FRANCISCO MANUEL MORENO CARMONA

**Desenvolvimento da acuidade visual de
resolução de grades de cães da raça terrier
brasileiro pelo método do potencial visual
evocado de varredura**

São Paulo

2004

FRANCISCO MANUEL MORENO CARMONA

**Desenvolvimento da acuidade visual de resolução de grades
de cães da raça terrier brasileiro pelo método do potencial
visual evocado de varredura**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Cirurgia

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros

São Paulo

2004

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1398 FMVZ	<p>Moreno Carmona, Francisco Manuel</p> <p>Desenvolvimento da acuidade visual de resolução de grades de cães da raça terrier brasileiro pelo método do potencial visual evocado de varredura / Francisco Manuel Moreno Carmona. - São Paulo : F. M. Moreno Carmona, 2004.</p> <p>94 f. : il.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, 2004.</p> <p>Programa de Pós-graduação: Cirurgia. Área de concentração: Cirurgia.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros.</p> <p>1. Oftalmologia. 2. Acuidade visual. 3. Eletrofisiologia. 4. Potenciais evocados. 5. Cães. Título.</p>
----------------	--

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Desenvolvimento da acuidade visual de resolução de grades pelo método dos potenciais visuais evocados de varredura", Protocolo nº425/2004, utilizando 12 cães, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Grating visual acuity development of dogs using the sweep visual evoked potential method" protocol number 425/2004, utilizing 12 dogs, under the responsibility of Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendum", meeting.

São Paulo, 19 de fevereiro de 2004

Profª Drª Júlia Maria Matera
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do autor: MORENO CARMONA, Francisco Manuel

Título: Desenvolvimento da acuidade visual de resolução de grades de cães da raça terrier brasileiro pelo método do potencial visual evocado de varredura

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

A meus pais, Paco e Mary, por seu amor, carinho e cuidado e por me ensinarem a viver e a lutar sempre, com caráter, ética, amor e respeito a Deus, aos homens e aos animais.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter consentido chegar até aqui.

À minha família pelo apoio incondicional ao meu projeto de vida: meus pais Paco e Mary, meus irmãos Roberto e Maria Luisa, meus sobrinhos Juliana, Gustavo, Monise e Mariana e meus cunhados, Mônica e João...Meu muito obrigado. Um agradecimento especial a meu irmão Roberto, pois sem sua ajuda eu não teria conseguido levar o projeto adiante.

Ao Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros que me deu a oportunidade de ser seu orientado na área científica e de ser meu amigo nas horas em que mais necessitei, tendo a paciência e a compreensão que me fizeram continuar em frente, em momentos realmente muito difíceis. Muito Obrigado.

À Profa. Dra. Dora Selma Fix Ventura pela acolhida em seu laboratório e por sua preciosa orientação, permitindo que o projeto fosse levado adiante e por seu apoio e amizade nos piores e melhores momentos.

À amiga MV Bárbara C. Gagliano Resende por sua amizade e apoio sempre presentes.

À FAPESP pela concessão de bolsa, sem a qual a dedicação exclusiva ao projeto não seria possível.

Ao Ms Marcelo F. Costa pela amizade, paciência, treinamento e parceria.

À Profa. Dra. Solange Rios Salomão por seus ensinamentos na área de eletrofisiologia, incentivo e pela idéia deste trabalho.

À Profa. Dra. Maria Helena Matiko Akao Larsson por seu incentivo e por sua amizade, sempre presentes e pela oportunidade de começar a trabalhar numa área tão fascinante como é a eletrofisiologia.

Ao Prof. Dr. Wilson Roberto Fernandes por sua amizade e por me ajudar inúmeras vezes a traçar meu caminho profissional.

À amiga Profa. Dra. Claudia Araki pelo incentivo, treinamento e apoio nos meus primeiros passos na pesquisa científica.

Ao Ney pelo trabalho indispensável, pela demonstração de amizade e por sempre arrumar um tempinho para me ajudar.

Ao MV Ms João Pedro de Andrade Neto por sua paciência, amizade e ensinamentos na área de Neurologia Veterinária, sem os quais seria impossível crescer e me aprofundar nessa área apaixonante.

À Profa. Dra. Teresinha Tizu Sato Schumaker por sua amizade e por ter sido a primeira pessoa a me incentivar a fazer pesquisa.

Ao Prof. Dr. Luis Roberto G. Britto pelo “empurrão” inicial no meu caminho pela ciência.

Aos amigos do Laboratório de Hematologia do HOVET-FMVZ-USP, pelo seu trabalho indispensável e pela amizade desinteressada que sempre demonstraram.

Aos colegas do setor de Oftalmologia do HOVET-FMVZ-USP, pelos ensinamentos técnicos por mim aprendidos.

Aos professores, veterinários contratados e aos residentes da FMVZ-USP por seus ensinamentos e por permitirem compartilhar de suas experiências.

Aos funcionários do HOVET-FMVZ-USP por seu trabalho, muitas vezes anônimo, sem o qual nenhum de nós poderia prosseguir em seus projetos.

Aos colegas da Psicologia Experimental pela acolhida em seu laboratório e pela lição de companheirismo e cooperação de uma verdadeira equipe científica.

A todos os funcionários e aos amigos da Biblioteca-FMVZ-USP, pelo trabalho sério que realizam e por estarem sempre prontos a nos ajudar.

Às secretárias da pós-graduação por organizar nossa vida na faculdade e por sua ajuda indispensável.

À Nilza e à Tati pela ajuda indispensável no dia-a-dia com os cães e na execução dos exames nos filhotes.

**"También el jugador es prisionero
de otro tablero
de negras noches y blancos días.
Dios mueve al jugador, y éste, la pieza.
¿Qué Dios detrás de Dios la trama empieza
de polvo y tiempo y sueño y agonías?"**

(Ajedrez – Jorge Luis Borges)

RESUMO

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**. [Grating visual acuity development of brazilian terriers dogs using the sweep visual evoked potential method]. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

O objetivo deste trabalho foi medir o desenvolvimento da acuidade visual (AV) de resolução de grades de filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro utilizando-se o método do potencial visual evocado de varredura (PVEV). Foram mensuradas as AVs de resolução de grades de 18 cães da raça Terrier Brasileiro, 14 filhotes (8 machos e 6 fêmeas), de duas ninhadas diferentes e 4 adultos (2 machos e 2 fêmeas, incluindo-se a matriz). Os PVEVs (NuDiva) foram registrados a partir de dois eletrodos ativos posicionados no escalpo em O_1 e O_2 , um eletrodo referência posicionado em O_z e um eletrodo terra em C_z . O estímulo consistiu de padrões reversos de grades de ondas quadradas a uma frequência de 6 Hz, variando de 0,2 a 12 ciclos por grau (cpg). A luminância média do monitor foi de 159.3 cd/m^2 . As AVs foram medidas semanalmente a partir da 4ª semana de vida até a 13ª semana. A distância de teste foi de 50 cm e o animal permaneceu no colo de seu acompanhante, com a cabeça suavemente contida para manter os olhos voltados ao estímulo do monitor de vídeo (Dotronix D788). O teste foi realizado em sala escura sem o uso de midriáticos, sedativos ou anestésicos. A mediana da AV dos filhotes variou de 2,28 cpg ($Q_2= 2,12$; $Q_3= 2,36$) (equivalente a 20/265 na escala de Snellen) na 4ª semana para 9,18 cpg ($Q_2= 8,64$; $Q_3= 9,31$) (20/65) na 13ª semana. A mediana de AV dos cães adultos foi de 8,82 cpg ($Q_2= 8,71$; $Q_3= 8,94$) (20/70). Este valor foi atingido pelos filhotes ao redor da 10ª semana. A AV aumentou

rapidamente até, aproximadamente, a 7ª semana. Um crescimento mais moderado foi observado até a semana 9. A taxa de crescimento declinou gradualmente a partir da 10ª semana. A partir daí os valores de AV praticamente estabilizam ao redor de 20/65 ($\chi^2 = 120,61$; $p < 0.001$). Houve uma diferença estatisticamente significativa das AVs a cada quatro semanas (*Dunn's Method*; $p < 0,05$). Houve uma alta correlação positiva entre a AV e o peso dos animais ($R = 0,83$; $p < 0,001$; *Spearman Rank Order Correlation*). O PVE de varredura é método não invasivo que permite mensurar a AV de forma precisa, sem requerer excessiva cooperação e atenção, na população alvo. O método tem aplicação clínica e investigativa, não sendo necessário o uso de cicloplégicos ou de contenção química. Os filhotes atingiram os valores de acuidade semelhantes aos de adultos na 10ª semana de vida. A AV dos adultos examinados (20/70) está de acordo com estimativas encontradas em outros estudos. A acuidade visual de cães da raça Terrier Brasileiro está entre 8,60 cpg (20/70) e 9,57 cpg (20/60).

Palavras-chave: Oftalmologia. Acuidade visual. Eletrofisiologia. Potenciais evocados. Cães.

ABSTRACT

MORENO CARMONA, F. M. **Grating visual acuity development of brazilian terriers dogs using the sweep visual evoked potential method.** [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 Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Our aim in this study was to measure the development of grating visual acuity (VA) in Brazilian Terrier puppies by sweep visual evoked potentials (sVEP). Grating VAs of 18 Brazilian Terrier dogs, 14 puppies (8 male, 6 female), from two different litters and 4 adults (2 male, 2 female), including the matrix, were measured. Sweep-VEPs (NuDiva) were recorded from two active electrodes placed on the scalp at O₁ and O₂, a reference electrode at O_z and a ground electrode at C_z. The stimuli were pattern reversal square wave gratings at a rate of 6 Hz, ranging from 0.2 to 12 cycles per degree (cpd). The mean monitor luminance was 159.3 cd/m². The VAs were measured weekly from the 4th to the 13th week. Viewing distance was 50cm and the pup was positioned on the lap of the investigator with the head gently supported to maintain the eyes in front of the video monitor (Dotronix D788). The test was performed in a darkened room without mydriatic, sedative or anesthetic drugs. The median VA ranged from 2.28 cpd (Q₂= 2.12; Q₃= 2.36) (equivalent to 20/265 Snellen VA) at the 4th week to 9.18 cpd (Q₂= 8.64; Q₃= 9.31) (20/65) at the 13th week. The median of adult VA was 8.82 cpd (Q₂= 8.71; Q₃= 8.94) (20/70). This value was reached by the puppies around the 10th week. VA increase was steeper up to the 7th week than afterwards. The rate of increase gradually declined up to the 10th week ($\chi^2 = 120.61$; $p < 0.001$). The VAs were statistically different with four week (Dunn's Method; $p < 0.05$). There was a high positive correlation between the VA

and body weight ($R = 0.83$; $p < 0.001$; Spearman Rank Order Correlation). The Sweep-VEP method offers a rapid and reliable procedure for the quantification of grating VA in puppies and adult dogs, without the need for sedation. Pup VA reached adult values at the 10th week of life. The mean of adult VA measured (20/70) is in accordance with estimates of VA of dogs in other studies. The range of VA of Brazilian Terrier dogs were 8.60 cpd (20/70) to 9.57 cpd (20/60).

Keywords: Ophthalmology. Visual acuity. Electrophysiology. Evoked potentials. Dogs.

LISTA DE ABREVIATURAS

ARVO	<i>association for research in vision and ophthalmology</i>
AV	acuidade visual
cpg	ciclos por grau
CVI	<i>cortical visual impairment</i>
D	dioptrias
DP	desvio padrão
EEG	eletroencefalograma
ERG	eletrorretinograma
ISCEV	<i>international society for clinical electrophysiology of vision</i>
logMAR	logaritmo da mínima acuidade de resolução
MAR	mínimo ângulo de resolução
NOC	nistagmo optocinético
OP	olhar preferencial
PVE	potencial visual evocado
PVE-F	potencial visual evocado por flashes
PVE-PR	potencial visual evocado por padrão
PVEV	potencial visual evocado de varredura
SNC	sistema nervoso central
SNL	snellen

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	ELETRFISIOLOGIA OCULAR	17
1.2	ACUIDADE VISUAL	21
1.3	POTENCIAL VISUAL EVOCADO	36
1.4	POTENCIAL VISUAL EVOCADO DE VARREDURA	46
2	MATERIAL E MÉTODO	50
2.1	ANIMAIS	50
2.2	EQUIPAMENTOS DE REGISTROS	51
2.3	ESTÍMULO	52
2.4	FREQÜÊNCIA ESPACIAL	52
2.5	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	53
2.5.1	Controle da Fixação	55
2.5.2	Técnica de Análise	56
2.5.2.1	Detecção da Resposta Evocada	56
2.5.2.2	Crítério de Registro pela Relação Sinal/Ruído	57
2.5.2.3	Características da Fase do Potencial Visual Evocado	58
2.5.2.4	Rejeição de Artefatos	59
2.5.2.5	Estimativa da Acuidade Visual	59
2.5.3	Análise dos Resultados	61
3	RESULTADOS	62
4	DISCUSSÃO	75

5	CONCLUSÕES	83
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICES.....	92

1 INTRODUÇÃO

A avaliação clínica do paciente com disfunção neurológica consiste num processo ordenado, no qual, a partir da história clínica do animal, do exame físico, da interpretação dos sinais apresentados, chega-se à localização da lesão no sistema nervoso, um dos objetivos principais e básicos da clínica neurológica. Com base nas informações obtidas, pode-se instituir um tratamento adequado e estimar um prognóstico de maneira mais acurada.

A neuroftalmologia veterinária ocupa uma posição de transição entre as disciplinas de neurologia veterinária e oftalmologia sendo, freqüentemente, negligenciada por ambos os lados. Na neuroftalmologia, técnicas e recursos oftalmológicos são comumente utilizados na obtenção do diagnóstico neurológico (SCAGLIOTTI, 1991). Devido à natureza não cooperativa e não verbal de nossos pacientes, bem como às exigências tecnológicas e econômicas da Medicina Veterinária, vários métodos vêm sendo desenvolvidos, ou adaptados da Medicina Humana, com o objetivo de obter-se um diagnóstico neuroftalmológico preciso.

1.1 ELETROFISIOLOGIA OCULAR

Diferentemente da avaliação comportamental da visão, a avaliação eletrofisiológica é baseada na análise objetiva de mudanças nos potenciais elétricos entre várias partes do sistema visual (SIMS, 1999). No sentido de ajudar na

determinação da localização, distribuição, severidade e extensão das lesões, as técnicas de eletrodiagnóstico, introduzidas recentemente na medicina veterinária, têm o objetivo de complementar o exame clínico neurooftalmológico por meio das técnicas de eletrorretinograma (ERG) e potencial visual evocado (PVE) as quais avaliam, respectivamente, a função retiniana e a função visual central.

A avaliação por tais métodos é importante na localização da lesão nas vias visuais, bem como na confirmação quantitativa da doença (BRECELJ; STIRN-KRANJC, 1992). Os métodos eletrofisiológicos visuais foram desenvolvidos para obtenção de evidências objetivas da função da via óptica, permitindo avaliar a integridade dos receptores visuais, da via óptica e das áreas visuais corticais (OYAMADA, 2000; SALOMÃO, 2002). A vantagem do uso de técnicas eletrofisiológicas na população veterinária é o fato dos exames serem totalmente objetivos, requerendo um mínimo de colaboração do sujeito em teste.

O ERG é o procedimento eletrofisiológico mais largamente descrito na literatura médica veterinária. Ele vem sendo utilizado para diagnosticar doenças retinianas como a atrofia progressiva da retina e para a avaliação funcional geral da retina previamente à cirurgia de catarata. Outros procedimentos, como o PVE, têm recebido menor atenção, mas com certeza podem oferecer informações adicionais sobre a função retiniana nos animais (SIMS, 1999).

A história clínica do paciente fornece dados importantes na indicação de déficits visuais. A avaliação oftalmológica, em conjunto com a realização dos testes de função neurológica, é muito útil no estabelecimento do diagnóstico. A avaliação individual e em conjunto dos vários testes, pode aferir a acuidade visual (AV) do animal. A resposta do reflexo pupilar fotomotor, por exemplo, pode, freqüentemente, diagnosticar lesões ao

longo da via aferente, i.e. nervo óptico e trato óptico, frente a um déficit visual. Contudo, uma resposta pupilar normal não garante visão íntegra (SCAGLIOTTI, 1999). Pacientes cegos devido a doenças oculares progressivas são cautelosos e raramente colidem em objetos ou móveis. Diferentemente, o animal com cegueira central tem RPF normal, porém não reconhece o que seus olhos vêem colidindo freqüentemente em obstáculos. A cegueira nestes casos, provavelmente, é secundária a doenças cerebrais (Tabela 1). Se a doença é unilateral, os déficits são contralaterais à lesão¹ (informação verbal).

Outros testes qualitativos, como o reflexo corneano ou ainda o reflexo de ameaça que é aprendido ao redor de 10 a 12 semanas de vida (DE LAHUNTA, 1983), podem ser aplicados. Porém, mesmo após uma avaliação clínica completa podemos ficar em dúvida quanto à localização anatômica da lesão (SCAGLIOTTI, 1991). Neste sentido os testes eletrodiagnósticos fornecem preciosa informação auxiliando na localização da lesão.

Por meio da compreensão do conhecimento e do mecanismo das células envolvidas na formação da onda resultante, pode-se utilizar o exame mais adequado para cada condição clínica. Muitos métodos eletrofisiológicos têm sido desenvolvidos, nas últimas décadas, para a obtenção de evidências objetivas da função da via óptica, métodos estes que permitem avaliar objetivamente a integridade dos receptores visuais, da via óptica e das áreas visuais corticais, assim como os fenômenos psicofísicos da percepção visual (OYAMADA, 2000).

O ERG é um registro completo dos potenciais elétricos da retina originários da retina e mede a integridade das camadas da retina. De acordo com a intensidade do

¹ PARENT, J. 1º Simpósio Internacional de Neurologia Veterinária - UFPR-2000.

Tabela 1 – Etiologia da Cegueira segundo a categoria da doença e forma de evolução

CATEGORIA DA DOENÇA	NÃO PROGRESSIVA	PROGRESSIVA AGUDA	PROGRESSIVA CRÔNICA
Degenerativa			Degeneração retiniana Doença desmielinizantes (NO e C) Hidrocefalia (C)
Anomalias	Hipoplasia do NO Coloboma do NO Displasia de retina Malformações Cerebrais (C)		
Metabólica	Hipertermia (C) Hipoxia (C)	Hipoglicemia Encéfalopatia hepática	Hipoglicemia Encéfalopatia hepática
Neoplásica		Linfoma (R) Melanoma (R)	Adenoma de pituitária (NO, QO, C) Meningioma (NO, QO, C) Glioma (NO, QO, C)
Nutricional			Hipovitaminose A (R e NO) Deficiência de Taurina em gatos (R)
Inflamatória		Cinomose (R, NO, QO, C) PIF (R, NO, QO, C) Toxoplasmose (R, C)	Cinomose (R, NO, QO, C) PIF (R, NO, QO, C) Toxoplasmose (R, C) Micose sistêmicas (NO, QO, C) Meningoencefalite (NO, QO, C)
Traumática	Descolamento de Retina Hemorragia retiniana Edema (NO, QO, C)	Edema (NO, QO, C)	

Fonte: tabela modificada de Oliver, Lorenz e Kornegay (1997)

R = retina, NO = nervo óptico, QO = quiasma óptico, C = trato óptico e córtex cerebral, PIF = peritonite infecciosa felina

flash e a frequência de estimulação, assim como a condição de iluminação do teste (fotópica ou escotópica), pode-se obter respostas que evidenciem melhor a atividade de elementos específicos que compõe a retina, tais como os fotorreceptores. O ERG por

padrão origina-se nas camadas internas da retina, incluindo células ganglionares da retina (CGR). O Eletroculograma auxilia na avaliação da camada de epitélio pigmentar da retina e pode auxiliar na investigação funcional das uveítes (OYAMADA, 2000; SALOMÃO, 2002).

O PVE é o sinal elétrico gerado no cérebro, especificamente no córtex visual, em resposta à estimulação visual (OYAMADA 2000; SALOMÃO, 2002). Assim como o PVE por padrão o PVE de Varredura (PVEV) de frequência espacial tem sido utilizado para medida da AV. Estes testes têm particular importância em pacientes incapazes de participar ativamente dos métodos clínicos do exame oftalmológico e no diagnóstico diferencial entre as doenças retinianas e do nervo óptico, bem como na mensuração da AV. O PVEV é o método que necessita menor cooperação, do sujeito testado, quando comparado a qualquer outro teste de visão, possivelmente, gerando resultados mais confiáveis na população que pretendemos estudar (COSTA et al., 2004; OYAMADA, 2000; SALOMÃO, 2002).

1.2 ACUIDADE VISUAL

A acuidade visual é definida como a máxima resolução de detalhes de objetos separados e não desfigurados, ou seja, é a capacidade de discriminar os aspectos espaciais dos estímulos visuais, referindo-se ao limite espacial da discriminação visual ou ainda, é o poder máximo de resolução do olho ou o ângulo mínimo no qual pode-se

ver com resolução (COSTA, 2001; LOMAS; PIGGINS; PHILLIPS, 1998; MILLER; MURPHY, 1995; OFRI, 1999; WESTHEIMER, 1992).

O indicador de AV mais familiar para os seres humanos é a fração de Snellen, a qual relata a habilidade do sujeito em distinguir entre letras ou objetos colocados a uma distância fixa (normalmente 20 pés ou 6 metros) comparando-se com uma resposta padrão, normalmente esta medição requer cooperação verbal do sujeito em teste (MILLER; MURPHY, 1995; OFRI, 1999). Por exemplo, acuidades visuais na escala de Snellen de 20/20, 20/40, 20/100 representam que o sujeito avaliado necessita estar a 20 pés de distância da imagem de teste para discernir os detalhes da mesma em relação à média das pessoas com visão normal que conseguem o mesmo feito a 20, 40 ou 100 pés de distância, respectivamente.

São considerados os seguintes tipos de acuidade: (1) mínimo visível: detecção da presença de um estímulo visual, ou seja, o menor estímulo capaz de ser visto pelo sujeito; (2) mínimo resolvível ou AV comum: menor distância entre dois estímulos necessária para que sejam vistos como dois. O limite de resolução é, freqüentemente, expresso em graus de ângulo visual (Figura 1) e designado mínimo ângulo de resolução (MAR). O MAR de um adulto da espécie humana está entre 30" e 1' de arco; (3) mínimo discriminável ou hiperacuidade: limiar espacial muito menor que a AV, geralmente entre 2 e 10" de arco, típico das tarefas de localização de um elemento em relação a outro (acuidade vernier) (COSTA, 2001; WESTHEIMER, 1992).

$$\theta = \theta' \text{ e } \theta_1 = \theta_2 \rightarrow \theta = \theta_1 + \theta_2$$

$$ba = ac \rightarrow \tan \theta_1 = ba / d$$

$$\theta_1 = \arctan (ba / d) = \theta_2$$

Figura 1 – Cálculo do ângulo visual (θ)

Em outras palavras, ciclos por grau (cpg) é o número de ciclos (uma barra branca e uma barra preta) que pode ser visibilizado dentro de um campo subentendido por um ângulo visual de 1° . Minutos de arco descrevem o ângulo (em minutos) subentendido pela barra mais fina que pode ser discriminada (Figura 2). Estes valores estão inversamente relacionados (OFRI, 1999).

Vários fatores influenciam a AV, incluindo-se o estímulo e os parâmetros oculares, sendo os parâmetros de estímulos mais importantes a luminância e o contraste. Em baixos níveis de luminância somente o sistema escotópico está ativo, o sinal gerado pelos fotorreceptores é transmitido pela via convergente dos bastonetes, resultando em baixa acuidade. A AV aumenta significativamente quando em situação de alta luminância (i.e. fotópica) devido à relação de 1:1 entre os cones ativados e suas células ganglionares, estando, portanto, a acuidade em função do tamanho físico e da distância entre os cones (Figura 3). Teoricamente AV e contraste são proporcionais entre si, ou seja, para uma alta AV é necessário uma alta taxa de contraste (OFRI, 1999).

Figura 2 – AV expressa em cpg e MAR. A acuidade do observador à esquerda é dada em cpg o que expressa o número de ciclos (um ciclo é formado por uma barra preta e uma branca) vistos dentro de um campo visual de 1°. O observador da direita tem uma AV idêntica, porém esta expressa em MAR, ou seja, expressa o ângulo (em minutos) subtendido numa única barra. (OFRI, 1999)

A AV depende das propriedades ópticas do olho (i.e., a habilidade do olho de gerar precisamente uma imagem focada), da habilidade da retina em detectar e processar a imagem e da habilidade das vias visuais superiores em interpretar as imagens enviadas a elas. Em geral, acredita-se que a AV em cães é limitada pela retina e não pelas propriedades ópticas do olho ou pelo processamento neural pós-retiniano no cérebro. Contudo estes dois fatores podem vir a ser limitantes para a discriminação visual em várias condições patológicas como a miopia ou ainda quando temos o envolvimento de vias superiores do SNC (MILLER; MURPHY, 1995; ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983).

Figura 3 – Representação esquemática das vias dos bastonetes e dos cones. **A.** As saídas de numerosos bastonetes convergem para algumas células bipolares e para um número menor ainda de células amácrinas finalizando numa única célula ganglionar. **B.** A via dos cones é caracterizada por uma razão de células bipolares:ganglionares, a qual permite a máxima discriminação (alta acuidade, visão fotópica) com transmissão rápida (modificada de OFRI, 1999)

Os meios ópticos do olho, quais sejam, córnea, humor aquoso, lente e corpo vítreo são responsáveis por criar uma imagem devidamente focada na retina. Num olho emétrepe (foco normal) os raios de luz paralelos são focados na retina. A maioria dos olhos normais de cão é emétrepe (MURPHY; ZADNIK; MANNIST, 1992; POLLET, 1982). Se os raios são focados à frente da retina o resultado obtido é miopia e se o foco se dá atrás da retina temos a hipermetropia. Os erros de difração são usualmente expressos numa unidade óptica denominada dioptria que se obtém pela fórmula: $D = 1/f$, onde f é a distância focal (m) da lente ou do sistema óptico em questão (MILLER; MURPHY, 1995). O erro refrativo dos olhos está entre os fatores oculares mais

importantes que influenciam a AV. A máxima acuidade visual somente pode ser obtida num olho emétrepe.

Poucas espécies são emétropes, a maioria dos não-primatas, excetuando-se as aves, têm ametropia, que lidera a lista de causa de perda de AV, e conseqüentemente uma baixa AV (Tabela 2).

Murphy, Zadnik e Mannist (1992) mediram o erro refrativo de 240 cães fáticos e obtiveram uma média de $-0,27 \pm 1,41$ D em relação ao infinito. Sendo os cães emétropes, a retina pode ser o fator limitante da AV nesta espécie e sua arquitetura pode nos dar indícios do potencial da habilidade visual do olho canino.

A diferença da morfologia dos fotorreceptores é conseqüência direta, ou causa, da diferença funcional entre cones e bastonetes. Os cones são caracterizados pela alta resolução de detalhes finos, respostas rápidas e percepção das cores e ainda pela baixa sensibilidade a pequenas variações de intensidade da luz. Os bastonetes caracterizam-se por resolução visual pobre e pela não percepção das cores, mas são extremamente sensíveis às mudanças de intensidade luminosa e à detecção de movimentos (OFRI, 1999).

O seguimento externo dos bastonetes é longo e fino, o que permite uma grande aglomeração dos mesmos, ou seja, uma grande densidade, na periferia da retina, aumentando a probabilidade de absorver os escassos fótons à noite. Os cones são duas a três vezes mais espessos do que os bastonetes, exceto na retina central, onde são finos o bastante para permitir uma alta densidade desses receptores (Tabela 3) (OFRI, 1999).

Tabela 2 – Valores refrativos em animais de acordo com a espécie e raça

ESPÉCIES	VALORES REFRACTIVOS (D)
OLHOS EMÉTROPES (± 1 D)	
Gato	
Gatos de rua	-0,8
Gatos de laboratório	+1,4
Cão	
Valor médio	-0,27 – (-0,39)
Pastor Alemão (em clínicas)	-0,86
Pastor Alemão (cães guia)	+0,19
Rottweiler	-1,77
Schnauzer Miniatura	-0,66
Cães de companhia	-0,64
Cães de rua	+0,17
Braquicefálos	+0,23
Mesocéfalos	-0,62
Dolicocéfalos	-0,20
Raças pequenas	-0,58
Raças médias	-0,66
Raças grandes	+0,13
Elefante Asiático	+0,23
Cavalo	+0,33
Coelho	+0,50
OLHOS MIÓPICOS	
Opossum sul-americano	-2,27
Foca encapuzada	
No ar	-2 – (-4)
Na água	+2 – (+3)
OLHOS HIPERMÉTROPES	
Musaranha	
Ao nascimento	+25,0
Adulto	+5,0
Peixe cão	+2,0 – (+6,0)
Pingüim	
Na água	+8,0 – (+13,0)
No ar	+0,25 – (-1,75)
Galinha	
Ao nascimento	+6,5
14 dias	+2,0 – (-0,5)
Adulto	-0,20

Fonte: tabela modificada de Ofri (1999)

Tabela 3 – Concentração de fotorreceptores em seres humanos e em gatos

FOTORRECEPTORES	HUMANOS	GATOS
B ($\times 10^6$)	110 -125	-
C ($\times 10^6$)	6,5	-
[C] _{máx} (por mm^2)	199.000	27.000
[B] _{máx} (por mm^2)	160.000	460.000
[C] _{máx} na ora serrata (por mm^2)	5.000	<3.000
[B] _{máx} na ora serrata (por mm^2)	40.000	250.000
B:C (área centralis)	Não há	11:1
B:C (ora serrata)	50:1	100:1

Fonte: tabela modificada de Ofri (1999)

B= bastonetes; C= cones

O desenvolvimento do olho canino ocorre de maneira similar ao olho humano. A principal diferença é o tempo no qual ocorrem certos eventos. Em bebês recém nascidos a acuidade é limitada largamente pela imaturidade dos fotorreceptores na retina, com limitação adicional na via genículo-estriada (MAURER; LEWIS, 2001). Nos cães a maturação da retina ocorre nas primeiras semanas após o nascimento, iniciando-se na região central da retina e posteriormente na periferia. Ao nascimento, a camada de fotorreceptores na retina dos cães ainda não está formada (i.e., as duas camadas granulares ainda não estão separadas). O ERG é ausente ao nascimento. A camada de fotorreceptores começa a aparecer aproximadamente entre 10 e 15 dias de vida e está completamente formada ao redor dos 15 aos 28 dias de idade (AGUIRRE;

RUBIN; BISTNER, 1972; BOYER; KIRK, 1973; GUM; GELATT; SAMUELSON, 1984; KIRK; BOYER, 1973).

Gatos nascem com o sistema visual imaturo requerendo cerca de quatro meses para atingir a maturação. Os fotorreceptores estão maduros ao final do primeiro mês de vida (HAMASAKI; MAGUIRE, 1985).

Em situação de baixa luminosidade, na qual somente o sistema escotópico é ativado, os cães conseguem otimizar sua visão, necessitando para tanto, um grande número de fotorreceptores. O sinal gerado por estes fotorreceptores é transmitido através das vias convergentes de bastonetes e resulta numa baixa acuidade. A AV melhora significativamente em condições fotópicas, isto é, de alta luminosidade, devido à razão de 1:1 entre os cones ativados e as células ganglionares. A acuidade, nestas condições, basicamente, é uma função do tamanho e da distância entre os cones. Um alto grau de contraste é necessário para uma alta AV, pois teoricamente acuidade e sensibilidade ao contraste devem ser proporcionais entre si. Entretanto devido às limitações ópticas e do processo fisiológico de transmissão de sinais, há uma perda da sensibilidade ao contraste nas frequências espaciais altas e nas baixas (OFRI, 1999; OLIVEIRA et al., 2004).

Retinas com grande poder de resolução têm alta proporção de células ganglionares:fotorreceptores. Seres humanos contêm 1,2 milhões de fibras nervosas versus 167 mil no nervo óptico canino e 116 mil a 165 mil no nervo óptico do gato. Em primatas a fóvea tem uma célula ganglionar por cone, em gatos há 4 cones por cada célula ganglionar na área da retina, com capacidade de alta resolução. Cães são, provavelmente, similares aos gatos, embora a razão bastonetes ou cones por células ganglionares não esteja ainda determinada para essa espécie. Ao contrario dos seres

humanos e outros primatas os cães não possuem fóvea, mas sim uma faixa ou estria visual que é a área de alta AV. Essa faixa é oval e está localizada superior e temporalmente ao nervo óptico, dentro da região tapetal da retina, fato este que sugere uma ampliação da visão em situação de baixa luminosidade (AREY²; GORE, 1942, apud MILLER; MURPHY, 1995; OFRI, 1999; STONE, 1978).

Na maioria das espécies de mamíferos e de aves a retina possui uma região especializada denominada de *area centralis*, a qual é caracterizada por conter uma alta densidade de cones. Em espécies diurnas, como os seres humanos, não encontramos bastonetes na *area centralis*, permitindo assim uma maior densidade de cones e conseqüentemente uma alta AV. Nas espécies noturnas, como o gato, há uma maior concentração de bastonetes na *area centralis*, permitindo uma alta sensibilidade escotópica (OFRI, 1999).

A AV nos cães está relacionada ao número de CGR. A topografia dessas células difere consideravelmente nas diversas raças de cães e até mesmo entre indivíduos de uma mesma raça. Como conseqüência, diferentes raças têm diferentes acuidades visuais. O número de CGR parece estar correlacionado com as dimensões do crânio dos cães e em menor proporção com o tamanho do olho canino. O crânio do cão varia entre 7 e 28 cm em seu comprimento e o raio do olho canino varia de 9,6 a 11,6 mm e há uma correlação entre o raio do olho e as dimensões do crânio. A distribuição das CGR varia enormemente, porém não ocorre de forma randômica, ela é altamente correlacionada com uma característica anatômica, o comprimento do nariz dos cães. Podemos ter uma distribuição ao longo de uma estria visual sem especialização

² AREY, L.B.; GORE, M. The numerical relationship between the ganglion cells of the retina and the fibers in the optic nerve of the dog. **Journal of Comparative Neurology**, v. 76, p. 609-617, 1942.

temporal até uma concentração maciça de CGR na *area centralis* na retina temporal, com uma estria visual praticamente inexistente (MCGREEVY; GRASSI; HARMAN, 2004; MILLER; MURPHY, 1995; PEICHL, 1992).

Vários métodos foram desenvolvidos para obter-se a AV de bebês, crianças não verbais e animais: (1) nistagmo optocinético (NOC), (2) olhar preferencial (OP), (3) PVE (DOBSON; TELLER, 1978; MAURER; LEWIS, 2001).

O nistagmo optocinético ocorre, em indivíduos normais quando objetos ou listras se deslocam e, em sucessão, atravessam o campo visual. Os olhos seguem o objeto-alvo num movimento lento, deslocando-se para a periferia do campo visual e, ao entrar o alvo seguinte no campo visual, ocorre um movimento rápido dos olhos de retorno à posição primária, com a finalidade de fixar este novo objeto. A técnica mais usada para desencadear o NOC é fazer girar, em frente ao observador, um cilindro com faixas verticais, pretas e brancas, e consiste em determinar a maior frequência espacial das listras que desencadeia o nistagmo (COSTA, 2001; DOBSON; TELLER, 1978; FORMIGONI, 2000; MAURER; LEWIS, 2001). Um dos animais mais utilizados como modelo para o desenvolvimento ocular é o *Gallus gallus*. Schmid e Wildsoet (1998) usaram a resposta do NOC como indicador de visibilização dos estímulos e estimaram a AV de pintos em desenvolvimento entre 6,0 e 7,7 cpg aos 2 e 4 dias de idade e entre 7,7 e 8,6 cpg aos 8 dias de vida. Num estudo, 23 cães adultos, com peso variando entre 14,6 a 24,8 Kg, foram divididos em 2 grupos, o primeiro sem alterações anatômicas (8 machos e 10 fêmeas) e o segundo com alterações anatômicas (2 machos e 3 fêmeas). Ambos os grupos foram submetidos a estímulos de barras verticais a distâncias variáveis, e demonstrou-se que a AV variou conforme a distância

de teste sendo que os cães normais obtiveram melhores resultados entre 15 e 30 cm. Embora este método tenha severas limitações este estudo sugeriu que a AV de cães é aproximadamente de 5 minutos de arco ou cerca de 20/100 na escala de Snellen (EZEH et al., 1990).

O olhar preferencial requer fixação do sujeito a diferentes estímulos. Cartões contendo padrões listrados, de frequência espacial determinada, à esquerda ou à direita de um orifício central, são apresentados ao sujeito e por meio de seu comportamento, direção da primeira fixação e tempo de fixação, o observador, através do orifício, pode julgar de que lado estão as listras e neste caso determinar a frequência espacial máxima que o sujeito pode ver (COSTA, 2001; DOBSON; TELLER, 1978).

A comparação das acuidades visuais absolutas obtidas por tais métodos é inapropriada devido às diferenças nos estímulos efetuados por cada um deles. Entretanto, quando o estímulo é adequado, as estimativas de acuidade baseadas no OP, NOC e PVE proporcionam valores similares para recém nascidos (ATKINSON; BRADDICK, 1989).

Sabemos também que o padrão de desenvolvimento da AV é diferente para cada uma das técnicas. A acuidade visual medida pelo OP, em seres humanos, desenvolve-se entre o 4º e o 18º mês de vida, mais lentamente, portanto, do que a AV mensurada pelo NOC (LEWIS; MAURER; BRENT, 1995). Da mesma forma o desenvolvimento da acuidade medido pelo OP é mais lento do que o do PVE, e ocorre entre 2 e 12 meses de vida, desde que seja usado o mesmo tipo de estímulo nas duas metodologias (SOKOL; MOSKOWITZ; MCCORMACK, 1992). Tais diferenças não causam surpresa, uma vez que estes três métodos têm diferenças nas vias de resposta aos estímulos. Temos, portanto participação voluntária do olhar para o OP, movimentos oculares

automáticos para o NOC e para o PVE, as ondas cerebrais. Com relação à parte da retina provavelmente envolvida em cada método também há diferenças, estando a periferia envolvida no OP e o centro da retina no NOC e no PVE. As vias neurais superiores também diferem, a via do OP e do PVE é a genículo-estriada e a do movimento optocinético dos olhos os centros subcorticais (ALLEN; TYLER; NORCIA, 1996; LEWIS; MAURER; BRENT, 1995).

Estimativas da AV canina e de outras espécies variam largamente, provavelmente devido ao fato de terem sido obtidas por vários métodos, incluindo testes comportamentais, medidas de PVE, ERG por padrão ou ainda resposta optocinética (EZEH et al., 1990; MILLER; MURPHY, 1995; MURPHY et al., 1997; ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; OFRI; DAWSON; GELATT, 1993) (Tabela 4).

Tabela 4 – Acuidade visual de resolução em algumas espécies animais

ESPÉCIES	AV DE RESOLUÇÃO (cpg)	MÉTODO DE DETERMINAÇÃO
Bovino	1,8	C
Koala	2,4	BAR
Coelho	3,0	E
Cão	4,3 – 11,6	E
Gato	3,5 – 8,6	C e E
Tartaruga	4,4 – 9,9	E
Cavalo	18 – 23	C
Macaco	38	C
Falcão	73	C
Águia	132 – 143	C e BAR

Fonte: tabela modificada de Ofri (1999)

C = comportamental; BAR = baseado na arquitetura retiniana;

E = eletrofisiológico

Cada método tem sua própria unidade para expressar a AV, embora sejam comparáveis entre si (Tabela 5).

Tabela 5 - Comparação dos termos usados para descrever a acuidade visual

ESCALA DE SNELLEN	FRAÇÃO DE SNELLEN	MINUTOS DE ARCO	MIN/SEG DE ARCO	CICLOS POR GRAU
20/20	1,000	1,00	1' 0"	30,0
20/25	0,800	1,25	1' 15"	24,0
20/30	0,667	1,50	1' 30"	20,0
20/35	0,571	1,75	1' 45"	17,2
20/40	0,500	2,00	2' 0"	15,0
20/45	0,444	2,25	2' 15"	13,4
20/50	0,400	2,50	2' 30"	12,0
20/55	0,364	2,75	2' 45"	10,9
20/60	0,333	3,00	3' 0"	10,0
20/65	0,308	3,25	3' 15"	9,2
20/70	0,286	3,50	3' 30"	8,6
20/75	0,267	3,75	3' 45"	8,0
20/80	0,250	4,00	4' 0"	7,5
20/85	0,235	4,25	4' 15"	7,1
20/90	0,222	4,50	4' 30"	6,7
20/95	0,210	4,75	4' 45"	6,3
20/100	0,200	5,00	5' 0"	6,0
20/150	0,133	7,50	7' 30"	4,0

Fonte: tabela modificada de Miller e Murphy (1995)

Uma das unidades é o MAR, que é a distância mínima necessária para distinguir duas linhas separadas como separadas, sendo expresso em minutos de arco do campo

visual que separa as linhas. Outros métodos utilizam padrões repetidos como alternância de barras claras e escuras, ou seja, ciclos, que podem ser visibilizados dentro de um campo subentendido num ângulo visual de 1° e expressam a AV em cpg. Minutos de arco descreve o ângulo (em minutos) subentendido pela barra mais estreita que pode ser discriminada (ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; OFRI, 1999).

Outra técnica utilizada por Tanaka et al. (2000) avaliou a AV de cães por meio do aprendizado em discriminar formas. Três cães da raça Shiba, de origem japonesa, duas fêmeas e 1 macho, foram treinados para distinguir a forma entre o anel landolt e o anel comum de igual tamanho associados à comida. Após o treinamento dos animais a AV foi determinada mudando-se o tamanho dos anéis ou da distância ao alvo. A melhor AV medida, em fração de Snellen, variou de 0,23-0,33 (o que equivale respectivamente a 20/85 e 20/60 na AV de Snellen). Estes valores são ligeiramente superiores aos resultados obtidos em outros animais domésticos, como bovinos e suínos, cujos valores de AV não ultrapassam 0,2 (20/100).

Considerando os vários estudos sobre AV podemos assumir que a AV típica de um cão adulto está por volta de 20/75 e que a AV para gatos está entre 20/70 e 20/200 (BLAKE; COOL; CRAWFORD, 1974; MILLER; MURPHY, 1995; MURPHY et al., 1997; OFRI, 1999). Ou seja, um cão a 20 pés de distância de um objeto consegue distinguir seus detalhes, enquanto que isso é possível a uma distância de 75 pés para uma pessoa com visão normal (Figura 4).

Figura 4 – Acuidade visual de resolução de grades de um ser humano com visão normal em comparação com a de um cão com visão normal. À esquerda AV 20/20 de um humano com visão normal, à direita AV 20/75 de um cão com visão normal. Um ser humano adulto com visão normal pode observar os detalhes das finas linhas à esquerda a 2 metros de distância da figura, enquanto o cão não. Com uma AV de 20/75 tanto uma pessoa com baixa AV quanto um cão com visão normal, somente conseguem distinguir as linhas da direita a uma mesma distância (MILLER; MURPHY, 1995). Nesta figura o ângulo visual é de aproximadamente 34° (figura da esquerda) e 1° 8" (figura da direita)

1.3 POTENCIAL VISUAL EVOCADO

O PVE, também denominado resposta visual evocada, reflete a função visual central (KOMAROMY; SMITH; BROOKS, 1998). Assim como o ERG, o PVE é um sinal gerado em resposta a estímulos visuais, porém este é usado para acessar as vias visuais pós-retinianas (OLIVER; LORENZ; KORNEGAY, 1997; SIMS, 1999; STRAIN; OLCOTT; HOKETT, 1986), refletindo a atividade das vias sensoriais, mais especificamente da via máculo-occipital, em seres humanos (CRUZ; SALOMÃO, 2001; SALOMÃO, 2002).

Para o registro do PVE são usadas técnicas padronizadas de eletroencefalografia (HARDING et al., 1996). Para a estimulação visual são comumente usados pulsos (flashes) de luz ou padrões com diferentes distribuições espaciais de luminância, movimento, estéreo ou cor. A forma de apresentação temporal pode ser um padrão reverso ou um padrão liga-desliga (*on-off*) (HARDING et al., 1996). A presença de uma resposta evocada indica que a via visual está íntegra até o ponto onde a resposta é gerada (NORCIA; TYLER, 1985).

Em 2003 a *International Society for Clinical Electrophysiology of Vision* (ISCEV) revisou os parâmetros e a nomenclatura para os PVEs (*Visual Evoked Potentials Standard - 2004*), organizando um protocolo padrão (ODON et al., 2003). A ISCEV recomenda o estabelecimento de valores normativos para cada laboratório de eletrofisiologia visual clínica.

O PVE por representar uma resposta específica do córtex visual é mais específico que o eletroencefalograma (EEG) e mais sensível às alterações dos estímulos visuais. As principais diferenças entre o PVE e o EEG estão no número de ondas e por este representar a atividade geral do córtex. Outras diferenças entre estes dois exames são: (1) o PVE representa uma resposta específica do lobo occipital aos estímulos visuais, enquanto o EEG representa a atividade contínua de extensas áreas corticais; (2) a amplitude do PVE é menor ($1 - 20 \mu V$), em relação à do EEG que varia entre 20 e $100 \mu V$, ultrapassando este limite, em muitos casos; (3) o PVE é mais responsivo do que o EEG a alterações nas condições de estímulo e (4) a obtenção do PVE requer equipamento mais sofisticado (GUM, 1980; SOKOL, 1976). Os sinais

gerados no córtex occipital em resposta aos flashes luminosos são menores que a atividade de base do EEG (OYAMADA, 2000).

O PVE mede a atividade elétrica do córtex occipital em resposta à estimulação visual, sendo registrado como um evento repetitivo misturado ao EEG. A promediação do trecho do EEG em que ocorre a resposta evocada permite visualizá-la, pois elimina as flutuações elétricas irregulares, características do EEG, mantendo apenas os eventos que se repetem.

O PVE, em seres humanos, é constituído por dois complexos de ondas. O primeiro, que ocorre entre 28 e 73 ms, é formado por 3 ondas denominadas de componentes precoces, e o segundo, formado por 4 ondas, ocorre entre 94 e 134 ms (OYAMADA, 2000). Os picos das ondas são designados de acordo com sua positividade ou negatividade, com as letras P ou N, respectivamente, acrescidas do tempo de aparecimento do pico em ms, sendo as denominações mais utilizadas as N75, P100 e N120. Por convenção, as deflexões para cima são consideradas negativas e as deflexões para baixo, positivas. O componente P₂ do PVE, que ocorre entre 100 e 150 ms, é considerado o mais consistente por muitos autores e origina-se nas áreas 18 e 19 de BRODMANN (OYAMADA, 2000; SIMS, 1999).

As formas de onda dos PVE em animais são normalmente polifásicas e consistem de picos positivos e negativos variando de 0 a 100 ms (SIMS, 1999). Em estudos de PVE realizados em cães, o pico P₂ também é considerado o mais proeminente (STRAIN; JACKSON; TEDFORD, 1990). Pode haver consistência na primeira resposta positiva do PVE em cães, resposta esta que representa o impulso visual aferente que chega ao córtex (GUM, 1980).

A localização exata da área cortical visual foi determinada para cães das raças Beagle e Greyhound, sendo 11,3 a 15,6 mm rostral ao plano interaural e 8,3 a 8,5 mm lateral ao plano mediano, e para gatos, 3 mm caudal ao plano interaural e 5 mm lateral ao plano medial (BILGE et al., 1967; OFRI; DAWSON; SAMUELSON, 1994).

Os sinais elétricos gerados têm origem, na sua maior parte, no córtex. A contribuição cortical para os PVEs provém de duas fontes: a primeira se origina da atividade dos receptores retinianos, os quais alcançam o lobo occipital via núcleo geniculado lateral, e uma atividade secundária que surge inicialmente na retina porém atravessa o córtex via formação reticular e sistema de projeção difusa do tálamo. Esta segunda fonte, não específica, pode ser eliminada com o correto posicionamento dos eletrodos sobre o lobo occipital (SOKOL, 1976).

Baseado na similaridade entre o PVE por flashes (PVE-F) de luz de bovinos, primatas e ratos, sugere-se que o gerador neural dos PVEs está na radiação tálamo-cortical (P_1), nas sinapses excitatórias tálamo-corticais nos neurônios estriados do córtex (N_1), na atividade sináptica secundária no córtex estriado (P_2 , N_2), e no córtex extra-estriado (P_3). A ontogênese neocortical não está completa até 30 dias de idade, em seres humanos. Em ungulados é dito que a maturidade funcional cortical ocorre ao nascimento. Com relação ao olho e à retina de bovinos, estudos histológicos demonstram que ambos já estão bem desenvolvidos no segundo trimestre da gestação, tendo seu completo desenvolvimento ao nascimento, fato este comprovado por não serem encontrados valores de ERG muito diferentes em recém nascidos em relação a animais adultos (STRAIN et al., 1989).

O aparecimento e a maturação da resposta dos PVEs além de altamente variável entre as espécies depende do método – no caso do PVEV uma resposta igual à dos

adultos humanos é obtida entre os 30 e 48 meses de idade (Tabela 6). Brecelj et al. (2002) sugerem que a maturação eletrofisiológica da retina central e dos processos pós-retinianos de crianças persiste por toda infância. As mudanças idade-dependentes do PVE por padrão têm correlação com os achados morfológicos e metabólicos indicando que a maturação do córtex visual continua até a puberdade e inclusive após.

Estudos mostram que o desenvolvimento dos PVEs em filhotes de cães se inicia no segundo dia após o nascimento com o aparecimento de uma onda negativa caracterizada por uma latência que excede 500 ms (MYSLIVECEK, 1968). Ao redor do terceiro ou quarto dia há diminuição do valor e o aparecimento de um segundo pico negativo. O número de picos aumenta entre a 2ª e a 3ª semanas de vida, acompanhado da diminuição das latências (SIMS, 1999).

Num estudo de desenvolvimento pós-natal dos PVEs em cães (n= 13; Beagles – entre 7 e 100 dias de idade), não anestesiados e não cicloplegiados, foi observado uma maturação paralela entre os potenciais visuais evocados e o desenvolvimento do córtex visual durante as 5 primeiras semanas após o nascimento. Observou-se a maturação de P_1 ao redor dos 11 dias de idade sendo necessários 38 dias para a maturação das latências de N_1 e P_2 . As latências de N_2 e P_3 não ficaram maduras até o final do estudo. A variabilidade das latências dos PVEs foi maior nas idades mais precoces. Durante todo o estudo, a latência de P_3 foi a que mais variou juntamente com as amplitudes pico a pico. Quanto à localização da origem dos sítios geradores dos potenciais este estudo sugere que o pico P_1 é gerado nas fibras tálamo-corticais ou no córtex visual primário e os picos N_1 até P_3 são gerados no córtex visual primário e secundário (STRAIN; JACKSON; TEDFORD, 1991).

A maturação dos potenciais evocados está completa por volta de 4 a 6 semanas em coelhos, cães e gatos, estendendo-se até 56 dias em bovino, 3 meses em macacos e 6 anos em seres humanos, sendo mais tardia nas espécies que requerem maiores cuidados maternos (STRAIN; JACKSON; TEDFORD, 1991).

Com o objetivo de estabelecer um parâmetro normativo do desenvolvimento e maturação dos potenciais visuais evocados, Coupland e Cochrane (1987b) avaliaram seis fetos de cordeiro, os quais foram externalizados entre os dias 105 e 120 de gestação, e cirurgicamente instrumentalizados com eletrodos subcutâneos, colocados nas regiões occipital e parietal. Atividades de PVEs foram detectadas na região occipital

Tabela 6 – Idade de aparecimento e maturação do ERG e PVE em algumas espécies de mamíferos

Espécie	ERG		PVE	
	Aparecimento	Maturação	Aparecimento	Maturação
Cão	2-3 sem	8 sem	2-7 dias	4-6 sem
Gato	3 sem	5-10 sem	5 dias	6 sem
Bovino	Nascimento	14 dias	Nascimento	> 56 dias
Macaco	Nascimento	21-31 dias	< 8 dias	3 meses
Humano	Nascimento		Nascimento	≥ 6 anos

Fonte: tabela modificada de Strain et al. (1989)

antes dos 120 dias de gestação, enquanto o componente parietal foi observado ao redor dos 128 dias de gestação. A morfologia das ondas dos PVEs demonstrou similaridades na maturação tanto do componente occipital quanto do parietal.

De uma forma geral, animais de espécies pequenas, tais como o rato, gerbil, coelho e gato, caracteristicamente de corpo pequeno, com expectativa de vida relativamente pequena e período de vulnerabilidade pós-natal devido, provavelmente, ao estado imaturo de seu sistema nervoso, não produzem potenciais evocados, visuais e auditivos, até dias ou semanas após o nascimento, embora após seu aparecimento, o desenvolvimento de tais potenciais seja bastante rápido. Em contrapartida, animais com corpo grande e maior expectativa de vida relativa e com maior auto-suficiência ao nascimento, excetuando-se o homem neste item, têm respostas evocadas, visuais e auditivas, ao nascimento ou anterior a este, porém sua maturação ocorre após o nascimento por um longo período de tempo (STRAIN et al., 1989).

O PVE pode ser obtido por meio da estimulação com flashes luminosos (PVE-F), por padrões reversos (PVE-PR) ou ainda por padrão de varredura (CRUZ; SALOMÃO, 2001; OYAMADA, 2000; SALOMÃO, 2002). Os sinais gerados no córtex occipital em resposta aos estímulos luminosos são analisados quanto à sua latência (intervalo de tempo entre o artefato de estímulo e o aparecimento da resposta) medida em ms, e quanto à amplitude (tamanho da resposta) medida em μV .

O PVE-PR foi desenvolvido devido à necessidade de uma avaliação mais precisa da função visual e tendo por base que a retina central é mais sensível à textura e à alteração de bordas do que à alteração de luminância e é geralmente obtido por meio de estímulos padrões quadriculados, na forma de tabuleiro de xadrez ou listras brancas

e pretas, senoidais ou quadrados, de alto contraste que se alternam, abruptamente, de forma que as áreas iluminadas (brancas) se tornam escuras (pretas) e as escuras, iluminadas (CRUZ; SALOMÃO, 2001). O uso deste tipo de estímulo, no qual se consideram luminância, contraste e contorno, mostrou-se bastante útil, pois permite uma maior correlação, em seres humanos, entre amplitude do PVE-PR e AV. Fatores fisiológicos tais como AV, tamanho pupilar, acomodação, sexo e idade influem na resposta do PVE-PR (OYAMADA, 2000). Xu et al. (2001) observaram 72 pacientes com AV corrigida de 20/50 ou pior, com ou sem defeitos de campo visual, por meio do PVE-PR e concluíram que este tem a vantagem de predizer objetivamente a AV sendo possível ser usado para o diagnóstico da perda da função visual.

Recomenda-se o PVE na avaliação de pacientes com amaurose, glaucoma e cegueira cortical bem como no diagnóstico e identificação do estágio da retinopatia diabética sendo ainda recomendado em pacientes com hidrocefalia. Vários estudos reportam anormalidades na latência e na amplitude das ondas do PVE-F em bebês recém nascidos, crianças, jovens e adultos com hidrocefalia (ALANI, 1985; COUPLAND; COCHRANE, 1984; COUPLAND; COCHRANE, 1987a; GUTHKELCH et al., 1984).

No caso de amaurose e cegueira cortical podemos fazer a diferenciação entre anormalidades retinianas, alterações do nervo óptico ou lesões corticais por meio da ERG e PVE, porém, estudos mais amplos devem ser realizados para estabelecer as variações normais e anormais do PVE em várias disfunções visuais (GUM, 1980; HOWARD; BREAZILE, 1972). Nesse sentido o PVE realizado em cães pode refletir também a atividade retiniana e isto se deve aos seguintes fatos: a proporção do tecido

retiniano em relação ao tecido cerebral nos cães e maior do que a mesma proporção no homem; e a amplificação usada para detectar o PVE é muito maior que a usada na obtenção do ERG (MALNATI; MARSHALL; COULTER, 1981).

Em gatos inoculados com o vírus da imunodeficiência felina (FIV–PPR DNA) que apresentaram anormalidades imunológicas e neurológicas, foram observados aumento da atividade das ondas-lentas no lobo frontal bilateral e prolongamento da latência dos PVEs juntamente com uma progressão anormal da resposta cortical (PHIPPS et al., 2000).

O PVE-F é bastante útil na avaliação da função visual na presença de opacidades densas de meios, como hemorragia vítrea e catarata, nas quais pode ser prevista a capacidade visual pós-operatória (CRUZ; SALOMÃO, 2001; ODOM et al., 1987; OYAMADA, 2000; SACAI et al., 2003; VADREVU; CAVENDER; ODOM, 1992). Pacientes com hemorragia vítrea densa têm, tipicamente, uma severa redução na AV, sendo freqüente em pacientes que sofreram trauma ocular ou em pacientes diabéticos. Nos casos de trauma ocular a amplitude dos PVEs pode predizer a função visual pós-vitrectomia enquanto que, nos pacientes diabéticos, a latência é a variável indicativa da função visual (VADREVU; CAVENDER; ODOM, 1992). Strain, Jackson e Tedford (1990) estabeleceram os valores do PVE-F em cães. Cinco picos positivos e negativos foram encontrados em cada PVE: P_1 , N_1 , P_2 , N_2 e P_3 , sendo o pico P_2 o mais proeminente. A média das latências (ms) encontradas para os picos foram respectivamente: $14,3 \pm 2,4$; $29,2 \pm 2,2$; $54,5 \pm 7,4$; $78,0 \pm 13,1$ e $98,1 \pm 12,6$. As amplitudes (μV) variaram entre 5,88 a 13,30.

Também para os pacientes portadores de catarata, preconiza-se, que quanto mais anormalidades forem encontradas nos PVEs, pior será o prognóstico da AV após a extração cirúrgica da catarata (ODOM et al., 1987).

Anormalidades no PVE foram relatadas em um caso de Síndrome de Vogt-Koyanagi-Harada (Síndrome úveo-dermatológica) num homem que apresentava uveíte anterior e posterior acompanhada de comprometimento neurológico (SALOMÃO, 2002).

Em casos de neuropatia óptica, tanto o PVE-PR quanto o PVE-F são sensíveis à disfunção do nervo óptico, mesmo nos pacientes sem queixas de alterações visuais, porém com outras alterações neurológicas. O aumento da latência, resultante do retardo na transmissão do impulso nas fibras nervosas, é devido a desmielinização das fibras axonais e ocorre em todas as doenças que envolvem o nervo óptico sendo mais extensa nas inflamações imunemediadas associadas às neurites, particularmente na esclerose múltipla em humanos. O aumento da latência e/ou diminuição da amplitude pode indicar doença cerebral difusa ou pode auxiliar na localização de lesões discretas (STRAIN; OLCOTT; HOKETT, 1986). Na avaliação da AV deve ser estimada a amplitude obtida; para análise das lesões de via óptica, a latência tem mais importância (OYAMADA, 2000).

Num estudo transversal envolvendo 570 pacientes humanos, dos quais 185 foram submetidos ao teste de PVE por reversão de padrão e/ou flashes e varredura, Sacai et al. (2003) observaram que as categorias diagnósticas mais freqüentes foram aquelas que afetam o nervo óptico, condições neurológicas afetando a via visual, condições neurológicas e/ou doenças oculares pediátricas, e opacidade de meios. Concluíram ainda que vários diagnósticos podem ser de difícil conclusão sem os testes eletrofisiológicos visuais.

Em conjunto com o ERG, o PVE permite o diagnóstico de distúrbios na função visual do cão e de muitas outras desordens do sistema nervoso central (SNC), assim como ocorre na medicina humana, para tanto serão necessários estudos individuais de desordens no SNC de cães por meio dos potenciais visuais evocados (STRAIN; JACKSON; TEDFORD, 1990).

1.4 POTENCIAL VISUAL EVOCADO DE VARREDURA

O PVE de varredura foi desenvolvido por Anthony Norcia e Christopher Tyler (NORCIA; TYLER, 1985) para tornar mais eficiente a medição eletrofisiológica da AV. Registra-se o PVE durante uma varredura rápida de estímulos de grades de onda quadrada (ou senoidal) de diferentes larguras (frequências espaciais), em padrão reverso ou liga-desliga (*on-off*), variando a frequência espacial continuamente, das menores às maiores frequências. O padrão reverso ou liga-desliga ocorre em uma taxa regular, geralmente 6Hz. O registro é amplificado e analisado após conversão análogo/digital. Simultaneamente ao registro, é feita uma análise *on-line* dos potenciais e é apresentado um gráfico relacionando a amplitude e a fase dos harmônicos da série de Fourier que ocorrem na frequência de reversão (6Hz, por exemplo) às frequências espaciais apresentadas na varredura. Estas são comparadas à amplitude e fase da atividade do EEG, colhida em uma frequência temporal diferente da taxa de reversão (por ex, 5Hz). Considera-se resposta um sinal de amplitude 3 vezes maior que a do sinal do EEG, chamado de ruído.

O PVEV é utilizado em bebês e pacientes não verbais para a medida da AV de resolução de grades, com a vantagem de exigir curto tempo de atenção por parte do paciente, e necessitar de menor tempo de cooperação em comparação com os outros testes de visão (COSTA et al, 2004; CRUZ; SALOMÃO, 2001; SACAI et al., 2003; SALOMÃO, 2002).

Estudos realizados em humanos indicam que os PVEVs podem fornecer estimativas da AV, as quais se correlacionam com a acuidade de optotipos e aos achados clínicos em crianças normais, com alterações visuais tais como estrabismo, ambliopia, afacia, catarata, nistagmo, albinismo, retinopatia da prematuridade, colobomas retinianos, glaucoma e atrofia de nervo óptico, assim como em crianças com alterações neurológicas como hidrocefalia, microcefalia entre outros (GOTTLOB et al., 1990; KATSUMI et al., 1996; SACAI et al., 2003).

Enquanto o NOC e o OP produzem valores limiares de AV, o PVE produz limiares de 1 a 2 oitavas mais baixos que as técnicas comportamentais (DOBSON; TELER, 1978). Há duas hipóteses para essa diferença: 1) é possível que as diferenças sejam devidas à modulação temporal do PVE que pode produzir valores de acuidade mais elevados do que o estímulo estático do olhar preferencial; 2) parte da diferença entre os resultados do PVE e do OP pode ser devida a uma limitação na quantidade de informação disponível nos diferentes níveis do sistema nervoso. Sinais de frequências espaciais relativamente altas poderiam ser desmodulados ou poderiam se perder na cadeia de processamento central, não estando disponíveis para a expressão comportamental.

Vários autores têm referido a utilização do PVEV na medida da AV de bebês nascidos a termo e em prematuros (HARO-MUÑOZ et al., 2000; NORCIA; TYLER,

1985; SACAI et al., 2003; SOKOL, 1978). Hamer et al. (1989) estudaram o desenvolvimento da AV monocular e binocular de grades em 87 crianças com idades variando de 2 a 52 semanas de vida usando o PVEV. A AV variou de 6 cpg (equivalente a 20/100 na AV de Snellen) no período de 2 a 10 semanas a 14 cpg (20/45) no período de 20 a 30 semanas de idade, e concluíram que a técnica de PVEV é potencialmente uma ferramenta sensível para detectar perdas de acuidade monocular nos estágios iniciais de ambliopia. Costa et al. (2004) estimaram a AV monocular de grades em 37 crianças com paralisia cerebral espástica com idades variando de 6 a 48 meses, em relação à incapacidade motora e concluíram que a técnica de PVEV é uma forma rápida e precisa, de medir a AV nessa população com baixo nível de contato visual devido em parte à incapacidade motora, que interfere comportamentalmente na obtenção da AV, possibilitando ainda a conversão do resultado em valores da tabela de Snellen, sem a cooperação verbal dos sujeitos avaliados. Em crianças com Deficiência Visual Cortical (*Cortical Visual Impairment* - CVI), utilizou-se o método de PVEV e concluiu-se que o mesmo é uma ferramenta válida para mensurar a AV de grades e ainda promete ser uma maneira de determinar a visão ambiental ótima de crianças portadoras de CVI (GOOD, 2001).

Num estudo envolvendo três cães machos adultos, da raça Beagle, sedados e cicloplegiados, com idades variando de 1 a 2 anos, Murphy et al. (1997) determinaram a AV dos animais e o efeito da perda de foco óptico na acuidade, utilizando o PVEV, mostrando que mesmo pequenos graus de ametropia surtem grande efeito no poder de resolução espacial do animal.

Em gatos, foram feitas medidas da AV de resolução de grades, registrando o PVE em resposta a mudanças na frequência espacial. O PVE coincidiu com estimativas comportamentais de acuidade (BERKLEY; WATKINS, 1973).

Após a constatação da eficácia do PVEV na medida da AV em bebês e em crianças não-verbais, o objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade do método dos PVEVs na população canina, sem a necessidade do uso de midriáticos, sedativos ou anestésicos. A avaliação do desenvolvimento da AV de resolução de grades de cães da raça Terrier Brasileiro também foi objeto deste estudo bem como a determinação da idade na qual ocorre a maturação da AV, ou seja, quando esta fica semelhante à acuidade dos cães adultos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Os exames de potencial visual evocado de varredura foram realizados no Laboratório de Eletrofisiologia da Visão do Departamento de Psicologia Experimental do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

2.1 ANIMAIS

Exames de PVEV foram realizados em 18 cães (04 adultos e 14 filhotes) da raça Terrier Brasileiro. Dois dos cães adultos e todos os filhotes possuem pedigree com registro na Confederação Brasileira de Cinofilia e na Federação Internacional de Cinofilia. Os filhotes (08 machos e 06 fêmeas) são provenientes de duas ninhadas diferentes. A primeira ninhada, de seis filhotes (03 machos e 03 fêmeas), nasceu em 23/06/2003 e a segunda (05 machos e 03 fêmeas) em 02/03/2004. A abertura da fissura palpebral dos filhotes, que ocorre, normalmente, entre o 10^o e o 14^o dia de vida (GUM; GELATT; OFRI, 1999), ocorreu, respectivamente, com 13 e com 12 dias de idade. Todos os filhotes são irmãos pelo lado materno.

Os filhotes foram examinados a partir da 3^a semana de vida sendo acompanhados até aproximadamente 100 dias de idade. Os cães adultos (02 machos e 02 fêmeas, incluindo a matriz), foram avaliados uma única vez, à exceção da matriz que foi avaliada duas vezes.

Foram efetuados exames oftalmológicos freqüentes, incluindo exame de fundo de olho, para garantir a sanidade do sistema visual dos animais em estudo. Todos os animais apresentaram comportamento compatível com visão normal.

Os filhotes e a mãe foram mantidos na residência do pesquisador até o término do estudo. A ração (industrializada adequada ao desenvolvimento dos filhotes) foi oferecida sem restrições. Todos os animais tiveram livre acesso à água. O local destinado aos cães, 40 m², possui um canil coberto com acesso a um solarium. Todos os cuidados sanitários e higiênicos foram adotados para um desenvolvimento saudável dos animais. Todos os animais receberam assistência medico-veterinária constante, com instituição de protocolo de imunização e vermifugação.

Foi previsto um termo de consentimento informado para a participação de animais pertencentes a terceiros (APÊNDICE A).

Este estudo foi aprovado “ad referendum” pela Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo em 19 de fevereiro de 2004.

2.2 EQUIPAMENTO DE REGISTROS

O sistema de gravação consistiu de um módulo de hardware de interface e um microcomputador Power Macintosh modelo 7100/66. O sistema utilizado para se obter os dados dos PVEs foi o NuDiva (*Digital Infant Visual Assesment*) software desenvolvido por Norcia e Tyler (1985). O PVE foi amplificado por um amplificador

específico para EEG, Neurodata Aquisition System Model 12C-4-23 da Grass Instrument Co. Para todos os animais, foi utilizado ganho de 10.000 vezes, com filtros de frequência de 1 e 100 Hz com corte em -3 db. Uma transformada discreta de Fourier foi aplicada aos dados do PVE para se medir a amplitude e a fase sobre uma faixa de 1 Hz centralizada no segundo harmônico a 6 reversões por segundo. Após a transformação discreta de Fourier, um algoritmo de extrapolação do pico da amplitude para a amplitude zero por regressão linear foi feito e a acuidade foi estimada.

2.3 ESTÍMULO

O estímulo consistiu de grades verticais de onda quadrada a uma frequência de 6 Hz, apresentados num monitor de vídeo monocromático Dotronix modelo EM 2400 – D 788 com 33,6 X 25 graus a 50 cm de distância.

A luminância média foi de 159,5 cd/m². O monitor manteve o contraste constante durante toda a avaliação, contraste nominal de 80%, e foi ajustado para não produzir mudanças na luminância média correlacionado com o padrão reverso (intermitência).

2.4 FREQUÊNCIA ESPACIAL

A apresentação da varredura de frequências espaciais foi controlada por um Power Macintosh 7100/66 mais software descrito. A frequência espacial foi alterada a

cada 0,5 s, numa varredura linear, com cada mudança da frequência espacial sincronizada com a apresentação do vídeo.

A amplitude da varredura pôde ser selecionada pelo experimentador com valores que cobriam a amplitude da acuidade do animal avaliado, com seu valor variando de 0,2 a 12 cpg. As faixas de frequência eram ajustadas de acordo com a idade do animal. Cada teste foi precedido da apresentação da grade em reversão, na menor frequência espacial da varredura permitindo, ao sistema visual adaptar-se antes do início da varredura.

Foram obtidas de 3 a 12 repetições da varredura para poder-se obter uma média de no mínimo três varreduras.

Um algoritmo automático realizou uma regressão linear e extrapolou para a amplitude zero da função que relaciona a amplitude do PVE do segundo harmônico à frequência espacial linear.

2.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os animais foram submetidos à tricotomia da região occipital e foram posicionados confortavelmente no colo de seu proprietário ou acompanhante permanecendo à distância de 50 cm do monitor (Figura 5).

As respostas foram obtidas binocularmente a partir de eletrodos de EEG (Grass Gold Disc Electrodes – E6GH) posicionados no escalpo recobertos com pequenos

retalhos de tecido (Webril II). Os animais utilizaram, quando necessário, uma faixa elástica (3M Coban Self-Adherent Wrap 1581) para fixar os eletrodos.

Os PVEs foram registrados a partir de duas colocações bipolares de eletrodos, O_1 e O_2 , posicionados 2-3 cm à esquerda e à direita, respectivamente, de um eletrodo de referência comum (O_z), colocado na linha mediana do crânio, na altura das orelhas. O eletrodo terra, Cz, foi colocado 2-3 cm acima do eletrodo de referência, seguindo os padrões sugeridos pela ISCEV – 2004 (Figura 6). O posicionamento dos eletrodos foi confirmado pelo PVE por flash, realizado num dos cães adultos. Este exame foi realizado sem o uso de midriáticos ou drogas anestésicas.

Figura 5 – Posicionamento do animal, no colo de seu acompanhante, a uma distância de 50 cm, à frente do monitor de vídeo para a realização do exame de PVE de Varredura

Figura 6 – Posicionamento dos eletrodos ativos (O_1 e O_2), do eletrodo referência, (O_z) e do eletrodo terra (C_z), no escalpo do cão

2.5.1 Controle da Fixação

Com a sala escura e o monitor ligado, a cabeça do animal foi gentilmente mantida fixa à frente do monitor pelo seu acompanhante e, quando necessário, a atenção do cão foi atraída para a tela do monitor por pequenos brinquedos, apresentados 1-2 cm em frente à tela durante todo o período de 10 s de cada registro. O experimentador julgava se o animal estava ou não fixando o monitor pelo reflexo do mesmo no centro das pupilas do animal. O examinador iniciava o teste, apenas quando o animal estava fixando o monitor, apertando o botão do “mouse” e o EEG era então

registrado a partir dos dois canais. Ocorrendo o desvio da direção do olhar por parte do animal ou observando-se uma atividade motora importante, como mover as orelhas, o experimentador fazia uma pausa até obter nova fixação ou em caso negativo, o registro era anulado.

O brinquedo utilizado, de menor tamanho possível, teve a função de manter a atenção e acomodação da visão no monitor durante todo o exame, principalmente nas frequências espaciais mais altas. Por ter frequências espaciais distintas das utilizadas no exame e não acompanhar a razão de reversão do estímulo, o brinquedo não interfere de maneira importante na medida da AV.

2.5.2 Método de Análise

A análise dos potenciais visuais evocados segue os critérios utilizados por Norcia e Tyler (1985).

2.5.2.1 Detecção da Resposta Evocada

A amplitude e a fase da resposta evocada foram determinadas usando-se uma discreta transformada de Fourier. O EEG original foi multiplicado por uma onda seno e co-seno, na qual a frequência é igual para a relação reversa do padrão, isto é, duas

vezes a frequência da modulação (segundo harmônico). Estes produtos foram, então, acumulados sobre um período de 1s. A média dos coeficientes seno e co-seno, foi computada pela divisão do produto acumulado pelo número de reversões por segundo. A amplitude e a fase foram dispostas graficamente obtendo-se desta maneira a média da frequência espacial durante cada segundo.

A janela de análise de 1s moveu-se através do período de 10 s da triagem, gravando a cada 0,5s. Cada ponto colocado na curva teve 50% dos dados da janela de dados prévia (NORCIA; TYLER, 1985).

Três critérios foram utilizados para considerar um sinal como representativo do valor de resposta do PVE:

- (1) A amplitude deve ser suficientemente grande em relação à média do ruído na frequência auxiliar;
- (2) A fase da resposta deve estar conforme certos critérios a serem discutidos;
- (3) Não pode haver evidência de artefatos no local da acuidade limite.

2.5.2.2 Critério de Registro pela Relação Sinal/Ruído

Definida como sendo a força presente em uma frequência de resposta versus a força presente da frequência de ruído adjacente durante o teste, a relação sinal/ruído é uma medida conveniente para se calcular a amplitude da resposta. A probabilidade de

o ruído exceder uma relação sinal/ruído de 2:1 sobre a média durante os 10s de avaliação é de 4,5%. Em uma relação de 3:1 a probabilidade de um sinal falso é de 0,3% (NORCIA; TYLER, 1985). Uma relação sinal:ruído de 2:1 foi utilizada como padrão nas avaliações individuais de registro, enquanto a relação de 3:1 foi utilizada para a obtenção do valor médio final, uma vez que proporciona um nível de proteção adequado para a média de múltiplas avaliações quando combinadas com a consistência da fase.

2.5.2.3 Características da Fase do Potencial Visual Evocado

Por definição, a fase de distribuição do ruído é uniforme sobre o intervalo de 0 a 2π (NORCIA; TYLER, 1985). Na pequena faixa de ruído que resulta da filtragem de Fourier do EEG, a fase varia continuamente. Uma resposta evocada é caracterizada por sua fase circular ou sua sincronização com o estímulo. Portanto, uma fase constante é inconsistente com o ruído, sendo característica de uma resposta evocada.

Os valores da fase foram acumulados em módulos de 2π podendo oscilar de $-\pi$ a $+\pi$. Uma fase de contorno contínuo pôde ser visibilizada pelo deslocamento de um segmento do contorno da fase por 2π , havendo a combinação dos contornos.

A fase de uma resposta evocada pôde também se atrasar progressivamente com o aumento da frequência espacial devido a mudanças na latência do sistema visual. Nenhuma parte dos registros que mostrou uma fase avançando progressivamente foi

usada para estimar a AV. Atrasos na fase são indicados por um movimento para cima nos dados acumulados para as funções de sintonia dos potenciais.

2.5.2.4 Rejeição de Artefatos

Artefatos de EEG tais como movimentos nos eletrodos e atividade muscular produzem elevação no nível de ruído e na frequência do sinal, ao passo que a resposta evocada eleva somente a frequência da mesma. Se o espectro do EEG é plano, a amplitude do EEG numa frequência adjacente pode ser usada como indicador do ruído de fundo, na frequência de resposta durante a avaliação (NORCIA; TYLER, 1985). A resposta e as frequências de ruídos são independentes na análise e devem ter a mesma amplitude média na ausência de um sinal.

2.5.2.5 Estimativa da Acuidade Visual

Utilizando-se o método de PVEV, avalia-se a AV de resolução, isto é, a capacidade do observador de julgar corretamente a menor distância entre dois estímulos separados. O menor limite de resolução em um observador humano normal adulto, ou seja, o ângulo mínimo de resolução (MAR), está entre 30" e 1' de arco.

Os níveis de AV podem ser especificados de várias maneiras: MAR, acuidade de Snellen, fração de Snellen (recíproco ao MAR) e o logaritmo da fração de Snellen. A AV mínima de resolução será obtida transformando-se o valor do limiar, expresso em cpg, no logaritmo da AV mínima de resolução (logMAR):

$$\log\text{MAR} = \log(30/L)$$

Onde:

logMAR = logaritmo da AV mínima de resolução;

30 = número de ciclos em um grau de visão;

L = limiar obtido pelo potencial, expresso em cpg.

Para se obter o valor em Snellen, teste padrão na medida da AV, deveremos calcular:

$$\text{SNL} = \text{Anti}(\log\text{MAR}) \times 20$$

Onde:

SNL = valor do denominador da anotação de Snellen;

Anti(logMAR) = anti-logaritmo da acuidade mínima de resolução;

20 = distância em pés entre o estímulo e o sujeito.

Uma acuidade normal para um adulto humano no teste de Snellen é expressa pelo valor 20/20 (ou 20/15; OFRI, 1999), o que é equivalente a um limiar de resolução espacial de 1' de arco e a zero logMAR. Para os cães adultos a acuidade normal aceita é expressa pelo valor médio de 20/75 (MILLER; MURPHY, 1995).

Por convenção as medidas de comparação entre níveis de acuidade em log são dadas em oitavas. Uma diferença de uma oitava corresponde ao dobro ou à metade do tamanho do padrão (ex.: há uma oitava de diferença entre os valores de 20/20 e 20/40 na tabela de AV). Vale lembrar que as AVs expressas em cpg quando transformadas para a equivalência da AV de Snellen são arredondadas, utilizando-se os critérios matemáticos exigidos, de forma a possuírem final 5 ou zero.

2.5.3 Análise dos Resultados

Por tratar-se de ensaio biológico com número de indivíduos menor que 30 e por estes não apresentarem distribuição normal, as comparações foram feitas por teste não-paramétrico (ANOVA).

Os resultados do PVEV foram avaliados pela comparação das medianas (Md) dos valores das acuidades visuais dos grupos de cães, nas idades testadas, e por seus respectivos quartis, Q_2 (25%) e Q_3 (75%), como recomenda a ISCEV (ODOM et al., 2003). Os testes utilizados foram os seguintes: Chi-quadrado, *Mann-Whitney Rank Sum Test*, *Dunn's Method* e *Spearman Rank Order Correlation*.

Em algumas tabelas fornecemos também a média e o desvio padrão, apenas para comparação.

3 RESULTADOS

Os exames de PVEV foram iniciados na 3ª semana de vida dos filhotes, logo após a abertura da fissura palpebral. Devido à inconsistência dos resultados obtidos optamos por não incluí-los neste estudo. Uma das possíveis razões pelo insucesso destas medidas pode estar relacionada com o tamanho do crânio dos filhotes que, por encontrar-se muito pequeno, nesta fase, não possibilita uma distância adequada entre os eletrodos, o que reduz a capacidade de resolução espacial do registro e, portanto, um sinal indiferente do ruído.

Quatro cães adultos, da raça Terrier Brasileiro, dois machos e duas fêmeas, incluindo-se a matriz, foram avaliados com a finalidade de estabelecermos o valor de AV de maturação. Os valores de AV encontrados foram os seguintes: 8,70 cpg; 8,98 cpg, (respectivamente 20/70 e 20/65) para as fêmeas e 8,71 cpg; 8,93 cpg (respectivamente 20/70 e 20/65) para os machos. A idade dos animais variou de 1 a 3,5 anos. A média da AV foi de $8,83 \pm 0,15$ cpg. A mediana foi de 8,82 cpg ($Q_2 = 8,71$; $Q_3 = 8,94$) equivalente a 20/70 na AV de Snellen. O peso médio dos animais foi de $7,83 \pm 0,83$ Kg e a mediana de 7,80 Kg ($Q_2 = 7,58$; $Q_3 = 8,05$).

Os resultados dos exames semanais individuais, médias, desvios padrão, medianas e quartis da AV de resolução de grades dos 14 filhotes de Terrier Brasileiro, bem como do ganho de peso e os valores de logMAR e AV de Snellen encontram-se no APÊNDICE B.

A análise de variância de medidas repetidas em Rank (*Friedman test*), mostrou uma progressão na AV de 2,28 cpg ($Q_2 = 2,12$; $Q_3 = 2,36$) (equivalente a 20/265 na AV

de Snellen) na 4ª semana de vida, para 9,18 cpg ($Q_2 = 8,64$; $Q_3 = 9,31$) (20/65) na 13ª semana (Tabelas 7 e 8; Figuras 7 e 8) ($\chi^2 = 120,61$; $p < 0,001$).

Após a ANOVA, realizamos um teste de comparações múltiplas que revelou uma evolução da AV estatisticamente significativa a cada quatro semanas (*Dunn's Method*; $p < 0,05$).

A AV aumentou em uma oitava da 4ª para a 5ª semana e continuou num aumento rápido até a 7ª semana. A AV continuou sua progressão, porém, de forma mais moderada até a 9ª semana. Na 9ª semana observamos que o valor da AV se encontrava uma oitava maior em relação ao valor da semana 5. A taxa de aumento reduziu gradualmente a partir da 10ª semana, quando os filhotes atingiram valores semelhantes aos encontrados nos adultos. A partir daí os valores de AV praticamente se estabilizam ao redor de 20/65. As figuras 8 e 9 mostram as curvas de desenvolvimento individual da AV dos 14 filhotes avaliados. A figura 9 ilustra o desenvolvimento na escala de Snellen que é a forma mais conhecida pelos oftalmologistas. A figura 10 mostra a faixa de desenvolvimento normal da AV do Terrier Brasileiro. Esta forma de apresentação permite comparar as AVs de outros cães da mesma raça ou de outras raças com a AV considerada normal no desenvolvimento da função visual do Terrier Brasileiro.

Não houve diferença estatística significativa, nas idades testadas, entre os valores de AVs de machos e de fêmeas pela ANOVA (*Mann-Whitney Rank Sum Test*): semana 4 ($T = 39,00$; $p = 0,49$), semana 5 ($T = 47,00$; $p = 0,85$), semana 6 ($T = 42,50$; $p = 0,75$), semana 7 ($T = 32,00$; $p = 0,108$), semana 8 ($T = 34,50$; $p = 0,181$), semana 9 ($T =$

47,00; $p= 0,85$), semana 10 ($T= 39,50$; $p= 0,49$), semana 11 ($T= 36,00$; $p= 0,28$), semana 12 ($T= 41,00$; $p= 0,66$) e semana 12 ($T= 41,00$; $p= 0,66$) (Tabela 9, Figura 11).

Houve uma correlação positiva entre a AV e o peso dos filhotes (*Spearman Rank Order Correlation*: $R= 0,83$; $p< 0,001$) indicando que ambos tendem a aumentar. Nota-se uma alta correlação entre os valores ($R^2 = 0,85$), cuja equação é a seguinte: $AV = 0,099 \cdot P^3 - 1,579 \cdot P^2 + 8,104 \cdot P - 4,474$; onde AV é a acuidade visual (cpg) e P o peso (Kg) (Figuras 12 e 13).

Os resultados das AVs obtidos nos filhotes da segunda ninhada foram ligeiramente maiores do que os obtidos na primeira ninhada (Tabela 10). Até a 7ª semana de vida não houve diferença estatística entre os valores da AV, porém a partir da 8ª semana estabeleceu-se gradualmente uma diferença estatística entre os valores de AVs das duas ninhadas (ANOVA *Mann-Whitney Rank Sum Test*): 4ª semana ($T= 51,00$; $p= 0,491$), 5ª semana ($T= 39,00$; $p= 0,491$), 6ª semana ($T= 32,00$; $p= 0,108$), 7ª semana ($T= 42,00$; $p= 0,755$), 8ª semana ($T= 29,50$; $p= 0,043$), 9ª semana ($T= 23,00$; $p= 0,003$), 10ª semana ($T= 23,00$; $p= 0,003$), 11ª semana ($T= 21,00$; $p< 0,001$), 12ª semana ($T= 21,00$; $p< 0,001$), 13ª semana ($T= 21,00$; $p< 0,001$). A diferença estatística entre os dois grupos de filhotes ficou evidente a partir da 11ª semana ($p< 0,001$).

A comparação do ganho de peso entre as duas ninhadas testadas evidenciou diferença estatística entre os valores da variável nas semanas 4 a 6 ($p< 0,05$). A partir da 7ª semana inicia-se o esboço de uma equiparação dos valores de peso entre as mesmas (Tabela 10). Comparando-se os valores semanais de peso das ninhadas temos (ANOVA *Mann-Whitney Rank Sum Test*): semana 4 ($T= 66,50$; $p= 0,003$), semana 5 ($T= 67,00$; $p= 0,003$), semana 6 ($T= 63,00$; $p= 0,020$), semana 7 ($T= 60,00$; $p= 0,059$), semana 8 ($T= 59,50$; $p= 0,059$), semana 9 ($T= 59,00$; $p= 0,081$), semana 10

(T= 50,50; p= 0,491), semana 11 (T= 49,50; p= 0,573), semana 12 (T = 50,00; p= 0,573) e semana 13 (T= 47,00; p= 0,852).

Tabela 8 – Desenvolvimento da AV de resolução de grades de 14 filhotes de Terrier Brasileiro, avaliados pelo PVEV, da 4^a à 13^a semana de vida: média (desvio padrão), mediana, quartis Q₂ e Q₃, AV de Snellen – São Paulo – 2004

IDADE (semanas)	MÉDIA (DP) (cpg)	MEDIANA AV (cpg)	Q₂ (25%) (cpg)	Q₃ (75%) (cpg)	AV SNELLEN
04	2,25 (0,25)	2,28	2,12	2,36	20/265
05	4,14 (0,46)	4,01	3,94	4,62	20/150
06	5,04 (0,35)	5,16	4,98	5,28	20/115
07	6,70 (0,62)	6,65	6,18	7,15	20/90
08	7,49 (0,54)	7,61	7,03	7,93	20/80
09	8,07 (0,52)	8,11	7,53	8,49	20/75
10[*]	8,68 (0,52)	8,52	8,30	9,12	20/70
11	8,89 (0,44)	9,12	8,47	9,24	20/65
12	8,99 (0,50)	9,16	8,50	9,31	20/65
13	9,01 (0,40)	9,17	8,64	9,31	20/65

(♣) Observa-se que a partir da 10^a semana de vida a AV dos filhotes equipara-se à dos cães adultos, 8,82 cpg (Q₂= 8,71; Q₃= 8,94), ou 20/70.

Figura 7 – Representação gráfica do desenvolvimento semanal da AV, em medianas, pelo método PVEV dos 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro entre a 4^a e a 13^a semanas de idade. A última barra da direita representa o valor da mediana da AV dos cães adultos. As barrinhas indicam os quartis de 25% e 75%

Figura 8 – Ilustração das curvas individuais de desenvolvimento da AV de resolução de grades, mensuradas pelo método dos PVEV, dos 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro avaliados entre a 4^a e a 13^a semana de idade em comparação com a mediana da AV de adultos de 24 meses de idade

Figura 9 – Ilustração das curvas individuais de desenvolvimento da AV mensuradas pelo método de PVEV, dos 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro avaliados, entre a 4ª e a 13ª semanas de idade, expressas na AV de Snellen

Figura 10 – Faixa de desenvolvimento normal da AV de resolução de grades, pelo PVEV, de cães da raça Terrier Brasileiro em função da idade

Tabela 9 – Comparação, entre gêneros, das acuidades visuais dos 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro (8 machos e 6 fêmeas) medidas pelo PVEV: medianas e quartis do desenvolvimento semanal – São Paulo – 2004

IDADE (semanas)	MACHOS AV (cpg)			FÊMEAS AV (cpg)		
	Md	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)	Md	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)
04	2,34	2,14	2,40	2,16	2,12	2,27
05	4,06	3,75	4,39	4,00	3,94	4,79
06	5,20	5,06	5,24	5,05	4,56	5,26
07	7,07	6,28	7,16	6,14	6,05	6,93
08	7,64	7,46	7,97	7,21	6,79	7,65
09	8,11	7,48	8,50	8,06	7,84	8,49
10	8,74	8,36	9,19	8,39	8,26	8,89
11	9,14	8,52	9,26	8,79	8,39	9,18
12	9,25	8,52	9,31	8,88	8,41	9,36
13	9,22	8,67	9,28	8,92	8,52	9,36

Figura 11 – representação gráfica do desenvolvimento semanal da AV de resolução de grades pelo PVEV, em medianas, dos 14 filhotes de Terrier Brasileiro – comparação entre machos e fêmeas

Figura 12 – Ilustração das curvas individuais de desenvolvimento do peso dos 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro entre a 4ª e a 13ª semana de idade

Figura 13 – Correlação polinomial entre o desenvolvimento da AV e do peso dos 14 filhotes de cães da raça Terrier Brasileiro entre a 4^a e a 13^a semanas de idade

Tabela 10 – Medianas (Md) e quartis (Q₂ e Q₃) do desenvolvimento semanal da AV medida pelo PVEV e do peso dos filhotes de Terrier Brasileiro – comparação entre a primeira ninhada (animais 01 a 06) e segunda ninhada (animais 07 a 14) – São Paulo – 2004

IDADE (sem)	NINHADA 1						NINHADA 2					
	AV (cpg)			PESO (Kg)			AV (cpg)			PESO (Kg)		
	Md	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)	Md	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)	Md	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)	Md	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)
04	2,27	2,14	2,42	1,25 [▲]	1,20	1,30	2,28	2,01	2,33	1,00 [▲]	0,95	1,05
05	4,00	3,99	4,02	1,70 [▲]	1,60	1,90	4,39	3,80	4,72	1,25 [▲]	1,20	1,40
06	4,82	4,45	5,19	2,00 [▲]	1,90	2,20	5,24	5,06	5,32	1,60 [▲]	1,60	1,80
07	6,56	6,18	7,06	2,30	2,20	2,60	6,71	6,16	7,22	1,90	1,90	2,15
08	7,18 ^{▲▲}	6,84	7,38	2,60	2,40	2,90	7,79 ^{▲▲}	7,62	7,97	2,20	2,10	2,45
09	7,68	7,52	7,86	2,95	2,60	3,30	8,37	8,13	8,69	2,45	2,35	2,90
10	8,28	8,25	8,40	3,20	3,10	3,80	9,01	8,81	9,26	3,00	2,90	3,45
11	8,46 ^{▲▲▲}	8,40	8,49	3,50	3,40	4,30	9,21 ^{▲▲▲}	9,15	9,27	3,45	3,25	3,90
12	8,48	8,42	8,52	3,90	3,70	4,80	9,31	9,28	9,40	3,75	3,60	4,25
13	8,62	8,54	8,68	4,20	3,90	5,20	9,28	9,22	9,39	4,10	3,90	4,80

(▲) Da 4^a à 6^a semana o peso dos filhotes da ninhada 1 é maior que o dos filhotes da ninhada 2, com diferença estatística significativa ($p < 0,05$);

(▲▲) A partir da 8^a semana a AV dos animais da 2^a ninhada é ligeiramente superior à dos filhotes da 1^a ninhada ($p < 0,05$);

(▲▲▲) Na 11^a semana a significância da diferença entre as AVs aumenta ($p < 0,001$).

4 DISCUSSÃO

A AV dos cães vem sendo mensurada utilizando-se métodos comportamentais, discriminação de formas e aprendizado, nistagmo optocinético, ERG de padrão e PVE (EZEH et al., 1990; MURPHY et al., 1997; ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; OFRI; DAWSON; GELATT, 1993; TANAKA et al., 2000). Entretanto, na prática veterinária clínica, habitualmente, não se mede a AV dos cães com métodos quantitativos ficando, esta avaliação, reservada a medidas qualitativas e principalmente pelas informações comportamentais relatadas pelo proprietário dos animais.

Diferente dos seres humanos, os cães podem não colaborar de maneira adequada aos testes comportamentais. Na prática pediátrica humana, vem se estudando a capacidade de métodos eletrofisiológicos em medir a função visual, uma vez que tais métodos objetivos necessitam de menor colaboração e interação no momento da medida. Condições estas que favorecem sua utilização na população canina.

Assim, o PVE tem sido utilizado com relativo sucesso, tanto em seres humanos quanto em animais, mais recentemente, visando predizer os limites da resolução espacial (COSTA et al., 2004; DOBSON; TELLER, 1978; MAFFEI; FIORENTINI, 1990; MURPHY et al., 1997; ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; SACAI et al., 2003).

De acordo com nossos resultados o PVEV é perfeitamente aplicável na população objeto de nosso estudo. Ao contrário de experimentos com PVE realizados anteriormente nos quais houve a necessidade da contenção química dos animais (HOWARD; BREAZILE, 1972; MALNATI; MARSHALL; COULTER, 1981; MURPHY et al., 1997; SIMS et al., 1989), nosso estudo evidencia a possibilidade de execução do

PVEV em filhotes de cães, bem como em adultos, acordados sem a necessidade de midriáticos, anestesia geral ou tópica nem mesmo de rígida contenção física. A ausência de anestesia melhora a qualidade do registro do teste e o torna clinicamente viável. Este resultado abre novos horizontes na medida em que se torna possível avaliar quantitativamente esta função visual de resolução espacial dos cães, nos possibilitando responder à mais freqüente questão da clínica oftalmológica veterinária: Quanto meu cão enxerga?

Além de mostrarmos a aplicabilidade do PVEV na população canina, realizamos também uma medida ao longo das primeiras semanas de vida, com o objetivo de se estudar o desenvolvimento da AV. Até onde sabemos, nossos dados são inéditos em tal tipo de avaliação funcional e mostraram que houve uma evolução constante da AV dos filhotes avaliados até sua maturação, quando a AV fica semelhante à do cão adulto, fato este que ocorreu por volta da 10ª semana de vida. Quando comparamos nossos resultados com os resultados de desenvolvimento e a maturação do PVE-F realizado por Strain, Jackson e Tedford, (1991), observamos uma precocidade deste em relação ao PVEV. Neste estudo, a maturação das latências ocorreu entre 11 e 38 dias, sendo que alguns picos não atingiram sua maturação até o final do estudo, que ocorreu por volta de 100 dias de vida. A maturação das amplitudes ocorreu entre 14º até o 58º dia de vida. Segundo os autores, a maturação dos PVE ocorreu paralelamente ao desenvolvimento morfológico do córtex visual. Vale ressaltar que neste estudo os animais não foram submetidos a cicloplégicos ou anestésicos.

Os valores de AV por nós obtidos, ao final do estudo – 20/65 – são relativamente melhores aos obtidos por outros autores, em cães adultos. A variação de valores da AV de cães encontrada nos diversos trabalhos vai de 3,00 cpg (20/200) a 12,59 cpg (20/50)

(EZEH et al., 1990; MILLER; MURPHY, 1995; MURPHY et al., 1997; ODOM; BROMBERG; DAWSON, 1983; OFRI; DAWSON; GELATT, 1993). Nossos resultados encontram-se dentro dessa faixa de valores, porém uma vez que estudamos a AV de filhotes em crescimento, ou seja, longitudinalmente, trouxemos importantes informações adicionais ao avaliarmos, além da própria evolução da função, com qual idade os filhotes têm sua capacidade de resolução espacial semelhante à dos adultos. Outro fator importante foi a não utilização, por nossa parte, de contenção química ou de midriáticos, o que sem dúvida torna o resultado mais confiável.

Encontramos apenas um único relato do uso de PVEV em cães, na literatura. Murphy et al. (1997) testaram 3 cães adultos, da raça Beagle, sedados e cicloplegiados. Os resultados mostraram uma AV máxima de 7,10 cpg (20/80) e 7,40 cpg (20/80) para os dois primeiros cães e 9,50 cpg (20/60) para o terceiro. Embora tenham analisado um número bem pequeno de animais os autores concluem que a AV de cães da raça Beagle varia de 7,00 a 9,50 cpg (20/80 a 20/60, respectivamente). Tais resultados podem ter sido alterados de alguma forma devido ao uso de midriáticos e sedativos.

A execução do PVEV, em cães, sem o uso de drogas requer um maior cuidado em sua realização. Algumas vezes o nível de ruído na resposta evocada era grande, em parte, devido ao fato de que nos cães a atividade muscular, bem como a habilidade de movimentar as orelhas, em resposta a estímulos sonoros, serem bastante desenvolvidas. Quando havia algum som externo que chamasse a atenção dos filhotes, a captação da resposta evocada ficava bastante comprometida. O enrugamento da pele entre as orelhas, quando estas eram levantadas, fazia com que os eletrodos saíssem de suas posições originais causando muito ruído. O exame era então

momentaneamente suspenso, e quando o filhote retomava a calma o exame era reiniciado. A escolha de mantermos os cães em vigília para a realização do exame requer alguns cuidados na sua execução, porém em nenhum momento a realização do PVEV ficou comprometida.

Os filhotes de Terrier Brasileiro tiveram um aumento brusco no valor da AV, uma oitava, entre a 4^a e a 5^a semana de vida. Foram necessárias mais quatro semanas até que a AV dobrasse seu valor novamente, mais uma oitava, portanto, na 9^a semana. O aumento da AV foi rápido nas primeiras sete semanas de vida, entre a 7^a e a 9^a semana houve um crescimento mais moderado e a partir da 10^a semana nota-se uma diminuição na taxa de crescimento até a estabilização dos valores, próximo aos valores de AV de animais adultos (Figuras 7, 8, 9 e 10).

A acuidade visual do cão adulto – 20/70 a 20/65 – equivale à AV de uma criança com idade entre 4 e 5 meses de vida, medidos pela mesma metodologia. Não observamos em nossos dados qualquer indicio de diferença entre as AVs de cães machos ou fêmeas (Tabela 9, Figura 11).

Embora tenhamos estudado apenas duas ninhadas, parece ser que filhotes de uma mesma ninhada têm acuidades muito semelhantes entre si. Os filhotes da segunda ninhada testada obtiveram valores de AV ligeiramente maiores que os obtidos pela primeira ninhada (Tabela 11). A partir da 8^a semana de vida houve diferença estatística significativa entre as AVs das duas ninhadas estudadas. Este é um achado que merece posterior confirmação, já que todos os filhotes são irmãos pelo lado materno, e teoricamente, deveriam mostrar AVs muito semelhantes.

Entretanto, podemos apontar alguns fatores, tais como o desenvolvimento geral individual do filhote, ganho de peso, tipo de parto (natural, operação cesariana), número

de filhotes, idade ao desmame, que podem influenciar, de alguma maneira, a AV final do animal.

Com relação ao peso dos animais observamos uma correlação positiva entre esta variável e a AV ($R= 0,83$; $p< 0,001$), quando considerados todos os filhotes. Comparando as duas ninhadas, semana a semana, observamos que os animais da primeira ninhada apresentavam um maior peso em relação aos da segunda ninhada até a 6ª semana de vida. Na 7ª semana essa diferença estatística entre as mesmas começou a desaparecer. Isto, provavelmente, se deve ao fato de que os animais da primeira ninhada, em menor número, conseguiam mamar o suficiente para suprir suas necessidades e ainda dispor de alguma reserva até a introdução da ração comercial em sua dieta. Como os filhotes da segunda ninhada eram em oito, a mãe, apesar de receber nutrição adequada para amamentar, não tinha condições de nutrir, satisfatoriamente, a todos. A partir da 4ª semana de vida introduzimos gradualmente a ração de desmame e posteriormente a ração para filhotes. Deste ponto em diante a dependência do leite materno diminuiu gradualmente, ocorrendo então a recuperação do peso corpóreo adequado à idade, anulando assim a diferença estatística significativa entre o peso dos filhotes. O ganho de peso dos filhotes da 2ª ninhada foi maior nesse período, conseguindo equiparar-se com o peso dos outros filhotes, o que corrobora com a correlação positiva entre as variáveis AV e peso.

Muito provavelmente a variabilidade que encontramos nas AVs dos cães estudados é conseqüência da variabilidade normal entre indivíduos de uma mesma espécie. Sendo os cães uma espécie emétopa, a AV é dependente quase que exclusivamente da morfologia da retina, melhor dizendo, das CGR. Diferentes raças de cães têm diferenças consideráveis na topografia dessas células. Tais diferenças

também são encontradas em indivíduos de uma mesma raça (MILLER; MURPHY, 1995; PEICHL, 1992), o que, provavelmente, explicaria a diferença nas acuidades visuais observadas.

Os cães podem ser classificados, quanto ao tipo de cabeça e crânio, a partir da relação entre o comprimento e a largura do crânio, em dolicocefalos, braquicefalos ou mesaticefalos (mesocéfalos). A característica maior da espécie parece ser a dolicocefalia, aparecendo em maior ou menor grau na espécie (informação verbal¹).

Num estudo recente, McGreevy, Grassi e Harman (2004) encontraram uma grande correlação entre o comprimento do raio do olho e as dimensões do crânio de cães. Porém a descoberta mais surpreendente foi que a distribuição das CGR na retina varia tremendamente desde uma estria visual, horizontalmente alinhada, com alta densidade de CGR bem distribuídas através da retina até uma *area centralis* altamente adensada dentro de uma estria visual quase virtual. A razão entre a densidade do pico de CGR na *area centralis* e a estria visual é negativamente correlacionada com o comprimento do crânio e positivamente correlacionada com o índice cefálico que é a relação entre a largura do crânio, medida entre os zigomáticos, e o comprimento do crânio, medido do occipital à ponta do nariz.

Portanto cães dolicocefalos como os Terrier Brasileiros, braquicefalos, como os Buldogues e Pugs, e mesocéfalos, teriam diferentes densidades de CGR, levando a AVs também diferentes. Nossa hipótese de que cada raça deve ter seu próprio padrão de AV parece ganhar reforço, pois há uma variação enorme de tipos e tamanhos de crânios e narizes nas mais diferentes raças. Nesse estudo houve uma diferença significativa entre a forma da estria visual e a densidade das CGR nos diversos cães

¹ Informação fornecida pelo Prof. Dr. José Peduti Neto no curso – Elementos de Estrutura e dinâmica do cão – Aspectos de Cinofilia, 1998.

estudados. Num Greyhound, dolícocefalo, foi observada uma estria visual bem delimitada, sem especialização temporal, enquanto num Pug, braquicefalo, essa estria era débil com uma *area centralis* bastante concentrada temporalmente na retina.

Mesmo que ainda não se acredite, habitualmente, que a distinção de detalhes dos estímulos visuais seja tão importante no dia-a-dia do cão doméstico quanto este sentido o é para o homem (excetuando-se cães de trabalho, ou aqueles que vivem nas ruas), é de imperativa importância poder mensurar corretamente a real AV do nosso paciente canino para estabelecer um diagnóstico preciso de moléstias que afetem esta função visual, bem como para instituir o melhor tratamento, e predizer um prognóstico.

Os procedimentos mais comumente utilizados para determinar a visão em cães são aqueles que testam a sensibilidade da retina a movimentos, como por exemplo, a resposta à ameaça (obtida movimentando-se a mão em frente ao campo visual do cão, em direção ao olho do mesmo, obtendo como resposta o fechamento palpebral e o retraimento do globo ocular) ou ainda a habilidade de seguir um chumaço de algodão em movimento. Porém tais testes são positivos ainda que a AV seja de 20/400 (uma pessoa com AV de 20/400 é considerada legalmente cega), isto talvez, devido ao fato de, na maioria das espécies, a porção mais periférica da retina conter somente bastonetes, os quais são usados para detecção de movimento e visão em condição escotópica (MILLER; MURPHY, 1995; OFRI, 1999). Neste sentido o PVEV vem auxiliar na obtenção da AV real podendo nos conduzir a tomar atitudes que culminem num melhor conhecimento desta função visual nos cães e conseqüentemente numa melhor condição de vida para o animal com deficiência visual.

Embora os trabalhos de PVEV existentes sejam, na sua maioria, da área humana (COSTA et al., 2004; GOOD, 2001; HARO-MUÑOZ et al., 2000; NORCIA;

TYLER, 1985; OLIVEIRA et al., 2004; SACAI et al., 2003; SOKOL, 1978), podemos perceber, por meio de nossos resultados, o grande potencial de sua aplicabilidade em medicina veterinária tanto para pesquisa como para a prática clínica.

Devido a grande variação de densidade das CGR nas diferentes raças de cães (MCGREEVY; GRASSI; HARMAN, 2004), maiores estudos se fazem necessários para determinar o desenvolvimento padrão da AV das raças de cães existentes, ou pelo menos de seus tipos cefálicos representativos. Outro passo importante é determinar o desenvolvimento da AV nas várias doenças com manifestações oculares, primárias ou secundárias, tais como hidrocefalia, catarata, albinismo, duchenne, retinopatia diabética, atrofia progressiva da retina, neurite óptica entre outras.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos podemos concluir que:

1. O método de PVE de varredura em cães oferece resultado com possibilidade de aplicação clínica;
2. O método de PVE por varredura foi eficaz para a avaliação quantitativa da AV em cães, adultos e filhotes;
3. O valor da mediana da AV, dos cães adultos analisados – 20/70 – está de acordo com estimativas de AV de cães obtidas em outros estudos;
4. A AV do Terrier Brasileiro ao final do estudo – 20/65 – obtida pelo método de PVEV, situa-se dentro da faixa de acuidades medidas com outras técnicas;
5. Os filhotes de Terrier Brasileiro atingiram valores de AV similares aos de adultos ao redor da 10ª semana de vida;
6. A AV do Terrier Brasileiro adulto está entre 8,60 cpg (20/70) a 9,57 cpg (20/60).

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, G. D.; RUBIN, L. F.; BISTNER, S. I. Development of the canine eye. **American Journal of Veterinary Research**, v. 33, n. 11, p. 2399-2414, 1972.

ALANI, S. M. Pattern-reversal visual evoked potentials in patients with hydrocephalus. **Journal of Neurosurgery**, v. 62, p. 234-237, 1985.

ALLEN, D.; TYLER, C. W.; NORCIA, A. M. Development of grating acuity and contrast sensitivity in the central and peripheral visual field of the human infant. **Vision Research**, v. 36, p. 1945-1953, 1996.

ATKINSON, J.; BRADDICK, O. Newborn contrast sensitivity measures: do VEP, OKN and FPL reveal differential development of cortical and subcortical streams? **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 30, p. 311, 1989. Supplement.

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

BILGE, M.; BINGLE, A.; SENEVIRATNE, K. N.; WHITTERIDGE, D. A map of the visual cortex in the cat. **Journal of Physiology**, v. 191, n. 2, p. 116P-118P, 1967. Proceedings of the Physiological Society: Leeds Meeting.

BLAKE, R.; COOL, S. J.; CRAWFORD, M. L. J. Visual resolution in the cat. **Vision Research**, v. 14, p. 1211-1217, 1974.

BOYER, S.; KIRK, G. R. Maturation of the visual evoked response in the dog. **Experimental Neurology**, v. 38, p. 449, 1973.

BRECELJ, J.; STIRN-KRANJC, B. Eletrophysiologic evaluation of the visual pathway in children – Case reports. **Documenta Ophthalmologica**, v. 79, p. 313-323, 1992.

BRECELJ, J.; STRUCL, M.; ZIDAR, I.; TEKAVCIC-POMPE, M. Pattern erg and vep maturation in schoolchildren. **Clinical Neurophysiology**, v. 113, n. 11, p. 1764-1770, 2002.

COSTA, M. F. **Acuidade visual de resolução de grades em crianças com paralisia cerebral do tipo espástico pelo método dos potenciais visuais evocados de varredura**. 2001. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

COSTA, M. F.; SALOMÃO, S. R.; BEREZOVSKY, A.; 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.

COUPLAND, S. G.; COCHRANE, D. D. Serial VEP recording in hydrocephalus. **The Canadian Journal of Neurological Science**, v. 11, n. 2, p. 341, 1984. Abstract 94.

COUPLAND, S. G.; COCHRANE, D. D. Visual evoked potentials, intracranial pressure and ventricular size in hydrocephalus. **Documenta Ophthalmologica**, v. 66, p. 321-330, 1987a.

COUPLAND, S. G.; COCHRANE, D. D. Maturational topography of the visual evoked potential in fetal lambs. **Documenta Ophthalmologica**, v. 66, p. 337-346, 1987b.

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

DE LAHUNTA, A. **Veterinary neuroanatomy and clinical neurology**. Philadelphia: WB Saunders, 1983. p. 289-290.

DOBSON, V.; TELLER, D. Y. Visual acuity in human infants: a review and comparison of behavioral and electrophysiological studies. **Vision Research**, v. 18, p. 1469-1483, 1978.

EZEH, P. I.; MYERS, L. J.; CUMMINS, K. A.; WHITLEY, R. D. Utilizing an optokinetic device in assessing the functional visual acuity of the dog. **Progress in Veterinary Neurology**, v. 1, n. 4, p. 427-432, 1990.

FORMIGONI, L. G. Eletrofisiologia em neuroftalmologia. In: RODRIGUES-ALVES, C. A. **Neuroftalmologia**. São Paulo: Roca, 2000. v. 3, p. 175-182. (Série Atualidades oftalmologia USP; v. III).

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.

GOTTLOB, I.; FENDICK, M. G.; GUO, S.; ZUBCOV, A. A.; ODOM, J. V.; REINECKE, R. D.; 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.

GUM, G. G. Electrophysiology in veterinary ophthalmology. **Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, v. 10, n. 2, p. 437-454, 1980.

GUM, G. G.; GELATT, K. N.; OFRI, R. Physiology of the eye. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 3. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 151-181.

GUM, G. G.; GELATT, K. N.; SAMUELSON, D. A. Maturation of the retina of the canine neonate as determined by electroretinography and histology. **American Journal of Veterinary Research**, v. 45, n. 6, p. 1166, 1984.

GUTHKELCH, A. N.; SCLABASSI, R. J.; HIRSCH, R. P.; VRIES, J. K. Visual evoked potentials in hydrocephalus: relationship to head size, shunting, and mental development. **Neurosurgery**, v. 14, n.3, p. 283-286, 1984.

HAMASAKI, D. I.; MAGUIRE, G. W. Physiological development of the kitten's retina: An ERG study. **Vision Research**, v. 25, n. 11, p. 1537, 1985.

HAMER, R. D.; NORCIA, A. M.; TYLER, C. W.; HSU-WINGES, C. The development of monocular and binocular vep acuity. **Vision Research**, v. 29, n. 4, p. 397-408, 1989.

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

HARO-MUÑOZ, F. B.; HARO-MUÑOZ, E.; BEREZOVSKY, A.; MAZZITELLI, C.; CINOTO, R. W.; VAZ, F. A. C.; VENTURA, D. F.; SALOMÃO, S. R. Visual acuity in

preterm infants with and without associated risk factors. ARVO abstracts. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 41, n. 4, S624, 2000.

HOWARD, D. R.; BREAZILE, J. E. Normal visual cortical-evoked response in the dog. **American Journal of Veterinary Research**, v. 33, n. 11, p. 2155-2157, 1972.

KATSUMI, O.; ARAI, M.; WAJIMA, R.; DENNO, S.; HIROSE, T. Spatial frequency sweep pattern reversal VER acuity vs Snellen visual acuity: effect of optical defocus. **Vision Research**, v. 36, n. 6, p. 903-909, 1996.

KIRK, G. R.; BOYER, S. F. Maturation of the electroretinogram in the dog. **Experimental Neurology**, v. 38, p. 252, 1973.

KOMAROMY, A. M.; SMITH, P. J.; BROOKS, D. E. Electroretinography in dogs and cats. Part II. Technique, interpretation, and indications. **The Compendium on Continuing Education**, v. 20, n. 3, p. 355-366, 1998.

LEWIS, T. L.; MAURER, D.; BRENT, H. P. Development of grating acuity in children treated for unilateral or bilateral congenital cataract. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 36, p. 2080-2095, 1995.

LOMAS, C. A.; PIGGINS, D.; PHILLIPS, C. J. C. Visual awareness. **Applied Animal Behavior Science**, v. 57, p. 247-257, 1998.

MAFFEI, L.; FIORENTINI, A. The pattern electroretinogram in animals and humans: physiological and clinical. In: COHEN, B.; BODIS-WOLLNER, I. (Ed.). **Vision and the brain**. New York: Raven Press, 1990. p. 289-296.

MALNATI, G. A.; MARSHALL, A. E.; COULTER, D. B. Electroretinographic components of the canine visual evoked response. **American Journal of Veterinary Research**, v. 42, p. 159-163, 1981.

MAURER, D.; LEWIS, T. L. Visual acuity: the role of visual input in inducing postnatal change. **Clinical Neuroscience Research**, v. 1, p. 239-247, 2001.

MCGREEVY, 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.

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

MURPHY, C. J.; MUTTI, D. O.; ZADNIK, K.; HOEVE J. V. Effect of optical defocus on visual acuity in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 58, n. 4, p. 414-418, 1997.

MURPHY, C. J.; ZADNIK, K.; MANNIST, M. J. Myopia and refractive error in dogs. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 33, n. 8, p. 2459-2463, 1992.

MYSLIVECEK, J. The development of the response to light flash in the visual cortex of the dog. **Brain Research**, v. 10, p. 418, 1968.

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, 1985.

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.

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

ODOM, J. V.; BACH, M.; BARBER, C.; BRIGELL, M.; MARMOR, M. F.; TORMENE, A. P. Visual Evoked Potentials Standard (2004). In: INTERNATIONAL Society for Clinical Electrophysiology of Vision. Nagoya, 2003. Disponível em: <<http://www.iscev.org/standards/pdfs/vep-2004-preprint.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2003.

OFRI, R. Optics and physiology of vision. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 3. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, p. 183-216, 1999.

OFRI, R.; DAWSON, W. W.; GELATT, K. N. Visual resolution in normal and glaucomatous dogs determined by pattern electroretinogram. **Progress in Veterinary and Comparative Ophthalmology**, v. 3, p. 111-116, 1993.

OFRI, R.; DAWSON, W. W.; SAMUELSON, D. A. Mapping of the cortical area of central vision in two dog breeds. **Progress in Veterinary and Comparative Ophthalmology**, v. 4, p. 172-178, 1994.

OLIVEIRA, A. G. F.; COSTA, M. F.; DE SOUZA, J. M.; VENTURA, D. F. Contrast sensitivity threshold measured by sweep-visual evoked potential in term and premature infants at 3 and 10 months of age. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 2004. No prelo.

OLIVER, J. E.; LORENZ, M. D.; KORNEGAY, J. N. **Handbook of veterinary neurology**. 3. ed. Philadelphia: Saunders, 1997, p. 89-108.

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

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

PHIPPS, A. J.; HAYES, K. A.; BUCK, W. R.; PODELL, M.; MATHES, L. E. 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.

POLLET, L. Refraction of normal and aphakic canine eyes. **Journal of the American Hospital Association**, v. 18, p. 323-326, 1982.

SALOMÃO, S. R. Eletrofisiologia visual nas uveítes. In: ABREU, M. T. (Org.). **Inflamações oculares**. São Paulo: Conselho Brasileiro de Oftalmologia, 2002. p. 162-189.

SACAI, P. Y.; BEREZOVSKY, A.; FANTINI, S. C.; SALOMÃO, S. R. Contribuição diagnóstica da avaliação eletrofisiológica visual em pacientes atendidos em hospital universitário. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 66, p. 177-181, 2003.

SCAGLIOTTI, R. H. Neuro-ophthalmology. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 2. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p. 706-743.

SCAGLIOTTI, R. H. Neuro-Ophthalmology. In: GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 3. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 1307-1400.

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

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

SIMS, M. H.; LARATTA, L. J.; BUBB, W. J.; MORGAN, R. V. Waveform analysis and reproducibility of visual-evoked potentials in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 50, n. 11, p. 1823-1828, 1989.

SOKOL, S. Measurement of infant visual acuity from pattern reversal evoked potentials. **Vision Research**, v. 18, p. 33-39, 1978.

SOKOL, S. Visually evoked potentials: theory, techniques and clinical applications. **Survey of Ophthalmology**, v. 21, n. 1, p. 18-44, 1976.

SOKOL, S.; MOSKOWITZ, A.; MCCORMACK, G. Infant VEP and preferential looking acuity measured with phase alternating gratings. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 33, p. 3156-3161, 1992.

STRAIN, G. M.; JACKSON, R. M.; TEDFORD, B. L. Postnatal development of the visual-evoked potential in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 52, n. 2, p. 231-235, 1991.

STRAIN, G. M.; JACKSON, R. M.; TEDFORD, B. L. Visual evoked potentials in the clinically normal dog. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 4, n. 4, p. 222-225, 1990.

STRAIN, G. M.; OLCOTT, B. M.; HOKETT, L. D. Electroretinogram and visual-evoked potential measurements in Holstein cows. **American Journal of Veterinary Research**, v. 47, n. 5, p. 1079-1081, 1986.

STRAIN, M. G.; GRAHAM, M. C.; CLAXTON, M. S.; OLCOTT, B. M. Postnatal development of brainstem auditory-evoked potentials, electroretinograms, and visual-evoked potentials in the calf. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 3, n. 4, p. 231-237, 1989.

TANAKA, T.; IKEUCHI, E.; MITANI, S.; EGUCHI, Y.; UETAKE, K. Studies on the visual acuity of dogs using shape discrimination learning. **Animal Science Journal**, v. 71, n. 6, p. 614-620, 2000.

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

XU, S.; MEYER, D.; YOSER, S.; MATHEUS, D.; ELFERVIG, J. L. Pattern visual evoked potential in the diagnosis of functional visual loss. **Ophthalmology**, v. 108, n. 1, p. 76-81, 2001.

WESTHEIMER, G. **Adler's physiology of the eye: clinical application**. 9. ed. St. Louis: William Hart Jr. 1992. p. 531-546.

APÊNDICE A – Termo de consentimento informado para participação em pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO

^ALABORATÓRIO DE OFTALMOLOGIA COMPARADA DO DEPARTAMENTO DE CIRURGIA DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

E

^BLABORATÓRIO DE ELETROFISIOLOGIA DA VISÃO DO DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA EXPERIMENTAL DO INSTITUTO DE PSICOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Título: Desenvolvimento da acuidade visual de resolução de grades de cães da raça terrier brasileiro pelo método do potencial visual evocado de varredura.

Pesquisadores: MV Francisco Manuel Moreno Carmona^A, Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros^A, Ms Marcelo Fernandes da Costa^B, Profa. Dra. Dora Fix Ventura^B.

Eu, _____, proprietário (a) do animal da espécie canina, raça Terrier Brasileiro, sexo _____, RG / Prontuário n° _____, autorizo a realização do teste denominado Potencial Visual Evocado de Varredura.

Este teste consiste no registro de sinais elétricos gerados na região posterior da cabeça onde se localiza a parte do cérebro que processa as informações visuais (córtex occipital). Para execução deste teste será realizada a raspagem dos pelos (tricotomia) da região posterior da cabeça utilizando-se máquina de tosa profissional. Serão colocados nessa região discos metálicos (eletrodos) com creme especial. Durante o teste o filhote ficará no colo de seu proprietário com a cabeça voltada para um monitor de vídeo no qual serão apresentadas listras pretas e brancas. O teste não oferece risco algum ao filhote ou ao seu proprietário. Não serão usadas drogas de nenhuma natureza. O benefício do teste é identificar a acuidade visual do filhote a cada seção, evidenciando seu desenvolvimento. O teste será realizado semanalmente a partir da 3ª semana de vida até a maturação da acuidade visual do cão, evento este que ocorrerá, provavelmente, entre a 10ª e a 15ª semana de vida do filhote.

Os testes realizados têm a finalidade de pesquisa sendo que os dados obtidos permitirão a padronização do desenvolvimento da acuidade visual de cães em crescimento. Não haverá nenhum custo financeiro para o proprietário do cão que participar desta pesquisa. A sua participação é totalmente voluntária, podendo desistir no momento em que desejar.

Sua assinatura neste termo de consentimento indica que você leu o mesmo e decidiu permitir que seu cão participasse do estudo.

Assinatura do proprietário

_____/_____/_____
Data

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE A – Características dos filhotes de Terrier Brasileiro (n= 14, 8 machos e 6 fêmeas) submetidos semanalmente ao PVEV entre a 4ª e a 13ª semana de vida – São Paulo – 2004 (Continua)

Idade (Sem)		ANIMAL 01 LACKY (M)	ANIMAL 02 NICKY (M)	ANIMAL 03 TOBBY (M)	ANIMAL 04 FANCY (F)	ANIMAL 05 MEL (F)	ANIMAL 06 TARSILA (F)	ANIMAL 07 BEL (F)	ANIMAL 08 TAMMY (F)	ANIMAL 09 PITTY (F)	ANIMAL 10 ARAMIS (M)	ANIMAL 11 SPIKE (M)	ANIMAL 12 SNOOPY (M)	ANIMAL 13 SAMMY (M)	ANIMAL 14 TWEEDY (M)	MÉDIA	DP	MEDIANA	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)
04	PESO(Kg)	1,30	1,20	1,40	1,20	1,10	1,30	1,00	1,00	0,90	0,90	1,20	1,10	1,00	1,00	1,11	0,16	1,10	1,00	1,20
	AV (cpg)	2,36	2,44	2,46	2,18	2,12	2,13	2,02	2,27	2,80	1,78	1,98	2,29	2,34	2,33	2,25	0,25	2,28	2,12	2,36
	logMAR	1,10	1,09	1,09	1,14	1,15	1,15	1,17	1,12	1,03	1,23	1,18	1,12	1,11	1,11	1,13	0,05	1,12	1,15	1,10
	SNELLEN	20/255	20/245	20/245	20/275	20/285	20/285	20/295	20/265	20/215	20/335	20/305	20/260	20/255	20/260	20/270		20/265	20/285	20/255
05	PESO(Kg)	1,90	1,70	1,90	1,60	1,40	1,70	1,30	1,30	1,20	1,20	1,50	1,50	1,20	1,20	1,47	0,26	1,45	1,23	1,68
	AV (cpg)	4,10	3,99	4,03	3,94	4,00	4,00	4,79	4,94	3,89	4,62	3,52	3,34	4,16	4,70	4,14	0,46	4,02	3,94	4,62
	logMAR	0,86	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,80	0,78	0,89	0,81	0,93	0,95	0,86	0,81	0,86	0,05	0,87	0,88	0,81
	SNELLEN	20/145	20/150	20/150	20/150	20/150	20/150	20/125	20/120	20/155	20/130	20/130	20/150	20/145	20/130	20/140		20/150	20/150	20/130
06	PESO(Kg)	2,40	2,00	2,20	1,90	1,70	2,00	1,60	1,70	1,50	1,60	1,90	2,10	1,60	1,60	1,84	0,27	1,80	1,60	2,00
	AV (cpg)	5,22	4,51	5,21	5,14	4,43	4,40	5,49	5,30	4,96	5,07	5,30	5,04	5,18	5,36	5,04	0,35	5,16	4,98	5,28
	logMAR	0,76	0,82	0,76	0,77	0,83	0,83	0,74	0,75	0,78	0,77	0,75	0,77	0,76	0,75	0,78	0,03	0,76	0,78	0,75
	SNELLEN	20/115	20/135	20/115	20/115	20/135	20/135	20/110	20/115	20/105	20/120	20/110	20/115	20/105	20/110	20/120		20/115	20/120	20/110
07	PESO(Kg)	2,70	2,30	2,60	2,20	1,90	2,30	1,90	2,10	1,70	1,90	2,20	2,60	1,90	1,90	2,16	0,31	2,15	1,90	2,30
	AV (cpg)	7,16	6,18	7,10	6,93	6,18	6,05	7,41	6,10	6,00	7,04	7,95	6,18	7,15	6,38	6,70	0,62	6,66	6,18	7,15
	logMAR	0,60	0,69	0,63	0,64	0,69	0,70	0,61	0,69	0,70	0,63	0,58	0,69	0,62	0,67	0,65	0,04	0,65	0,69	0,62
	SNELLEN	20/85	20/100	20/85	20/85	20/100	20/100	20/80	20/100	20/100	20/85	20/95	20/100	20/85	20/105	20/95		20/90	20/95	20/85
08	PESO(Kg)	3,10	2,60	2,40	2,90	2,20	2,60	2,10	2,40	2,00	2,20	2,50	3,00	2,10	2,20	2,45	0,35	2,40	2,20	2,60
	AV (cpg)	7,35	6,74	7,39	7,65	7,03	6,79	7,93	7,65	6,69	7,98	8,53	7,64	7,57	7,96	7,49	0,54	7,61	7,03	7,93
	logMAR	0,61	0,65	0,61	0,59	0,63	0,65	0,58	0,59	0,65	0,58	0,55	0,59	0,60	0,58	0,60	0,03	0,60	0,63	0,58
	SNELLEN	20/80	20/90	20/80	20/80	20/85	20/90	20/75	20/80	20/90	20/75	20/70	20/80	20/80	20/75	20/80		20/80	20/85	20/75

APÊNDICE A – Características dos filhotes de Terrier Brasileiro (n= 14, 8 machos e 6 fêmeas) submetidos semanalmente ao PVEV entre a 4ª e a 13ª semana de vida – São Paulo – 2004 (Conclusão)

Idade (Sem)		ANIMAL 01 LACKY (M)	ANIMAL 02 NICKY (M)	ANIMAL 03 TOBBY (M)	ANIMAL 04 FANCY (F)	ANIMAL 05 MEL (F)	ANIMAL 06 TARSILA (F)	ANIMAL 07 BEL (F)	ANIMAL 08 TAMMY (F)	ANIMAL 09 PITTY (F)	ANIMAL 10 ARAMIS (M)	ANIMAL 11 SPIKE (M)	ANIMAL 12 SNOOPY (M)	ANIMAL 13 SAMMY (M)	ANIMAL 14 TWEEDY (M)	MÉDIA	DP	MEDIANA	Q ₂ (25%)	Q ₃ (75%)
09	PESO(Kg)	3,60	2,90	3,30	2,60	2,60	3,00	2,30	2,80	2,30	2,50	3,00	3,30	2,40	2,40	2,79	0,41	2,70	2,43	3,00
	AV (cpg)	7,53	7,30	8,19	7,84	7,87	7,52	8,49	8,25	8,65	8,14	8,08	7,42	8,81	8,88	8,07	0,52	8,11	7,53	8,49
	logMAR	0,60	0,61	0,56	0,58	0,58	0,60	0,55	0,56	0,54	0,57	0,57	0,61	0,53	0,53	0,57	0,03	0,57	0,60	0,55
	SNELLEN	20/80	20/80	20/75	20/75	20/75	20/80	20/70	20/75	20/70	20/75	20/75	20/80	20/70	20/70	20/75		20/75	20/80	20/70
10	PESO(Kg)	3,90	3,10	3,80	3,10	2,80	3,30	2,90	3,30	2,60	3,10	3,60	4,10	2,90	2,90	3,24	0,45	3,10	2,90	3,53
	AV (cpg)	8,30	7,80	8,43	8,43	8,26	8,25	8,35	8,89	9,27	9,26	8,87	8,61	9,12	9,69	8,68	0,52	8,52	8,30	9,12
	logMAR	0,56	0,59	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,53	0,51	0,51	0,53	0,54	0,52	0,49	0,54	0,03	0,55	0,56	0,52
	SNELLEN	20/70	20/75	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/65	20/65	20/70	20/70	20/65	20/60	20/70		20/70	20/70	20/65
11	PESO(Kg)	4,50	3,50	4,30	3,40	3,10	3,50	3,20	3,60	2,90	3,50	4,20	4,40	3,40	3,30	3,63	0,51	3,50	3,33	4,05
	AV (cpg)	8,50	8,54	8,44	8,47	8,39	8,22	9,26	9,18	9,11	9,13	9,16	9,24	9,28	9,57	8,89	0,44	9,12	8,47	9,24
	logMAR	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50	0,53	0,02	0,52	0,55	0,51
	SNELLEN	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65		20/65	20/70	20/65
12	PESO(Kg)	5,00	4,00	4,80	3,70	3,40	3,80	3,60	4,00	3,20	3,90	4,50	5,00	3,60	3,60	4,01	0,59	3,85	3,60	4,38
	AV (cpg)	8,50	8,45	8,53	8,41	8,65	8,32	9,50	9,36	9,11	9,31	9,31	9,21	9,30	9,90	8,99	0,50	9,16	8,50	9,31
	logMAR	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54	0,56	0,50	0,51	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,52	0,02	0,52	0,55	0,51
	SNELLEN	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/60	20/65		20/65	20/70	20/65
13	PESO(Kg)	5,40	4,30	5,20	3,90	3,70	4,10	3,80	4,50	3,50	4,10	5,10	5,50	4,00	4,10	4,37	0,66	4,10	3,93	4,95
	AV (cpg)	8,60	8,70	8,64	8,71	8,52	8,37	9,36	9,49	9,14	9,31	9,25	9,21	9,23	9,57	9,01	0,40	9,18	8,64	9,31
	logMAR	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,51	0,50	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,50	0,52	0,02	0,51	0,54	0,51
	SNELLEN	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/70	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65	20/65		20/65	20/70	20/65

Id = idade (semanas)