

**BRUNO DABY FIGUERÊDO DE SOUZA**

**PARÂMETROS CLÍNICOS OFTÁLMICOS, ECOBIOMÉTRICOS  
OCULAR E ELETORRETINOGRÁFICOS DE *Caracara plancus* (Miller,  
1777)**

**Recife  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

**BRUNO DABY FIGUERÊDO DE SOUZA**

**PARÂMETROS CLÍNICOS OFTÁLMICOS, ECOBIOMÉTRICOS  
OCULAR E ELETORRETINOGRÁFICOS DE *Caracara plancus* (Miller,  
1777)**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Bezerra de Sá

**Recife**  
**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S729p

Souza, Bruno Daby Figuerêdo de  
PARÂMETROS CLÍNICOS OFTÁLMICOS, ECOBIOMÉTRICOS OCULAR E ELETRORRETINOGRÁFICOS DE  
Caracara plancus (Miller, 1777): Oftalmologia em Carcarás / Bruno Daby Figuerêdo de Souza. - 2021.  
68 f. : il.

Orientador: Fabricio Bezerra de Sa.  
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Recife, 2021.

1. Aves de Rapina. 2. Carcará. 3. Diagnóstico por Imagem. 4. Eletrorretinograma. 5. Oftalmologia Veterinária. I. Sa, Fabricio Bezerra de, orient. II. Título

CDD 636.089

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

**PARÂMETROS CLÍNICOS OFTÁLMICOS, ECOBIOMÉTRICOS**  
**OCULAR E ELETORRETINOGRÁFICOS DE *Caracara plancus***  
**(Miller,1777)**

Dissertação de Mestrado elaborado por  
**BRUNO DABY FIGUERÊDO DE SOUZA**  
Aprovada \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Banca Examinadora:**

---

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

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Leite Souza  
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal - UFRPE

---

Dr. Robério Silveira de Siqueira Filho  
Departamento de Medicina Veterinária – UFRPE

---

Dr. Elton Hugo Lima da Silva Souza  
Médico Veterinário

---

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

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todas possibilidades e iluminação;

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste ciclo;

A minha família e a minha companheira Stéphanie pela paciência e apoio;

Ao admirável professor e orientador Fabrício de Sá;

A toda a equipe do CETAS Tangará, em especial ao Yuri Marinho, Luana e Nathália;

A UFRPE, CNPQ e a CAPES pela disponibilização da estrutura e apoio.

*“Não é quem mais pensa no futuro quem mais o salvaguarda, e sim quem mais se desinteressa dele para consagrar ao presente todas as suas forças: os frutos da colheita supera, em sabor e em beleza, a arte e a previdência do jardineiro mais habilidoso”*

*Louis Lavelle*

## RESUMO

O *Carcara plancus* (Miller, 1777) é um rapinante diurno de inusitados hábitos alimentares e adaptação ambiental que habita praticamente todo o território brasileiro. Assim como outras aves de rapina, necessita de boa capacidade visual para bom desempenho das atividades normais da espécie, sendo a visão o seu sentido mais desenvolvido. Por isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar os parâmetros clínicos oftálmicos, ecobiométricos oculares e eletrorretinográficos de 20 olhos (10 animais) da espécie oriundas do Centro de Triagem de Animais Silvestres de Camaragibe, Pernambuco. Avaliou-se os dados clínicos da produção lacrimal (teste lacrimal de Schirmer), sensibilidade corneana (estesimetria de Cochet Bonnet) e pressão intraocular (tonometria de rebote), além da mensuração de diferentes estruturas do bulbo ocular através da ecobiometria ultrassônica em modo B. Realizou-se também o registro da Eletrorretinografia de campo total em diferentes protocolos com estímulo de luz branca e diferentes comprimentos de onda. Obteve-se dados para os testes clínicos e ultrassonográficos com distribuição normal e não se observou diferenças significantes entre os olhos contralaterais. A ecobiometria ocular demonstrou que os parâmetros e proporções do olho do carcará se assemelha aos olhos de outras aves de rapina diurnas. Os traçados de eletrorretinografia apresentaram os principais componentes (onda a e b) e houve resposta aos estímulos de comprimento de onda entre o ultravioleta ao vermelho, mas não respondeu ao estímulo infravermelho. O presente estudo oferece informações relevantes a serem empregadas na oftalmologia clínica de animais silvestres e a embasar novas pesquisas.

**Palavra-Chave:** Aves de Rapina, Carcará, Diagnóstico por Imagem, Eletrorretinograma, Oftalmologia Veterinária.

## ABSTRACT

The *Carcara plancus* (Miller, 1777) is a diurnal predator of unusual eating habits and environmental adaptation that inhabits practically the entire Brazilian territory. Like other birds of prey, it needs good visual capacity for good performance of normal activities of the species, being the vision its most developed sense. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the ophthalmic, ocular ecobiometric and electroretinographic parameters of 20 eyes of (10 animals) species from the Wild Animal Screening Center of Camaragibe, Pernambuco. Clinical data on tear production (Schirmer's tear test), corneal sensitivity (Cochet Bonnet esthesiometry) and intraocular pressure (rebound tonometry) were evaluated, as well as the measurement of different structures of the eye bulb using ultrasound ecobiometry in mode B. Total field electroretinography was also recorded in different protocols with white light stimulation and different wavelengths. Data were obtained for clinical and ultrasound tests with normal distribution and no significant differences were observed between the contralateral eyes. Ocular ecobimetry has shown that the parameters and proportions of the carcará eye are similar to the eyes of other daytime raptors. The electroretinography tracings presented the main components (wave a and b) and there was a response to the wavelength stimuli between the ultraviolet to the red, but it did not respond to the infrared stimulus. The present study offers information applicable of being used in the clinical ophthalmology of wild animals and to support new research.

**Keyword:** Birds of Prey, Electroretinogram, Imaging Diagnosis, South Caracara,, Veterinary Ophthalmology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Desenho esquemático visibilizando o bulbo ocular e suas estruturas das aves em um corte longitudinal..... 13
- Figura 2.** Imagem ultrassonografia modo B do olho do carcará (*Caracara plancus*), onde são evidenciadas estruturas anatômicas oculares. C: Córnea; CA: Câmara anterior; CAL: Cápsula anterior da Lente; CPL: Cápsula posterior da Lente; CV: Corpo vítreo; P: Pécten; OD: Olho direito; AV: Axial vertical..... 25
- Figura 3.** Desenho representativo das cinco ondas de acordo com as condições recomendadas pela ISCEV..... 27
- Figura 4.** Desenho representando o traçado de um ERG fotópico, demonstrando os pontos da onda “a” e “b”..... 27
- Figura 5.** Demonstração da colocação dos eletrodos no carcará. A: Eletrodo ativo; R: Eletrodo referência; T: Eletrodo terra..... 58
- Figura 6.** Estímulo por diodo cor branca Vermelho: Eletrodo ativo; Azul: Eletrodo referência; Amarelo: Eletrodo terra..... 58
- Figura 7.** Demonstração da quantificação da porção aquosa do filme lacrimal (teste lacrimal de Schirmer) em um Carcará. Fonte: SOUZA, 2020. .... 59
- Figura 8.** Realização da estesiometria corneana em *Caracara plancus*. Na imagem a esquerda mostra o estesiômetro de Cochet Bonnet posicionado com o náilon tocando na córnea, sem despertar o reflexo corneano..... 59
- Figura 9.** Execução da tonometria de rebote através do TonoVet Plus® em um Carcará.60
- Figura 10.** A: Posicionamento do transdutor sobre o olho do carcará; B: Imagem Ultrassonográfica do olho do carcará e Ecobiometria; C: Desenho esquemático das mensurações realizadas na Ecobiometria. PCA: Profundidade da Câmara Anterior; DAC: diâmetro axial do Cristalino; DHC: diâmetro horizontal do cristalino; PCV: profundidade de câmara vítrea; CP: comprimento do pécten; DOT: diâmetro ocular total..... 60
- Figura 11.** Imagens demonstrando as ondas das respostas aos três protocolos escotópicos. .... 62
- Figura 12.** Imagem demonstrando as ondas das respostas Fotópicas e Flicker do ERG no aparelho BPM e no aparelho Neuropack..... 62
- Figura 13.** Gráfico demonstrando os valores de amplitude em  $\mu V$  da onda “a” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico. .... 63

<b>Figura 14.</b> Gráfico demonstrando os valores de amplitude em $\mu V$ da onda “b” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico. ....	64
<b>Figura 15.</b> Gráfico demonstrando os valores de tempo implícito em ms da onda “a” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico. ....	64
<b>Figura 16.</b> Gráfico demonstrando os valores de tempo implícito em ms da onda “b” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico .....	65

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Forma condensada dos valores de tonometria de espécies distintas, descritas por cada autor.....	21
<b>Tabela 2.</b> Valores observados de produção lacrimal através do TLS, descritas por cada autor. ....	23
<b>Tabela 3.</b> Apresentação dos valores individuais e médios observados na ecobiometria ocular. ....	61
<b>Tabela 4.</b> Tabela demonstrando os valores de média e desvio padrão das ondas "a" e "b" obtidas nos protocolos escotópicos.....	61
<b>Tabela 5.</b> Tabela dos valores dos protocolos Fotópico e Flicker realizado nos aparelhos BPM e Neuropack.....	63

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

cd.s/m <sup>2</sup>	Candela vezes segundo por metro quadrado
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CETAS	Centro de Triagem de Animais Silvestres
CCG	Camada de células ganglionares
CC	Camada de células visuais
CFN	Camada de Fibras nervosas
CNE	Camada nuclear externa
CNI	Camada nuclear interna
CPE	Camada plexiforme externa
CPI	Camada plexiforme interna
EPR	Epitélio pigmentar retiniano
ERG-ct	Eletrorretinografia de campo total
FL	Filme lacrimal
ISCEV	International Society for Clinical Electrophysiology of Vision
MLE	Membrana limitante externa
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
mmHg	Milímetro de mercúrio
ms	Milissegundo
nm	Nanômetro
PIO	Pressão Intraocular
SNC	Sistema Nervoso Central
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UV	Ultra violeta

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1 Carcará ( <i>Caracara plancus</i> ) .....	12
2.2 Particularidades Morfofisiológicas Ocular das Aves .....	13
2.2.1 Pálpebras e Anexos Oculares .....	14
2.2.2 Córnea e Esclera .....	15
2.2.3 Íris.....	16
2.2.4 Cristalino .....	16
2.2.5 Vítreo e Segmento Posterior.....	16
2.2.6 Pécten .....	17
2.2.7 Retina.....	17
2.2.8 A Visão nas Aves: Percepção de Movimentos e Luz.....	19
2.3 Parâmetros Oftálmicos .....	21
2.3.1 Tonometria de rebote.....	21
2.3.2 Teste Lacrimal de Schirmer.....	22
2.3.3 Estesimetria .....	23
2.3.4 Ecobiometria em modo B .....	24
2.3.5 Eletrorretinografia .....	25
3. REFERÊNCIAS .....	28
5. ARTIGO NA REVISTA MEDICINA VETERINÁRIA (UFRPE): PARÂMETROS CLÍNICOS OFTÁLMICOS, ECOBIOMÉTRICOS E ELETROFISIOLÓGICOS DE <i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777) (OPHTHALMIC CLINICAL PARAMETERS, ECOBIOMETRIC AND OCULAR ELECTROPHYSIOLOGY OF <i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)) .....	38
RESUMO .....	38
ABSTRACT .....	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
Procedimentos.....	40
Teste Lacrimal de Schirmer .....	41
Estesimetria corneana .....	41
Tonometria de rebote .....	41

Ultrassonografia Ocular .....	41
Eletrorretinografia de Campo Total.....	42
Avaliação inicial e sedação.....	42
Registro e Estímulos .....	42
Protocolos e estímulos .....	42
Avaliação da Sensibilidade Espectral .....	43
Avaliação e Valores .....	44
RESULTADOS .....	44
Teste Lacrimal de Schirmer .....	44
Estesiometria Corneana .....	44
Tonometria de rebote .....	45
Ecobiometria Ocular .....	45
Eletrorretinografia de Campo Total .....	45
Avaliação da Sensibilidade Espectral .....	45
DISCUSSÃO .....	46
Teste Lacrimal de Schirmer .....	46
Estesiometria corneana .....	47
Tonometria de rebote .....	47
Ecobiometria Ocular .....	48
Eletrorretinografia de campo total .....	48
Sensibilidade Espectral .....	50
CONCLUSÃO.....	51
CONFITO DE INTERESSES .....	51
COMITÊ DE ÉTICA.....	51
REFERÊNCIAS .....	52
APÊNDICE .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo dados do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO), abriga quase duas mil espécies de aves distintas, colocando o país entre os três detentores de maior diversidade em avifauna do planeta (PIACENTINI et al., 2015). Tal abundância e sua distribuição nos diferentes ecossistemas, motiva o desenvolvimento de pesquisas visando a preservação ecológica e garantir a integridade dos espécimes e seus habitats (MACHADO, 2006).

O Carcará (*Carcara plancus* Miller, 1777) é um falconiforme (família: Falconidae, gênero: *Caracara*) neotropical presente em praticamente todo o território brasileiro: desde centros urbanos e praias até os campos; possui plumagem escura, sendo o pescoço e a cabeça branca com um penacho negro uma das suas principais características (MENQ, 2018). Na idade adulta, pode atingir até 1,23 metros de envergadura e aproximadamente 0,5 metro de comprimento; as fêmeas são mais pesadas que os machos, possuindo peso médio de 953 gramas e os machos com 834 gramas (MÁRQUEZ, 2005).

A espécie se distribui geograficamente desde o Peru até a Terra do Fogo no extremo sul da América Latina; estabelecendo-se no Brasil das margens do rio Amazonas aos pampas do Rio Grande do Sul. Trata-se de um animal diurno, onívoro oportunista de inusitados hábitos alimentares: pode caçar, se alimentar de animais mortos ou moribundos, estabelecer cooperação com mamíferos removendo ectoparasitas da sua pele, pratica o cleptoparasitismo e alimenta-se também de lixo e alguns frutos (MENQ, 2018).

Assim como outros rapinantes diurnos, os carcarás também necessitam de boa capacidade visual para caçar e detectar obstáculos durante o voo, sendo a visão o sentido mais desenvolvido nestes animais (MORO; VERDEJO; CORRAL, 2017). Apesar das particularidades e relevância do sistema visual de tais aves, há poucos estudos dedicados às espécies brasileiras; além disso, a proximidade desses animais das cidades e zonas urbanas tem favorecido o aumento de atendimento em centros de reabilitação em diferentes situações clínicas onde, em muitas delas, o sistema visual encontra-se afetado, como revelado em estudos que mostraram a prevalência de 14,5% a 75% em aves de rapina atendidas em ambientes de reabilitação (MURPHY et al., 1982; COUSQUER, 2005; LABELLE et al., 2012).

A Oftalmologia Veterinária é uma especialidade que muito tem avançado, beneficiando-se das novas tecnologias e recursos investigativos que possibilitam diagnósticos imediatos, simples e eficientes. Entretanto, a carência de dados comparativos entre as espécies e a aquisição

de informações básicas são limitações reais ao seu desenvolvimento (GELLAT; GILGER; KERN, 2013). Por isso, a escassez de dados relevantes para esses animais motiva a averiguação e obtenção de parâmetros de normalidade que disponibilizem dados significativos, servindo de ferramentas clínicas aos profissionais da área e subsídio a pesquisas futuras.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Carcará (*Caracara plancus*)

O Carcará (*Caracara plancus*) trata-se de uma ave de rapina que pertence à Ordem dos Falconiformes (rapineiros diurnos), à Família Falconidae e ao Grupo Caracara. É uma ave comumente encontrada no território brasileiro, segundo Fuchs et al. (2012) apesar de sua aparência similar a de um gavião ou águia, esta espécie está mais próxima dos falcões.

É um animal onívoro oportunista, não seletivo, que se alimenta de invertebrados, pequenos répteis, crustáceos, ovos e filhotes de outras aves, polpa de frutas e até mesmo de carniças. O Carcará mata suas presas por meio do seu bico. É uma ave adaptada para caminhar e caçar no solo por isso conta com pernas longas e ajustadas para caminhar e correr nas pastagens e matagais. Conta ainda com um voo direto, com batidas de asas estáveis (HARRISON; GREENSMITH, 1993).

As aves adultas possuem plumagem que muda do marrom ao preto, conta com uma cabeça de cor branca contando com um penacho preto, pescoço branco listrado de preto, tarsos na cor amarela além de possuir manchas de coloração clara na ponta das asas (MENQ, 2016).

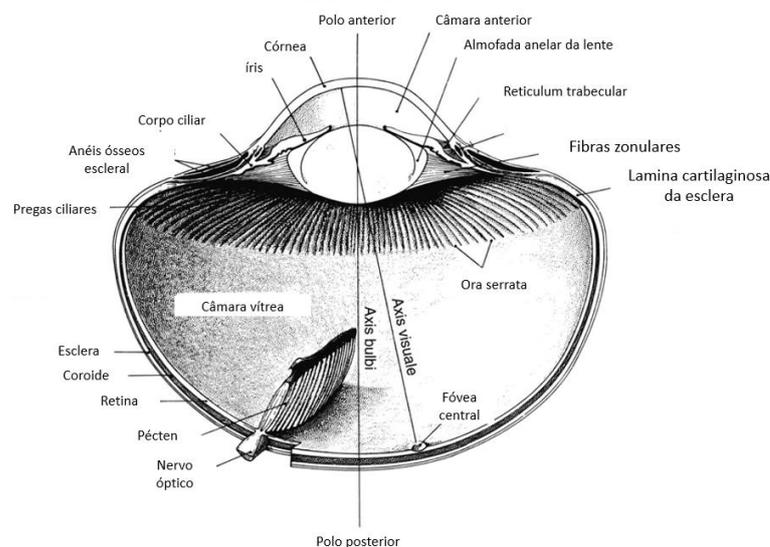
O Carcará ocorre litoral da Amazônia até o sul do Brasil e do Peru até o arquipélago Terra do Fogo no Chile (DOVE; BANKS 1999). Geralmente, é visualizado sozinho, em pares ou em grupos familiares de três a quatro indivíduos, porém as vezes é observado em abrigos comunitários abrigando de cinco a mais de 10 indivíduos. O período de reprodução do *C. plancus* varia de acordo com a latitude em que este se encontra, em alguns casos acontecem duas ninhadas por ano. Os ninhos desses animais contam com umas estruturas volumosas e desorganizadas, construídas de materiais encontrados na localidade, como galhos, palha e juncos (FERGUSON-LEES et al., 2001).

As aves de rapina contêm características específicas e adequações para caçar, sendo essas uma das diferenciações das outras aves. Caracterizam-se por pernas fortes, potentes membros inferiores com garras pontudas, um bico em formato de gancho utilizado para rasgar a presa, contam ainda com uma visão aguçada e extraordinárias agilidade de voo (VENABLE, 1996).

## 2.2 Particularidades Morfofisiológicas Ocular das Aves

Apesar de haver diversas particularidades no aparato visual das aves, sua conformação e fisiologia em muito se assemelha ao dos mamíferos, apresentam 3 túnicas, fibrosa, vascular e nervosa (figura 1) (CARVALHO et al., 2018). A visão desses animais foi desenvolvida de acordo com seus habitats e atividades de sobrevivência, como alimentar, voar e reproduzir (KORBEL; HABIL, 2011; WILLIAMS, 2012). Nas últimas décadas, diversos estudos demonstraram que as aves, junto dos primatas, constituem o grupo de animais com função visual mais desenvolvida e aos poucos se têm compreendido os mecanismos que permitem que algumas aves possuam acuidade visual surpreendentemente superior (MORO; VERDEJO; CORRAL, 2017).

**Figura 1.** Desenho esquemático visibilizando o bulbo ocular das aves e suas estruturas em um corte longitudinal.



Fonte: Adaptado de FITZGERALD, 2016.

Dentre as peculiaridades apresentadas por essa classe de animais, destaca-se o tamanho do bulbo ocular: ocupa a maior parte da órbita e quando considerado em par, ocupam mais espaço na cabeça que o próprio encéfalo (COLVILLE; BASSERT, 2011). Estão proeminentemente alocados no crânio e, nas aves de rapina, seu tamanho chega a ser 45% maiores que os olhos humanos quando comparados a proporção do corpo (WALDYOGEL, 1990; LABELLE et al., 2012). O posicionamento dos olhos e órbita, assim como acontece em outros animais, está intimamente relacionado ao hábito alimentar: aves predadoras apresentam seus olhos voltados para frente para permitir uma boa visão binocular e favorecer a caça; já as aves com hábitos alimentares diferentes, os olhos são mais lateralizados, o que aumenta o

campo visual e facilita a percepção de possíveis ameaças (COLVILLE; BASSERT, 2011).

Os olhos das aves podem variar em relação ao formato, de acordo com o hábito de vida da espécie (noturno ou diurno), classificando-se em globoso (redondo ou alongado), tubular (assemelha-se a um sino) ou achatado (oval ou arredondado) (POUGH et al, 2003; COLVILLE; BASSERT, 2011; GELLAT; GILGER; KERN, 2013). O formato alongado predomina entre os rapinantes diurnos, como o carcará, pois proporciona uma boa resolução espacial e visão a longas distâncias; nela, a região ciliar é côncava e se coloca até a porção posterior. No formato tubular a região ciliar também é côncava e se alonga anteroposteriormente; predomina entre as aves de rapina noturnas e alguns gaviões. Já o formato achatado é caracterizado por um curto eixo anteroposterior, sendo encontrado na maioria das aves diurnas, como passeriformes e Psitacídeos (MARTIN, 1993; BAYÓN, 2007; JONES et al., 2007; CANDIOTO, 2011; GELLAT; GILGER; KERN, 2013).

### **2.2.1 Pálpebras e Anexos Oculares**

Assim como a maioria dos mamíferos, as aves possuem três pálpebras: a superior e inferior e a membrana nictante. As pálpebras superiores e inferiores apresentam uma placa tarsal fibroelástica sem a presença das glândulas meibonianas e cílios diferenciados denominados filoplumas na face externa; vale ressaltar que a pálpebra inferior é significativamente mais móvel em relação a superior e recobre maior parte da superfície do olho ao se mover (BALDOTTO, 2012; BAYÓN, 2007; GELLAT; GILGER; KERN, 2013).

A terceira pálpebra ou membrana nictante possui singular mobilidade, sendo uma estrutura delgada e translúcida recoberta por um epitélio papilar na maioria das espécies (BAYÓN, 2007; GELLAT; GILGER, KERN, 2013). Geralmente está localizada na região dorsomedial e movimenta-se no sentido ventro-temporal; tal localização e sentido varia entre as espécies (BAYÓN, 2007; RODARTE-ALMEIDA, 2013). Seus movimentos ocorrem devido a ação dos músculos piramidal e quadrado, inervados pelo VI par de nervos cranianos (BAYÓN, 2007; GELLAT; GILGER; KERN, 2013).

A produção lacrimal das aves deriva, em sua maior parte, de uma glândula alocada na região retrobulbar e próximo a base da membrana nictante denominada glândula Harderiana. Vale destacar sua relação com o tecido linfóide associado a conjuntiva para desempenhar importantes atividades imunológicas humorais (BAYÓN, 2007; WILLIAMS, 2012; GELLAT; GILGER; KERN, 2013).

Há também outra glândula lacrimal inserida na região infero-temporal ao globo ocular e está ausente em corujas e pinguins (BAYÓN, 2007). A drenagem da lágrima acontece de

forma similar aos mamíferos: há dois pontos de drenagem que se abrem no ducto nasolacrimal e leva a secreção à cavidade nasal (WILLIS; WILKIE, 1999; GELLAT et al., 2013; RODARTE-ALMEIDA, 2013).

O globo ocular das aves pouco se movimentam quando comparado à outras classes. Esta característica existe devido aos músculos extraoculares serem poucos desenvolvidos, finos e não há um músculo retrobulbar diferenciado. De forma compensatória, a movimentação da cabeça desses animais pode girar em até 270° em algumas espécies (WILLIS; WILKIE, 1999; GELLAT; GILGER; KERN, 2013).

### **2.2.2 Córnea e Esclera**

A córnea das aves se mostra em proporções pequenas quando comparada ao restante do bulbo ocular e, apesar disso, possui importantes funções na manutenção da estrutura ocular, refração e acomodação óptica. É avascular e transparente, possuindo cinco camadas histológicas distintas: epitélio, camada de Bowman, estroma, camada de Descemet e endotélio (BAYÓN, 2007; REESE et al., 2009; CANDIOTO, 2011; WILLIAMS, 2012).

Apresenta como particularidades da córnea das aves, quando comparada à dos mamíferos domésticos, a presença bem definida da camada de Bowman e a participação ativa na acomodação óptica. A camada de Bowman trata-se de uma faixa estreita e avascular de estroma condensado, servindo de lâmina basal ao epitélio e favorece a estabilidade corneana (STEPP, 2006; REESE et al., 2009).

Quanto a acomodação óptica, a córnea das aves é capaz de aumentar seu poder refrativo achatando a região periférica e aumentando a convexidade da área central. Tal capacidade advém da ação dos músculos de Crampton que se originam abaixo dos ossículos esclerais e se inserem nas camadas corneanas profundas e, ao se contraírem, são capazes de provocar tal efeito. Acredita-se que este mecanismo seja o principal meio de acomodação em algumas aves (BAYON et al., 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012; VEILLEU; KIRCK, 2014; MORO; VERDEJO; CORRAL, 2017).

A esclera é uma estrutura fibrosa consideravelmente mais resistente que a córnea, sendo a principal responsável pela manutenção do formato do bulbo ocular. Nas aves, ela é formada por tecido conjuntivo denso revestindo a cartilagem hialina, tendo como característica também a presença do anel escleral: conjunto de ossículos localizados na região intermediária, variando em quantidade e formato em cada espécie. Suas funções estão relacionadas ao anteparo e sustentação do olho em momentos críticos como voos e mergulhos, além de servirem para inserção de grupos musculares (BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008; REESE et al., 2009).

### 2.2.3 Íris

A íris é uma estrutura circular que faz parte da túnica vascular e tem como função controlar a quantidade de luz que chega à retina através da contração ou dilatação da pupila. Se origina na porção rostral do corpo ciliar e é constituída por camadas histológicas distintas contendo vasos, nervos, tecido conjuntivo, músculos e epitélios. Vale ressaltar que, como peculiaridade, as aves possuem musculatura estriada na íris e isso lhes permite a contração pupilar voluntária e dificulta os testes clínicos de avaliação pupilar (BAYÓN, 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

A íris se relaciona com a córnea no ângulo iridocorneano através dos ligamentos pectinados. Nas aves eles se mostram mais desenvolvidos que nos mamíferos, formando extensas malhas trabeculares, sendo possível inspecionar tal estrutura sem o auxílio de lente para gonioscopia em alguns animais jovens; com o passar dos anos essa estrutura se torna menos evidente em algumas espécies (RODARTE-ALMEIDA, 2013).

### 2.2.4 Cristalino

O cristalino ou lente das aves apresenta uma série de características peculiares à esta classe; é flexível e macio, variando seu formato de acordo com a espécie e seu comportamento. Nas aves de hábitos predominantemente diurno encontra-se achatado no polo anterior e, nas espécies noturnas, ele tem formato globoso (BAYÓN, 2007; GELATT, 2012).

Quando comparado aos dos mamíferos, o cristalino das aves dispõe de maior capacidade de acomodação que é favorecida pela Almofada anelar: uma estrutura cortical formada por fibras lenticulares orientadas radialmente, ao contrário das demais; sendo de menor proporção nas aves noturnas (BAYÓN, 2007, GELATT, 2012). Nela se inserem o grupo de músculos de Brucke e Crampton que o movimentam no sentido anterior ao tracionarem o corpo ciliar. Há também uma câmara hidrostática localizada entre a Almofada e o núcleo denominada *vesícula lentis*: ela favorece a acomodação pois alonga o comprimento axial da lente ao ser comprimida pelo músculo irídico circunferencial (EVANS; MARTIN, 1993; BRANCO, 2007; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

### 2.2.5 Vítreo e Segmento Posterior

O corpo vítreo das aves é transparente, assim como em outras espécies, e grande o suficiente para preencher toda a câmara vítrea (BAYÓN, 2007). Ao se avaliar o segmento ocular posterior desta classe encontra-se algumas peculiaridades como a coróide em tons acinzentado ou avermelhados, sendo possível observar os seus vasos, pois não há o Tapete Lúcido. Além disso, o fundo é marcado pela presença do *pécten*, uma estrutura coroidal que se

projeta em direção ao vítreo (BAYÓN, 2007; GELATT, 2012; RODARTEALMEIDA, 2013).

### **2.2.6 Pécten**

O pécten nas aves tem uma grande importância, trata-se de uma estrutura intraocular, diferenciando-as de outras classes. Possui uma grande vascularização, pode ser pigmentado, sua origem é na coroide e estende-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). Pode ser diferenciado em três formatos (Cônico, asa ou palhetas e em dobra ou pregueada) e é composto por pregas, mais predominante em aves diurnas, ligadas por tecido conjuntivo, tendo a presença de grandes vasos rodeado por capilares e melanócitos (KIAMA et al., 2006; CANDIOTO, 2011; RODARTE-ALMEIDA, 2013; FERREIRA, 2015).

É provável que o pécten tenha função primária de nutrição, mas estudos elegeram pelo menos 30 possíveis funções diferentes dentre as quais pode-se citar, entre outras, a nutrição da retina, redução do brilho, regulação da pressão e regulação do pH intraocular (WILLIS; WILKIE, 1999; BAYÓN, 2007; CANDIOTO, 2011; GELATT, 2012; FERREIRA, 2015).

### **2.2.7 Retina**

A retina é uma projeção encefálica posicionada na porção posterior do bulbo ocular, que exerce extrema importância para o sistema visual. Possui um mosaico de células nervosas organizados em camadas, responsáveis pela captura inicial do estímulo luminoso, sua transformação em impulso elétrico e condução por meio do nervo óptico ao córtex visual central. Dessa forma todas as demais estruturas oculares (córnea, cristalino, úvea e esclera) funcionam como um meio óptico para o melhor aproveitamento e condução da luz até a retina (HECKENLIVELY; ARDEN, 2006; WILCOCK, 2007; GELATT, 2012).

A túnica nervosa do olho das aves, contém as mesmas camadas presentes nos vertebrados e os mesmos tipos de células (JONES et al., 2007; RODRIGUES; DANTAS, 2008), se diferenciando pela maior concentração de fotorreceptores presentes na fóvea (RODRIGUES; DANTAS, 2008).

A extensão anatômica da retina ocorre desde a íris ao disco óptico, é avascular (anangiótica) nas aves, e pode ser dividida em duas frações: a sensível a luz (visual ou neurosensorial) e a cega, que não possui sensibilidade luminosa. Enquanto histologicamente ela possui o epitélio pigmentar da retina, porção não sensorial, e os fotorreceptores, bipolares, horizontais, amácrinas e células ganglionares compondo a parte sensorial. Em aves há maior densidade de fotorreceptores, principalmente cones (BAYÓN, 2007; WILCOCK, 2007;

SLATTER, 2008; GELATT, 2012).

O epitélio pigmentar da retina é a camada mais próxima da coróide, possui uma única fileira de epitélio com células poligonais. Compõe a barreira hematoencefálica, participando da proteção e seleção de tudo que entra no olho (WILCOCK, 2007; SLATTER, 2008). Responsável, também, pelo suporte aos fotorreceptores, principalmente ao segmento externo dele, dessa forma realiza fagocitose de restos celulares envelhecidos, desgastados pela fototransdução. Nutrem por meio de transporte ativo e absorvem, através da melanina, o excesso de fótons incididos sobre a retina, reduzindo a fotodegeneração. Participa também na reciclagem metabólica do transretinal, que irá formar um novo pigmento. (WOLF, 2004; LAMB; PUGH JR, 2006; JOSELEVITCH, 2008; EKESTEN, 2009).

A camada de fotorreceptores apresenta o segmento externo dos cones e bastonetes e contém os processos citoplasmáticos das células de Müller. Realizam a fotorrecepção, processo inicial da visão, onde ocorre a sensibilização deles por fótons, e a transformação em impulso eletroquímico (SLATTER, 2008). A membrana limitante externa é uma barreira formada pelas membranas celulares dos cones, bastonetes e células de Müller (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2009). De acordo com Peña (2009) a camada nuclear externa é composta pelos corpos celulares dos cones e bastonetes, além dos axônios dos fotorreceptores e processos das células de Müller. A camada plexiforme externa é constituída pelas terminações axônicas dos fotorreceptores que estão circundada 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).

Quatro tipos de células constituem a camada nuclear interna: bipolares, horizontais, amácrinas e Müller. As células bipolares se comunicam com os fotorreceptores na camada plexiforme externa para transmitir os sinais dos fotorreceptores ou das células horizontais para as células ganglionares. As células amácrinas estão ligadas com as células bipolares e ganglionares, mas não possuem axônios evidentes; sua principal ação é permitir a integração horizontal de estímulos e inibição lateral das células ganglionares (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2009; PEÑA, 2009). E as células de Müller são astrócitos diferenciados que executam a manutenção da integridade estrutural da retina, assim como ocorre nas células da neuroglia. Vale ressaltar que, em situações de traumas e/ou lesão da retina, as células de Müller são acionadas para formar o tecido de cicatrização glial (SLATTER, 2008; EKESTEN, 2009; PEÑA, 2009; LEWIS, 2010).

A grande maioria das aves apresentam na retina uma região chamada de fóvea que desempenha a finalidade de proporcionar uma maior resolução visual. A fóvea é mais densa em

cones e não contêm as camadas que os sobrepõe. A retina pode ser classificada de acordo com a quantidade de foveas, sendo chamadas de “afoveatas, que não possuem fovea, mas possuem uma área central ou linha visual”; “monofoveatas, que possuem uma fovea central ou temporal com ou sem linha visual ao redor da fovea”; “bifoveatas, que possuem duas foveas, uma central principal, mais profunda e outra temporal mais superficial com ou sem linha visual”. Praticamente todas as aves de rapinas diurnas são bifoveatas. (BAYÓN, 2007; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009; RUGGERI et al., 2010; GELATT, 2012; RODARTE-ALMEIDA, 2013; MORO, VERDEJO, CORRAL, 2017).

As aves de rapina diurnas, Accipitriformes e Falconiformes, comumente apresentam retinas bifoveatas e um bom campo de visão binocular. Estudos recentes demonstraram que tal configuração está intimamente relacionada ao forrageamento exercido pela espécie, onde os predadores possuem duas foveas e as aves oportunistas (como o *Caracara plancus*) ou necrófagas apresentam apenas uma fovea (POTIER, 2020). Entretanto, Potier et al. (2017) apresentaram evidências que os carcarás possuem um maior campo de sobreposição binocular em relação aos falcões, o que pode facilitar a captura de alimentos que estão mais próximos dos olhos.

Os axônios das células ganglionares se juntam em feixes formando uma estrutura oval denominada disco óptico (diferenciado dos mamíferos pelo formato) e, a partir daí, os axônios se tornam mielinizados e seguem como o nervo óptico (NII), conduzindo a informação visual as demais áreas das vias visuais encefálicas (SLATTER, 2008; GELATT, 2012; WILLIAMS, 2012).

### **2.2.8 A Visão nas Aves: Percepção de Movimentos e Luz**

As aves possuem quatro tipos de cones que expandem o alcance da visão de cores até o ultravioleta. Estas células são nomeadas de acordo com sua morfologia, sendo descrita como cones únicos tipo I e tipo II e os cones duplos, que consiste na associação de um cone principal, que apresenta uma gotícula grande e pouco corada, a um cone acessório de menor tamanho, sem gotícula e com vesícula granular pequena (HART, 2001; DANTAS et al., 2010). Grande parte das aves são tetracromáticas, pois seus cones possuem estruturas e fotopigmentos que os tornam sensíveis a luz ultravioleta (UV), a ondas de comprimento curto (azul), médio (verde) e longo (vermelho); há também algumas espécies que possuem um fotopigmento adicional que lhes resultam uma visão pentacromática (WILKIE, et al., 1998; HART, 2001).

Diferente dos mamíferos, as aves e os répteis possuem uma gota de óleo de cor associada a seus cones. Essas gotas possuem altas concentrações de carotenoides que atuam como filtros,

remoção de alguns comprimentos de onda e estreitando o espectro de absorção dos pigmentos o que aumenta a sensibilidade a cores que as aves podem diferenciar (GOLDSMITH; COLLINS, 1984; HART, 2001).

Pesquisas identificaram que essas gotículas podem ser de pelo menos seis tipos diferentes, onde a primeira não apresenta pigmentos e as restantes possuem misturas de carotenoides que absorvem comprimentos de onda de intensidades diferentes (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998; HART, 2001). Sua distribuição e aspectos variam de acordo com as atividades exercidas pela espécie, como o hábito alimentar, por exemplo. Vale destacar que as aves de rapinas diurnas apresentam poucas gotículas coloridas e prevalece os transparentes, enquanto aves marinhas podem ter várias gotas de vermelho e amarelo na retina dorsal (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998).

As aves desenvolveram a habilidade de distinguir diferentes tipos de cores, mesmo dentro da faixa de espectros que os homens são sensíveis elas podem perceber diferenças. A discriminação da luz ultravioleta favorece que muitas espécies exibam entre si o dimorfismo sexual ou características de dominância (ANDERSSON, ORNBORG, ANDERSSON, 1998). A percepção da luz UV dar-lhes a vantagem na procura de alimentos, como por exemplo frutos que contam com uma superfície refletiva pra este comprimento de onda, auxiliando na alimentação e hábitos de caça das aves (GOLDSMITH; COLLINS, 1984).

Esta classe de animais consegue identificar muito bem os movimentos lentos, como no caso dos corpos celestes que são imperceptíveis para os seres humanos. Essa capacidade de percepção permite se orientar durante longas viagens, sendo benéfico para as aves migratórias (WILLIAMS; FLACH, 2003). Outra qualidade, principalmente nas aves de rapina, é a estabilização das imagens durante o voo ou assim como empoleirados em um galho balançando, estes animais mantem a cabeça o mais estável possível e contrabalança os reflexos (WILLIAMS; FLACH, 2003; BOSTRÖM et al., 2016). Por isso, as aves bifoveadas saem em vantagem, pois podem utilizar a fóvea profunda para focar imagens distantes e a superficial para focar imagens próximas (MORO, VERDEJO, CORRAL, 2017).

Outro aspecto memorável sobre a visão das aves é a sua peculiar capacidade de distinguir movimentos rápidos (principalmente em diferenças cromáticas). Enquanto a maioria dos mamíferos, incluindo o homem, é capaz de diferenciar uma oscilação de 50Hz, estudos revelaram que alguns passeriformes podem distinguir movimentos em até 145 Hz (BOSTRÖM et al., 2016). No entanto, as aves melhoraram sua percepção de cores e movimentos filogeneticamente em detrimento a percepção de contraste, que é deficiente para a maioria das espécies (POTIER, MITKUS, KELBER, 2018).

## 2.3 Parâmetros Oftálmicos

A informação e padronização de parâmetros clínicos oftálmicos, principalmente, em animais silvestres é escassa, porém de grande importância na condução do exame oftálmico. Parâmetros como pressão ocular, teste de produção lacrimal (Teste de Schirmer), limiar de sensibilidade corneana são ferramentas únicas na identificação de patologias na oftalmologia veterinária, e para o uso como base em estudo científicos (SLATTER, 2008).

### 2.3.1 Tonometria de rebote

A pressão intraocular (PIO) é regulada por um equilíbrio dinâmico entre a produção e drenagem do humor aquoso, mantendo-se sempre em um valor limítrofe para a manutenção da arquitetura do globo ocular. A tonometria é uma forma de mensuração não invasiva desta homeostase (ALGUIRE, 1990; STUCKEY, 2004).

Dentre os métodos de mensuração da PIO, têm-se a tonometria de rebote (impacto ou dinâmica), onde por meio de um equipamento eletromagnético específico é lançado uma ponteira abaulada sobre a superfície da córnea, a qual é repelida. Através de uma corrente elétrica envolta da ponteira de tamanho, peso conhecido e velocidade constante, mensura a desaceleração de retorno da sonda sendo captada pelo aparelho e registrada como um sinal digital em milímetros de mercúrio (mmHg) (KONTIOLA, 2000; DAVIES et al., 2006).

Alterações patológicas na córnea ou a instilação de colírios podem afetar a tensão superficial dela que influencia diretamente na mensuração da PIO por meio da tonometria de rebote (MAGGS, 2008). A tensão lacrimal superficial pode ser facilmente alterada por colírios, assim como acúmulo de líquidos na córnea (edema) a tornam mais flácida (KNIESTEDT et al., 2008), afetando no tempo de contato da sonda com a superfície e, conseqüentemente, seu movimento (CHO; BROWN, 1995; ALMUBRAD; OGBUEHI, 2007).

Pesquisas de padronização de valores de tonometria ocular em aves vem se desenvolvendo rotineiramente. O advento de novas tecnologias, como a Tonometria de Rebote, favorece o desenvolvimento desse parâmetro para aves de pequeno porte, como no caso dos passeriformes. A tabela 1 apresenta de forma condensada os valores de tonometria de espécies distintas, adaptado de Carvalho et al, 2018.

**Tabela 1.** Forma condensada dos valores de tonometria de espécies distintas, descritas por cada autor.

Autor	Espécie	Valores
STILES <i>et al.</i> (1994)	<i>Buteo swainsoni</i>	21,5±3

STILES <i>et al.</i> (1994)	<i>Buteo jamaicensis</i>	20,6±3,4
STILES <i>et al.</i> (1994)	<i>Aquila chrysaetos</i>	20,6±2
STILES <i>et al.</i> (1994)	<i>Bulbo virginianus</i>	10,8±3,6
STILES <i>et al.</i> (1994)	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	20,6±2
WILLIAMS <i>et al.</i> (2006)	<i>Strix aluco</i>	15,6±3,4
BAYÓN <i>et al.</i> (2007)	<i>Meleagris gallapavo</i>	25
JEONG <i>et al.</i> (2007)	<i>Bubo bubo</i>	9,35±1,81
HARRIS <i>et al.</i> (2008)	<i>Megascops asio</i>	11±1,9
SWINGER <i>et al.</i> (2009)	<i>Spheniscus humboldti</i>	20,36±4,1
BALDOTTO (2012)	<i>Carcara plancus</i>	19,18±3,06
GHAFFARI <i>et al.</i> (2012)	<i>Struthio camelus</i>	18,8±3,5
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Cathartes aura</i>	15±2,1
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Buteo jamaicensis</i>	20,3±2,8
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Bulbo virginianus</i>	9,9±2,4
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Falco sparverius</i>	8,5±4,4
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Accipiter cooperii</i>	16±1,8
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Megascops asio</i>	9,3±2,6
LABELLE <i>et al.</i> (2012)	<i>Strix varia</i>	11,7±3,8
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Buteo buteo</i>	17,2±3,53
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Athene noctua</i>	9,83±3,41
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Strix aluco</i>	15,6±3,4
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Falco timnunculus</i>	8,53±1,59
KUHN <i>et al.</i> (2013)	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	21,5±1,7
RODARTE-ALMEIDA <i>et al.</i> (2013)	<i>Asio clamator</i>	13,81±5,63
GONZALEZ-ALONSO-ALEGRE <i>et al.</i> (2014)	<i>Spheniscus demersus</i>	31,77±3,3
MEEKINS <i>et al.</i> (2015)	<i>Phoenicopterus ruber</i>	12,3±4,5
MONÇÃO-SILVA <i>et al.</i> (2016)	<i>Ara ararauna</i>	7±2
MONÇÃO-SILVA <i>et al.</i> (2016)	<i>Ara leari</i>	7±1,75
O'CONNELL <i>et al.</i> (2017)	<i>Pelecanus occidentalis</i>	10,86±1,61

### 2.3.2 Teste Lacrimal de Schirmer

O filme lacrimal (FL) é composto por três frações: a aquosa, que nutri, lubrifica e oxigena a córnea; a lipídica, responsável pela manutenção da tensão superficial do FL e consequente evaporação; e a de mucina, ou proteica, que auxilia na aderência direta do FL às células corneanas (SAMUELSON, 2007).

A avaliação da lágrima pode ser feita de forma quantitativa através do teste lacrimal de Schirmer (TLS) e qualitativa, por meio do teste de ruptura do filme lacrimal. O primeiro consiste na utilização de uma fita milimetrada com dimensões e características hidrofílicas conhecidas, a qual é posicionada no saco conjuntival inferior e após um minuto tem-se o valor

de quantidade de lágrima em milímetros por minuto (mm/min). A fita é marcada através da adsorção, principalmente, da camada aquosa da lágrima, a qual gera uma marca na fita (MOORE, 1999; LIMA et al., 2011).

A aferição deste parâmetro em aves possibilita não só o diagnóstico de afecções diversas, mas também o acompanhamento e de tratamentos ou averiguação de fatores ambientais. A tabela 2 apresenta os valores de observados em diversas pesquisas que aferiram a produção lacrimal através do TLS, adaptado de Carvalho et al, 2018.

**Tabela 2.** Valores observados de produção lacrimal através do TLS, descritas por cada autor.

<b>TESTE LACRIMAL DE SCHIMER</b>		
<b>Autor</b>	<b>Espécie</b>	<b>Valor de Referência</b>
WILLIAMS <i>et al.</i> (2006)	<i>Strix aluco</i>	3,2±0,4
HARRIS <i>et al.</i> (2008)	<i>Megascops asio</i>	<=2-6
SWINGER <i>et al.</i> (2009)	<i>Spheniscus humboldti</i>	6,45±2,9
BALDOTTO (2012)	<i>Carcara plancus</i>	7,84±3,05
GHAFFARI <i>et al.</i> (2012)	<i>Struthio camelus</i>	16,3±2,5
KUHN <i>et al.</i> (2013)	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	14±2
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Strix aluco</i>	3,12±1,92
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Falco tinnunculus</i>	6,2±3,67
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Athene noctua</i>	3,5±1,96
BARSOTTI <i>et al.</i> (2013)	<i>Buteo buteo</i>	12,47±2,66
KOMNENOU <i>et al.</i> (2013)	<i>Aegypius monachus OD-5</i>	10,9±3,3
KOMNENOU <i>et al.</i> (2013)	<i>Aegypius monachus OE-6</i>	11,9±3,3
KOMNENOU <i>et al.</i> (2013)	<i>Gyps fulvus OD-5</i>	6,4±1,8
KOMNENOU <i>et al.</i> (2013)	<i>Gyps fulvus OE-6</i>	6,5±1,8
RODARTE-ALMEIDA <i>et al.</i> (2013)	<i>Asio clamator</i>	5,03±3,29
MEEKINS <i>et al.</i> (2015)	<i>Phoenicopterus ruber</i>	12,3±4,5
WILLS <i>et al.</i> (2016)	<i>Strix nebulosa</i>	9,8±2,8
WILLS <i>et al.</i> (2016)	<i>Bulbo scandiacus</i>	9,8±2,4
FALCÃO <i>et al.</i> (2017a)	<i>Ara ararauna</i>	7,1±0,76
FALCÃO <i>et al.</i> (2017b)	<i>Amazona aestiva</i>	6,2±0,1
O'CONNELL <i>et al.</i> (2017)	<i>Pelecanus occidentalis</i>	5,45±1,88
MOOD <i>et al.</i> (2017)	<i>Anas platyrhynchos</i>	6,2±2,2
MOOD <i>et al.</i> (2017)	<i>Anser anser</i>	5,5±2,6

### 2.3.3 Estesimetria

A córnea possui uma alta densidade de receptores nociceptivos, que são terminações sensitivas a estímulos externos, tais como térmicos, químicos e mecânicos. Quando estimulada

ocasionam uma cascata de mediadores inflamatórios endógenos que culminam com o reflexo físico de piscar (BROOKS et al, 2000; STILES et al, 2001).

Há diferentes tipos de estesiômetros como os de não contato e os de contato, onde se enquadra o estesiometro de Cochet-Bonnet que é o mais empregado na medicina veterinária. A estesiometria de Cochet-Bonnet, é um teste que avalia o grau de sensibilidade da córnea, sugerindo a concentração de terminações nervosas na mesma. É realizada com intermédio de um aparelho semelhante à uma caneta que contém um fino fio de nylon, este por sua vez toca o centro da córnea. O teste consiste na avaliação de qual valor de comprimento do fio haverá o ato de piscar, em ordem decrescente, encurtando 0,5cm do fio de forma progressiva. Os valores obtidos em centímetros podem ser convertido através da tabela de conversão do instrumento para se obter valores em gramas por milímetros quadrado ( $\text{g}/\text{mm}^2$ ); tal valor corresponde ao valor mínimo de toque corneano (Corneal Touch Threshold – CTT) (BROOKS et al, 2000; STILES et al, 2001; FEATHERSTONE; HEINRICH, 2013).

#### **2.3.4 Ecobiometria em modo B**

O exame ultrassonográfico traz muitas informações na avaliação ocular, devido sua estrutura em maior parte líquida auxiliando na acústica ultrassonográfica. A geolocalização dos vasos oculares, paralelo ao feixe de ultrassom, facilitam o seu estudo hemodinâmico (GELATT-NICHOLSON et al, 1999). A Ecobiometria ocular, mensuração das estruturas oculares, traz inúmeros benefícios para a clínica oftalmológica, sendo muito utilizada e difundida para apoio diagnósticos, prognóstico e monitoramento de afecções oculares (DINIZ et al, 2004).

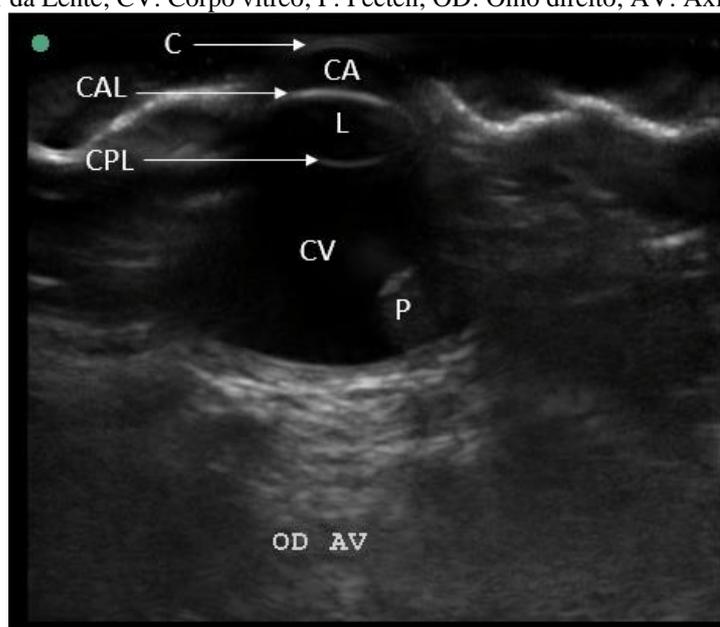
Há dois modos no exame de ultrassom (USG) para avaliação ocular, o modo A e o modo B, um é linear ou unidimensional e o outro é bidimensional, respectivamente. O modo A representa de forma gráfica a variação de densidade entre os tecidos em picos verticais, mensurando melhor as estruturas. O modo B por trazer imagens 2D é mais eficaz na avaliação de alterações estruturais (GONÇALVES et al, 2005; WILKIE; WILLIS, 2005; DIETRICH, 2013).

Para a realização da USG ocular o posicionamento da probe sobre o olho é de extrema importância e pode ser feita de duas formas, transpalpebral e transcorneal. A transpalpebral é realizada colocando o transdutor sobre as pálpebras fechadas, enquanto a transcorneal, após o uso de colírio anestésico, a probe é posicionada sobre a superfície corneana. Em ambas as técnicas, evita-se pressão exacerbada sobre o olho para que não haja aberração estrutural e utiliza-se gel condutor estéril. A escolha do transdutor também é imprescindível para realização de uma boa imagem, optando-se por transdutores com superfície de contato pequena, tais como,

setorial, microconvexo e linear. A frequência deve ser alta, para uma melhor nitidez da imagem (SPAULDING, 2008; DIETRICH, 2013).

Na ultrassonografia em aves é possível a visualização de algumas estruturas oculares, servindo tanto para avaliação morfológica quanto para mensuração (biometria ocular), representadas na figura 2.

**Figura 2.** Imagem ultrassonografia modo B do olho do carcará (*Caracara plancus*), onde são evidenciadas estruturas anatômicas oculares. C: Córnea; CA: Câmara anterior; CAL: Cápsula anterior da Lente; CPL: Cápsula posterior da Lente; CV: Corpo vítreo; P: Pécten; OD: Olho direito; AV: Axial vertical.



Fonte: SOUZA, 2020 (arquivo pessoal).

### 2.3.5 Eletroretinografia

O Eletroretinograma (ERG) consiste na representação gráfica do potencial de ação gerado nas células retinianas após sofrerem estímulos luminosos (MARMOR et al, 2009; FREEMAN et al., 2013). Tal estímulo produz transformações iônicas intra e extracelulares que originam as diferenças de potenciais elétricos que são representados em forma de ondas ao serem captados através de eletrodos específicos colocados juntos ao olho examinado (MARMOR et al, 2009; HOLDER et al, 2010; FREEMAN et al., 2013).

Este exame pode ter diferentes classificações de acordo com o estímulo usado, sendo os principais tipos: ERG de Campo Total (ERG-ct) quando se analisa a resposta da retina de forma geral após estímulos de flashes; ERG multifocal, quando estimula e analisa a resposta de uma região retiniana isolada e ERG por padrão reverso que representa de forma mais explícita a função macular e a atividade das células ganglionares (HOLDER, 2006). Sendo o ERG – ct o mais utilizado na medicina veterinária devido a sua praticidade e independência da cooperação do paciente (EKESTEN et al., 2013).

No traçado do ERG registra-se inicialmente uma deflexão de orientação negativa denominada onda “a” que demonstra a atividade dos fotorreceptores que se hiperpolarizam ao serem estimulados transformando o sinal luminoso em potencial nervoso que são conduzidos às células seguintes. Em seguida, observa-se a presença de um grande componente positivo chamado de onda “b” que representa a continuidade do sinal nervoso pela atividade das células bipolares e de Müller, sendo essas duas ondas as respostas mais comuns em ERG de campo total. Por fim, pode -se observar em alguns registros a presença da onda “c”, a qual se suspeita que seja oriunda da ação do epitélio pigmentar da retina (FREEMAN et al., 2013; MCCULLOCH et al., 2015).

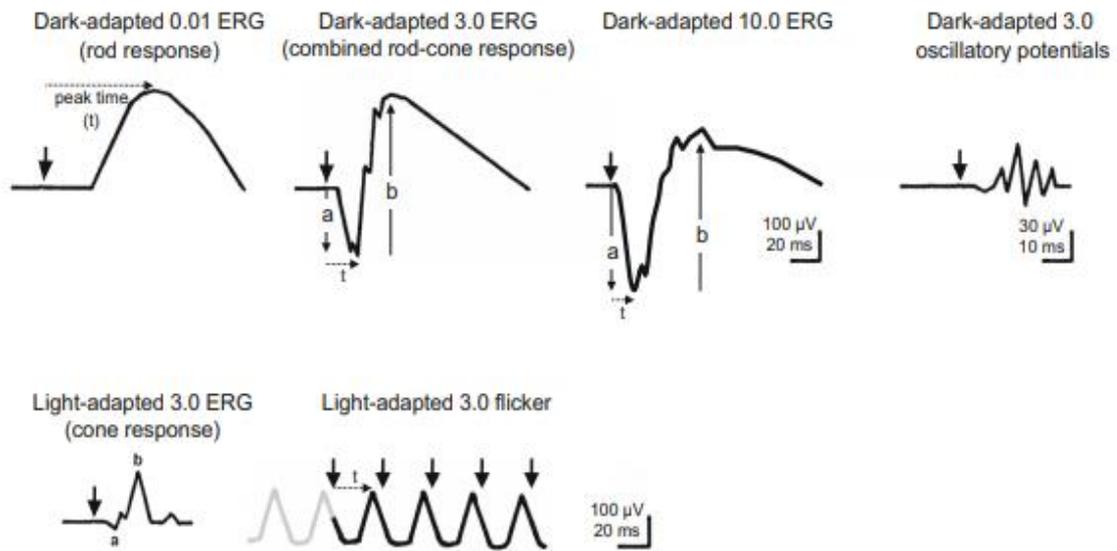
Para avaliar a resposta de células e camadas específicas da retina e permitir a comparação de dados entre laboratórios, foi proposto pela *International Society for Clinical Electrophysiology of Vision* (ISCEV) protocolos padronizados, onde se varia a condição de luminosidade ambiente e o estímulo usado para o seu registro. Assim, a adaptação previa ao escuro (protocolos escotópicos) permite a descrição da atividade isolada dos bastonetes ou mista com os cones. Quando o paciente é submetido a um ambiente iluminado, obtém-se o registro da ação isolada dos cones (registros fotópicos) (MARMOR et al, 2009; HOLDER et al, 2010; MCCULLOCH et al., 2015).

A ERG-ct empregada atualmente é a maneira mais eficaz de registrar a resposta eletrofisiológica retiniana, considerando toda a população de fotorreceptores, em animais, pois é possível obter ondas com tempo implícitos e amplitudes replicáveis (BOUSKILA et al., 2014). Sabe-se que os estímulos escotópicos de baixa intensidade são usados, tanto em humanos quanto em animais, para avaliar a integridade das vias retinianas integradas aos bastonetes. Por outro lado, os registros fotópicos estão relacionados ao sistema de cones. Ao se aumentar a intensidade dos estímulos, a amplitude da onda ‘b’ tende a aumentar gradualmente e atinge um platô (a amplitude máxima alcançada com uma faixa estreita de intensidades) e em seguida pode diminuir caso continue a se investir na intensidade dos estímulos; tal comportamento é chamado de “colina fotópica” e advém da redução da amplitude do componente celular ‘ON’ em intensidades mais altas e o atraso no dos componentes ‘OFF’ (UENO et al., 2004; BOUSKILA et al., 2014).

Como parâmetros quantitativos do ERG adota-se a mensuração do tempo implícito (tempo de aparecimento do pico da deflexão após o estímulo luminoso: medido em milissegundos) e amplitude (tamanho da onda medida da linha de base ao ápice do vale da onda a e considerado de pico-a-pico para se obter o valor da onda b: resultado em microvolts), demonstrado na figura 3. Tais valores variam de acordo com estado da retina (afecções),

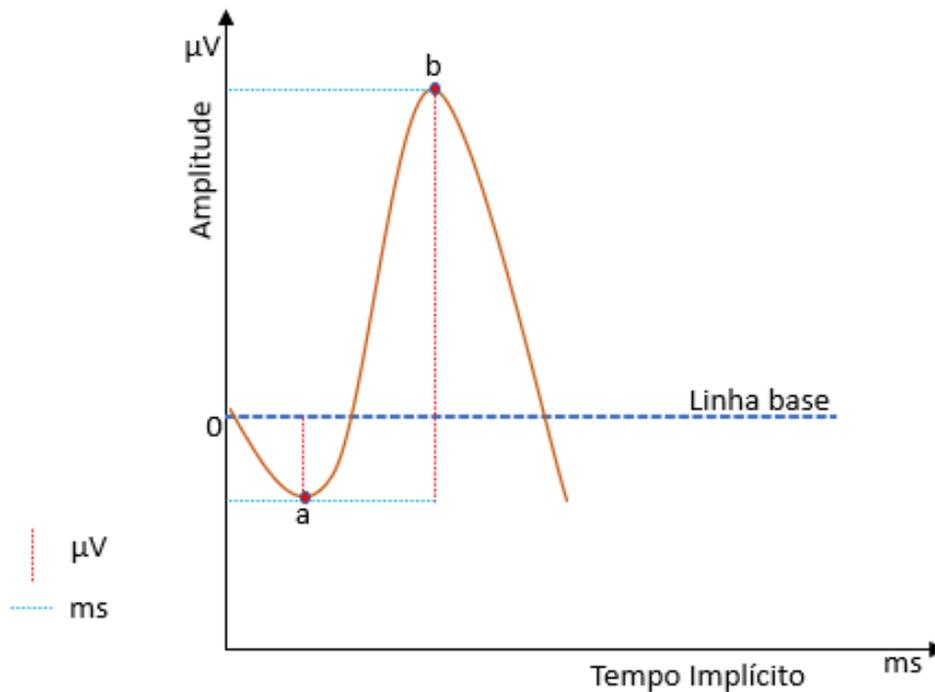
protocolos de registro (fotópico ou escotópico), emprego de sedativos ou anestésicos, idade, espécie, estado da pupila e outros fatores (FREEMAN et al., 2013). Outro critério a ser observado é a relação “b / a” (divide-se o valor da amplitude da onda b pelo valor da amplitude da onda a) (figura 4), pois este pode indicar disfunções retinianas em casos de opacidades dos meios oculares que não permitem a chegada do estímulo com sua intensidade normal ao fundo ocular (MAEHARA et al., 2007).

**Figura 3.** Desenho representativo das ondas de acordo com as condições recomendadas pela ISCEV.



Fonte: MCCULLOCH et al., 2015.

**Figura 4.** Desenho representando o traçado de um ERG fotópico, demonstrando os pontos da onda “a” e “b”.



Fonte: SOUZA, 2021 (arquivo pessoal).

### 3. REFERÊNCIAS

ALGUIRE, P.C. et al. **Clinical methods: the history, physical, and laboratory examinations** (3ª Ed.) Boston: Butterworths. p.581-584. 1990.

ALMURAB, T.M. & OGBUEHI, K.C., Clinical investigation of the effect of topical anesthesia on intraocular pressure. **Clinical Ophthalmology**, v.1, n.3, p. 305-309. 2007.

ANDERSSON, S; ORNBORG, J.; ANDERSSON, M. Ultraviolet sexual dimorphism and assortative mating in blue tits. **Proceedings. Biological Sciences**. v. 265, p.445 – 450. 1998.

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.

BALDOTTO, S B. **Investigações sobre oftalmologia de animais de companhia não convencionais, com ênfase na soroprevalência do *Encephalitozoon cuniculi***.2012. 176f.

Dissertação (Mestrado) -Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

BARSOTTI, G. et al. Schirmer tear test type I readings and intraocular pressure values assessed by applanation tonometry (Tonopen® XL) in normal eyes of four european species of birds of prey. **Veterinary Ophthalmology**, v.16, n.5, p.365–69, 2013

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

BRANCO, C. R. et al. Vision and Foraging in Cormorants: More like Herons than Hawks? **PLoS One**. v. 2, n . 7 , 2007.

BOUSKILA, J. et al. Standardized Full-Field Electroretinography in the Green Monkey (*Chlorocebus sabaues*). **PLoS One**. v. 9, n. 10, 2014.

BROOKS, D.E.; CLARK, C.K.; LESTER, G.D. Cochet-Bonnet aesthesiometer – determined corneal sensitivity in neonatal foals and adult horses. **Veterinary Ophthalmology**; n. 3 p. 133- 137, 2000.

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.

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

CHRISMAN, C. L. **Neurologia dos Pequenos Animais**. São Paulo: Roca, n.33 p. 3-24. 1985.

CARVALHO, C. M.; RODARTE-ALMEIDA, A. C.V.; SANTANA, M. I. S.; GALERA, P. D. Avian ophthalmic peculiarities. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.48:12, e 20170904, 2018.

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

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

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., MALLEEN, E.A.; WOLFFSOHN, J.S.; Clinical evaluation of rebound tonometer. **Acta Ophthalmologica Scandinavica**, n. 84, p. 206-209, 2006.

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, cap. 10, p. 669-683. 2013.

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.

DOVE, C. J.; BANKS, R. C. A taxonomic study of crested Caracaras (falconidae). Wilson Bulletin, **Academic OneFile**, vol. 111, no. 3, p. 330, 1999.

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

EKESTEN, B., KOMÁROMY, A. M., OFRI, R., PETERSEN-JONES, S. M., e NARFSTRÖM, K. Guidelines for clinical electroretinography in the dog: 2012 update. **Documenta Ophthalmologica**, v. 127, n. 2, p. 79–87. 2013.

EVANS, H.E.; MARTIN, G.R. Organa sensuum. In J.J. Baumel, **Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avium**. v. 2, p.585-611, 1993.

FALCÃO, M.S.A. et al. Modified Schirmer tear test and rebound tonometry in blue-fronted amazon parrot (*Amazona aestiva*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.37, n.8, p.871– 73, 2017b

FEATHERSTONE, H. J.; HEINRICH, C. L. Ophthalmic Examination and Diagnostics: the eye examination and diagnostic procedures. In: GELLAT, N; GILGER, B. C; KERN, T. J. **Veterinary Ophthalmology**. 5.ed. Iowa: Blackwell Publishing. 2013. v. 1. Cap 10. P. 533 – 614.

FERGUSON-LEES, J.; CHRISTIE, D. A.; FRANKLIN, K.; MEAD, D.; BURTON, P. Introduction. In: **Raptors of the World**. Great Britain: A & C Black Ltd., p. 17-19, 2001.

FERREIRA, T. A. C. **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.

FREEMAN, K.S.; GOOD, K.L.; KASS, P.H.; PARK, S.A.; NESTOROWICZ, N.; OFRI, R. Effects of chemical restraint on electroretinograms recorded sequentially in awake, sedated, and anesthetized dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 74. n. 7. p. 1036-1042. 2013.

FITZGERALD, B. W. Using Hawkeye from the Avengers to communicate on the eye. **Advances in Physiology Education**.v.42, n.1, p. 90–98. 2016

FUCHS, J.; JOHNSON, J. A.; MINDELL, D. P. Molecular systematics of the caracaras and allies (Falconidae: Polyborinae) inferred from mitochondrial and nuclear sequence data. **IBIS International journal of avian science**, Oxfordshire, v. 154, n. 3, p. 520 - 532, 2012.

GELATT, K. N.; GILGER, B. C.; KERN, T. J. **Veterinary Ophthalmology**.5 ed. USA: Wiley-Blackwell, 2013.

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.

GOLDSMITH, TH; COLLINS, JS; LICHT, S. The cone oil droplets of avian retinas. **Vision:**

**Research.** v. 24 , n.11, 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.2005.

GONZALEZ ALONSO ALEGRE, E.M. et al. Central corneal thickness and intraocular pressure in captive black footed penguins (*Spheniscus demersus*). **Veterinary Ophthalmology**, v.18, s.1, p.94–97, 2015.

GHAFFARI, M.S. et al. Determination of reference values for intraocular pressure and Schirmer tear test in clinically normal ostriches (*Struthio camelus*)” **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.43, n.2, p.229–32, 2012.

HART, N. S. The Visual Ecology of Avian Photoreceptors. **Progress in Retinal and Eye Research.** v. 20, n. 5, p. 675-703, 2001.

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

HARRISON, C.; GREENSMITH, A. **Birds of the World**. Madison Avenue, New York, USA: Dorling Kindersley Inc., p. 101, 1993.

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, p. 505-518. 2006.

JEONG, M.B. et al. Comparison of the rebound tonometer (TonoVet®) with the applanation tonometer (TonoPen XL®) in normal Eurasian Eagle owls (*Bubo bubo*). **Veterinary Ophthalmology** v.10, n. 6,p. 376–379. 2007

JONES, MICHAEL P; PIERCE JR, KENNETH E.; WARD, DANIEL Avian Vision: A Review of Form and Function with Special Consideration to Birds of Prey. **Journal of Exotic Pet Medicine.** v.16, n.2, p. 69-87. 2007.

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**, n.188, p.519-528. 2006.

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

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

KOMNENOU, A.T. et al. Estimation of normal tear production in free-living eurasian black vultures (*Aegypius monachus*) and griffon vultures (*Gyps fulvus*) in Dardia National Park, Greece. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.44, n.2, p.315–23, 2013.

KORBEL, R. T.; HABIL, Med Vet. Avian Ophthalmology–Principles and Application. **Advancing and Promoting Avian Medicine and Stewardship**, p. 37, 2011.

KORBEL, R., LIEBICH, H.G. (Ed.) Anatomie der Vögel-Klinische Aspekte und Propädeutik Zier-, **Greif-, Zoo-**, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel. Stuttgart: Schattauer GmbH, p.229-256. 2009.

KUHN, S.E. et al. Normal ocular parameters and characterization of ophthalmic lesions in a group of captive bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v.27, n.2, p.90–98, 2013.

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

LIMA, F.C.; VIEIRA, L.G.; SANTOS, A.L.Q.; DE SIMONE, S.B.S.;HIRANO, L.Q.L.; MAGGS, D.J. Basic diagnostic techniques In: SLATTER, D.H. Slatter's **fundamentals of veterinary ophthalmology**. 4 ed., Missouri: Elsevier. c. 5, p. 81-106. 2008.

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

MARTIN, GRAHAM. "**Produzindo a imagem**" em Ziegler & Bischof, 1993, 24/05 Epub 2014 Dec 14. Erratum in: **Doc Ophthalmol**. v.131, n.1, p.81-3. 2015.

MCCULLOCH DL, et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). **Documenta Ophthalmologica**. v.130, n.1, p. 1-12. 2015.

MEEKINS, J.M. et al. Ophthalmic diagnostic tests and ocular findings in a flock of captive american flamingos (*Phoenicopterus ruber ruber*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, n.29, v.2, p.95–105, 2015.

MENQ, W. Carcará (*Carcara plancus*) – Aves de Rapina Brasil. 2018. Disponível em: <[http://www.avesderapinabrasil.com/caracara\\_plancus.htm](http://www.avesderapinabrasil.com/caracara_plancus.htm)> Acesso em: 26 de agosto de 2020.

MOOD, A. et al. Measurement of tear production and intraocular pressure in ducks and geese. **Veterinary Ophthalmology**, v.20, n.1, p.53–57, 2017.

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

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**, v. 43, p. 86-92, 2006.

MORO, J. G. M.; VERDEJO, J. L. H.; CORRAL, A. C.; El sistema visual de las rapaces diurnas: revision actualizada. **Archivo de la Sociedad Española de Oftalmología**, v. 95. n. 5. p. 225-235, 2017.

MURPHY CJ, KERN TJ, MCKEEVER K ET AL. Ocular lesions in freelifving raptors. **Journal of the American Veterinary Medical Association** v.1, p.181.1982.

O'CONNELL, K.M. et al. Ophthalmic diagnostic testing and examination findings in a colony of captive brown pelicans (*Pelecanus occidentalis*). **Veterinary Ophthalmology**, v.20, n.3, p.196-204, 2017.

POTIER, S. et al.; Visual Configurariion of Two Species of Falconidae With Different Foraging Ecologies. **International Journal of Avian Science**. v. 160. p. 54-61, 2017.

POTIER, S. Visual Adaptations in Predatory and Scavenging Diurnal Raptors. **Diversty**. v. 12, n. 10, p. 400, 2020.

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

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, p.229-256. 2009.

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

RUGGERI, 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.

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.

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

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.

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.

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

SWINGER, R.L. et al. Ocular bacterial flora, tear production, and intraocular pressure in a captive flock of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.40, n.3, p.430-36, 2009.

UENO, S.; KONDO, M.; NIWA, Y.; TERASAKI, H.; MIYAKE, Y. Luminance dependence of neural components that underlies the primate photopic electroretinogram. *Investigative ophthalmology and visual science*. n. 45, p. 1033-1040, 2004.

VEILLEUX, C.C.; KIRK, E.C. Visual Acuity in Mammals: Effects of Eye Size and **Ecology, Journal: Brain, Behavior and Evolution**. v.83, n.1. 2014

VENABLE, N. J. Introduction. In: **Birds of Prey**. USA: West Virginia University Extension Service, p. 1-2.1996.

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

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

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

WILLIAMS, D.L.; GONZALEZ VILLAVINCENCIO, C.M.; WILSON, S. Chronic ocular lesions in tawny owls (*Strix aluco*) injured by road traffic. **The Veterinary Record**. v. 159, n.5, p. 148-153, 2006.

WILLIAMS, D. L.; FLACH, E., Symblepharon with aberrant protrusion of the nictitating membrane in the snowy owl (*Nyctea scandiaca*). **Veterinary Ophthalmology**. v.6, n.1, p.11-13, 2003.

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

WILLS, S. et al. Ophthalmic reference values and lesions in two captive populations of northern owls: great grey owls (*Strix nebulosa*) and snowy owls (*Bubo scandiacus*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.47, n.1, p.244–55, 2016.

**5. ARTIGO NA REVISTA MEDICINA VETERINÁRIA (UFRPE):  
PARÂMETROS CLÍNICOS OFTÁLMICOS, ECOBIOMÉTRICOS E  
ELETROFISIOLÓGICOS DE *Caracara plancus* (Miller, 1777)  
(OPHTHALMIC CLINICAL PARAMETERS, ECOBIOMETRIC AND  
OCULAR ELECTROPHYSIOLOGY OF *Caracara plancus* (Miller, 1777))**

Bruno Daby Figuerêdo de **Souza**<sup>1\*</sup>, Stéphanie Ingrand Vieira de **Araújo**<sup>2</sup>, Fabrício Bezerra de **Sá**<sup>3</sup>.

**1:** Mestrando do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. **brunodaby@hotmail.com**;

**2:** Mestranda do Programa de Pós-graduação em Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

**3:** Professor Associado IV do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

**RESUMO**

Dez aves (20 olhos) adultas da espécie *Caracara plancus* (Miller, 1777) provenientes do Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS Tangará, Pernambuco – Brasil) foram submetidas ao exame oftálmico completo para inclusão neste estudo e em seguida foram registrados os valores do Teste Lacrimal de Schirmer, Tonometria de Rebote, Estesimetria Corneana, Ecobiometria ocular em modo B, Eletrorretinografia de campo total (ERG-ct) em protocolos distintos e avaliação da sensibilidade espectral através de estímulos com seis diferentes comprimentos de onda, avaliando os valores de tempo implícito e amplitudes das ondas ‘a’ e ‘b’ em cada registro. Foi avaliado também as diferenças entre os registros fotópicos de ERG-ct feitos no Neuropak (Nihon Khoden®) e no BPM 300 (Retinographics®). Os resultados demonstraram distribuição normal para todos testes clínicos, ultrassonográficos e eletrofisiológicos. A produção lacrimal média foi  $11,95 \pm 2,6$  mm/min; a estesimetria de Cochet Bonnet média foi  $1,8 \pm 0,52$  g/mm<sup>2</sup> e média da pressão intraocular foi estimada em  $22,22 \pm 2,19$  mHg. Os valores ecobiométricos demonstraram pouca variação individual e proporções que se assemelham a outras aves de rapina diúrnas. Todos os protocolos de ERG-ct apresentaram respostas de fácil registros e houve diferença estatística significativa nos registros de cada aparelho, onde o BPM 300 apresentou melhor apresentação dos traçados e menor variação entre os indivíduos. Houve respostas ERG-ct a cinco comprimentos de onda

diferentes, do ultravioleta ao vermelho, com tempos implícitos e amplitudes semelhantes, mas não foi possível registrar resposta ao estímulo infravermelho. Portanto, a obtenção desses parâmetros e de dados corroboram para possibilidade de melhores diagnósticos, servindo de ferramentas clínicas aos profissionais da área e subsídio a pesquisas futuras.

**Palavras-chaves:** Aves de Rapina, Eletrofisiologia da Visão, Oftalmologia Veterinária, Ultrassonografia Ocular.

#### **ABSTRACT**

Ten adult birds of the species *Caracara plancus* (Miller, 1777) from the Wild Animal Screening Center (CETAS Tangará, Pernambuco - Brazil) were submitted to a complete ophthalmic examination for inclusion in this study and then the values of the Schirmer's Lacrimal Test, Rebound Tonometry, Corneal Esthesiometry, Ecobiometry were recorded eyepiece in mode B, full-field electroretinography (ERG-ct) in different protocols and evaluation of spectral sensitivity through stimuli with six different wavelengths, evaluating the implicit time values and amplitudes of waves 'a' and 'b' in each record. The differences between photographic records of ERG-ct made in Neuropak (Nihon Khoden®) and BPM 300 (Retinographics®) were also evaluated. The results showed a normal distribution for all clinical, ultrasound and electrophysiological tests. The average tear production was  $11.95 \pm 2.6$  mm/min; the mean Cochet Bonnet esthesiometry was  $25 \pm 7.3$  mm and the mean intraocular pressure was estimated at  $22.22 \pm 2.19$  mmHg. Ecobiometric values showed little individual variation and proportions that resemble other day-old raptors. All ERG-ct protocols presented easy-to-record responses and there was a significant difference in the records of each device, where the BPM 300 showed better presentation of the tracings and less variation between individuals. There were ERG-ct responses at five different wavelengths, from ultraviolet to red, with similar implicit times and amplitudes, but it was not possible to register a response to the infrared stimulus. Therefore, obtaining these parameters and data corroborate the possibility of better diagnoses, serving as clinical tools for professionals in the area and support for future research.

**Keywords:** Birds of Prey, Electrophysiology of Vision, Veterinary Ophthalmology, Ocular Ultrasonography.

## INTRODUÇÃO

O Carcará (*Carcara plancus* Miller, 1777) é um falconiforme neotropical presente em praticamente todo o território brasileiro, ocupando desde centros urbanos e praias até os campos. Trata-se de um animal diurno, onívoro oportunista de inusitados hábitos alimentares, pode caçar, se alimentar de animais mortos ou moribundos, remover ectoparasitas da pele de mamíferos, pratica o cleptoparasitismo e alimenta-se também de lixo e alguns frutos (Menq, 2018).

Assim como outros rapinantes diurnos, necessitam de boa capacidade visual para caçar e detectar obstáculos durante o voo, sendo a visão o sentido mais desenvolvido nestes animais (Moro, Verdejo, Corral, 2017). Apesar das particularidades e relevância do sistema visual de tais aves, há poucos estudos dedicados às espécies brasileiras; além disso, a proximidade desses animais das cidades e zonas urbanas tem favorecido o aumento de atendimento em centros de reabilitação em diferentes situações clínicas onde, em muitas delas, o sistema visual encontra-se afetado. Portanto, a obtenção de parâmetros de normalidade pode disponibilizar dados significativos, possibilitando melhores diagnósticos e servindo de ferramentas clínicas aos profissionais da área e subsídio a pesquisas futuras.

O objetivo do presente estudo é estabelecer parâmetros clínicos para o Teste Lacrimal de Schirmer, Tonometria de Rebote, Estesimetria Corneana, ecobiometria ocular em modo B, eletrorretinografia em protocolos distintos, avaliar as diferenças entre os registros fotópicos de ERG-ct feitos no Neuropak (Nihon Khoden®) e no BPM 300 (Retinographics®) e investigar a sensibilidade espectral em *Caracara plancus*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Animais*

Dez aves (20 olhos) adultas, sem distinção de sexo ou idade, provenientes do Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS Tangará, Pernambuco – Brasil) foram submetidas ao exame oftálmico, realizando-se a oftalmoscopia direta e indireta, biomicroscopia por lâmpada de fenda, reflexos de ameaça e reconhecimento de objetos em movimento. Os critérios de exclusão foram: presença de deformações oftálmicas, deficiência nutricional, histórico de doença sistêmica que comprometeu e/ou compromete a visão, qualquer alteração anatômica, fisiológica ou comportamental que impeça a realização dos exames.

### *Procedimentos*

Após a avaliação clínica, os animais foram conduzidos ao Laboratório de Oftalmologia Experimental (LOE-UFRPE) onde foram mantidos em ambiente calmo, ventilado e com

temperatura controlada (24°C). Vale ressaltar que para a realização dos testes clínicos e ultrassonografia ocular a contenção física feita com luva de couro foi suficiente para a realização dos exames. No entanto, foi necessário o emprego de contenção química para a realização da eletrorretinografia em seus diversos protocolos e, por isso, os registros foram realizados em um dia a parte. Além disso, todos os exames clínicos aconteceram primeiro no olho direito e depois no olho esquerdo.

### ***Teste Lacrimal de Schirmer***

Após a contenção física, foi inserida uma fita de papel filtro patronizado (Teste Lacrimal de Schirmer - Ophthalmos®) no saco conjuntival inferior, permanecendo ali durante um minuto. Após este tempo, foi feita a aferição do resultado em milímetros por minuto (mm/min).

### ***Estesiometria corneana***

Foi empregado o Estesiômetro de Cochet Bonnet (Luneau Ophthalmologie) lançando um fio de náilon com diâmetro de 0,12mm sobre a córnea na extensão de quatro centímetros e meio, que foi reduzido progressivamente a sua extensão, até despertar o reflexo ocular (piscar), sendo considerado positivo após três repetições na extensão investigada. Os valores foram convertidos utilizando a tabela disponibilizada no aparelho e o resultado foi então dado em gramas por milímetro quadrado (g/mm<sup>2</sup>).

### ***Tonometria de rebote***

A mensuração da Pressão Intra-ocular foi feita com o animal em posição de estação e empregando o Icare TonoVet Plus® que assume um valor final médio após a realização de seis toques sutis na córnea. O aparelho foi calibrado no modo “Dog” e seus resultados foram apresentados em milímetros de mercúrio (mmHg).

### ***Ultrassonografia Ocular***

Após a contenção e imobilização da cabeça, foi instilado uma gota do colírio anestésico (Cloridrato de Proximetacaína 5mg/ml :Anestalcon® - Alcon) e três minutos depois foi aplicado o lubrificante estéril (Metilcelulose 2% - Ophthalmos®) em cada olho e seguiu-se com a gravação das imagens pela técnica transcorneana no eixo axial, posição vertical e horizontal. As imagens foram gravadas em modo B com o auxílio do aparelho da marca SONOSITE, modelo M- TURBO®, empregando uma sonda ultrassonográfica linear de frequência variável (7 a 13 MHz).

Os parâmetros avaliados foram: extensão da câmara anterior, cristalino (eixo axial e longitudinal), câmara vítrea e diâmetro ocular total. Os resultados foram obtidos em milímetros.

## **Eletrorretinografia de Campo Total**

### ***Avaliação inicial e sedação***

Inicialmente os animais foram pesados e passaram pela avaliação clínica, mensurando parâmetros como frequência cardíaca e respiratória. Seguiu-se então com a administração intramuscular de sedativos para contenção química: 20mg/Kg de cetamina (Ketamina Agener 10% - Agener União®) e 1mg/Kg de Diazepam (Diazepam 5mg/ml – União Química®) conforme as recomendações do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2013) e instruções de estudos anteriores (Tranquili, Thurmon, Grimm, 2014).

### ***Registro e Estímulos***

Os registros do ERG-ct foram feitos com eletrodos subdérmicos do tipo Ambu® modelo Neuroline subdermal 12x0.40mm, posicionando o primeiro a cinco milímetros da comissura palpebral temporal do olho examinado (eletrodo referência) e o segundo próximo a região occipital (eletrodo terra). Um terceiro eletrodo (ativo) foi confeccionado usando 20 milímetros do fio de náilon impregnado de prata do tipo Dawson Trick Litzkov (DTL) unido a extremidade de um eletrodo tipo ERG-Jet™ (Universo SA) após a remoção da lente deste último; tal eletrodo foi aplicado sobre a córnea após a dessensibilização (uma gota de Anestalcon®) e lubrificação (Metilcelulose 2% - Ophthalmos®), demonstrado na figura 5.

Para efeitos comparativos, os traçados foram gravados a partir de dois sistemas diferentes: o Nihon Kohdem, Neuropack 2 MEB-7102A/k, com sinal digitalizado pelo DATAQ® DI-158U através de um cabo RS232 com três canais e acoplado a um notebook Acer Aspire 4732Z-4620; e o sistema portátil para uso veterinário BPM 300 (Retinographics Inc) conectado ao notebook Acer Aspire 5. Vale ressaltar que o registro dos olhos direito (n=10) foram feitos utilizando o primeiro sistema e os olhos esquerdos (n=10) foram avaliados pelo segundo sistema.

### ***Protocolos e estímulos***

Os estímulos foram produzidos por um diodo emissor de luz (*Light Emited Diode- LED*) Mouser 828-OVLEW1CB9, na cor branca (7000k), com ângulo de emissão de 20°, mantido a quinze centímetros de distância do olho examinado, como apresentado na figura 6.

Para elaboração dos protocolos de estímulos empregados no presente estudo foram consideradas as diretrizes da *International Society for Clinical Electrophysiology of Vision* (ISCEV) e trabalhos anteriores realizados em aves de rapina (Hendrix, Sims, 2004; Kuhn et al., 2014; McCulloch et al., 2015).

Após a sedação e posicionamento dos eletrodos, os animais foram submetidos a cinco minutos de adaptação ao escuro, seguindo com os protocolos escotópicos: resposta a flashes de baixa intensidade ( $0,01 \text{ cd.s/m}^2$ ) repetidos a cada dois segundos ( $0,5 \text{ Hz}$ ); mista de cones e bastonetes a flashes com  $3 \text{ cd.s/m}^2$  de intensidade, com frequência de  $0,1 \text{ Hz}$ , considerando quadro respostas ao estímulo; um minuto depois, registrou-se a resposta máxima a flashes de  $10 \text{ cd.s/m}^2$ , na mesma frequência da anterior, obtendo o traçado médio após dois estímulos.

Os protocolos fotópicos foram gravados depois de 5 minutos de adaptação ao ambiente iluminado ( $30 \text{ cd/m}^2$ ), obedecendo a seguinte ordem: resposta fotópica a flashes na intensidade de  $3 \text{ cd.s/m}^2$ , usando a frequência de dois Hertz e considerando quatro respostas positivas ao estímulo para obtenção do traçado; seguiu-se com o registro da resposta Flicker usando a mesma intensidade do estímulo anterior e frequência de  $30 \text{ Hz}$ . Os registros fotópicos foram repetidos no olho esquerdo com o BPM 300 utilizando os estímulos produzidos pelo próprio aparelho, mas, devido às limitações do sistema, foi necessário alterar a frequência, ficando o primeiro a  $0,5 \text{ Hz}$  e para resposta Flicker os estímulos duraram aproximadamente  $0,5$  segundos, com intervalo entre teste de dois segundos.

#### *Avaliação da Sensibilidade Espectral*

Após os registros fotópicos com o Neuropack, prosseguiu-se com o estudo da sensibilidade espectral através da ERG-ct de forma multifrequencial, variando o comprimento de onda da luz emitida pelo LED, na intensidade de  $3 \text{ cd.s/m}^2$  e frequência de  $5 \text{ Hz}$ . Os estímulos foram feitos em ordem crescente de acordo com o comprimento de onda, aguardando 1 minuto entre os estímulos de cores diferentes, conforme apresentado no quadro a seguir:

**Quadro 1.** Representação da ordem dos registros de acordo com o comprimentos de onda e a descrição dos LEDs utilizados na avaliação da sensibilidade espectral.

Cor de iluminação	Comprimento de onda (nm)	Descrição do LED (Mouser Electronics®)
Ultravioleta	405	593-VAOL5EUV0T4
Azul	470	630-HLMP-CB1A-XY0DD
Verde	527	941-C503BGANCB0F0792
Amarelo	591	859-LTL2H3PYK14
Vermelho	626	630-HLMP-EG1B-Z10DD
Infravermelho	940	78-VSLB4940

nm: nanômetros

### ***Avaliação e Valores***

Todos os traçados de ERG-ct foram avaliados considerando a presença das ondas características (onda 'a' e onda 'b'), aferindo os valores de tempo implícito (o tempo necessário para surgimento do pico, medido em milissegundos) e amplitude (considerada a distância da linha de base para o pico da onda 'a' e distância entre a onda 'a' e o pico da onda 'b' como seu valor; os resultados foram dados em microvolts).

Os valores de Tempo entre Picos e amplitudes das respostas Flickers foram mensuradas de forma independente (pico a pico), obtendo-se três valores de cada parâmetro em cada traçado e considerando como valor final para o indivíduo a média destas mensurações.

### ***Avaliação estatística***

Os dados obtidos foram agrupados em diferentes tabelas de acordo com seu grupo e então foi realizada a análise estatística descritiva, obtendo-se os valores da média e desvio padrão para cada um. Em seguida, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk a fim de testar a distribuição normal ( $p > 0,05$ ) dos valores de cada parâmetro.

Seguiu-se com o teste paramétrico T de Student, com nível de significância de 5%, para averiguar as possíveis diferenças estatísticas entre os olhos (direito e esquerdo) no caso dos testes clínicos e ecobiometria; foi empregado também para comparar os valores dos registros de ERC-ct obtidos com o Neuropack e com o BPM 300.

## **RESULTADOS**

Todos os parâmetros analisados mostraram distribuição normal ao serem submetidos ao teste estatístico de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ) e, ao se empregar o teste T de Student na comparação de valores entre os olhos (direito e esquerdo), não se observou variância significativa ( $p > 0,05$ ) quanto aos parâmetros clínicos e ultrassonográficos analisados.

### ***Teste Lacrimal de Schirmer***

A avaliação quantitativa do volume lacrimal em milímetros por minuto foi facilmente realizada através do Teste Lacrimal de Schirmer, obtendo-se o valor médio de  $11,95 \pm 2,6$ . Os animais se mantiveram calmos durante o exame e a largura da fita foi comportada sem maiores complicações no seu saco conjuntival, conforme demonstra a figura 7.

### ***Estesiometria Corneana***

O estesiometro de Cochet Bonnet se mostrou eficaz na avaliação da sensibilidade corneana nos animais estudados, sendo um teste de simples realização. Os valores encontrados não apresentaram diferenças significativas entre os olhos ( $p = 0,5$ ), alcançando o valor médio

geral de 25 mm com desvio padrão de aproximadamente 7,3 mm ( $1,8 \pm 0,52$  g/mm<sup>2</sup>). A figura 8, demonstra a realização do teste e o momento de aquisição do resultado.

### ***Tonometria de rebote***

A estimação da Pressão Intraocular através da Tonometria de Rebote foi executada de forma simples e rápida sem que os animais manifestassem nenhuma oposição ou sinal de desconforto. O valor médio calculado foi aproximadamente  $22,22 \pm 2,19$  mmHg. A figura 9 apresenta a realização do exame.

### ***Ecobiometria Ocular***

A contensão física foi suficiente para permitir a realização dos exames ultrassonográficos (figura 10) que transcorreram sem complicações. Os valores obtidos se mostraram estatisticamente semelhantes e houve pouca variação individual, como exposto na Tabela 3.

### ***Eletrorretinografia de Campo Total***

Todos os protocolos empregados nos registros de ERG-ct foram realizados sem maiores complicações e obtendo respostas válidas para cada um. Os eletrodos mostraram boa captação do sinal e a sedação empregada foi suficiente para a realização dos exames, mantendo os animais imóveis e preservando os parâmetros fisiológicos. A Tabela 4 mostra os valores obtidos nos testes realizados em ambiente escuro (respostas escotópicas) e a Figura 11 apresenta um exemplo de cada traçado para análise qualitativa.

Os registros realizados em ambiente iluminado a  $30\text{cd/m}^2$  (fotópicos) também mostram boa qualidade nos traçados, sendo observados as ondas 'a' e 'b' em todos os traçados. As respostas *Flickers* foram gravadas em todos os animais.

Os exames fotópicos e *Flickers* foram realizados no olho esquerdo de cada aves empregando o sistema de uso BPM 300 (Retinographics Inc). Obteve-se traçados com melhores definições e menores desvios padrões quando comparado aos traçados gravados com o Neuropack, conforme mostrado na Figura 12. Além disso, as médias de amplitudes, tanto na resposta fotópica quanto no *Flicker*, foram significativamente diferentes entre os aparelhos ( $P < 0,05$ ), sendo as maiores amplitudes apresentadas pelo BPM-300. A Tabela 5 apresenta os valores médios obtidos em cada aparelho.

### ***Avaliação da Sensibilidade Espectral***

As respostas ERG-ct foram registradas em quase todos os comprimentos de onda empregados nos estímulos, com exceção do infravermelho (940nm). Vale ressaltar que, ao se

analisar os valores médios de tempo implícito e amplitude das ondas 'a' e 'b', não se observou variação estatística significativa em praticamente todos os estímulos, excetuando apenas a amplitude da onda 'a' e o tempo implícito da onda 'b' registrados com o estímulo ultravioleta (405nm) que se mostraram discretamente maior que os demais. Os valores médios obtidos estão expostos nos gráficos das figuras 13, 14, 15 e 16.

## **DISCUSSÃO**

A Oftalmologia Veterinária é uma especialidade que muito tem avançado nos últimos tempos, beneficiando-se das novas tecnologias e recursos investigativos que possibilitam diagnósticos imediatos, simples e eficientes. Entretanto, a carência de dados comparativos entre as espécies e a aquisição de informações básicas são limitações reais ao seu desenvolvimento (Gellat, Gilger, Kern, 2013). As aves de rapina apresentam várias peculiaridades oftálmicas que merecem atenção singular do médico veterinário que lida com estas espécies, pois é de sua competência identificar e solucionar problemas encontrados, principalmente quando se trata das afecções oftálmicas, pois a visão é o seu sentido primordial para estes animais (Bayón et al., 2007; Piñeiro, Bert, 2011).

A proximidade desses animais das e zonas urbanas tem favorecido o aumento de atendimento em centros de reabilitação, principalmente com problemas no sistema visual, como revelado em estudos que mostraram a prevalência de 14,5% a 75% de lesões oftálmicas em aves de rapina atendidas em ambientes de reabilitação (Murphy et al., 1982; Cousquer, 2005; Labelle et al., 2012). Por isso, a disponibilização de parâmetros de normalidade fornece ferramentas clínicas aos profissionais da área, contribuindo assim para tornar os diagnósticos mais precisos e os tratamentos mais assertivos.

### ***Teste Lacrimal de Schirmer***

Os testes clínicos oftálmicos realizados foram de execução simples e rápida, visando obter valores precisos e diminuir o estresse causado ao animal. A fita de papel utilizada para quantificação da produção lacrimal pode ser inserida no saco conjuntival de todos os animais com notável facilidade. Esta observação é válida, pois quando não é possível usar as fitas de TLS comerciais, o Teste do Fio Vermelho de Fenol se mostra como uma alternativa na oftalmologia aviária (Fornazari et al., 2018), apesar deste último ter mostrado uma correlação fraca com o TLS em estudo realizado com aves de rapina (Cohen et al., 2015).

Os valores médios obtidos no presente trabalho foram discretamente maiores aos observados em estudo com carcarás das regiões nordeste ( $9,86 \pm 3,13$ ) e sul ( $7,84 \pm 3,05$  mm) do Brasil (Baldotto, 2012; Vicente, 2017) e se aproximou de valores encontrados em rapinantes

maiores como abutres (Apruzzese et al., 2018). Deve-se lembrar que diversos fatores podem interferir na produção lacrimal, como habitat, o gênero, o peso e a sazonalidade (Williams, 1994; Beech et al., 2003; Harris et al. 2008; Montiani- Ferreira et al., 2008).

### ***Estesiometria corneana***

A estesiometria corneana tem sido amplamente aplicada na medicina humana e veterinária, pois a determinação da sensibilidade da córnea contribui, dentre outros fatores, na avaliação de cicatrizações pós cirúrgicas, distúrbios neurológicos e patologias oculares (Kohlhaas et al., 1992; Lin et al., 2001; Matsui et al., 2001; Lacerda et al., 2014). A estesiometria já foi estudada em diferentes mamíferos e também em aves de rapinas onde se observou que não há diferença de sensibilidade em relação a região da córnea estimulada (Rozsa e Beuerman, 1982; Chan-Ling, 1989; Barrett et al., 1991; Lacerda et al., 2014).

Sabe-se que seu valor pode diminuir com o envelhecer do animal, como já avaliado no Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*) e em coruja-orelhuda (*Asio clamator*) (Rodarte-Almeida et al, 2013). Tal fato pode estar relacionado aos hábitos dos animais que exercem atividades como voo, caça e o ato de piscar pode interferir negativamente; favorecendo a variação de valores dentro da espécie (Reese et al., 2009; Storey, 2009). No entanto, os valores encontrados no presente estudo foram notavelmente inferiores aos descritos por Lacerda et al. (2014) em outras aves de rapinas diurnas, incluindo falconídeos, ( $4,9 \pm 1,7$  cm) e pode estar relacionado aos hábitos alimentares únicos do Carcará, como escavar o chão por exemplo ou a idade dos animais avaliados.

Até o presente momento, não foi encontrada nenhuma descrição de estudo da estesiometria corneana em *Caracara plancus*, sendo oferecido com este trabalho um dado único que pode embasar outras investigações e o uso clínico.

### ***Tonometria de rebote***

A tonometria de rebote tem se popularizado na Medicina Veterinária devido ao seu fácil emprego, pois não necessita de muita colaboração do paciente e dispensa o uso de anestésico tópico ou sistêmicos (Ofri, 2002; Ribeiro et al., 2007). Estudos comparando os valores da PIO obtidos com a tonometria de rebote e a manometria foi realizado em olhos enucleados de aves de rapina e apresentaram correlação significativamente boa e linear (Reuter et al., 2010).

Dentre os fatores que afetam a PIO em animais pode-se descrever o ciclo circadiano (Bertolucci et al., 2009), o estresse (Miyazaki, Matsuo e Kurabayashi, 2000) e o posicionamento da cabeça em relação ao coração (Komáromy et al., 2006). Para amenizar a influência dessas

variáveis, os animais do presente estudo foram todos contidos pelo mesmo avaliador e foram mantidos em posição de estação.

O TonoVet Plus (Icare®) permitiu a realização de estimações rápidas da PIO sem que os animais demonstrassem sinais de desconforto ou dor. O valor médio alcançado no presente estudo corrobora com descrição de Baldotto (2017) que usou a tonometria de aplanção e obteve valor médio de  $19,18 \pm 3,06$  em carcarás. O valor relativamente maior estimado pelo TonoVet também já foi descrito em estudos que compararam os seus valores aos estimados pelo TonoPen XL® em *Bubo bubo* (Man-Bok et al., 2007), podendo ser considerada uma característica intrínseca ao método.

### ***Ecobiometria Ocular***

A ultrassonografia ocular foi realizada pela técnica transcorneana, através da qual se obteve os valores ecobiométricos descritos neste trabalho. As aves se mantiveram calmas durante o exame e contensão física aliada ao uso do anestésico tópico (Anestalcon®) e gel lubrificante (Metilcelulose 2%- Ophthalmos®) foram suficientes para propiciar a execução da metodologia descrita. Este método foi eleito para o presente estudo pois favorece a inspeção das estruturas do segmento ocular posterior, além de não necessitar obrigatoriamente do gel acústico para sua realização (Wikie, Willis, 2005, Schmidt, 2010).

As medidas encontradas para o diâmetro ocular total (DOT) e a profundidade da câmara vítrea (PCV) no presente estudo assemelharam-se aos valores observados em rapinantes diurnos, incluindo falconídeos, por Beckwith-Cohen (2015) que descreveu a média de 1,8 cm para o comprimento axial e 1,1 cm para a extensão do vítreo. Ao se avaliar a relação entre o DOT e diâmetro axial do cristalino (DAC) e a sua relação com o comprimento do pecten (CP), ou seja, DOT/DAC e DOT/CP, obteve-se valores semelhantes aos relatados em *Aegyptius monachus* (Apruzzese et al., 2018), demonstrando que as proporções oculares do *Caracara plancus* se comporta de forma semelhante a outras espécies de aves de rapina diurnas.

### ***Eletrorretinografia de campo total***

O uso injetável de agentes sedativos dissociativos e benzodiazepínicos, como a Cetamina e o Diazepam, é indicado para promover tranquilização, relaxamento muscular, sedação e anestesia de curta duração em aves, sendo indicado para procedimentos diagnósticos, e quando associados a métodos analgésicos, cirurgias menores (Tranquilli, Thurmon, Grimm, 2014). Sabe-se que a indução de anestesia ou sedação atenua as amplitudes e pode aumentar o tempo implícito do ERG-ct (Marmor et al., 2009). Entretanto, ao se comparar o efeito de anestésico geral inalatório e uma combinação de benzodiazepínico com agente dissociativo no

registro de ERG-ct de cães, o segundo foi preferido por trazerem menores influências ao traçado (Lin et al., 2009). Por esses motivos o protocolo sedativo no presente estudo foi escolhido e se mostrou suficiente para cumprir o objetivo proposto sem nenhuma complicação.

Tendo em vista as interferências de ruídos elétricos que a ERG-ct pode sofrer, todos os registros foram realizados em ambiente eletricamente isolado. Além disso, os ruídos podem ser afetados pelo posicionamento dos eletrodos no paciente, principalmente o eletrodo de córnea que é o que conduz os maiores sinais e possibilita leituras mais estáveis (Marmor et al, 2009). O eletrodo DTL™ pode ser usado como eletrodo ativo, sendo vantajoso por dispensar o uso de anestesia tópica, em humanos, e permitir o uso confortável durante períodos longos de avaliação. Ao se comparar o seu desempenho a lente de contato ERG-jet no registro de ERG-ct em cães não se notou diferenças qualitativas ou quantitativas nos traçados (Pereira et al., 2013). O uso do DTL no presente estudo possibilitou a execução de todos os protocolos escolhidos em todos os indivíduos. Os traçados se mostraram com baixos níveis de ruídos e de fácil leitura.

O tempo de adaptação ao escuro escolhido foi capaz de aumentar as amplitudes das ondas quando comparadas aos registros fotópicos. Entretanto, este período não foi o suficiente para o correto registro da resposta escotópica mínima ( $0,01 \text{cd.s/m}^2$ ), pois a onda 'a' se manteve presente traçado e quando normalmente não deve ser encontrada (McCulloch et al., 2015). Mas, o valor obtido deve ser considerado, pois também reflete a atividade da via bastonete devido à baixa intensidade e frequência do estímulo.

Os registros fotópicos e Flickers foram gravados em ambos os olhos, sendo primeiro realizado com o Nihon Khoden Neuropak no olho direito e depois foi usado o BPM- 300 para os exames do olho esquerdo. Sabe-se que nos registros de ERG-ct de indivíduos saudáveis tende a não se encontrar diferenças significativas entre os olhos contralaterais, como demonstrado no estudo da ERG-ct de águias americanas (Kuhn et al., 2014), por exemplo. Uma metodologia semelhante também foi empregada em estudos eletrofisiológicos comparativos em humanos (Yin e Pardue, 2004). Por isso, ao se realizar os testes do presente trabalho desta forma, foi possível aumentar as informações clínicas disponíveis sem necessitar submeter os animais a períodos de sedações longas ou repetidas.

O BPM – 300 (Retinographics, Inc) é um sistema de eletrodiagnóstico veterinário de manuseio simples e fácil portabilidade. Seu objetivo é ser usado principalmente na rotina clínica veterinária, mas também pode ser aplicado em pesquisas como já publicado em alguns casos (Pereira et al., 2013; Shaotong Tu et al., 2021). Suas limitações de configurações de estímulos limita o seu uso, pois não é possível estabelecer alguns dos requisitos propostos pela ISCEV.

Os traçados obtidos com esse aparelho no presente estudo se mostraram mais estáveis e com menores desvios-padrão quando comparado aos dados fotópicos obtidos com o Neuropak. Além disso, as amplitudes das ondas registradas com o BPM – 300 foram significativamente maiores do que as gravadas pelo outro equipamento. Tal fato pode estar relacionado a fatores intrínsecos do equipamento que o torna mais sensível.

Os valores de tempo implícito das ondas obtidas nos diversos protocolos executados neste estudo se assemelham aos observados por Labelle et al. (2012) em seus registros de ERG-ct em aves de rapinas diurnas sem o uso da contenção química. No entanto, os valores de amplitudes que foram relatados são notavelmente maiores do que os registrados no presente estudo. Tal fato se repete ao se avaliar os dados dos registros de ERG-ct em *Haliaeetus leucocephalus* realizados por Kuhn et al., (2014). Estas diferenças podem estar relacionadas a fatores próprios dos carcarás, dos equipamentos utilizados, ou a sedação, pois os valores fotópicos gravados pelo Neuropak são equiparáveis aos encontrados nos registros de *Amazona ventralis* anestesiados (Hendrix e Sims, 2004). Vale lembrar que os valores de ERG-ct apresentados nos estudos citados são advindos de espécies e protocolos diferentes, o que não permite uma comparação direta entre os valores.

### ***Sensibilidade Espectral***

O presente estudo demonstrou ser possível registrar a resposta retiniana a cinco comprimentos de ondas diferentes: 405nm (ultravioleta), 470nm (azul), 527nm (verde) 591nm (amarelo) e 626nm (vermelho). Este achado pode estar relacionado a complexidade da estruturação e distribuição de fotorreceptores que normalmente estão presentes na retina das aves diurnas, sendo os bastonetes relacionados a visão em ambientes de baixa luminosidade, os quatro diferentes cones simples que atuam para a visão em cores e os cones duplos que melhoram discriminação da luminância na retina aviária (Hart, 2001).

Sabe-se que a formação do traçado de ERG-ct se origina primeiramente a deflexão negativa oriunda da atividade dos fotorreceptores que sofrem a diminuição das concentrações de potássio intracelular e acionam a atividade das células gliais adjacentes; está deflexão se chama onda ‘a’ (Wachtmeister, 1998; Pinto et al, 2007; Holder et al, 2010). A deflexão subsequente é positiva, denominada onda ‘b’, e representa a ação das células bipolares on em conjunto com as células de Müller (Pinto et al, 2007). Nos registros de ERG-ct multifrequencial deste trabalho os dois componentes foram observados nos traçados. Compreendeu-se também que, em mamíferos, frequências de estímulos superiores a 5Hz limita a participação dos bastonetes e suas vias condutoras (Tanimoto, Sothilingan, 2015). Por isso, pode-se acreditar

que as respostas obtidas aos estímulos coloridos sejam oriundas, em sua maior parte, da atividade dos cones e suas vias que foram capazes de responder a estímulos específicos.

No entanto, apesar de ter se formado as respostas de ERG-ct robustas para cada cor de estímulo, não se pode inferir que se limitam a essas cores a sua percepção, pois as gotículas de óleos ricos em carotenoides que estão localizada nos cones das aves provocam um efeito de filtro e assim melhora a sensibilidade e a especificidade da célula fotorreceptora a que pertence. Assim, a resposta celular depende não só da sua opsina, mas também da capacidade de filtração do carotenoide presente na gotícula (Toomey et al., 2015; Moro, Verdejo, Corral, 2017).

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo demonstra a realização dos testes clínicos oftálmicos em *Caracara plancus* bem como seus valores de normalidade obtidos. Na ecobiometria ocular pode-se notar que as conformações e proporções do olho desta espécie se assemelha com os demais rapinantes diurnos. Os protocolos escotópicos e fotópicos empregados nos registros da Eletrorretinografia de campo total foram capazes de registrar a resposta em todos os animais, mas o tempo de adaptação ao escuro deve ser maior que dez minutos para captar a resposta total de bastonetes. Observou-se também que a espécie é capaz de responder a pelo menos cinco comprimentos de onda diferentes (do ultravioleta ao vermelho) na eletrorretinografia, sem haver grandes diferenças nos valores de tempo implícito e amplitudes das ondas estudadas.

## **CONFLITOS DE INTERESSE**

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## **COMITÊ DE ÉTICA**

Os experimentos do presente estudo foram realizados após aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CEUA-UFRPE), sob licença nº 120/2019, sob o cadastro no Sistema Nacional De Gestão do Patrimônio Genético E Do Conhecimento Tradicional Associado nº A35C5CC; sendo cadastrado também no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO.

## REFERÊNCIAS

Apruzzese, A. et al. Ocular Ultrasonography and Biometry in the Cinereous Vulture (*Aegypius monachus*). **Journal of avian medicine and surgery**. v. 32, n. 4, p. 307-313, 2018

Baldotto, S.B. **Investigações sobre oftalmologia de animais de companhia não convencionais, com ênfase na soroprevalência do *Encephalitozoon cuniculi***. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná. 2012.

Barrett P. et al. Absolute corneal sensitivity and corneal trigeminal nerve anatomy in normal dogs. **Progress in Veterinary & Comparative Ophthalmology** 1: 245–254. 1991;

Bayón, A. et al. **Avian ophthalmology**. Eur. J. Companion Anim. Pract, 17(3): 253-266, 2007.

Beech, J. Et al. 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, 6(3): 251–254, 2003.

Bertolucci, C. et al. Circadian intraocular pressure rhythms in athletic horses under different lighting regime. **Chronobiology International**, 26(2): 348-358, 2009.

Cohen, B.B. et al. Differences in ocular parameters between diurnal and nocturnal raptors. **Veterinary Ophthalmology**, 18, Supplement 1, 98–105. 2015.

Chan-Ling T. Sensitivity and neural organization of the cat cornea. **Investigative Ophthalmology & Visual Science** 30: 1075–1082. 1989.

Cousquer G. **Ophthalmological findings in free-living tawny owls (*Strix aluco*) examined at a wildlife veterinary hospital**. Veterinary Record 2005; 156: 734–739(Doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária, Santa Maria, 2005.

Fornazari, G, et al. I modified Schirmer's I, phenol red thread, and paper point tests: a comparative study for tear production measurement techniques in broiler chicks (*Gallus*

*gallus domesticus*) **Poultry Science**, 1;97(9):3258-3263. 2018.

Gelatt, K. N.; Gilger, B. C.; Kern, T. J. **Veterinary Ophthalmology**. 5 ed. USA: Wiley-Blackwell, 2013.

Hang Yin, M. T P, Performance of the DTL electrode compared to the jet contact lens electrode in clinical testing. **Doc Ophthalmology**, 108(1):77-86. 2004.

Harris, M.C. et al. Ophthalmic examination findings in a colony of Screech owls (*Megascops asio*). **Veterinary Ophthalmology**, 11(3), 186-192, 2008.

Hart, N.S. The visual ecology of avian photoreceptors. **Progress in Retinal Eye Research**, 20, 675–703, 2001.

Hendrix, D. V. H.; Sims, M. H. Electroretinography in the Hispaniolan Amazon Parrot (*Amazona ventralis*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**. v. 18, n. 2, p. 89-94, 2004.

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, 505-518. 2006.

Kohlhaas M, et al. Aesthesiometry of the cornea after refractive corneal surgery. **Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde** 1992; 201: 221–223.

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.

Kuhn, et al. FLASH ELECTRORETINOGRAPHY IN THE BALD EAGLE (*HALIAEETUS LEUCOCEPHALUS*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, 45(3): 696–699, 2014.

Labelle, A. L. et al. Clinical utility of a complete diagnostic protocol for the ocular evaluation of free-living raptors. **Veterinary Ophthalmology**, 15(1), 5–17. 2012.

Lacerda, R. P. et al. comparative study of corneal sensitivity in birds of prey. **Veterinary Ophthalmology**, 17(3), 190–194. 2014.

Lin PY, Cheng CY, Wu CC et al. Bilateral neurotrophic keratopathy complicating Vidian neurectomy. **American Journal of Ophthalmology** 132: 106–108. 2001.

Lin, S. L., et al. The effects of different anesthetic agents on short electroretinography protocol in dogs. **Journal of Veterinary Medical Science**, 71(6), 763–768. 2009.

Man-Bok, J. et al., Comparison of the rebound tonometer (TonoVet®) with the applanation tonometer (TonoPen XL®) in normal Eurasian Eagle owls (*Bubo bubo*) **Veterinary Ophthalmology**. v.10, n. 6, p. 376–379, 2007.

Marmor, M. F. et. al. ISCEV standard for full-field clinical electroretinography; 37 **Documenta ophthalmologica**, 118: 69-77. 2009.

Matsui H, et al. Corneal sensation after correction of myopia by photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. **Journal of Cataract & Refractive Surgery** 27: 370–373. 2001.

Mcculloch D.I. et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography. **Doc Ophthalmol**. 130(1):1-12. 2015.

Menq, W. Carcará (*Carcara plancus*) – Aves de Rapina Brasil. 2018. Disponível em:[http://www.avesderapinabrasil.com/caracara\\_plancus.htm](http://www.avesderapinabrasil.com/caracara_plancus.htm). Acesso em: 26 de agosto de 2020.

Miyazaki, Y.; Matsuo, T.; Kurabayashi, Y. Immobilization stress induces elevation of intraocular pressure in rabbits. **Ophthalmic Research**, (32): 270-277, 2000.

Montiani-Ferreira F. et al. The capybara eye: clinical tests, anatomic and biometric features. **Veterinary Ophthalmology**. 11(6):386-394. 2008.

Moro, J. G. M.; Verdejo, J. L. H.; Corral, A. C.; El sistema visual de las rapaces diurnas: revision actualizada. **Archivo de la Sociedad Española de Oftalmología**, 95(5): 225-235, 2017.

Murphy, C.J. Kern Tj, McKeever K Et Al. Ocular lesions in freelifving raptors. **Journal of the American Veterinary Medical Association** (1):181.1982.

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

Pereira, A.L. et al. Electroretinography in dogs using a fiber electrode prototype Brazilian. **Journal of Medical and Biological Research** 46(3): 257–262. 2013.

Piñeiro, C.J.; Bert, E.. Valoración de las afectaciones al sistema visual de las aves. **REDVET**, 12(1), 1-41. 2011.

Pinto, L.H et al. Interpretation of the mouse electroretinogram. **Doc Ophthalmol** 115, 127–136. 2007.

Reese, S; Korbel, R.; Liebich, H-G. Sehorgan (Organum visus) In: König, H.E., Ribeiro, A.P., Ortiz, J.P., Vitaliano, S.N., Thiesen, R., Escobar, A., Belmonte, E.A., Laus, J.L. & Werther, K. 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.

Ribeiro, A.P., Ortiz, J.P., Vitaliano, S.N., Thiesen, R., Escobar, A., Belmonte, E.A., Laus, J.L. & Werther, K. 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.

Rodarte-Almeida, A. C. V. et al. O olho da coruja-orelhuda: observações morfológicas, biométricas e valores de referência para testes de diagnóstico oftálmico. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 33(10):1275-1289, 2013.

Rozsa AJ, Beuerman RW. Density and organization of free nerve endings in the corneal epithelium of the rabbit. **Pain** 14: 105–120. 1982.

Shaotong Tu, Y. J. et al. Electroretinography (ERG) in the Wild Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*). Brief Communication: **Veterinary Ophthalmology**, 2021.

Schmidt, V. **Ultrassonografia ocular e orbitária**. In: MANNION, P. Ultrassonografia de pequenos animais. Rio de Janeiro: Revinter, 2010. p. 278-300.

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 American Veterinary Medical Association**. 235(10):1181-1187. 2009.

Tanimoto, N.; Sothilingan, V. Electroretinographic assessment of rod- and cone-mediated bipolar cell pathways using flicker stimuli in mice. **Nature: Scientific Report**. v. 5, p. 10731, 2015.

Toomey, M. B. et al. A complex carotenoid palette tunes avian colour vision. **Journal of the Royal Society Interface**, 12(111). 2015.

Tranquilli, W.J.; Thurmon, J.C.; Grimm, A. **Lumb & Jones: Anestesiologia e Analgesia Veterinária**. Tradução: Carlos Augusto Araújo Valadão. São Paulo: Roca, 2014.

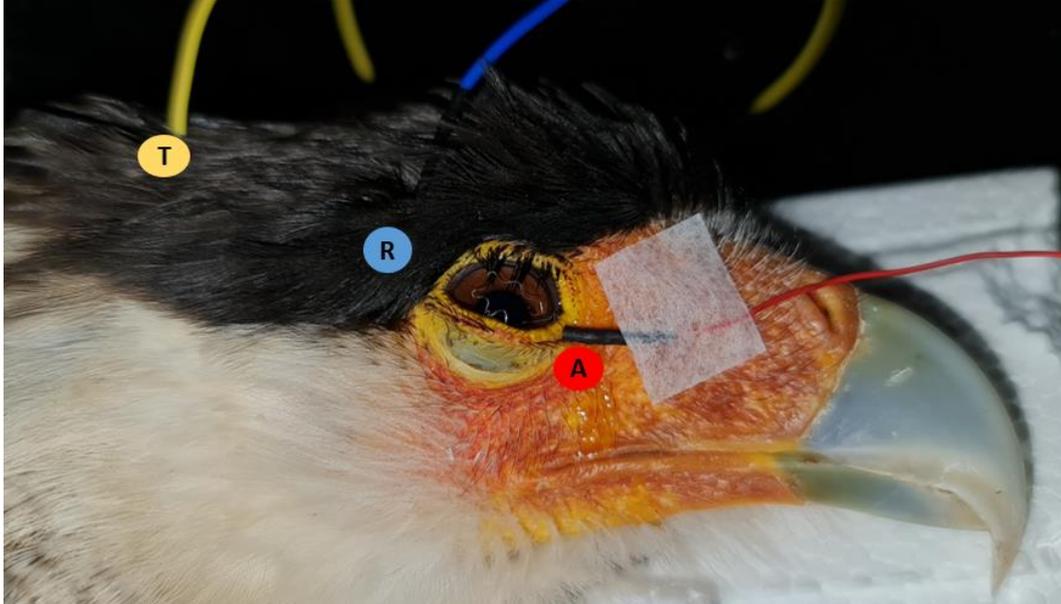
Vicente, J. A. **Determinação De Valores De Referência Para Testes Oftálmicos Em Aves De Rapina: Carcará (*Caracara plancus*), Gavião Carijó (*Rupornis magnirostris*) E Corujinha-Do-Mato (*Megascops choliba*)**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação TCC - Medicina Veterinária. Universidade Federal da Paraíba, 2017.

Wachtmeister, L. Oscillatory potentials in the retina: What do they reveal. **Progress in Retinal and Eye Research**, 17(4), 485–521. 1998.

Wilkie, D.A.; Willis, A.M. Ultra-sonografia ocular. In: RIIS, R.C. Segredos em Oftalmologia de Pequenos Animais, 1 ed., Porto Alegre: **ArtMed**, (4): 37-44. 2005.

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

## APÊNDICE



**Figura 5.** Demonstração da colocação dos eletrodos no carcará. A: Eletrodo ativo; R: Eletrodo referência; T: Eletrodo terra.



**Figura 6.** Estímulo por diodo cor branca Vermelho: Eletrodo ativo; Azul: Eletrodo referência; Amarelo: Eletrodo terra.



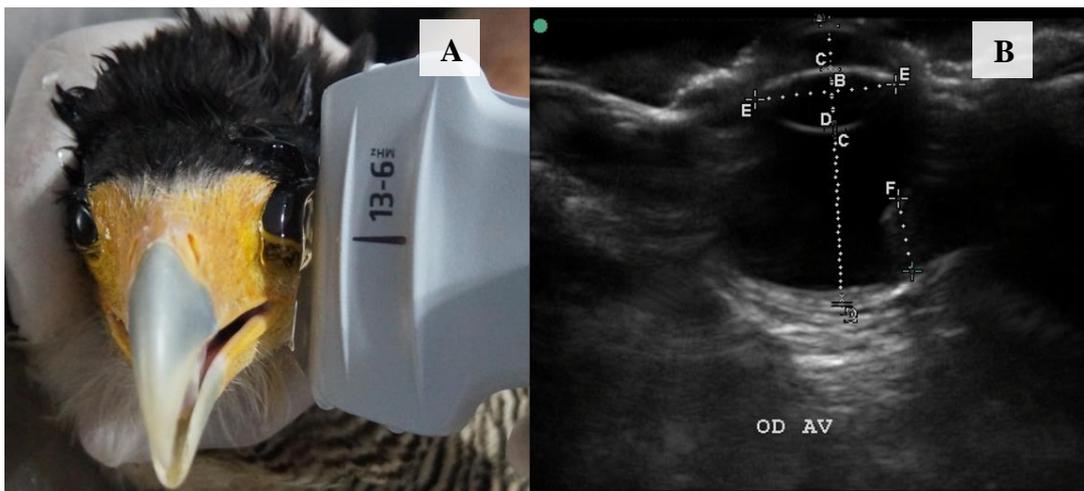
**Figura 7.** Demonstração da quantificação da porção aquosa do filme lacrimal (teste lacrimal de Schirmer) em um Carcará. Fonte: SOUZA, 2020.



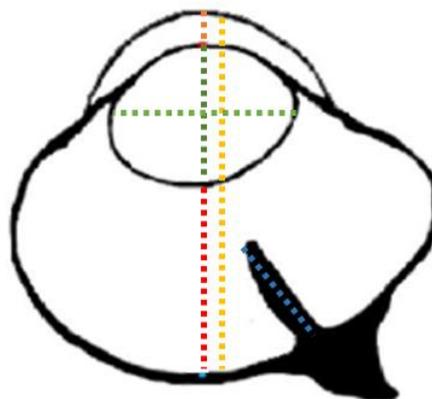
**Figura 8.** Realização da estesiometria corneana em *Caracara plancus*. Na imagem a esquerda mostra o estesiômetro de Cochet Bonnet posicionado com o náilon tocando na córnea, sem despertar o reflexo corneano.



**Figura 9.** Execução da tonometria de rebote através do TonoVet Plus® em um Carcará.



C



- PCA
- DHC
- DAC
- PCV
- DOT
- CP

**Figura 10.** A: Posicionamento do transdutor sobre o olho do carcará; B: Imagem Ultrassonográfica do olho do carcará e Ecobiometria; C: Desenho esquemático das mensurações realizadas na Ecobiometria. PCA:

Profundidade da Câmara Anterior; DAC: diâmetro axial do Cristalino; DHC: diâmetro horizontal do cristalino; PCV: profundidade de câmara vítrea; CP: comprimento do pecten; DOT: diâmetro ocular total.

**Tabela 3.** Apresentação dos valores individuais e médios observados na ecobiometria ocular.

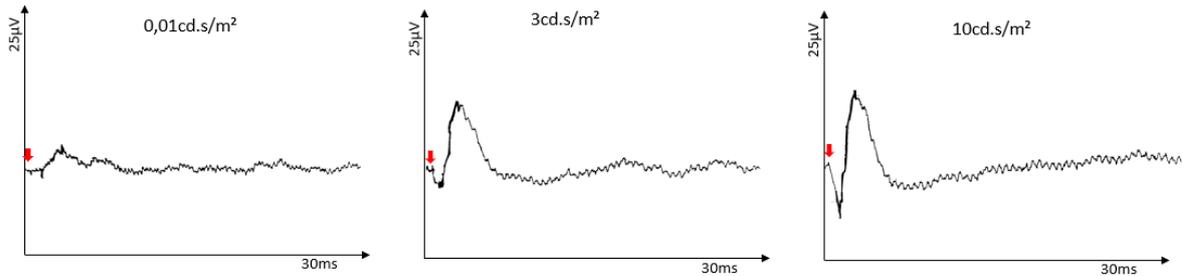
		<i>PCA</i>	<i>DAC</i>	<i>DHC</i>	<i>PCV</i>	<i>CP</i>	<i>DOT</i>
<b>A1</b>	<i>OD</i>	034	0,4	0,95	1,21	0,56	1,93
	<i>OE</i>	0,34	0,39	0,96	1,21	0,48	1,93
<b>A2</b>	<i>OD</i>	0,3	0,37	0,87	1,15	0,53	1,85
	<i>OE</i>	0,25	0,4	0,9	1,12	0,55	1,82
<b>A3</b>	<i>OD</i>	0,3	0,39	0,87	1,15	0,44	1,93
	<i>OE</i>	0,26	0,41	0,88	1,14	0,48	1,87
<b>A4</b>	<i>OD</i>	0,3	0,42	0,97	1,2	0,51	1,93
	<i>OE</i>	0,29	0,46	0,95	1,17	0,5	1,87
<b>A5</b>	<i>OD</i>	0,28	0,47	0,94	1,13	0,48	1,88
	<i>OE</i>	0,28	0,45	0,93	1,14	0,55	1,88
<b>A6</b>	<i>OD</i>	0,27	0,44	0,92	1,15	0,5	1,82
	<i>OE</i>	0,28	0,46	0,93	1,16	0,58	1,84
<b>A7</b>	<i>OD</i>	0,39	0,4	0,94	1,11	0,47	1,92
	<i>OE</i>	0,3	0,42	0,96	1,12	0,5	1,87
<b>A8</b>	<i>OD</i>	0,26	0,42	0,9	1,16	0,57	1,82
	<i>OE</i>	0,26	0,45	0,92	1,17	0,5	1,82
<b>A9</b>	<i>OD</i>	0,28	0,41	0,93	1,1	0,5	1,8
	<i>OE</i>	0,28	0,43	0,94	1,11	0,64	1,8
<b>A10</b>	<i>OD</i>	0,32	0,38	0,93	1,14	0,61	1,84
	<i>OE</i>	0,29	0,4	0,9	1,12	0,69	1,83
<b>MÉDIA</b>		0,293	0,418	0,920	1,148	0,532	1,862
<b>DESVIO PADRÃO</b>		0,033	0,028	0,029	0,032	0,062	0,045

A: animal examinado; OD: Olho direito; OE: olho esquerdo; PCA: Profundidade da Câmara Anterior; DAC: diâmetro axial do Cristalino; DHC: diâmetro horizontal do cristalino; PCV: profundidade de câmara vítrea; CP: comprimento do pecten; DOT: diâmetro ocular total.

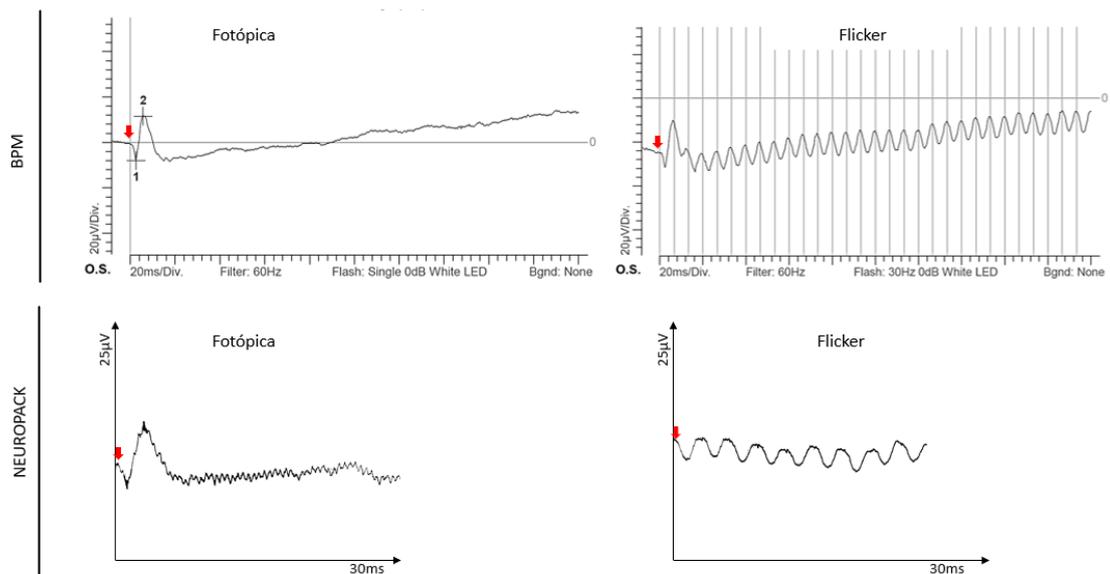
**Tabela 4.** Tabela demonstrando os valores de média e desvio padrão das ondas "a" e "b" obtidas nos protocolos escotópicos.

Intensidade do Estímulo (cd.s/m <sup>2</sup> )		Tempo Implícito (ms)	Amplitude (µV)
<b>0,01</b>	Onda 'a'	14,36±2,85	6,69±2,63
	Onda 'b'	39,18±10,28	26,17±8,68
<b>3,00</b>	Onda 'a'	14,08±2,16	15,83±3,67

	Onda 'b'	$34,02 \pm 5,06$	$56,68 \pm 11,67$
<b>10,00</b>	Onda 'a'	$12,24 \pm 1,44$	$35,7 \pm 11,81$
	Onda 'b'	$31,8 \pm 5,41$	$87,71 \pm 14,83$



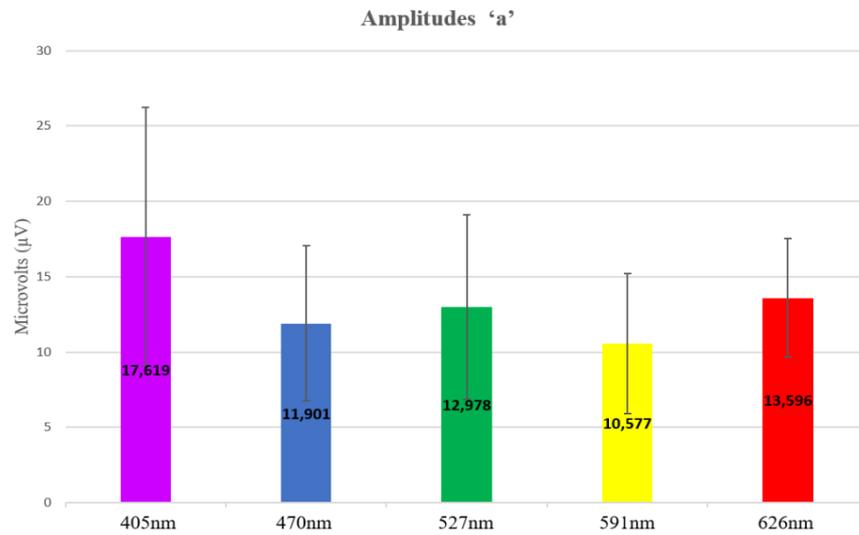
**Figura 11.** Imagens demonstrando as ondas das respostas aos três protocolos escotópicos.

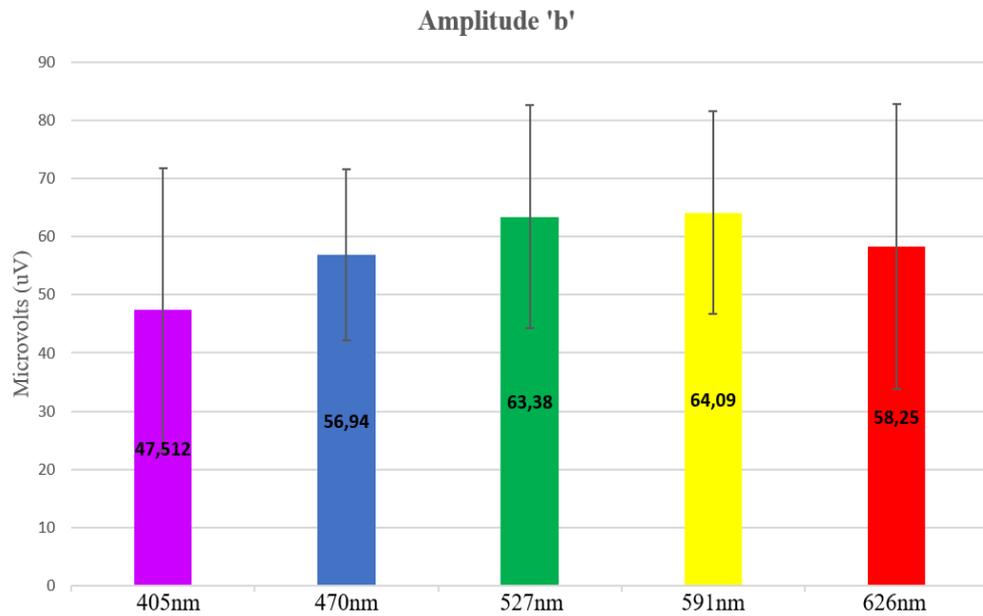


**Figura 12.** Imagem demonstrando as ondas das respostas Fotópicas e Flicker do ERG no aparelho BPM (superiores) e no aparelho Neuropack (inferiores).

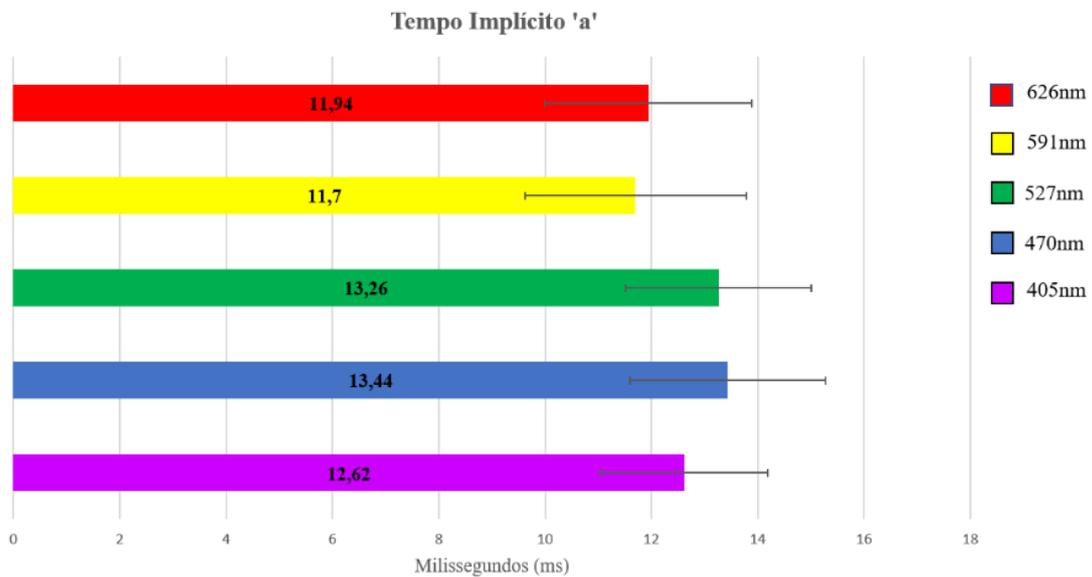
**Tabela 5.** Tabela dos valores dos protocolos Fotópico e Flicker realizado nos aparelhos BPM e Neuropack.

<b>Equipamento</b>		<b>Tempo Implícito (ms)</b>	<b>Amplitude (<math>\mu</math>V)</b>	<b>Flicker - Tempo Implícito (ms)</b>	<b>Flicker - Amplitude (<math>\mu</math>V)</b>
<b>Neuropack</b>	Onda 'a'	12,80 $\pm$ 4,40	16,43 $\pm$ 4,50	34,00 $\pm$ 0,97	23,55 $\pm$ 5,05
	Onda 'b'	35,90 $\pm$ 8,31	48,45 $\pm$ 12,16		
<b>BPM-300</b>	Onda 'a'	12,27 $\pm$ 0,93	39,55 $\pm$ 5,75	32,70 $\pm$ 0,53	47,21 $\pm$ 5,18
	Onda 'b'	30,47 $\pm$ 1,57	106,87 $\pm$ 17,39		

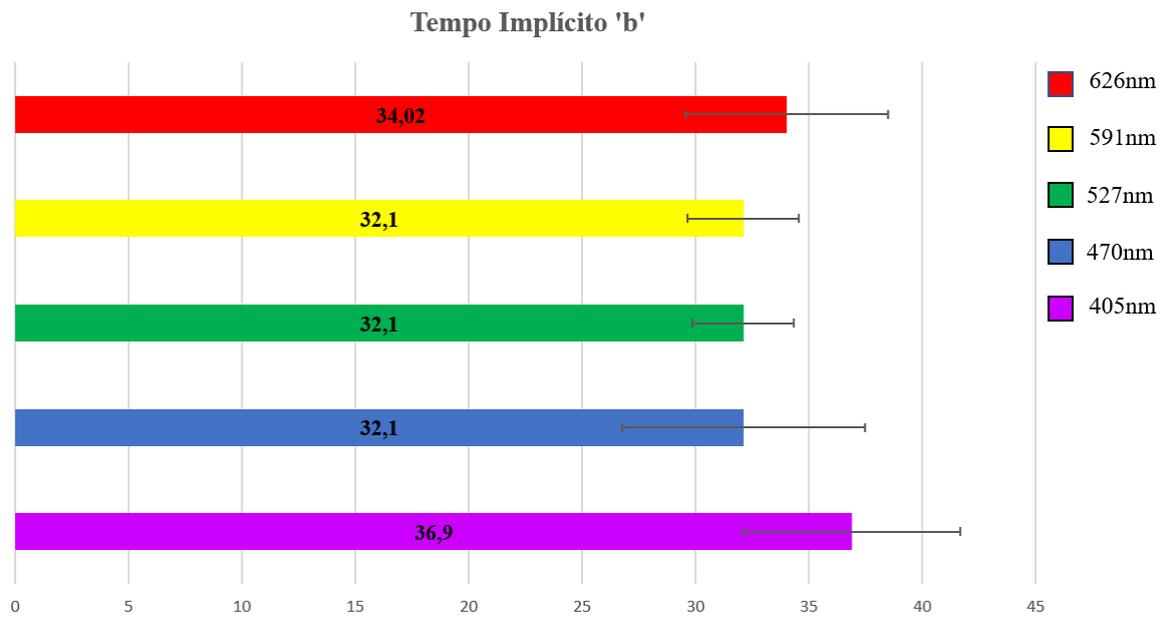
**Figura 13.** Gráfico demonstrando os valores de amplitude em  $\mu$ V da onda "a" nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico.



**Figura 14.** Gráfico demonstrando os valores de amplitude em  $\mu\text{V}$  da onda “b” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico.



**Figura 15.** Gráfico demonstrando os valores de tempo implícito em ms da onda “a” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico.



**Figura 16.** Gráfico demonstrando os valores de tempo implícito em ms da onda “b” nas respostas à estímulos luminosos com comprimento de onda específico