

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**TOPOGRAFIA E TOMOGRAFIA DA CÓRNEA
UTILIZANDO SISTEMA DUPLO SCHEIMPFLUG E
DISCOS DE PLÁCIDO EM GATOS**

LETÍCIA DE ANDRADE RAMOS

Botucatu – SP

Janeiro de 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

TOPOGRAFIA E TOMOGRAFIA DA CÓRNEA
UTILIZANDO SISTEMA DUPLO SCHEIMPFLUG E
DISCOS DE PLÁCIDO EM GATOS

LETÍCIA DE ANDRADE RAMOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Animal.

Orientadora: Prof^a. Assoc. Cláudia Valéria Seullner Brandão

Botucatu - SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU – UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Ramos, Letícia de Andrade.

Topografia e tomografia da córnea utilizando sistema duplo Scheimpflug e discos de plácido em gatos / Letícia de Andrade Ramos. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Cláudia Valéria Seullner Brandão

Capes: 50501003

1. Curvatura. 2. Felídeo. 3. Paquimetria corneana. 4. Córnea - Tomografia.

Palavras-chave: curvatura; felinos; galilei; paquimetria.

LETÍCIA DE ANDRADE RAMOS

**TOPOGRAFIA E TOMOGRAFIA DA CÓRNEA
UTILIZANDO SISTEMA DUPLO SCHEIMPFLUG E
DISCOS DE PLÁCIDO EM GATOS**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Assoc. Cláudia Valéria Seullner Brandão

Presidente e Orientadora

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária FMVZ - UNESP Botucatu /SP

Prof^a. Ass. Dr^a. Natalie Bertelis Merlini

Membro titular

Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Estadual de Maringá (UEM) –
Campus de Umuarama /PR.

Prof. Assoc. Antonio Carlos Lottelli Rodrigues

Membro titular

Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e
Pescoço FMB - UNESP Botucatu /SP

Data da Defesa: 21 de Janeiro de 2019

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, **Professora Cláudia Valéria Seullner Brandão**. Sou muito grata pela oportunidade e confiança. Obrigada pelo incentivo e ajuda sempre que precisei.

Ao **Professor José Joaquim Tilton Ranzani**, pela dedicação ao serviço de oftalmologia, por todos os ensinamentos.

Ao pessoal da oftalmo, **Micaella Gordon Gandolffi, Inajara Nakamura Hirota, Rodrigo Barros, Anna Clara Hussein, Lenise Garbelotti Gonçalves, Annalu Ferreira Pinton e Mariana de Sessa**. Sou muito grata pelos ensinamentos e pela ajuda.

Ao **Dr. Carlos Alberto Jorge**, por toda ajuda e conhecimento compartilhado e também à **Ana Amábil Heloísa Barros**, pela paciência, disponibilidade e descontração.

Ao **Professor Carlos Roberto Padovani** pela análise estatística.

A todos os tutores que disponibilizaram seus animais, e principalmente a seus gatos, que possibilitaram este estudo.

Agradeço à minha família. Principalmente ao meu pai, José Antonio Presses Ramos **Júnior**, ao meu irmão, **Guilherme de Andrade Ramos**, e ao meu padrasto, **Orlando Grassi** por todo amor e incentivo.

E em especial, agradeço à minha mãe, **Sania Silvestre de Andrade**, por ser além de mãe, minha melhor amiga. Por me apoiar e impulsionar. Por todos os conselhos e cuidados. Espero ter sua força um dia.

Agradeço à **Sarah Silvestre de Andrade**, por ser além de prima, amiga que me deu tanto suporte mesmo que à distância.

Aos meus amigos, **André Augusto Justo, Alexandre Battazza e Amanda Figueira Rissi**, pelo companheirismo desde a graduação. Em especial à **Juliana de Almeida Silveira** por todo apoio.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis ceratométricas anteriores e excentricidade de 32 olhos de gatos domésticos adulto

Tabela 2. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis ceratométricas posteriores de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Tabela 3. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis relacionadas à Ceratometria total de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Tabela 4. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo do astigmatismo de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Tabela 5. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo da espessura e volume corneal de 32 olhos de gatos domésticos adultos

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

SimK	Ceratometria simulada
SimKf	Ceratometria no meridiano mais plano
SimKs	Ceratometria no meridiano mais curvo
AstigCA	Astigmatismo curvatura anterior
R1	Raio de curvatura no eixo mais plano
R2	Raio de curvatura no eixo mais curvo
R	Raio de curvatura média
e^2 (-Q)	Excentricidade
Kmax	Ceratometria da região de máxima curvatura da superfície anterior
CAC	Curvatura anterior central
CAM	curvatura anterior paracentral
CAP	Curvatura anterior periférica
Kmean	Poder médio da curvatura posterior
Ks	Meridiano mais curvo da superfície posterior
Kf	Meridiano mais plano da superfície posterior
AstigCP	Astigmatismo curvatura posterior
TCPm	Poder corneal total
TCPf	Poder corneal total no meridiano mais plano
TCPs	Poder corneal total no meridiano mais curvo
TCPC	Poder corneal total na região central
TCPM	Poder corneal total na região paracentral
TCPP	Poder corneal total na região periférica
AstigTCP total	Astigmatismo do Poder corneal
CCT	Espessura corneal central
EPF	Espessura no ponto mais fino
PC	Paquimetria na zona central
PM	Paquimetria na zona paracentral
PP	Paquimetria na zona periférica
CV	Volume corneal
ACD	Profundidade da câmara anterior

D	Dioptria
mm	Milímetro
mm de Hg	Milímetros de mercúrio
AL	Comprimento axial
OD	Olho direito
OE	Olho esquerdo
±	Mais ou menos
ARVO	The Association for Research in Vision and Ophthalmology
µm	Micrometro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
I. INTRODUÇÃO	11
II. REVISÃO DA LITERATURA	13
1. Particularidades oftalmológicas dos felinos domésticos	13
2. O gato como modelo experimental na oftalmologia	14
3. Córnea	15
4. Refração ocular	16
5. Tomografia, topografia da córnea e o Sistema Galilei	18
6. Mensurações oculares relevantes descritas em gatos	21
III. REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO 2.....	31

RAMOS, L. A. Topografia e tomografia da córnea utilizando sistema duplo *Scheimpflug* e discos de plácido em gatos, 2019. p.48. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

Os gatos possuem papel de destaque como animais de estimação, assim como em estudos oftalmológicos comparativos. Pelo conhecimento dos autores, até o momento, a avaliação de bulbo de gatos utilizando tomógrafos e topógrafo associados, por meio dos sistemas de câmeras *Scheimpflug* duplas e um disco Plácido, não foi descrita na literatura. O objetivo deste estudo foi analisar a córnea em gatos considerando as curvaturas anterior e posterior, o poder total e espessura da córnea pelo sistema de duplo *Scheimpflug* e disco de plácido. Na ceratometria anterior (SimK) verificou-se valores de $38,37 \pm 0,83D$, ceratometria posterior $-4,89 \pm 0,34D$ e poder corneal total médio $38,04 \pm 0,94D$. Quanto à espessura corneal central foi obtido valor médio de $617,34 \pm 53,38 \mu m$, superior aos encontrados em outros trabalhos utilizando a paquimetria ultrassônica. A utilização do sistema duplo *Scheimpflug* e disco de plácido foi efetiva em gatos domésticos e permitiu a obtenção de valores ainda não descritos na literatura para a espécie, tais como ceratometria anterior nas zonas da córnea, ceratometria corneal posterior, poder corneal total, volume corneal.

Palavras-chave: felinos, galilei, descrição biométrica, curvatura, paquimetria.

RAMOS, L. A. Topografia e tomografia da córnea utilizando sistema duplo *Scheimpflug* e discos de plácido em gatos, 2019. p.48. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

Cats have an important role as pets and in ophthalmologic comparative studies. To the authors' knowledge, this is the first study that evaluates cornea of cats using a device that combine tomography and topography, through dual *Scheimpflug* cameras and a Placid disc. The aim of this study was to evaluate anterior and posterior keratometry, total corneal power and pachymetry using dual *Scheimpflug* and Placid disc system. Concerning anterior keratometry (SimK), the value obtained was $38,37 \pm 0,83D$, posterior keratometry $-4,89 \pm 0,34D$ and total corneal power $38,04 \pm 0,94D$. Regarding the pachymetry, the mean CCT value obtained was $617,34 \pm 53,38 \mu m$, superior to those find in other studies using ultrasonic pachymetry. The use of dual *Scheimpflug* and Placid disc system was effective in domestic cats and enabled the description of values that have not been described in the literature in felines yet, such as anterior keratomemetry in the corneal zones, posterior keratommetry, total corneal power, corneal volume.

Key words: feline, galilei, biometric description, curvature, pachymetry

CAPÍTULO 1

I. INTRODUÇÃO

A córnea é a porção transparente mais externa do bulbo e sua principal função é atuar como meio de refração da luz (HERRERA, 2008 a; LAUS, 2009; SAMUELSON, 2013). Trata-se do meio com maior poder de refração. Esta característica associada à facilidade de acesso e rápida cicatrização, colocam-na como estrutura anatômica de predileção para se alterar e corrigir erros refrativos oculares (GOMES; ENDISS, 2008; MILLER, 2013).

Na oftalmologia médica, avaliações corneais são necessárias previamente a cirurgias de catarata ou refrativas, sendo realizados exames como ceratometria, paquimetria, tomografia e topografia (DINIZ, CH; DINIZ, ER, 2008; LEE; QAZI; PEPOSE, 2008; POLISUK, 2008). Avaliações de alterações da córnea também são necessárias no diagnóstico de afecções, como ceratocone (DEMIR, 2013; RASHID; FARHOOD, 2016).

A tomografia é uma técnica que permite a reconstrução da estrutura analisada em uma imagem tridimensional. Este método pode ser aplicado à córnea e ao segmento anterior (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008). Esta é realizada utilizando-se os aparelhos Galilei, Orbscan II, Pentacam e Sirius. Contudo, na oftalmologia médica, pelo desenvolvimento relativamente recente dos aparelhos, ainda não foi estabelecido um padrão ouro para as aferições tomográficas corneais (SALOUTI et al., 2009; CRAWFORD; PATEL; MCGHEE, 2013; ANAYOL et al., 2014).

Já a topografia corneal é um exame que analisa a superfície anterior da córnea e fornece dados como curvatura anterior (ARCE; FRANCESCONI, 2008). O Galilei e o Sirius também possuem a função de topógrafos (ANAYOL et al., 2014).

Considerando a aferição da espessura corneal, a paquimetria ultrassônica é o padrão ouro (URSOLINO; LUZ; JUNIOR AMBROSIO, 2008). Contudo, é um exame cuja acurácia é examinador-dependente, requer contato e desta forma, exige dessensibilização corneal utilizando-se anestesia tópica (URSOLINO; LUZ; JUNIOR AMBROSIO, 2008; RASHID; FARHOOD, 2016).

São descritos trabalhos com métodos sem contato, como o Galilei (PARK et al., 2012; SADOUGH, 2015). Segundo PARK et al. (2012), houve correlação direta

significativa entre a espessura corneal obtida pelo Galilei, quando comparada a obtida pela paquimetria ultrassônicas.

O Galilei G4 é um aparelho que analisa o segmento anterior do bulbo por meio de câmeras *Scheimpflug* duplas e um disco de Plácido, combinando as funções de topógrafo e tomógrafo (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008; SALOUTI et al., 2009; SHIRAYAMA, 2009). A tomografia é conferida pelo sistema duplo *Scheimpflug* e a topografia, pelo disco de Plácido (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008).

Trata-se de um método que fornece dados como: espessura e curvatura da córnea, tamanho da pupila e profundidade da câmara anterior (SALOUTI et al., 2009; SHIRAYAMA, 2009; ANAYOL et al., 2014; WANG; DONG; WU, 2014). Ademais, o Galilei confecciona mapas, de elevação posterior e anterior da córnea, de paquimetria e poder corneal (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008; SALOUTI et al., 2009; DEMIR, 2013). Segundo Crawford et al. (2013), o Galilei possui boa repetibilidade.

Os gatos possuem papel de destaque como animais de estimação, com previsão de aumento no seu número considerando os hábitos atuais de vida da população (STILES, 2013). Apresentam importância em estudos oftalmológicos comparativos, devido aspectos relacionados à anatomia e fisiologia do olho humano. Portanto, há significativa relevância em estudos envolvendo a oftalmologia felina, pois os conhecimentos obtidos possibilitam não só um atendimento veterinário de qualidade, que é de suma importância, mas também avanços no que diz respeito à área da oftalmologia médica (MOODIE et al., 2001; NARFSTRÖM; DECKMAN; MENOTTI-RAYMOND, 2013).

Pelo conhecimento dos autores, não há trabalhos na literatura avaliando a tomografia e topografia corneal em felinos utilizando o sistema de diagnóstico *Scheimpflug* duplo associado a disco de Plácido, estimulando o desenvolvimento deste estudo. Mesmo considerando os trabalhos realizados na oftalmologia médica, aponta-se ainda a necessidade de mais estudos envolvendo os aparelhos com o referido sistema (PARK et al., 2012; CRAWFORD; PATEL; MCGHEE, 2013; ANAYOL et al., 2014).

O objetivo deste estudo foi descrever valores da curvatura anterior e posterior, poder e espessura corneais em gatos domésticos adultos utilizando-se o sistema de diagnóstico *Scheimpflug* duplo associado a disco de Plácido. Comparar os valores

obtidos considerando a lateralidade dos olhos e o gênero, a fim de verificar possíveis influências destes fatores.

A hipótese foi de que os valores obtidos seriam similares aos descritos na literatura utilizando outros sistemas, além de descrever valores ainda não relatados para a espécie. Ademais, esperava-se que os valores obtidos não apresentassem variações considerando a lateralidade dos olhos e sexo, em decorrência da pouca variabilidade na espécie.

II. REVISÃO DA LITERATURA

1. Particularidades oftalmológicas dos felinos domésticos

Os felinos possuem uma série de particularidades quanto à anatomia, fisiologia e suas afecções oftalmológicas. Portanto, é de suma importância o conhecimento destas na rotina clínica, bem como na área acadêmica (STILES, 2013).

Como predadores, os gatos apresentam órbita aberta e olhos posicionados rostralmente, possibilitando campo de visão de 200 graus, dos quais 140 são binoculares; conferindo aos mesmos, importante percepção de profundidade e visão de objetos próximos, capacidades fundamentais para caça (DYCE; SACK; WENSING, 2010; MILLER, 2013; SAMUELSON, 2013).

O bulbo do olho felino é quase esférico e apresenta pouca mobilidade, sendo o movimento da cabeça compensatório. Se comparado ao cão, a esclera é mais elástica e a córnea mais resistente à formação de edema (HERRERA, 2008b). Não apresenta cílios e sua fissura palpebral é relativamente estreita, possibilitando observação basicamente da córnea e, em alguns casos, porção restrita da esclera (HERRERA, 2008b; SAMUELSON, 2013).

A visão dos gatos é adaptada para otimizar a pouca luminosidade presente devido a características como córnea extensa, pupila em fenda vertical, presença de tapete lúcido e alta concentração de bastonetes (MILLER, 2013).

A córnea extensa permite maior entrada de luz no olho (MILLER, 2013); o formato pupilar, pela disposição do músculo esfíncter da íris em fenda, controle minucioso da quantidade de luz que adentra o bulbo. (HERRERA, 2008b; MILLER, 2013). O tapete lúcido reflete a luz que chega à retina, potencializando sua sensibilização em situações de pouca luminosidade (MILLER, 2013). A camada de

fotorreceptores da retina apresenta maior número de bastonetes em relação a cones, característica importante para a visão noturna (HERRERA, 2008b; STILES, 2013).

Assim como os humanos, os gatos apresentam três tipos de cones, vermelho, verde e azul. Possuindo então, capacidade fisiológica de visão tricromática; contudo, ainda não se sabe o quão desenvolvida é essa visão (MILLER, 2013).

Outras particularidades do fundo de olho, em comparação ao cão, são disco do nervo óptico de formato arredondado, menor e mais pálido, decorrente de sua menor mielinização e ausência de vasos retinianos cruzando a papila (STILES, 2013).

Alterações como sequestro corneal, ceratite eosinofílica proliferativa, ceratoconjuntivite herpética são comumente observadas em gatos, bem como conjuntivites são muito frequentes (STILES, 2013). Já cataratas primárias e hereditárias são raras nos gatos, diferentemente dos cães. Quando presentes normalmente são secundárias a trauma, uveíte, luxação da lente e glaucoma (STILES, 2013). O glaucoma também não é frequente, e na maior parte das vezes está relacionado a causas secundárias (STILES, 2013). Alterações em anexos e ceratoconjuntivite seca também são menos frequentes (STILES, 2013).

Considerações importantes no exame oftalmológico dos gatos são baixa resposta ao teste de ameaça, sendo indicado então o teste da bola de algodão e uso de laser para avaliar a visão (HERRERA, 2008b). O valor médio do teste lacrimal de Schirmer em gatos é de 17mm/min. Contudo, apresenta grande variação, sendo encontrados valores de Schirmer baixos mesmo em animais hígidos, destacando-se a importância da correlação dos resultados com os sinais clínicos (MAGGS, 2013). A pressão intraocular é levemente mais alta do que em cães. Os valores médios, aferidos por meio da tonometria por aplanção, são ao redor de 17 mm de Hg (HERRERA, 2008b).

2. O gato como modelo experimental na oftalmologia

Os felinos domésticos têm muitas semelhanças, principalmente anatômicas e fisiológicas, com os humanos, que justificam seu destaque como modelo experimental na área da oftalmologia (NARFSTRÖM; DECKMAN; MENOTTI-RAYMOND, 2013).

Os roedores são os animais tradicionalmente mais utilizados em estudos; contudo, os felinos apresentam algumas vantagens como: maior variabilidade genética, tamanho e expectativa de vida, mais características em comum com os humanos.

Vantagens que despertam interesse no seu uso em estudos comparativos (NARFSTRÖM; DECKMAN; MENOTTI-RAYMOND, 2013).

O desenvolvimento na área da genômica tem trazido conhecimento acerca de várias doenças oftálmicas de caráter genético que afetam os felinos, e muitas destas também afetam os humanos. O uso dos gatos como modelo experimental para o estudo destas afecções traz benefícios para as áreas veterinária e médica (NARFSTRÖM; DECKMAN; MENOTTI-RAYMOND, 2013).

Os felinos possuem algumas diferenças particulares na comparação específica com os olhos humanos. O olho do gato é menor do que o olho humano; BARALDI et al. (2012) relataram $AL\ 19,83 \pm 0,52\text{mm}$ em felinos e DONG et al. (2018) descreveram $23.14 \pm 0.71\text{mm}$ em humanos, ambos utilizando ultrassom modo A, por contato. Os gatos possuem câmara anterior maior do que humanos, $4,20 \pm 0,48\text{mm}$ (BARALDI et al., 2012) e 3.02 ± 0.46 (DONG et al., 2018), respectivamente. A córnea e a lente são também maiores nos gatos (NARFSTRÖM; DECKMAN; MENOTTI-RAYMOND, 2013; SAMUELSON, 2013).

Com relação ao fundo de olho, este é composto por região tapetal e não tapetal, papila do nervo óptico e vascularização (STILES, 2013). Na retina há um número maior de bastonetes do que de cones e, comparado aos humanos, os gatos possuem três vezes mais bastonetes (HERRERA, 2008b). Os felinos não possuem mácula nem fóvea, possuem região chamada área central, que apresenta grande concentração de cones (OFRI, 2013d).

3. Córnea

A córnea é a estrutura anterior e transparente da túnica fibrosa do bulbo ocular, principal responsável pela refração da luz. Devido à sua exposição constante ao meio ambiente, é muito suscetível a lesões (GILGER et al., 2007). Trata-se de uma barreira física, impermeável e resistente entre as estruturas internas do olho e o meio ambiente (GILGER et al., 2007; KENCHEGOWDA et al., 2011).

Nos animais, é composta por cinco camadas: epitélio com sua lâmina basal, estroma, membrana de Descemet e endotélio (LAUS, 2009). Possui particularidades como transparência e ausência de vascularização (HERRERA, 2008b; LAUS, 2009).

O epitélio corneal apresenta grande capacidade de regeneração. Desta forma, após lesão, o epitélio normal da borda do defeito achata-se, retrai e fica espessado, perdendo seus hemidesmossomos que estavam ligados à membrana basal. Em seguida,

as células entram em mitose e deslizam em direção ao centro da lesão, preenchendo o defeito (GILGER et al., 2007). Em quatro a sete dias, ou até menor período, toda a córnea é reepitelizada (SAMUELSON, 2003; MILLER, 2013).

O estroma representa 90% da espessura corneal e consiste, principalmente, de fibrilas colágenas, ceratócitos, nervos e glicosaminoglicanas (GILGER et al., 2007; HERRERA, 2008a).

As fibrilas de colágeno presentes no estroma corneal estão dispostas em camadas alternadas, paralelas à superfície corneal, sendo separadas pelas proteoglicanas que determinam o espaçamento entre as mesmas (HASSELL et al., 1983; BIRK, 2001; GILGER et al., 2007). Incorporado na matriz de colágeno da córnea estão os ceratócitos, que respondem por apenas 2,4% do volume do estroma e são responsáveis pela produção de matriz extracelular. Caracterizam-se por morfologia dendrítica e formam uma rede tridimensional pelo contato entre seus extensos processos (MULLER et al., 1995; JALBERT ; STAPLETON, 2005).

A córnea dos gatos apresenta dimensões superiores à córnea do cão (HERRERA, 2008b). Considerando que o felino é o mamífero doméstico mais adaptado à visão noturna, o tamanho da córnea é uma adaptação importante, uma vez que possibilita maior entrada de luz no olho (MILLER, 2013). Com relação à espessura corneal felina, esta pode variar entre 0,50 e 0,56 mm, sendo mais espessa na periferia (HERRERA, 2008b). Nos animais, o diâmetro horizontal da córnea é maior que o vertical, conferindo seu formato elíptico. Nos cães e nos gatos, estes diâmetros são quase similares, conduzindo a impressão de formato circular a mesma (SAMUELSON, 2013).

Estudos apontam que a córnea dos felinos apresenta um período de maturação durante o seu desenvolvimento, que se estende até aproximadamente 18 meses após o nascimento. Portanto, as propriedades ópticas ou refrativas da córnea felina estabilizam-se após este período (FREEMAN; WONG; ZEZULA, 1978; FREEMAN, 1980; MOODIE et al., 2001).

4. Refração ocular

O olho atua como um sistema convergente, cuja função é refratar a luz para que esta se foque na retina. Esta é estimulada e produz impulsos elétricos que são transportados até o córtex cerebral, onde a imagem é interpretada (PASSOS et al., 2008; OFRI, 2013a).

Em essência, o olho consiste em um sistema óptico composto por duas lentes, córnea e lente, imersas em fluidos transparentes (PASSOS et al., 2008; MILLER, 2013).

Uma lente é um objeto que altera a direção dos raios de luz e pode ser côncava ou convexa. Quando imersas em meio com índice de refração menor que os seus, a lente côncava provoca divergência dos raios, e a convexa, convergência. O poder de refração de uma lente, o quanto ela refrata de luz, é expresso em dioptria e depende do seu raio de curvatura (OFRI, 2013a).

O poder da lente aumenta quão mais curva ela é, quanto menor for seu raio de curvatura. Isso porque o raio de curvatura da lente influencia na sua distância focal, distância entre o centro da lente e o local onde a imagem se forma (OFRI, 2013a). Então, em um olho grande, com a córnea mais plana, o poder refrativo da córnea é menor e vice-versa (OFRI, 2013a). O poder de uma lente depende, além de seu raio de curvatura, da diferença de seu índice de refração e dos meios ao redor (MILLER, 2013).

Com relação aos meios ópticos oculares, a córnea funciona como uma lente convergente e a sua superfície anterior é o meio de refração de maior importância (MILLER, 2013; OFRI, 2013a). O humor aquoso não tem tanta importância na refração (OFRI, 2013a). A íris não é um meio óptico, mas participa desse sistema controlando a quantidade de luz que entra no olho, por meio de miose ou midríase (PASSOS et al., 2008; SIMON, 2008; OFRI, 2013a).

A lente (cristalino) é uma lente biconvexa transparente e avascular. Tem como função, além de convergir a luz, a acomodação visual (PASSOS et al., 2008; OFRI, 2013b). O humor vítreo não possui papel de destaque na refração da luz, uma vez que apresenta índice de refração similar a da lente (PASSOS et al., 2008; BOEVÉ; STADES, 2013; OFRI, 2013a OFRI, 2013c).

Quando o sistema óptico ocular não converge a luz de maneira adequada ocorrem as ametropias, ou erros refracionais. Estas alterações apresentam maior destaque na oftalmologia médica quando comparada à veterinária. A miopia e a hipermetropia ocorrem quando há alteração quanto ao comprimento axial do bulbo, ou quanto ao seu poder de refração, principalmente poder corneal (HERZOG; YAMANE, 2003; MILLER, 2013).

No caso do olho míope, a imagem se forma a frente da retina em razão de um bulbo com comprimento axial longo ou com alto poder de refração. Já no caso da hipermetropia, pelo bulbo ter um comprimento axial curto ou baixo poder de refração, a

imagem se forma posterior à retina (HERZOG; YAMANE, 2003; MILLER, 2013). O erro refracional é medido na unidade de Dioptria (MILLER, 2013).

O astigmatismo por sua vez, é uma alteração na qual a imagem não é formada de maneira nítida por imperfeições no meio óptico ocular, principalmente na lente e na córnea. Nesse caso, a córnea, ou a lente, apresenta um meridiano mais curvo e um mais plano, a luz é refratada de maneira diferente nestes meridianos, e os raios são focados em locais distintos, formando uma imagem embaçada. Denomina-se astigmatismo regular quando os eixos mais plano e curvo são perpendiculares entre si, quando isso não acontece, trata-se de astigmatismo irregular (ceratocone) (HERZOG; YAMANE, 2003; MILLER, 2013; OFRI, 2013a).

A presbiopia e a anisometropia são outras alterações possíveis. A presbiopia é uma alteração fisiológica e progressiva descrita em humanos após os 40 anos. Trata-se de uma deterioração da capacidade de acomodação, ocasionando em dificuldade de enxergar objetos próximos (NETTO, 2000). Já a anisometropia, ocorre em humanos quando há diferença na refração entre os dois olhos (GIOVEDI FILHO; ALVES, 2000).

5. Tomografia, topografia da córnea e o Sistema Galilei

A topografia corneal é um exame que analisa a superfície anterior da córnea, e fornece sua curvatura, na forma de mapa topográfico (ARCE; FRANCESCONI, 2008; POLISUK, 2008). A maior parte dos topógrafos se baseia no sistema de plácido (FAN et al., 2018), incluindo o Galilei e o Sirius (ANAYOL et al., 2014).

O sistema de Plácido projeta luz em forma de anéis na córnea e analisa a luz refletida por ela para reconstruir a superfície anterior corneal, fornecendo dados sobre sua curvatura anterior. Contudo, para se obter dados a respeito da superfície posterior, é necessário recorrer à tomografia (FAN et al., 2018).

A tomografia é uma técnica que permite a reconstrução de uma estrutura em uma imagem tridimensional. Este método pode ser aplicado à córnea e ao segmento anterior (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008). Os tomógrafos atualmente disponíveis no mercado são: Galilei, Orbscan II, Pentacam e Sirius. Pelo desenvolvimento relativamente recente dos aparelhos, ainda não foi estabelecido um padrão ouro para as aferições tomográficas corneais (SALOUTI et al., 2009; CRAWFORD; PATEL; MCGHEE, 2013; ANAYOL et al., 2014).

O sistema de Scheimpflug é um dos mais usados para tomografia corneal (FAN et al., 2018). Trata-se de um princípio utilizado em fotografia. Nesta técnica, o plano do

filme, do foco e da lente não estão dispostos paralelamente, como de costume, isso é feito com o intuito de melhorar o foco de estruturas localizadas em planos diferentes. Importante no caso de imagens do olho, levando em consideração o formato esférico e as estruturas dispostas em diferentes planos no bulbo (CORREIA; AMBROSIO, 2016; FAN et al., 2018).

O Galilei G4 é um aparelho que combina a função de topógrafo e tomógrafo. Ele analisa o segmento anterior do bulbo por meio de câmeras Scheimpflug duplas e um disco Plácido (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008; SALOUTI et al., 2009; SHIRAYAMA, 2009).

O aparelho associa duas câmeras *Scheimpflug* que giram 180° e emitem imagens em fenda da mesma região da córnea mas de direções opostas. O sistema fornece então média das informações obtidas pelas câmeras. Esta associação dos valores obtidos pelas duas câmeras melhora a análise de pontos da córnea em ângulos diferentes (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008; SALOUTI et al., 2009).

Trata-se de um método que emite diversas fotos das estruturas do segmento anterior e fornece dados como: espessura e curvatura da córnea, tamanho da pupila, profundidade da câmara anterior (SALOUTI et al., 2009; SHIRAYAMA, 2009; ANAYOL et al., 2014; WANG; DONG; WU, 2014). Ademais, o Galilei realiza uma série de mapas, como de elevação posterior e anterior da córnea, de paquimetria e poder corneal (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008; SALOUTI et al., 2009; DEMIR, 2013). Segundo Crawford et al. (2013), o Galilei possui boa repetibilidade.

A superfície anterior da córnea é analisada por meio da combinação dos valores das câmeras Scheimpflug e do disco de Plácido. A superfície posterior, por sua vez, é analisada pelas câmeras Scheimpflug. O poder total da córnea é calculado automaticamente utilizando-se a combinação dos valores da superfície anterior e posterior (WANG; SHIRAYAMA; KOCK, 2010).

O Galilei 4TM indica a qualidade das imagens obtidas por meio dos parâmetros compensação de movimento, Plácido, *Scheimpflug* e distância de movimento. Esses parâmetros são fornecidos em porcentagem. O aparelho combina automaticamente esses valores e fornece o percentual geral de qualidade, juntamente com valores mínimos de referência para considerar a confiabilidade das imagens (CRAWFORD; PATEL; MCGHEE, 2013).

De acordo com o manual do fabricante, as variáveis são fornecidas automaticamente pelo software Galilei G4 (versão 6.3.1) separadas em categorias como:

SimK, Anterior axial curvature zones, Posterior axial curvature, Pachymetry e Total corneal Power IOL (Ray traced).

SimK

Consiste na ceratometria simulada. São fornecidos os valores de poder e raio de curvatura. Trata-se de uma estimativa do poder corneal baseada na curvatura anterior e no índice de refração da córnea pré-estabelecido ($n=1,3375$). SimK é calculado pela média do meridiano mais curvo (Steep SimK) e mais plano (Flat SimK). Também é fornecido o valor do astigmatismo (Astig), que é a diferença entre os meridianos. Além do poder, também são fornecidos os raios de curvatura do meridiano mais plano (R1) curvo (R2) e o raio médio (R). Ademais, é fornecido e^2 (-Q) – Excentricidade.

Anterior axial curvature zones

Fornece raio de curvatura em mm e poder em Dioptrias da superfície anterior separando a córnea em zonas central (0–4 mm), paracentral (4–7 mm) e periférica (7 – 10 mm). Além do Kmax, raio de curvatura em mm e o poder em Dioptrias da região de máxima curvatura da superfície anterior. Também utiliza o índice de refração pré-estabelecido da córnea.

Posterior axial curvature

Mesmos parâmetros de SimK, mas utiliza índice de refração real da córnea e analisa a superfície posterior. Fornece Kmean, que é o poder médio da curvatura posterior, média de Ks e Kf. Sendo Ks meridiano mais curvo da superfície posterior (SteepK) e Kf meridiano mais plano da superfície posterior (FlatK). Astig é diferença entre Ks e Kf. Fornece também os raios de curvatura dos meridianos mais curvo (R2) e mais plano (R1) da superfície posterior e o médio (R).

Pachymetry

Fornece espessura corneal central (CCT), espessura no ponto mais fino (EPF) e espessura da região central (0–4 mm), paracentral (4-7 mm) e periférica (7–10 mm). Também é disponibilizado o valor de volume da córnea.

Total corneal Power (Ray traced)

Fornece a ceratometria utilizando os dados reais da paquimetria e o índice real de refração da córnea ($n=1,376$). Fornece uma potência mais real, graças ao traçado de raios, pois leva em consideração o aspecto tridimensional da córnea, o fato que possui superfície anterior e posterior e espessura, além de utilizar os dados reais citados acima. As variáveis fornecidas são TCPm, que é ceratometria media (Mean TCP) entre meridiano mais plano (TCPf) e mais curvo (TCPs). Além das ceratometria das zonas da córnea e o astigmatismo.

6. Mensurações oculares relevantes descritas em gatos

Há uma série de técnicas que possibilitam a aferição da espessura corneal, tais como biomicroscopia e paquimetria ultrassônicas, paquimetria óptica, microscopia especular ou confocal, topografia e tomografia corneais (JUNIOR AMBRÓSIO; PEREIRA; PEREIRA, 2008; CLEYMAET; HESS; FREEMAN, 2016; GARCIA, 2017).

Em se tratando da espessura corneal em felinos, por meio da paquimetria óptica foi descrito valor de $755 \pm 33 \mu\text{m}$ (CARRINGTON; WOODWARD, 1986). Já por meio de paquimetria ultrassônica foram relatados valores médios centrais de $569 \pm 36 \mu\text{m}$ (CHAN-LING; EFRON; HOLDEN, 1985), $578 \pm 64 \mu\text{m}$ (GILGER et al., 1993), $546 \pm 48 \mu\text{m}$ (SCHOSTER et al., 1995) e olho direito (OD) de $515 \pm 73 \mu\text{m}$ e olho esquerdo (OE) de $523 \pm 68 \mu\text{m}$, analisando quanto à lateralidade dos olhos (RANZANI et al., 2008).

Utilizando a biomicroscopia ultrassônica, a espessura corneal descrita foi de $567 \pm 12 \mu\text{m}$ (MOODIE et al., 2001) e $740 \mu\text{m}$ em olhos enucleados (AUBIN et al., 2003). Pelo método da microscopia confocal, os valores apresentados da espessura corneal foram de $592 \pm 80 \mu\text{m}$ (KAFARNIK; FRITSCHKE; REESE, 2007), por meio da microscopia especular de $510 \pm 85 \mu\text{m}$ em OD e $504 \pm 83 \mu\text{m}$ em OE (RANZANI et al., 2008).

Com a Tomografia de Coerência Óptica (OCT), os valores centrais da espessura corneal descritos foram de $629,08 \pm 47,05 \mu\text{m}$ (ALARIO; PIRIE, 2013) e $584,93 \pm 39,05 \mu\text{m}$ (CLEYMAET; HESS; FREEMAN, 2016). Com o aparelho Pentacam-HR, sistema que utiliza uma única câmera Scheimplug, foram relatados valores de espessura corneal de $608,25 \pm 47,26 \mu\text{m}$ no centro da pupila e $606,41 \pm 44,18 \mu\text{m}$ no ápice corneal (CLEYMAET; HESS; FREEMAN, 2016).

Considerando a profundidade da câmara anterior, esta pode ser obtida por meio de métodos como ultrassom e tomografia (AUBIN et al., 2003; ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008).

Nos gatos domésticos, o valor médio descrito foi de $5,07 \pm 0,36$ mm (GILGER et al., 1993). Em olhos enucleados foram relatados valores de 4,20 mm, com variação entre 3,60mm-4,66mm, por meio de biomicroscopia ultrassônica (AUBIN et al., 2003). GONÇALVES et al. (2009) citaram valores de $3,97 \pm 0,05$ mm utilizando ultrassom modo-B sagital. BARALDI et al. (2012) relataram $4,20 \pm 0,48$ mm por meio de ultrassom em modo-A, $3,7 \pm 0,53$ mm em modo-B dorsal e $3,95 \pm 0,47$ mm em modo-B sagital.

Considerando a curvatura corneal, esta pode ser aferida por meio de ceratômetros manuais, automatizados ou por tomografia (HOMEM, 2008). Nos gatos, os valores ceratométricos descritos foram de 39,35D (8,58mm) (FREEMAN, 1980), 38,93 D (GILGER et al., 1998) e 39D (MOODIE et al., 2001), ambos utilizando um ceratômetro tradicional.

III. REFERÊNCIAS

ALARIO, A. F.; PIRIE, C. G. Intra and inter-user reliability of central corneal thickness measurements obtained in healthy feline eyes using a portable spectral-domain optical coherence tomography device. **Veterinary Ophthalmology**, v.16, n.6, p.446-450, 2013.

ANAYOL, M. A.; GÜLER, E.; YAGCI, R.; SEKEROGLU, M. A.; YLMAZOGLU, M.; TRHS, H.; KULAK, A. E.; YLMAZBAS, P. Comparison of central corneal thickness, thinnest corneal thickness, anterior chamber depth, and simulated keratometry using galilei, Pentacam, and Sirius devices. **Cornea**, v.33, n.6, p. 582-586, 2014.

ARCE, C. G.; FRANCESCONI, C. M. Topografia da Córnea por Varredura de Fenda de Luz – Orbscan I, II e IIZ. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 81-99.

AUBIN, M. L.; POWELL, C. C.; GIONFRIDDO, J. R.; FAILS, A. D. Ultrasound biomicroscopy of the feline anterior segment. **Veterinary Ophthalmology**, v.6, n.1, p.15-17, 2003.

ÁVILA, M.; SALOMÃO, M.; JUNIOR AMBROSIO, S. Tomografia da Córnea e do Segmento Anterior. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 99-106.

BARALDI, T. G.; MAMPRIM, M. J.; BRANDÃO, C. V. S.; SARTOR, R.; PERCHES, C. S.; ACKERMANN, C. L. Biometria ultrassonográfica modo-A e modo-B do globo ocular de gatos domésticos. **Veterinária e Zootecnia**, v.19, n.1, p.20-23, 2012.

BIRK, D.E., Type V collagen: heterotypic type I/V collagen interactions in the regulation of fibril assembly. **Micron**, v.32, n.3, p.223-237, 2001.

BOEVÉ, M. H.; STADES, F. C. Diseases and surgery of the canine vitreous. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5ª ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 1287.

CARRINGTON, S. D.; WOODWARD, E. G. Corneal thickness and diameter in the domestic cat. **Ophthalmic and Physiological Optics**, v. 6, n. 4, p. 385–389, 1986.

CHAN-LING, T.; EFRON, N.; HOLDEN, B. A. Diurnal variation of corneal thickness in the cat. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v.26, p.102-105, 1985.

CLEYMAET, A. M.; HESS, A. M.; FREEMAN, K. S. Comparison between Pentacam-HR and optical coherence tomography central corneal thickness measurements in healthy feline eyes. **Veterinary Ophthalmology** v.19, p.105-114, 2016.

CORREIA, F. F.; AMBROSIO, R. J. Aplicações clínicas do princípio de Scheimpflug na Oftalmologia. **Revista Brasileira de Oftalmologia** [online], v.75, n.2, p.160-165, 2016.

CRAWFORD, A. Z.; PATEL, D. V.; MCGHEE, C. N. Comparison and repeatability of keratometric and corneal power measurements obtained by Orbscan II, Pentacam, and Galilei corneal tomography systems. **American Journal of Ophthalmology**, v.156, n.1, p. 53-60, 2013.

DEMIR, S.; ORTAK, H.; YETER, V.; ALIM, S.; SAYN, O.; TAS, U.; SÖNMEZ, B. Mapping corneal thickness using dual-Scheimpflug imaging at different stages of keratoconus. **Cornea**, v.32, n.11, p. 1470-1474, 2013.

DINIZ, C. H.; DINIZ, E. R. Exame Oftalmológico Aplicado à Seleção de Candidatos. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 6, p. 57-64.

DONG, J.; ZHANG, Y.; ZHANG, H.; JIA, Z.; ZHANG, S.; WANG, X. Comparison of axial length, anterior chamber depth and intraocular lens power between IOLMaster and ultrasound in normal, long and short eyes. **PLoS ONE**, v.13, n.3. 2018.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. Os órgãos do sentido. In: **Tratado de anatomia veterinária**. 4ª ed. Saunders Elsevier. 2010. p. 332.

FAN, R.; CHAN, T. C.; PRAKASH, G.; KHANJU, V. Applications of corneal topography and tomography: a review. **Clinical & Experimental Ophthalmology**, v.46, n.2, p.133-146, 2018.

FREEMAN, R. D. Corneal radius of curvature of the kitten and the cat. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.19, n.3, p. 306-308, 1980.

FREEMAN, R. D.; WONG, S.; ZEZULA, S. Optical development of the kitten cornea. **Vision Research**, v.18, n.4, p. 409–414, 1978.

GALERA, P. D.; LAUS, J. L.; ORIÁ, A. P. Afecções da túnica fibrosa. In: LAUS, J.L. **Oftalmologia clínica e cirúrgica em cães e gatos**. São Paulo: Roca LTDA, 2007. chap.4, p.69-96.

GARCIA, R. Paquimetria da Córnea. In: SANTHIAGO, M. R. **Cirurgia refrativa**. Rio de Janeiro: Cultura médica, 2017. cap. 11, p.60.

GILGER, B. C.; BENTLEY, E.; OLLIVIER, F. J. Diseases and surgery of the canine cornea and sclera. In: GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. 4.ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2007, chap. 15, p. 690-752.

GILGER, B. C.; DAVIDSON, M. G.; HOWARD, P. B. Keratometry, ultrasonic biometry, and prediction of intraocular lens power in the feline eye. **American Journal of Veterinary Research**, v. 59, n.2, p. 131-134, 1998.

GILGER, B. C.; WRIGHT, J. C.; WHITLEY, R. D; MCLAUGHLIN, S. A. Corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry in cats. **American Journal of Veterinary Research**, v. 54, n. 2, p. 228–230, 1993.

GIOVEDI FILHO, R.; ALVES, M. R. Anisometria. In: URAS, R. Óptica e refração ocular. Rio de Janeiro: Cultura Médica, São Paulo: CBO: CIBA Vision, 2000, p.67

GOMES, J. A. P.; ENDISS, D. Anatomia e Fisiologia dos Elementos Ópticos do Olho Humano. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 1, p. 3- 9.

GONÇALVES, G. F.; LEME, M. C.; ROMAGNOLLI, P.; EURIDES, D.; PIPPI, N. L. Biometria ultrassonográfica bidimensional em tempo real de bulbo ocular de gatos domésticos. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.3, p.829-834, 2009.

HASSELL, J.R.; CINTRON, C.; KUBLIN, C.; NEWSOME, D.A. Proteoglycan changes during restoration of transparency in corneal scars. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.222, n.2, p.362-369, 1983.

HERRERA, D. H. Afecções da córnea. In:____. **Oftalmologia clínica em animais de companhia**. Tradução Juan Pablo Duque Ortiz. 1ª ed., São Paulo: MedVet, 2008. p 111, a.

HERRERA, D. Oftalmologia do gato. In: **Oftalmologia clínica em animais de companhia**. 1ª ed. MedVet. 2008. p.237-263, b.

HERZOG NETO, G.; YAMANE, R. Visão, cor e luz. In: YAMANE, R. **Semiologia ocular**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Cultura médica. 2003. cap. 2, p.18.

HOMEM, V. L. G. S. Ceratometria. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Óptica, refração e visão subnormal**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 26, p.291-293.

JALBERT, I.; STAPLETON, F. The corneal stroma during contact lens wear. **Contact Lens & Anterior Eye**, v.28, n.1, p.3-12, 2005.

JUNIOR AMBRÓSIO, R.; PEREIRA, M. B. PEREIRA, C. Paquimetria Corneana. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Óptica, refração e visão subnormal**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 27, p.296-303.

KAFARNIK, C.; FRITSCH, J.; REESE, S. In vivo confocal microscopy in the normal corneas of cats, dogs and birds. **Veterinary Ophthalmology**, v.10, n.4, p.222-230, 2007.

KENCHEGOWDA, S., BAZAN, N.G., BAZAN, H.E.P. EGF stimulates lipoxin A4 synthesis and modulates repair in corneal epithelial cells through ERK and p38 activation. **Investigative Ophthalmology & Vision Science**, v.52, n.5, p.2240-2249, 2011.

LEE, A. C.; QAZI, M. A.; PEPOSE, J. S. Biometry and intraocular lens power calculation. **Current Opinion in Ophthalmology**, v.19, n.1, p. 13-17, 2008.

MAGGS J. D. Diagnostic Techniques. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2013. p. 95.

MILLER, P. E. Basic Structure and Function of the eye. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2013. p. 2-7.

MOODIE, K. L.; HASHIZUME, N.; HOUSTON, D. L.; HOOPEES, P. J.; DEMIDENKO, E.; TREMBLY, B. S.; DAVIDSON, M. G. Postnatal development of corneal curvature and thickness in the cat. **Veterinary Ophthalmology**, v.4, n.4, p. 267–272, 2001.

MULLER, L.J.; PELS, L.; VRENSSEN, G.F. Novel aspects of the ultrastructural organization of human corneal keratocytes. **Investigative Ophthalmology & Vision Science**, v.36, n.13, p.2557-2567, 1995.

NARFSTRÖM, K.; DECKMAN, K. H.; MENOTTI-RAYMOND, M. Cats: A Gold Mine for Ophthalmology. **Annual Review of Animal Biosciences**, v.1, p. 157–177, 2013.

NETTO, A. L. Emotropias e ametropias: testes objetivos e subjetivos. In: URAS, R. **Óptica e refração ocular**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, São Paulo: CBO: CIBA Vision, 2000, p.57

OFRI, R. Optics and physiology of vision. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 206 – 221. A

OFRI, R. Lens. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2013. p. 272. b

OFRI, R. Retina. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2013. p. 304-305. d

OFRI, R. Vitreous. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2013. p. 292. c

PARK, S. H.; CHOI, S. K.; LEE, D.; JUN, E. J.; KIM, J. H. Corneal thickness measurement using Orbscan, Pentacam, Galilei, and ultrasound in normal and post-femtosecond laser in situ keratomileusis eyes. **Cornea**, v.31, n.9, p. 978-982, 2012.

PASSOS, E. C.; ANDRADE-NETO, A. V.; LEMAIRE, T. Comportamento ótico do olho humano e suas ametropias. **Caderno de física da UEFS**, v. 6, n.1 e 2, p. 7-18, 2008

POLISUK, P. Topografia Corneana na Cirurgia Refrativa. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 72-80.

RANZANI, J. J. T.; MOBRICCI, L. A. L.; BRANDÃO, C. V. S.; CHIURCIU, J. L. V.; CREMONINI, D. N.; RODRIGUES, G. N. Espessura corneana mensurada pelo paquímetro ultra-sônico e pelo microscópio especular Topcon SP-2000P em gatos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.365-358, 2008.

RASHID, R. F.; FARHOOD, Q. K. Measurement of central corneal thickness by ultrasonic pachymeter and oculus pentacam in patients with well-controlled glaucoma: hospital-based comparative study. **Clinical Ophthalmology**, v.10, p. 359-364. 2016.

SADOUGH, M. M.; EINOLLAHI, B.; EINOLLAHI, N.; REZAEI, J.; ROSHANDEL, D.; FEIZI, S. Measurement of entral corneal thickness using ultrasound pachymetry and Orbscan II in normal eyes. **Journal of Ophthalmic & Vision Research**, v.10, n.1, p. 4–9, 2015.

SALOUTI, R.; NOWROOZZADEH, M. H.; ZAMANI, M.; FARD, A. H.; NIKNAM, S. Comparison of anterior and posterior elevation map measurements between 2 Scheimpflug imaging systems. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, v.35, n.5, p. 856-862, 2009.

SAMUELSON, D. E. Ophthalmic Anatomy. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 39-170.

SCHOSTER, J. V.; WICKMAN, L.; STUHR, C. The use of ultrasonic pachymetry and computer enhancement to illustrate the collective corneal thickness profile of 25 cats. **Veterinary & Comparative Ophthalmology**, v. 5, n. 2, p. 68–73, 1995.

SHIRAYAMA, M.; WANG, L.; WEIKERT, M. P.; KOCH, D. D. Comparison of Corneal Powers Obtained from 4 Different Devices. **American Journal of Ophthalmology**, v.148, n.4, p. 528-535, 2009.

SIMON, M. Afecções do trato uveal. In: HERRERA, D (Ed). **Oftalmologia clínica em animais de companhia**. 1^a ed. MedVet. 2008. p.173-174.

STILES, J. Feline oftalmology. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 1477-1559.

URSOLINO, M.; LUZ, A.; JUNIOR AMBROSIO, R. Paquimetria Ultra-Sônica. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 142-146.

WANG, L.; SHIRAYAMA, M.; KOCH, D. D. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, v.36, n.3, p. 425-430, 2010.

WANG, X.; DONG, J.; WU, Q. Comparison of anterior corneal curvature measurements using a Galilei Dual Scheimpflug analyzer and Topcon Auto Kerato-Refractometer. **Journal of Ophthalmology**, v. 2014, 5 pages, 2014.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, p.718, 1996.

CAPÍTULO 2

TOPOGRAFIA E TOMOGRAFIA DA CÓRNEA UTILIZANDO SISTEMA DUPLO SCHEIMPFUG E DISCOS DE PLÁCIDO EM GATOS

Trabalho a ser enviado para a revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

Link para o site que indica as normas de publicação da revista:

<http://www.scielo.br/revistas/abmvz/pinstruc.htm>

TOPOGRAFIA E TOMOGRAFIA DA CÓRNEA UTILIZANDO SISTEMA DUPLO SCHEIMPFLUG E DISCOS DE PLÁCIDO EM GATOS

*Corneal topography and tomography using dual Scheimpflug and placido disc
diagnostic system in cats*

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a topografia e tomografia corneal em felinos domésticos utilizando sistema de diagnóstico que combina dupla câmera de *Scheimpflug* e disco Plácido (Galilei). Foram analisadas as variáveis ceratometria anterior e posterior, poder total corneal e espessura em 32 bulbos dos olhos de gatos domésticos (n=16), sem raça definida, machos (10) e fêmeas (6) saudáveis ao exame clínico e oftalmológico. Após sedação, todos os felinos foram submetidos à avaliação pelo Galilei G4. Até o momento parte das variáveis obtidas neste estudo ainda não foi descrita na literatura em felinos, possibilitando enriquecimento da oftalmologia médica e veterinária e ampliando horizontes para mais estudos nesse campo. Na ceratometria anterior (SimK) verificou-se valores de $38,37 \pm 0,83D$, ceratometria posterior - $4,89 \pm 0,34D$ e poder corneal total médio $38,04 \pm 0,94D$. Com relação à espessura foi obtido valor médio central de $617,34 \pm 53,38 \mu m$. A realização do exame utilizando sistema de diagnóstico de duplo *Scheimpflug* e disco Plácido foi factível, sob sedação, e permitiu o estudo detalhado da córnea em gatos domésticos, com descrição de novas variáveis.

Palavras-chave: felinos, galilei, ceratometria, curvatura, paquimetria.

33

34

ABSTRACT

35 The aim of this study was to evaluate corneal topography and tomography in cats using
 36 a device that combines dual *Scheimpflug* cameras and a Placid disc (Galilei). It was
 37 analyzed anterior and posterior keratometry, total corneal power and pachymetry in 32
 38 eyes of cats (n=16), from any breed, male (10) and female (6), clinically and
 39 ophthalmologically healthy. They were sedated and evaluated using the Galilei G4. To
 40 the authors' knowledge, part of the variables obtained in this study have not been
 41 described in the literature in felines yet, enabling the enrichment of medical and
 42 veterinary ophthalmology and broadening horizons for further studies in this field.
 43 Concerning anterior keratometry (SimK), the value obtained was $38,37 \pm 0,83D$,
 44 posterior keratometry $-4,89 \pm 0,34D$ and total corneal power $38,04 \pm 0,94D$. Regarding
 45 the pachymetry, the mean CCT value obtained was $617,34 \pm 53,38 \mu m$. The use of dual
 46 *Scheimpflug* and Placid disc system was effective in domestic cats, under sedation, and
 47 enabled detailed study of the cornea of domestic cats and the description of new
 48 variables.

49

50

51 **Keywords:** felines, galilei, keratometry, curvature, pachymetry

52

53

54 INTRODUÇÃO

55 O Galilei G4 é um aparelho que analisa o segmento anterior do bulbo, por meio
 56 da associação de câmeras *Scheimpflug* duplas e um disco Plácido, combinando as
 57 funções de topógrafo e tomógrafo (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR AMBROSIO, 2008;
 58 SALOUTI et al., 2009; SHIRAYAMA, 2009). A primeira é conferida pelo sistema
 59 *Scheimpflug* e a de topógrafo, pelo disco de Plácido (ÁVILA; SALOMÃO; JUNIOR
 60 AMBROSIO, 2008).

61 O sistema realiza fotos das estruturas do segmento anterior e fornece variáveis
 62 como paquimetria, ceratometria, tamanho da pupila, profundidade da câmara anterior
 63 (SALOUTI et al., 2009; SHIRAYAMA, 2009; ANAYOL et al., 2014; WANG; DONG;
 64 WU, 2014). Ademais, o Galilei disponibiliza uma série de mapas, como de elevação
 65 posterior e anterior da córnea, de paquimetria e poder corneal (ÁVILA; SALOMÃO;

66 JUNIOR AMBROSIO, 2008; SALOUTI et al., 2009; DEMIR, 2013). Segundo
67 Crawford et al. (2013), o Galilei possui boa repetibilidade.

68 Os gatos apresentam destaque como animais de estimação e análises de mercado
69 apontam aumento do seu número em razão dos hábitos de vida da população (STILES,
70 2013). Ademais, possuem papel de destaque em estudos oftalmológicos comparativos,
71 devido a características em comum com os humanos, como as relacionadas à anatomia e
72 fisiologia do olho. Estudos a respeito da oftalmologia felina são relevantes, sendo que
73 os conhecimentos obtidos possibilitam não só um atendimento veterinário de qualidade,
74 mas também avanços no que diz respeito à área da oftalmologia humana (MOODIE et
75 al., 2001; NARFSTRÖM; DECKMAN; MENOTTI-RAYMOND, 2013).

76 Pelo conhecimento dos autores, na literatura não há trabalhos avaliando a
77 tomografia e topografia corneal em felinos utilizando o sistema de diagnóstico
78 *Scheimpflug* duplo associado a disco de Plácido, estimulando o desenvolvimento deste
79 estudo. E mesmo considerando os trabalhos realizados na oftalmologia médica, aponta-
80 se a necessidade de mais estudos envolvendo os aparelhos com este sistema (PARK et
81 al., 2012; CRAWFORD; PATEL; MCGHEE, 2013; ANAYOL et al., 2014).

82 Desta maneira, o objetivo deste estudo foi descrever valores de curvatura
83 anterior e posterior, poder, espessura e volume corneal em gatos domésticos (n=32
84 olhos), utilizando-se o sistema de diagnóstico *Scheimpflug* duplo associado a disco de
85 Plácido. Comparar os valores obtidos considerando a lateralidade dos olhos e o gênero,
86 a fim de observar se há influência por estes fatores.

87 A hipótese foi de que os valores obtidos seriam semelhantes aos encontrados na
88 literatura utilizando outros sistemas, além de descrever valores ainda não relatados para
89 a espécie. Ademais, esperava-se que os valores obtidos não apresentassem variações
90 considerando a lateralidade dos olhos e sexo, em decorrência da pouca variabilidade na
91 espécie.

92

93 **MATERIAL E MÉTODOS**

94 *Conformidades Éticas*

95 O trabalho foi aprovado junto ao Comitê de Ética da Faculdade de Medicina
96 Veterinária e Zootecnia – FMVZ, UNESP, Botucatu, processo 155/2017, e foram
97 seguidas as normas da ARVO (The Association for Research in Vision and
98 Ophthalmology). Os tutores dos animais foram informados acerca dos procedimentos

99 realizados e possíveis riscos, e assinaram termo de consentimento que autorizou a
100 participação dos animais no estudo.

101

102 *Animais e Critérios de seleção*

103 Foram avaliados 16 gatos (n=32 olhos), com idade superior a 18 meses e
104 inferior a 48 meses, sem raça definida, 10 machos e seis fêmeas, com média de peso de
105 4, 1kgs, constituindo-se um único grupo experimental e momento de avaliação. Todos
106 os animais foram submetidos ao exame oftalmológico prévio, utilizando-se
107 biomicroscópio com lâmpada de fenda (Kowa SL-15, Kowa Optimed Inc., Califórnia),
108 teste de Schirmer tipo I (Teste de Schirmer Ophthalmos, Ophthalmos Indústria e
109 Comércio de Produtos Farmacêuticos LTDA., Brasil.), teste de fluoresceína
110 (Fluoresceína Strips, Ophthalmos Indústria e Comércio de Produtos Farmacêuticos
111 LTDA., Brasil.) e tonometria de aplanção (Tono-Pen® XL Tonometer, Reichert
112 Technologies, USA).

113 Os animais foram considerados saudáveis após exame clínico e hemograma.
114 Descartou-se do experimento animais que apresentavam alterações oculares e clínicas
115 que poderiam interferir nos resultados.

116

117 *Sedação dos animais*

118 Os animais foram submetidos à sedação, objetivando o seu posicionamento, para
119 realização das aferições pelo aparelho. O protocolo utilizado foi meperidina na dose de
120 4,3mg/kg (Dolosal®, Cristália, Brasil) e xilazina (Xilazin®, Syntec, Brasil) 0,5mg/kg,
121 ambas por via intramuscular. Nos animais mais agitados foi associado acepromazina
122 (Aceproven®, Vencofarma, Brasil), na dose de 0,05mg/kg e cetamina (Ketalex®,
123 Vencofarma, Brasil), 2mg/kg, quando necessário.

124

125 *Avaliação dos animais*

126 As mensurações foram realizadas nas mesmas condições de iluminação do
127 ambiente e pelo mesmo operador. Não foi instilado fármaco a fim de se obter midríase,
128 apenas colírio lubrificante para facilitar as mensurações, quando necessário.

129 Os animais foram posicionados em frente ao equipamento Galilei G4 (Galilei G4
130 Lens Profissional TM – Ziemer Ophthalmics System AG, Suíça.), um auxiliar sustentou
131 o animal e outro expôs o bulbo para facilitar a mensuração do aparelho. O operador
132 alinhou o equipamento, utilizando o dispositivo de *joystick*, considerando o centro da

133 pupila, e selecionou o modo G4, responsável pela execução das mensurações propostas.
134 Uma varredura, com duração aproximada de dois segundos, foi então automaticamente
135 realizada. O procedimento foi repetido no olho contralateral de cada animal.

136 Adotaram-se exames com valor de qualidade geral acima de 60%, fornecida
137 automaticamente pelo aparelho, a qual indica os parâmetros compensação de
138 movimento, Plácido, *Scheimpflug* e distância de movimento.

139

140 *Variáveis*

141 Foram analisadas as seguintes variáveis calculadas pelo software Galilei G4
142 (versão 6.3.1)

143

144 *Curvatura Anterior (CA)*

145 Considerando a curvatura axial anterior da córnea foram mensurados a
146 ceratometria simulada central (SimK), meridiano plano (SimKf /*Flat SimK*), meridiano
147 curvo (SimKs /*Steep SimK*), ceratometria máxima (Kmax) e ceratometria na zona
148 central (CAC/ 0–4 mm), paracentral (CAM/4–7 mm) e periférica (CAP/7 –10 mm/),
149 seguindo padronização do aparelho. Ademais, foi fornecido excentricidade e^2 (-Q).

150 *Curvatura posterior (CP)*

151 Na curvatura axial posterior da córnea a Ceratometria central posterior (Kmean),
152 utilizando o índice de refração real, o eixo plano (Kf/ *FlatK*) e o eixo curvo (Ks/
153 *SteepK*) foram calculados.

154 *Ceratometria Total (TCP)*

155 Calculado por *Ray Traced*, e utilizando os dados reais da paquimetria e o índice
156 real de refração da córnea, foram analisados o TCP médio (TCPmean), no meridiano
157 plano (TCPf), no meridiano curvo (TCPs) e TCP nas zonas central (TCPC), paracentral
158 (TCPM) e periférica (TCPP).

159

160

161 *Astigmatismo Corneal*

162 Foram mensurados o astigmatismo na curvatura anterior (AstigCA), curvatura
163 posterior CP (AstigCP) e no TCP (AstigTCP).

164 *Espessura Corneal*

165 Referente à espessura corneal, foram analisadas as variáveis de espessura média
166 central (CCT); espessura do ponto mais fino (EPF); e das zonas central (PC/0–4 mm),
167 paracentral (PM/4-7 mm) e periférica (PP/7–10 mm). Ademais, foi mensurado o volume
168 corneal.

169

170 **Análise Estatística**

171 Foram realizados os testes Teste t Student na comparação entre olhos direito e
172 esquerdo para amostras pareadas e o Teste não paramétrico de Wilcoxon, (Zar, 2009).

173 Com relação ao gênero, foram realizados os testes Teste t Student para amostras
174 independentes e Teste não paramétrico de Mann-Whitney. O nível de significância
175 adotado foi $p < 0,05$ (Zar, 2009).

176 A análise descritiva das variáveis foram feitas utilizando-se a média, desvio
177 padrão, mediana e valores máximo e mínimo das variáveis.

178

179 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

180 Na avaliação comparativa entre olho direito e esquerdo, bem como considerando
181 machos e fêmeas, não foi observada diferença estatística. Isto posto, as variáveis foram
182 analisadas considerando um único grupo amostral, composto por 32 olhos.

183 O protocolo escolhido para sedação foi xilazina e meperidina. O temperamento
184 dos animais utilizados variou e com isso, foi necessário adequar a sedação no caso de
185 animais mais ariscos. Em nove animais foi necessária a associação da acepromazina e
186 em quatro, de cetamina. Considerando o número de animais nos quais foi necessária a
187 aplicação destes fármacos, sugere-se a utilização de um protocolo composto por
188 xilazina, meperidina e acepromazina, e a associação de cetamina quando necessária,
189 visando maior homogeneidade.

Os valores médios e medianas das 37 variáveis analisadas estão apresentadas nas tabelas 1 a 5.

Tabela1. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis ceratométricas anteriores e excentricidade de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Variável	Média e desvio padrão	Valor Mínimo	Mediana	Valor Máximo
SimK (D)	38,37±0,83	36,38	38,58	39,74
SimKf (D)	37,97±0,93	35,50	38,11	39,44
SimKs (D)	38,75±0,83	37,20	38,86	40,32
R (mm)	8,80±0,19	8,49	8,75	9,28
R1(mm)	8,90±0,22	8,56	8,86	9,51
R2 (mm)	8,71±0,19	8,37	8,69	9,07
CAC (D)	38,32±0,88	36,17	38,58	39,69
CAC (mm)	8,81±0,21	8,50	8,75	9,33
CAM (D)	38,08±0,64	36,19	38,16	39,47
CAM (mm)	8,87±0,15	8,55	8,85	9,33
CAP (D)	37,30±0,71	35,58	37,33	38,84
CAP (mm)	9,05±0,17	8,69	9,04	9,49
Kmax (D)	39,97±1,51	37,84	39,74	46,90
Kmax (mm)	8,45±0,29	7,20	8,50	8,92
e² (-Q)	0,09±0,66	-2,13	0,26	0,89

* (SimK) ceratometria simulada central, (SimKf) meridiano plano, (SimKs) meridiano curvo; ceratometria máxima (Kmax) e (CAC) ceratometria na zona central, (CAM) paracentral e (CAP) periférica e excentricidade (e²)

Tabela 2. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis ceratométricas posteriores de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Variável	Média e desvio padrão	Valor Mínimo	Mediana	Valor Máximo
Kmean (D)	-4,89±0,34	-5,40	-4,96	-3,36
Kf (D)	-4,64±0,69	-4,85	-5,19	-1,5
Ks (D)	-5,14±0,32	-6,22	-5,12	-4,74
R (mm)	8,23±0,74	7,41	8,07	11,90
R1 (mm)	9,08±3,32	7,71	8,25	26,68
R2 (mm)	7,80±0,45	6,43	7,80	8,44

* (Kmean) Ceratometria central posterior e (Kf) ceratometria eixo plano, (Ks) ceratometria eixo curvo.

Tabela 3. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo das variáveis relacionadas à Ceratometria total de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Variável	Média e desvio padrão	Valor Mínimo	Mediana	Valor Máximo
TCPmédio (D)	38,04±0,94	35,07	38,16	39,45
TCPf (D)	37,45±1,26	33,28	37,78	39,17
TCPs (D)	38,63±0,90	36,86	38,51	40,34
Central (D)	38,00±0,94	35,34	38,16	39,37
Paracentral(D)	38,49±0,70	36,48	38,58	39,95
Periférica (D)	39,01±0,93	36,94	39,22	40,72

* Poder ceratométrico total (TCP) médio (TCPmean), no meridiano plano (TCPf), no meridiano curvo (TCPs) ; TCP nas zonas central (TCPC), paracentral (TCPCP) e periférica (TCPP).

Tabela 4. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo do astigmatismo de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Variável	Média e desvio padrão	Valor Mínimo	Mediana	Valor Máximo
AstigCA (D)	0,80±0,56	0,14	0,63	2,53
AstigCP (D)	-0,50±0,83	-3,72	-0,19	-0,04
AstigTCP (D)	1,18±1,14	0,31	0,82	5,67

astig.- astigmatismo; CA- curvatura anterior, CP- curvatura posterior, Poder ceratométrico total (TCP).

Tabela 5. Média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo da espessura e volume corneal de 32 olhos de gatos domésticos adultos

Variável	Média e desvio padrão	Valor Mínimo	Mediana	Valor Máximo
Ponto mais fino (µm)	583,74±60,60	358,00	587,00	684,00
Central (µm)	618,63±52,14	458,00	621,50	700,00
Paracentral(µm)	627,78±56,99	515,00	627,00	824,00
Periférico (µm)	636,39±52,83	551,00	637,00	777,00
CCT (µm)	617,34±53,38	441,00	621,50	700,00
Corneal vol. (mm³)	32,68±3,05	26,80	32,60	43,30

* (CCT)espessura média central; (vol.) volume.

Neste estudo foram utilizados gatos adultos, acima de 18 meses. De acordo com a literatura consultada, a córnea dos felinos sofre um período de maturação que se estende até aproximadamente 18 meses após o nascimento, sendo verificada estabilidade das propriedades ópticas ou refrativas da córnea felina após este período (FREEMAN; WONG; ZEZULA, 1978; FREEMAN, 1980; MOODIE et al., 2001). Optou-se, portanto, por utilizar animais com córnea já estabilizada.

Os gatos, pela conformação de crânio, apresentaram maior facilidade para a avaliação pelo galilei. Para a realização do exame, é necessário que o animal seja posicionado com a face próxima ao aparelho. No caso de animais que possuem nariz longo, cães mesocefálicos ou dolicocefálicos, dificultaria o posicionamento adequado, e comprometeria os resultados. Neste experimento, foram utilizados gatos sem raça definida, cuja conformação anatômica facial não afetou a realização do estudo.

Com relação à ceratometria, parte das variáveis obtidas não foi encontrada em outros trabalhos na literatura consultada, como ceratometria da curvatura anterior nas zonas da córnea, ceratometria posterior, poder corneal total, ceratometria máxima, e excentricidade.

Com relação à curvatura anterior, o valor obtido de SimK foi $38,37 \pm 0,83D$ ($8,8 \pm 0,19mm$), sendo SimKf $37,97 \pm 0,93 D$ e SimKs $38,75 \pm 0,83$, o que corrobora aos

valores de SimK descritos na literatura de 39,35D (8,58mm) (FREEMAN, 1980), 38,72D (KIRBY et al., 1982), 38.93 D (GILGER et al., 1998), 39D (MOODIE et al., 2001), utilizando um ceratômetro tradicional.

Por fotoceratoscopia, Carrington (1984) obteve Ks 9,06 mm e Kf 9,2 mm e astig 0,61D. Valores próximos aos descritos nesse trabalho, R1 $8,9 \pm 0,22\text{mm}$, R2 $8,71 \pm 0,19\text{mm}$ e astigmatismo médio de 0,80D e mediana 0,63D.

Já utilizando OCT, estudos descreveram valores de raio de curvatura epitélio $8,96 \pm 0,2\text{ mm}$, epitélio estroma $8,9 \pm 0,8\text{ mm}$, estroma endotélio $8,1 \pm 0,4\text{mm}$ (NAGY et al., 2007) e epitélio $8,5 \pm 0,2\text{ mm}$, epitélio estroma $8,4 \pm 0,2\text{ mm}$, estroma endotélio $7,6 \pm 0,2\text{ mm}$ (SAVAGE et al., 2014). O valor da curvatura estroma endotélio fornecida pelo OCT se assemelha ao valor R da curvatura posterior obtido nesse estudo, $8,23 \pm 0,74\text{mm}$ e os valores da curvatura epitélio se assemelham ao SimK.

Com relação à paquimetria, há uma série de técnicas que possibilitam a aferição da espessura corneal, tais como biomicroscopia e paquimetria ultrassônicas, paquimetria óptica, microscopia especular ou confocal, topografia e tomografia corneais (GARCIA, 2017). Na oftalmologia médica, o padrão ouro para aferição da espessura corneal é a paquimetria ultrassônica, embora esta forneça apenas a espessura de um ponto da córnea, normalmente a espessura corneal central (CCT) (URSOLINO; LUZ; JUNIOR AMBROSIO, 2008).

Valores médios de CCT descritos em gatos são $569 \pm 36\mu\text{m}$, (CHAN-LING; EFRON; HOLDEN, 1985), $578 \pm 64\mu\text{m}$ (GILGER et al., 1993), $546 \pm 48\mu\text{m}$ (SCHOSTER et al., 1995), $606 \pm 77\mu\text{m}$ (BRUNETTE et al., 2011), e olho direito (OD) de $515 \pm 73\mu\text{m}$ e olho esquerdo (OE) de $523 \pm 68\mu\text{m}$, analisando quanto à lateralidade dos olhos (RANZANI et al., 2008). Todos por paquimetria ultrassônica. No presente estudo, foi obtido valor médio de CCT de $617,34 \pm 53,38\mu\text{m}$, embora esteja dentro dos intervalos relatados, o limite superior foi discretamente maior do que os valores descritos na literatura.

Algumas limitações descritas com relação à paquimetria ultrassônica são necessidade de anestésica tópica, contato da probe com o olho, aferição de um único ponto da córnea, e influência da experiência do operador, estes motivaram estudos envolvendo outros métodos menos invasivos, como o Galilei (URSOLINO; LUZ; JUNIOR AMBROSIO, 2008; RASHID; FARHOOD, 2016).

Park et al. (2012), ao comparar em humanos a CCT aferida pelo Galilei e por paquimetria ultrassônica, observaram que, apesar de não haver diferença estatística

entre os métodos, o Galilei fornecia valores de espessura central mais espessos, ressaltando a necessidade de mais estudos comparativos e utilizando métodos mais desenvolvidos, similar ao observado neste estudo, no limite superior especialmente.

Com o aparelho Pentacam-HR, sistema que utiliza uma única câmera Scheimplug, foram relatados valores de espessura corneal em felinos de $608,25 \pm 47,26$ μm no centro da pupila e $606,41 \pm 44,18$ μm no ápice corneal (CLEYMAET; HESS; FREEMAN, 2016), similar ao obtido neste trabalho com o Galilei. Na oftalmologia médica, Park et al. (2012) observaram correlação entre os dados fornecidos pelos dois métodos, apesar de o Galilei fornecer espessura discretamente maior. Já Anayol et al. (2014) detectaram diferença estatística entre os valores de CCT aferidos pelo Galilei e pelo Pentacam, descreveram que o Galilei superestimava este valor.

Contudo, pelo desenvolvimento relativamente recente dos aparelhos, ainda não foi estabelecido um padrão ouro para as aferições tomográficas corneais mesmo na oftalmologia médica (SALOUTI et al., 2009; CRAWFORD; PATEL; MCGHEE, 2013; ANAYOL et al., 2014). Ressaltando novamente o desenvolvimento de estudos para determinar qual dos aparelhos fornece dados mais fidedignos.

Com relação aos outros métodos disponíveis para paquimetria, utilizando a biomicroscopia ultrassônica, a espessura corneal descrita foi de 567 ± 12 μm (MOODIE et al., 2001). Pelo método da microscopia confocal, os valores apresentados da espessura corneal foram de 592 ± 80 μm (KAFARNIK; FRITSCHKE; REESE, 2007), por meio da microscopia especular de 510 ± 85 μm em OD e 504 ± 83 μm em OE (RANZANI et al., 2008). Estudos utilizando a paquimetria óptica descreveram valores de 755 ± 33 μm (CARRINGTON; WOODWARD, 1986). Com a Tomografia de Coerência Óptica (OCT), os valores centrais da espessura corneal descritos foram de 575 ± 53 μm (NAGY et al., 2007), $629,08 \pm 47,05$ μm (ALARIO; PIRIE, 2013), 600 μm (FAMOSE, 2014) e $584,93 \pm 39,05$ μm (CLEYMAET; HESS; FREEMAN, 2016).

No presente estudo, também foram obtidos outros valores de paquimetria, além da CCT: paquimetria no ponto mais fino $583,74 \pm 60,60$ μm , na região central $618,63 \pm 52,14$ μm , na região paracentral $627,78 \pm 56,99$ μm e na região periférica $636,39 \pm 52,83$ μm . Além do volume corneal $32,68 \pm 3,05$ mm^3 . Na literatura consultada, não foram encontrados tais dados descritos em gatos domésticos.

Os gatos apresentam uma variação em sua espessura corneal ao longo do dia. Isto se deve a uma edemaciação que ocorre na córnea durante o sono, por ser um período em que as pálpebras permanecem fechadas (CHAN-LING; EFRON; HOLDEN,

1985). Os animais utilizados neste estudo não tiveram essa interferência do sono em razão do tempo em que ficaram sob manipulação e em ambiente desconhecido.

Com relação à profundidade da câmara anterior (ACD), esta não pode ser aferida pelo aparelho utilizado. Segundo as especificações técnicas do aparelho, este pode aferir ACD de 1.5-6.5 mm, e de acordo com a literatura, o valor médio descrito em gatos está dentro deste intervalo, conforme apresentado abaixo. Nos gatos domésticos, o valor médio de ACD descrito foi de 5.07 +/- 0.36 mm (GILGER et al., 1993). BARALDI et al. (2012) relataram valor médio de ACD de $4,20 \pm 0,48$ mm por meio de ultrassom em modo-A. Nos felinos a proporção entre a câmara anterior e o bulbo é maior do que nos humanos (BARALDI et al., 2012; DONG et al., 2018); tais variabilidades podem ter interferido no processo.

Com relação à excentricidade, esta tem relação com o formato da córnea. A superfície de uma córnea normal pode variar entre um formato esférico ($e^2=0$) ou ser mais curva no centro e mais plana na periferia ($1>e^2>0$). Sendo o valor médio em humanos $e^2 = 0,2 \pm 0,16$ (ARCE, 2010). Não foram encontrados trabalhos em gatos descrevendo esta variável. No presente estudo, foi encontrado um valor de mediana de 0,26, valor similar ao descrito em humanos, e média de $0,09 \pm 0,66$.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, a realização do exame utilizando sistema de diagnóstico de duplo *Scheimpflug* e disco Plácido foi factível, sob sedação, e permitiu estudo detalhado da córnea em gatos domésticos, com descrição de novas variáveis. Não houve diferença entre as variáveis estudadas considerando a lateralidade dos olhos e sexos dos animais. Com relação aos valores já descritos na literatura por outros aparelhos, foram observados valores similares, com exceção da paquimetria, sendo a espessura central discretamente superior ao relatado utilizando paquimetria ultrassônica.

REFERENCIAS

ANAYOL, M. A.; GÜLER, E.; YAGCI, R.; SEKEROGLU, M. A.; YLMAZOGLU, M.; TRHS, H.; KULAK, A. E.; YLMAZBAS, P. Comparison of central corneal thickness, thinnest corneal thickness, anterior chamber depth, and simulated keratometry using galilei, Pentacam, and Sirius devices. **Cornea**, v.33, n.6, p. 582-586, 2014.

- 344 ARCE, C. G. Corneal shape and HOAS may be used to distinguish cornea with
345 keratoconus. In: **ESCRS**, 2010, Paris, France.
- 346
- 347 ARCE, C. G.; FRANCESCONI, C. M. Topografia da Córnea por Varredura de Fenda
348 de Luz – Orbscan I, II e IIZ. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de
349 Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de
350 Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 81-99.
- 351
- 352 ÁVILA, M.; SALOMÃO, M.; JUNIOR AMBROSIO, S. Tomografia da Córnea e do
353 Segmento Anterior. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia
354 (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura
355 Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 99-106.
- 356
- 357 BARALDI, T. G.; MAMPRIM, M. J.; BRANDÃO, C. V. S.; SARTOR, R.; PERCHES,
358 C. S.; ACKERMANN, C. L. Biometria ultrassonográfica modo-A e modo-B do globo
359 ocular de gatos domésticos. **Veterinária e Zootecnia**, v.19, n.1, p.20-23, 2012.
- 360
- 361 BRUNETT, I.; ROSOLEN, S. G.; CARRIER, M.; et al. Comparison of the pig and
362 feline models for full thickness corneal transplantation. **Veterinary Ophthalmology**,
363 v.14, n.4, p.365-377, 2011.
- 364
- 365 CARRINGTON, S. D.; WOODWARD, E. G. The topography of the anterior surface of
366 the cat's cornea. **Current Eye Research**, v.3, n.6, p.823-826. 1986.
- 367
- 368 CHAN-LING, T.; EFRON, N.; HOLDEN, B. A. Diurnal variation of corneal thickness
369 in the cat. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v.26, p.102-105, 1985.
- 370
- 371 CLEYMAET, A. M.; HESS, A. M.; FREEMAN, K. S. Comparison between Pentacam-
372 HR and optical coherence tomography central corneal thickness measurements in
373 healthy feline eyes. **Veterinary Ophthalmology**, v.19, p.105-114, 2016.
- 374
- 375 CRAWFORD, A. Z.; PATEL, D. V.; MCGHEE, C. N. Comparison and repeatability of
376 keratometric and corneal power measurements obtained by Orbscan II, Pentacam, and

- Galilei corneal tomography systems. **American Journal of Ophthalmology**, v.156, n.1, p. 53-60, 2013.
- DEMIR, S.; ORTAK, H.; YETER, V.; ALIM, S.; SAYN, O.; TAS, U.; SÖNMEZ, B. Mapping corneal thickness using dual-Scheimpflug imaging at different stages of keratoconus. **Cornea**, v.32, n.11, p. 1470-1474, 2013.
- DINIZ, C. H.; DINIZ, E. R. Exame Oftalmológico Aplicado à Seleção de Candidatos. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 6, p. 57-64.
- FAMOSE, F. Assessment of the use of spectral domain optical coherence tomography (SD-OCT) for evaluation of the healthy and pathological cornea in dogs and cats. **Veterinary Ophthalmology**, v.17, n.1, p.12-22, 2014.
- FREEMAN, R. D. Corneal radius of curvature of the kitten and the cat. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.19, n.3, p. 306-308, 1980.
- FREEMAN, R. D.; WONG, S.; ZEZULA, S. Optical development of the kitten cornea. **Vision Research**, v.18, n.4, p. 409–414, 1978.
- GARCIA, R. Paquimetria da Córnea. In: SANTHIAGO, M. R. **Cirurgia refrativa**. Rio de Janeiro: Cultura médica, 2017. cap. 11, p.60.
- GILGER, B. C.; DAVIDSON, M. G.; HOWARD, P. B. Keratometry, ultrasonic biometry, and prediction of intraocular lens power in the feline eye. **American Journal of Veterinary Research**, v. 59, n.2, p. 131-134, 1998.
- GILGER, B. C.; WRIGHT, J. C.; WHITLEY, R. D; MCLAUGHLIN, S. A. Corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry in cats. **American Journal of Veterinary Research**, v. 54, n. 2, p. 228–230, 1993.

- 409 KAFARNIK, C.; FRITSCH, J.; REESE, S. In vivo confocal microscopy in the normal
 410 corneas of cats, dogs and birds. **Veterinary Ophthalmology**, v.10, n.4, p.222-230,
 411 2007.
- 412
- 413 KIRBY, A. W.; SUTTON, L.; WEISS, H. Elongation of cat eyes following neonatal lid.
 414 **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v.22, n.2, p.274-277,1982.
- 415
- 416 LEE, A. C.; QAZI, M. A.; PEPOSE, J. S. Biometry and intraocular lens power
 417 calculation. **Current Opinion in Ophthalmology**, v.19, n.1, p. 13-17, 2008.
- 418
- 419 MOODIE, K. L.; HASHIZUME, N.; HOUSTON, D. L.; HOOPES, P. J.;
 420 DEMIDENKO, E.; TREMBLY, B. S.; DAVIDSON, M. G. Postnatal development of
 421 corneal curvature and thickness in the cat. **Veterinary Ophthalmology**, v.4, n.4, p.
 422 267–272, 2001.
- 423
- 424 NAGY, L. J.; MACRAE, S.; YOON, G.; et al. Photorefractive keratectomy in the cat
 425 eye: Biological and optical outcomes. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**,
 426 v.33, p. 1051-1064. 2007.
- 427
- 428 NARFSTRÖM, K.; DECKMAN, K. H.; MENOTTI-RAYMOND, M. Cats: A Gold
 429 Mine for Ophthalmology. **Annual Review of Animal Biosciences**, v.1, p. 157–177,
 430 2013.
- 431
- 432 PARK, S. H.; CHOI, S. K.; LEE, D.; JUN, E. J.; KIM, J. H. Corneal thickness
 433 measurement using Orbscan, Pentacam, Galilei, and ultrasound in normal and post-
 434 femtosecond laser in situ keratomileusis eyes. **Cornea**, v.31, n.9, p. 978-982, 2012.
- 435
- 436 POLISUK, P. Topografia Corneana na Cirurgia Refrativa. Exames Complementares. In:
 437 Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia
 438 Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 72-80.
- 439
- 440 RANZANI, J. J. T.; MOBRICCI, L. A. L.; BRANDÃO, C. V. S.; CHIURCIU, J. L. V.;
 441 CREMONINI, D. N.; RODRIGUES, G. N. Espessura corneana mensurada pelo

- 442 paquímetro ultra-sônico e pelo microscópio especular Topcon SP-2000P em gatos.
 443 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.365-358, 2008.
 444
- 445 RASHID, R. F.; FARHOOD, Q. K. Measurement of central corneal thickness by
 446 ultrasonic pachymeter and oculus pentacam in patients with well-controlled glaucoma:
 447 hospital-based comparative study. **Clinical Ophthalmology**, v.10, p. 359-364. 2016.
 448
- 449 SALOUTI, R.; NOWROOZZADEH, M. H.; ZAMANI, M.; FARD, A. H.; NIKNAM,
 450 S. Comparison of anterior and posterior elevation map measurements between 2
 451 Scheimpflug imaging systems. **Journal of Cataract and Refractive Surgery**, v.35,
 452 n.5, p. 856-862, 2009.
 453
- 454 SAVAGE, D. E.; BROOKS, D. R.; DEMAGISTRIS, M.; et al. First demonstration of
 455 ocular refractive change using Blue-IRIS in live cats. **Investigative Ophthalmology**
 456 **and Visual Science**, v.55, n. 7, p.4603-4612. 2014
 457
- 458 SCHOSTER, J. V.; WICKMAN, L.; STUHR, C. The use of ultrasonic pachymetry and
 459 computer enhancement to illustrate the collective corneal thickness profile of 25 cats.
 460 **Veterinary & Comparative Ophthalmology**, v.5, n. 2, p. 68–73, 1995.
 461
- 462 SHIRAYAMA, M.; WANG, L.; WEIKERT, M. P.; KOCH, D. D. Comparison of
 463 Corneal Powers Obtained from 4 Different Devices. **American Journal of**
 464 **Ophthalmology**, v.148, n.4, p. 528-535, 2009.
 465
- 466 STILES, J. Feline oftalmology. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J.
 467 (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5ª ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 1477-1559.
 468 suture. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v.22, n.2, p.274-277, 1982.
 469
- 470 URSOLINO, M.; LUZ, A.; JUNIOR AMBROSIO, R. Paquimetria Ultra-Sônica.
 471 Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia**
 472 **Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara
 473 Koogan, 2008. cap. 7, p. 142-146.
 474

475 WANG, X.; DONG, J.; WU, Q. Comparison of Anterior Corneal Curvature
476 Measurements Using a Galilei Dual Scheimpflug Analyzer and Topcon Auto Kerato-
477 Refractometer. **Journal of Ophthalmology**, v. 2014, 5 pages, 2014.

478

479 ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, p.718, 1996.

480