



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
FACULDADE DE MEDICINA (FM)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE (PPGCS)

LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS SALGADO

**COMPARAÇÃO DE DOIS APARELHOS DE BIOMETRIA
ÓPTICA NO CÁLCULO DA LENTE INTRAOCULAR EM
PACIENTES COM CERATOCONE**

**GOIÂNIA
2025**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE MEDICINA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Larissa Fernanda Queiroz Elias Salgado

3. Título do trabalho

COMPARAÇÃO DE DOIS APARELHOS DE BIOMETRIA ÓPTICA NO CÁLCULO DA LENTE
INTRAOCULAR EM PACIENTES COM CERATOCONE

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Rassi Fernandes, Professor do Magistério Superior**, em 30/10/2024, às 19:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Larissa Fernanda Queiroz Elias Salgado**, **Usuário Externo**, em 06/11/2024, às 22:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4934338** e o código CRC **1EDD2C9B**.

Referência: Processo nº 23070.037204/2024-53

SEI nº 4934338

LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS SALGADO

**COMPARAÇÃO DE DOIS APARELHOS DE BIOMETRIA
ÓPTICA NO CÁLCULO DA LENTE INTRAOCULAR EM
PACIENTES COM CERATOCONE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para a obtenção do título de Mestra em Ciências da Saúde.

Área de concentração: Patologia, Clínica e Tratamento das Doenças Humanas

Linha de pesquisa: Aspectos Clínicos e Laboratoriais das Doenças Transmissíveis e Não Transmissíveis

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rassi Fernandes

GOIÂNIA

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

SALGADO, LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS
COMPARAÇÃO DE DOIS APARELHOS DE BIOMETRIA ÓPTICA
NO CÁLCULO DA LENTE INTRAOCULAR EM PACIENTES COM
CERATOCONE [manuscrito] / LARISSA FERNANDA QUEIROZ
ELIAS SALGADO. - 2025.
LXX, 70 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rassi Fernandes Fernandes; co orientador Dr. Francisco Wellington Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Medicina (FM), Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Goiânia, 2025.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Biometria óptica. 2. Ceratocone. 3. Lente Intraocular. I. Fernandes, Marcos Rassi Fernandes, orient. II. Título.

CDU 61



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE MEDICINA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 43/2024 da sessão de Defesa de Dissertação de **Larissa Fernanda Queiroz Elias Salgado**, que confere o título de Mestra em **Ciências da Saúde**, na área de concentração em **Patologia, Clínica e Tratamento das Doenças Humanas**.

Aos **vinte e nove dias do mês de agosto de dois mil e vinte e quatro**, a partir das **09:00h**, Sala do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da **Faculdade de Medicina**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Análise da biometria óptica no cálculo da lente intraocular em pacientes com ceratocone**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Marcos Rassi Fernandes (PPGCS/FM/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Luísa Salles de Moura Mendonça (UNIFESP)** e **Larissa Rossana Souza Stival (CEROF/UFG)**. Durante a arguição os membros da banca **fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Marcos Rassi Fernandes**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

COMPARAÇÃO DE DOIS APARELHOS DE BIOMETRIA ÓPTICA NO CÁLCULO DALENTE
INTRAOCULAR EM PACIENTES COM CERATOCONE



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Rassi Fernandes, Professor do Magistério Superior**, em 30/10/2024, às 19:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luisa Salles de Moura Mendonca, Usuário Externo**, em 12/11/2024, às 23:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Larissa Rossana Souza Stival, Usuário Externo**, em 18/11/2024, às 22:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4934281** e o código CRC **44B8EDC8**.

**Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade
Federal de Goiás**

**BANCA EXAMINADORA DA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aluna: Larissa Fernanda Queiroz Elias Salgado

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rassi Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Wellington Rodrigues

Membros:

1. Prof. Dr. Marcos Rassi Fernandes

2. Prof. Dra. Larissa Rossana Souza Stival

3. Prof. Dra. Luísa Salles de Moura Mendonça

4. Prof. Dra. Tainara Sardeiro de Santana (suplente)

Data: 29/08/2024 às 9h

Aos meus pais, Sidemar e Vera, por me possibilitarem o acesso aos estudos e me mostrarem o quão valioso são e que ninguém é capaz de nos tirar; ao meu marido, Leonardo, pela paciência e compreensão em todos os momentos de dedicação, e aos meus filhos, Mateus e Geovana, por serem minha inspiração e motivação diária em todo o processo de construção desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me guiar e me permitir concluir mais uma etapa da minha vida profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Rassi Fernandes, por ter abraçado a minha causa desde o início e ter me acolhido como sua aluna de pós-graduação mesmo sendo de outra especialidade. Obrigada por todos os ensinamentos neste processo do Mestrado, e por me conduzir com maestria, enfatizando sempre a ética da ciência baseada em evidências.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Francisco Wellington Rodrigues, por acreditar que esse projeto seria possível e me guiar na construção desta dissertação. Com certeza você foi um instrumento de Deus em minha vida e serei eternamente grata a ti.

Ao Centro de Referência em Oftalmologia (CEROF), local que tenho orgulho em fazer parte há 10 anos, desde minha residência médica, que me inseriu no universo particular da Oftalmologia, e que tenho profunda gratidão por todos os conhecimentos adquiridos, e me permitiu fazer a captação dos pacientes para a realização deste estudo.

Ao Hospital VER e à toda sua equipe, por me proporcionarem a realização dos exames de alta qualidade, sem custo, em um ambiente acolhedor, organizado e com eficiência ímpar.

A todos os pacientes participantes que possibilitaram que um sonho se tornasse realidade, sem vocês esse trabalho não aconteceria, vocês foram fundamentais. Obrigada pela disposição e confiança.

SUMÁRIO

TABELAS, FIGURAS E ANEXOS	ix
SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Ceratocone	19
2.1.1 Definição e epidemiologia	19
2.1.2 Diagnóstico clínico	19
2.1.3 Diagnóstico tomográfico	20
2.1.4 Classificação	24
2.1.5 Tratamento	26
2.2 Biometria óptica	29
3 OBJETIVOS	34
3.1 Objetivo Geral	34
3.2 Objetivo Específico	34
4 MÉTODOS	35
4.1 Desenho e local do estudo	35
4.2 Amostragem	35
4.3 Critérios de Elegibilidade	35
4.3.1 Critérios de Inclusão	35
4.3.2 Critérios de Exclusão	36
4.4 Coleta de Dados	37
4.5 Aparelhos Utilizados	37
4.5.1 IOL Master 700	37
4.5.2 Lenstar LS 900	38
4.6 Variáveis Independentes	39
4.7 Desfecho	39
4.8 Análise de Dados	39
4.9 Aspectos Éticos	40
5 RESULTADOS	41

6 DISCUSSÃO	48
7 CONCLUSÕES	55
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	62
Anexo A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	62
Apêndice A – TCLE	67

TABELAS, FIGURAS E ANEXOS

Tabela 1: Caracterização do perfil demográfico dos pacientes.	41
Tabela 2: Quantificação dos pacientes segundo os critérios ABCD - Belin..	42
Tabela 3: Estatísticas descritivas dos resultados no IOL e LENS .	42
Tabela 4: Correlação de Pearson entre os parâmetros medidos pelo IOL e LENS.	43
Tabela 5: Estatísticas descritivas dos resultados no IOL e LENS pelo teste t pareado	45
Tabela 6: Resultado da análise de Regressão Linear simples entre as medidas de variação da LIO em função de K1, K2, ASTIG, AL e ACD.	47
Tabela 7: Resultado da análise de Regressão Linear múltipla entre as medidas de variação da LIO em função de K1, K2, ASTIG e AL.....	47
Figura 1: Aparelho Pentacam HR.	22
Figura 2: Exemplo de um resultado do exame PENTACAM OD.	23
Figura 3: Exemplo de um resultado do exame PENTACAM OE.	23
Figura 4: Aparelho IOL Master 700.	31
Figura 5: Exemplo de um resultado do exame IOL Master 700	31
Figura 6: Aparelho Lenstar LS 900.	32
Figura 7: Exemplo de um resultado do exame Lenstar LS 900	33
Figura 8: Gráfico de dispersão demonstrando a correlação de Pearson entre o IOL master e o Lenstar.	44
Figura 9: Gráfico de Bland-Altman entre o IOL master e o Lenstar.....	46
Anexo A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	62
Apêndice A: TCLE.....	67

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ACD:	Profundidade de câmara anterior (= <i>Anterior chamber depth</i>)
AL:	Diâmetro Axial (= <i>Axial length</i>)
ASTIG:	Magnitude do astigmatismo
AV:	Acuidade Visual
AVCC:	Acuidade Visual com melhor correção à distância
CAAE:	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CCT:	Espessura central da córnea (= <i>Central corneal thickness</i>)
CEP:	Comitê de Ética em Pesquisa
CEROF:	Centro de Referência em Oftalmologia
CXL:	Crosslinking
D:	Dioptrias (= <i>Diopters</i>)
ELP:	Posição efetiva da lente (= <i>Effective lens position</i>)
HMDI:	Hospital e Maternidade Dona Íris
ICRS:	Segmento de anel intraestromal corneano
IOL:	IOLMaster 700
K1:	Ceratometria mais plana (= <i>Keratometry</i>)
K2:	Ceratometria mais curva
KC:	Ceratocone
OLCR:	Reflectometria de baixa coerência óptica (= <i>Optical low coherence reflectometer</i>)
LENS:	Lenstar LS 900
LIO:	Lente Intraocular
LT:	Espessura do cristalino (= <i>Lens thickness</i>)
mm:	Milímetros
OD:	Olho direito
OE:	Olho esquerdo
PCI:	Interferometria de coerência parcial (= <i>Partial coherence interferometry</i>)
PENT:	Pentacam HR
SLD:	Diodo super luminescente (= <i>Superluminescent diode</i>)

- SPSS:** *Statistical Package for Social Science*
- SS-OCT:** Tomografia de coerência óptica de fonte varrida (= *Swept-Source Optical Coherence Tomography*)
- TCLE:** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- UFG:** Universidade Federal de Goiás

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram comparar e correlacionar os parâmetros biométricos obtidos pelos aparelhos IOLMaster 700 e Lenstar LS 900, em pacientes com ceratocone; e verificar qual parâmetro interfere mais no cálculo do poder da lente intraocular (LIO) nestes pacientes. Foram prospectivamente avaliados 60 olhos de pacientes com idade maior ou igual a 18 anos, portadores de ceratocone, por meio de critérios tomográficos corneanos, que não tenham sido submetidos a nenhum procedimento cirúrgico corneano prévio e sem qualquer opacidade corneana, oriundos do Centro de Referência em Oftalmologia (CEROF) da Universidade Federal de Goiás (UFG), no período de abril de 2023 a agosto de 2023. Os seguintes dados biométricos foram comparados entre os aparelhos: diâmetro axial (AL), ceratometria mais plana (K1), ceratometria mais curva (K2), astigmatismo corneano (ASTIG), profundidade de câmara anterior (ACD) e cálculo do poder de lente intraocular (LIO). A comparação das médias e análise de concordância entre os aparelhos foi testada com aplicação do teste *t* pareado e com a análise de correlação de *Pearson*, respectivamente. A correlação entre o IOL Master e o Lenstar veio positiva, com $r > 0,85$ em todos os parâmetros avaliados. Houve diferença estatisticamente significativa na avaliação das médias entre os parâmetros biométricos avaliados (K1, K2, ASTIG, ACD e LIO) no teste *t* com $p < 0,001$, sem diferença estatística significativa em relação ao parâmetro AL. Na análise de Regressão Linear múltipla, o K2 foi o maior responsável pela variação dos valores de LIO entre os Biômetros com *t* de 2.93 e $p < 0,001$. Conclui-se que existe discrepância entre os parâmetros avaliados através dos biômetros em pacientes com Ceratocone, com conseqüente diferença no poder de LIO, podendo resultar em erro refrativo pós-operatório futuro. Sendo assim, os aparelhos IOL Master 700 e Lenstar LS900 não são coincidentes nestes pacientes.

Palavras-chave: Biometria óptica, Ceratocone, Lente Intraocular.

ABSTRACT

The purposes of this study were to compare and correlate the biometric parameters obtained by the devices, IOLMaster 700 and Lenstar LS 900, in patients with keratoconus; and to verify which parameter interferes most in the calculation of the power of the intraocular lens (IOL) in these patients. Sixty eyes of patients aged 18 years or older with keratoconus were prospectively evaluated using corneal tomographic criteria, who had not undergone any previous corneal surgical procedure and without any corneal opacity, originating from the Ophthalmology Reference Center (CEROF) of the Federal University of Goiás (UFG) from April 2023 to August 2023. The following biometric data were compared between the devices: axial diameter (AL), flattest keratometry (K1), most curved keratometry (K2), corneal astigmatism (ASTIG), anterior chamber depth (ACD) and calculation of the intraocular lens (IOL) power. The comparison of means and agreement analysis between the devices was tested using the paired t-test and Pearson's correlation analysis, respectively. The correlation between IOL Master and Lenstar was positive, with $r > 0.85$ in all parameters evaluated. There was a statistically significant difference in the evaluation of the means between the biometric parameters evaluated (K1, K2, ASTIG, ACD and LIO) in the t-test with $p < 0.001$, with no statistically significant difference in relation to the AL parameter. In the multiple linear regression analysis, K2 was the main factor responsible for the variation in LIO values between the biometers with t of 2.93 and $p < 0.001$. It is concluded that there is a discrepancy between the parameters evaluated through the biometers in patients with keratoconus, with a consequent difference in the LIO power, which may result in future postoperative refractive error. Therefore, the IOL Master 700 and Lenstar LS900 devices are not coincident in these patients.

Keywords: Optical biometry, Keratoconus, Intraocular lens.

1 INTRODUÇÃO

O termo ceratocone (KC), do grego Keratos = córnea, e Konus = cone, é usado para designar uma ectasia (dilatação ou distensão) corneana, que comumente se apresenta bilateralmente, mas frequentemente em uma forma assimétrica, em que um olho é mais acometido do que o outro. É uma doença caracterizada por afinamento biomecânico progressivo da córnea e aumento de sua curvatura, gerando uma deformação cônica com consequente erro refracional, caracterizado por astigmatismo irregular e/ou miopia, com frequente diminuição gradual da visão (MANNIS, 2014; SANTHIAGO, 2017).

Trata-se de condição encontrada em todas as etnias e em ambos os sexos, nas diferentes partes do mundo, com prevalência global de 1,38 por 1.000 indivíduos, embora com diferenças regionais consideráveis (GONZALEZ-SALINAS, 2023). História familiar está presente de 6 a 8% dos casos, sugerindo herança familiar, onde o mais aceito é o padrão de transmissão autossômica dominante com penetrância incompleta (SANTHIAGO, 2017).

Embora sua etiologia e fisiopatologia ainda não estejam totalmente caracterizadas, os estudos realizados até o momento sugerem que o distúrbio é provavelmente multifatorial, incluindo mudanças físicas, bioquímicas e moleculares no tecido corneano; com numerosos fatores genéticos, epigenéticos e ambientais desempenhando um papel no desenvolvimento e na progressão da doença. É digno de nota que embora o KC classicamente tenha sido considerado um processo não inflamatório, estudos recentes mostraram o possível envolvimento de proteínas pró-inflamatórias na patogênese da doença (GONZALEZ-SALINAS, 2023).

Pode estar associado a doenças sistêmicas (como doenças do colágeno), doenças hereditárias e doenças atópicas. Tendo como principal fator de risco, para desenvolvimento e progressão da doença, a fricção dos olhos. Normalmente, o início de seu aparecimento ocorre na puberdade, geralmente entre os 13 e os 18 anos de idade, progredindo até a terceira ou

quarta década de vida, quando geralmente se estabiliza (SANTHIAGO, 2017).

O diagnóstico é feito, de início, pela anamnese oftalmológica completa, por meio da pesquisa de sintomas como prurido ocular; fotossensibilidade, turvação visual, mesmo com uso de óculos e que piora a noite; e história familiar positiva para a doença (RABINOWITZ, 1998).

Sinais clássicos podem estar presentes nos exames de retinoscopia, como o reflexo em tesoura e presença de altas ametropias (miopia e astigmatismo contra a regra ou oblíquo); oftalmoscopia (direta ou indireta) apresentando reflexo em gota de óleo; e biomicroscopia, podendo apresentar afinamento localizado da córnea, anel de Fleischer, sinal de Munson, sinal de Rizzuti, estrias de Vogt, e leucomas pós-hidropsia, estes últimos perceptíveis somente em casos de moderados a avançados (MANNIS, 2016).

As alterações de curvatura corneana características do ceratocone podem ser identificadas por meio de exames complementares, como a Ceratometria, Ceratoscopia (Topografia), e Tomografia de córnea (ex: Pentacam) (RABINOWITZ, 1998; DUNCAN, 2016).

À medida que os pacientes com ceratocone envelhecem, a probabilidade de desenvolver catarata aumenta, inclusive em uma idade mais precoce do que os olhos sem a ectasia (CHALKIADAKI, 2022).

Catarata habitualmente é o envelhecimento natural do cristalino (lente biconvexa localizada atrás da pupila), com aumento do seu volume, esclerose nuclear, tornando suas fibras mais duras e levando à perda da transparência para a passagem da luz (AMBROSIO, 2014). Alguns fatores podem levar a essas alterações de forma mais precoce, como o uso de esteroide, tanto oral quanto tópico (MUKESH, 2006). Muitos pacientes com KC usam corticoides em forma de colírio, frequentemente devido ao prurido ocular provocado pela atopia associada. Sendo assim, a facectomia é indicada de forma precoce em alguns casos (BOZORG, 2014).

Na facectomia, o cristalino é substituído por uma lente intraocular (LIO) artificial capaz de manter o seu poder dióptrico, e, mais ainda, de corrigir as ametropias (grau) apresentadas pelo paciente, proporcionando a

melhora visual. Esta lente é implantada dentro do olho, geralmente no saco capsular onde o cristalino se encontrava (AMBROSIO, 2014).

A Ceratometria é a medida do raio de curvatura da superfície anterior da córnea, sendo uma variável muito importante utilizada na medida do cálculo da LIO nas cirurgias de catarata. Devido às altas medidas ceratométricas e consideráveis irregularidades corneanas presentes nos pacientes com KC, é um grande desafio calcular qual LIO é a mais adequada para ser implantada quando estes pacientes são submetidos a facectomia para tratamento cirúrgico da catarata (ANDRADE JUNIOR, 2018).

O planejamento cirúrgico da catarata em olhos com ceratocone traz várias considerações pré, intra e pós-operatórias. Inicialmente, é necessário determinar se a doença ainda está em progressão, por meio de exames seriados de tomografia de córnea (entre 4 a 6 meses). Se a doença estiver estável, é necessário prosseguir com o planejamento cirúrgico da facectomia por meio do cálculo biométrico, definindo qual aparelho (IOLMaster 500, IOLMaster700, LenstarLS900, Pentacam AXL) será utilizado e qual fórmula já intrínseca no dispositivo será selecionada (SRKT, Holladay, Haigis, Barret Universal II, Barret True K, Kane KC) (GARZON, 2020; KANE, 2020). Posteriormente, definir a escolha da LIO que será implantada (monofocal esférica, monofocal asférica, monofocal tórica, multifocal, trifocal, foco estendido) e o alvo esperado (plano, miópico ou hipermetrópico) (SINGH, 2023). Além disso, o cirurgião precisa estar ciente dos desafios cirúrgicos intraoperatórios que podem ser encontrados, seja pela distorção da imagem gerada pelas altas ametropias ou por pequenas opacidades corneanas que possam existir em casos avançados da doença (CHALKIADAKI, 2022).

As curvaturas corneanas anterior e posterior estão alteradas no ceratocone, ocasionando normalmente uma superestimação do poder refrativo total da córnea, e podendo gerar, como consequência, um erro refrativo hipermetrópico pós-operatório. Sendo assim, aconselha-se a escolha pré-operatória de uma LIO com alvo de baixa miopia, dependendo do estágio do ceratocone, para evitar tal erro (SINGH, 2023; WANG, 2019).

Pacientes com ceratocone avançado podem necessitar de cirurgia tríplice, definida como ceratoplastia (transplante de córnea) combinada com

extração de catarata e implante de LIO. Nesses pacientes, a cirurgia de catarata é um desafio ainda maior devido às curvaturas corneanas muito elevadas e possíveis opacidades corneanas que podem impossibilitar a ceratometria precisa, e dificultar a estimativa do poder corneano na seleção da LIO (CHALKIADAKI, 2022).

O cálculo da lente intraocular depende da medida da ceratometria, do comprimento axial e da profundidade da câmara anterior, através dos dispositivos de biometria ocular. Inicialmente, foram utilizados os biômetros ultrassônicos, e com o avanço tecnológico surgiram os biômetros ópticos (RODRIGUES, 2015). Olhos com ceratocone tendem a ser mais longos que os olhos normais, com comprimentos axiais maiores e com câmaras anteriores mais profundas, o que afeta a posição efetiva da lente (ELP) e contribui para a imprecisão do poder da LIO (WANG, 2019).

Também conhecida como interferometria, a biometria óptica é uma técnica de não contato que utiliza um feixe luminoso para realizar a medida do comprimento axial do globo ocular. A ceratometria é determinada pela medida das distâncias entre as imagens da luz refletida sobre a superfície da córnea; e a profundidade da câmara anterior é determinada pela distância entre o cristalino e a córnea através de uma fenda de luz lateral (HADDAD, 2020).

Deve-se lembrar ainda que o cálculo da lente intraocular para uma cirurgia de catarata não depende somente da determinação correta dos parâmetros biométricos, como o comprimento axial, mas também do uso de fórmulas (incluídas dentro dos aparelhos) que gerem menor erro de cálculo biométrico (VENTURA, 2017).

Atualmente, existem vários dispositivos de biometria óptica para o cálculo da LIO, incluindo o IOL Master 700 e o Lenstar LS 900. Existem, ainda, variáveis semelhantes que compõem a análise dos parâmetros oculares, as principais sendo: comprimento axial (AL), profundidade da câmara anterior (ACD), espessura do cristalino (LT), espessura central da córnea (CCT) e ceratometria da córnea (K1 – ceratometria mais plana; K 2 – ceratometria mais curva) (RODRIGUES, 2018).

Medidas precisas de K, AL e ACD são essenciais na cirurgia de catarata moderna, pois medições imprecisas desses parâmetros contribuem

para 22%, 36% e 42%, respectivamente, de erro refrativo pós-operatório (HUANG, 2017). Tanto o IOL Master quanto o Lenstar são baseados em interferometria a laser sem contato para avaliar o AL. O IOL Master 700 possui uma tomografia de coerência óptica com tecnologia de varredura (SS-OCT), enquanto o Lenstar LS900 usa a reflectometria de baixa coerência óptica (OLCR), alimentado com um diodo super luminescente (SLD). Com o SLD, as estruturas reflexivas dentro da córnea, câmara anterior, lente e retina são medidas (HUI, 2014).

A comparação da repetibilidade de valores biométricos em cada dispositivo é uma forma de estabelecer qual tem melhor desempenho, enquanto a concordância nas medições entre eles avalia a capacidade de troca dos instrumentos, se são coincidentes (VENTURA, 2015). Nos dispositivos em análise, é importante estabelecer algumas diferenças intrínsecas a cada dispositivo, já identificadas em estudos anteriores (YOO, 2017; SONG, 2020).

A literatura demonstra que estes exames são bem reproduzíveis em pacientes com catarata sem alterações corneanas (PASSI, 2018; KUNERT, 2016; RODRIGUES, 2018; HUANG, 2017; ZAREI-GHANAVATI, 2022; SHETTY, 2021; SALLAM, 2021), porém em pacientes com ceratocone ainda não foram identificados, até o momento, estudos comparativos entre os biômetros IOL Master 700 e Lenstar LS 900, e é possível que não haja correspondência entre os parâmetros avaliados. O cálculo preciso e previsível da potência da LIO obtido por meio da biometria óptica, nestes pacientes com a ectasia, é essencial para a satisfação em um futuro pós-operatório de cirurgia de catarata, justificando assim o presente estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ceratocone

2.1.1 Definição e epidemiologia

O ceratocone, inicialmente descrito em 1854 por Dr. John Nottingham, é definido como uma ectasia corneana progressiva, bilateral, geralmente assimétrica, que cursa com afinamento e mudança do formato esférico corneano na região central ou paracentral, mais comumente ínfero-temporal, devido a alterações nas ligações do colágeno, resultando na diminuição de sua rigidez e na alteração de sua biomecânica (GARZÓN, 2020), com consequente desenvolvimento de astigmatismo topográfico irregular e assimétrico (WANG, 2020).

Sua manifestação inicia, normalmente, na segunda década de vida, com ambos os sexos igualmente afetados, e sendo rara a progressão após os 40 anos (HILGERT, 2020). Estima-se que a prevalência da doença seja de 1,38 por 1000 habitantes (HASHEMI, 2020).

Apesar de ser definida habitualmente como uma doença não inflamatória, estudos mais recentes vêm demonstrando um caráter inflamatório da doença, com a presença de citocinas inflamatórias como a IL1B, IL8, IL6 e TNF α , tendo relação direta com o ceratocone (FERRARI, 2020). Pacientes com KC em progressão possuem uma concentração aumentada de IL-6 na lágrima e de cortisol no cabelo, em comparação com pacientes com formas estáveis da doença (STIVAL, 2022).

2.1.2 Diagnóstico clínico

No início do processo da doença, a córnea pode não apresentar alterações na biomicroscopia com lâmpada de fenda. Os sintomas são variáveis e dependem do estágio da doença, podendo ser desde um prurido ocular leve até uma importante baixa acuidade visual corrigida devido às

altas ametropias. Alguns sinais clássicos podem estar presentes na biomicroscopia, como o sinal de Rizutti, o anel de Fleischer, as estrias de Vogt, o sinal de Munson e os leucomas pós-hidropsia (RABINOWITZ, 1998).

O sinal de Rizutti é um reflexo cônico próximo ao limbo nasal, quando um feixe luminoso incide na córnea temporal. O anel de Fleischer apresenta-se como um depósito de ferro frequentemente presente no epitélio em torno da base do cone sua cor marrom é melhor visualizada com o filtro azul de cobalto. As estrias de Vogt localizadas no estroma são finas e verticais, e geralmente desaparecem com forte pressão aplicada contra o globo ocular e reaparecem quando a pressão é interrompida. Os sinais mais avançados são: sinal de Munson, que é a protrusão da pálpebra inferior ao olhar para baixo; cicatrizes superficiais; ruptura na membrana de Bowman; e a hidropsia aguda. Este último sinal é caracterizado pelo rompimento da membrana de Descemet, permitindo a entrada do humor aquoso no estroma e gerando edema corneano com diminuição da visão e dor. As cicatrizes estromais que ocorrem após a resolução do quadro de hidropsia aguda podem gerar, paradoxalmente, a melhora da visão por alterar a curvatura da córnea e reduzir o astigmatismo irregular (HILGERT, 2020).

2.1.3 Diagnóstico tomográfico

No início da década de 1980, o ceratoscópio tinha o objetivo de avaliar quantitativamente o contorno corneano em todos os meridianos. Houve a evolução para a videoceratoscopia, e, subsequentemente, para a topografia corneana. A topografia baseada nos discos de Plácido avalia a superfície anterior da córnea por meio de dados quantitativos e gera mapas com escalas de cores que auxiliam em sua interpretação, podendo revelar astigmatismo irregular e assimétrico. A paquimetria evidencia afinamento corneano (córnea central < 450micras) com ápice do cone, geralmente na córnea temporal inferior (HILGERT, 2020).

Vários índices foram criados ao longo do tempo para detecção da doença. Inicialmente, Rabinowitz e Mc Donell propuseram alguns parâmetros topográficos sugestivos de ceratocone, que foram

posteriormente modificados por Maeda, Klyce e Smolek, determinando como sugestivos casos com poder corneano central (K central) $> 47,2$ D; valores I-S (assimetria dióptrica inferior-superior corneana paracentral no diâmetro de 3 mm) $\geq 1,4$ D; e SRAX (inclinação relativa dos eixos radiais mais íngremes acima e abaixo do meridiano horizontal) $> 21^\circ$ (RABINOWITZ, 1998; SILVA, 2018).

Rabinowitz e Rasheed propuseram o índice KISA%, que é derivado do produto de 4 índices topográficos: o valor K, curvatura central da córnea; o valor I – S, assimetria dióptrica inferior-superior; o índice AST, que quantifica o grau de astigmatismo corneano regular (Sim K1 - Sim K2); e o índice do eixo radial distorcido (SRAX), uma expressão de astigmatismo irregular que ocorre no ceratocone. Quando $<60\%$ encontra-se normal, entre 60-100% suspeito, e $>100\%$ indica ceratocone (RABINOWITZ, 1999).

Com a evolução tecnológica, e com a necessidade do diagnóstico precoce e melhor acompanhamento da progressão da doença, diversos métodos diagnósticos mais apurados foram desenvolvidos, como a Tomografia de córnea. Inicialmente, foi desenvolvida a Tomografia com Imagem em Fenda (Orbscan), depois a Tomografia de Scheimpflug rotatória (Pentacam) e Tomografia por duplo Scheimpflug e discos de plácido (Galilei). Os tomógrafos possuem mapas e displays que auxiliam no diagnóstico de formas iniciais do ceratocone, aumentando a sensibilidade e especificidade na triagem de pacientes para ectasia, detectando anormalidades antes mesmo das alterações dos parâmetros topográficos (SILVA, 2018).

O Pentacam® (Oculus, Alemanha) é um dos tomógrafos corneanos mais utilizados no diagnóstico da doença, este usa uma câmera rotativa Scheimpflug que fornece uma varredura tridimensional do segmento anterior do olho. Com essa tecnologia, o processo de medição leva 2 segundos, realizando até 50 capturas enquanto a câmera gira em torno do eixo óptico do olho. Cada imagem consiste em 500 pontos de elevação com o Pentacam padrão, e pode atingir até 2.760 pontos com o Pentacam HR. Os dados são então processados em um modelo tridimensional do segmento anterior. Ao contrário de seus antecessores, o recente Pentacam®-AXL (Oculus, Alemanha), integrou biometria sem contato, usando tecnologia de interferometria de coerência parcial para obter medidas de AL. Com esta

nova funcionalidade, e em combinação com as medições obtidas com a câmara rotativa Scheimpflug, este dispositivo pode realizar o cálculo da potência da LIO necessária em cirurgia de catarata (PEREIRA, 2018).

Os índices tomográficos permitem uma avaliação tridimensional da córnea por meio da combinação de dados ou mapas de elevação anterior e posterior, da paquimetria e da curvatura (topográficos) em um único exame. Dentre os índices mais importantes analisados no Pentacam, encontramos o ART (índice de progressão paquimétrica), considerado caso suspeito quando valores entre 340-400 e sugestivo de ceratocone em ≤ 340 micras; e BAD-D (Belin-Ambrosio Display – junção dos mapas de elevação anterior e posterior + mapa paquimétrico), sendo suspeito quando valores estiverem > 1.4 . Outros índices possíveis de avaliação são o IT (distância entre o ápice até o ponto mais fino da córnea) – suspeito quando > 1 mm; e o IHD (descentração vertical anterior) suspeito quando $> 0,01$ (DUNCAN, 2016; SILVA, 2018). Após o diagnóstico e estadiamento estabelecidos, prossegue-se com a condução do tratamento.



Figura 1: Aparelho Pentacam HR.
Fonte: Folder da empresa Oculus.

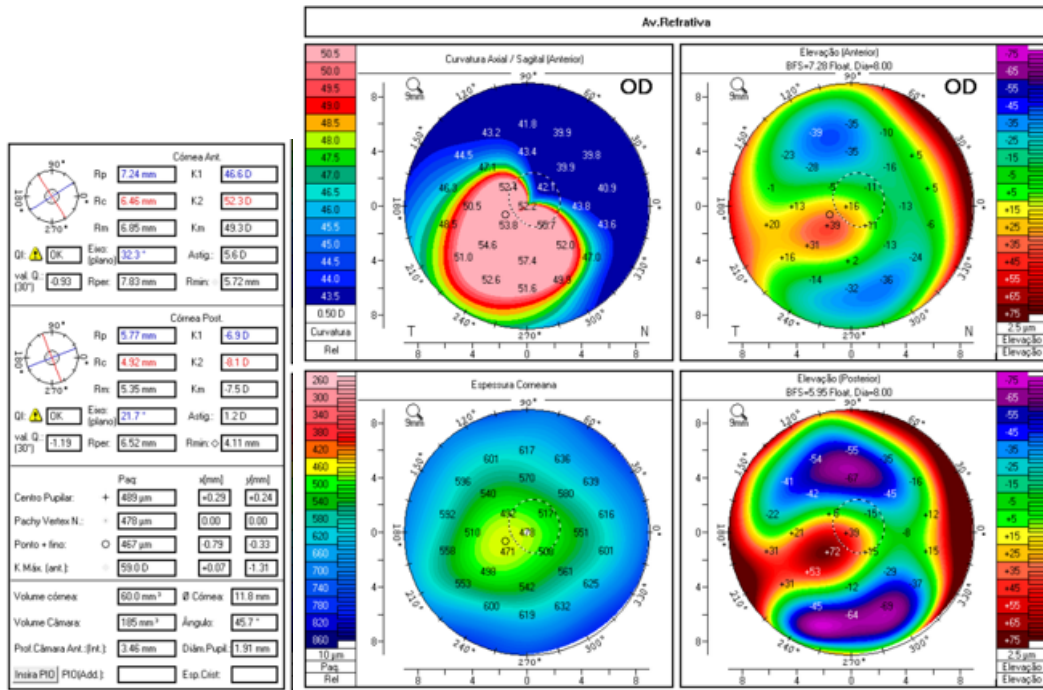


Figura 2: Display dos 4 mapas refrativos do exame PENTACAM OD de um paciente com ceratocone desta pesquisa.
 Fonte: Autora (SALGADO, LFQE)

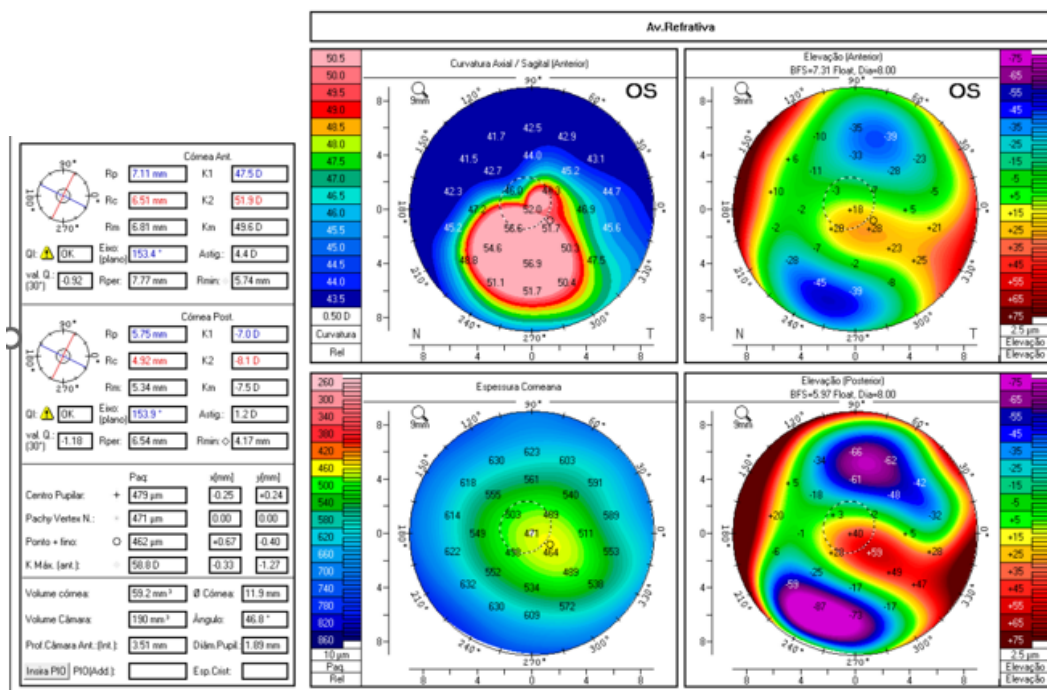


Figura 3: Display dos 4 mapas refrativos do exame PENTACAM OE de um paciente com ceratocone desta pesquisa.
 Fonte: Autora (SALGADO, LFQE)

Os mapas coloridos do Pentacam representados nas figuras 2 e 3 são os quatro mapas refrativos corneanos mais utilizados na avaliação (diagnóstico e acompanhamento) dos pacientes com ceratocone. O mapa da esquerda superior representa a curvatura axial anterior da córnea com alto astigmatismo irregular e assimétrico, em que as cores mais quentes (amarelo, laranja e vermelho) representam curvaturas aumentadas (>47.2D). O mapa da esquerda inferior representa o mapa paquimétrico (espessura corneana) onde é possível avaliar o afinamento corneano, sendo os locais com cores quentes os mais finos. O mapa da direita superior representa a elevação corneana anterior, e o mapa da direita inferior representa a elevação posterior, sendo as cores quentes os locais de maior protrusão corneana.

2.1.4 Classificação

Existem vários tipos de classificação de KC, mas as mais aceitas na literatura são os Sistemas de Classificação de Amsler-Krumeich, de Alio-Shabayek, e de ABCD de Belin (GONZALEZ-SALINAS, 2023). Os dois primeiros sistemas são divididos em quatro graus de severidade da doença, baseados nos mesmos parâmetros de ceratometria média central, presença de cicatriz corneana, e espessura central mínima, diferindo em apenas um parâmetro: a de Amsler utiliza a refração do paciente (miopia e/ou astigmatismo), enquanto a de Alio utiliza a aberrometria. Já a classificação ABCD de Belin, é dividida em estágios de 0 a IV, e utiliza como parâmetros o raio de curvatura corneana anterior e posterior, a paquimetria central mínima e a melhor acuidade visual corrigida do paciente (DUNCAN, 2016).

Sistema de classificação de Amsler-Krumeich	
Grau	Características
Grau I	K média central < 48,00 D Encurvamento da córnea Ausência de cicatriz corneana Miopia e/ou astigmatismo – 5.00 a – 8.00 D
Grau II	K média central < 53.00 D Ausência de cicatriz corneana Espessura Central mínima > 400 µm Miopia e/ou astigmatismo – 8.00 a – 10.00 D

Grau III	K média central < 55.00 D Ausência de cicatriz corneana Espessura Central mínima > 300 µm Miopia e/ou astigmatismo < - 10.00 D
Grau IV	K média central > 55.00 D Cicatriz na córnea central Espessura Central mínima > 200 µm Refração não confiável

K = Ceratometria

Sistema de classificação de Alio - Shabayek	
Grau	Características
Grau I	K média central < 48,00 D Ausência de cicatriz corneana Coma-like RMS 1.50 a 2.50 µm
Grau II	K média central < 53.00 D Ausência de cicatriz corneana Espessura Central mínima > 400 µm Coma-like RMS 2.50 a 3.50 µm
Grau III	K média central < 55.00 D Ausência de cicatriz corneana Espessura Central mínima > 300 µm Coma-like RMS 3.50 a 4.50 µm
Grau IV	K média central > 55.00 D Cicatriz na córnea central Espessura Central mínima > 200 µm Coma-like RMS > 4.50 µm

K= Ceratometria; RMS – Root mean square

Sistema de classificação ABCD de Belin				
	A	B	C	D
	Raio de curvatura anterior (mm)*	Raio de curvatura posterior (mm)*	Paquimetria mais fina (µm)	AVCC
Estágio 0	>7.25mm (<46.5D)	>5.90	>490	≥20/20
Estágio I	>7.05mm (<48.0D)	>5.70	>450	<20/20
Estágio II	>6.35mm (<53.0D)	>5.15	>400	<20/40
Estágio III	>6.15mm (<55.0D)	>4.95	>300	<20/100
Estágio IV	≤6.15mm (≥55.0D)	≤4.95	≤300	<20/400

* Medido na zona de 3 mm centrais do ponto mais fino da córnea

A identificação de formas iniciais e subclínicas do KC é um desafio, pois nestes casos os pacientes, em sua maioria, apresentam boa acuidade visual corrigida e não apresentam os sinais descritos anteriormente no exame oftalmológico, logo, métodos de captura de imagem utilizados para a avaliação corneana são essenciais e foram criados ao longo do tempo (RABINOWITZ, 1998; DUNCAN, 2016).

2.1.5 Tratamento

A abordagem do ceratocone varia de acordo com a gravidade da doença. O objetivo do tratamento é a reabilitação visual e o controle da progressão da ectasia. Casos leves têm a correção óptica satisfatória da ametropia por meio de óculos. Com o avanço da doença, a acuidade visual pode ser corrigida com lentes de contato convencionais rígidas gás-permeáveis (RGP), e, nos casos mais avançados, com o uso de lentes com desenhos especiais, como as esclerais (HASHEMI, 2019).

Na maioria dos casos, a cirurgia está indicada somente quando a correção da ametropia não é satisfatoriamente obtida com métodos como óculos ou lentes de contato e quando há comprovação de progressão da doença. Técnicas cirúrgicas como crosslinking (CXL) corneano, implantação do segmento de anel corneano intraestromal (ICRS) ou transplante de córnea são as opções de tratamento disponíveis (GARZÓN, 2020).

O CXL é indicado quando há evidência de progressão da doença. Os principais sinais de progressão são aumento de pelo menos 1 dioptria (D) nos parâmetros ceratométricos em 12 meses (m), aumento de pelo menos 0.75 D nos parâmetros ceratométricos em 6 m, aumento da miopia de 0.75 D em 12 m em refração sob cicloplegia, perda de pelo menos duas linhas de visão, na melhor visão corrigida em 12m (SANTHIAGO, 2017).

A reticulação ou crosslinking (CXL) da córnea consiste em um procedimento terapêutico minimamente invasivo, com a combinação entre um fotoindutor (riboflavina) e a luz ultravioleta A (UVA), gerando uma reação fotoquímica (fotopolimerização) e a indução de radicais livres (espécies reativas de oxigênio), promovendo novas ligações covalentes entre as fibras de colágeno do tecido corneano e, ainda, aumentando em até 70% a rigidez biomecânica da córnea. A técnica clássica do crosslinking pode ser realizada com ou sem remoção do epitélio corneano, técnica padrão e epi on, respectivamente. O protocolo padrão ou Standard (ou protocolo Dresden) utiliza a radiação UVA aplicada com 365nm (de comprimento de onda), por 30 minutos, a 5 cm da córnea, com o uso de 3mW/ cm² de energia, correspondendo à dose total de 5.4J / cm² de energia (fluência). Variações

deste protocolo, com maior fluência e menor tempo, foram denominados CXL acelerado (SANTHIAGO, 2017).

Existem poucos trabalhos relacionando cirurgia de CXL e catarata, devido ao fato de a doença estabilizar-se por volta dos 30 e 40 anos, mesmo sem a realização do CXL, e a idade de realização da facectomia ocorrer por volta dos 60 anos (GARZON, 2020). Em uma revisão de literatura foi identificado um trabalho que avaliou a realização do CXL seis meses antes da facectomia em dois pacientes que ainda apresentavam progressão da doença após os 50 anos, relatando bons resultados, porém tratava-se de olhos com estafiloma posterior (SINGH, 2023).

Outra opção de tratamento cirúrgico é o implante de segmentos de anéis intraestromais corneanos (ICRS), definidos como pequenos anéis de plástico em forma de meia-lua, colocados no estroma corneano periférico profundo de pacientes com ceratocone, com a função de aplanamento da córnea. Eles são feitos de polimetilmetacrilato (PMMA) e não invadem a zona óptica central, normalmente sendo colocados na zona óptica de 5 a 6 mm centrais. O ICRS é indicado para reduzir as anormalidades da córnea na vigência de altas ametropias, a fim de melhorar a acuidade visual dos pacientes, sem e com correção, quando o uso de óculos não é mais suficiente para uma boa visão corrigida e/ou quando o uso de lentes de contato rígidas não é bem tolerado (ZADNIK, 2019).

Alguns estudos mostraram benefício do implante de anel seis meses antes da realização da cirurgia de catarata em pacientes com ceratocone, pela provável razão da melhora do formato da córnea, da regularização de sua superfície com maior precisão no cálculo do poder corneano e da melhor posição efetiva da lente (SINGH, 2023).

Atualmente, o transplante de córnea, seja lamelar ou penetrante, é reservado para estágios finais da doença (comumente com presença de curvaturas elevadas e/ou cicatrizes), quando tratamentos anteriores já não são mais eficazes, com o intuito de reabilitação visual (MGBOJI, 2023).

Quando a catarata é acompanhada de patologia corneana, deve-se optar entre cirurgia combinada (SC) e cirurgia sequencial (SS). A SC é também chamada de tríplice, caracterizada por transplante de córnea (lamelar ou penetrante) associado à extração de catarata

(Facoemulsificação ou Facectomia extracapsular) e implante de LIO em um mesmo tempo cirúrgico; a SS, por sua vez, prevê a extração de catarata, a ocorrer no mínimo seis meses após o transplante de córnea (lamelar ou penetrante). Na literatura, a indicação mais comum para SC foi distrofia endotelial de Fuchs, e para SS foram ceratocone e distrofia estromal. A CS é vantajosa porque envolve uma única cirurgia e proporciona reabilitação visual mais rápida, além de reduzir riscos anestésicos e custos cirúrgicos, o que é importante para pacientes idosos com sérios problemas de saúde, proporcionando um rápido aumento da visão. Entretanto, a SS parece ser mais vantajosa, principalmente para pacientes jovens, dado o baixo erro refrativo e a expectativa de alta acuidade visual final (ÖZBEK UZMAN, 2021).

Atualmente, pacientes com ceratocone avançado que necessitam de transplante de córnea são beneficiados com a realização da ceratoplastia lamelar anterior profunda (DALK), que diminui a possibilidade de rejeição endotelial e os riscos de uma cirurgia a céu aberto. Existe trabalho demonstrando que estes pacientes com o desenvolvimento da catarata podem se beneficiar de procedimento triplo (CS), compreendendo facoemulsificação e implante de LIO primeiro, seguido de DALK. Este procedimento torna a cirurgia mais segura devido à câmara anterior do olho permanecer fechada, mantendo a integridade do globo ocular no intra-operatório, diminuindo o risco de ruptura da membrana de Descemet e preservando o endotélio, com diminuição do risco de rejeição do enxerto (COELHO, 2019).

2.2 Biometria óptica

Aproximadamente 94 milhões de pessoas são cegas ou apresentam alguma deficiência visual no mundo todo, e a catarata é a causa mais comum de cegueira evitável. A catarata está associada, na maioria dos casos, ao envelhecimento e ao estresse oxidativo, gerando a opacificação cristaliniana. Atualmente, para a maioria dos pacientes, a facoemulsificação com implante de lente intraocular é o tratamento preferido (CICINELLI, 2023).

Pacientes com ceratocone têm predisposição à catarata precoce, e a biometria é um exame essencial na avaliação pré-operatória para o cálculo da LIO a ser implantada em uma facotomia. (NICHOLSON, 2024).

Existem vários tipos de catarata: Esclerose Nuclear, Cortical, Subcapsular anterior e posterior, Polar anterior e posterior. O tipo mais comumente identificado nos pacientes com KC é a esclerose nuclear. No entanto, muitos pacientes jovens com KC podem apresentar catarata subcapsular posterior induzida pelo uso crônico de esteróides para tratamento de alergia ocular (THEBPATIPHAT, 2007).

O cálculo da LIO em pacientes com ceratocone pode ser um desafio por uma série de razões, incluindo as anormalidades da córnea, câmaras anteriores mais profundas e comprimentos axiais maiores, além do eixo visual poder não passar pelo local mais inclinado da córnea, afetando a posição efetiva da lente (ELP) (WANG, 2020; GARZÓN, 2020). A medida da ceratometria no cálculo da LIO baseia-se numa proporção assumida da curvatura corneana anterior e posterior que não é mantida no ceratocone. Normalmente, os ceratômetros que assumem que a curvatura da córnea é constante ao longo de um determinado meridiano são imprecisos em olhos ceratocônicos, quando a curvatura da córnea é frequentemente variável ao longo de um meridiano específico e os principais meridianos de potência podem não ser ortogonais (KANE, 2020). Porém, o avanço das técnicas cirúrgicas e biométricas juntamente com as fórmulas de cálculo de LIO de quinta geração permitiram melhores resultados refrativos pós-operatórios (PASSI, 2018).

Nas últimas décadas, a biometria ocular evoluiu rapidamente do uso de sondas de ultrassom de contato para a implementação de modalidades de imagem sem contato. Em 2000, o IOLMaster® (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Alemanha) foi lançado nos Estados Unidos como o primeiro dispositivo de biometria automática sem contato. O IOLMaster inicial empregou interferometria de coerência parcial (PCI), que utiliza uma fonte de luz de baixa coerência para escanear o olho enquanto os reflexos são detectados por um espelho de varredura, a fim de produzir varreduras ópticas A-scan (seções longitudinais). Dez anos depois, o IOLMaster 500 (IOLM500) foi introduzido e rapidamente ganhou popularidade em relação à geração anterior, pois oferecia maior velocidade, bem como medidas de modo duplo que permitiam cálculos simultâneos de comprimento axial (AL) e ceratometria (RODRIGUES, 2018; PASSI, 2018).

Em 2015, o IOLMaster 700 (IOLM700) foi lançado nos Estados Unidos. Este aparelho possui uma tomografia de coerência óptica com tecnologia de varredura (SS-OCT) e laser sintonizável de 1.055 nm como fonte de luz, que gera varreduras ópticas em B-scan, permitindo a visualização transversal do olho. Além disso, o IOLM700 mede a CCT e a LT, o que não foi possível com o IOLM500. O IOLM700 também utiliza ceratometria telecêntrica e uma configuração óptica exclusiva para garantir que o tamanho do ponto permaneça constante, independentemente da distância dispositivo-olho. Essa tecnologia torna os movimentos do paciente menos disruptivos para a aquisição de imagens (PASSI, 2018).



Figura 4: Aparelho IOL Master 700.
Fonte: Folder da empresa ZEISS.

OD direita		Cálculo IOL				OS esquerda	
Status de olho							
LS: Fácico Ref: --- LVC: Não tratado Refr.-alvo: Plano		VS: Corpo vítreo VA: --- Modo LVC: - SIA: +0,00 D @ 0°		LS: Fácico Ref: --- LVC: Não tratado Refr.-alvo: Plano		VS: Corpo vítreo VA: --- Modo LVC: - SIA: +0,00 D @ 0°	
Valores biométricos							
AL: 24,08 mm ACD: 4,02 mm LT: 3,45 mm WTW: 12,2 mm		SD: 11 µm SD: 7 µm SD: 16 µm		AL: 24,11 mm ACD: 4,01 mm LT: 3,47 mm WTW: 11,1 mm (!)		SD: 4 µm SD: 6 µm SD: 14 µm	
SE: 55,22 D ΔK: -7,69 D @ 23° TSE: 54,97 D ΔTK: -7,50 D @ 23°		SD: 0,03 D K1: 51,64 D @ 23° K2: 59,33 D @ 113° TK1: 51,47 D @ 23° TK2: 58,98 D @ 113°		SE: 52,33 D ΔK: -7,50 D @ 160° TSE: 52,14 D ΔTK: -7,26 D @ 160°		SD: 0,03 D K1: 48,85 D @ 160° K2: 56,35 D @ 70° TK1: 48,76 D @ 160° TK2: 56,03 D @ 70°	
K ZEISS CT SPHERIS 204 (Acr.Lyc 448) - Barrett Universal II - LF: +1,52 DF: Padrão IOL (D) Ref (D) +2,50 -0,70 +2,00 -0,42 +1,50 -0,14 +1,00 +0,14 +0,50 +0,41 +1,25 Emetropia		K Rayner Ray One Trifocal - Barrett Universal II - LF: +1,67 DF: Padrão IOL (D) Ref (D) +4,00 -0,49 +3,50 -0,21 +3,00 +0,06 +2,50 +0,32 +2,00 +0,59 +3,10 Emetropia		K ZEISS CT SPHERIS 204 (Acr.Lyc 448) - Barrett Universal II - LF: +1,52 DF: Padrão IOL (D) Ref (D) +7,00 -0,60 +6,50 -0,30 +6,00 +0,00 +5,50 +0,30 +5,00 +0,59 +6,01 Emetropia		K Rayner Ray One Trifocal - Barrett Universal II - LF: +1,67 DF: Padrão IOL (D) Ref (D) +7,00 -0,53 +6,50 -0,23 +6,00 +0,06 +5,50 +0,35 +5,00 +1,66 +6,10 Emetropia	
K ZEISS AT LARA toric 929M - Barrett Torio - LF: +1,52 DF: Padrão IOL SE Cil IOL Eixo IOL Ref SE Ref esf Ref cil Ref eixo +4,00+11,00 115° -0,53 -0,43 -0,19 25° +3,50+11,00 115° -0,25 -0,19 -0,11 25° +3,00+11,00 115° +0,03 +0,05 -0,04 25° +2,50+11,00 115° +0,30 +0,32 -0,04 115° +2,00+11,00 115° +0,57 +0,62 -0,11 115° +3,00+11,08 115° Emetropia				K ZEISS AT LARA toric 929M - Barrett Torio - LF: +1,52 DF: Padrão IOL SE Cil IOL Eixo IOL Ref SE Ref esf Ref cil Ref eixo +7,00+10,50 69° -0,60 -0,53 -0,15 159° +6,50+10,50 69° -0,30 -0,21 -0,17 159° +6,00+10,50 69° +0,00 +0,10 -0,19 159° +5,50+10,50 69° +0,30 +0,40 -0,21 159° +5,00+10,50 69° +1,61 +1,79 -0,36 159° +6,00+10,80 69° Emetropia			
(!) Valor-limite (*) Valor editado manualmente --- nenhum valor medido							
Comentário							

IOLMaster 700

Versão 1.80.10.61129 Elaborado em: 19/08/2023 08:10, por Operator.

Página 2 de 12

Figura 5: Resultado de Biometria pelo IOL Master 700

Fonte: Autora (SALGADO, LFQE)

No resultado de um exame de IOL Master 700 exposto acima, de um paciente com ceratocone participante da pesquisa, conseguimos perceber curvaturas corneanas aumentadas em ambos os olhos, com valores em OD de $K1=51,64D/K2=59,33D$, e em OE de $K1=48,85D/K2=56,35D$.

O Lenstar LS 900 ® (LS900; Haag-Streit AG, Koeniz, Suíça) tornou-se um dos dispositivos de biometria mais comumente usados desde sua aprovação pela Food and Drug Administration (FDA), em 2009. Combina reflectometria óptica de baixa coerência (OLCR) e ceratometria de zona dupla padrão de 32 pontos, com bom nível de precisão. Ele fornece as medidas de CCT, AL, ACD, LT, ceratometria, diâmetro pupilar, medidas de espessura da retina e distância branco-branco de maneira semelhante ao IOLM700 (PEREIRA, 2018).



Figura 6: Aparelho Lenstar LS 900.
Fonte: Folder da empresa HAAG STREIT

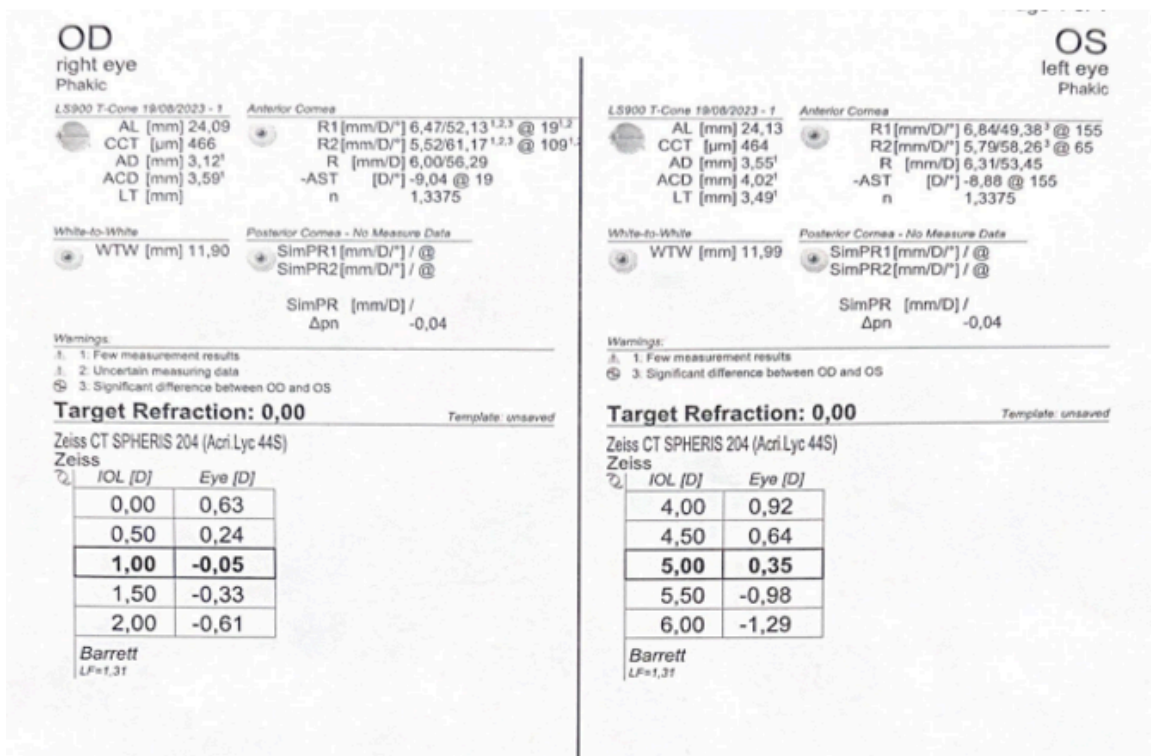


Figura 7: Resultado de Biometria pelo Lenstar LS 900
Fonte: Autora (SALGADO, LFQE)

No resultado de um exame de Lenstar LS900 exposto acima, de outro paciente com ceratocone participante da pesquisa, conseguimos perceber curvaturas corneanas aumentadas em ambos os olhos, com valores em OD de K1=52,13D/K2=61,17D, e em OE de K1=49,38D/K2=58,26D.

Uma vez que a curvatura anterior e a posterior estão alteradas no ceratocone, há erro significativamente maior no cálculo da LIO nesses pacientes comparados com olhos normais. A análise biométrica envolve desde a escolha do biômetro e da fórmula biométrica que será utilizada até o alvo refrativo que será considerado (WANG, 2020). Normalmente, ocorre uma superestimação do poder refrativo total da córnea, com subestimação do valor da LIO, ocasionando um provável erro refrativo hipermetrópico pós-operatório, sendo necessário manter um alvo de baixa miopia, dependendo do estágio do ceratocone (KOZAHAYA, 2023). De acordo com a literatura recente, as fórmulas Barret Universal II, Barret True k e Kane KC têm bons desempenhos em todos os estágios do ceratocone, enquanto a fórmula SRK/T apresenta bons resultados nas formas leves a moderadas de ceratocone (SINGH, 2023).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Comparar dois aparelhos de biometria óptica no cálculo da LIO em pacientes com ceratocone.

3.2 Objetivo Específico

- Verificar a correlação entre dois biômetros ópticos em pacientes com ceratocone.
- Avaliar qual parâmetro biométrico interfere mais no resultado do cálculo da LIO em pacientes com ceratocone

4 MÉTODOS

4.1 Desenho e local do estudo

Trata-se de um estudo transversal, prospectivo, realizado em parceria entre um hospital público e um hospital privado terciário, na cidade de Goiânia, no período de abril de 2023 a agosto de 2023.

4.2 Amostragem

A amostra foi não probabilística, constituída por 60 olhos de 30 pacientes provenientes dos ambulatórios de córnea do CEROF (instituição pública), e que apresentavam diagnóstico de ceratocone pela tomografia de córnea.

Neste estudo foram incluídos os dois olhos de cada paciente, pois concluímos que por se tratar de uma doença bilateral, porém assimétrica, cada olho representa uma unidade independente na amostra.

Todos os pacientes foram submetidos aos exames de: Tomografia de córnea, para confirmação do diagnóstico da doença; e Biometria Óptica, por meio de dois aparelhos (IOL Master 700 e Lenstar LS 900) em um hospital privado terciário (VER), devido à limitação deste serviço público em não possuir tais dispositivos.

4.3 Critérios de Elegibilidade

4.3.1 Critérios de Inclusão

Foram incluídos no estudo os pacientes de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 18 anos, portadores de ceratocone, conforme critérios tomográficos abaixo, e sem catarata.

- Astigmatismo irregular e assimétrico
- Curvatura corneana central > 47.2 D
- BAD D > 1,4

4.3.2 Critérios de Exclusão

Foram excluídos os pacientes menores de 18 anos e/ou que apresentavam qualquer opacidade na córnea; e/ou que já tinham sido submetidos a qualquer procedimento cirúrgico oftalmológico previamente, inclusive os corneanos.

4.4 Coleta de Dados

Os participantes com ceratocone, segundo critérios clínicos e tomográficos, incluídos na pesquisa foram submetidos a exame oftalmológico completo, incluindo anamnese, medida da melhor acuidade visual corrigida com óculos e exame físico em lâmpada de fenda. Posteriormente, todos eles foram submetidos ao exame de Pentacam HR, e de biometria óptica em dois aparelhos: o IOL Master 700 e o Lenstar LS 900; fornecidos sem custo pela pesquisadora e pela instituição proponente, o Hospital VER.

Os três exames foram realizados de forma sequencial em um mesmo dia em cada paciente, pelo mesmo operador treinado e habilitado para tal. Durante a realização dos exames não foi necessária a dilatação da pupila ou o uso de qualquer colírio. Os exames foram indolores e realizados em uma sala semelhante a um consultório oftalmológico, onde cada integrante da pesquisa sentou-se em frente ao aparelho, com o queixo sobre o suporte da máquina, e não houve qualquer contato do aparelho com seu olho. A duração dos exames foi de aproximadamente 15 minutos por participante.

Os pacientes usuários de lentes de contato foram esclarecidos a ficarem sem utilizá-las antes dos exames por pelo menos 1 semana quando lente gelatinosa e 2 semanas quando lente rígida.

4.5 Aparelhos Utilizados

4.5.1 IOL Master 700

Biômetro óptico de não contato da Zeiss, que usa tecnologia SS-OCT (laser com comprimento de onda variável) para gerar varreduras B ópticas (seções transversais ópticas) e determinar os dados biométricos do olho, e uma análise de suas variáveis a partir de 3 varreduras em cada um dos 6 meridianos de referência (KUNERT, 2016).

4.5.2 Lenstar LS 900

Biômetro óptico de não contato da Haag-Streit, que usa a OLCR como seu princípio, por meio de uma análise de variáveis a partir de 32 pontos de referência (SONG, 2020).

Dados Técnicos	Lenstar LS 900	IOL Master 700
CCT	300-800 μm	200-1200 μm
ACD	1,5-6,5mm	0,7-8mm
LT	0,5-6,5mm	1-10mm
AL	14-32mm	14-38mm
R	5-10.5mm	5-11 mm

CCT, Espessura corneana central; ACD, Profundidade de câmara anterior; LT, Espessura do cristalino; AL, Comprimento axial; R, Raio de curvatura corneana.

Os parâmetros intrínsecos (variáveis dependentes) coletados dos aparelhos foram:

AL (mm)	Comprimento Axial
ACD (mm)	Profundidade da Câmara Anterior
ASTIG (D)	Magnitude do Astigmatismo
K1 (D)	Ceratometria mais plana
K2 (D)	Ceratometria mais curva
LIO (D)	Poder da Lente Intraocular

A lente intraocular Zeiss CT SPHERIS 204, de constante 118,2, foi a escolhida para o cálculo da potência da LIO hipoteticamente selecionada para cada paciente, sendo o alvo refrativo a emetropia. As potências das lentes intraoculares foram calculadas com ambos os biômetros usando a fórmula Barrett Universal II, fórmula de quinta geração que apresentou bons resultados em pacientes com KC (WANG, 2020). Os pacientes não chegaram a ser operados, pois ainda não desenvolveram catarata. O trabalho visa justamente prever um melhor resultado cirúrgico futuro para estes pacientes com ectasia corneana.

4.6 Variáveis Independentes

As variáveis independentes coletadas foram idade (em anos vividos), sexo (masculino/feminino) e lateralidade (direito e esquerdo).

4.7 Desfecho

Cálculo da lente intraocular por meio da biometria óptica em pacientes com ceratocone.

4.8 Análise de Dados

A caracterização do perfil dos pacientes foi realizada por meio de frequência absoluta, frequência relativa para as variáveis categóricas; média e desvio padrão para as variáveis contínuas. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. A comparação das médias e a análise de concordância entre os aparelhos IOLMaster 700 e Lenstar LS 900 foram testadas por meio da aplicação do teste *t* pareado e da análise de correlação de *Pearson*, respectivamente. A fim de se avaliar a medida de variação do parâmetro LIO em função do K1, K2, ASTIG, AL e ACD, foi calculado o delta entre os aparelhos e realizada a análise de Regressão Linear Univariada, primeiramente, e, depois, Multivariada. Os dados foram planilhados no Microsoft Excel e analisados estatisticamente com o auxílio do programa *Statistical Package for Social Science (SPSS)*, (IBM Corporation, Armonk, USA) versão 26,0. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

Considerações sobre o tamanho amostral

O tamanho do efeito amostral (f^2) foi calculado a partir do coeficiente de determinação (r^2) gerado na Análise de Regressão Linear Múltipla, utilizando-se o software G.Power® 3.1. Para tanto, foi adotado um nível de significância de 0,05, intervalo de confiança de 0,95, poder amostral de 0,80. O tamanho do efeito amostral gerado com base no coeficiente de

determinação foi de 2.99. Dessa forma, foi verificada uma estimativa mínima para o tamanho amostral de 24. A estimativa do tamanho amostral indica que o tamanho da amostra foi adequado para as inferências apresentadas no presente estudo.

4.9 Aspectos Éticos

A pesquisa aderiu aos princípios da Declaração de Helsinque e seguiu os preceitos da Resolução CNS/MS 466/2012, sendo submetida à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital e Maternidade Dona Íris (HMDI), por meio da Plataforma Brasil, sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 64997222.8.0000.8058 (Anexo A).

Todos os incluídos concordaram em participar, voluntariamente, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A), após a explicação da pesquisadora sobre o estudo, esclarecendo sua natureza, objetivos, métodos, benefícios, riscos e incômodos.

5 RESULTADOS

Foram avaliados, no decorrer de 5 meses de coleta de dados, 157 pacientes (314 olhos) com diagnóstico tomográfico de ceratocone nos ambulatorios do CEROF, porém 148 olhos foram excluídos por já terem sido submetidos a algum procedimento cirúrgico corneano prévio, e 90 olhos de 45 pacientes foram excluídos por terem idade inferior a 18 anos. Posteriormente, 76 olhos de 38 pacientes foram selecionados e submetidos aos exames IOLMaster 700 e Lenstar LS900. Destes, 16 olhos foram excluídos por não leitura dos dados em ambos os biômetros. Entraram nos cálculos do estudo, por fim, 60 olhos, sendo a idade média dos participantes de 30.53 ± 10.28 anos. Os dados do perfil sociodemográfico dos pacientes estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação do perfil demográfico dos pacientes.

	n	%
Faixa etária		
18 a 29 anos	30	50.0
30 a 52 anos	30	50.0
Sexo		
Feminino	22	73.3
Masculino	8	26.7
Lateralidade		
Direito	30	50.0
Esquerdo	30	50.0

n, frequência absoluta; %, frequência relativa

Em relação à avaliação da biomicroscopia em lâmpada de fenda, 6 olhos apresentavam estrias de Vogt, 12 olhos apresentavam anel de Fleischer na base do cone, e os demais com curvatura aumentada, porém sem alterações em biomicroscopia.

Os olhos foram quantificados em estágios de gravidade, de acordo com os critérios estabelecidos pelo sistema ABCD de Belin (DUNCAN, 2016), conforme tabela 2.

Tabela 2: Quantificação dos pacientes, segundo os critérios ABCD de Belin.

Critérios ABCD	A	B	C	D
Estágio 0	12	5	10	19
Estágio I	11	8	13	22
Estágio II	24	19	22	14
Estágio III	6	3	10	4
Estágio IV	7	25	5	1

Os parâmetros avaliados de cada aparelho (IOL e LENS) estão expostos na Tabela 3 em forma de média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo.

Tabela 3: Estatísticas descritivas dos resultados no IOL e LENS (n=60 olhos)

D, dioptria; K, ceratometria; AL, comprimento axial; LIO, lente intraocular; ACD,

	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
IOL					
K1 IOL (D)	46.82	4.42	45.35	42.06	72.24
K2 IOL (D)	51.57	5.80	50.49	43.53	76.78
ASTIG IOL (D)	4.75	2.96	4.30	0.36	15.29
AL IOL (mm)	23.55	0.94	23.56	21.80	26.31
LIO IOL (D)	12.99	7.91	14.25	-25.60	22.50
ACD IOL (mm)	3.61	0.31	3.63	3.04	4.19
LENS					
K1 LENS	47.26	4.84	45.75	42.55	74.82
K2 LENS	52.40	6.48	51.30	43.61	78.76
ASTIG LENS	5.14	3.28	4.40	0.51	17.36
AL LENS	23.55	0.94	23.56	21.82	26.34
LIO LENS	12.13	8.12	13.26	-25.54	22.50
ACD LENS	3.77	0.31	3.78	3.11	4.50

profundidade de câmara anterior.

A correlação de Pearson foi utilizada para a verificação da associação entre os aparelhos. A tabela 4 apresenta a análise comparativa entre todos os parâmetros do IOLMaster e do Lenstar pelo total de olhos. Foi verificada associação positiva com forte correlação entre os aparelhos, apresentando valores de coeficiente de correlação ($r \geq 0,79$) com $p < 0,01$ em todos os parâmetros avaliados. Podemos verificar que a profundidade de câmara

anterior (ACD) foi o parâmetro que apresentou menor valor de associação quando comparado aos demais, porém ainda assim forte ($r = 0,79$ e $p < 0,01$).

Tabela 4: Correlação de Pearson entre os parâmetros medidos pelo IOL e LENS (n=60 olhos)

LENS	IOL						
	Total 60 olhos	K1	K2	ASTIG	AL	LIO	ACD
K1		$r = 0,98$ $p < 0,01$					
K2			$r = 0,99$ $p < 0,01$				
ASTIG				$r = 0,97$ $p < 0,01$			
AL					$r = 1,00$ $p < 0,01$		
LIO						$r = 1,00$ $p < 0,01$	
ACD							$r = 0,79$ $p < 0,01$

A tabela de Pearson foi também expressa através de gráficos de dispersão ou scatterplots, representados na Figura 8. Todos os parâmetros apresentaram correlação forte, positiva e crescente. O gráfico de ACD foi o que apresentou maior dispersão dos pontos, perceptível pelo afastamento da linha de regressão, enquanto o gráfico de AL foi o que mais se aproximou.

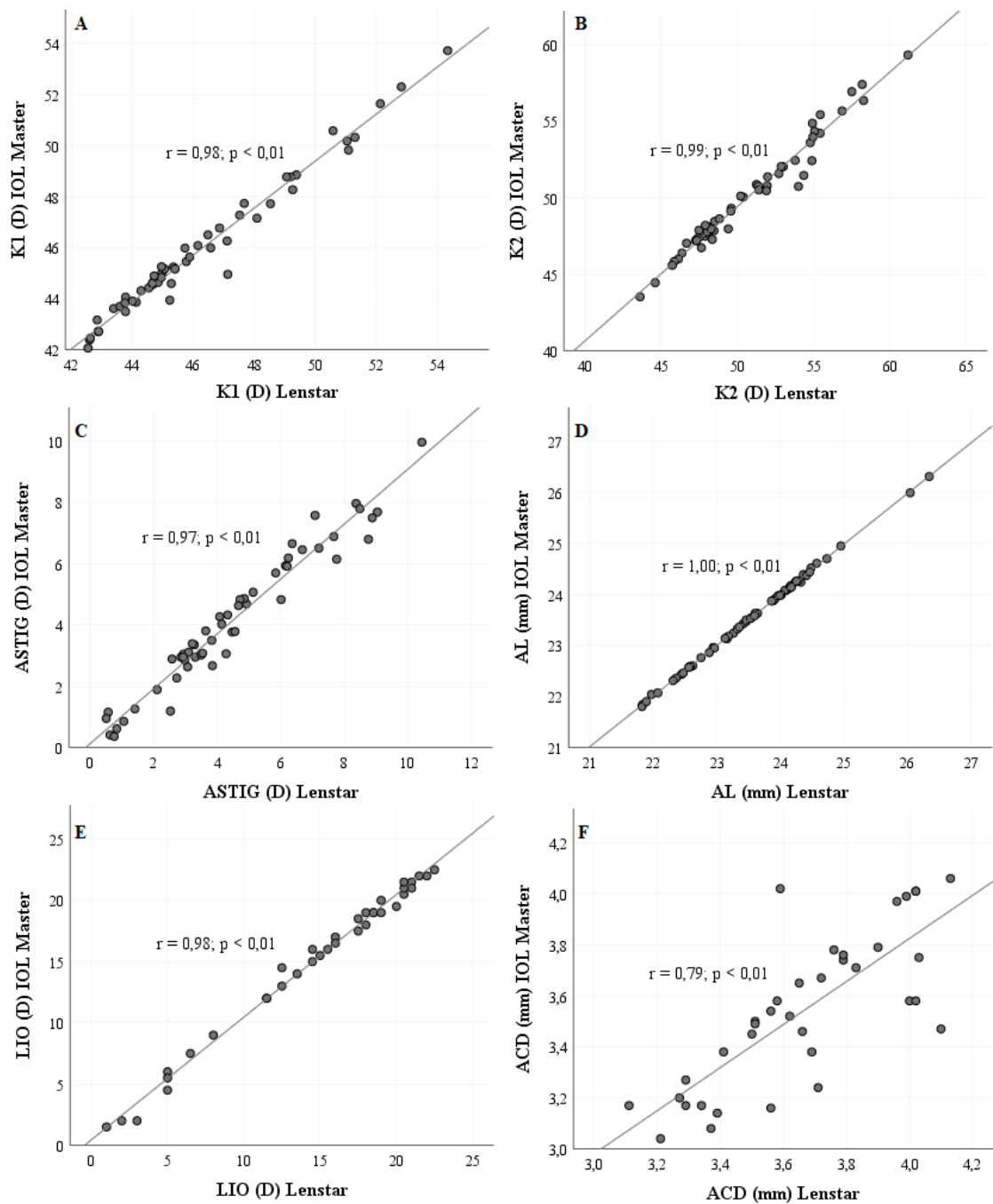


Figura 8: Gráfico de dispersão demonstrando a correlação de Pearson entre o IOL master com o Lenstar.

Foi aplicado o Teste t pareado, conforme Tabela 5, para comparação das médias dos parâmetros avaliados entre os aparelhos IOLMaster700 e Lenstar LS900 nos pacientes com ceratocone, demonstrando diferença estatisticamente significativa em relação aos parâmetros K1, K2, ASTIG, LIO e ACD com $p < 0,001$. O único parâmetro que não demonstrou diferença

estatisticamente significativa entre os aparelhos foi o AL com valor de $p = 0,665$.

Tabela 5: Estatísticas descritivas dos resultados no IOL e LENS (n=60 olhos)

	IOL	LENS	Δ	p^*
K1 (D)	46,82 ± 4,42	47,26 ± 4,84	0,31 ± 0,47	<0,001
K2 (D)	51,57 ± 5,80	52,40 ± 6,48	0,65 ± 0,78	<0,001
ASTIG (D)	4,75 ± 2,96	5,14 ± 3,28	0,34 ± 0,55	<0,001
AL (mm)	23,55 ± 0,94	23,55 ± 0,94	0,00 ± 0,02	0,665
LIO (D)	12,99 ± 7,91	12,13 ± 8,12	-0,47 ± 0,57	<0,001
ACD (mm)	3,61 ± 0,31	3,77 ± 0,31	0,12 ± 0,19	<0,001

*Teste t pareado; DP, desvio padrão

Os gráficos de dispersão de Bland-Altman, expostos na Figura 9, representam outra forma de comparação entre cada parâmetro dos biômetros avaliados. O eixo x representa a média dos valores encontrados, e o eixo y a diferença entre os valores, sendo a linha tracejada vermelha a representação da média das diferenças. A maioria dos gráficos apresentam variabilidade aleatória, exceto o gráfico do poder da LIO. Este é o que mais se afasta da linha que representa a média das diferenças; apresenta variabilidade muitas vezes constante entre vários pontos, demonstrando que existe uma diferença consistente entre os aparelhos biométricos de pelo menos -0,50D, e sugerindo que os dispositivos não são coincidentes.

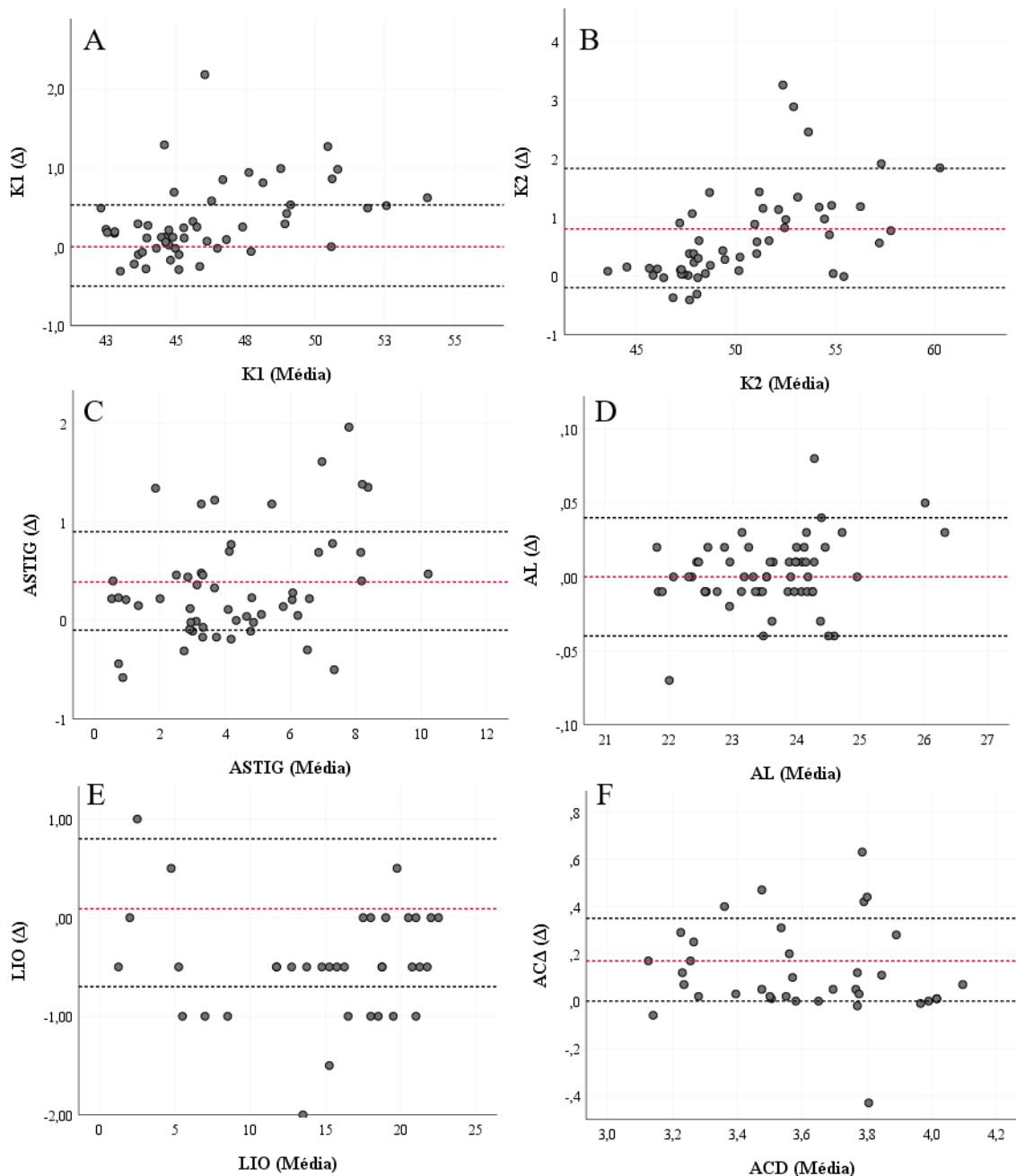


Figura 9. Gráficos de Bland-Altman entre o IOL master e o Lenstar.

Por fim, para analisar qual parâmetro influenciaria mais nas oscilações do poder da LIO, foi feita a análise de Regressão Linear simples e múltipla, demonstrando que todos os parâmetros foram estatisticamente responsáveis pelas discrepâncias dos valores de LIO, exceto o ACD, que não entrou na análise multivariada, conforme Tabela 6. A ceratometria mais curva (K2) foi a maior responsável pelas variações do cálculo da LIO com valor t de 2.93 e p 0.001, conforme Tabela 7.

Tabela 6: Resultado da análise de Regressão Linear Simples entre as medidas de variação da LIO em função de K1, K2, ASTIG, AL e ACD.

	<i>B</i>	Erro padrão	<i>t</i>	<i>p</i>
K1 (D)	-0.53	0.26	2.03	0.051
K2 (D)	-1.13	0.43	3.03	0.010
ASTIG (D)	-0.36	0.20	1.80	0.081
AL (mm)	-12.01	4.04	2.97	0.005
ACD (mm)	-0.17	0.51	0.33	0.743

Tabela 7: Resultado da análise de Regressão Linear múltipla entre as medidas de variação da LIO em função de K1, K2, ASTIG e AL.

	<i>B</i>	Erro padrão	<i>t</i>	<i>p</i>
K1 (D)	-0.37	0.27	1.39	0.017
K2 (D)	-0.61	0.57	2.93	0.001
ASTIG (D)	-0.32	0.19	1.63	0.011
AL (mm)	-7.97	4.53	1.86	0.010

$r^2 = 0,63$

6 DISCUSSÃO

A análise biométrica nos pacientes com ceratocone é um desafio. Nosso estudo comparou os parâmetros do IOLM700 com os do LS900 em olhos com essa ectasia, demonstrando que há forte correlação entre os aparelhos, porém não se pode dizer que são intercambiáveis, visto que existe diferença estatística significativa entre os parâmetros na análise do teste t pareado com $p < 0,001$; exceto o parâmetro AL, que não apresentou diferença estatística.

A correlação de Pearson entre dois aparelhos é utilizada para quantificar o grau em que duas variáveis estão relacionadas, porém uma correlação elevada não implica automaticamente que exista uma boa concordância entre os dois métodos. O coeficiente de correlação e a técnica de regressão são por vezes inadequados e podem ser enganosos na avaliação da concordância, pois avaliam apenas a associação linear de dois conjuntos de observações (GIAVARINA, 2015).

Sendo assim, fizemos a comparação dos biômetros por meio da análise da diferença das médias pelo teste t pareado, e por meio dos gráficos de dispersão de Bland-Altman. Estes gráficos estimam a concordância entre duas medidas quantitativas, considerando-se o estudo da média das diferenças das medidas encontradas e da construção de limites de concordância (GIAVARINA, 2015). Dessa forma, confirmamos que os dispositivos biométricos não são coincidentes.

Os pacientes deste estudo foram classificados segundo os critérios ABCD de Belin, sistema moderno que leva em consideração a curvatura posterior, e vem sendo o mais utilizados nos últimos trabalhos (CHALKIADAKI, 2022). Em nossa amostra, segundo o critério A (média do raio de curvatura anterior nos 3 mm centrais do ponto mais fino da córnea), 40% dos olhos encontravam-se em estágio II com $K < 53.0$ D, seguido por 20% em estágio 0 com $K < 46.5$ D, e 18% em estágio I com $K < 48.0$ D; diferindo um pouco da literatura, na qual a grande maioria dos trabalhos sobre biometria em pacientes com ceratocone utilizaram a classificação de

Krumeich, sendo a grande maioria dos olhos classificados em estágio I com K central $\leq 48D$ (VANDEVENNE, 2023; WANG, 2020; GARZÓN, 2020).

Vários são os aspectos a serem considerados na avaliação pré-operatória de pacientes com ceratocone que serão submetidos à facectomia, a começar pelo estadiamento da doença; posteriormente, considerando-se a escolha de qual ceratometria utilizar no cálculo da LIO, qual aparelho de biometria usar, qual fórmula selecionar para o cálculo, qual tipo de LIO implantar; e, finalmente, definindo qual alvo refrativo considerar para o melhor resultado cirúrgico desses pacientes.

Nos últimos dez anos, diversos trabalhos envolvendo catarata e ceratocone já foram publicados, porém contendo aspectos distintos. Muitos já foram realizados a respeito de qual fórmula seria a mais adequada no cálculo biométrico em pacientes com ceratocone. Wang et al. (2020) fizeram uma análise retrospectiva de prontuários de pacientes com ceratocone submetidos à cirurgia de catarata entre 2014 e 2018 para avaliar qual fórmula utilizada no cálculo da LIO foi a mais eficiente e qual o erro refrativo em cada estágio da doença; em alguns pacientes a biometria foi realizada com o IOL Master 500, em outros com o IOL Master 700, e em outros com o Lenstar LS900, mas não fizeram a comparação entre os biômetros.

Vandevenne et al. (2023) também fizeram uma revisão multicêntrica de prontuários de pacientes com ceratocone submetidos à cirurgia de catarata no período de 2012 a 2021 a fim de avaliar qual fórmula para o cálculo da LIO apresentou menor erro refrativo pós-operatório; em alguns foi utilizado o biômetro IOL Master 500 e em outros o IOL Master 700, mas também sem comparação entre eles.

Existem muitos trabalhos que já fizeram a comparação de biômetros, porém a grande maioria em pacientes sem a ectasia. Kunert et al. (2016) fizeram um estudo multicêntrico prospectivo comparando IOL MASTER 500, IOL MASTER 700 e LENSTAR LS 900, com o intuito de verificar a repetibilidade da biometria em pacientes com catarata sem ceratocone, demonstrando boa repetibilidade. Huang et al. (2017) publicaram uma metanálise avaliando 18 estudos que comparavam o IOL Master 500 com o Lenstar LS 900 em pacientes com catarata sem ceratocone, demonstrando que os aparelhos nestes casos são intercambiáveis, pois não houve

diferenças estatísticas nos parâmetros biométricos avaliados (ACD, ceratometria e AL). Em outro estudo, o IOLMaster 500 já previa menos diferença para a refração alvo desejada, bem como para o equivalente esférico, do que o Lenstar LS 900 com quase todas as fórmulas, porém foi realizado em pacientes sem ceratocone (UCKMANN, 2019).

Passi et al. (2018) compararam inclusive o IOL Master 700 e o Lenstar LS900 para avaliação de concordância nas medidas dos parâmetros biométricos em olhos com catarata sem ceratocone, e o tempo total de aquisição das imagens de cada dispositivo, demonstrando boa correlação e concordância entre eles, porém com tempo de aquisição 73% menor pelo IOL Master 700. Rodrigues et al. (2018) e Shetty et al. (2021), utilizando a fórmula Haigis e Barret II, respectivamente, também compararam os parâmetros biométricos do IOL Master 700 e do Lenstar LS 900 em olhos com catarata sem ceratocone, sem diferenças estatísticas entre eles.

Porém, existem poucos trabalhos comparando aparelhos de biometria em pacientes com ceratocone, pois trata-se de um desafio, a começar pelas leituras de ceratometria. Hashemi et al. (2015) avaliaram os efeitos dos estágios do ceratocone na repetibilidade da ceratometria entre alguns dispositivos que incluíram Pentacam HR Eyesys, Orbscan II, IOL Master 500 e Javal, demonstrando que em ceratocone com K máximo > 55D a repetibilidade é bastante reduzida, como resultado de erros de medição e resultados não confiáveis. Outro estudo fez uma revisão de 19 artigos relacionando o cálculo da potência da LIO em pacientes com ceratocone, demonstrando superestimação do poder corneano quando utilizada relação corneana anterior/posterior padronizada de 1,3375, com consequente erro hipermetrópico pós-operatório maior que 2,50D em doença estágio III de Krumeich, K>55D (GARZÓN, 2020).

Na tentativa de diminuir o erro refrativo final, causado pela dificuldade no uso da ceratometria como parâmetro do cálculo biométrico em pacientes com ceratocone, Singh et al. (2023) recomendam utilizar a ceratometria real se $K_2 < 55D$, e K padrão de 43.25D se $K_2 > 55 D$. Kane et al. (2020) recomendam alvo miópico entre -0,75D a -1,5D, e -2,00D a -3,00D em pacientes com a ectasia em estágio II e III de Krumeich, respectivamente.

Um dos poucos trabalhos encontrados na literatura que compararam os parâmetros de dois biômetros, o Pentacam AXL e o IOL Master 700, em olhos com ceratocone foi Chalkiadaki et al. (2022). Analisaram 30 olhos classificados segundo ABCD de Belin, sendo 86% com $K2 < 50D$, e concluindo que a medida da curvatura corneana foi significativamente maior no IOL Master 700, bem como que os aparelhos não são intercambiáveis.

Em nosso estudo, verificamos que tanto o IOLMaster quanto o Lenstar apresentaram valores de ceratometria ($K1$ e $K2$) maiores que o Pentacam HR utilizado no diagnóstico da ectasia, corroborando outros trabalhos que também indicaram que o IOLMaster 700 mediu uma curvatura corneana significativamente maior (especialmente o $K2$) em comparação com o Pentacam, tanto em olhos ceratocônicos quanto em olhos saudáveis (CHALKIADAKI, 2022; SHAJARI, 2017); e que as leituras de ceratometria realizadas com o Lenstar também foram significativamente maiores do que com o Pentacam (ARRUDA, 2021; YAGMUR, 2022).

Quanto ao comprimento axial, mesmo tendo a ectasia, não houve diferença estatística entre os aparelhos, assim como todos os trabalhos revisados foram unânimes em mostrar forte correlação e correspondência de valores entre os dispositivos (HUI, 2014; ARRUDA, 2021; GÜÇLÜ, 2021; KURIAN, 2016; ZAREI-GHANAVATI, 2022). A média dos valores de AL medidos em nossa pesquisa pelo IOL Master 700 foi de 23,55 mm e do Lenstar LS900 foi de 23,55 mm, dentro do intervalo habitual de comprimento axial de olhos adultos normais, que é de 22 a 25 mm, e compatíveis com o trabalho de Wang et al. (2020), também em olhos com ceratocone, nos quais a média foi de 24.93 mm. Em nosso estudo, somente 3,33% dos olhos apresentaram $AL \geq 26$ mm enquanto em outro trabalho envolvendo a ectasia 44% dos pacientes avaliados apresentaram $AL \geq 25,2$ (KOZAHAYA, 2023).

A profundidade de câmara anterior foi, sem dúvida, o parâmetro mais discrepante entre os biômetros avaliados: o LS900 apresentou dificuldade na leitura de ACD em olhos com ceratometria maior que 60D, e como ele é fundamental no cálculo do poder da LIO nas fórmulas de última geração, como a Barrett, alguns pacientes não tiveram o valor de LIO determinado; já o IOLM700 conseguiu efetuar a leitura de ACD em quase todos os olhos

avaliados, somente em três destes, que apresentavam ceratocone em estágio final, ele não fez a leitura. Quando comparados com o Pentacam, ambos os biômetros apresentaram valores maiores de ACD, corroborando o estudo de Güçlü (2021). Outros trabalhos também mostraram que este parâmetro é estatisticamente diferente entre 2 sistemas em olhos com ceratocone (GHOREISHI, 2016) e podendo ter discrepância inclusive em olhos sem ceratocone (ZAREI-GHANAVATI, 2022).

Quanto ao parâmetro ACD, a média dos valores encontrados em nosso estudo pelo IOL Master 700 foi de 3,61 mm e pelo Lenstar LS900 foi de 3,77 mm, dentro da faixa normal que é de 3 a 4 mm, e compatível com o trabalho de Wang et al. (2020), que foi de 3,58 mm.

Tanto a ceratometria (K1 e K2) quanto o AL e o ACD são parâmetros fundamentais utilizados no cálculo da lente intraocular. Devido às variações encontradas na comparação destes parâmetros nos dois dispositivos avaliados em nosso estudo, o valor do poder da LIO também apresentou diferença estatística significativa. O cálculo errado de uma lente intraocular, nestes pacientes com ceratocone, refletiria seriamente na insatisfação do resultado de uma facectomia futura, visto que a variação do poder da LIO entre os aparelhos chegou a até 2,00D (grau), o que não representaria uma dioptria residual clinicamente favorável ao paciente, pois este provavelmente manteria o uso de óculos e/ou lentes de contato com alto grau, mesmo após a cirurgia.

Em olhos normais, as fórmulas biométricas modernas preveem um resultado refrativo pós-operatório dentro de $\pm 0,50D$ em cerca de 75% dos olhos (WANG, 2020); e em olhos com ceratocone, utilizando-se as fórmulas específicas para KC, um resultado refrativo pós-operatório dentro de $\pm 1,00D$ é aceitável (VANDEVENNE, 2023). A comparação entre os aparelhos IOLM700 e LS900 em pacientes sem ceratocone já é bem estabelecida e sem diferenças estatísticas entre eles. Até o presente momento não encontramos estudos comparativos entre estes dispositivos em pacientes com ceratocone.

Não há consenso sobre qual fórmula de lente intraocular usar, qual dispositivo biométrico optar, ou qual valor K usar, especialmente no ceratocone avançado. Nesses casos, a maioria dos estudos mostrou

resultados não confiáveis (WANG, 2020). A comparação de biômetros em pacientes com ceratocone necessita de um maior número de pesquisas futuras. Enquanto isso, devemos sempre aconselhar os pacientes que há uma certa incerteza nos resultados pós-operatórios, apesar de todo o planejamento pré-operatório; e que uma nova intervenção cirúrgica pode ser necessária caso alguma insatisfação aconteça (SINGH, 2023).

O tamanho da amostra foi adequado segundo o cálculo amostral feito na análise estatística e esteve de acordo com outros trabalhos avaliados, apesar da dificuldade na captação de pacientes com ceratocone e com idade maior ou igual a 18 anos, que não tivessem feito qualquer procedimento cirúrgico. Muitos foram excluídos do trabalho por já terem sido submetidos a alguma intervenção cirúrgica prévia. Por se tratar de uma doença que se inicia entre a primeira e segunda década de vida, e com o avanço dos métodos de imagem na detecção precoce, muitos pacientes já chegam na idade adulta tendo realizado algum tipo de tratamento cirúrgico, como implante de anel intra-estromal ou crosslinking. Outros trabalhos envolvendo ceratocone também fizeram a inclusão dos dois olhos na amostra (WANG, 2020; KOZHAYA, 2023).

Mais estudos são necessários para correlacionar os parâmetros dos biômetros em grupos, de acordo com a classificação ceratométrica do ceratocone, visto que quanto mais avançada é a ectasia, maior a dificuldade que esses aparelhos apresentam em fazer a leitura dos valores (HASHEMI, 2015). Pesquisas futuras também são necessárias para desenvolver uma única fórmula que tenha o melhor desempenho em todo o espectro de gravidade do ceratocone (WANG, 2020).

O cálculo da LIO feito nos biômetros IOLM700 e LS900 deste estudo foi hipotético, visto que estes pacientes ainda não desenvolveram catarata e por isso ainda não puderam ser operados. Sendo assim, não foi possível estabelecer qual o biômetro mais preciso no cálculo da LIO em pacientes com ceratocone.

Seria primordial um estudo do tipo ensaio clínico em pacientes com ceratocone e catarata, que serão submetidos à facectomia, para definir qual seria o dispositivo biométrico mais preciso nestes casos. Inicialmente, comparando-se as medidas biométricas do pré-operatório (K1, K2, ASTIG,

ACD, AL, LT, valor de LIO, alvo refrativo) entre diferentes sistemas de medição (IOLM700, LS900 ou PENTACAM AXL) e utilizando-se fórmulas específicas para o ceratocone como Kane KC e Barrett True-K (KOZHAYA, 2023). Posteriormente, comparando-se os valores encontrados de LIO e alvo refrativo com o resultado refracional pós-operatório, sendo possível concluirmos qual seria o dispositivo biométrico com menor erro previsto. Dessa forma, o aparelho de biometria que calculasse uma LIO pré-operatória mais próxima da emetropização pós-operatória poderia ser um possível padrão-ouro na avaliação destes pacientes com ectasia corneana e catarata.

7 CONCLUSÕES

A comparação dos biômetros ópticos IOL Master 700 e Lenstar LS900 em olhos com ceratocone, ainda sem o desenvolvimento de catarata, demonstrou diferenças estatísticas entre os aparelhos, com $p < 0,001$ entre os parâmetros avaliados (K1, K2, Astig, ACD, LIO), exceto o parâmetro AL, de tal forma que ambos mediram valores muito coincidentes, não apresentando diferença estatística.

A correlação de Pearson entre os biômetros foi forte e positiva, mesmo existindo a diferença entre os valores dos parâmetros avaliados.

O parâmetro responsável pela maior oscilação dos valores do poder da LIO entre os dispositivos analisados foi o K2.

Em pacientes com ceratocone, o cálculo da biometria pelo IOL Master 700 e pelo Lenstar LS900 não pode ser considerado semelhante, visto que os valores do poder da LIO apresentaram diferenças estatisticamente significativas, logo, os aparelhos não são substituíveis ou intercambiáveis.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos já existentes que abrangem o tema catarata e ceratocone discorrem muito sobre o tipo de fórmula biométrica ideal para o cálculo da LIO a ser implantada futuramente na vigência de esclerose cristalíniana, porém a relevância deste estudo está exatamente no fato de não termos encontrado até o momento nenhum trabalho comparativo entre estes dois biômetros, IOL Master 700 e Lenstar LS 900, em pacientes com ceratocone.

A irregularidade corneana encontrada nestes olhos reflete a dificuldade no cálculo preciso dos parâmetros de ceratometria e profundidade da câmara anterior, e, conseqüentemente, a dificuldade de reprodutibilidade dos valores da LIO ideal que deverá ser implantada futuramente nestes pacientes quando apresentarem catarata. Novos trabalhos envolvendo o tema seriam de grande auxílio, principalmente comparando os biômetros em diferentes estágios da doença.

Por fim, podemos inferir que os dois dispositivos biométricos avaliados não parecem ser intercambiáveis em um cenário clínico, provavelmente devido à superfície corneana irregular decorrente do ceratocone e seu estadiamento, visto que quanto mais avançada a doença, maior a diferença entre os aparelhos analisados.

REFERÊNCIAS

AKMAN, A.; ASENA, L.; GÜNGÖR, S. G. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. **The British journal of ophthalmology**, v. 100, n. 9, p. 1201–1205, 2016.

AMBROSIO JÚNIOR, R.; CREMA, A. **Tratado Brasileiro de Catarata e Cirurgia Refrativa**. 1. ed. [s.l.] Guanabara Koogan, 31 março 2014.

ANDRADE JUNIOR, N. Influência da ceratometria e profundidade de câmara anterior obtidas por biometria óptica e por sistema Scheimpflug na predição do poder dióptrico de lente intraocular multifocal calculada para emetropia. 2018. Tese (Doutorado em Oftalmologia) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2018.

ARRUDA, H. A. et al. Lenstar LS 900 versus Pentacam-AXL: analysis of refractive outcomes and predicted refraction. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, 2021.

BELIN, M. W.; KIM, J.; ZLOTY, P. Simplified nomenclature for describing keratoconus. **Int J Kerat Ect Cor Dis**, v. 1, p. 31–35, 2012.

_____.; DUNCAN, J. Keratoconus: The ABCD Grading System. **Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde**, v. 233, n. 06, p. 701–707, 2016.

BOZORG, S.; PINEDA, R. Cataract and keratoconus: Minimizing complications in intraocular lens calculations. **Seminars in ophthalmology**, v. 29, n. 5–6, p. 376–379, 2014.

CHALKIADAKI, E. et al. Agreement in anterior segment measurements between swept-source and Scheimpflug-based optical biometries in keratoconic eyes: a pilot study. **Therapeutic advances in ophthalmology**, v. 14, p. 251584142110632, 2022.

CICINELLI, M. V. et al. Cataracts. **Lancet**, v. 401, n. 10374, p. 377–389, 2023.

DUNCAN, J. K.; BELIN, M. W.; BORGSTROM, M. Assessing progression of keratoconus: novel tomographic determinants. **Eye and vision (London, England)**, v. 3, n. 1, 2016.

GARZÓN, N. et al. Intraocular lens power calculation in eyes with keratoconus. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 46, n. 5, p. 778–783, 2020.

GHOREISHI, S. M. et al. Comparison of Scheimpflug and swept-source anterior segment optical coherence tomography in normal and keratoconus eyes. **International ophthalmology**, v. 37, n. 4, p. 965–971, 2017.

GIAVARINA, D. Understanding Bland Altman analysis. **Biochemia medica**, v. 25, n. 2, p. 141–151, 2015.

GONZALEZ-SALINAS, R. et al. Cataract surgery in patients with underlying keratoconus: focused review. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 49, n. 1, p. 97–102, 2023.

GÜÇLÜ, H. et al. Agreement of anterior segment parameters between schiempflug topography and swept-source optic coherence based optic biometry in keratoconus and healthy subjects. **Eye & contact lens**, v. 47, n. 10, p. 539–545, 2021.

HADDAD, J. S. et al. Comparison of Biometry Measurements Using Standard Partial Coherence Interferometry versus New Scheimpflug Tomography with Integrated Axial Length Capability. **Clinical Ophthalmology**, v. 14, p. 353-358, 2020.

HASHEMI, H.; YEKTA, A.; KHABAZKHOOB, M. Effect of keratoconus grades on repeatability of keratometry readings: Comparison of 5 devices. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 41, n. 5, p. 1065–1072, 2015.

HASHEMI, H. et al. The prevalence and risk factors for keratoconus: A systematic review and meta-analysis: A systematic review and meta-analysis. **Cornea**, v. 39, n. 2, p. 263–270, 2020.

HILGERT, G. S. L. et al. Diagnóstico do ceratocone: um artigo de revisão. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v. 79, n. 6, p. 420–425, nov. 2020.

HUANG, J. et al. Meta-analysis of optical low-coherence reflectometry versus partial coherence interferometry biometry. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, 2017.

HUI, S.; YI, L. Comparison of two optical biometers in intraocular lens power calculation. **Indian journal of ophthalmology**, v. 62, n. 9, p. 931, 2014.

KANE, J. X. et al. Accuracy of intraocular lens power formulas modified for patients with keratoconus. **Ophthalmology**, v. 127, n. 8, p. 1037–1042, 2020.

KASWIN, G. et al. Biometry and intraocular lens power calculation results with a new optical biometry device: Comparison with the gold standard. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 40, n. 4, p. 593–600, 2014.

KOZHAYA, K. et al. Comparison of keratoconus specific to standard IOL formulas in patients with keratoconus undergoing cataract surgery. **Journal of refractive surgery**, v. 39, n. 4, p. 242–248, 2023.

KUNERT, K. S. et al. Repeatability and agreement in optical biometry of a new swept-source optical coherence tomography–based biometer versus partial coherence interferometry and optical low-coherence reflectometry. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 42, n. 1, p. 76–83, 2016.

KURIAN, M. et al. Biometry with a new swept-source optical coherence tomography biometer: Repeatability and agreement with an optical low-coherence reflectometry device. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 42, n. 4, p. 577–581, 2016.

MANNIS, M. J.; HOLLAND, E. J. **Cornea, E-book: Cornea, E-book**. 5. ed. [s.l.] Elsevier, 2021.

MGBOJI, G. E. et al. Deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty for keratoconus: A claims-based analysis. **Cornea**, v. 42, n. 6, p. 663–669, 2023.

MUKESH, B. N. Development of cataract and associated risk factors: The visual impairment project. **Archives of ophthalmology**, v. 124, n. 1, p. 79, 2006.

NICHOLSON, M. et al. Current concepts in the management of cataract with keratoconus. **Indian journal of ophthalmology**, v. 72, n. 4, p. 508–519, 2024.

ÖZBEK UZMAN, S. et al. Corneal pathology and cataract: Combined surgery or sequential surgery? **Türk oftalmoloji dergisi**, v. 51, n. 1, p. 1–6, 2021.

PASSI, S. F.; THOMPSON, A. C.; GUPTA, P. K. Comparison of agreement and efficiency of a swept source-optical coherence tomography device and an optical low-coherence reflectometry device for biometry measurements during cataract evaluation. **Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)**, v. 12, p. 2245–2251, 2018.

PEREIRA, J. M. M. et al. Lenstar® LS 900 vs Pentacam®-AXL: Comparative study of ocular biometric measurements and intraocular lens power calculation. **European journal of ophthalmology**, v. 28, n. 6, p. 645–651, 2018.

RABINOWITZ, Y. S. Keratoconus. **Survey of ophthalmology**, v. 42, n. 4, p. 297–319, 1998.

RABINOWITZ, Y. S.; RASHEED, K. KISA% index: a quantitative videokeratography algorithm embodying minimal topographic criteria for diagnosing keratoconus. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 25, n. 10, p. 1327–1335, 1999.

RODRIGUES, F.W. et al. Analysis between two optical biometric devices in patients with cataract. **Revista brasileira de oftalmologia**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 4, p. 184-188, 2018.

_____. Biometria ocular, estimativa matemática e variação esférica pós-facetomia. **Revista brasileira de oftalmologia**, Rio de Janeiro, v. 74, n. 6, p. 350-354, 2015.

SALLAM, S. et al. Intra-ocular lens master V4 versus LenStar LS900 in intra-ocular lens power calculation and postoperative refraction prediction. **Suez Canal University Medical Journal**, v. 24, n. 1, p. 12–19, 2021.

SANTHIAGO, M. R. Corneal crosslinking: The standard protocol. **Revista brasileira de oftalmologia**, v. 76, n. 1, p. 43–49, 2017.

SANTODOMINGO-RUBIDO, J. et al. Keratoconus: An updated review. **Contact lens & anterior eye: the journal of the British Contact Lens Association**, v. 45, n. 3, p. 101559, 2022.

SHAJARI, M. et al. Comparison of axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth measurements of 2 recently introduced devices to a known biometer. **American journal of ophthalmology**, v. 178, p. 58–64, 2017.

SHAMMAS, J. H. et al. Biometry measurements using a new large-coherence-length swept-source optical coherence tomographer. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 42, n. 1, p. 50–61, 2016.

SHETTY, N. et al. Repeatability of biometry measured by three devices and its impact on predicted intraocular lens power. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 47, n. 5, p. 585–592, 2021.

SILVA, I. DOS S. DE M. E.; BOTTEON, C. S. Clinical analysis therapy and tomographic parameters of patients diagnosed with keratoconus attended at Fundação Hilton Rocha. **Revista brasileira de oftalmologia**, v. 77, n. 1, 2018.

SINGH, C.; JOSHI, V. P. Cataract surgery in Keratoconus revisited – An update on preoperative and intraoperative considerations and postoperative outcomes. **Seminars in ophthalmology**, v. 38, n. 1, p. 57–64, 2023.

SONG, J. S. et al. Comparison of ocular biometry and refractive outcomes using IOL master 500, IOL master 700, and lenstar LS900. **Korean journal of ophthalmology: KJO**, v. 34, n. 2, p. 126, 2020.

STIVAL, L. R. et al. Correlation of hair cortisol and interleukin 6 with structural change in the active progression of keratoconus. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 48, n. 5, p. 591–598, 2022.

THEBPATIPHAT, N. et al. Cataract surgery in keratoconus. **Eye & contact lens**, v. 33, n. 5, p. 244–246, 2007.

UCKMANN, M. S. *et al.* Comparison of two optical biometric devices for artificial lens calculation. **Ophthalmologist**, v. 116, n. 3, p.253–260, 2019.

VANDEVENNE, M. M. S. et al. Accuracy of intraocular lens calculations in eyes with keratoconus. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 49, n. 3, p. 229–233, 2023.

VENTURA, B. V. et al. Comparison of biometry and intraocular lens power calculation performed by a new optical biometry device and a reference biometer. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 43, n. 1, p. 74–79, 2017.

_____. Repeatability and comparability of corneal power and corneal astigmatism obtained from a point-source color light-emitting diode topographer, a Placido-based corneal topographer, and a low-coherence reflectometer. **Journal of cataract and refractive surgery**, v. 41, n. 10, p. 2242–2250, 2015.

WANG, K. M. et al. Accuracy of intraocular lens formulas in eyes with keratoconus. **American journal of ophthalmology**, v. 212, p. 26–33, 2020.

YAĞMUR KANRA, A.; USLU, H. Evaluation of ocular biometric parameters in keratoconic eyes relative to healthy myopic eyes. **European journal of ophthalmology**, v. 32, n. 2, p. 798–805, 2022.

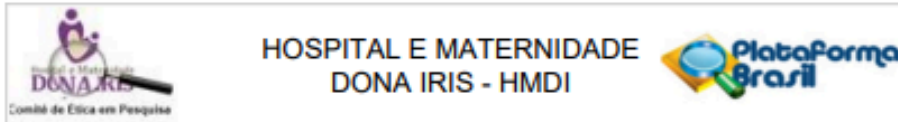
YOO, T. K. et al. Comparison of ocular biometry and refractive outcomes using IOL master 700, IOL master 500, and ultrasound. **Journal of the Korean Ophthalmological Society**, v. 58, n. 5, p. 523, 2017.

ZADNIK, K.; MONEY, S.; LINDSLEY, K. Intrastromal corneal ring segments for treating keratoconus. **The Cochrane library**, v. 2019, n. 5, 2019.

ZAREI-GHANAVATI, S. et al. Agreement between a swept-source ocular coherence tomography biometer, a spectral-domain ocular coherence tomography biometer, and an optical low coherence reflectometry biometer in eyes with cataract. 2022. Disponível em: <<https://www.researchsquare.com/article/rs-2049518/v1>>. Acesso em: 29 jan. 2024.

ANEXOS

Anexo A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA BIOMETRIA ÓPTICA NO CÁLCULO DALENTE INTRAOCULAR EM PACIENTES COM CERATOCONE

Pesquisador: LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 64997222.8.0000.8058

Instituição Proponente: VER EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA LTDA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.870.920

Apresentação do Projeto:

O termo ceratocone (KC), do grego Keratos = cornea, e Konus = cone e usado para designar uma ectasia (dilatação ou distensão) corneana não inflamatória, bilateral mas geralmente assimétrica, em que um olho é mais acometido do que o outro. É uma doença caracterizada por afinamento progressivo da córnea, causando um aumento de sua curvatura e gerando astigmatismo irregular. Além disso, frequentemente leva a diminuição gradual da visão, com a córnea tendendo a assumir a forma cônica. (MANNIS, 2014; SANTHIAGO, 2017)

Trata-se de condição encontrada em todas as raças, nas diferentes partes do mundo, com prevalência que varia de 4 a 600 casos por 100.000 indivíduos. História familiar está presente de 6 a 8% dos casos, sugerindo herança familiar, onde o mais aceito é o padrão de transmissão autossômica dominante com penetrância incompleta. A etiologia é multifatorial, incluindo mudanças físicas, bioquímicas e moleculares no tecido corneano. Pode estar associado a doenças sistêmicas (como doenças do colágeno), doenças hereditárias e doenças atópicas. Tendo como principal fator de risco, para desenvolvimento e progressão da doença, a fricção dos olhos. Seu aparecimento mais comum ocorre na puberdade, geralmente entre os 13 e os 18 anos de idade, progredindo até a terceira ou quarta décadas de vida, quando então geralmente se estabiliza. (SANTHIAGO, 2017)

O diagnóstico é feito inicialmente pela anamnese completa ao exame oftalmológico através da pesquisa de sintomas como prurido ocular, fotossensibilidade, turvação visual mesmo com uso de

Endereço: EMILIO POVOA, n. 51 - 1º andar - sala 12
Bairro: VILA REDENCAO **CEP:** 74.845-250
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3956-8860 **E-mail:** cep@hmdl.com.br

Página 01 de 05

Continuação do Parecer: 5.670.020

óculos e que piora a noite; e história familiar positiva para a doença.

Sinais clássicos podem estar presentes aos exames de retinoscopia, com reflexo em tesoura e presença de altas ametropias (miopia e astigmatismo contra a regra ou oblíquo); oftalmoscopia apresentando reflexo em gota de óleo; e biomicroscopia podendo apresentar afinamento localizado da córnea, anel de Fleischer, sinal de Munson, sinal de Rizzuti, estrias de Vogt, e leucomas pós hidropsia, estes últimos perceptíveis somente em casos moderados e avançados. (MANNIS, 2016)

O ceratocone cursa com alterações de curvatura corneana identificadas através de exames complementares como a Ceratometria, Ceratoscopia (Topografia), e Tomografia de córnea.

A Ceratometria é a medida do raio de curvatura da superfície anterior da córnea, sendo uma variável muito importante utilizada na medida do cálculo da lente intraocular (LIO) nas cirurgias de catarata. Devido as altas medidas ceratométricas e grandes irregularidades corneanas presentes nos pacientes com KC, é um grande desafio calcular qual LIO é a mais adequada para ser implantada quando estes pacientes são submetidos a Facectomia (remoção do cristalino) para tratamento cirúrgico da catarata. (ANDRADE JUNIOR, 2018)

Catarata habitualmente é o envelhecimento natural do cristalino (lente biconvexa localizada atrás da pupila), com aumento do seu volume, esclerose nuclear, tornando suas fibras mais duras e levando a perda da transparência a passagem da luz. Alguns fatores podem levar a essas alterações de forma mais precoce, como o uso de esteróide tanto oral quanto tópico. Muitos pacientes com KC usam corticóides em forma de colírio de forma frequente devido ao prurido ocular provocado pela atopia associada. Sendo assim, a facectomia é indicada de forma precoce em alguns casos. (AMBROSIO, 2014)

Na facectomia o cristalino é substituído por uma lente artificial capaz de manter o poder dióptrico do mesmo e, mais ainda, de corrigir as ametropias (grau) apresentadas pelo paciente, proporcionando a melhora visual. Esta lente é implantada dentro do olho, geralmente no saco capsular onde o cristalino se encontrava. O cálculo da lente intraocular baseia-se na medida precisa da ceratometria (ceratômetro ou ceratoscopia computadorizada), do comprimento axial e da profundidade da câmara anterior, através dos dispositivos de biometria ocular. Inicialmente foram utilizados os biômetros ultrassônicos e com o avanço tecnológico surgiram os biômetros ópticos. (RODRIGUES, 2015)

Também conhecida como interferometria, a biometria óptica é uma técnica de não contato que utiliza um feixe luminoso para realizar a medida do comprimento axial do globo ocular. A curvatura corneana é determinada pela medida das distâncias entre as imagens da luz refletida

Endereço: EMILIO POVOA, n. 51 - 1º andar - sala 12
Bairro: VILA REDENCAO **CEP:** 74.845-250
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3956-8860 **E-mail:** cep@hmdi.com.br

Página 02 de 05



Continuação do Parecer: 5.870.920

sobre a superfície da córnea. A profundidade da câmara anterior é determinada pela distância entre o cristalino e a córnea através de uma fenda de luz lateral, e é possível medir-se o comprimento axial em olhos extremamente longos. (HADDAD, 2020)

Deve-se lembrar ainda que o cálculo da lente intraocular para uma cirurgia de catarata não depende somente da determinação correta do comprimento axial, mas também do uso de fórmulas para cálculo biométrico que gerem menor erro (incluídas dentro dos aparelhos). (VENTURA, 2017)

Atualmente os dois dispositivos mais modernos e mais precisos para o cálculo da LIO são: IOL Master 700 e o Lenstar LS 900. Ambos oferecem tecnologia inovadora a favor de altíssima precisão, qualidade e segurança. Possuem variáveis semelhantes que compõem a análise dos parâmetros oculares, os principais sendo: comprimento axial (AL), profundidade da câmara anterior (ACD), espessura do cristalino (LT), espessura central da córnea (CCT) e raios da córnea (R1 - raio de curvatura anterior da córnea; R2 - raio de curvatura posterior da córnea). (RODRIGUES, 2018)

Nos dispositivos em análise é importante estabelecer algumas diferenças intrínsecas a cada dispositivo, já identificadas em estudos anteriores. (YOO, 2017; SONG, 2020)

Estes exames são bem reproduzíveis em pacientes com catarata sem alterações corneanas, porém em pacientes com ceratocone é possível que não haja correspondência entre os cálculos obtidos, justificando assim o presente trabalho.

Objetivo da Pesquisa:

- Analisar a biometria óptica no cálculo da lente intraocular em pacientes com ceratocone.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Informado no TCLE

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto não apresenta óbices éticos. Aprovado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

termos apresentados

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1. A aprovação deste, conferida pelo CEP HMDI, não isenta o Pesquisador de prestar satisfação sobre sua pesquisa em casos de alterações metodológicas, principalmente no que se refere à população de estudo ou centros participantes/coparticipantes.

Endereço: EMILIO POVOA, n. 51 - 1º andar - sala 12
Bairro: VILA REDENCAO CEP: 74.845-250
UF: GO Município: GOIANIA
Telefone: (62)3956-8860 E-mail: cep@hmdi.com.br



HOSPITAL E MATERNIDADE DONA IRIS - HMDI



Continuação do Parecer: 5.870.920

2. O pesquisador responsável deverá encaminhar ao CEP, via Plataforma Brasil, relatórios semestrais do andamento do protocolo aprovado, quando do encerramento, as conclusões e publicações. O não cumprimento deste poderá acarretar em suspensão do estudo.
3. O CEP poderá realizar escolha aleatória de protocolo de pesquisa aprovado para verificação do cumprimento das resoluções pertinentes.
4. Cabe ao pesquisador cumprir com o preconizado pelas Resoluções pertinentes à proposta de pesquisa aprovada, garantindo seguimento fiel ao protocolo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1723639.pdf	08/12/2022 00:31:29		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	08/12/2022 00:29:21	LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_mestrado.docx	17/08/2022 12:39:59	LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_diretoria_tecnica.pdf	17/08/2022 12:03:34	LARISSA FERNANDA QUEIROZ ELIAS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	17/08/2022 12:01:11	LARISSA FERNANDA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: EMILIO POVOA, n. 51 - 1º andar - sala 12
Bairro: VILA REDENCAO CEP: 74.845-250
UF: GO Município: GOIANIA
Telefone: (62)3956-8860 E-mail: cep@hmdi.com.br



HOSPITAL E MATERNIDADE
DONA IRIS - HMDI



Continuação do Parecer: 5.670.920

GOIANIA, 31 de Janeiro de 2023

Assinado por:
Patricia Gonçalves Evangelista Marçal
(Coordenador(a))

Endereço: EMILIO POVOA, n. 51 - 1º andar - sala 12
Bairro: VILA REDENCAO **CEP:** 74.845-250
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3956-8860 **E-mail:** cep@hmdi.com.br

Página 05 de 05

Apêndice A – TCLE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE MEDICINA
HOSPITAL VER
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada “ANÁLISE DA BIOMETRIA ÓPTICA NO CÁLCULO DA LENTE INTRAOCULAR EM PACIENTES COM CERATOCONE”.

Meu nome é Larissa Fernanda Queiroz Elias, sou a pesquisadora responsável, minha área de atuação é como médica oftalmologista, e sou mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da UFG.

Este documento (TCLE) foi redigido em conformidade com a Resolução CNS 466/2012. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento que está impresso em duas vias, sendo que uma delas ficará com você e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pela pesquisadora responsável, via e-mail (laris_fernanda@yahoo.com.br) e, através do seguinte contato telefônico: (62) 98198-5464, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Em caso de discordâncias ou irregularidades sob o aspecto ético, você como participante desta pesquisa, poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital e Maternidade Dona Íris, cujo telefone é (62) 3956-8860. O Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital e Maternidade Dona Íris é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

A presente pesquisa tem como objetivo geral fazer a comparação dos resultados dos exames de Biometria Óptica em dois aparelhos de marcas distintas, o IOL Master 700 e o Lenstar LS 900, em dois grupos de participantes. Um grupo composto por participantes com Ceratocone e outro composto por participantes com catarata sem Ceratocone. A Biometria Óptica é um exame utilizado para o cálculo da Lente Intraocular (LIO) implantada durante uma cirurgia de catarata. O resultado destes exames, mesmo sendo de marcas distintas de aparelhos, normalmente são bem reprodutíveis em pacientes com catarata sem alterações corneanas, porém em pacientes com ectasias, no caso o Ceratocone, é possível que não haja concordância entre os resultados obtidos dos aparelhos referidos, justificando assim o presente trabalho.

Você será submetido então ao exame de biometria óptica nestes dois aparelhos: o IOL Master 700 e o Lenstar LS 900; fornecidos sem custo pela pesquisadora e a Instituição Proponente, o Hospital VER. Durante a realização dos exames não será necessária a dilatação da pupila ou o uso de qualquer colírio. O exame é indolor e será realizado em uma sala semelhante a um consultório oftalmológico, onde você ficará sentado em frente ao aparelho, com o queixo sobre o suporte da máquina e não haverá qualquer contato do

Faculdade de Medicina – Universidade Federal de Goiás

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

R. 235, s/n - Setor Leste Universitário CEP 74605-050. Goiânia - Goiás - Brasil.

Telefone: (62) 3209 6152



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE MEDICINA
HOSPITAL VER
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

aparelho com seu olho. A duração dos exames se dará em torno de 5 a 15 minutos por participante e será realizado somente em um único período de 1 dia. Você terá o direito ao ressarcimento da despesa com transporte decorrente da cooperação com a pesquisa.

A pesquisa oferece mínimos riscos e desconfortos, como o deslocamento por meios próprios até o Hospital VER para a realização dos exames; o cansaço que pode existir para colaboração ao mesmo; e período de tempo despendido pelo participante. Para minimizar estes possíveis desconfortos, eu estarei organizando da melhor maneira possível a realização dos exames, visando otimizar o seu tempo. Em caso de danos, você tem o direito de pleitear indenização, conforme previsto em Lei.

Como benefícios, você realizará exames altamente especializados sem custo, podendo a qualquer momento solicitar a impressão dos resultados dos mesmos caso tenha interesse; e para a comunidade, a pesquisa ajudará na melhor condução dos casos de Ceratocone quando estes pacientes forem submetidos a cirurgia de catarata, levando assim ao implante preciso da lente intraocular, garantindo melhor visão e consequentemente melhor qualidade de vida.

Está garantido o sigilo que assegure a privacidade e o anonimato. As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas.

Durante todo o período da pesquisa e na divulgação dos resultados, sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma, identificar-lhe, será mantido em sigilo. Todo material ficará sob minha guarda por um período mínimo de cinco anos.

Para condução da coleta é necessário o seu consentimento.

Pode haver necessidade de utilização dos dados coletados em pesquisas futuras. Assim, solicito a sua autorização, validando a sua decisão com uma rubrica entre os parênteses abaixo:

() Declaro ciência de que os meus dados coletados podem ser relevantes em pesquisas futuras e, portanto, autorizo o uso do material em banco de dados.

() Declaro ciência de que os meus dados coletados podem ser relevantes em pesquisas futuras, mas não autorizo o uso do material em banco de dados.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE MEDICINA
HOSPITAL VER
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

1.2 Consentimento da Participação da Pessoa como Sujeito da Pesquisa:

Eu,, abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado "ANÁLISE DA BIOMETRIA ÓPTICA NO CÁLCULO DA LENTE INTRAOCULAR EM PACIENTES COM CERATOCONE". Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) responsável, Dra. Larissa Fernanda Queiroz Elias, sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, de de

Assinatura por extenso do(a) participante
Telefone de contato:

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

Faculdade de Medicina – Universidade Federal de Goiás
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.
R. 235, s/n - Setor Leste Universitário CEP 74605-050. Goiânia - Goiás - Brasil.
Telefone: (62) 3209 6152

3