

TATIANA ASSUNÇÃO DE MORAES

**Mensuração da acuidade visual de cães da raça Cavalier
King Charles Spaniel pelo potencial visual evocado de
varredura (PVEV)**

São Paulo

2022

TATIANA ASSUNÇÃO DE MORAES

**Mensuração da acuidade visual de cães da raça Cavalier King Charles
Spaniel pelo potencial visual evocado de varredura (PVEV)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Clínica Cirúrgica Veterinária.

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientadora:

Dra. Angélica de Mendonça Vaz Safatle

São Paulo

2022

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

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

T. 4155 FMVZ	Moraes, Tatiana Assunção de Mensuração da acuidade visual de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel pelo potencial visual evocado de varredura (PVEV) / Tatiana Assunção de Moraes. – 2022. 77 f. : il. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2022. Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária. Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária. Orientadora: Profa. Dra. Angélica de Mendonça Vaz Safatle. 1. Acuidade visual de grades.. 2. Eletrofisiologia. 3. Visão. 4. Maturação visual. I. Título.
-----------------	--

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Denise Yamashita, CRB-8/8931, da FMVZ/USP.

**CERTIFICADO**

Certificamos que a proposta intitulada "Mensuração da Acuidade Visual em cães braquicefálicos pelo Potencial Visual Evocado de Varredura", protocolada sob o CEUA nº 8240150218, sob a responsabilidade de **Angélica de Mendonça Vaz Safatle e equipe; Tatiana Assunção de Moraes** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 20/06/2018.

We certify that the proposal "Visual acuity measurement of brachicephalic dogs by Sweep Visual Evoked Potential technique", utilizing 40 Dogs (males and females), protocol number CEUA 8240150218, under the responsibility of **Angélica de Mendonça Vaz Safatle and team; Tatiana Assunção de Moraes** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 06/20/2018.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **03/2018** a **03/2021**

Área: **Clínica Cirúrgica Veterinária**

Origem: **HOVET/FMVZ/USP**

Espécie: **Cães**

sexo: **Machos e Fêmeas**

idade: **1 a 12 meses**

N: **40**

Linhagem: **Braquicefálicos**

Peso: **1 a 27 kg**

Resumo: A avaliação da acuidade visual faz parte do exame oftálmico de rotina na medicina. Em pacientes em idade pré-verbal, são utilizadas algumas técnicas para esta avaliação. A avaliação eletrofisiológica, pelo potencial visual evocado de varredura (PVEV) é o melhor método de mensuração da acuidade visual nestes pacientes. Na medicina veterinária, observa-se que o PVEV é de grande aplicabilidade, uma vez que os pacientes também são não verbais e o exame é rápido, não invasivo e não necessita de anestesia ou sedação. Em humanos, alguns trabalhos buscam padronizar os resultados do PVEV em crianças, a fim de definir o momento da maturidade da via visual. Até o momento, não se sabe de nenhum trabalho semelhante na medicina veterinária, o que motiva a realização de tal pesquisa. Serão incluídos 40 cães braquicefálicos provenientes do atendimento do HOVET-USP e de um canil localizado em Valinhos-SP. Os animais serão divididos em 4 grupos contendo 10 animais cada, separados por idade: 45 dias, 90 dias, seis meses e 12 meses de idade. Todos os animais passarão por avaliação oftálmica prévia, com teste de reflexos pupilares e de ofuscamento, teste lacrimal de schirmer, tingimento pela fluoresceína, biomicroscopia em lâmpada de fenda, tonometria, fundoscopia e refração. Serão selecionados somente cães sem alterações no exame, que possam comprometer o resultado do PVEV. O PVEV será realizado no Laboratório de Investigação em Oftalmologia Comparada (LIOC) - FMVZ-USP na presença do operador e de um auxiliar, com a luz apagada, por meio de contenção física. Os animais serão posicionados 1 metro à frente de um monitor de 19 polegadas, com luminância de 120cds e serão posicionados eletrodos sobre a pele da cabeça para avaliação das respostas aos estímulos de grades verticais de onda senoidal com frequência temporal de 7,5Hz. Serão avaliadas as respostas a cada frequência temporal, que variam de 2 a 18,6 ciclos por grau e, em seguida, avaliados os resultados.

Local do experimento: Laboratório de Investigação em Oftalmologia Comparada- FMVZ- USP

São Paulo, 21 de junho de 2018

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traidi
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Roseli da Costa Gomes
Secretária

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autora: de Moraes, Tatiana Assunção

Título: Mensuração da acuidade visual de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel pelo potencial visual evocado de varredura (PVEV)

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Clínica Cirúrgica Veterinária.

Data: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. Dr.

Instituição:

Julgamento:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde, me iluminar e me dar forças para correr atrás dos meus objetivos;

Aos meus pais, Wilson e Luiza, por todo o suporte em todas as áreas da minha vida e por jamais hesitarem em investir nos meus estudos, sendo os grandes incentivadores na minha busca por conhecimento, meus mais sinceros agradecimentos;

Ao meu marido, Tulio, agradeço por sempre me apoiar e por ter sido o principal incentivador para que eu aceitasse o desafio de fazer um doutorado fora do meu estado, mesmo recém-casada e abdicando de sua companhia por muitos dias. Em breve, seremos dois doutores nessa casa, realizando o sonho que sonhamos juntos;

À minha irmã, Mariana, por ter sido sempre um exemplo de dedicação aos estudos e por estar sempre presente sendo colo e dando apoio nos momentos mais importantes da minha vida, muito obrigada;

À minha orientadora, Dra. Angélica Safatle, uma grande inspiração profissional e acadêmica, agradeço por ter me recebido como sua orientada, com todo carinho, cuidado e preocupação, mostrando que a relação entre orientador e orientado pode ser muito humana, não se resumindo a publicações e produção científica. Tenho muita admiração por você;

À Professora Dra. Aline Bolzan, outra inspiração na Oftalmologia Veterinária, obrigada pelos ensinamentos diários, pelas conversas e por ter, juntamente à minha orientadora, me acolhido com muito carinho no Serviço de Oftalmologia Veterinária da FMVZ-USP;

À minha amiga, Laysa Camillo, meu “anjo da guarda paulistano”, que me recebeu de braços abertos, que, como meu velho amigo, Victor Nowosh, me fez sentir ter uma casa, mesmo estando distante da minha; à Ana e à Érica, muito obrigada pela receptividade na casa de vocês. Sou muito feliz em ter feito amizades para a vida;

Às minhas companheiras de pós-graduação: Carla Paes, Débora Galdino, Juliana Jorge, Pamela Dongo, Isabela Perez e Laysa Camillo, muito obrigada pela parceria, por estar sempre aprendendo com vocês e por poder contar com vocês tanto na realização do experimento, quanto na rotina do HOVET. Vocês foram fundamentais para dar leveza a esse processo;

À Dra. Paula Sacai, agradeço por todo o conhecimento compartilhado, pelo carinho e pelo cuidado para que tudo desse certo;

À Livia, secretária do programa, agradeço pela sempre pronta ajuda e pela paciência em resolver todo e qualquer problema. Você é sensacional;

À toda equipe do HOVET-USP, funcionários, professores e alunos, obrigada pela ótima convivência ao longo desses anos.

À Dra. Renata Squarzoni e ao canil Lillies Cavaliers, agradeço pela confiança em ceder os animais para o experimento. Agradeço a cada animal que participou deste projeto, já que eles são a razão pela escolha da Medicina Veterinária.

“Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco sei
Ou nada sei...”

Almir Sater

RESUMO

MORAES, T.A. **Mensuração da acuidade visual de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel pelo potencial visual evocado de varredura (PVEV)** Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022

A avaliação da visão é parte fundamental do exame oftálmico em humanos. Nos seres não verbais, como bebês e crianças em idade pré-verbal, são necessárias técnicas objetivas de mensuração da acuidade visual de grades. Entre as técnicas eletrofisiológicas, o Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV) tem se mostrado a mais eficaz. Na Medicina Veterinária ainda há poucos trabalhos relacionados ao tema, tanto referentes à padronização da técnica quanto aos valores de referência baseados na idade. Sabe-se que cada raça apresenta particularidades anatômicas que influenciam, de forma determinante, na acuidade visual. Assim, objetivou-se, no presente trabalho determinar padrões de acuidade visual em cães da raça Cavalier King Charles Spaniel (CKCS) em diferentes faixas etárias, bem como determinar o momento da maturação da via visual na raça. Foram avaliados 50 cães da raça CKCS divididos em cinco grupos, contendo 10 animais cada, baseando-se na idade: G1 (20 dias), G2 (30 dias), G3 (45 dias), G4 (90 dias), G5 (entre 1 e 2 anos de idade). Utilizou-se o sistema eletrodiagnóstico Roland RETIport System para obtenção das respostas obtidas em ciclos por grau (cpg), equivalente Snellen, decimal e Log-MAR. A análise estatística foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn, quando necessário. Para isso, utilizou-se o software estatístico Prism 5 for Windows (GraphPad Software). As medianas dos grupos (G1 ao G5) foram, respectivamente, em cpg, 1,250; 1,750; 3,775; 4,000 e 4,135. Foi observada diferença estatística entre os grupos G1 e G3 e G2 e G3, diferentemente dos grupos G3, G4 e G5, que não apresentaram diferença estatística, sugerindo um platô dos valores de acuidade. Com base nos resultados, a maturidade da via visual foi obtida entre 30 e 45 dias de vida, no grupo experimental avaliado.

Palavras-chave: acuidade visual de grades, eletrofisiologia, visão, maturação visual

ABSTRACT

MORAES, T.A. **Visual acuity measurement by Sweep-Visual Evoked Potential (S-VEP) in Cavalier King Charles Spaniel dogs.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022

Visual evaluation plays an essential role in the ophthalmic examination in human beings. Some objective techniques are required to achieve gratin visual acuity (VA) in non verbal people, like babies or infants in pre-verbal ages. The Sweep-Visual Evoked Potential (S-VEP) is suggested to be the most feasible electrophysiologic technique to measure visual acuity. In Veterinary Medicine, researches regarding S-VEP standadization and VA values according to age are still scarce. The anatomical peculiarities of each breed directly influence in visual acuity. Thus, the aim of this study was to determine standard values of visual acuity in Cavalier King Charles Spaniel (CKCS) dogs in different ages and to define the moment of visual maturation in this breed. 50 CKCS dogs were selected and divides into five groups by age criteria: G1 (20 days of age), G2 (30 days), G3 (45 days), G4 (90 days), G5 (1 to 2 years old). The S-VEP was performed by Roland RETIport system electrodiagnostic device and the VA values were obtained in cicles per degree (cpd), Snellen Equivalent, decimal and LogMAR. Statstical analysis was based on Kruskal-Wallis test, followed by Dunn test, whenever it was required, using the statistical software Prism 5 for Windows (GraphPad Software). The median of the groups (from G1 to G5) were respectly 1,250; 1,750; 3,775; 4,000 e 4,135cpg. A statistical difference was observed between G1 x G3, and G2 x G3, unlike G3 x G4 x G5, that didn't show differences between these three older groups, suggesting a plateau of VA values. Based on the results, the visual maturity of the subjects studied was achieved by 30 and 45 days of life.

Keywords: grating visual acuity, electrophysiology, vision, vision maturation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura ilustrativa do teste de detecção de alvo. Avalia-se a capacidade de detectar a presença de um ponto ou uma linha, com fundo escuro e claro.....	21
Figura 2 – Imagem representativa dos estímulos do teste de acuidade de resolução: (A) par de pontos; (B) grades; (C) tabuleiro de xadrez.....	21
Figura 3 – Representação da tabela de Snellen, em que os optotipos (letras) são apresentados em uma escala decrescente de tamanho e solicita-se ao paciente que os identifique até o ponto em que lhe forem reconhecíveis.....	22
Figura 4 – Teste de localização. Avalia o deslocamento de uma linha ou um ponto em relação ao outro.....	22
Figura 5 – Representação de um optotipo presente na tabela de Snellen. A letra E inteira corresponde a 5 minutos de arco e cada uma de suas partes, compreende 1 minuto de arco (= MAR)	23
Figura 6 – Imagem representativa da apresentação das grades de onda quadrada (a) e de onda senoidal (b) com seus respectivos padrões de luminância.....	25
Figura 7 – Exemplo ilustrativo da realização do exame de nistagmo optocinético em humanos.....	27
Figura 8 – Imagem ilustrativa da realização do exame de olhar preferencial em bebê. Observar que são apresentadas duas telas, uma de coloração cinza difusa e outra com o estímulo de grades	28
Figura 9 – Exemplos dos Cartões de Acuidade de Teller. Observar as diferenças de frequências espaciais apresentadas em cada cartão.....	29
Figura 10 – A. Cão do grupo G5 posicionado a 50cm de distância do monitor durante realização de PVEV. B. Filhote pertencente ao grupo G1 posicionado a 25cm do monitor durante realização do PVEV.....	44
Figura 11 – Paciente confortavelmente posicionado, com mínima contenção, em frente ao monitor para emissão do estímulo de grades.....	44
Figura 12 – Eletrodos em cúpula de ouro fixados sobre a pele por meio da pasta condutora eletrolítica em um animal pertencente ao grupo G2.....	46

Figura 13 – Isolamento dos eletrodos em cúpula de ouro feito com algodão, em cão do grupo G5.....	47
Figura 14 – Posicionamento dos eletrodos em um cão da raça Cavalier King Charles Spaniel do grupo G5 (a) e de um filhote do grupo G1 (b): Fz representa o eletrodo referência, localizado na região fronto-polar, Oz é representado pelo eletrodo ativo, na região occipital, e o eletrodo tipo terra, localizado no vértex, representado pela sigla Cz. Observar que, respeitando o tamanho do crânio, o posicionamento dos eletrodos é o mesmo em ambas as idades.....	48
Figura 15 – Impedância dos eletrodos referência e ativo sendo testada em filhote de 30 dias. Quando abaixo de 10K Ω , os valores aparecem na cor verde, sugerindo que o exame pode ser iniciado. Para o estudo, foram considerados resultados iguais ou menores que 8K Ω	49
Figura 16 – Exemplo do gráfico obtido em um paciente pertencente ao grupo 5. Os quadrados de cor vermelha representam a média de 20 respostas para cada frequência espacial testada, enquanto os círculos azuis, representam o ruído. Baseando-se na regressão linear, a frequência espacial correspondente a 0 μ V de amplitude foi de 9,30 cpg para 1 metro de distância. Para o paciente a 50cm de distância do monitor a frequência espacial corrigida foi de 4,65cpg.....	51
Figura 17 – Frequência espacial máxima de cada grupo (em cpg) Teste de Kruskal-Wallis P<0,0001. Pós-teste de múltiplas comparações de Dunn: * representa diferença com o grupo 20d, P<0,05; # diferença com o grupo 30d, P<0,05; •: valor outlier.....	56
Figura 18 – Snellen 20 pés. Teste de Kruskal-Wallis P<0,0001. Pós-teste de múltiplas comparações de Dunn: * diferença com o grupo 20d, P<0,05; # diferença com o grupo 30d, P<0,05; •: valor outlier.....	56
Figura 19 – Frequência espacial máxima (em cpg) nos grupos G2 e G3. •: valor outlier P<0,0001 representa diferença estatisticamente significativa entre os grupos.....	57
Figura 20 – Frequência espacial máxima na escala de Snellen, nos grupos G2 (30d) e G3 (45d). •: valor outlier. P<0,0001 representa diferença estatisticamente significativa entre os grupos.....	58

- Figura 21 – Gráfico representativo da média e desvio padrão dos valores de acuidade visual dos animais estudados, separados por idade (semanas de vida). Observa-se marcado aumento entre 5 e 6 semanas de idade, onde se atinge um platô dos valores de AV. No gráfico é possível observar que entre 50 e 60 semanas de vida, houve resultados de AV maiores, porém esses animais já pertenciam ao grupo G5..... 59
- Figura 22 – Gráfico representativo dos valores de acuidade visual dos indivíduos pela idade (dias de vida). Observa-se um discreto aumento após os 30 dias, quando comparado aos animais do grupo 20 dias e um marcado aumento após os 45 dias de vida, ilustrando o comportamento da evolução da AV, previamente citado..... 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distância do teste e frequência espacial final corrigida aplicada nos grupos avaliados.....	45
Tabela 2 – Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 1 (20 dias de vida)	52
Tabela 3 – Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 2 (30 dias de vida)	52
Tabela 4 – Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 3 (45 dias de vida)	53
Tabela 5 – Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 4 (90 dias de vida)	53
Tabela 6 – Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 5 (1 a 2 anos de idade)	54
Tabela 7 – Valores estatísticos da acuidade visual, representada pela máxima frequência espacial obtida, em cpg, em cada grupo avaliado.....	54
Tabela 8 – Valores estatísticos da acuidade visual representados em equivalente Snellen (20 pés), em cada grupo avaliado.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 DESENVOLVIMENTO	17
2.1 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1.1 Retina e visão	17
2.1.1.1 Fotorreceptores	18
2.1.2 Acuidade visual	20
2.1.2.1 Métodos comportamentais de mensuração da acuidade visual	26
2.1.2.1.1 <i>Nistagmo optocinético</i>	26
2.1.2.1.2 <i>Olhar Preferencial</i>	28
2.1.2.1.2.1 <i>Cartões de Acuidade de Teller</i>	29
2.1.2.2 Métodos comportamentais descritos em animais	31
2.1.2.3 Métodos eletrofisiológicos de mensuração da acuidade visual	32
2.1.2.3.1 <i>Potencial Visual Evocado (PVE)</i>	32
2.1.2.3.1.1 <i>Potencial Visual Evocado por reversão de padrões (PVE-PR)</i>	35
2.1.2.3.1.2 <i>Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV)</i>	36
2.2 OBJETIVOS	41
2.2.1 Objetivo geral	41
2.2.2 Objetivos específicos	41
2.3 MATERIAIS E MÉTODOS	42
2.3.1 Animais	42
2.3.2 Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV)	43
2.3.3 Análise estatística	50

2.4 RESULTADOS-----	50
2.4.1 Análise estatística dos resultados -----	54
2.5 DISCUSSÃO -----	60
3 CONCLUSÃO -----	69
REFERÊNCIAS-----	70

1 INTRODUÇÃO

A Acuidade visual (AV) corresponde à capacidade do sistema visual em distinguir detalhes finos de objetos. Descreve-se também a AV como a medida do menor ângulo formado entre os detalhes deste objeto e sua imagem na retina, caracterizada como Mínimo Ângulo de Resolução (MAR) (CRUZ; SALOMÃO, 1998; SALOMÃO, 2007).

Em indivíduos com capacidade de comunicação normal, a mensuração da acuidade visual é realizada de forma direta, sendo a forma de avaliação mais utilizada, a tabela de *Snellen*, em que o paciente responde verbalmente sua capacidade de distinguir as formas apresentadas na tela. Este tipo de acuidade chama-se acuidade de reconhecimento (SALOMÃO, 2007).

Nos pacientes não verbais, que incluem bebês, crianças em idade pré-verbal e, conseqüentemente animais, a aferição da AV deve ser realizada por meio de métodos objetivos, os quais implicam em respostas não verbais, sendo elas comportamentais ou eletrofisiológicas (ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008).

Ambas as técnicas são baseadas na habilidade de o indivíduo diferenciar padrões em tabuleiro de xadrez ou em listras, sendo denominadas como acuidade de resolução de grades (SALOMÃO, 2007).

O Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV) é descrito como melhor método para avaliação da acuidade visual em seres não verbais (GOOD, 2007; SALOMÃO, et al, 2008). Isto se deve ao fato de a AV ser subestimada nos testes comportamentais nos casos em que há déficit motor, de atenção ou de fixação (COSTA et al, 2004). Trata-se de um teste objetivo, não invasivo e indolor para a quantificação da acuidade visual (SAFATLE et al, 2017).

Atualmente, na Medicina Veterinária, os testes mais comumente utilizados para diagnóstico de visão nos cães são: o teste de resposta à ameaça e o teste de movimento. No último, utiliza-se uma bola de algodão e deixando-a cair à frente do paciente e espera-se que o mesmo acompanhe com a cabeça, o movimento da queda da bola de algodão até o chão. Entretanto, esses testes são muito pouco precisos na medida em que um cão com uma AV próxima a 20/400 é capaz de

responder positivamente a eles. Acredita-se que a resposta positiva mesmo com uma acuidade visual baixa se deva ao fato de a espécie apresentar um grande número de bastonetes, quando comparado aos humanos, o que permite uma boa visão de movimento (MORENO-CARMONA, 2004).

Apesar de a avaliação da acuidade visual não ser comumente utilizada no exame oftálmico, o PVEV é um exame de grande aplicabilidade e pode fornecer informações valiosas na avaliação do paciente (MORENO-CARMONA et al, 2006), como observado ao utilizar o PVEV na determinação da acuidade visual de 11 Poodles fáticos (SAFATLE et al, 2017).

Ainda, faz-se necessária a determinação de um padrão de respostas de PVEV de acordo com a idade, já que os resultados apresentam alguma divergência dos testes comportamentais de acuidade visual realizados nos mesmos indivíduos (ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008).

A padronização do momento da maturação da via visual e dos valores de acuidade visual entre raças de cães é fundamental uma vez que a AV, na espécie, está diretamente relacionada ao número de células ganglionares presentes na retina e estas variam entre as raças (MILLER; MURPHY, 1995) Sugere-se, inclusive, que a distribuição das células ganglionares tenha relação com o comprimento do focinho e não com a biometria do bulbo ocular (MC GREEVY; GRASSI; HARMAN, 2004).

Desta forma, objetiva-se com o presente estudo, determinar o momento da maturação da via visual além de determinar valores de referência baseados na idade, da acuidade visual de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel, a fim de posteriormente confrontar estes dados com os obtidos em cães braquicefálicos de outras raças além de comparar com escassos resultados apresentados em outras raças.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Retina e visão

O fenômeno da visão, caracterizado pela formação da imagem e sua consequente interpretação, resulta de um conjunto de mecanismos que envolvem três tipos de processamento: óptico, retiniano e visual central (OFRI, 2013).

O processamento óptico é responsável por focar a luz sobre a região especializada da retina, seja a fóvea, em primatas e rapinantes, seja a *area centralis*, nos demais mamíferos. A ametropia, condição em que os raios de luz provenientes de determinado objeto focam aquém ou além dos segmentos externos dos fotorreceptores, acarreta uma falha no detalhamento da imagem e um consequente impacto na acuidade visual (OFRI, 2013).

Apesar de muitas estruturas oculares possuírem grande importância na percepção de uma boa imagem, o tecido mais vital para o processo da visão é a retina. Ela é essencialmente uma porção do sistema nervoso, que recebe estímulo externo de luzes e imagens (KOLB, H., 2012).

A retina, bem como o nervo óptico, é um tecido originário do prosencéfalo e, dessa forma, sua morfologia e fisiologia é semelhante à do cérebro, ao qual ela conecta por meio do nervo óptico e dos tratos ópticos. Ela possui uma porção nervosa, que contém 9 camadas, abrigando diferentes tipos de neurônios e apresentando diferentes funções, e um epitélio pigmentado (SAMUELSON, 2007).

O epitélio pigmentado da retina (EPR) corresponde à sua camada mais externa, sendo composto por células poligonais, contíguo ao epitélio pigmentado do corpo ciliar. Tem importante função no transporte de nutrientes da coriocapilar

para as camadas mais externas da retina. Além disso, é fundamental no processo de regeneração dos fotopigmentos dos fotorreceptores após a fototransdução (SAMUELSON, 2007; OFRI, 2013).

A porção neurosensorial (neurorretina) abriga os fotorreceptores e demais neurônios que são responsáveis pela emissão do estímulo ao córtex visual encefálico, proporcionando a visão. A neurorretina apresenta maior espessura próximo ao nervo óptico e menor espessura na região da ora *ciliaris retinae*, sendo a camada de fibras nervosas, a mais significativa para essa diferença de espessuras (SAMUELSON, 2007). Diferentes tipos de neurônios dispostos ao longo das camadas da neurorretina estão envolvidos nos processos visuais, sendo os fotorreceptores, responsáveis pela transformação da energia luminosa em sinal neuronal, considerados os neurônios de primeira ordem (OFRI, 2013).

2.1.1.1. Fotorreceptores

Os fotorreceptores são as células mais externas da retina neurosensorial e são divididos em cones e bastonetes. Os cones são adaptados para a visão diurna, têm a capacidade de detecção de detalhes finos, respostas rápidas, percepção de cor e possuem baixa sensibilidade a pequenas flutuações de intensidade de luz. São os principais fotorreceptores relacionados à acuidade visual. Já os bastonetes, apresentam baixa resolução e não são capazes de promover a visão de cores, porém são extremamente sensíveis a alterações de intensidade de luz e detecção de movimento (OFRI, 2013).

A fototransdução, caracterizada pela transformação do estímulo luminoso em sinal neuronal, ocorre nos segmentos externos dos fotorreceptores, quando a luz atinge os fotopigmentos. Esses, por sua vez, são formados por uma porção proteica, composta por uma apoproteína denominada opsina, somada a uma porção não proteica ou um cromóforo, correspondente a um isômero da vitamina A. A opsina é responsável pela determinação do comprimento de onda a ser absorvido (OFRI, 2013).

Nos humanos, que apresentam visão tricromática, as opsinas presentes são as do tipo “L”, “M” e “S”, sensíveis a comprimentos de onda longos ($\approx 560\text{nm}$;

vermelho), médios ($\approx 520\text{nm}$; verde) e curtos ($\approx 430\text{nm}$), respectivamente. Os cães, assim como a maioria dos mamíferos não primatas, apresentam visão dicromática, o que torna sua visão comparável com a de um indivíduo portador de daltonismo. A espécie possui somente opsinas de cor azul e vermelha, sendo a verde, ausente. Essa condição é semelhante à do humano portador de deuteranopia (OFRI, 2013). Alguns autores supõem ainda que as retinas de alguns pássaros, anfíbios, peixes e répteis apresentem 5 diferentes tipos de pigmentos visuais, cada um com uma propriedade diferente (EBREY; KOUTALOS, 2001).

Uma diferença crucial entre as vias que ligam os cones e bastonetes às células bipolares e contiguamente às ganglionares é a sua convergência: cada célula bipolar é contatada por um número de bastonetes e muitas células bipolares contatam uma determinada célula ganglionar. Com relação aos cones, este sistema é muito menos convergente, uma vez que, na região central da retina, cada célula ganglionar recebe o estímulo de uma única célula bipolar, que por sua vez, é contatada por um único cone. A relação de 1:1 entre cones e células bipolares é responsável por melhorar a acuidade visual (MUSTAFAI; ENGEL; PALCZEWSKI, 2009; OFRI, 2013).

Com relação à localização histológica, os cones apresentam-se, em sua maioria, na retina central da maior parte dos animais. Algumas espécies, como os primatas, algumas aves e répteis, possuem a fóvea, região rica em cones e ausente de bastonetes. Esta região é importante para a visão de diferentes tons de cores, visão de alta resolução e fixação binocular. Os animais domésticos não apresentam fóvea, mas possuem uma área de alta densidade de cones, denominada *area centralis*. Nos cães e gatos essa área localiza-se 3 a 4mm dorsolateralmente ao nervo óptico (MUSTAFAI; ENGEL; PALCZEWSKI, 2009).

Sugere-se que exista também uma maior concentração de células ganglionares ligadas à *area centralis*, o que também favorece uma visão mais detalhada por meio desta região (PETENSER-JONES, 2006).

A acuidade visual nos cães é diretamente relacionada ao número de células ganglionares (PEICHL, 1992) e as retinas com maior poder de resolução são

aquelas que possuem uma maior proporção entre células ganglionares e fotorreceptores. Este fato justifica a melhor acuidade visual do humano que apresenta em torno de 12 milhões de fibras nervosas, com relação ao cão que possui próximo de 167mil das mesmas fibras (MILLER; MURPHY, 1995).

Além disso, acredita-se que a acuidade visual nos cães, quando comparada à dos humanos, é limitada pela retina e não pelas propriedades ópticas do bulbo ocular, nem mesmo pelo processamento neural do estímulo visual (ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; MILLER; MURPHY, 1995).

Como a distribuição das células ganglionares varia entre as raças, uma diferença de acuidade visual entre cães da mesma faixa etária, porém de raças distintas, especialmente aquelas com conformação craniana diferentes, é justificável (MORENO-CARMONA, 2004).

2.1.2 Acuidade visual

A acuidade visual (AV) consiste na habilidade do sistema visual em distinguir detalhes finos de um objeto, no poder máximo de resolução da visão, no reconhecimento da separação angular entre dois pontos no espaço, ou ainda, na medida do menor ângulo formado entre os detalhes de um objeto e sua projeção sobre a retina (MILLER; MURPHY, 1995; MURPHY et al, 1997; CRUZ; SALOMÃO, 1998; SALOMÃO, 2007; SALOMÃO et al, 2008). A esse menor ângulo, atribui-se a denominação de Mínimo Ângulo de Resolução (MAR).

Em humanos adultos e que conseguem informar ao examinador suas percepções durante o exame, a avaliação da acuidade visual se dá de forma direta, podendo-se utilizar diferentes tipos de tabela (SALOMÃO, 2007).

Existem diferentes tipos de acuidade visual, entre eles:

- 1- Acuidade de detecção (também conhecida como mínimo visível) –
Representa a capacidade de detectar a presença ou ausência de um

aspecto do estímulo visual (KOLB et al, 2012). É avaliada pelo teste de detecção de alvo (Figura 1.)

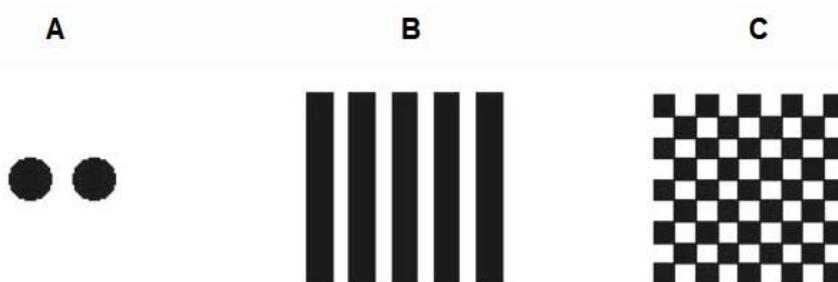
Figura 1. Figura ilustrativa do teste de detecção de alvo. Avalia-se a capacidade de detectar a presença de um ponto ou uma linha, com fundo escuro e claro



Fonte: KOLB et al, 2012 – modificada.

2- Acuidade de resolução (ou mínimo resolvível) – Expressa-se como o menor tamanho angular em que o indivíduo consegue discriminar a separação entre elementos críticos do padrão do estímulo, como um par de pontos, uma grade ou um tabuleiro de xadrez (figura 2) (KOLB et al, 2012).

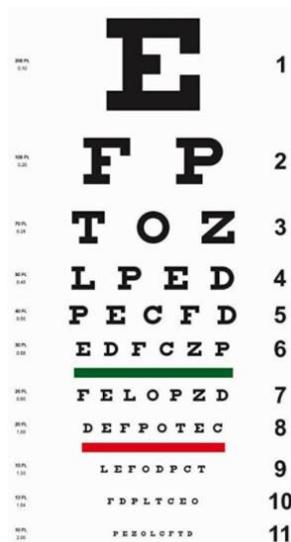
Figura 2. Imagem representativa dos estímulos do teste de acuidade de resolução: (A) par de pontos; (B) grades; (C) tabuleiro de xadrez



Fonte: KOLB et al, 2012 – modificada.

3- Acuidade de reconhecimento - também se enquadra como mínimo resolvível, porém requer a capacidade de reconhecimento do estímulo por parte do paciente (ex: tabela de *Snellen*) (KOLB et al, 2012);

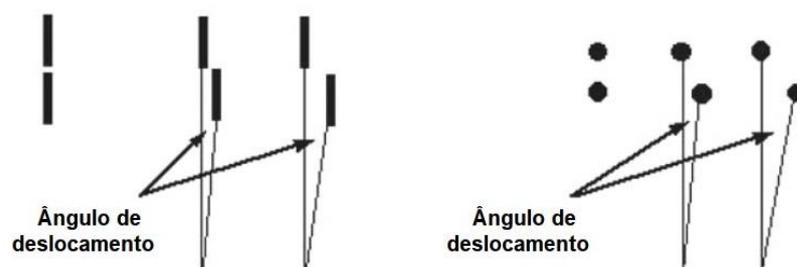
Figura 3. Representação da tabela de *Snellen*, em que os optotipos (letras) são apresentados em uma escala decrescente de tamanho e solicita-se ao paciente que os identifique até o ponto em que lhe forem reconhecíveis



Fonte: ocusoft.com - modificada

- 4- Acuidade de localização ou mínimo discriminável – Envolve a discriminação de diferenças na posição espacial dos segmentos de um objeto testado. É também conhecido como acuidade de Vernier, que corresponde a um tipo de hiperacuidade. É especificada pelo tamanho angular entre os segmentos do objeto (KOLB et al, 2012).

Figura 4. Teste de localização. Avalia o deslocamento de uma linha ou um ponto em relação ao outro



Fonte: KOLB et al, 2012 – modificada.

Em humanos verbais, o método mais comum de determinação de acuidade visual é a tabela de *Snellen* (figura 3), que avalia a acuidade de reconhecimento. Nesse teste, são apresentados optotipos (letras) em uma escala decrescente de tamanho, até o ponto em que o paciente não consiga mais distinguir os detalhes da forma apresentada (MILLER; MURPHY, 1995; SALOMÃO; VENTURA, 1995). As letras são apresentadas de forma que o tamanho de cada detalhe crítico (largura de cada parte da letra e dos espaços entre as partes) subentenda 1/5 do tamanho total da letra. A acuidade é determinada pela linha que contém o menor tamanho de letra que o indivíduo consegue identificar corretamente. A notação de *Snellen* se dá pela relação:

$$AV = D'/D$$

Em que D' representa a distância visual padrão (normalmente 6 metros ou 20 pés) e D é a distância em que cada letra em sua linha subentenda 5 minutos de arco (cada parte da letra subentendendo 1 minuto de arco). Dessa forma, as linhas mimetizam um aumento da distância do paciente ao estímulo.

Figura 5. Representação de um optotipo presente na tabela de Snellen. A letra E inteira corresponde a 5 minutos de arco e cada uma de suas partes, compreende 1 minuto de arco (= MAR).



Fonte: KOLB et al, 2012 – modificada.

Um humano adulto de visão normal apresenta resultado de acuidade 20/20 baseado na tabela de Snellen, o que significa que o objeto consegue ser visto perfeitamente à distância de 20 pés por uma pessoa de visão normal. Se um cão apresentar visão 20/50, por exemplo, significa que, o que ele somente consegue enxergar a 20 pés, um humano de visão normal, enxerga a 50 pés.

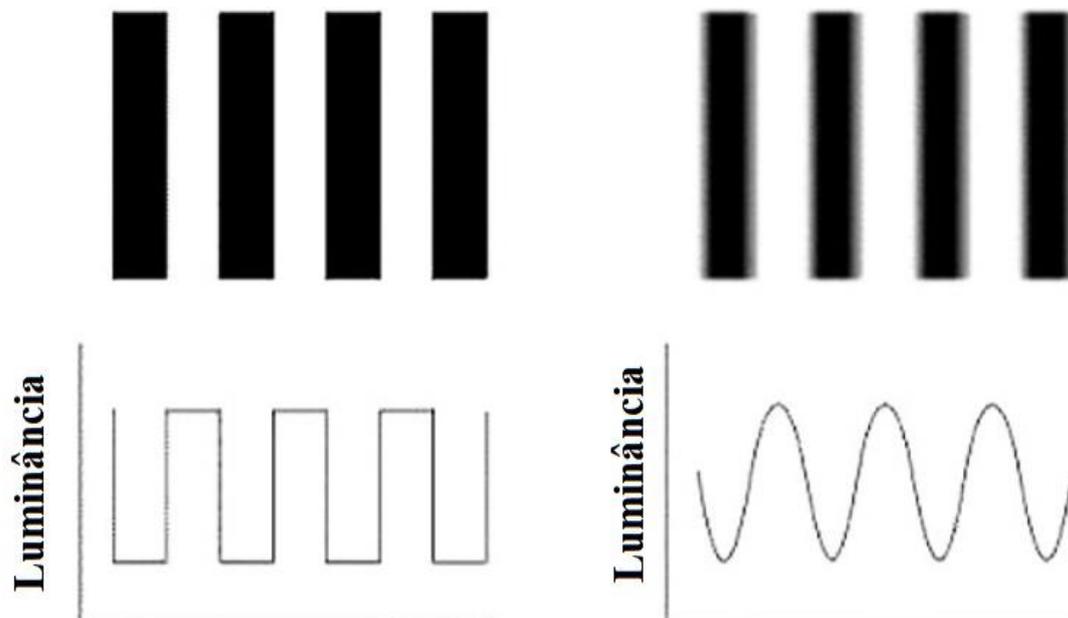
Os principais fatores que influenciam na acuidade visual são a luminância e o contraste do estímulo visual. Em luminâncias maiores, como o sistema de cones fica ativo, a acuidade apresenta valores melhores, uma vez que a visão detalhada é fornecida por esses fotorreceptores. A visão de bastonetes pode reduzir a acuidade visual de 20/20 para 20/100 a 20/200 (OFRI, 2013).

Por ser um teste subjetivo e dependente da comunicação do paciente com o examinador, o método da tabela de *Snellen* não pode ser aplicado na Medicina Veterinária (SALOMÃO, 2007; OFRI, 2013).

A medida da acuidade visual nos seres não verbais deve ser objetiva. Devido a isso, foram desenvolvidas técnicas em que a medida da acuidade visual fosse mensurada independentemente da total cooperação do paciente. As técnicas podem ser tanto comportamentais; como o teste do nistagmo optocinético, o teste dos cartões de acuidade de Teller (CAT) e o olhar preferencial (OP), quanto eletrofisiológicas, por meio do Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV) (SCHMIDT, WILDISOET, 1998; SALOMÃO, 2007).

Tanto os métodos comportamentais quando os eletrofisiológicos de determinação da acuidade visual baseiam-se na habilidade de o indivíduo distinguir padrões listrados ou em formato de xadrez, representando a acuidade de resolução (SKOCZENSKI; NORCIA, 2002; MENDONÇA; TAKAHASHI, 2010). As grades podem ser listras pretas e brancas com as bordas mais marcadas (onda quadrada) ou com as bordas mais indefinidas (onda senoidal) (figura 6) (SALOMÃO, 2007).

Figura 6. Imagem representativa da apresentação das grades de onda quadrada (a) e de onda senoidal (b) com seus respectivos padrões de luminância



Fonte: (KOLB et al, 2012 – modificada)

O mínimo ângulo de resolução das ondas quadradas é definido como a menor separação detectável entre as linhas da grade ou a menor largura de uma listra detectável. Deve-se lembrar que a distância do estímulo ao observador é determinante para os valores de acuidade, uma vez que, quanto maior a distância ao estímulo, menor o ângulo visual (SALOMÃO, 2007).

Apesar de a unidade *Snellen* ser a mais utilizada na determinação da acuidade visual, ela é mais corretamente aplicada para a acuidade de reconhecimento. As unidades de medida de acuidade de grades mais apropriadas são: mínimo ângulo de resolução (MAR) e ciclos por grau (cpg). O MAR é expresso em minutos de arco do ângulo visual, em que 1 minuto de arco representa a acuidade visual normal de um humano adulto. (SALOMÃO, 2007).

Deve-se lembrar que a unidade de ângulo no sistema internacional é o grau e seu submúltiplo é o minuto, em que 1 grau corresponde a 60 minutos. Assim, a magnitude do ângulo visual é obtida em minutos de arco (BICAS, 2002).

Na AV de grades, um ciclo equivale ao somatório de uma barra clara com uma escura ou ao dobro de uma barra usada para definir o mínimo ângulo de resolução. Dessa forma, se 1 grau corresponde a 60 minutos, 1 minuto de arco equivale a uma frequência espacial (número de ciclos dentro de 1 grau de ângulo visual) de 30 ciclos por grau de ângulo visual (BICAS, 2002; SALOMÃO, 2007).

Quando se trata de frequência espacial, objetiva-se avaliar a separação angular entre dois pontos cujas imagens se formam em campos receptores retinianos distintos, de modo que exista um contraste entre os dois pontos. Assim, o intuito é de realizar a medida angular de um elemento entre dois outros, o que justifica intercalar barras pretas e brancas. A frequência espacial será o comprimento de onda com que ocorrem as alternâncias (ou ciclos). O comprimento de onda que corresponde à acuidade visual normal de um humano é de 2' (equivalente a 2 barras), indicando, dessa forma, que em 1 grau de arco irão existir 30 ciclos (BICAS, 2002).

2.1.2.1 Métodos comportamentais de mensuração da acuidade visual

2.1.2.1.1 *Nistagmo optocinético*

O nistagmo optocinético (NO) corresponde a um movimento ocular reflexo conjugado provocado pela passagem sucessiva de objetos através do campo visual. Ele é composto por uma fase lenta, representada pela perseguição lenta do alvo e uma fase rápida de reposicionamento ocular, com movimento sacádico (ATKINSON, 1989; GORMAN, COGAN, GELLIS, 1957). O NO foi primeiramente notado nos movimentos dos olhos de passageiros de trem olhando através da janela.

Gorman, Cogan e Gellis (1957) desenvolveram um aparato para avaliação da acuidade visual em 100 neonatos humanos por meio de um tipo de tambor giratório de nistagmo optocinético, com listras pretas e brancas, variando da maior

para a menor espessura (menor para maior frequência espacial) (Figura 7.). Consideravam-se positivos os testes em que os bebês apresentavam o nistagmo e a acuidade visual era obtida até as listras mais finas que provocassem o nistagmo.

O teste do nistagmo optocinético é frequentemente utilizado na avaliação da visão de aves, uma vez que seus movimentos oculares são limitados, fazendo com que os indivíduos façam, concomitantemente ao nistagmo, o movimento lateral da cabeça, o que torna mais fácil a avaliação por parte do examinador (SCHMID, WILDSOET, 1998; HODOS, LEIBOWITZ, BOMBRIGHT, 1976; HODOS, 1993).

Um estudo avaliou a acuidade visual de aves da espécie *Gallus gallus* nos primeiros dias de vida, por meio do NO, de forma monocular e binocular, baseando-se no movimento da cabeça e observou uma acuidade de 7,7 a 8,6 ciclos por grau. Outra evidência do estudo foi não haver diferença entre os resultados dos testes monoculares para os binoculares, o que levou ao relato somente dos resultados dos testes binoculares (SCHMID, WILDSOET, 1998).

Figura 7. Exemplo ilustrativo da realização do exame de nistagmo optocinético em humanos



Fonte: opto tube channel

2.1.2.1.2 Olhar Preferencial

O olhar preferencial é baseado na preferência de recém-nascidos da espécie humana em olhar um estímulo em listras, quando comparado a um padrão sólido de mesma luminância (MACKIE et al, 1976). São utilizados estímulos de grade de onda quadrada de diferentes frequências espaciais pareados a um estímulo cinza sólido contendo a mesma luminância. O examinador observa o paciente por um orifício central, localizado de forma equidistante entre os estímulos, não tendo interação com o paciente. Para cada apresentação de frequência espacial, um examinador cego faz um julgamento da escolha forçada do paciente para a direita ou esquerda. Deste modo, o julgamento é baseado no total das respostas apresentadas pelo paciente, que normalmente é uma criança em idade pré-verbal (SALOMÃO, VENTURA, 1995; SALOMÃO, 2007) (Figura 8).

Figura 8. Imagem ilustrativa da realização do exame de olhar preferencial em bebê. Observar que são apresentadas duas telas, uma de coloração cinza difusa e outra com o estímulo de grades



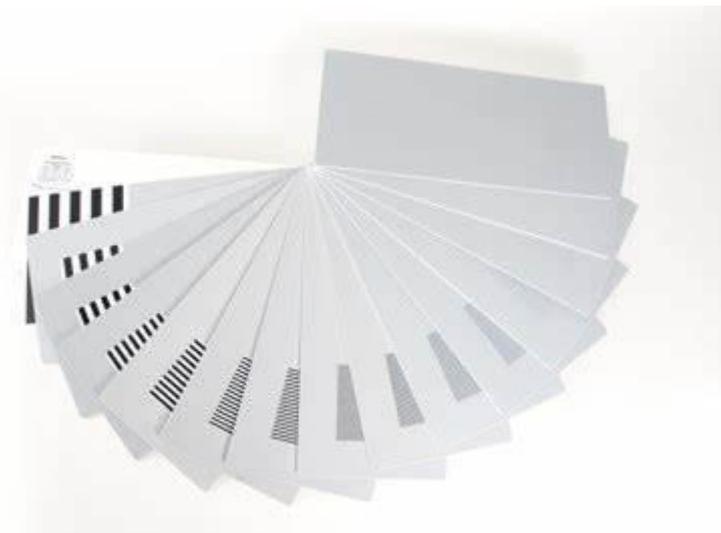
Fonte: Perkin's e-learning

2.1.2.1.2.1 Cartões de Acuidade de Teller

Os Cartões de Acuidade de Teller correspondem a um tipo teste de olhar preferencial, sendo amplamente difundido entre laboratórios em todo o mundo para mensurar a acuidade visual de crianças em idade pré-verbal (JOO, YI, CHOI, 2020).

Esse exame baseia-se no uso de cartões de cor cinza que possuem uma grade vertical de onda quadrada, medindo 12,5 x 12,5 cm, cada um apresentando frequências espaciais diferentes, que variam de 0,23 a 38 ciclos por centímetro com contraste de 82%. Utiliza-se um fundo de luminância média equivalente. Além disso, um cartão sem listras é utilizado como controle do teste. Os cartões apresentam um orifício central, por meio do qual um examinador cego observa as reações do paciente (Figura 9.). Podem ser utilizadas as distâncias de 38, 55 e 84 cm para o teste (SPIERER et al, 1998; SALOMÃO, 2007; POLEVOY et al, 2017).

Figura 9. Exemplos dos Cartões de Acuidade de Teller. Observar as diferenças de frequências espaciais apresentadas em cada cartão



Fonte: eyesfirst.eu

Os cartões são apresentados com variadas reversões de padrão: direita-esquerda ou esquerda-direita, o número de vezes necessário para um julgamento necessário da resposta do paciente. Após a resposta positiva, apresenta-se um

novo cartão com maior frequência espacial (listras mais finas). Quando o paciente demonstra perder o interesse no cartão com determinada frequência espacial, sugere-se que se alcançou o limite de sua acuidade. A acuidade visual é determinada pelas listras mais finas as quais o paciente é capaz de detectar. Por esse exame, podem-se detectar acuidades de 20/200 a 20/11 (SPIERER et al, 1998; SALOMÃO, VENTURA, 1995; SALOMÃO, 2007; POLEVOY et al, 2017).

Alguns estudos compararam os resultados das acuidades visuais obtidas pelo CAT com a acuidade de optotipos, testada nos mesmos indivíduos, assim que eles haviam conhecido o alfabeto. Por serem testes que avaliam diferentes tipos de acuidade, a comparação direta entre eles não é totalmente fidedigna. Um estudo apontou que a AV obtida pelos CAT no primeiro ano de vida não se mostrou preditiva para a estimativa da acuidade visual futura do indivíduo (COURAGE, ADAMS, 1990). Por outro lado, outro estudo aplicado em crianças maiores de um ano de idade mostrou uma grande reprodutibilidade e uma correlação significativa entre os resultados dos CAT e do teste de optotipos (BIRCH, SPENCER, 1991).

De forma geral, observou-se que, nos pacientes com acuidades dentro da normalidade nos CAT, os resultados foram considerados preditivos para uma AV normal nos testes de optotipos posteriormente realizados. Já nas crianças que apresentavam baixas acuidades no teste de CAT, o valor preditivo dos resultados foi inferior (SAUNDERS, WESTALL, WOODHOUSE, 1996; MASH, DOBSON, 1998; JOO, YI, CHOI, 2020).

Sugere-se ainda que a AV obtida pelos CAT seja subestimada quando comparada à acuidade de optotipos (RAINA, 1998; JOO, YI, CHOI, 2020), exceto nos casos de ambliopia, em que foram notados resultados superestimados de AV pelo método dos CAT. Esse fato é explicado porque os portadores de ambliopia apresentam melhor acuidade visual para perto do que para longe (PARK et al, 1990; PAIK, SHIN, 2001).

Além disso, um estudo observou que a reprodutibilidade dos resultados dos CAT foi comparável tanto nos casos de baixas AVs quanto nos pacientes de AV normal. O mesmo estudo ainda aponta que os CAT são um método confiável para

a estimativa da acuidade visual em crianças em idade pré-litera (JOO, YI, CHOI, 2020).

Um estudo comparou a acuidade visual de bebês entre seis e 10 meses de idade pelos métodos dos CAT e do Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV - método eletrofisiológico) e constatou que os valores de acuidade foram significativamente maiores pelo PVEV, especialmente quando se tratava de acuidades mais baixas. A partir de 10cpg, os resultados entre os testes eram semelhantes. Uma possível explicação para esses resultados é que as técnicas não refletem o mesmo processamento neural, uma vez que o potencial evocado ilustra prioritariamente a acuidade visual primária, enquanto os CAT necessitam de uma integração sensorial-motora que é imatura nos primeiros meses de vida (POLEVOY et al, 2017).

Essa característica também explica os diferentes padrões de evolução dos resultados dos CAT e do PVEV durante a maturação visual, convergindo por volta dos 12 meses de idade, quando há a combinação da maturação funcional e estrutural da visão. Sugere-se que os CAT e o PVEV sejam métodos complementares, já que por questões de custo e disponibilidade, os CAT tendem a ser realizados com maior frequência para a avaliação da AV em crianças em idade pré-verbal e pré-escolar (POLEVOY et al, 2017).

2.1.2.2 Métodos comportamentais descritos em animais

Um estudo realizou um teste de olhar preferencial em 10 cães sem histórico de afecções oftálmicas ou erros de refração, por meio de estímulos de grades, entre 0,28 e 15 cpg, apresentados por um *software* instalado em um computador. Os avaliadores cegos deveriam marcar a resposta “sim” ou “não” de acordo com o lado da tela (esquerdo ou direito) para onde o animal olhava. A acuidade visual era obtida com base na frequência espacial mais alta em que uma resposta “sim” era obtida. Os testes foram realizados a três e um metro de distância do paciente à tela, com maior tempo de duração para os realizados na maior distância (média de 6,2 minutos). A mediana das acuidades nas duas distâncias também foi

calculada, sendo de maior valor quando os animais eram posicionados a 1m (0,6 LogMAR) (GRAHAM et al, 2019).

Um outro estudo avaliou a acuidade visual de três cães da raça Shiba inu, com base na capacidade discriminação de formas, inspirando-se nos testes dos anéis de Landolt. Para a realização desse estudo, os animais foram submetidos a um treinamento para reconhecimento das formas em troca de recompensa (TANAKA et al, 2000).

Um teste comportamental utilizado em ratos foi adaptado para mensuração da acuidade visual na espécie. O teste do labirinto aquático é aplicado em ratos para avaliar sua capacidade de memória e, para responder ao teste, necessariamente o animal requer uma capacidade visual suficiente para se localizar no labirinto, sendo positivo para animais com baixa AV. Robinson, Bridge e Riedel (2001) utilizaram esse modelo para avaliação da acuidade visual em movimento, por meio da apresentação de estímulos de grades de diferentes espessuras. Bem como os estudos anteriormente citados, foi necessário um período de treinamento dos animais para que os resultados dos testes pudessem ser considerados fidedignos.

2.1.2.3 Métodos eletrofisiológicos de mensuração da acuidade visual

2.1.2.3.1 *Potencial Visual Evocado (PVE)*

Potenciais evocados são respostas elétricas geradas por meio de estímulo de uma via sensorial ao sistema nervoso central (SULZBACHER; CASTANHEIRA-DINIS, 2010).

Por meio do Potencial Visual Evocado (PVE), pode-se avaliar a integridade da retina, do nervo óptico, além das estruturas subcorticais (radiações ópticas) e corticais da via visual, mais precisamente na área V1 do córtex occipital. Assim, reflete a projeção da retina central aos polos occipitais (ROBSON et al, 2018).

O PVE corresponde ao potencial elétrico bruto obtido pelo córtex visual em resposta a um estímulo. Este estímulo irá resultar na excitação de várias células no córtex e sua atividade é gravada como um potencial visual evocado (RIDDER, 2006).

Os estímulos do PVE podem ser tipo flash de luz em curta duração ou padronizados em figuras geométricas, denominado estímulo padrão (reverso ou xadrez). O PVE por reversão de padrões (PVE-PR) é o mais utilizado para a maioria das indicações clínicas (ODOM et al, 2016). No PVE-PR, o estímulo pode ser feito com figuras que diminuem do centro para a periferia, ou sem diferença de tamanho, estilo *checkboxboard*, em barras transversais ou verticais, em ondas ou em múltiplos pontos. Todos os estímulos padrão apresentam alto contraste em preto e branco. Já o estímulo tipo flash, varia somente em sua luminância (ALMOQBEL; LEAT; IRVING; 2008; SULZBACHER, CASTANHEIRA-DINIS, 2010).

Existem duas condições de estímulos de PVE: Transiente e Estado estável. Como o nome sugere, o primeiro é aquele em que há um intervalo entre os estímulos, suficiente para que o cérebro retorne ao estado de repouso. O de estado estável, por sua vez, apresenta uma taxa de repetição mais acelerada, não permitindo que o cérebro alcance seu estado de repouso (SKARF, 1989; SULZBACHER; CASTANHEIRA-DINIS, 2010).

Para obtenção das respostas e gravação dos resultados, podem ser utilizados eletrodos de prata ou em cúpula de ouro. A pele deverá ser previamente limpa e, em seguida, uma pasta ou um gel condutor são utilizados para fornecer uma conexão elétrica estável e aderir os eletrodos.

A posição dos eletrodos é determinada por letras referentes às regiões dos ossos do crânio sobre as quais eles devem ser colocados, sempre de forma proporcional ao tamanho da cabeça. As medidas da linha média devem ser baseadas na distância entre o osso nasal e a base do occipital, orientando-se pela linha média do crânio. O eletrodo ativo deve ser colocado na região occipital, identificado pelas letras Oz. O de referência, deve ser posicionado na região fronto-polar, denominado Fpz, enquanto o

eletrodo tipo terra, poderá estar localizado na testa ou no vertex (Cz), na região do mastoide ou nas pinas, denominados como A1 ou A2 (ODOM et al, 2016). Os eletrodos são posicionados anatomicamente sobre a pele da cabeça, respeitando o sistema internacional 10/20 (ROBSON et al, 2018).

Impedância corresponde à oposição que um circuito elétrico oferece ao fluxo de corrente em uma determinada frequência. Dessa forma, uma menor impedância irá fornecer resultados mais seguros (SULZBACHER; CASTANHEIRA-DINIS, 2010).

Os eletrodos são ligados a cabos de transmissão, responsáveis por levar os sinais a um amplificador e, em seguida a um computador, em que essas respostas são finalmente registradas. O amplificador serve para aumentar em aproximadamente 20.000 a 50.000 vezes a resposta obtida entre os eletrodos referência e ativo. Apesar de os amplificadores apresentarem um eficaz sistema de eliminação de ruídos, sua função pode ser prejudicada se a impedância dos eletrodos estiver elevada. O cálculo das médias dos sinais é importante para reduzir a relação sinal-ruído, uma vez que o PVE é contaminado pelos ruídos do eletroencefalograma (SALOMÃO, 2007; SULZBACHER; CASTANHEIRA-DINIS, 2010).

O monitor para emissão do estímulo pode ser próprio para o exame, caso presente no aparelho eletrodiagnóstico ou uma tela de computador, um painel de plasma ou LCD e até uma TV de cátodo em preto e branco.

A distância do paciente ao monitor, indicada pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia da Visão (ISCEV) é de 50 a 150 cm. Deve-se atentar, nos estímulos padrão, para não haver alteração na luminância durante as mudanças de estímulo, uma vez que alterações na luminância podem causar artefatos que simulam respostas em indivíduos que não conseguiriam responder ao estímulo padrão (SULZBACHER, CASTANHEIRA-DINIS, 2010).

Quando se registra o PVE por flash de luz, os resultados dizem respeito somente à integridade da via visual, pois estas respostas não sofrem interferência de fatores que prejudicam a visão. Portanto, para se

quantificar a acuidade visual é necessário que os estímulos sejam em grades ou em tabuleiro de xadrez (BIRCH, 1989).

De acordo com Salomão (2007), o PVE é capaz de medir a acuidade visual, que pode ser definida como o menor tamanho do elemento de um estímulo de padrões, capaz de provocar o córtex visual.

Entre os exames objetivos de mensuração da acuidade visual, o PVE de AV de grades é mais sensível, quando comparado aos testes comportamentais, sendo capaz de detectar pequenas diferenças de acuidade. A necessidade de certificar a atenção do paciente à imagem apresentada é a mesma tanto para o PVE de AV de grades, quanto para os testes comportamentais (SALOMÃO, 2007).

2.1.2.3.1.1 *Potencial Visual Evocado por Reversão de Padrões (PVE-PR)*

O PVE-PR é utilizado como o teste eletrofisiológico de primeira escolha em humanos, já que estímulos estruturados promovem resultados mais consistentes, além de permitirem a avaliação principalmente do campo visual central (FAHLE, BACH, 2006).

Utiliza-se então, um estímulo semelhante ao tabuleiro de xadrez, em que cada quadrado reverte o padrão (preto-branco/branco-preto) de forma abrupta. (ODOM et al, 2016).

Suas respostas possuem os picos N75, P100 e N135, em N representa picos negativos e P, picos positivos. Os números subsequentes às letras indicam o tempo em que os picos ocorrem.

O PVE-PR avalia primordialmente a função do nervo óptico e, por levar um maior tempo quando comparado ao PVE de varredura, requer uma melhor fixação e uma maior cooperação do paciente. O teste também é empregado com o objetivo de mensurar a acuidade visual (SOKOL et al, MIZOTA et al, 2007; ROBSON et al, 2018).

O exame é bastante utilizado no diagnóstico de doenças que causam lesões desmielinizantes no nervo óptico. Em humanos, é muito utilizado em

paciente portadores de esclerose múltipla (FELGUEIRA, GUILHOTO, 2005; ANDRADE et al, 2007).

O exame foi aplicado em felinos inoculados com o vírus da imunodeficiência felina (FIV), que apresentaram maior latência (PHIPPS et al, 2000).

Um estudo padronizou a técnica do PVE-PR na determinação da acuidade visual de 13 felinos adultos jovens, sem sedação e sem o uso de midriáticos. Os valores de acuidade não puderam ser validados devido a limitações do aparelho eletrodiagnóstico utilizado, cujo intervalo das frequências espaciais foi entre 011 a 1,87cpd, valores muito abaixo do que os previamente estabelecidos na literatura (FERREIRA et al, 2015).

2.1.2.3.1.1.2 *Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV)*

O Potencial visual evocado de varredura foi desenvolvido por Norcia e Tyler (1985) com o objetivo de aumentar a eficiência da mensuração da acuidade visual por avaliação eletrofisiológica. Consiste em um PVE padrão de estado estável em que é apresentada uma rápida varredura de estímulos de grades de onda quadrada ou senoidal, de listras largas, correspondentes a frequências espaciais menores, a listras finas, que representam frequências espaciais maiores, em um período de 10 segundos (SALOMÃO 2007; ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008; MORENO-CARMONA, 2004).

Diferentemente do PVE por reversão de padrões, o PVEV avalia a acuidade visual e a sensibilidade de contraste de forma rápida, sendo ideal para avaliar a acuidade visual em indivíduos que somente conseguem dispor de pequenos intervalos de atenção ao estímulo, como nos bebês, humanos com distúrbios mentais e de cognição e animais (SALOMÃO, 2007). Deve-se reforçar que o teste avalia a resposta da via visual primária e não necessariamente a percepção visual, uma vez que tem uma pequena implicação nas áreas cerebrais superiores, como as áreas associativas ou motoras (RIDDEL et al, 1997).

Por meio de uma varredura da menor à maior frequência espacial, com duração de 10 segundos para cada frequência, estima-se a acuidade visual quando é determinada a maior frequência espacial que o sistema visual é capaz de detectar (ALMOQBEL, LEAT, IRVING, 2008).

Entre os diferentes parâmetros necessários para dar início ao exame incluem-se: tipo e direção da varredura, luminância da tela e frequências temporais a serem avaliadas. As frequências lineares são mais adequadas tanto por minimizarem o atraso na resposta visual causado pelas constantes de tempo de sincronização e da resposta cerebral, quanto por serem mais fidedignas que as frequências logarítmicas ao se atingir frequências espaciais mais altas. (ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008).

As frequências espaciais logarítmicas são mais indicadas somente quando não se sabe ao certo qual intervalo de frequências espaciais é o mais adequado para a resposta do paciente (TYLER et al 1979; GOTTLÖB et al, 1990).

Existem dois tipos de varredura, quais sejam: contínua, em que a frequência espacial é mudada durante a execução do exame e a varredura por amostragem, em que as frequências espaciais são apresentadas em períodos fixos ao longo do exame (ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008).

Com relação à luminância da tela, os valores descritos costumam variar entre 40 e 220cd/m² (ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008). Além disso, um estudo sugeriu que o aumento da luminância de 0,01 para 1cd/m² levou a um aumento da acuidade visual em crianças, alcançando uma assíntota entre 1 e 100 cd/m² (ALLEN; BENNETT; BANKS, 1992).

A fim de determinar o traçado, realiza-se uma regressão linear com extrapolação para a frequência espacial que corresponde a 0 μ V de amplitude de resposta (NORCIA, TYLER, 1985; SALOMÃO, 2007; ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008). Com essa extrapolação, as variações de amplitude não irão afetar o resultado final, mas somente a inclinação da função (SEIPLE et al, 1988).

Atualmente, o termo PVE de frequência espacial limite (*VEP Sf limit*) vêm sendo sugerido em substituição aos termos PVEV de acuidade visual ou PVE de estimativa de acuidade, uma vez que se descreve o limite de performance de acuidade visual medida pelo PVE (HAMILTON et al, 2021).

O PVEV tem sido descrito como um método eletrofisiológico extremamente valioso e preciso na acuidade visual de indivíduos incapazes de se comunicar verbalmente (SACAI et al, 2003; SALOMÃO et al, 2008).

Sugere-se ainda que o PVEV apresente maior acurácia na determinação da acuidade visual quando comparado aos métodos comportamentais nos pacientes com paralisia cerebral, na medida em que restrições motoras e de fixação podem promover respostas subestimadas (COSTA et al, 2004). Sabe-se que os valores de acuidade podem ser alterados por fatores não visuais, entre eles: controle ocular, imaturidade da integração visual-motora e distração, o que é uma desvantagem dos testes comportamentais quando comparados ao PVEV (POLEVOY et al, 2017).

Foi observado que os valores de PVEV foram evidentemente superiores, quando comparados aos dos CAT, especialmente nos casos de baixas a moderadas AVs detectadas pelo último método. Contudo, os mesmos autores sugerem que o PVEV e o CAT sejam métodos complementares de avaliação da AV, uma vez que não refletem o mesmo processamento neural (POLEVOY et al, 2017).

Além disso, a técnica do PVEV mostrou-se mais precisa nos casos de afecções relacionadas ao córtex visual justamente por não necessitar de respostas visuais, nem tampouco motoras (GOOD, 2001). Uma boa correlação dos resultados do PVEV com a tabela de optotipos garante ainda mais uma vantagem relacionada a essa técnica (ARAI et al, 1997).

Em humanos sugere-se a padronização dos resultados do PVEV relacionados à faixa-etária, uma vez que se observa uma discrepância entre os resultados dessa técnica em comparação aos testes comportamentais, provavelmente pela capacidade de captação de respostas cerebrais que não

podem ser medidas pelas outras técnicas (ALMOQBEL; LEAT; IRVING, 2008).

Outro ponto importante é a utilidade do exame para definir o momento da maturação visual, o que permite ao examinador distinguir uma baixa acuidade visual patológica de uma acuidade esperada para determinada fase de desenvolvimento visual do paciente (SALOMÃO et al, 2008).

Um estudo observou que o momento da maturação visual em crianças sem deficiências ocorria aos três anos de idade, com acuidade correspondente a 20/20 (equivalente Snellen), semelhante aos adultos participantes do estudo. Observou-se ainda um marcado aumento da acuidade entre o primeiro e o sexto mês de vida, de 20/235 para 20/60, com um aumento mais sutil nas idades subsequentes, atingindo um platô entre 24 e 36 meses de idade (SALOMÃO et al, 2008).

Na Medicina Veterinária os estudos utilizando o PVEV para mensuração da acuidade visual de grades não são vastos. Em 1973, um experimento aplicou a técnica em gatos sob anestesia geral, efeito de midriáticos e exposição do córtex cerebral, limitando a aplicação clínica da técnica (BERKLEY, WATKINS, 1973).

Em 2006, foi publicado um estudo de padronização da técnica de PVEV aplicada em 22 cães de raças variadas, sem sedação ou uso de midriáticos e reforçou a aplicabilidade da técnica em cães (MORENO-CARMONA et al, 2006). Outro estudo ratificou a aplicabilidade do PVEV, realizando-o em 11 poodles fálicos entre 8 e 12 anos de idade, cuja acuidade visual média obtida foi de $6,07 \pm 0,81$ cpg (SAFATLE et al, 2017).

Moreno-Carmona, 2004 realizou um estudo longitudinal de avaliação da acuidade visual e determinação da maturação da via visual por meio do PVEV em 18 cães da raça Terrier Brasileiro.

Mais recentemente, foi realizado um estudo comparando a acuidade visual obtida pelo PVE de grades entre 36 poodles fálicos, afálicos e pseudofálicos e novamente demonstrou a aplicabilidade da técnica em cães (SAFATLE et al, 2020).

Dessa forma, urge a realização de mais pesquisas acerca da determinação de valores padronizados de acuidade visual entre as raças, bem como do momento em que a maturação visual se torna completa, motivando a realização do presente estudo.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo geral

Objetivou-se determinar a acuidade visual, por meio do exame de Potencial Visual Evocado de Varredura, em 50 cães da raça Cavalier King Charles Spaniel a fim de se determinar o momento da maturação visual, além de padronizar valores de referência para cada faixa-etária.

2.2.2 Objetivos específicos

- Realizar o exame de Potencial Visual Evocado de varredura em filhotes de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel aos 20 dias de vida e padronizar valores de referência para esta faixa etária;
- Realizar o exame de Potencial Visual Evocado de varredura em filhotes de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel aos 30 dias de vida e padronizar valores de referência para esta faixa etária;
- Realizar o exame de Potencial Visual Evocado de varredura em filhotes de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel aos 45 dias de vida e padronizar valores de referência para esta faixa etária;
- Realizar o exame de Potencial Visual Evocado de varredura em filhotes de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel aos 90 dias de vida e padronizar valores de referência para esta faixa etária;
- Realizar o exame de Potencial Visual Evocado de varredura em cães da raça Cavalier King Charles Spaniel entre um e dois anos de idade e padronizar valores de referência para esta faixa etária;
- Comparar os valores de acuidade visual entre as diferentes faixas etárias dos cães da raça Cavalier King Charles Spaniel e definir o momento em que a acuidade visual chega ao seu limite máximo, indicando o momento da maturação visual.

2.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em concordância com as normas de bem-estar animal, mediante aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo sob o protocolo N° 8240150218. Todos os exames foram realizados no Laboratório de Investigação em Oftalmologia Comparada (LIOC) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

2.3.1 Animais

Foram selecionados 50 cães da raça Cavalier King Charles Spaniel, provenientes do canil Lilies Cavaliers (Valinhos-SP) e do atendimento do Serviço de Oftalmologia do Hospital Veterinário da Universidade de São Paulo (HOVET-USP, São Paulo, SP). Os cães recrutados eram de ambos os sexos, divididos em 5 grupos, baseando-se na faixa-etária, contendo 10 animais cada: G1 (20 dias de vida), G2 (30 dias), G3 (45 dias), G4 (90 dias), G5 (entre 1 e 2 anos de idade).

A definição das idades a serem avaliadas baseou-se em um estudo piloto realizado no LIOC e em estudos sobre maturação visual publicados tanto com cães quanto com crianças.

Todos os animais encontravam-se hígdos, com comportamento normal, ingestão de alimento e água dentro da normalidade e sem alterações em padrão de micção e defecação. Entre os critérios de exclusão, citam-se quaisquer afeções oculares, ainda que unilaterais, que provocassem opacidade de meios ou impedimento de visão normal; estrabismo e doenças sistêmicas de forma geral. Entre os filhotes, não houve exclusão baseada em peso ou grau de desenvolvimento, fundamentando-se exclusivamente na idade do animal e nos aspectos clínicos de saúde.

Os cães dos grupos G3, G4 e G5 passaram por avaliação oftálmica completa, incluindo biomicroscopia em lâmpada de fenda, tonometria, tingimento

por fluoresceína, fundoscopia e refração. Já nos grupos G1 e G2, foi realizada exclusivamente uma avaliação com magnificação por lupa de pala e iluminação com transiluminador de Finoff e fundoscopia, uma vez que se tratava de cães muito jovens, ainda não imunizados, cedidos por canil e que estariam prontamente postos à venda, sendo essa a principal dificuldade encontrada na realização do estudo.

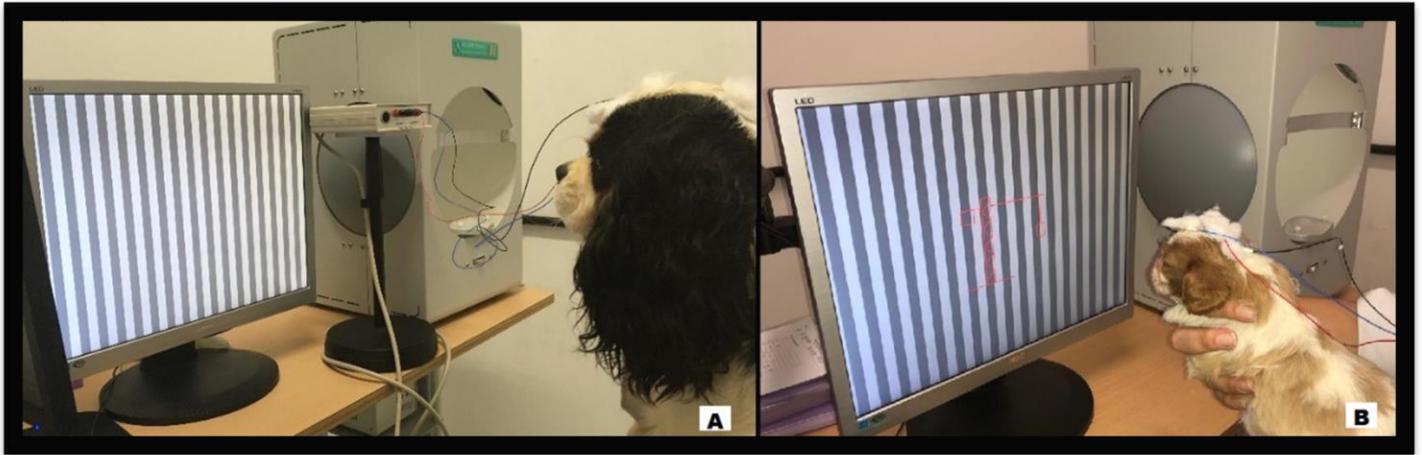
2.3.2 Potencial Visual Evocado de Varredura (PVEV)

Após aprovados nos critérios de inclusão, os animais foram submetidos ao exame de PVEV. Utilizou-se o sistema eletrodiagnóstico Roland RETIport System® com ganho de 10.000 vezes, filtros de frequência de 1 e 50 Hz e estímulo de grades verticais de onda quadrada com frequência temporal de 7.5 Hz.

Para a realização do PVEV, os animais foram confortavelmente posicionados em frente ao monitor de 19 polegadas com luminância de 120 cd/m² e distância pré-determinada (25 centímetros para G1 e G2; 50 centímetros para G3, G4 e G5), como representado na figura 10. Optou-se em reduzir a distância nos dois grupos mais jovens, por ser observado, em estudo piloto, que era mais difícil a atenção e a fixação dos indivíduos à tela do monitor. Todos os exames foram realizados em sala escura.

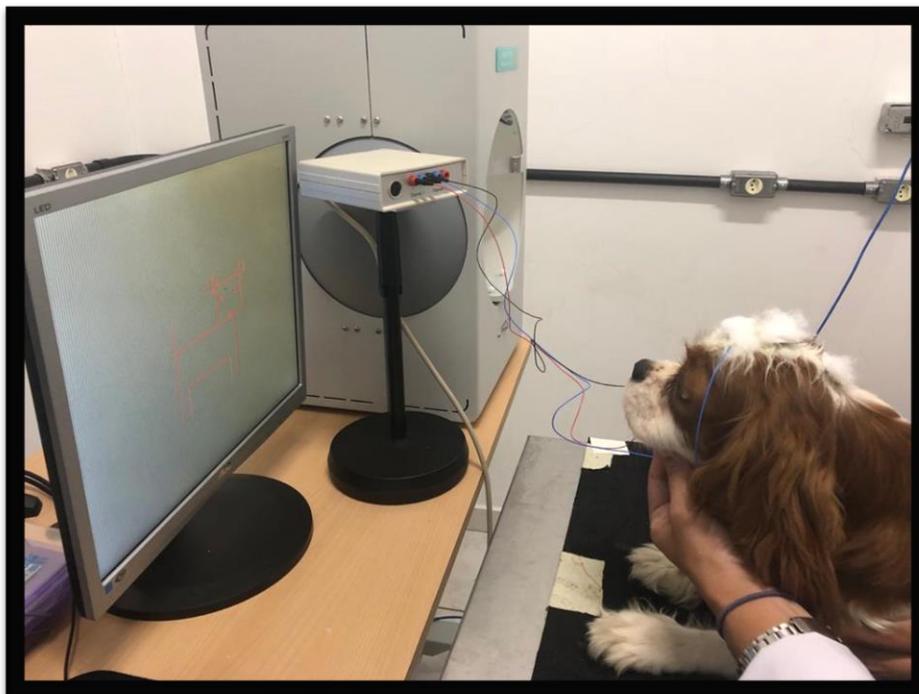
A contenção dos animais foi exclusivamente mecânica, sem necessidade de força ou equipamentos, conforme representado na figura 11. Também não foi realizada contenção química de nenhum dos pacientes, garantindo a atenção dos mesmos aos estímulos enviados. Não foram utilizados midriáticos ou cicloplégicos.

Figura 10. A. Cão do grupo G5 posicionado a 50cm de distância do monitor durante realização de PVEV. B. Filhote pertencente ao grupo G1 posicionado a 25cm do monitor durante realização do PVEV



Fonte: Moraes (2019)

Figura 11. Paciente confortavelmente posicionado, com mínima contenção, em frente ao monitor para emissão do estímulo de grades



Fonte: Moraes (2019)

A frequência espacial foi devidamente corrigida para a distância, conforme apresentado na tabela 1.

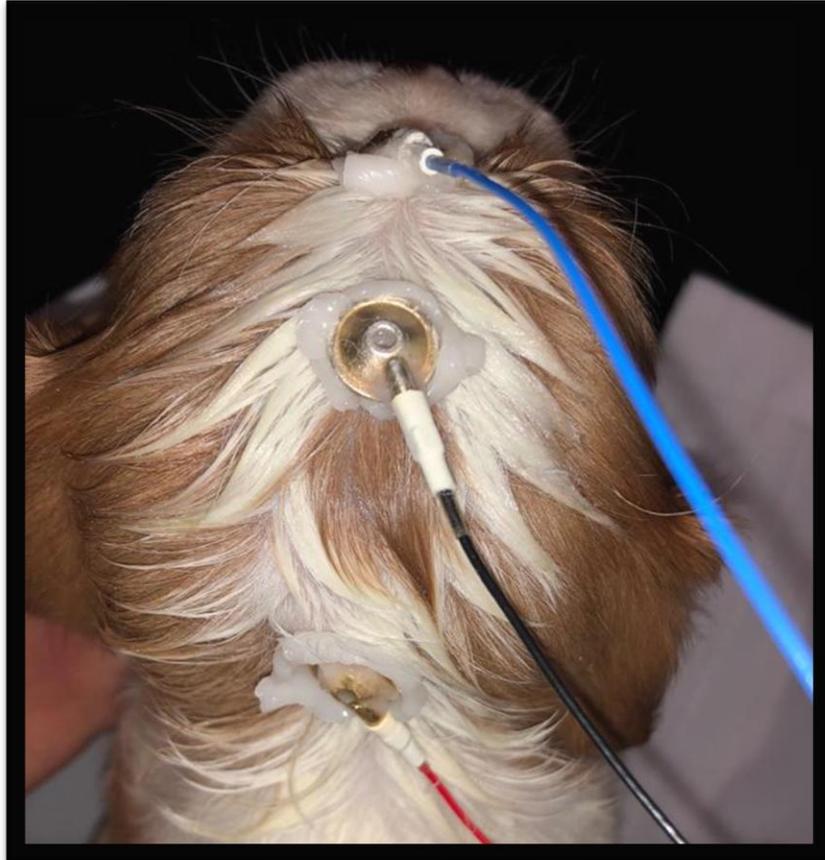
Tabela 1. Distância do teste e frequência espacial final corrigida aplicada nos grupos avaliados.

Distância do teste e frequência espacial		
Distância do teste (cm)	Frequência espacial inicial (ciclos/grau)	Frequência espacial final (ciclos/grau)
25	0,5	4,65
50	1,0	9,3

Fonte: Moraes (2019)

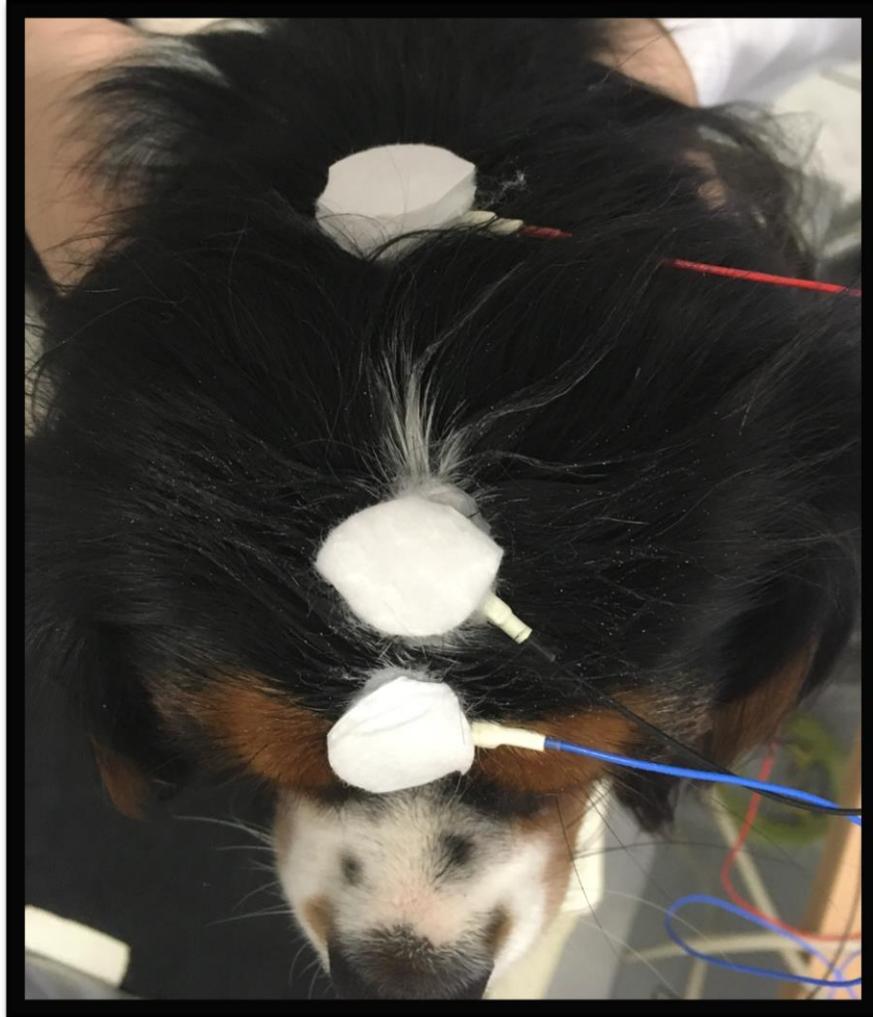
Após limpeza da pele com pasta desengordurante Nuprep® (Weaver and Company, Aurora, Colorado, United States), os eletrodos em cúpula de ouro (Grass Technologies, West Warwick, RI, United States) foram preenchidos com creme condutor eletrolítico TEN 20® (Weaver and Company, Aurora, Colorado, United States) e fixados sobre a pele da cabeça (figura 12), utilizando-se pedaços de algodão para auxiliar a fixação e isolamento dos mesmos (figura 13). O eletrodo ativo foi posicionando na região occipital (Oz), o eletrodo referência na região fronto-polar (Fpz) e um eletrodo terra no vértex (Cz), como ilustrado na figura 14. Foi realizada a tricotomia prévia à colocação dos eletrodos nos filhotes dos grupos G1 e G2, pois o pelo, ainda curto, não pôde ser afastado para exposição da pele do local.

Figura 12. Eletrodos em cúpula de ouro fixados sobre a pele por meio da pasta condutora eletrolítica em um animal pertencente ao grupo G2



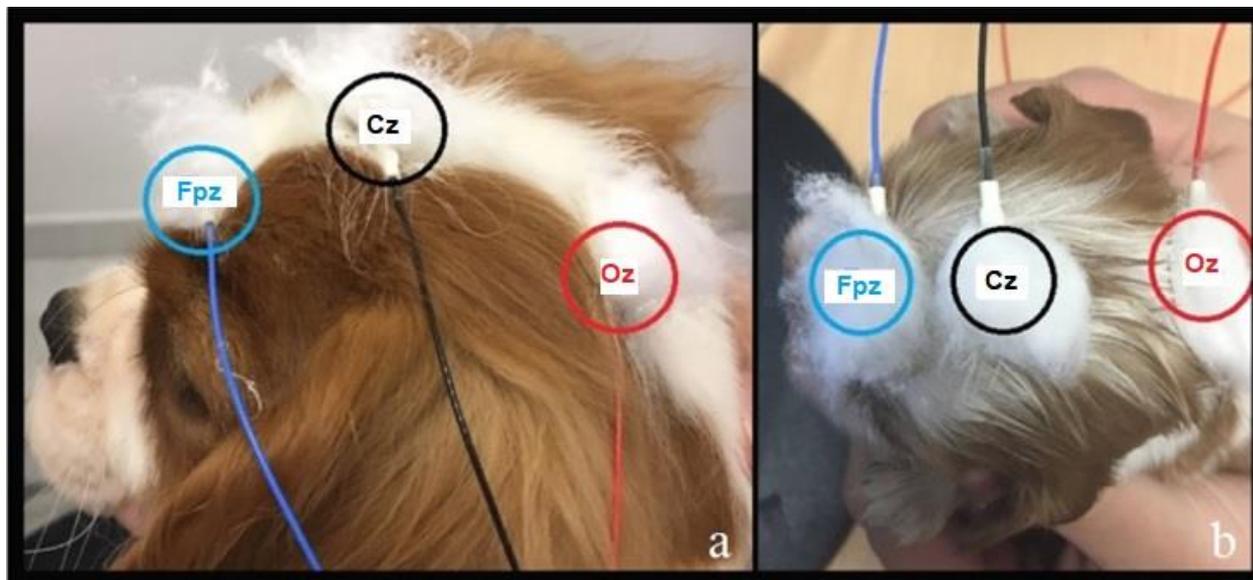
Fonte: Moraes (2019)

Figura 13. Isolamento dos eletrodos em cúpula de ouro feito com algodão, em cão do grupo G5



Fonte: Moraes (2019)

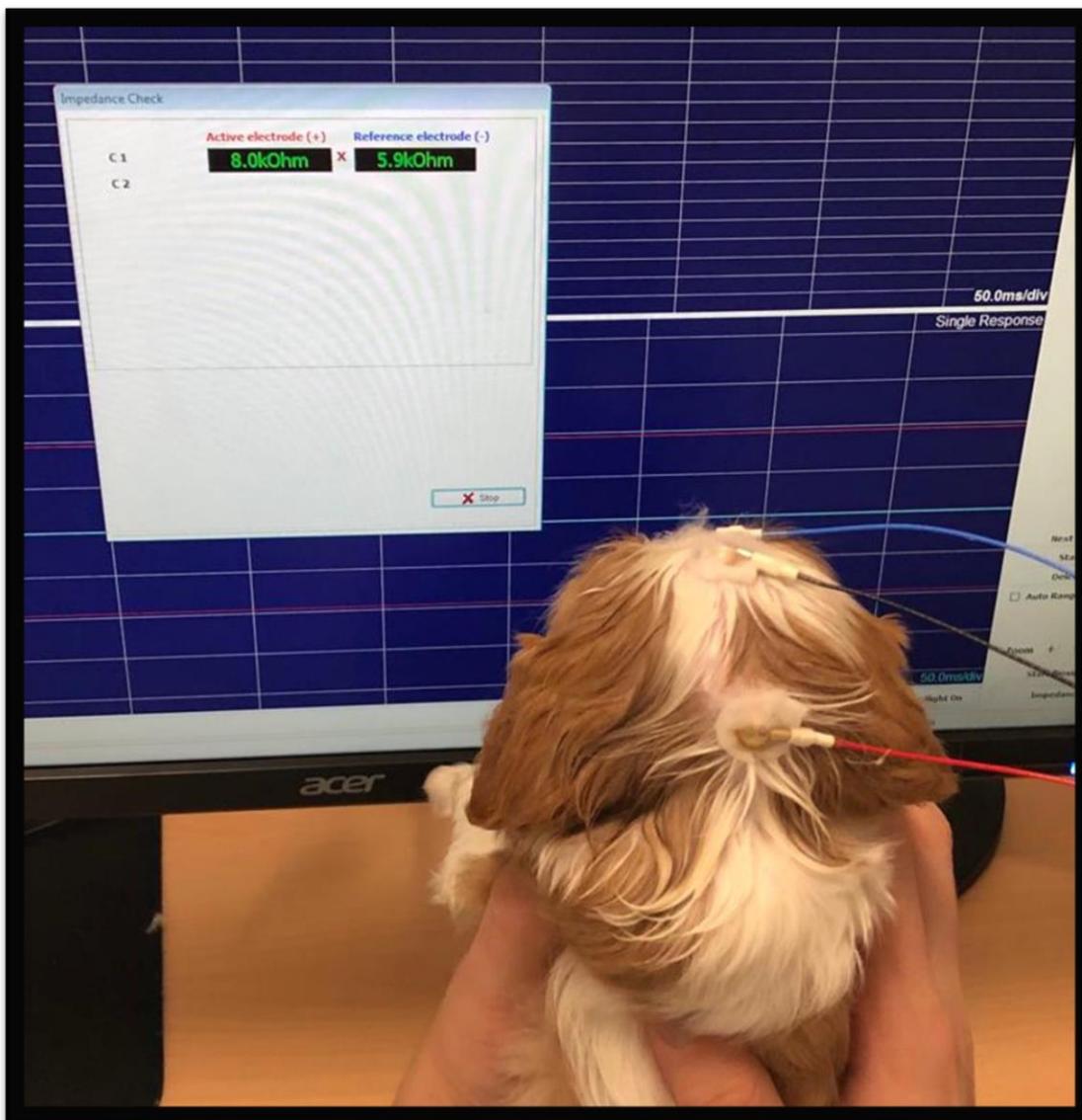
Figura 14. Posicionamento dos eletrodos em um cão da raça Cavalier King Charles Spaniel do grupo G5 (a) e de um filhote do grupo G1 (b): Fz representa o eletrodo referência, localizado na região fronto-polar, Oz é representado pelo eletrodo ativo, na região occipital, e o eletrodo tipo terra, localizado no vértex, representado pela sigla Cz. Observar que, respeitando o tamanho do crânio, o posicionamento dos eletrodos é o mesmo em ambas as idades



Fonte: Moraes (2019)

A impedância foi testada logo no início do exame, depois de colocados os eletrodos em contato com a pele devidamente higienizada e desengordurada. Aceitou-se o registro se a impedância fosse menor ou igual a $8K\Omega$ (quilo ohms), como representado na figura 15.

Figura 15. Impedância dos eletrodos referência e ativo sendo testada em filhote de 30 dias. Quando abaixo de $10\text{K}\Omega$, os valores aparecem na cor verde, sugerindo que o exame pode ser iniciado. Para o estudo, foram considerados resultados iguais ou menores que $8\text{K}\Omega$



Fonte: Moraes (2019)

Por meio da metodologia *stepwise sweep-VEP*, em que os estímulos de grades não são contínuos, e sim, apresentados passo a passo, com mudanças discretas entre cada frequência espacial, obteve-se uma média de 20 respostas para cada uma das, no máximo 9 frequências espaciais utilizadas, sendo estas: 2; 3; 4,4; 6,2; 7,4; 10,7; 12,4; 14,9; 18,6 cpg (ciclos por graus).

Avaliou-se exclusivamente a visão binocular, respeitando, dessa forma, o tempo de tolerância dos animais à contenção e à fixação do olhar ao monitor. A decisão da realização deste estudo com a acuidade binocular foi tomada com base na experiência de um estudo piloto previamente realizado com cães braquicefálicos jovens no mesmo laboratório, cujos resultados se mostraram mais confiáveis, além de o reduzido tempo de exame facilitar a fixação e cooperação dos animais avaliados.

2.3.3 Análise estatística

A distribuição dos dados foi avaliada por meio do teste de D'Agostino & Pearson.

As análises entre as idades foram realizadas por meio do teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn, quando necessário.

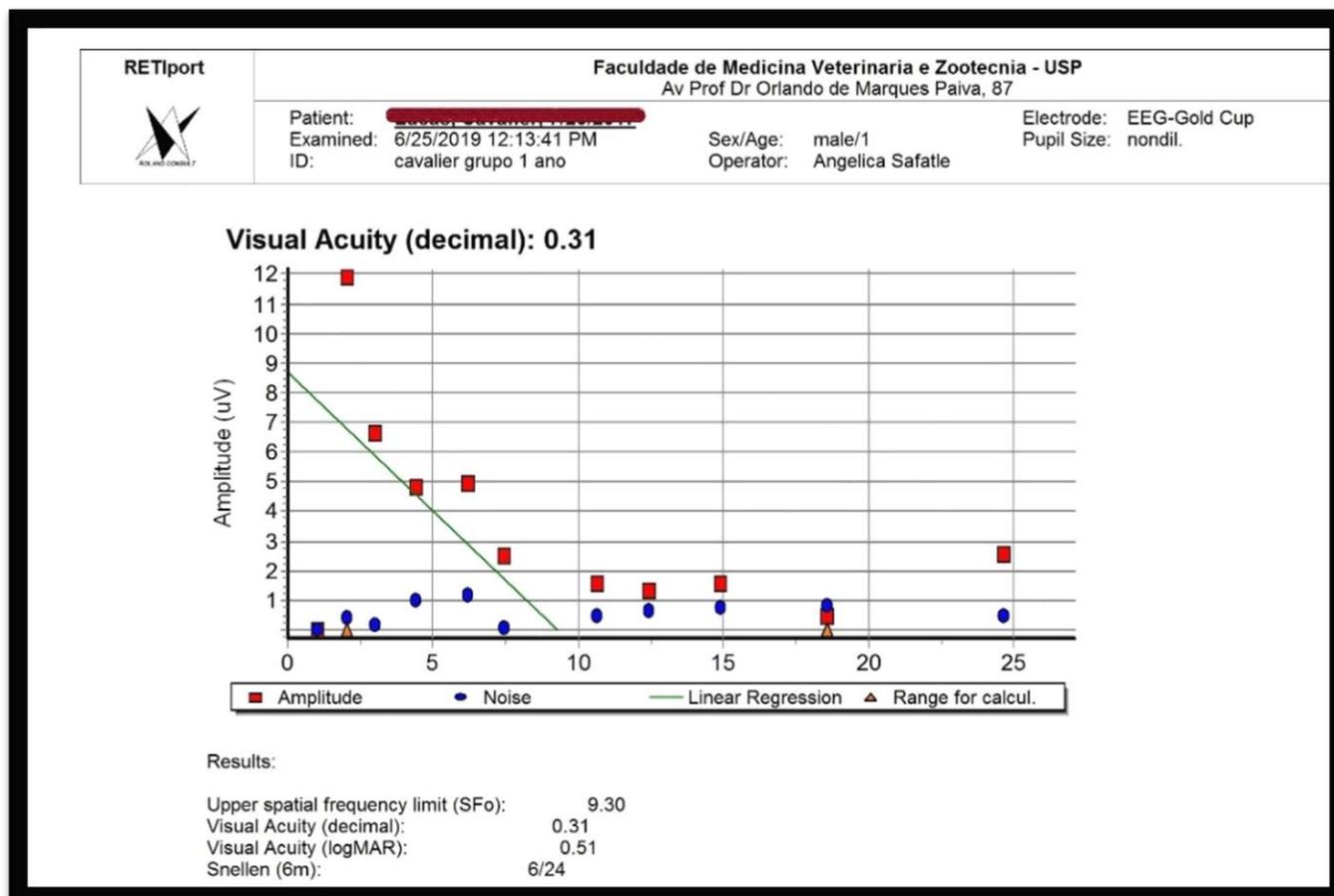
Utilizou-se o software estatístico Prism 5 for Windows para a realização das análises (GraphPad Software).

2.4 RESULTADOS

Os resultados foram obtidos por meio da extração das respostas harmônicas às frequências do estímulo. Ao mudar o tamanho das listras, as mudanças de amplitude e na fase da frequência puderam ser medidas, sendo computadas a cada 0,5 segundo.

O resultado da acuidade foi alcançado por regressão linear e extrapolação à frequência espacial que corresponde a $0\mu\text{V}$ de amplitude, conforme exemplificado na figura 16. Os valores obtidos foram corrigidos para a distância utilizada para o teste em cada grupo, a fim de compará-los estatisticamente.

Figura 16. Exemplo do gráfico obtido em um paciente pertencente ao grupo 5. Os quadrados de cor vermelha representam a média de 20 respostas para cada frequência espacial testada, enquanto os círculos azuis, representam o ruído. Baseando-se na regressão linear, a frequência espacial correspondente a $0\mu\text{V}$ de amplitude foi de 9,30 cpg para 1 metro de distância. Para o paciente a 50cm de distância do monitor a frequência espacial corrigida foi de 4,65cpg



Fonte: Moraes (2019)

Os resultados obtidos em cada grupo foram registrados por meio do sistema eletrodiagnóstico Roland RETlport System® e estão representados nas unidades ciclos por grau (cpg) e equivalente de *Snellen*, pelas tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

Tabela 2. Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de *Snellen*, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 1 (20 dias de vida).

Grupo 1 (20 dias)

	Sexo	Freq. Esp (cpg)	Snellen (20p)
1	F	1,25	20/480
2	M	1,52	20/393
3	F	1,25	20/480
4	F	1,5	20/400
5	M	1,5	20/400
6	M	1,5	20/400
7	F	1,25	20/480
8	M	1,25	20/480
9	M	1,14	20/524
10	F	1,25	20/480

Fonte: Moraes (2019)

Tabela 3. Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de *Snellen*, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 2 (30 dias de vida).

Grupo 2 (30 dias)

	Sexo	Freq. Esp (cpg)	Snellen (20p)
1	F	1,805	20/332
2	F	1,75	20/342
3	M	1,815	20/330
4	M	1,597	20/375
5	F	1,685	20/356
6	M	2,00	20/300
7	M	2,00	20/300
8	F	1,72	20/348
9	F	1,25	20/480
10	M	1,75	20/340

Fonte: Moraes (2019)

Tabela 4. Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 3 (45 dias de vida).

Grupo 3 (45 dias)

	Sexo	Freq. Esp (cpg)	Snellen (20p)
1	M	3	20/200
2	F	3,86	20/155
3	M	4,00	20/150
4	F	4,27	20/140
5	M	3	20/200
6	M	4,00	20/150
7	M	3,69	20/162
8	F	3,53	20/200
9	F	3,53	20/200
10	F	4,35	20/137

Fonte: Moraes (2019)

Tabela 5. Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 4 (90 dias de vida).

Grupo 4 (90 dias)

	Sexo	Freq. Esp (cpg)	Snellen (20p)
1	F	3,61	20/166
2	M	4,00	20/150
3	M	3,5	20/171
4	M	3,75	20/160
5	M	4,03	20/149
6	M	4,09	20/146
7	F	4,00	20/150
8	F	4,00	20/150
9	F	3,5	20/171
10	F	5,41	20/110

Fonte: Moraes (2019)

Tabela 6. Resultados das acuidades visuais, nas unidades de ciclos por grau e na escala de Snellen, obtidas por meio do PVEV dos cães pertencentes ao grupo 5 (1 a 2 anos de idade).

Grupo 5 (1 a 2 anos)

	Sexo	Freq. Esp (cpg)	Snellen (20p)
1	F	4,23	20/141
2	F	3,31	20/ 181
3	F	4,04	20/148
4	F	4,28	20/140
5	F	3,5	20/171
6	F	4,02	20/149
7	F	3,66	20/163
8	M	4,65	20/129
9	M	4,38	20/136
10	F	4,85	20/123

Fonte: Moraes (2019)

2.4.1 Análise estatística dos resultados

Foram extraídos a média, a mediana, o desvio padrão, os valores máximo e mínimo dos resultados de cada grupo avaliado, nas unidades cpg e equivalente Snellen, conforme apresentado nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Valores estatísticos da acuidade visual, representada pela máxima frequência espacial obtida, em cpg, em cada grupo avaliado.

Máx freq. esp.	20d	30d	45d	3m	1^a
Mínimo	1,140	1,250	3,000	3,500	3,310
25% Percentil	1,250	1,663	3,398	3,583	3,620
Mediana	1,250	1,750	3,775	4,000	4,135
75% Percentil	1,500	1,861	4,068	4,045	4,448
Máximo	1,520	2,000	4,350	5,410	4,850
Média	1,341	1,737	3,723	3,989	4,092
Desvio padrão	0,1452	0,2132	0,4697	0,5488	0,4922

Fonte: Moraes (2019)

Tabela 8. Valores estatísticos da acuidade visual representados em equivalente Snellen (20 pés), em cada grupo avaliado.

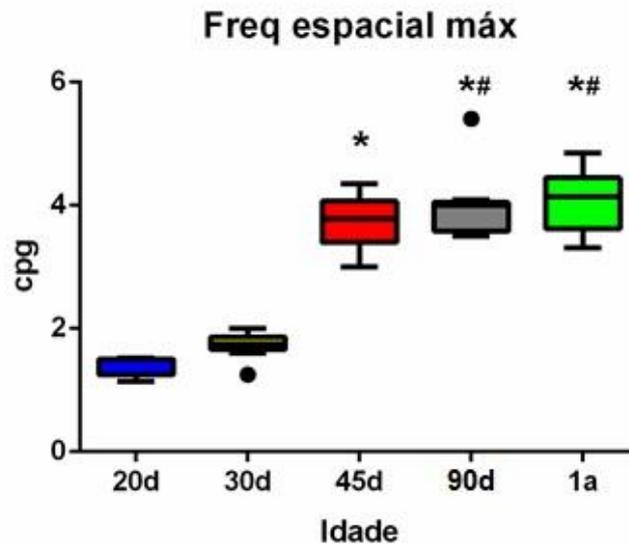
Snellen (20 pés)	20d	30d	45d	3m	1ª
Mínimo	393,0	256,0	137,0	110,0	123,0
25% Percentil	400,0	300,0	147,5	148,3	134,3
Mediana	480,0	336,0	158,5	150,0	144,5
75% Percentil	480,0	354,8	200,0	167,3	165,0
Máximo	524,0	480,0	200,0	171,0	181,0
Média	451,7	340,3	169,4	152,3	148,1
Desvio Padrão	47,95	58,98	27,23	17,64	18,52
Erro padrão da média	15,16	18,65	8,612	5,580	5,857

Fonte: Moraes (2019)

Para comparação dos resultados entre os grupos, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrico), seguido do teste de Dunn, quando necessário, utilizando-se o software estatístico *Prism 6 for Windows* (*GraphPad Software*).

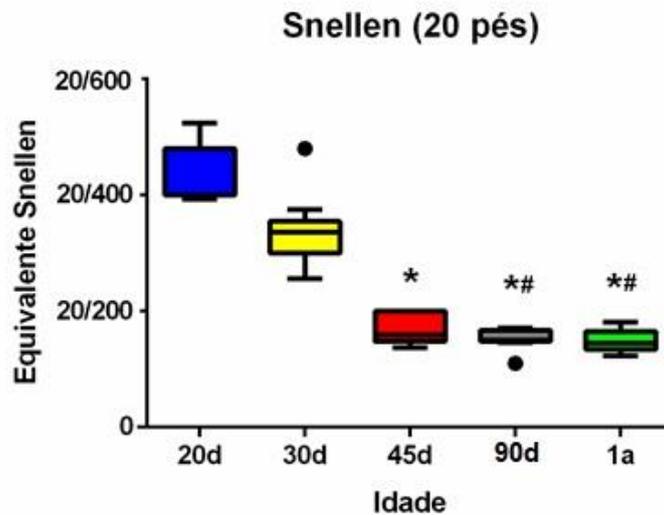
Os dados estão apresentados em forma de gráfico “boxplot”, representando a distribuição dos dados. A linha horizontal dentro da caixa corresponde ao valor da mediana. Já os limites inferior e superior da caixa ilustram respectivamente o percentil 25 e o percentil 75. Os limites inferior e superior, simbolizados pelas linhas verticais, representam o valor mínimo ou máximo não “outliers”. Valores “outliers” (°) são os pontos localizados fora do intervalo formado pelo percentil 75 mais 1,5 vez o intervalo interquartilico e pelo percentil 25 menos 1,5 vez o intervalo interquartilico (Figuras 17 e 18).

Figura 17. Frequência espacial máxima de cada grupo (em cpg) Teste de Kruskal-Wallis $P < 0,0001$. Pós-teste de múltiplas comparações de Dunn: * representa diferença com o grupo 20d, $P < 0,05$; # diferença com o grupo 30d, $P < 0,05$; •: valor outlier



Fonte: Moraes (2021)

Figura 18. Snellen 20 pés. Teste de Kruskal-Wallis $P < 0,0001$. Pós-teste de múltiplas comparações de Dunn: * diferença com o grupo 20d, $P < 0,05$; # diferença com o grupo 30d, $P < 0,05$; •: valor outlier



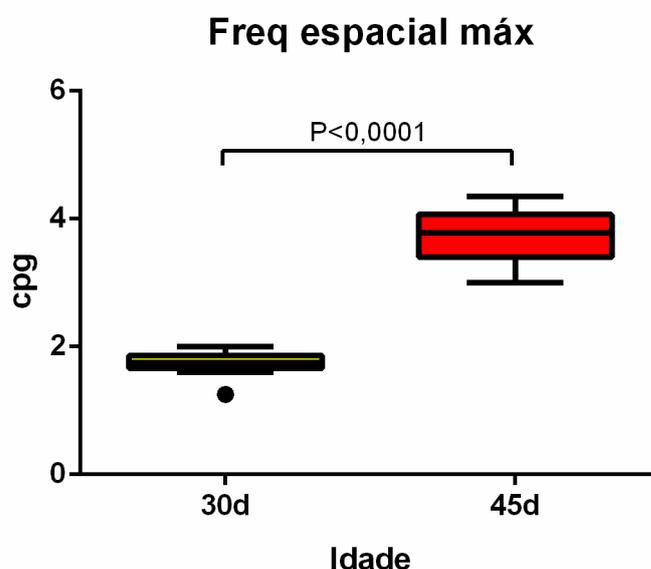
Fonte: Moraes (2021)

Baseando-se na interpretação dos gráficos obtidos pela análise estatística, pode-se afirmar que não houve diferença significativa dos valores de acuidade visual entre os grupos G1(20 dias) e G2 (30 dias). Entretanto, o grupo G3 (45 dias) apresentou uma maior acuidade visual quando comparado ao grupo G1, sendo essa diferença estatisticamente significativa.

Entre os grupos G3 (45 dias), G4 (90 dias) e G5 (1 a 2 anos), não houve diferença significativa nos valores de acuidade visual apresentados, cujas medianas foram, respectivamente 3,775, 4,000 e 4,135cpg.

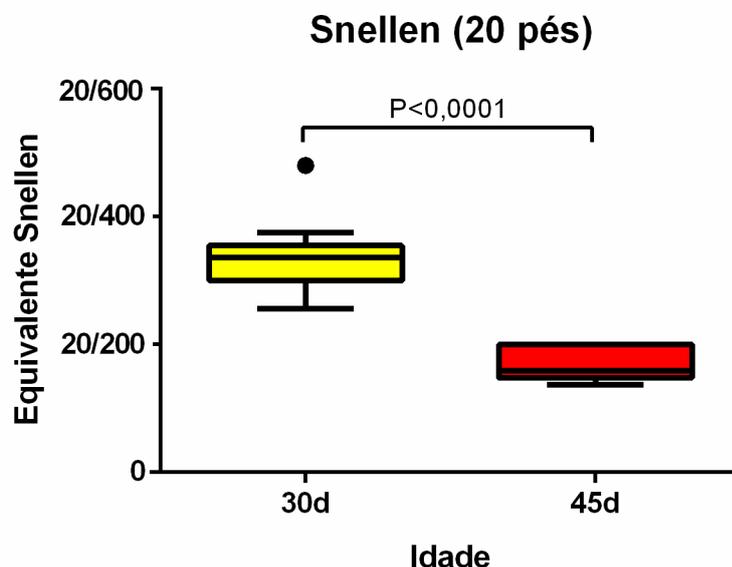
Ao comparar estatisticamente os grupos G2 e G3 de forma isolada, por meio do teste de Mann-Whitney (teste t não paramétrico), observou-se diferença estatística entre os mesmos, conforme apresentado nas figuras 19 e 20.

Figura 19. Frequência espacial máxima (em cpg) nos grupos G2 e G3. •: valor outlier
 $P < 0,0001$ representa diferença estatisticamente significativa entre os grupos



Fonte: Moraes (2019)

Figura 20. Frequência espacial máxima na escala de Snellen, nos grupos G2 (30d) e G3 (45d). •: valor outlier. $P < 0,0001$ representa diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

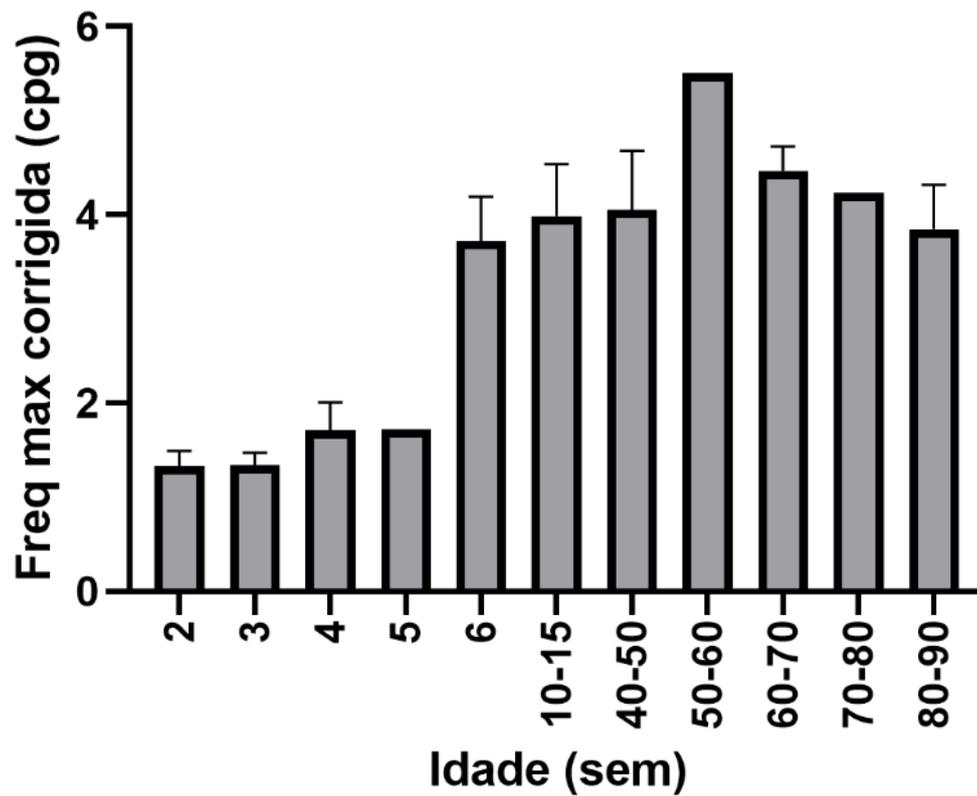


Fonte: Moraes (2019)

Acredita-se então, que haja uma progressão da acuidade visual entre os grupos G1, G2 e G3, atingindo um platô a partir dos 45 dias de vida. Pode-se concluir que, no grupo experimental estudado, a maturação da via visual ocorreu entre os 30 e 45 dias de vida.

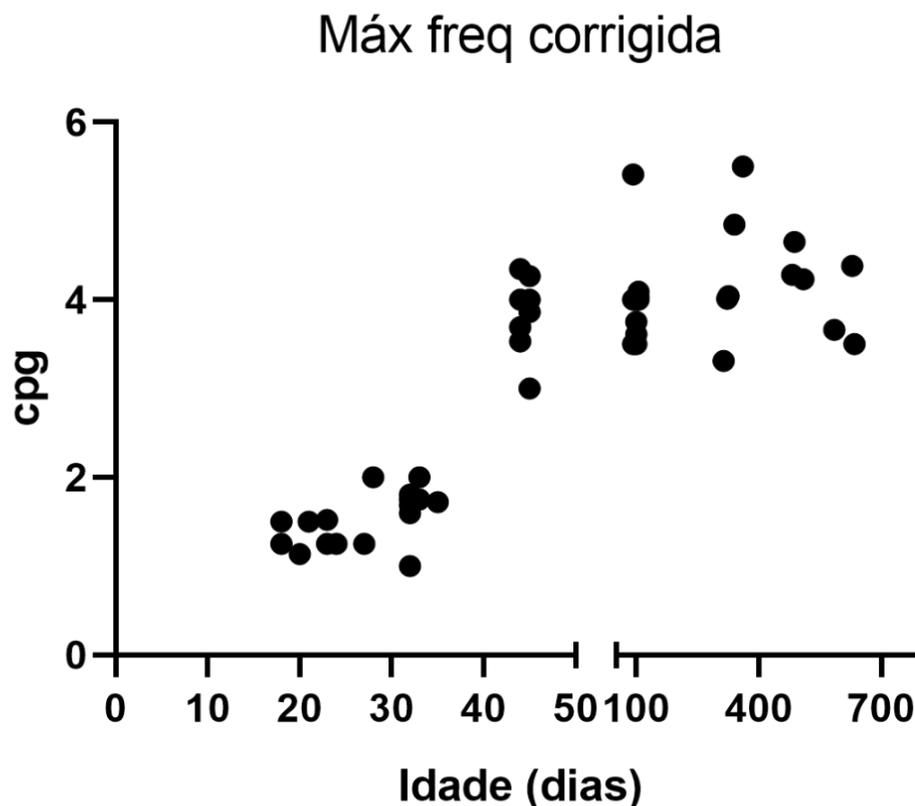
As medianas dos cinco grupos, na escala de Snellen, foram do G1 ao G5, respectivamente: 20/480, 20/336, 20/158, 20/150 e 20/144. Sugere-se, assim, que o processo de maturação da via visual seja mais lento entre três e quatro semanas de vida (20 a 30 dias), acelerando entre quatro e seis semanas (30 a 45 dias), quando a acuidade visual aparenta atingir níveis estáveis, semelhantes à dos adultos, como observado nas figuras 21 e 22.

Figura 21. Gráfico representativo da média e desvio padrão dos valores de acuidade visual dos animais estudados, separados por idade (semanas de vida). Observa-se marcado aumento entre 5 e 6 semanas de idade, onde se atinge um platô dos valores de AV. No gráfico é possível observar que entre 50 e 60 semanas de vida, houve resultados de AV maiores, porém esses animais já pertenciam ao grupo G5



Fonte: Otsuki (2021)

Figura 22. Gráfico representativo dos valores de acuidade visual dos indivíduos pela idade (dias de vida). Observa-se um discreto aumento após os 30 dias, quando comparado aos animais do grupo 20 dias e um marcado aumento após os 45 dias de vida, ilustrando o comportamento da evolução da AV, previamente citado



Fonte: Otsuki (2021)

2.5 Discussão

A escolha do PVEV para a determinação da acuidade visual dos animais avaliados no presente estudo baseou-se nos bons resultados obtidos pelo método eletrofisiológico em bebês e crianças, quando comparados aos métodos comportamentais, tanto com relação à confiabilidade dos resultados, quanto à menor necessidade de cooperação, além de exigir um menor tempo de fixação ao exame (SALOMÃO et al, 2008). A comprovação da aplicabilidade da técnica em cães, por outros

autores (MORENO-CARMONA et al, 2006; SAFATLE et al, 2020), também foi um fator encorajador para a escolha do PVEV nesse estudo.

Além disso, os testes comportamentais apresentam maiores possibilidades de equívocos na determinação dos valores, uma vez que podem ser confundidos por fatores não visuais, como distração, cansaço, imaturidade da integração visual e movimentos oculares, por dependerem da avaliação precisa e consistente dos examinadores, além de requererem respostas de áreas cerebrais superiores, enquanto que o PVEV irá avaliar a acuidade visual primária, sendo um teste objetivo, conforme sugerido por Polevoy e colaboradores (2017).

Atualmente, a avaliação da visão em animais é baseada em testes comportamentais bastante superficiais, estando restritos ao teste de resposta à ameaça, cuja AV necessária para um resultado positivo é extremamente baixa, e ao teste da bola de algodão, que requer alguma atenção e cooperação do animal. Por meio desses testes, não é possível quantificar a acuidade e, assim, pacientes com diferenças significativas de AV poderão apresentar resultados igualmente positivos. Além disso, a resposta à ameaça é um reflexo aprendido, normalmente estando presente após 12 semanas de vida (FEATHERSTONE, HEINRICH, 2021).

Outro ponto positivo da escolha da técnica é que não é necessário nenhum treinamento ou algum tipo de preparação dos pacientes, que são submetidos ao exame ao chegarem ao laboratório, diferentemente do relato de Graham e colaboradores (2019), cujos cães foram previamente treinados a responder aos estímulos visuais emitidos em uma tela. Outro estudo, que avaliou a AV de cães por testes comportamentais com base no reconhecimento dos anéis de Landolt, relata uma sequência de treinamentos prévios ao exame (TANAKA et al, 2000). Além disso, a não necessidade de treinamento dos cães avaliados permite a extrapolação da técnica para uso clínico, o que já é realidade em seres humanos e cuja aplicação em animais seria bastante dificultada nos casos dos testes comportamentais citados.

A escolha de avaliar a AV a partir da quarta semana de vida (20 dias) foi estimulada pelos benefícios em se detectar precocemente alterações visuais e permitir a correção das mesmas, sempre que possível, conforme sugerido por Jacobson, Mohindra e Held (1981) e Mayer, Moore e Robb (1989). Outrossim, existem poucos dados acerca da maturação visual em cães, motivando a inclusão de grupos muito jovens para comparação com cães de idade mais avançada, pertencentes à mesma raça.

Um estudo avaliou a acuidade visual de 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro, pelo PVEV, da quarta à 13ª semana de vida, observando-se valores semelhantes aos dos adultos por volta da décima semana de vida (70 dias) (MORENO-CARMONA, 2004), diferindo dos resultados obtidos pelo presente estudo, em que o platô da AV foi obtido aos 45 dias, sugerindo a maturação visual nesta idade.

Em bebês humanos, Salomão e colaboradores (2008) observaram uma marcada melhora da AV no primeiro e no sexto mês de vida, seguido por uma melhora mais discreta, porém progressiva nos meses subsequentes, atingindo um platô entre dois e três anos de idade, quando se observa a maturação visual na espécie. O mesmo padrão de evolução da AV foi observado por Moreno-Carmona (2004), em cães, porém com melhora significativa entre a quarta e a sétima semana de vida, reduzindo a taxa de progressão entre a 10ª e a 13ª semana de vida. No presente estudo, observou-se um aumento mais expressivo entre 30 e 45 dias de vida, período semelhante ao observado pelo estudo anteriormente citado.

Sugere-se que a distribuição das células ganglionares da retina esteja diretamente relacionada à AV. Assume-se ainda, que exista uma correlação entre o comprimento do focinho e a densidade de células ganglionares, em que cães de focinho mais curto possuem uma maior densidade de células ganglionares na *area centralis* (MC GREEVY, GRASSI, HARMAN, 2004). O mesmo estudo observou que cães de focinho longo apresentam uma “faixa visual” na retina, onde há maior concentração de células ganglionares, especialmente entre os cães com características menos domésticas, como raças de cães caçadores (ex: *Grayhound*), enquanto cães de raças de

companhia, como o Pug, não apresentavam essa “faixa visual”, mas uma maior densidade das células ganglionares na *area centralis*. O estudo justifica essas características com base no desenvolvimento das raças de companhia e sua proximidade com o ser humano, conferindo a esses cães, uma visão mais detalhada das expressões faciais dos seus tutores.

A sugestão de que raças braquicefálicas possuem uma melhor AV vai de encontro com o que foi observado no presente estudo, em que, os valores de AV observados em cães adultos da raça Cavalier King Charles Spaniel (braquicefálica) (mediana = 4,135cpg ou 20/144) foram inferiores, quando comparados aos valores de AV observados em cães adultos fáticos da raça Poodle (mediana = 6,17cpg ou 20/97) e adultos da raça Terrier Brasileiro (mediana = 8,82cpg ou 20/70). As duas últimas raças citadas são consideradas mesaticefálicas, com comprimento do focinho maior que as raças braquicefálicas.

Por outro lado, Peichl (1992), que realizou um estudo topográfico das células ganglionares de cães e lobos, descreve a “faixa visual” como uma área horizontal da retina, diretamente relacionada à concentração de células ganglionares e à resolução visual. O autor relata que a “faixa visual” foi observada em espécies que vivem em campos abertos, que necessitam que objetos localizados a longas distâncias possam estar presentes em seu campo visual. O autor observou que raças de cães com menores densidades de células ganglionares na “faixa visual” apresentaram menores densidades de células ganglionares na área central da retina, sugerindo uma predisposição a uma menor acuidade visual. Cabe ressaltar que, neste estudo, cães de mesma raça apresentaram diferenças na densidade e na distribuição das células ganglionares, sendo necessários novos estudos comparando a densidade de células ganglionares e a acuidade visual, tanto entre diferentes raças, quanto dentro de cada raça específica.

Um estudo que avaliou a acuidade visual de frangos (*Gallus gallus*), observou uma menor AV na espécie, quando comparada à acuidade descrita em pombos (*Columba livia*) (SCHMID, WILDSOET, 1998; HODOS, LEIBOWITZ, BONBRIGHT, 1976). Anteriormente já havia sido observada

uma maior densidade de células ganglionares em pombos do que em frangos (HODOS, 1993), reforçando a relação diretamente proporcional da densidade de células ganglionares com a AV em outras espécies animais, além dos cães.

O objetivo da escolha da raça para este estudo se deu justamente pelas características anatômicas cranianas dos braquicefálicos, uma vez que ainda não existem relatos de mensuração da AV por PVEV em um número significativo de cães desse grupo anatômico. Alguns estudos incluíram cães braquicefálicos no grupo experimental, porém em um número não significativo (MORENO-CARMONA et al, 2006; LIND et al, 2017).

Lind e colaboradores (2017), por exemplo, avaliaram a AV de um total de seis cães, entre eles: 4 da raça Wippet (dolicocefálico) um da raça Pug (braquicefálico) e um da raça Pastor de Shetland (dolicocefálico). O cão da raça Pug apresentou a maior AV (19,5cpg) e o Pastor de Shetland teve a pior AV (5,5cpg). Entre os quatro cães da raça Wippet, os valores de AV variaram entre 6,0 e 17,4cpg. Além de ter sido utilizado um teste comportamental, em que a capacidade individual de aprendizado pode ter influenciado nos resultados, não se pode considerar o valor de AV de um único espécime braquicefálico como representativo para esse grupo anatômico, sobretudo quando se observa que o próprio estudo aponta diferenças expressivas de AV em cães pertencentes à mesma raça.

Inicialmente foram avaliados cães braquicefálicos de diferentes raças para um estudo piloto, porém, devido às diferenças importantes de tamanho, estrutura corporal e de comportamento entre as raças, optou-se pela escolha de uma única raça braquicefálica. A raça Cavalier King Charles Spaniel mostrou-se ser de mais fácil manipulação, contenção, além de apresentar um comportamento mais colaborativo durante o exame, motivando sua escolha. Será fundamental a realização de estudos semelhantes em diferentes raças braquicefálicas para melhor comparação da AV, uma vez que existem diferenças anatômicas significativas, que possivelmente irão interferir nos valores de AV entre elas.

Outras espécies já foram submetidas à determinação da acuidade visual, tanto por métodos comportamentais quanto eletrofisiológicos, e seus valores de AV devem ser considerados, especialmente levando em consideração os hábitos alimentares e comportamentais de cada espécie. Deve-se sempre atentar ao método de determinação da AV para que se possa justificar discrepâncias entre os valores obtidos dentro de uma mesma espécie. Um estudo que mensurou a AV de gatos por PVE por reversão de padrões observou resultados que variavam entre 3,17 e 6,57cpg (BERKLEY, WATKINS, 1973), enquanto outra pesquisa, cuja determinação da AV foi realizada por um método comportamental, dependente de treinamento, em gatos, revelou resultados entre 8 e 9cpg (JACOBSON, FRANKLIN, MC DONALD, 1973).

A AV de três aves rapinantes da espécie *Mivalgo chimango* foi avaliada por um método comportamental, semelhante aos cartões de acuidade de Teller, sendo os valores obtidos (em cpg): 15,08; 30,65 e 39,83. Sabe-se que as aves rapinantes apresentam fóvea, área de grande concentração de cones, assim como nos humanos, sendo esperados valores mais altos de AV, quando comparados com as demais espécies que apresentam apenas a *area centralis*. Os autores afirmam que o valor menor discrepante apresentado por uma das aves (15,08cpg) pode ser atribuído à dificuldade de aprendizado durante o treinamento da ave, tendo sido necessário repetir o teste por mais vezes para que se alcançasse um resultado mais fidedigno (POTIER et al, 2016). Essa afirmativa reforça as limitações dos testes comportamentais para avaliação de AV em espécies animais.

Com relação à metodologia aplicada na realização dos PVEs de estímulo estruturado (tabuleiro de xadrez ou grades), existem algumas divergências entre os estudos. No presente trabalho, o PVEV foi realizado com os pacientes totalmente acordados, utilizando-se exclusivamente de uma sutil contenção mecânica. A atenção aos estímulos é fundamental para que os resultados da AV sejam fidedignos. Assim, ao utilizarmos estímulos estruturados, consideramos que o estado de consciência por parte do

examinado seja um fator determinante para a confiabilidade dos valores de AV obtidos. Outros estudos que aplicaram PVEV em cães utilizaram-se também de animais totalmente conscientes, sob discreta contenção mecânica, como demonstrado por Moreno-Carmona e colaboradores (2006) e Safatle e colaboradores (2020). Staubli e colaboradores (2016) realizaram o PVEV em coelhos e ratos conscientes, com base na contenção mecânica, o que reforça a aplicabilidade da técnica sem sedação ou anestesia mesmo em espécies menos domesticadas.

Berkley e colaboradores (1973) avaliaram a AV de gatos por meio do PVEPR, porém, em sua metodologia, além de manter os animais sob anestesia geral, o estudo descreve ter realizado uma abertura no crânio para exposição do córtex cerebral e colocação do eletrodo de gravação sobre esta área. Sabe-se que se trata de um estudo totalmente experimental, sem aplicabilidade clínica e que, atualmente, provavelmente não passaria pela aprovação de alguma comissão de ética em uso de animais para experimentação. Um estudo mais recente da aplicação da técnica do PVEPR em gatos reporta não ter usado nenhum tipo de contenção química, valendo-se exclusivamente de contenção mecânica discreta, concordando com a metodologia aplicada no presente estudo (FERREIRA et al, 2015).

Um estudo utilizando o PVEPR em cães da raça Beagle relata o uso de sedação para a realização do exame (ITO et al, 2016). Sabe-se que a raça possui um temperamento um pouco mais enérgico, o que possivelmente dificulta a evolução do exame, porém é inevitável a perda de atenção pelo menor estado de consciência apresentado pelo paciente.

Além disso, outros autores relatam ter se utilizado de anestesia geral, associada ao uso de bloqueador neuromuscular para manter a fixação dos olhos durante o exame de PVEPR em cães da raça beagle e de 1 cão sem raça definida (ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; MAEHARA et al, 2018).

A midríase medicamentosa foi adotada por diversos estudos para a realização do PVEPR e do PVEV (YIN et al, 1994; ITOH et al, 2010; ODOM;

BROMBERG; DAWSON, 1983; STAUBLI et al, 2016). No presente estudo, os animais avaliados não tiveram a midríase medicamentosa induzida, obedecendo às recomendações da ISCEV (ODOM et al, 2016), com o objetivo de se evitar as aberrações esféricas, que comprometem a capacidade de resolução e conseqüentemente, de diferenciação dos estímulos de grades. Outros estudos envolvendo PVE de estímulos estruturados concordaram com este princípio e não utilizaram midríase em sua metodologia (MORENO-CARMONA et al, 2006; FERREIRA et al, 2015; SAFATLE et al, 2020).

A correção dos erros de refração foi descrita por alguns experimentos que realizaram a refração manual, com retinoscópio e régua de esquiastopia, identificando as diferenças de dioptrias e corrigindo-as por meio da colocação de lentes de contato no grau adequado em cada animal (BERKLEY, WATKINS, 1973; ITO et al, 2016; MAEHARA et al, 2018). Essa correção, sem dúvida, contribui para que os resultados sejam mais precisos, entretanto, os mesmos trabalhos utilizam-se da midríase medicamentosa para a realização do PVEPR, negligenciando as aberrações esféricas e conseqüente impacto no poder refrativo do olho, causado pela midríase.

No presente estudo, a refração foi realizada nos cães a partir de 45 dias de idade e não foram encontrados erros maiores que 1,5D. Considerando-se que os erros de refração eram pequenos, quando relacionados à AV esperada para a espécie, optamos por não realizar a correção do grau desses animais. Outro motivo para a não correção dos erros de refração é o fato de os cães não usarem a correção da refração no dia a dia, sendo mais aplicável à realidade da espécie, a aferição da AV em condições naturais. Além disso, como a refração não pôde ser aplicada nos cães dos grupos mais jovens, devido às limitações anteriormente comentadas, optamos por não considerar a refração como um dado relevante para o presente trabalho. Entretanto, é notória a importância da realização de novo estudo comparando os resultados do PVEV entre cães sem a correção dos erros de refração e após a aplicação da lente para a

correção da dioptria, aumentando ainda mais a confiabilidade dos resultados aqui encontrados.

O posicionamento dos eletrodos, no presente estudo, foi o mesmo para todas as faixas etárias e foi idêntico ao aplicado por Safatle e colaboradores (2020), em que o eletrodo ativo foi posicionado na região occipital (Oz), um eletrodo referência, na região frontopolar (Fpz) e um eletrodo terra, posicionado no vertex (Cz). Já Moreno-Carmona e colaboradores (2006), utilizaram-se de dois eletrodos ativos na região occipital (O1 e O2), bem como Salomão e colaboradores (2008) porém, separados por um eletrodo de referência na mesma região (Oz). O eletrodo terra foi posicionado no vértex (Cz), da mesma forma que o apresentado neste estudo. Outros estudos diferem exclusivamente no posicionamento do eletrodo terra (ITO et al, 2016; MAEHARA et al, 2018), o que, de forma geral, causa menor impacto para a obtenção dos resultados. Cabe ressaltar que o posicionamento dos eletrodos, no presente estudo, obedeceu ao sistema internacional 10/20, indicado pelo protocolo atualizado de potenciais visuais evocados da ISCEV (ODOM et al, 2016).

A distância do paciente ao monitor foi definida com base nas indicações da ISCEV para a realização de PVE-PR, que sugere entre 50 e 150cm (ODOM et al, 2016). Em um estudo piloto, adotou-se inicialmente a distância de 1m, porém observou-se houve um déficit de atenção e fixação importante. Sendo assim, assumiu-se a distância de 50cm. Os cães mais jovens, pertencentes aos grupos G1 e G2, ainda demonstraram dificuldade em manter a atenção à tela e foram posicionados a uma distância de 25cm, apresentando uma fixação satisfatória. Assim, utilizamos as distâncias de 25cm para os grupos G1 e G2 e de 50cm, para os grupos G3, G4 e G5.

Moreno-Carmona (2004) realizou o PVEV em cães da raça Terrier Brasileiro adultos e filhotes, sem relatar dificuldades relacionadas à fixação. Deve-se considerar que as diferentes raças apresentam comportamentos e características cognitivas distintas, sendo fundamental a realização do exame de forma individualizada e, conseqüentemente, a determinação dos parâmetros mais adequados para a obtenção dos resultados.

Apesar de a recomendação da ISCEV para PVEs de estímulo estruturado (ODOM et al, 2016) ser de realizar o exame de forma monocular, observamos maior dificuldade de fixação e cooperação dos pacientes por meio desse método, prejudicando os resultados dos valores de AV do segundo olho a ser avaliado. Assim, considerando-se que não houve diferenças entre os olhos no exame oftálmico clínico, optamos pela realização do exame binocular, garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos.

Por fim, faz-se necessária a mensuração dos valores de AV em animais idosos na raça Cavalier King Charles Spaniel, com a finalidade de se determinar em que momento a AV tende a reduzir, de acordo com a idade. Além disso, a elaboração de estudos comparando os resultados de AV mediante a correção e não correção dos erros de refração em cães da mesma raça será fundamental para a conclusão da investigação dos valores de AV na raça e ratificação dos valores aqui encontrados.

No mais, a conjunção de estudos anátomo-fisiológicos da retina e da via visual de cães dessa raça, com ênfase especialmente na densidade e distribuição das células ganglionares pode ser de grande contribuição para entender os valores de AV obtidos neste estudo e compará-los com os resultados observados em outras raças.

3 CONCLUSÃO

Com base no presente estudo, pode-se confirmar a aplicabilidade do PVEV em cães, sem uso de contenção química, além de determinar a AV de cães da raça Cavalier King Charles Spaniel de diferentes faixas etárias e o momento da maturação visual na raça. Os resultados aqui apresentados poderão ser utilizados como valores de referência de acuidade visual para a raça, para braquicefálicos e até mesmo para a espécie, caso novos estudos apresentem valores de AV semelhantes em cães de outras raças.

REFERÊNCIAS

ALLEN, D.; BENNETT, P. J.; BANKS, M. S., The effects of luminance on FPL and VEP acuity in human infants. **Vision Research**, v. 32, p. 2005-2012, 1992.

ALMOQBEL, F.; LEAT, S. J.; IRVING, E. The technique, validity and clinical use of the sweep VEP. **Ophthalmic & Physiological optics : the Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)**, v. 28, n. 5, p. 393–403, set. 2008.

ANDRADE, E. P. et al. Alterações encontradas no potencial visual evocado por padrão reverso em pacientes com esclerose múltipla definida. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**. v. 70, n. 6, p. 943-948, 2007.

ARAI, M. et al. Comparison of Snellen acuity and objective assessment using the spatial frequency sweep PVER. **Graefe's Archives for Clinical and Experimental Ophthalmology**, v. 235, p. 442-447, 1997.

ATKINSON, J. Development of the optokinetic nystagmus in the human infant and monkey infant: An analogue to development in kittens. **Developmental Neurology**, v. 79, p. 227-257, 1989.

BERKLEY, M. A.; WATKINS, D. W. Grating resolution and refraction in the cat estimated from evoked cerebral potentials. **Vision Research**, v. 13, n. 2, p. 403–415, fev. 1973.

BICAS, H. E. A. Acuidade visual. Medidas e notações. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 65, p. 375-384, 2002.

BIRCH, E. E. Visual acuity testing in infants and young children. **Ophthalmology Clinics of North America**, v. 2, p. 369–389, 1989.

BIRCH, E. E.; SPENCER, R. Visual outcome in infants with cicatricial retinopathy of prematurity. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 32, n. 2, p. 410-415, 1991.

COSTA, M. F.; SALOMÃO, S. R.; BEREZOVSKY, A.; de HARO, F. M.; VENTURA, D. F. Relationship between vision and motor impairment in children with spastic cerebral palsy: new evidence from electrophysiology. **Behavioral Brain Research**. v. 149, n. 2, p. 145-150, 2004

COURAGE, M. L.; ADAMS, R.J. Visual acuity assessment from birth to three years using the acuity card procedure: cross-sectional and longitudinal samples. **Optometry and Visual Science**, v. 67, n. 9, p.713-718, 1990.

CRUZ, A. A. V.; SALOMÃO, S. R. Acuidade visual. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, v. 50, p. 9–26, 1998.

EBREY, T.; KOUTALOS, Y. Vertebrate photoreceptors. **Progress in Retinal and Eye Research**. v.20 n. 1, pp. 49-94, 2001.

FAHLE, M.; BACH, M. Origin of the Visual Evoked Potentials. In: Heckenlively J, Arden G. **Principles and practice of clinical electrophysiology of vision**. 2 Ed. The MIT Press, Cambridge, pp 207–234, 2006.

FEATHERSTONE, H.J.; HEINRICH, C. **Ophthalmic Examination and Diagnostics**. In: GELATT, K.N. *Veterinary Ophthalmology*. 6.ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2021. p. 564–661.

FELGUEIRA, R.; GUILHOTO, L. M. Estudo normativo do potencial evocado visual por padrão reverso. **Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology**. v. 11, n. 4, p. 171-175, 2005.

FERREIRA, N. V. C et al. Potencial visual evocado por padrão reverso com tabuleiro de xadrez em gatos domésticos adultos. **Ciência Rural**. v. 45, n. 5, p. 842-847, 2015.

GOOD, W. V. Development of a quantitative method to measure vision in children with chronic cortical visual impairment. **Transactions of the American Ophthalmological Society**, v. 99, p. 253-269, 2001.

GOOD, W. V. Vision Assessment of Nonverbal Patients. **American Orthoptic Journal**. v.57, p. 13-18, 2007

GOTTLOB, I. et al. Visual acuity measurements by sweep spatial frequency visual evoked cortical potentials (VECPs): clinical application in children with various visual disorders. **Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus**, v. 27, n. 1, p. 40-47, 1990.

GORMAN, J. J.; COGAN, D. G.; GELLIS, S. S. An apparatus for grading the visual acuity of infants on the basis of opticokinetic nystagmus. **Pediatrics**, v. 19, p. 1088-1092, 1957.

GRAHAM, K. L. et al. A forced-choice preferential looking task for the assessment of vision in dogs: pilot study. **Journal of Small Animal Practice**, v. 60, n. 6, p. 340-347, 2019.

HECHT, S. Rods, Cones and the Chemical Basis of vision. **Physiological Reviews Published**. v.17. n. 2. p. 239-290, 1937.

HODOS, W.; LEIBOWITZ, R.W.; BONBRIGHT, J.C. Near-field visual acuity of pigeons: effects of head location and stimulus luminance. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 25, p. 129-141, 1976.

HODOS, W. The visual capabilities of birds. In: ZEIGLER, H.P.; BISCHOF, H.P.; **Vision Brain and Behavior in Birds**. Cambridge, The MIT press, p. 63-76, 1993.

ITO, Y.; MAEHARA, S.; ITOH, Y. et al. Effect of refractive error on visual evoked potentials with pattern stimulation in dogs. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 78, p. 505-508, 2016.

ITOH, Y.; MAEHARA, S.; OKADA, K. IZUMIZAWA, Y. Pattern-stimulated visual evoked potential in dog: Changes in elicited response with pattern size and calculation of visual acuity. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 72, p. 1449-1453, 2010.

JACOBSON, S. G.; FRANKLIN, K. B. J; MCDONALD, W. I. Visual acuity of the cat. **Vision Research**, v. 16, p. 1141-1143, 1973.

JACOBSON, S.G.; MOHINDRA, I.; HELD, R. Development of visual acuity in infants with congenital cataracts. **Brazilian Journal of Ophthalmology**, v. 65, p. 727-735, 1981.

JOO, H.J.; YI, H.C.; CHOI, D.G. Clinical usefulness of the teller acuity cards test in preliterate children and its correlation with optotype test: a retrospective study. **PLOS ONE**, v. 15, p. 1-8, 2020.

LIND, O., MILTON, I., ANDERSSON, E., JENSEN, P., ROTH, L.S.V. High visual acuity revealed in dogs. **PLOS ONE**, v. 12, p. 12, 2017.

MACKIE, R. T. et al. Visual acuity assessment of children with neurological impairment using grating and vanishing optotype acuity cards. **Acta Ophthalmologica Scandinavica**, v. 74, p. 483-487, 1996.

MASH, C.; DOBSON, V. Long-term reliability and predictive validity of the Teller Acuity Card procedure. **Vision Research**, v. 38, n. 4, p. 619-626, 1998.

MAEHARA, S.; ITOH, Y.; ITO, Y. et al. Measurement of visual acuity in beagle dog by visual evoked potential with pattern stimulation. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 80, p. 1758-1761, 2018.

MAYER, D.L.; MOORE, B.; ROBB, R.M. Assessment of vision and amblyopia by preferential looking tests after early surgery for unilateral congenital cataracts. **Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus**, v. 26, p. 61-68, 1989.

MC GREEVY, P.; GRASSI, T. D.; HARMAN, A. M. A strong correlation exists between the distribution on retinal ganglion cells and nose length in the dog. **Brain, Behavior and Evolution**, v. 63, p. 13-22, 2004.

MENDONÇA, R. H. F. DE; TAKAHASHI, W. Y. **Eletroretinografia**. In: DANTAS, A. M. et al. (Eds.). Eletrofisiologia da Visão. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 149–183.

MILLER, P. E.; MURPHY, C. J. Vision in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 207, n. 12, p. 1623–1634, 1995.

MIZOTA, A., ASAUMI, N., TAKASOH, M., ADACHI-USAMI, E. Pattern visual evoked potentials in Japanese patients with multiple sclerosis without history of visual pathway involvement. **Documenta Ophthalmologica**, v. 115, p. 105-209, 2007.

MORENO-CARMONA, F. M. et al. 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, n. suplemento, p. 86–92, 2006.

MORENO-CARMONA, F. M. **Desenvolvimento da acuidade visual de resolução de grades de cães da raça Terrier Brasileiro pelo método do potencial visual evocado de varredura**. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. São Paulo, 2004.

MURPHY, C, J. et al. Effect of optical defocus on visual acuity in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 58, n. 4, p. 414-418, 1997

MUSTAFI, D.; ENGEL, A. H.; PALCZEWSKI, K. Structure of cone photoreceptors. **Progress in Retinal and Eye Research**. v. 28. n. 4. p. 289-302, 2009.

NORCIA, A. M.; TYLER, C. W. Spatial frequency sweep VEP: Visual acuity during the first year of life. **Vision Research**, v. 25, n. 10, p. 1399–1408, jan. 1985.

ODOM, J. V. et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials: (2016 update). *Documenta Ophthalmologica*, v. 133, p. 1-9, 2016.

ODOM, J.V.; BROMBERG, N.M; DAWSON, W.W. Canine visual acuity: retinal and cortical field potentials evoked by pattern stimulation. **American Journal of physiology**. V. 245, p. 637-641, 1983

OFRI, R. **Optics and physiology of vision**. In GELATT, K. N. *Veterinary Ophthalmology*. 5ed. Ames, Blackwell Publishing ,2013. V.1. p. 208-270.

PAIK, H.J.; SHIN, M. K. The Clinical Interpretation of teller Acuity Card Test in the Diagnosis of Amblyopia. **Journal of Korean Ophthalmology Society**, v. 47, p. 1030-1036, 2001.

PARK, M. G. K. J. et al. Sensitivity, specificity and efficiency of Teller Acuity cards for detecting amblyopia. **Journal of Korean Ophthalmology Society**, v. 31, p. 697-701, 1990.

PEICHL, L. Topography of ganglion cells in the dog and Wolf retina. **Journal of Comparative Neurology**, V. 324, p. 603-620, 1992

PETERSEN-JONES, S. et al. **Electroretinograms of dog and chicken**. In: HECKENLIVELY, J.R.; ARDEN, G. B. *Principles and Practice of Clinical Electrophysiology of Vision*. 2 ed. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2006.

PHIPPS, A.J. et al. Neurophysiologic and immunologic abnormalities associated with feline immunodeficiency virus molecular clone FIV-PPR DNA inoculation. **Journal of acquired immune deficiency syndromes**, v. 23, n. 1, p. 8-16, 2000.

POLEVOY, C.; MUCKLE, G.; SÉGUIN, J.R. et al. Similarities and differences between behavioral and electrophysiological visual acuity thresholds in healthy infants during the second half of the first year of life. **Documenta Ophthalmologica**, v. 134, p. 99-110, 2017

POTIER, S.; BONADONNA, F.; KELBER, A.; DURIEZ, O. Visual acuity in an opportunistic raptor, the chimango caracara (*Milvago chimango*). **Physiology and Behaviour**, v. 157, p. 125-128, 2016.

RAINA, J. A comparison of Wright card with Teller card for detection of amblyopia. **Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus**, v. 35, n. 1, p. 17-21, 1998.

RIDDEL, P. M. et al. Comparison of measures of visual acuity in infants: Teller acuity cards and sweep visual evoked potentials. **Optometry and Visual Sciences**, v. 74, n. 9, p. 702-707, 1997.

RIDDER, W. Visual Evoked Potentials in Animals. In HECKENLIVELY, J.R.; ARDEN, G. B. Principles and Practice of Clinical Electrophysiology of Vision. 2 ed. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2006. p. 935-977.

ROBINSON, L.; BRIDGE, H.; RIEDEL, G. Visual discrimination learning in the water maze: a novel test for visual acuity. **Behavioral Brain Research**, v. 119, p. 77-84, 2001.

ROBSON, A.G. et al. ISCEV guide to visual electrodiagnostic procedures. Documenta ophthalmologica, V. 136, p. 1-26, 2018

SACAI, P.Y. et al. Contribuição diagnóstica da avaliação eletrofisiológica visual em pacientes atendidos em hospital universitário. **Arquivos Brasileiros de oftalmologia**, v. 66, p. 177-181, 2003

SAFATLE, A. M. V.; EYHERABIDE, A. E.; SACAI, P. Y.; CARVALHO, L. M. C. R.; BARROS, P. S. Visual acuity evaluation using sweep visual evoked potential technique in poodle dogs: work in progress. **ECVO Annual Scientific Meeting**. p. 133, 2017

SAFATLE, A. M. V; MORAES, T. A.; EYHERABIDE, A. et al. Grating Visual Acuity in phakic, aphakic and pseudophakic Poodles. **Veterinary Ophthalmology**, v. 23, n.5, p. 879-883, 2020.

SALOMÃO, S. R. Desenvolvimento da acuidade visual de grades. **Psicologia USP**, v. 18, n. 2, p. 63–81, jun. 2007.

SALOMÃO, SR. et al. Age norms for monocular grating acuity measured by sweep-VEP in the first three years of age. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 71, n. 4, p. 475–479, ago. 2008.

SALOMÃO, SR., VENTURA, DF. Large sample population age norms for visual acuities obtained with Vistech-Teller Acuity Cards. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, V. 36, n. 3, p. 657-70, 1995.

SAMUELSON, D.A. **Ophthalmic anatomy**. In GELATT, K. N. Veterinary Ophthalmology. 4ed. Ames, Blackwell Publishing ,2007. V.1. p. 37-148.

SAUNDERS, K. J.; WESTALL, C. A. WOODHOUSE, J. M. Longitudinal assessment of monocular grating acuity – Predictive value of estimates in infancy. **Neuro-Ophthalmology**, v. 16, n.1, p. 15-25, 1996.

SCHULTZE, M. Zur Anatomie und Physiologie der Retina. **Arch. Mikr. Anat.** n.2. p.175-286, 1866.

SCHMID, K.; WILDSOET, C.F. Assessment of visual acuity and contrast sensitivity in the chick using optokinetic nystagmus paradigm. **Vision Research**, v. 38, p. 2629-2634, 1998.

SEIPLE, W. H. et al. Evoked potential assessment of cortical adaptation. **Applied Optics**, v. 27, p. 1089-1093, 1988

SKARF, B. **Clinical use of Visual Evoked Potentials**. In FULLER, D.; BIRCH, D. Ophthalmology clinics of North America. Philadelphia, W.B Saunders, 1989

SKOCZENSKI, A. M.; NORCIA, A. M. Late Maturation of Visual Hyperacuity. **Psychological Science**, v. 13, n. 6, p. 537–541, 1 nov. 2002.

SOKOL, S., HANSEN, VC., MOSKOWITZ, A. et al. Evoked potential and preferential looking estimates of visual acuity in pediatric patients. **Ophthalmology**, v. 90, p. 552-562, 1983.

SPIERER, A. et al. Vision Screening of Preverbal Children with Teller Acuity Cards. **Ophthalmology**, v. 106, p. 849-854, 1998.

STAUBLI, U.; RANGEL-DÍAZ, N.; ALCANTARA, M. et al. Restoration of visual performance by d-serine in models of inner and outer retinal dysfunction assessed using sweep VEP measurements in the conscious rat and rabbit. **Vision research**, v. 127, p.35-48, 2016.

SULZBACHER, A.; CASTANHEIRA-DINIS, A. Potencial Visual Evocado. In: DANTAS, A.M. **Eletrofisiologia da visão**. Guanabara Koogan. 2ed. Rio de Janeiro. p. 185-204, 2010

TANAKA, T. et al. Studies on the visual acuity of dogs using shape discrimination learning. **Animal Science Journal**, v. 71, n. 6, p. 614-620, 2000.

TYLER, C. W. et al. Rapid assessment of visual function: an electronic sweep technique for the pattern visual evoked potential. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 18, n. 7, p. 703–713, 1979.

“VISUAL ACUITY”. Webvision. Moran Eye Center, January 25, 2012. Web. (2021). <http://webvision.med.utah.edu/book/part-i-foundations/gross-anatomy-of-the-ey/>

YIN, Z. Q.; LI, C.Y.; PEI, X. Development of Pattern ERG and Pattern VEP spatial resolution in Kittens with unilateral esotropia. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 35, p. 626-634, 1994.