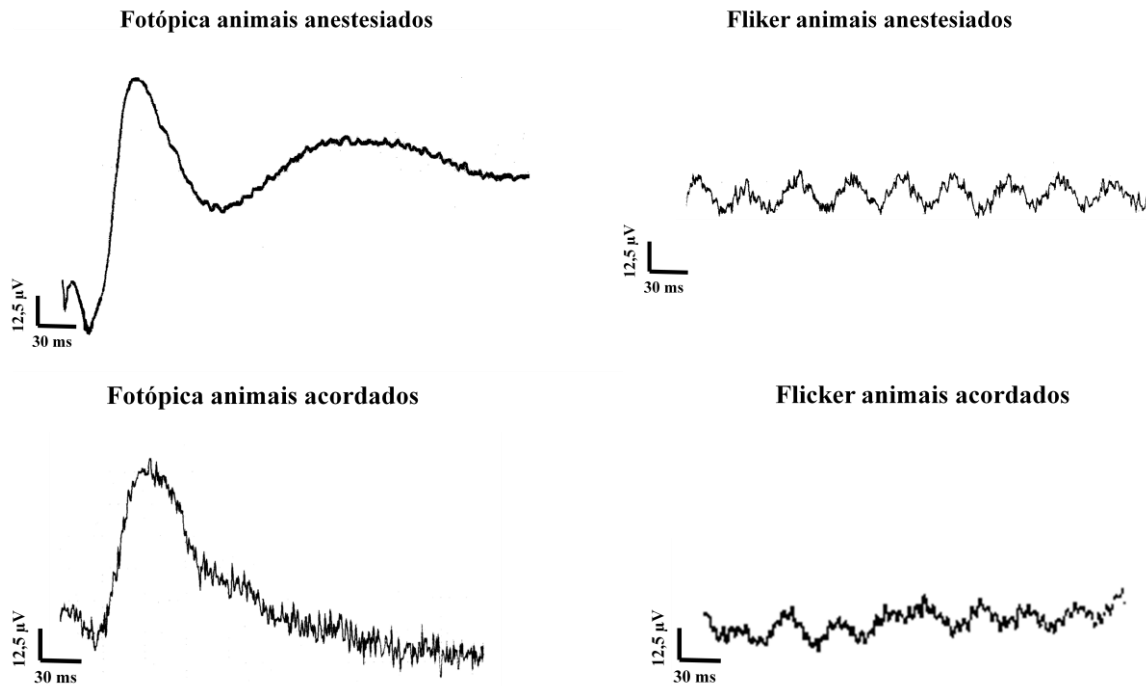
Os dados dos testes Fotópicos e Flicker 30Hz foram avaliados sobre duas condições, acordados e anestesiados, a médias e desvios padrões dos tempos implícitos e das amplitudes foram representados na tabela 5.

**Tabela 5.** Representação das médias e dos desvios padrões dos tempos implícitos e das amplitudes das ondas “a” e “b” dos exames de ERG (Fotópicos e Flicker 30Hz).

Grupos	Tempo Implícito “a”(ms)	Tempo Implícito “b”(ms)	Amplitude “a”(μV)	Amplitude “b”(μV)	Flicker Tempo implícito (ms)	Flicker Amplitude (μV)
Anestesiados	13,76 ± 5,74 <sup>a</sup>	34,5 ± 5,12 <sup>a</sup>	21,56±7,58 <sup>a</sup>	93,7±12,27 <sup>a</sup>	34,2 ± 1,46 <sup>a</sup>	64,31±13,91 <sup>a</sup>
Acordados	9,12 ± 3,28 <sup>b</sup>	28,96 ± 2,05 <sup>b</sup>	16,02±5,08 <sup>a</sup>	52,1±9,91 <sup>b</sup>	33,46 ± 0,75 <sup>a</sup>	36,29 ± 4,94 <sup>b</sup>

Letras iguais na mesma coluna representam resultados sem diferenças estatísticas e letras diferentes na mesma coluna representam resultados com diferenças estatísticas. ms:milissegundos e μV:microvoltes.

Em ambos os grupos, anestesiados e acordados o traçados se mostraram de boa qualidade e com um pouco mais de ruído nos animais acordados, com suas características de conformações das ondas “a” e “b” (Figura 20).



**Figuras 20.** Imagem visibilizando as ondas das respostas Fotópicas e Flicker do ERG de animais anestesiados e acordados.

### 5.2.2. Potencial Visual Evocado por Flash de Luz

Os resultados das médias e dos desvios padrões, em relação aos animais menores que um ano e maiores ou iguais a um ano, dos PVE-F foram representados na Tabela 6.

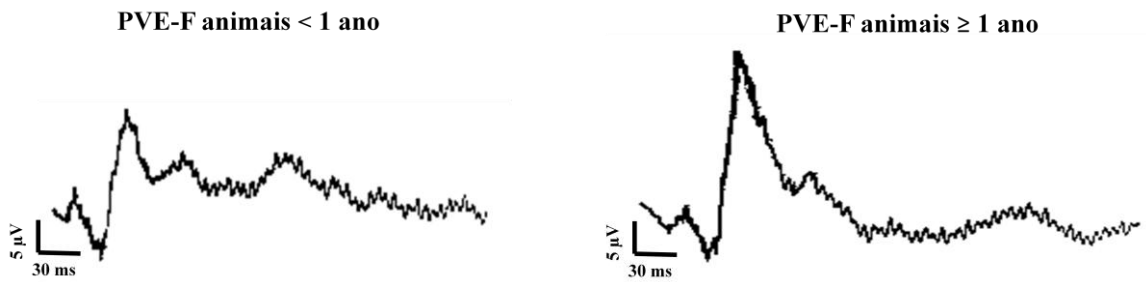
**Tabela 6.** Representação dos valores das médias e dos desvios padrões dos PVE-F nos animais menores que um ano e iguais ou maiores que um ano.

Picos	Tempo implícito (ms) animais < 1 ano	Tempo implícito (ms) animais ≥ 1 ano	Intervalos entre picos	Amplitude (µV) animais < 1 ano	Amplitude (µV) animais ≥ 1 ano
<b>P1</b>	32,52 ± 13,18 <sup>a</sup>	5,3 ± 1,67 <sup>b</sup>	<b>P1-N1</b>	9,84 ± 5,67 <sup>a</sup>	6,03 ± 2,51 <sup>a</sup>
<b>N1</b>	54 ± 26,25 <sup>a</sup>	16,6 ± 4,76 <sup>b</sup>	<b>N1-P2</b>	13,23 ± 7,71 <sup>a</sup>	28,61 ± 11,93 <sup>b</sup>
<b>P2</b>	84 ± 29,47 <sup>a</sup>	36,8 ± 3,47 <sup>b</sup>	<b>P2-N2</b>	6,71 ± 2,83 <sup>a</sup>	17,12 ± 12,32 <sup>a</sup>
<b>N2</b>	107,12 ± 23,44 <sup>a</sup>	73,8 ± 23,29 <sup>b</sup>			

Letras diferentes na mesma linha representam resultados com diferenças estatísticas e letras iguais na mesma linha representam resultados sem diferenças estatísticas.

µV=microvolts; ms=milisegundos

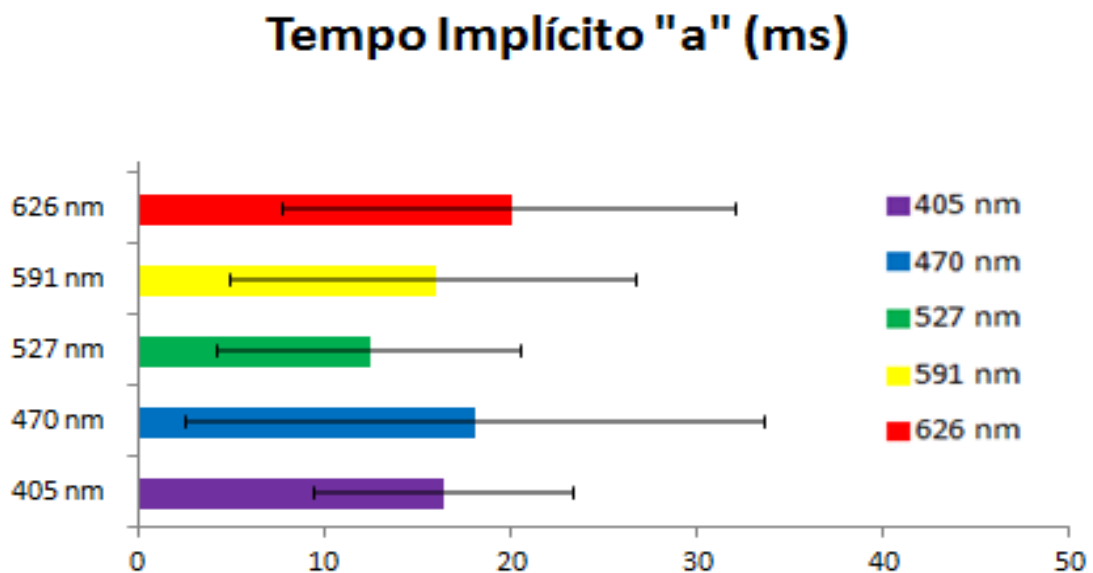
Independentemente da idade os componentes dos traçados foram reconhecidos, identificados e se mostraram com o mínimo de ruídos (Figura 21).



**Figura 21.** Imagem visibilizando as ondas das respostas do PVE-F de animais menores que um ano e iguais ou maiores que um ano.

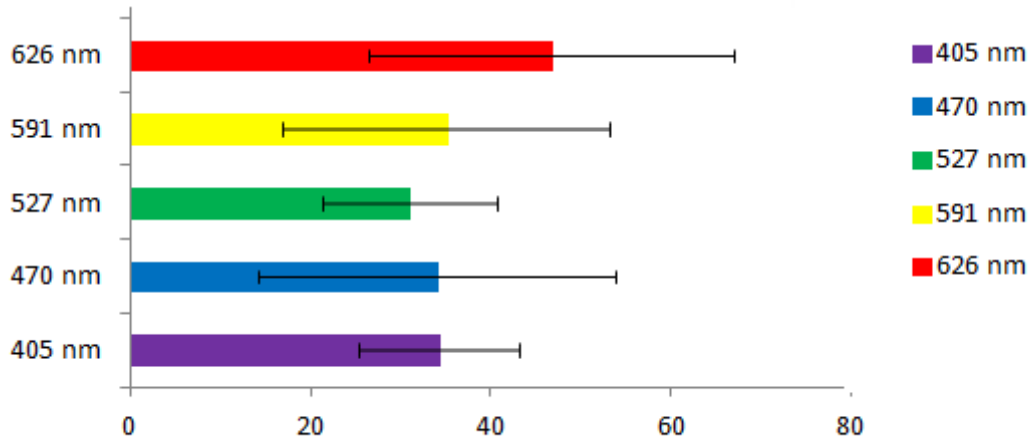
### 5.2.3. Sensibilidade Espectral

As respostas médias e seus desvios padrões aos diferentes comprimentos de ondas foram evidenciados em quatro gráficos, os quais representam o tempo implícito de “a”, tempo implícito de “b”, a amplitude de “a” e a amplitude de “b”. Os valores de tempos implícitos foram maiores nas respostas ao comprimento de onda 940nm tanto para onda “a”, quanto para onda “b”. O mesmo comportamento se repetiu na amplitude de “a”, já na amplitude de “b” o maior valor foi encontrado no comprimento 626nm (Gráficos 7, 8, 9, 10).



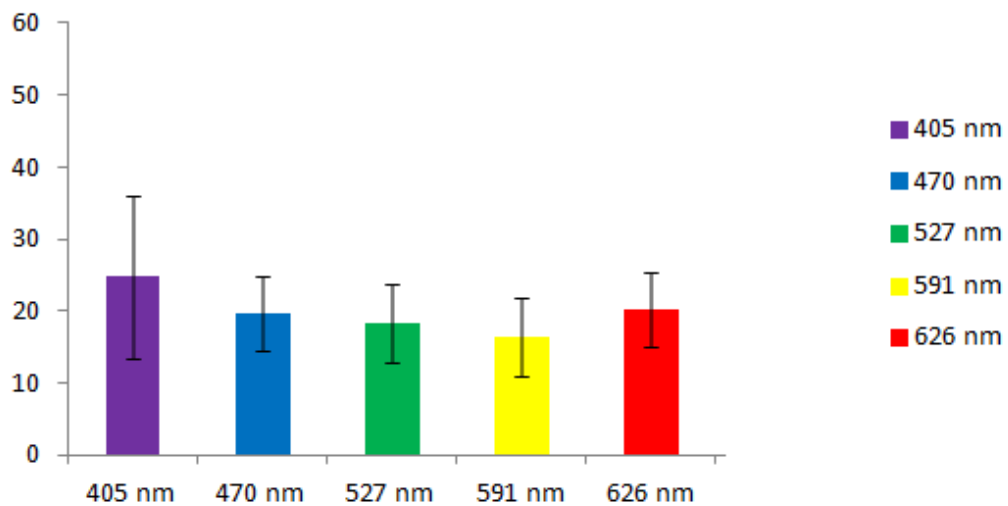
**Figura 22.** Representação da resposta média e seu desvio padrão para os tempos implícitos da onda “a”.  
ms:milissegundos

## Tempo Implícito "b" (ms)

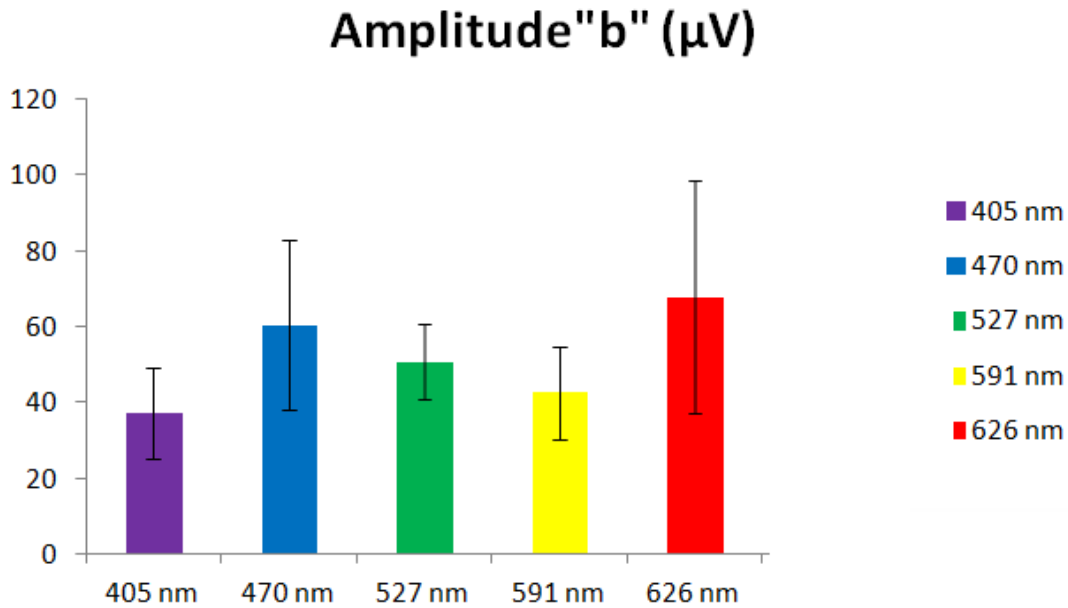


**Figura 23.** Representação da resposta média e seu desvio padrão para os tempos implícitos da onda "b".  
ms: milissegundos

## Amplitude "a" ( $\mu\text{V}$ )



**Figura 24.** Representação da resposta média e seu desvio padrão para as amplitudes das ondas "a".  
 $\mu\text{V}$ : microvoltes.



**Figura 25.** Representação da resposta média e seu desvio padrão para as amplitudes das ondas “b”.  $\mu\text{V}$ :microvoltes.

### 5.3. Ecobiometria ocular em modo B e Dopplervelocimetria da artéria oftálmica

Na captura das imagens pelo ultrassom os animais não foram anestesiados, houve apenas contenção manualmente, porém as aves se mantiveram calmas e a média da frequência cardíaca foi de 178 batimentos por minuto.

Na relação entre a câmara anterior e a lente dos animais menores que três meses foram observados uma correlação significativa positiva forte ( $p=0,82$ ), já nos animais com idade igual ou acima de três meses apresentam uma correlação positiva pequena ( $p=0,23$ ). Isso indica que com o aumento da idade ocorre uma perda na correlação entre a câmara anterior e a lente.

Avaliando a relação da câmara vítrea e a lente dos animais menores que três meses foram observados uma correlação positiva pequena ( $p=0,13$ ), os animais com idade igual ou acima de três meses apresentam uma correlação negativa forte ( $p=0,76$ ). Com isso temos que com o aumento da idade há uma correlação entre a câmara vítrea e a lente.

Quando foram avaliados os dados da Dopplervelocimetria da artéria oftálmica, foram relacionados os valores dos IR com os IP, os mesmos tem uma correlação significativa positiva forte ( $p=0,99$ ). O mesmo ocorre quando são correlacionados PVS e VDF, que tem uma correlação significativa positiva forte ( $p=0,93$ ).

Avaliando as relações dos dados de PIO com IR, foi verificada uma correlação significativa positiva moderada ( $p=0,71$ ), isso indica que quanto maior for a PIO, maior vai ser o IR. Também foram avaliados as relações entre a PIO e o IP, essa correlação foi

significativa positiva moderada ( $p=0,72$ ), isso indica que quanto maior for a PIO, maior vai ser o IP.

Os valores médios e desvios padrões da Dopplervelocimetria da artéria oftálmica, em relação com a idade estão representadas na tabela 7.

**Tabela 7.** Representação valores médios e desvios padrões das ecobiometrias oculares em modo B do globo ocular em relação com a idade.

Idade	Média Câmara Anterior (mm)	Média Lente (mm)	Média Câmara Vítrea (mm)	Média Tamanho Total do Globo (mm)
Animais < 3 meses	$1,27 \pm 0,33$	$4,91 \pm 0,64^a$	$8,88 \pm 0,28$	$15,07 \pm 0,07$
Animais $\geq$ 3 meses	$1,83 \pm 0,42$	$4,88 \pm 0,24^b$	$9,11 \pm 0,07$	$15,83 \pm 0,52$

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados com diferenças estatísticas. mm = milímetros

Os valores médios e desvios padrões da Dopplervelocimetria da artéria oftálmica, em relação com a idade estão representadas na tabela 8.

**Tabela 8.** Representação valores médios e desvios padrões da Dopplervelocimetria da artéria oftálmica em relação com a idade.

Idade	IR	IP	PVS	VDF
Animais < 3 meses	$0,3 \pm 0,04^a$	$0,37 \pm 0,07^a$	$30,37 \pm 8,48^a$	$20,60 \pm 6,82^a$
Animais $\geq$ 3 meses	$0,37 \pm 0,04^b$	$0,49 \pm 0,07^b$	$31,80 \pm 6,45^a$	$19,67 \pm 3,79^a$

Letras iguais na mesma linha representam resultados sem diferenças estatísticas e letras diferentes na mesma coluna representam resultados com diferenças estatísticas.  
mm = milímetros

## 6. DISCUSSÃO

Experimentos com animais selvagens são de grande importância, principalmente quando se trata da conservação da fauna silvestre. MILLER (2010) discorreu sobre a estima

do médico veterinário nessa arte e os aspectos que o mesmo deve observar, informando que o mesmo deve identificar e solucionar problemas relacionados com o manejo e com a saúde, principalmente quando se trata dos problemas oftálmicos nas aves, pois a visão é o seu sentido primordial (BAYÓN et al, 2007; PIÑEIRO & BERT, 2011).

O experimento foi realizado em local calmo com temperatura e luz controlada, sem presença de outras espécies de animais e sem fluxo de pessoas ou veículos, isso na tentativa de minimizar o máximo possível o estresse, pois em qualquer experimento com animais deve-se zelar pelo bem estar, evitando estresses desnecessários e cuidando dos fatores externos (ANDRADE & OLIVEIRA, 2002).

Outro fator que desencadeia estresse é a contenção (ANDRADE & OLIVEIRA, 2002). No caso das aves utilizadas no experimento, as mesmas se mantiveram calmas sem aparentar desconforto ou estresse. Isso pôde ser verificado quando foi realizada a contenção manual com luva de couro, para realização dos estudos ultrassonográficos, teste esse que necessitava de maior tempo imobilizado em decúbito lateral. A frequência cardíaca média foi de 178bpm. Em estudos realizados por JÚNIOR et al (2001), onde foi analisada a frequência cardíaca como sinal de estresse, em *Gallus gallus domesticus* sob contenção manual e sem contenção, obteve-se valores médios de 266,66 bpm e 335,7 bpm (animais sem contenção e animais contidos, respectivamente), valores muito superiores aos encontrados nesse trabalho, mesmo se tratando de espécies diferentes.

## **6.1. Parâmetros clínicos oftalmológicos**

Dos parâmetros clínicos oftalmológicos avaliados a relação do limiar de sensibilidade corneana com a produção lacrimal, indicou que com o aumento da idade perde-se correlação entre os parâmetros de sensibilidade, passando de uma correlação moderada nos animais menores que três meses para uma pequena nos animais com idade igual ou acima de três meses, isso ocorre devido a redução do limiar de sensibilidade corneana que com o aumento da idade vai diminuindo e a produção lacrimal se mantém. A redução do limiar da sensibilidade corneana ocorre provavelmente por aspectos evolutivos ligados a seu habitat, principalmente nos momentos de voo e caça, onde o reflexo de piscar pode interferir (REESE et al, 2009).

### **6.1.1. Teste lacrimal de Schirmer**

Na quantificação em milímetros por minuto da parte aquosa do filme lacrimal não foi observado diferença significativa ( $p=0,35$ ), quando comparados nos animais menores que três meses e os maiores ou iguais a três meses. Os valores médios ( $9,12 \pm 3,04$  para  $< 3$  meses e  $10,58 \pm 3,55$  para os  $\geq 3$  meses), esses valores se aproximam com os de outros rapinantes como *Accipitriformes* ( $10,7 \pm 4,0$  a  $11,5 \pm 5,4$ ), porém diferenciam de outras aves, essas diferenças podem ser por diversos motivos, entre eles as relacionadas com seu habitat, além das características fisiológicas e morfológicas, como formato do globo e tamanho da órbita, o gênero, o peso e a sazonalidade (WILLIAMS, 1994; BEECH et al., 2003; HARRIS et al. 2008; MONTIANI- FERREIRA et al., 2008). Diferentemente dos resultados encontrados por HARTLEY et al., (2006) e TRBOLOVA & GHAFARI, (2012), os encontrados neste trabalho não apresentam diferença significativa entre as idades estudadas.

O não uso de contenção química durante o exame, torna mais fidedigno os resultados, pois já foi comprovada a sua interferência na produção lacrimal (GHAFARI et al., 2010; SANTOS et al., 2013). Estudos continuam sendo feitos para entender os efeitos de medicamentos tópicos ou sistêmicos sobre a produção lacrimal (SANTOS et al., 2013).

A fita de Schirmer aparentemente não causou desconforto nos animais, pois os mesmos se mantiveram calmos. Isso permitiu uma melhor representação da quantificação lacrimal, pois movimentos da membrana nictitante ou por blefaroespasmos, sinais encontrados na dor e desconforto ocular, aumentam a produção lacrimal, mecanismo de defesa fisiológico do globo ocular (DAVIDSON & KUONEN, 2004;).

A avaliação quantitativa do filme lacrimal pelo teste de Schirmer é muito eficaz, como foi observado neste estudo, porém a largura da fita empregada no teste de Schirmer, que é de cinco milímetros, pode ser uma desvantagem em aves de menor porte, como em filhotes ou passeriformes. Nestes casos pode utilizar o teste de fio vermelho fenol, tem a mesma funcionalidade, porém por ser um fio viabiliza o uso em aves com pálpebras pequenas (WILLIAMS, 2012).

### **6.1.2. Estesiometria corneana de Cochet Bonnet**

Na quantificação do limiar de sensibilidade córnea ocorreu uma redução significativa ( $p=0$ ) quando comparados os valores dos animais menores que três meses e



iguais ou maiores que três meses. Assim como os valores da estesiometria do Gavião-carijó os das coruja-orelhuda (*Asio clamator*), estudadas por RODARTE-ALMEIDA et al, (2013), isso pode ocorrer pelo seu modo de vida, pois em momentos essenciais de caça e voo, o reflexo de piscar não pode interferir (REESE et al., 2009; STOREY 2009). Essa influência da idade no limiar de sensibilidade pode ocorrer também pelo aumento da espessura da córnea, pela diminuição do teor de água ou da por atrofia das fibras nervosas (MILLODOT, 1977). Isso já foi relatado em gatos domésticos, cavalos, em seres humanos e em outras aves (MILLODOT, 1977; BROOKS, 2000; BLOCKE & WOERDT 2001; RANKIN et al, 2012).

O conhecimento do limiar de sensibilidade corneal é muito importante para clínica oftalmológica, pois pode trazer informações sobre a analgesia e o uso de anti-inflamatórios tópicos corneais. O uso de anti-inflamatórios não esteroidais causa a redução da sensibilidade corneana, isso devido ao bloqueio das prostaglandinas e diminuição da atividade excitatória.

Na rotina clínica oftalmológica o uso da estesiometria é de grande importância no diagnóstico de doenças degenerativas corneais, porém apesar de bastante usado em pesquisas, quando se trata de sensibilidade de córnea, métodos eletrofisiológicos da atividade dos nociceptores da córnea são mais fidedignos (WELIHOZKIY, 2011).

### 6.1.3. Pressão intraocular

A PIO tem um aumento significativo nos animais menores que três meses em relação aos iguais ou maiores que três meses, esse aumento pode ter ocorrido pela maturação das estruturas oculares durante o seu desenvolvimento fisiológico e biomecânico, mais especificamente da esclera, pois a esclera das aves além de tecido conjuntivo denso é formada por cartilagem hialina e na região intermediária, dispostos em toda a circunferência do olho, é encontrado o anel esclerótico, estrutura óssea que tem a funções de proteção e sustentação do globo ocular, além disso o espaçamento da malha trabecular também vai reduzindo com a idade (RODARTE-ALMEIDA, 2013; BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008). Apesar de não ter o anel esclerótico, nos seres humanos a rigidez decorrente do desenvolvimento fisiológico ocular também faz a PIO aumentar com a idade (PALLIKARIS et al, 2005).

Os valores de PIO encontrados foram similares aos encontrados por outros autores em outras aves utilizando os mais diversos tipos de aparelhos, como por exemplo: corujas *scheech-oriental* (Megascopsasio) as médias encontradas foram de  $11 \pm 1,9$ mmHg (HARRIS et al. 2008) e de  $(13,81 \pm 5,63)$ mmHg nas corujas *Asio clamator* (RODARTE-ALMEIDA et al, 2013), já em falcões como o *Aquila pennata* foram  $16,19 \pm 3,49$ mmHg (BAYÓN et al. 2006) e nos *Falco tinnunculus*, essa variação segundo PEREIRA et al (2011), deve-se aos

aspectos diferenças nos instrumentos empregados, nas formas dos bulbos oculares, na influência do círculo circadiano na regulação. As diferenças espécie específicas que também foram encontradas nas Águias (*Haliaeetus albicilla* e *Buteo buteo*), no Gavião (*Accipiter nisus* e *Falco tinnunculus*) e nas Corujas (*Strix aluco* e *Tyto alba*) (REUTER et al., 2010).

Porém quando foi avaliado a mesma espécie *Falco tinnunculus* comparando o tonômetro de rebote TonoVet® (BAYÓN et al., 2006; REUTER, 2009) e o de aplanção Tono-Pen VET® (KORBEL & BRAUN, 1999; BAYÓN et al., 2006), foi verificado que os valores obtidos no tonômetro de aplanção são maiores que os de rebote. Essa variação além dos fatores individuais (sexo e idade) deve-se pela maior precisão do tonômetro de rebote, como foram comprovados nos estudos manométricos realizados em diversos animais cães, gatos e cavalos (KNOLLINGER, et al, 2005; GÖRIG et al 2006; RUSANEN et al; 2010).

Além da maior precisão o tonômetro de rebote foi bem aceito pelos *Rupornis magnirostris*, não demonstrando nem um sinal de desconforto, isso também ocorreu em outras espécies (PRASHAR et al., 2007; JEONG et al., 2007; REUTER et al., 2010). Isso porque é um método veloz (aproximadamente 0,2 metros por segundo, por cada propulsão da sonda), sendo até mais rápido que o reflexo de piscar, evitando movimentos da membrana nictitante e o blefarospasmo, que pode aumentar a PIO (KONTIOLA, 2000; DAVIES et al., 2006; AKRAM, YAQUB & DAR, 2009). Isso não ocorre nem com as repetições do exame (STILES et al., 1994; OFRI et al., 2002).

Outro fator importante na precisão e no auxílio para não causar estresse, além de expandir o uso nas mais variadas espécies de aves, até nos passeriformes é o diâmetro da sonda (aproximadamente 1,7 mm), muito menor quando comparado com o tonômetro de Schiotz e o tonômetro de aplanção (DAVIES et al., 2006). Um fator que não auxilia na precisão, mas facilita a utilização é o não uso de anestésicos tópicos corneanos antes dos exames, sendo até contraindicados pelo fabricante e nem de anestesia geral, que causa hipotensão sistêmica e diminui a PIO (OFRI, 2002; RIBEIRO et al., 2007; ICARE, 2013).

A recomendação de não usar anestésico tópico corneal, estendesse para o uso de qualquer outra substância tópica corneana imediatamente antes do exame, pois causam modificações na tensão superficial da córnea e no tempo de contato da sonda, isso também ocorre em quadros de ceratoconjuntivite seca, esse fato pode ser considerado em parte uma desvantagem (KNIESTEDT et al., 2008; MAGGS, 2008). Uma desvantagem em relação ao uso são os cuidados na contenção do animal e o posicionamento do aparelho, isso para evitar alterações no fluxo vascular e conseqüentemente na PIO, em relação ao posicionamento do

tonômetro, o mesmo deve ser mantido em posição horizontal, com distância entre a sonda e a córnea de aproximadamente 4-8 mm, formando um ângulo de 90° (ICARE, 2013).

## **6.2. Eletrofisiologia ocular**

Os resultados dos exames eletrofisiológicos além de promover parâmetros em condições clínicas, facilitam o exame retiniano e pós retiniano, pois como foi observado que sem o uso de anestesia pode-se obter um panorama rápido das condições visuais dessas e de outras aves, já que a marcha de exame oftálmico nessa classe é bem mais elaborada, principalmente quando se trata da fundoscopia, além de reduzir o tempo de contensão e consequentemente o estresse (ANDRADE & OLIVEIRA, 2002).

### **6.2.1. Eletrorretinograma de campo total**

Dentro do eletrorretinograma de campo total por flash, os protocolos para as ondas fotópica e o flicker se mostraram mais rápidos e práticos de serem realizados tendo um melhor custo benefício, já que não necessitam de adaptação ao escuro. Quando comparados seus dados foram observados diferença significativa nos tempos implícitos de “a” e “b” nas respostas e nas amplitudes de “b” fotópicas. Essa diferença também foi observada nas amplitudes do flicker 30Hz. Esse aumento nos tempos implícitos provavelmente ocorreu pelo efeito da anestesia (MARMOR et al., 2009). Isso reforça a necessidade da padronização para as condições de anestesia, além das diferenças de cada laboratório, como recomenda a ISCEV. Já redução dos valores das amplitudes nos grupos não anestesiados, provavelmente foi dada pelo aumento dos ruídos (BARRACO et al, 2011; FORTEA et al, 2008; VARADHARAJANA et al, 2007). Estes ruídos, apesar de terem alterado o exame foram amenizados pelo uso do eletrodo de córnea, juntamente com o aparelho utilizado e as instalações do LOE. Lembrando que o ambiente do exame deve ser adequado para que os ruídos não se sobreponham as respostas retinianas (MARMOR et al., 2009).

Os ruídos elétricos também são influenciados pelo posicionamento dos eletrodos, sendo o eletrodo de córnea o que fornece sinais com maiores amplitudes e registros mais estáveis, com menor interferência de ruídos elétricos (YIN & PARDUE, 2004; BEREZOVSKY et al., 2008; MARMOR et al, 2009). A escolha do eletrodo de córnea se mostrou muito eficiente, corroborando com YIN & PARDUE (2004), BEREZOVSKY et al (2008) e MARMOR et al (2009), afirmaram que o posicionamento de eletrodos na córnea resulta em sinais com maiores amplitudes e registros mais estáveis, com menor interferência

de ruídos elétricos, refletindo assim em ondas mais “limpas”. Esses componentes de alta frequência, que afetam a integridade da resposta foram filtrados eletricamente com um filtro passa-banda (*band-pass*) de 1-1000Hz. Porém também podem ser filtrados matematicamente usando a Transformada Rápida de Fourier (“Fast Fourier Transform”) ou outra alternativa é a transformada Wavelet (WT – Wavelet Transform). Porém a WT possibilita uma filtragem mais precisa dos dados do ERG (BARRACO et al, 2011; FORTEA et al, 2008; VARADHARAJANA et al, 2007).

O tempo escolhido para a adaptação ao escuro se mostrou eficaz, pois foi possível separar as resposta STR, escotópica e mista. Essa divisão traz informações independentes dos variados grupos de célula retinianas, servindo como parâmetros para diagnósticos, prognósticos e acompanhamento de doenças retinianas. Esta resposta do limiar de bastonetes traduz o efeito do potássio sobre os potenciais das células de Muller (SIEVING & NINO, 1988). Esta resposta já foi observada em sapos, gatos, ovinos, macacos e humanos (ARDEN & BROWN, 1965; VALETE et al, 1972; WAKABAYASHI et al, 1988).

Na formação geral da onda “a” fotópica, sendo produzida por ação dos fotorreceptores (tempo implícito), enquanto a sua inclinação (amplitude) é resultado da ação de células gliais em resposta à redução de potássio no fotorreceptor (WACHTMEISTER, 1998; PINTO et al, 2007; HOLDER et al, 2010). Outras células que tem um papel importante na geração da onda “a” são as bipolares off (BUSH & SIEVIENG, 1994; HARE & TON, 2002; MIURA et al, 2009). Já a onda “b” reflete a atividade de células bipolares on, importante na geração do componente positivo, e das células de Müller proximais em resposta ao aumento rápido das concentrações de potássio na camada interna (PINTO et al, 2007; JACOB et al, 2011). Na formação do Flicker 30Hz, as vias on e off combinadas são responsáveis por estas respostas (HARE & TON, 2002; JACOB et al, 2011).

No estudo fotópico realizado em coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*), assim como nesse estudo a metodologia empregada foi eficiente para obtenção das respostas elétricas retinianas, porém por se tratar de outra espécie e sob diferentes condições de experimentação, não podemos correlacionar os valores, pois as especificidades, assim como outros fatores como a idade e o sexo alteram as respostas do ERG (RODRIGUES & DANTAS, 2008, DANTAS et al, 2010).

### **6.2.2. Sensibilidade espectral**

O ERG mostrou resposta aos estímulos de cinco comprimentos de ondas distintas 405nm (ultravioleta), 470nm (azul), 527nm (verde) 591nm (amarelo) e 626nm (vermelho).

Assim como em outros estudos já realizados em outras espécies de aves, essas respostas representam os seis tipos de fotorreceptores presentes na retina. Os bastonetes, responsáveis pela visão com pouca luz, os quatro tipos de distintos de cones simples, encarregados da visão em cores e os cones duplos, responsáveis pela discriminação da luminância (HART, 2001).

A resposta ao comprimento de onda 405nm (UV) obtida nesse estudo, já foi descrita em outras aves, sendo de vital importância na reprodução, alimentação e posição hierárquica. Segundo Andersson (1997), em um estudo com Chapim-azul (*Parus caeruleus*) a visão UV é de extrema importância para o acasalamento e a hierarquia, além de variar com a idade. Além disso, essa capacidade permite uma diferenciação sexual entre os indivíduos. A visão UV oferece a o animal uma vantagem na procura de alimento, pois a superfície de frutas maduras é diferente das demais, pode também facilitar na caça, possibilitando a visualização da urina de roedores (GOLDSMITH & COLLINS, 1984; WILKIE, et. al. 1998). Não foram realizados estudos de microespectrofotometria para identificar os tipos de opsinas existentes no Gavião-carijó, porém a resposta a estímulos UV obtida neste estudo reforça sua importância para essas aves, além de possibilitar a diferenciação, não visível ao olho humano, entre machos e fêmeas (ANDERSSON, et al 1998).

Embora tenham ocorrido respostas eletrofisiológicas aos comprimentos de ondas referentes às cores UV, azul, verde, amarelo e vermelho, não representam a cartela de cores que as aves podem ver, pois existem gotículas de óleo localizadas nos segmentos interno dos cones, que atuam como filtros, aumentando a especificidade do cone na captação de um determinado comprimento de onda. Essa filtragem é determinada pelo tipo de carotenoide presente nas gotículas, assim como a opsina acoplada a ele (TOOMEY, 2015).

Em nossos estudos não foram realizados análises cromatográficas para identificação das gotículas, porém como citados por ANDERSSON et al (1998), nas aves de rapinas diurnas, assim com o Gavião-carijó, as gotículas de óleo são geralmente claras ou transparentes. Segundo Wilby et al (2015), as gotículas transparentes encontradas nessas aves, além de atuarem como filtros, também mimetizam lentes, magnificando em até seis vezes a luz sobre o cone. As gotículas transparentes ligadas a cones UV, quando comparadas com gotículas coloridas, são duas vezes mais sensíveis, aumentando a capacidade visual principalmente de detalhes e cores.

### **6.2.3. Potencial visual evocado por flash de luz**

O tipo de estímulo do PVE, neste caso o transiente, oferece uma maior reprodutibilidade e tem seu uso clínico mais difundido, já o estímulo por flash por ser de curta

duração e homogêneo, se adéqua ao tipo de paciente, não verbal e pouco colaborativo, sofrendo menos interferências de outros problemas visuais. Esses fatores também dificultam o uso de outros tipos de potencial como o de padrão reverso, que depende quase que exclusivamente da boa acuidade visual (DANTAS, et. al., 2010).

Segundo a ISCEV (ODOM, et. al. 2010) os eletrodos mais recomendados são de contato com o auxílio de pasta ou gel condor para assegurar uma boa condução elétrica, porém, como pode ser verificado na figura 1 e nos resultados obtidos por BICHSEL et.al. (2008), a utilização do tipo subdérmicos, desde que a impedância seja menor que  $5\Omega$ , não afetam a qualidade da onda e são eficazes na aquisição do exame. Esse tipo de eletrodo pelo seu posicionamento melhora a fixação, bem como o uso de pasta ou gel condutor, fator muito importante, pois os animais não estão anestesiados.

A ausência de anestesia melhora a qualidade do registro e o torna clinicamente viável, porém impede que animais pouco colaborativos realizem o exame. Resultados encontrados por EKESTEN (2007) indicam que a sedação afeta a consciência do animal interferindo nos resultados, sendo expressos como um aumento na latência total da onda e mais evidente no pico P2.

Mesmo os animais sendo dóceis e colaborativos os movimentos musculares e da pele, potenciais auditivos, além de outros sinais elétricos produzidos pelo organismo, geram ruídos no exame de PVE-F, pois sua amplitude é muito baixa e os ruídos são componentes de alta frequência afetando assim a integridade da resposta (DANTAS, et. al., 2010). A fim de amenizar os ruídos foram utilizados filtros de 1-100Hz do próprio aparelho, além de cuidados nas instalações (aterramento e isolamento elétrico contra ondas elétricas de outros aparelhos), que são importantes, pois provocam diminuição da amplitude ou latência (MARMOR et al, 2009).

Quando comparados os dados dos animais foram observados valores significativamente maiores dos tempos implícitos P1 ( $p=0$ ), N1 ( $p=0$ ), P2( $p=0$ ) e N2 ( $p=0,04$ ), entre os animais menores que um ano em relação aos iguais ou maiores que um ano. Esse retardo na condução do estímulo, refletida no aumento total dos tempos implícitos já foi citado por outros autores em seres humanos e em cães, sendo este um processo comum e não patológico, mas com caráter progressivo relacionado a idade (KIMOTSUKI et al, 2006; ODOM et al, 2006; STRAIN et al, 2006).

Ocorreu uma redução significativa da amplitude no intervalo N1-P2 ( $p=0,04$ ) quando comparamos os mesmos grupos, essa redução também já foi descrita como relacionadas com a idade. Porém em humanos, reduções na amplitude desse intervalo já foram relacionadas

com demências, no caso o Alzheimer e outras doenças de caráter degenerativo (KIMOTSUKI et al, 2006).

### **6.3. Ecobiometria em modo B e Dopplervelocimetria ocular**

Na captura das imagens pelo ultrassom os animais se mantiveram calmos e foi utilizada apenas contensão manual, isso torna os resultados mais fidedignos, pois segundo GELATT-NICHOLSON et al (1999), a anestesia diminui a PIO e a pressão sistêmica.

A técnica utilizada foi a transcorneal, com o uso de anestésico tópico e gel acústico estéril. Segundo SCHMIDT (2010) na técnica transcorneal não é obrigatória à utilização de gel acústico, visto que o filme lacrimal e o colírio anestésico desempenham a mesma função, entretanto, a utilização do mesmo facilita o deslizar do transdutor sobre a córnea e evita lesões na mesma. A técnica transcorneal é preferida, pois permite melhor visibilização das estruturas vitreoretinais e retrobulbares nesta técnica o ar entre o transdutor e a superfície de contato é mínimo, quando comparada à transpalpebral (WILKIE & WILLIS, 2005). Porém quando existe lesão de córnea deve-se sempre usar a técnica transpalpebral (SPAULDING, 2008).

Na avaliação da relação entre a câmara anterior e a lente ocorreu uma perda na correlação com o aumento da idade. Já na correlação entre a lente e a câmara vítrea ocorreu um aumento de forma negativa na correlação em relação à idade. Esse fato provavelmente ocorre pelo desenvolvimento fisiológico das estruturas do globo ocular, sendo mais evidente na lente, pois seu tamanho foi estatisticamente diferente ( $p=0,02$ ) quando comparados nas idades. Essa correlação reduz nos animais iguais ou maiores que três meses. Ao contrário do que ocorre com a câmara anterior, a relação da câmara vítrea é oposta, ou seja, nos animais menores que três meses não há diferença, porém com o aumento da idade a correlação se estabelece de forma negativa. Essa relação negativa provavelmente ocorre depois que o anel esclerótico se torna mais rígido (BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008).

Na comparação entre IR e IP nos animais menores que três em relação aos iguais ou maiores que três meses a diferença foi significativa ( $p=0,03$  e  $0,04$  respectivamente), isso tem uma provável relação com o desenvolvimento da úvea e coróide, que tem uma ligação direta com a vascularização do globo ocular (BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008). Quando foram avaliadas as relações do IR e IP do Doppler da artéria oftálmica sem levar em conta a idade, os mesmos apresentaram uma correlação significativa positiva forte, o mesmo ocorre quando são correlacionados PVS e VDF. Essas correlações no Gavião-carijó, corroboram com o fato dos animais serem saudáveis, pois o IR e o IP indicam a relação sístole e diástole, e as velocidades (PVS e VDF) participam dos cálculos dos índices Doppler. Alterações nos fluxos

sistólicos e diastólicos locais ou sistêmicas, por qualquer motivo iriam interferir diretamente nas velocidades (PVS e VDF) e conseqüentemente nos índices Doppler (CARVALHO et al, 2008; CARVALHO & ADDAD, 2009).

O IP e o IR também foram relacionados com a PIO, sem levar em conta a idade. A correlação observada foi moderada significativa positiva, provavelmente essa relação se dá pelos mecanismos de regulação da PIO e do humor aquoso, além da influência da pressão sistêmica na PIO, fatores dependentes da vascularização ocular e do pécten, que tem um papel primordial tanto na PIO, quanto na vascularização (BAYÓN, 2007; CANDIOTO, 2011; GELATT, 2012).

Os valores da biometria ocular foram menores do que os encontrados em corujas (*Rhinoptynx clamator*) por SQUARZONI et al (2010). Isso era esperado, pois o olho da coruja é bem maior e tem um formato tubular, diferentemente do gavião que é alongado (POUGH et al, 2003; COLVILLE & BASSERT, 2011). Os índices Doppler (IR e IP) e as velocidades (PVS e VDF) obtidas nesse estudo quando comparadas com os de *Anas platyrhynchos domestica* (FERREIRA et al, 2015), verificou-se aproximação apenas dos valores de IR, isso resalta a necessidade de padronização para cada espécie, pois particularidade, como formato do globo, pécten, tipo de retina, além de outras características tornam espécie específico os resultados (BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008).

Nos valores padronizados para cada os índices podem ser avaliados e se apresentar alterações como: baixos IR, sugerem alto metabolismo com pouca resistência e altos IR sugerem baixo metabolismo com alta resistência no vasos (CARVALHO et al, 2008; WOOD et al, 2010). O IP é mais sensível que o IR, pois leva em consideração as médias das velocidades analisadas em toda a área da onda dopplervelocimétrica e não somente a velocidade sistólica máxima e diastólica final, o que ocorre no cálculo do IR (DINIZ et al, 2005). Uma vantagem desses índices sobre a mensuração absoluta das velocidades é que o ângulo de insonação não precisa ser considerado, permitindo assim a abordagem de vasos menores ou tortuosos (NOVELLAS et al, 2007).

## 7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, podemos concluir que nos parâmetros oftálmicos só o schirmer não modificou na faixa de idade estudada e que há uma relação direta entre ele e o limiar de sensibilidade corneano, nos animais com menos de três meses. Na eletrofisiologia ocular os PVE-F variam significativamente com o aumento da idade, na sensibilidade espectral verificou-se resposta aos seis comprimentos de ondas estudados e no ERG a



anestesia teve efeito significativo sobre a onda fotópica e o flicker 30 Hz. Na ecobiométricos em modo B constatou-se uma relação entre a câmara anterior e a câmara vítrea assim como com a lente e a câmara vítrea e na dopplervelocimétra da artéria oftálmica verificou-se uma relação significativa entre IP e IR, assim como deles com a PIO e uma relação significativa da PVS e VDF. Estes resultados abrem novos horizontes para a oftalmologia ornitológica, no que diz respeito a seus parâmetros oftálmicos, eletrofisiológicos, ecobiométricos em modo B e dopplervelocimétricos.

## 8. REFERÊNCIAS

- ALGUIRE, P.C. Tonometry. In Walker, H.K., Hall, W.D. & Husrt, J.W. (Eds.), **Clinical methods: the history, physical, and laboratory examinations** (3rd Ed.) Boston: Butterworths. 1990. p.581-584.
- ALMURAB, T.M. & OGBUEHI, K.C., Clinical investigation of the effect of topical anesthesia on intraocular pressure. **Clinical Ophthalmology**, 1(3), 305-309. 2007
- AKRAM, A., YAQUB, A. & DAR, A.J.. Pitfalls in intraocular pressure measurement by Goldmann-type applanation tonometers. Pakistan **Journal of Ophthalmology**, 25(4), 2009.
- ANDERSSON, S.; ORNBORG, J.; ANDERSSON, M.. "Ultravioleta dimorfismo sexual e acasalamento preferencial no melharucos azuis". **Procedendo da Royal Society B**, p. 445-50, 1998.
- ANDRADE, A. P. S. C., OLIVEIRA, R. S., orgs. **Animais de Laboratório: criação e experimentação**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 388, 2002.
- ARDEN, G. B.; BROWN, K. T. Some properties of components of the cat electroretinogram revealed by local recording under oil. **The Journal of physiology**, v. 176, n. 3, p. 429-461, 1965
- ANDERSSON, S.; ORNBORG, J.; ANDERSSON, M.. "Ultravioleta dimorfismo sexual e acasalamento preferencial no melharucos azuis". **Procedendo da Royal Society B** p. 445-50, 1998.
- BARRACO, R.; ADORNO, D.P.; BRAI, M. ERG signal analysis using wavelet transform. **Theory in Biosciences**, v.130, n.3, p.155-63, 2011.
- BARSOITI, G.; ANGELA BRIGANTI, A.; SPRATTE, J. R.; CECCHERELLI, R.; BREGHI, G., Safety and Efficacy of Bilateral Topical Application of Rocuronium Bromide

for Mydriasis in European Kestrels (*Falco tinnunculus*), **Journal of Avian Medicine and Surgery**, 26(1):1–5, 2012

BAYÓN, A., VECINO, E., ALBERT, A., ALMELA, R., COZZI, A., TALAVERA, J. & FERNÁNDEZ DEL PALACIO, M.J.. Evaluation of intraocular pressure obtained by two tonometers and their correlations with corneal thickness obtained by pachymetry in raptors [abstract]. **Veterinary Ophthalmology**, 9(6), 426-434. 2006.

BAYÓN, A.; ALMELA, R.M.; TALAVERA, J., Avian Ophthalmology. **Ophthalmology**, v.17, n.3, p.253-265, 2007.

BEECH, J., ZAPPALA, R. A., SMITH, G., LINDBORG, S. Schirmer tear test results in normal horses and ponies: effect of age, season, environment, sex, time of day and placement of strips. **Veterinary Ophthalmology**, Oxford, v. 6, n. 3, p. 251–254, 2003.

BICHSEL, P.; OLIVER JR, J. E.; COULTER, D. B.; AND BROWN, J.; Recording of Visual-Evoked Potentials in Dogs With Scalp Electrodes; **Journal of Veterinary Internal Medicine**; V2, Issue 3, p 145-149, 2008.

BIRCH, D. G.; ANDERSON, J. L. Standardized Full-Field Electroretinography: Normal Values and Their Variation With Age. **Arch Ophthalmol**. v. 110, 1571-6, 1992.

BLOCKER T, WORDT AVD. A comparison of corneal sensitivity between brachycephalic and domestic short-haired cats. **Veterinary Ophthalmology**; 4(2): 127-130, 2001.

BRANCO, CRAIG R.; DIA, N; BUTLER, PJ; MARTIN, GR; BENNETT, PETER., "**Visão e forrageamento em biguás: mais como as garças que falcões?**" 7. PLoS ONE 2 2007.

BROOKS DE, CLARK CK, LESTER GD. Cochet-Bonnet aesthesiometer – determined corneal sensitivity in neonatal foals and adult horses. **Veterinary Ophthalmology**; 3: 133-137, 2000.

BUSH RA, SIEVING PA. A proximal retinal component in the primate photopic ERG a-Wave. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**. v. 35, p.635-45, 1994.

CANDIOTO, C. G, **Histomorfometria do bulbo do olho de peneireiro-de-dorso-malhado (*Falco tinnunculus* -LINNAEUS, 1758)**, Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, 2011

CARVALHO, C.F.; CHAMMAS, M.C.; CERRI, G.G. Princípios físicos do Doppler em ultrassonografia. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 38, n. 3, p. 872-879. 2008.

CARVALHO, C.F. **Dopplervelocimetria renal em gatos Persas: valores de referência** (tese). São Paulo: Faculdade de Medicina: Universidade de São Paulo; 2009.

CARVALHO, C.F., ADDAD, C.A. Interpretação da imagem Doppler. In: CARVALHO, C.F. **Ultrassonografia Doppler em Pequenos Animais**. 1 ed., São Paulo: Editora Roca, 2009. cap.03, p. 15-19.

CATALÁ, M. J.; CASTANY, A. M. Pruebas electrofisiológicas: qué, cuando, cómo y por qué? (2ª Parte). **Annals d'Oftalmologia**, v.13, n. 2, p.8-29, 2005.

Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação do Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade (ICMBio) do Ministério do Meio Ambiente (MMA). In: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira.html>, Acessado em 30 de julho de 2015.

COLVILLE, T.; BASSERT, J. M., **Anatomia e fisiologia clínica para medicina veterinária**. Elsevier Brasil, Ed 2, 2011.

Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. **Diretrizes da Prática de Eutanásia**, Brasília-DF, 2013.

COSTA, G. C. J. Potencial evocado visual. In: DANTAS, A. M.; COSTA, J. G.; NETO, L. P.; YAMANE, R.; ELIAS, C. A. **Eletrofisiologia ocular**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1995. p. 227-259.

CHO, P. & BROWN, B. The effect of benoxinate on the tear stability of Hong Kong-Chinese. **Ophthalmic and Physiological Optics**, 15(4), 299-304. 1995.

CRUZ, A.; SALOMÃO, S. R. Acuidade visual. In: DANTAS, A. M.; RODRIGUES, M. L. V. (Org.). **Oftalmologia clínica**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 177-188, 2001.

DANTAS, A. M. Visão: mecanismos cerebrais. In: \_\_. **Neurofisiologia ocular**. Rio de Janeiro: Revinter, 1995. p. 389-463.

DANTAS, A. M.; SULZBACHER, A.; MENDONÇA, R. H. F.; TAKAHASHI, W. Y.; **Eletrofisiologia da visão**.; 2 ed; Rio de Janeiro; Cultura Médica; Guanabara Koogan, 2010.

DAVIES, L.N, BARTLETT, H., MALLIN, E.A.; WOLFFSOHN, J.S.; Clinical evaluation of rebound tonometer. **Acta Ophthalmologica Scandinavica**, 84, 206-209, 2006.

DAVIDSON, H. J.; KUONEN, V. J. The tear film and ocular mucins. **Veterinary Ophthalmology**, v. 7, n. 2, p. 71-77, 2004.

DIETRICH, U.M. Ophthalmic Examination and Diagnostics – part 3: Diagnostic Ultrasonography. In: GELATT, K.N.; GILGER, B.C.; KERN, T.J. **Veterinary Ophthalmology**. 5 ed., Iowa: Wiley-Blackwell, 2013. cap. 10, p. 669-683.

DINIZ, A.L.D.; MORON, A.F.; SANTOS, M.C.; SASS, N. Dopplervelocimetria colorida dos vasos orbitais: técnica de exame e anatomia vascular normal. **Radiologia Brasileira**. São Paulo. v. 37, n. 4. p. 287-290. 2004.

DINIZ, A.L.D.; MORON, A.F.; SANTOS, M.C.; SASS, N.; PIRES, C.R. Dopplervelocimetria das artérias oftálmica e central da retina em gestantes normais. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**. São Paulo. v. 27, n. 4. p. 168-173. 2005.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. p. 663.

EKESTEN, B. Electrodiagnostic evaluation of vision. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 4 ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2007. p.527.

EVANS, H.E. & MARTIN, G.R., Organa sensuum. In J.J. Baumel (Ed.), **Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avium** (2nd Ed.),1993, (pp.585-611).

FAHLE, M.; BACH, M. Origin of the visual evoked potentials. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. **Principles and practice of clinical electrophysiology of vision**. 2.ed. Massachusetts: Mit Press, 2006. p. 207-234.

FEIGENBAUM, H. Física e instrumentação. In: FEIGENBAUM, H.; ARMSTRONG, W.F.; RYAN, T. **Ecocardiografia**. 6 ed., Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007. cap. 2, p. 11-42.

FERGUSON-LESS, J.; CHRISTIES, D. A. **Raptors of the world**. New York: Houghton Mifflin Company, 2001.

FERREIRA, Thiago Alegre Coelho. **Contribuições para a histopatologia, fisiologia e clínica na oftalmologia de aves**. 33f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

FORTEA, J.D.; BUIA, B.V.; VINGRYSA, A.J. Wavelet analysis reveals dynamics of rat oscillatory potentials. **Journal of Neuroscience Methods**, v.169, n.1, p.191-200, 2008.

FRANZ, V., Vergleichende Anatomie des Wirbeltieranges, In **Handbuch der Vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere** 111 Hohere sinnesorgane, L. Bolk, E. Goppert, E. Kdus & W. Lubosch, (Eds.). Berlin & Wien: Urban & Schwarzenberg. 1934, p989-1292

FRANZ-ODENDAAL, T.A. Scleral ossicles of teleostei: evolutionary and developmental trends. **Anatomical Record**, v.291, n.2, p.161-168, 2008.

GELATT, Kirk N. et al. **Veterinary ophthalmology**. John Wiley & Sons, 2012. cap. 33, p.1750-1819.

GELATT-NICHOLSON, K.J.; GELATT, K.N.; MACKAY, E.; BROOKS, D.E.; NEWELL, S.M. Doppler imaging of the ophthalmic vasculature of the normal dog: blood velocity measurements and reproducibility. **American College of Veterinary Ophthalmologists**. v. 2. p. 87-96. 1999.

GHAFFARI, M. S.; MALMASI, A.; BOKAIE, S. Effect of acepromazine or xylazine on tear production as measured by Schirmer tear test in normal cats. **Veterinary Ophthalmology** , v. 13, n. 1, p. 01–03, 2010.

GOLDSMITH, TH; COLLINS, JS; LICHT, S (1984). "As gotículas de óleo cone de retinas de aves"). **Vision: Pesquisa**. 24 , 1984.

GONÇALVES, G.F. **Pressão arterial média e fluxo sanguíneo da artéria oftálmica externa em gatos (Feliscatus Linnaeus, 1758)**. Santa Maria, 2005. 77f. Tese de Doutorado

(Doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária, Santa Maria, 2005.

GÖRIG, C., COENEN, R.T., STADES, F.C., Djajadiningrat-Laanen, S.C. & Boevé, M.H., Comparison of the use of new handheld tonometers and established applanation tonometers in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, 67(1), 134-144, 2006.

GÜNTÜRKÜN, ONUR. "Estrutura e funções do olho" em Sturkie (1998) 18/01 Sinclair (1985) p. 88-100

HARE WA, TON H. Effects of APB, PDA, and TTX on ERG responses recorded using both multifocal and conventional methods in monkey. **Doc Ophthalmol**. v.105, p.189–222, 2002.

HARDING, G. F. A.; ODOM, J. V.; SPILEERS, W.; SPEKREIJSE, H. Standard for visual evoked potentials 1995. **Vision Research**, v. 36, n. 21, p. 3567-3572, 1996.

HARRIS, M.C., SCHORLING, J.J., HERRING, I.P., ELVINGER, F., BRIGHT, P.R. & PICKETT, J.P. Ophthalmic examination findings in a colony of Screech owls (*Megascops asio*). **Veterinary Ophthalmology**, 11(3), 186-192, 2008.

HART NS. The visual ecology of avian photoreceptors. **Prog. Retin. Eye Res**. 20, 675–703, 2001.

HARTLEY, CLAUDIA; WILLIAMS, DAVID L.; ADAMS, VICKI J. Effect of age, gender, weight, and time of day on tear production in normal dogs. **Veterinary ophthalmology**, v. 9, n. 1, p. 53-57, 2006.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2006, p.358-366.

HOLDER, G. E. Localizing lesions in the Visual System. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. **Principles and Practice of Clinical Electrophysiology of Vision**. 2 ed. Massachusetts: Mit Press, 2006. p. 505-518.

HOLDER GE, CELESIA GG, MIYAKE Y, TOBIMATSU S, WELEBER, R G. International Federation of Clinical Neurophysiology: Recommendations for visual system testing. **Clinical Neurophysiology**, v.121. p. 1393–1409. 2010.

ICARE, INSTRUCTION MANUAL, **TonoVET tonometer** TV01, Finland Oy, v.2, 2013, 10p.

JEONG, M.B., KIM, Y.J., YI, N.Y., PARK, S.A., KIM, W.T., KIM, S.E., CHAE, J.M., KIM, J.T., LEE, H. & SEO, K.M.. Comparison of the rebound tonometer (TonoVet®) with the applanation tonometer (TonoPen XL®) in normal Eurasian Eagle owls (*Bubo bubo*). **Veterinary Ophthalmology**, 10(6), 376-379. 2007.

JONES, MICHAEL P; PIERCE JR, KENNETH E.; WARD, DANIEL "visão aviária: uma revisão da forma e função, com especial atenção para as aves de rapina". **Jornal da Exotic Pet Medicina** 16 (2): 69-87.2007.

KAUPP, B. F., **The anatomy of the domestic fowl**, WB Saunders, 1918.

KIAMA, S.G., MAINA, J.N., BHATTACHARJEE, J., MWANGI, D.K., MACHARIA, R.G. & WEYRAUCH, K.D., The morphology of the pecten oculi of the ostrich, *Struthio camelus*. **Annals of Anatomy**, 188, 519-528. 2006.

KNIESTEDT, C., PUNJABI, O., LIN, S. & STAMPER, R.L. Tonometry through the ages. **Survey of Ophthalmology**, 53(6), 568-591. 2008.

KOMÁROMY, A. M.; BROOKS, D. E.; DAWSON, W. W.; KÄLLBERG, M. E.; OLLIVIER, F. J.; OFRI, R. Technical issues in electrodiagnostic recording. **Veterinary Ophthalmology**, v. 5, n. 2, p. 85-91, 2002.

KONTIOLA, A., A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure. **Acta Ophthalmologica Scandinavica**, 78, 142-145. 2000.

KORBEL, R. & BRAUN, J., Tonometrie beim Vogel mit dem Tonopen® **XL. Tierärztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere**, 27(3), 208-217. 1999.

KNOLLINGER, A.M., LA CROIX, N.C., BARRETT, P.M. & MILLER, P.E. Evaluation of a rebound tonometer for measuring intraocular pressure in dogs and horses [abstract]. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, 227(2), 244-248. 2005.

LIEB, W.E.; FLAHARTY, P.M.; HO, A.; SERGOTT, R.C. Color Doppler imaging of eye and orbit: a synopsis of a 400 case experience. **Acta Ophthalmologica Utah**. Supplement 204. Section 3. p. 50-54. 1992.

LIMA, F.C.; VIEIRA, L.G.; SANTOS, A.L.Q.; DE SIMONE, S.B.S.;HIRANO, L.Q.L.; SILVA, J.M.M.; ROMÃO, M.F. Anatomy of the scleral ossicles in brazilian birds. **Brazilian Journal Morphology Science**. v.26, n.3-4, p. 165-169, 2009.

MAGGS, D.J. Basic diagnostic techniques In: SLATTER, D.H. **Slatter's fundamentals of veterinary ophthalmology**. 4 ed., Missouri: Elsevier, 2008. Cap. 5, p. 81-106.

MARMOR, M. F. et. al. ISCEV standard for full-field clinical eletroretinography; 37 **Doc ophthalmol**, 2009, 118: p. 69-77.

MARMOR, M. F.; ZRENNER, E. Introduction to the ISCEV standards. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. **Principles and practice of clinical electrophysiology of vision**. 2. ed. Massachusetts: Mit Press, 2006. p. 287-288

MARMOR, M. F.; ZRENNER, E. Introduction to the ISCEV standards. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. **Principles and practice of clinical electrophysiology of vision**. 2 ed. Massachusetts: Mit Press, 2006. p. 287-288.

MARTIN, GRAHAM. "**Produzindo a imagem**" em Ziegler & Bischof, 1993, 24/05

MILLER, M.A. (2010). The role of veterinarians in conservation medicine. **Proceedings of the Annual Western Veterinary Conference**, Las Vegas, Nevada, 2010. Acessado edido em

15 setembro, 4, 2015. Disponível em:  
[http://wvc.omnibooksonline.com/data/papers/2010\\_V729.pdf](http://wvc.omnibooksonline.com/data/papers/2010_V729.pdf)

MILLICHAMP, N. J. Ophthalmic disease in exotic species. **Veterinary Clinic Exotic Animals**, n. 5, p. 223–241, 2002.

MILLODOT M.. The influence of age on the sensitivity of the cornea. **Invest. Ophthalmol. Vision Sci.** 16(3):240-242. 1977.

MONTIANI-FERREIRA F.,; TRUPPEL J.,; TRAMONTIN M.H.,; VILANI R.G.,; LANGE R.R., The capybara eye: clinical tests, anatomic and biometric features. **Vet. Ophthalmol.** 11(6):386-394. 2008.

MOORE, C. P. Diseases and surgery of the lacrimal secretory system. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 3th ed. Baltimore:Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 583–607

MORENO-CARMONA, F. M.; COSTA, M. F.; VENTURA, D. F.; SALOMÃO, S. R.; BARROS, P. S. M. Acuidade visual de resolução de grades pelo método dos potenciais visuais evocados de varredura: padronização da metodologia para uso em cães. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, Supplement., v. 43, p. 86-92, 2006.

NOVELLAS, R.; ESPADA, Y.; GOPEGUI, R.R. Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility índices in normal dogs and cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound**. Barcelona. v. 48. n. 1. p. 69-73. 2007.

NYLAND, T.G.; MATTOON, J.S.; HERRGESELL, E.J.; WISNER, E.R. Princípios físicos, instrumentação e segurança do diagnóstico por ultra-som. In: NYLAND, T.G; MATTOON, J.S. **Ultra-som diagnóstico em pequenos animais**, 2 ed., São Paulo: Roca, 2005. cap. 1, p. 1-19.

OFRI, R., Intraocular pressure and glaucoma. **The Veterinary Clinics Exotic Animal Practice**, 5, 391-406. 2002.

ODOM, J. V.; HOBSON, R.; COLDREN, J. T.; CHAO, G. M.; WEINSTEIN, G. W. 10-Hz flash visual potentials predict post-cataract extraction visual acuity. **Documenta Ophthalmologica**, v. 66, p. 291-299, 1987.

ODOM, J. V.; BACH, M.; BARBER, C.; BRIGELL, M.; MARMOR, M. F.; TORMENE, A. P.; HOLDER, G. E.; VAEGAN. Visual evoked potentials standard. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. **Principles and practice of clinical electrophysiology of vision**. 2. ed. Massachusetts: Mit Press, 2006. p. 301-308.

ODOM J.V. et al. ISCEV Standard for Clinical Visual Evoked Potentials (2009 update). **Documenta Ophthalmologica**,. n.120, p. 111-119, 2010.

OLIVEIRA, F. S.; ALMEIDA, D. E. ; VICENTI, F. A. M.; MACHADO, M. R. F.; CANOLA, J. C. Ulcerative keratitis in paca (Agouti paca). **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, n. 4, p. 401-403, 2009.

OSORIO D, Vorobyev M, Jones CD. Colour vision of domestic chicks. **J. Exp. Biol.** 202, 2951–2959, 1999.

OYAMADA, M. K. Eletrofisiologia em neuroftalmologia. In: RODRIGUES-ALVES, C. A. **Neuroftalmologia** (Atualidades Oftalmologia USP; 3), São Paulo : Roca, 2000. p. 343-362.

PAJOOHESH-GANJI, A.; STEPP, M.A. In search of markers for the stem cells of the corneal epithelium. **Biology of the Cell.** v. 97, n.4, p. 265–276, 2005.

PEARSON, R., **The avian brain.** 1972.

PEREIRA F.Q., BERCHT B.S., SOARES M.G., MOTA M.G. & PIGATTO J.A. Comparison of a rebound and an applanation tonometer for measuring intraocular pressure in normal rabbits. **Vet. Ophthalmol.** 14(5):321-326. 2011.

PERES, M. B., VERCILLO, U. E., DIAS, B. F. S. Avaliação do Estado de Conservação da Fauna Brasileira e a Lista de Espécies Ameaçadas: o que significa, qual sua importância, como fazer?, **Biodiversidade Brasileira**, Ano I, Nº 1, 2011, 45-48

PIGATTO, J.A.T.; LAUS, J.L.; SANTOS, J.M.; CERVA, C.; CUNHA, L.S.; RUOPPOLO, V.; BARROS, P.S.M., Corneal endothelium of the magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) by scanning electron microscopy. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine.**v.36, n.4, p.702-705, 2005.

PIÑEIRO, C.J. & BERT, E.. Valoración de las afectaciones al sistema visual de las aves. **REDVET**, 12(1), 1-41. 2011.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B., **A vida dos vertebrados.** S50 Paulo: Atheneu, 2003.

PRASHAR, A., GUGGENHEIM, J.A., ERICHSEN, J.T., HOCKING, P.M. & MORGAN, J.E. Measurement of intraocular pressure (IOP) in chickens using a rebound tonometer: quantitative evaluation of variance due to position inaccuracies. **Experimental Eye Research**, 85, 563-571. 2007.

REESE, S; KORBEL, R.; LIEBICH, H-G. Sehorgan (Organum visus) In: KÖNIG, H.E., KORBEL, R., LIEBICH, H.G. (Ed.) Anatomie der Vögel-Klinische Aspekte und Propädeutik Zier-, **Greif-, Zoo-**, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2009, p.229-256.

REUTER, A., **Evaluation des Rebound-Tonometers TonoVet® für die Bestimmung des Augeninnendrucks bei Greifvögeln und Eulen.** Ph.D. Thesis. Berlin, Deutschland, Freien Universität Berlin. 2009

REUTER, A., MÜLLER, K., ARNDT, G. & EULE, J.C.. Accuracy and reproducibility of the Tonovet® rebound tonometer in birds of prey. **Veterinary Ophthalmology**, 13(1), 80- 85. 2010.

RIBEIRO, A.P., ORTIZ, J.P., VITALIANO, S.N., THIESEN, R., ESCOBAR, A., BELMONTE, E.A., LAUS, J.L. & WERTHER, K. (2007). Intraocular pressure evaluation in caracaras (*Polyborus plancus*) anesthetized with isoflurane or sevoflurane. Proceedings of the



European College of Veterinary Ophthalmologists and of the European Society of Veterinary Ophthalmology, 2007, acessado em 20 de outubro de 2015. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/esvo/2007/62.pdf>

RODARTE-ALMEIDA, A. C. V.; MACHADO, M.; BALDOTTO, S. B.; SANTOS, L. L.; LIMA, L.; LANGE, R. R.; FROES, T. R.; MONTIANI-FERREIRA, F.; O olho da coruja-orelhuda: observações morfológicas, biométricas e valores de referência para testes de diagnóstico oftálmico, **Pesq. Vet. Bras.** 33(10):1275-1289, 2013

RODRIGUES, M.P.M.; DANTAS, A.M. Avaliação da onda b do eletrorretinograma na Athene cunicularia. **Revista Brasileira de Oftalmologia.** v.67, n.6, p.287-291, 2008.

ROMER, A. S., PARSONS, T. S., THOMAS, S. P., **Anatomía comparada**, v192, 1981

RUGGERI, MARCO 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, 2010.

RUSANEN, E., FLORIN, M., HÄSSIG, M. & SPIESS, B.M. Evaluation of a rebound tonometer (Tonovet®) in clinically normal cat eyes. **Veterinary Ophthalmology**, 13(1), 31-36. 2010.

SACAI, P. Y.; BEREZOVSKY, A.; FANTINI, P. C.; SALOMÃO, S. R. Contribuição diagnóstica da avaliação eletrofisiológica visual em pacientes atendidos em hospital universitário. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 66, n. 2, 2003.

SEKO, Y.; AZUMA, N.; TAKAHASHI, Y.; MAKINO, H.; MORITO, T.; MUNETA, T.; MATSUMOTO, K.; SAITO, H.; SEKIYA, I.; UMEZAWA, A. Human Sclera Maintains Common Characteristics with Cartilage throughout Evolution. **PLoS One.** e3709, v.3, n.11, 2008.

SICK, H. Ordem Falconiformes. In: SICK, H. **Ornitologia Brasileira**, 1 ed. Nova Fronteira, 2004, 863p.

SIEVING, P. A.; NINO, C., Scotopic Threshol Response (STR) of the human Electroretinogram, **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, vol 29, no 11, p1608-1614, 1988.

SIMS, M. H. Eletrodiagnostic evaluation of vision. In: GELATT, K. N. **Veterinary Ophthalmology** 3. ed. Baltimore : Lippincott Williams e Wilkins, 1999. p. 483-507.

SLATTER, D.; HANSON, S.; DELAHUNTA, A. Neurooftalmologia. In: SLATTER, D. **Fundamentos de Oftalmologia Veterinária**. 3. d. São Paulo: Roca, 2005. p. 493-494.

SPAULDING, K. Eye and orbit. In: PENNINCK, D.; D`ANJOU, M. **Atlas of small animal ultrasonography**. Iowa: Blackwell Publishing, cap. 2, p.49-90, 2008.

SQUARZONI R., PERLMANN E., ANTUNES A., MILANELO L. & BARROS P.S.M. Ultrasonographic aspects and biometry of Striped owl's eyes (*Rhinoptynx clamator*). **Vet. Ophthalmol.** 13(Suppl.):86-90. 2010.

STEPP, M.A. Corneal integrins and their functions. **Experimental Eye Research**. n.83, n.1, p.3-15, 2006.

STILES, J., BUYUKMIHCI, N.C. & FARVER, T.B., Tonometry of normal eyes in raptors. **American Journal of Veterinary Research**, 55(4), 477-479. 1994.

STILES J, KROHNE S, RANKIN A, CHANG M. The efficacy of 0,5% proparacaine sotred at room temperature. **Veterinary Ophthalmology** 2001; 4(3): 205-207.

STOREY E.S., CARBONI D.A., KEARNEY M.T. & TULLY T.N., Use of phenol red thread tests to evaluate tear production in clinically normal Amazon parrots and comparison with Schirmer tear test findings. **Journal Am. Vet. Med. Assoc.** 235(10):1181-1187. 2009.

STRAIN, G. M.; OLCOTT, B. M.; HOKETT, L. D. Electroretinogram and visual-evoked potential measurements in Holstein cows. **American Jornal of Veterinary Research**, v. 47, p. 1079-1081, 1986.

STUCKEY, G.C. Application of physical principles in the development of tonometry. **Clinical and Experimental Ophthalmology**, 32, 633-636. 2004.

THOMAS, R.J.; SZÉKELY, T.; CUTHILL, I.C.; HARPER, D.C.; NEWSON, S.E.; FRAYLING, T.D.; WALLIS, P.D. Eye size in birds and the timing of song at dawn. Proceedings of the Royal Society B: **Biological Sciences**, v.269, n.1493, p.831-837, 2002.

VADREVU, V. L.; CAVENDER, S.; ODOM, J. V. Use of 10 Hz flash visual evoked potentials in prediction of final visual acuity in diabetic eyes with vitreous hemorrhage. **Documenta Ophthalmologica**, v. 79, p. 371-382, 1992.

VIDOLIN, G. P., MANGINI, P. R., MOURA - BRITTO, M., MUCHAILH, M. C. Programa Estadual de Manejo de Fauna Silvestre Apreendida - Estado do Paraná, Brasil. **Cadernos da Biodiversidade**, v. 4, n. 2, dez. 2004.

WALLS, G.L.. The vertebrate eye and its adaptive radiation. Bloomfield Hills, Michigan: Cranbrook **Institute of Science**. 1942.

WELIHOZKIY A, BEDENICE D, PRICE LL, PIZZIRANI S, PIRIE CG. Measurement of corneal sensitivity in 20 ophthalmologically normal alpacas. **Veterinary Ophthalmology** 2011; 14(3): 1463-1469

WILKIE, SUSAN E. et. al., "A base molecular para a visão UV em aves: características espectrais, seqüência do DNA e localização da retina UV-sensíveis do pigmento visual do periquito(Melopsittacus undulatus) " **Bioquímica Jornal** 330:. 541-47 1998.

WILLIAMS, D. Ophthalmology. In: RITCHIE, B.W.; HARRISON, G.J.; HARRISON, L.R. **Avian Medicine: principles and applications**. Lake Worth: FL Wingers Publishing, 1994, p.673-694.

WILLIAMS, David L. **Ophthalmology of exotic pets**. John Wiley & Sons, 2012. cap. 9, p. 119-158.

WILLIAMS, DAVID L.; FLACH, E., "simbléfaro com protrusão 40 anormal da membrana nictitante na coruja (*Nyctea scandiaca*)" (PDF) 11-13. **Oftalmologia Veterinária** 6 (1):. 2003.

WILLIS, A. Michelle; WILKIE, David A. Avian ophthalmology part 1: anatomy, examination, and diagnostic techniques. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, p. 160-166, 1999.

WILKIE, D.A.; WILLIS, A.M. Ultra-sonografia ocular. In: RIIS, R.C. Segredos em Oftalmologia de Pequenos Animais, 1 ed., Porto Alegre: **ArtMed**, 2005b. cap. 4, p. 37-44.

WOOD, M.M.; ROMINE, L.E.; LEE, Y.K.; RICHMAN, K.M.; O'BOYLE, K.M.; PAZ, D.A.; CHU, P.K.; PRETORIUS, D.H. Spectral Doppler Signature Waveforms in Ultrasonography: A Review of Normal and Abnormal Waveforms, **Ultrasound Quarterly**, v. 26, n. 2, p. 83-99, 2010.

# **Anexos**





Universidade Federal Rural de Pernambuco

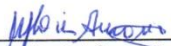
Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n,  
Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE

Comissão de ética no uso de animais - CEUA

**Licença para o uso de animais em experimentação e/ou ensino**

O Comitê de ética no uso de animais CEUA da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no uso de suas atribuições, autoriza a execução do projeto discriminado abaixo. O presente projeto também se encontra de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 11794/2008.

Número da licença	005/2016
Número do processo	23082.025187/2015
Data de emissão da licença	15 de Fevereiro de 2016
Título do Projeto	A visão do Rupomis magnirostris: aspectos morfológicos, clínicos, eletrofisiológicos, ultrassonográficos e dopplervelocimétricos oculares .
Finalidade (Ensino, Pesquisa, Extensão)	Pesquisa.
Responsável pela execução do projeto	Fabício Bezerra de Sá
Colaboradores	Elton Hugo Lima da Silva Souza.
Tipo de animal e quantidade total autorizada	Espécie silvestre brasileira : total 50 animais ( machos e fêmeas )

  
Prof.<sup>ª</sup> Dra. Marleyne José Afonso Aceioly Lins Amorim  
(Coordenadora da CEUA-UFRPE)



Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>a</sup> Marleyne Amorim  
Coordenadora CEUA



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS  
Superintendência do Ibama no Estado do Pernambuco - PE  
Gabinete - Pe  
Avenida 17 de Agosto, nº 1.057 - Casa Forte Recife - PE  
CEP: 52060-590 e telefone:  
www.ibama.gov.br

OF 02019.000843/2014-46 PE/GABIN/IBAMA

Recife, 13 de maio de 2014.

Ao Senhor Fabrício Bezerra de Sá  
Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos  
RECIFE - PERNAMBUCO  
CEP.: 52.171-900

Assunto: **Projeto de pesquisa anexado ao Processo Administrativo  
02019.000372/2014-76**

Senhor,

Considerando o projeto de pesquisa intitulado "Padronização do PVE-F, PVE-PR e ERG em *Rupornis magnirostris*" venho através deste, autorizar o manejo para realização dos exames propostos nos espécimes do Centro de Triagem de Animais Silvestres (Cetas). Devendo-se para tal o agendamento direto com os servidores lotados no setor através do telefone (081) 3201-3807.

Após a conclusão da pesquisa será necessário encaminhar relatório para anexação ao Processo Administrativo em tramitação nesta Superintendência do Ibama.

Atenciosamente,

**ANA PAULA CATALCANTI DE PONTES**  
Superintendente da IBAMA



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número:</b> 52252-1	<b>Data da Emissão:</b> 18/04/2016 09:22	<b>Data para Revalidação*:</b> 18/05/2017
------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------

\* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

#### Dados do titular

Nome: Fabrício Bezerra de Sá	CPF: 695.225.374-20
Título do Projeto: A visão do <i>Rupomis magnirostris</i> : aspectos morfológicos, clínicos, eletrofisiológicos, ultrassonográficos e dopplervelocimétricos oculares.	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PE	CNPJ: 24.416.174/0001-06

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de amostras	01/2016	01/2017
2	Análise e documentação de resultados	01/2016	01/2017
3	Processamento material	01/2016	01/2017
4	Relatório final	01/2017	01/2017

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.ibama.gov.br">www.ibama.gov.br</a> (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

#### Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Elton Hugo Lima da Silva Souza	Colaborador	072.129.364-64	7713906 SDS-PE	Brasileira
2	Rinaldo Cavalcante Fern	Colaborador	860.890.054-87	1092656 ssp-AL	Brasileira

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	RECIFE	PE	Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH)	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 62938118**



Página 1/4