



**FACULDADE TEOLÓGICA E FILOSÓFICA - RATIO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO TECNOLÓGICA EM OPTOMETRIA**

**MARCELO PARÁ ULISSES DE SOUZA**

**UMA ANÁLISE DA PROJEÇÃO DA IMAGEM NA RETINA – UM ESTUDO DE CASO**

**FORTALEZA - CE**  
**2022**

MARCELO PARÁ ULISSES DE SOUZA

**UMA ANÁLISE DA PROJEÇÃO DA IMAGEM NA RETINA – UM ESTUDO DE  
CASO**

Trabalho apresentado à Coordenação do curso de Graduação Tecnológica em Optometria da Faculdade de Teologia e Filosofia Ratio como requisito parcial para conclusão do mesmo.

Orientador: Prof. Fabio Martins Silva

**FORTALEZA - CE  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S729a Souza, Marcelo Pará Ulisses de.

Uma Análise da Projeção da Imagem da Retina – Um Estudo de Caso. / Marcelo Pará Ulisses de Souza, 2022. 48 fls. Enc. Broch.

Orientador(a): Prof. Fabio Martins Silva.  
Monografia (Graduação) –Faculdade Ratio, Curso Superior de Tecnologia em Optometria.

1. Projeção da Imagem na Retina. 2. Exame Optométrico. 3 Olho esquemático. 4. Aumento da Miopia. I. Prof. Fabio Martins Silva. II.Faculdade Ratio, Graduação em Optometria. III. Título.

CDD 617.7

MARCELO PARÁ ULISSES DE SOUZA

**UMA ANÁLISE DA PROJEÇÃO DA IMAGEM NA RETINA – UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho como pré-requisito para obtenção do título de Graduação Tecnológica em Optometria do Curso de Graduação Tecnológica em Optometria da Faculdade de Teologia e Filosofia Ratio como requisito parcial para conclusão do mesmo.

Data de aprovação: 21 / 07 / 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Esp. Fabio Martins Silva  
(Orientador)**

---

Prof. Mestre Jéssica Rabelo bezerra  
(Avaliador)

---

Prof. Esp. Andrezza Silvano Barreto  
(Avaliador)

---

Prof. Esp. Fábio Martins Silva  
(Avaliador)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Fabio Martins, meu orientador, por me ajudar. Aos meus professores, **Anyella Malburg**, **Glória Filgueira** e a Faculdade **Ratio** pela dedicação em apresentar através dos professores como deve ser praticada a verdadeira optometria.

Agradeço a minha família, a minha mãe **Helena Celia** que é fonte de inspiração, ao meu pai **Cláudio Antonio** que sempre acreditou no meu desenvolvimento na área da optometria e a minha esposa **Francisca Adrielly**. Meu amigo **Wilson Saraiva**, que ajudou no meu desenvolvimento como aluno e profissional.

E agradeço a Deus pela minha vida.

*“Há três métodos para ganhar sabedoria: primeiro, por reflexão, que é o mais nobre; segundo, por imitação, que é o mais fácil; e terceiro, por experiência, que é o mais amargo”.*

Confúcio

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a projeção da imagem na retina central e periférica para contribuir com o estudo do aumento e controle da miopia, com base nas fórmulas de projeção de imagem em um olho esquemático. Identificar as características dessa projeção. Fazendo assim uma análise e estudo de caso. Dessa forma, melhorar e o entendimento do optometrista sobre as características dessa projeção. Identificar possíveis fatores que possam gerar um feedback negativo em relação ao aumento da miopia. Visando o entendimento do comportamento da imagem no olho.

**Palavras-chave:** Projeção da Imagem na Retina. Optometria. Miopia. Aumento da Miopia. Exame Optométrico. Olho esquemático.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to analyze the image projection on the central and peripheral retina to contribute to the study of the increase and control of myopia, based on the image projection formulas in a schematic eye. Identify the characteristics of this projection. Thus making an analysis and case study. In this way, improve the optometrist's understanding of the characteristics of this projection. Identify possible factors that may generate negative feedback regarding the increase in myopia. Aiming at understanding the behavior of the image in the eye.

**Keywords:** Projection of the Image on the Retina; Optometry; Myopia; Increased Myopia; Optometric Examination; Schematic eye.

## LISTA DE ABREVIACOES

A	Aumento Linear
CA	Comprimento Axial
EC	Espessura do Cristalino
EPR	Epitélio Pigmentar da Retina
F	Distância Focal
FDA	Food and Drug Administration (Agência Federal dos Estados Unidos)
i	Tamanho da Imagem
o	Tamanho do Objeto
OMS	Organizao Mundial da Saúde
p	Distância do Objeto a Lente
p'	Distância da Imagem a Lente
PCA	Profundidade da Câmara Anterior

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diâmetros do olho.....	15
Figura 2 - Refração no olho emetrope vs Refração no olho míope.....	16
Figura 3 - Poder refrativo da córnea.....	22
Figura 4 - Olho esquemático.....	24
Figura 5 - Olho reduzido padrão.....	26
Figura 6 - Demonstração da Equação de Halley.....	26
Figura 7 - Demonstração da equação de Gauss.....	27
Figura 8 - Demonstração equação do aumento linear transversal.....	29
Figura 9 – Posição objeto ao infinito.....	30
Figura 10 – Posição objeto próximo.....	30
Figura 11 – Equação de Halley.....	31
Figura 12- Olho esquemático 2.....	34
Figura 13 - Objeto a distância de 6,10m.....	35
Figura 14 - Projeção TV na retina para uma distância de 6,10m.....	38
Figura 15- Objeto a distância de 0,30m.....	40
Figura 16- Projeção aparelho celular(mm) na retina para uma distância de 0,30m...43	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área circular do objeto a 6,10m de distância projetado em área circular da retina.....	367
Tabela 2 - Área circular do objeto a 0,30m de distancia projetado em área da retina .....	412

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	112
2 DESENVOLVIMENTO .....	145
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO .....	145
2.1.1 Miopia .....	145
2.1.1.1 Classificação Da Miopia .....	156
2.1.1.2 Fatores Da Progressão Da Miopia .....	20
2.1.1.3 Controle Da Progressão Da Miopia Através De Lentes .....	201
2.1.2 Componentes Da Refracção Ocular .....	212
2.1.2.1 Poder Refrativo Da Córnea .....	212
2.1.2.2 Profundidade Da Câmara Anterior .....	223
2.1.2.3 Poder Dióptrico Do Cristalino .....	223
2.1.2.4 Comprimento Axial Do Olho .....	223
2.1.3 Olho Esquemático .....	234
2.1.4 Equação De Halley .....	256
2.1.5 Equação De Gauss.....	267
2.1.6 Equação Do Aumento Linear.....	278
2.2 METODOLOGIA .....	289
2.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	301
2.3.1 Vergência Córnea .....	312
2.3.2 Vergência Cristalino .....	312
2.3.3 Vergência Conjunto Córnea/Cristalino .....	312
2.3.4 Adotando Mirada Para Longe (6,10m) .....	323
2.3.4.1 Projeção E Aumento Linear De Objeto A 6,10m.....	334
2.3.5 Adotando Mirada Para Perto (0,30m) .....	378
2.3.5.1 Projeção E Aumento Linear de Objeto A 0,30m .....	378
2.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	422
3 CONCLUSÃO .....	434
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	455

## 1. INTRODUÇÃO

A Miopia é uma deficiência visual que dificulta a visualização de objetos que estão longe. A palavra miopia tem origem no grego "*myopia*", que significa "olho fechado", porque as pessoas com esta condição muitas vezes fecham ligeiramente os olhos na tentativa de ver o que está mais longe.

Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS (2016), existe um aumento expressivo de casos de miopia que vem preocupando especialistas. O número de pessoas com miopia duplicou nos últimos 50 anos, a previsão é de que até 2050 50% da população mundial terá miopia (G1, 2019).

Ao contrário da hipermetropia, a miopia é um erro refrativo anômalo do olho onde os raios paralelos incidentes se focam num ponto à frente da retina sem qualquer ação de acomodação (DOME, 1995).

Miopia é uma condição do olho caracterizada por má visão à distância. Isto ocorre devido a um defeito de convergência dos raios luminosos, o que faz com que a imagem de objetos distantes se forme à frente da retina, em vez de na própria retina. Isto leva a que os objetos distantes sejam vistos desfocados, enquanto que os objetos próximos parecem normais (GROSVENOR, 1987).

A miopia é um erro refrativo dos mais prevalentes. A miopia mais alta está associada a comorbidades que aumentam os riscos de perda de visão grave e irreversível, como descolamento de retina, neovascularização sub-retiniana, catarata densa e glaucoma (FOSTER, 2014).

Para Morgan, Ohno-Matsui e Saw (2012), a miopia é um distúrbio complexo com grande impacto médico sobre os indivíduos afetados e um considerável fardo econômico para a sociedade. Miopia grave é uma das principais causas de deficiência visual em todo o mundo porque está associada a outras comorbidades oculares tais como: descolamento de retina regmatogênico, degeneração macular miópica, catarata prematura e glaucoma. Tantos fatores genéticos e ambientais têm mostrado desempenhar algum papel em sua patogênese.

Muito tem se falado entre estudiosos da área a respeito do controle e do aumento progressivo da miopia. Nos últimos anos, com o uso em excesso de eletrônicos, especialmente entre as crianças, no início do seu desenvolvimento, a miopia tem se tornado uma pandemia, tornando-se um assunto importante da saúde

pública, o que é preocupante em virtude de algumas condições perigosas que podem acompanhar esta ametropia.

Segundo Lithander (1999), naturalmente, as crianças nascem com o olho menor, o que condiz com a hipermetropia fisiológica e com o crescimento, passam pelo processo de emetropização, que leva ao desaparecimento da hipermetropia com o passar da idade. O fato de muito cedo a crianças serem submetidas ao uso excessivo da visão de perto, tem ocasionado a aceleração do processo de emetropização, fazendo com que a hipermetropia fisiológica evolua para uma miopia baixa ou moderada. Efetivamente o comprimento axial do olho ainda é passível de modificação independente do processo de emetropização, ou seja, ele pode continuar crescendo em pequenas porcentagens até a fase adulta.

Além da degeneração ou patologias associadas, outros fatores que desencadeiam o rápido crescimento da prevalência da miopia é o envolvimento de fatores ambientais, como o extensivo uso da visão para perto e pouca exposição em ambientes externos. O globo ocular modifica seu tamanho de acordo com a demanda de trabalho visual. Uma das justificativas desse ajuste é o feedback gerado pela acomodação ocular (ajuste de foco da imagem retiniana) (CUI *et al.*, 2013).

Vários fatores ambientais têm sido associados à variação de sua prevalência e magnitude, incluindo trabalhos manuais e atividades ao ar livre durante a infância e adolescência, níveis de educação, estilo de residência (urbana vs. rural) e possivelmente graus de inteligência (MORGAN; ROSE, 2005).

Há várias décadas desenvolvem-se estudos, na literatura mundial, sobre formas de controle da progressão da miopia. Desses, os primeiros estudos eram com uso do colírio de atropina, um agente antagonista muscarínico não seletivo. Quase a totalidade dos estudos demonstrou a diminuição da progressão da miopia relacionando-se com a diminuição do crescimento anteroposterior do globo ocular. Adicionando-se a essa forma de controle, há várias formas de controle da progressão da miopia e podem, didaticamente, ser organizadas em controles ópticos, farmacológicos e ambientais. Os ópticos são representados pelo uso de óculos com lentes bifocais ou progressivas, de lentes de contato bifocais e de ortoceratologia (ex. Ortho-K) (GIMBEL, 1973; BEDROSSIAN, 1979; CHUA *et al.* 2006).

Segundo Pomedá e Villa-Collar (2020), existem várias alternativas na tentativa de barrar a evolução dessa ametropia, como: controle ambiental que seria

aumentar o tempo de atividade ao ar livre, reduzir tempo de atividade perto; tratamento farmacológico com colírio de atropina em baixa dose (0,01% e 0,05%) (eficácia entre 60 e 77%); Ortoceratologia (eficácia entre 37 e 56%); lentes de contato modificadoras do defocus periférico (eficácia entre 25 e 79%); lentes oftálmicas bifocais ou progressivos (eficácia média de 19%); lentes oftálmicas com defocus periférico (DIMS) (progressão de miopia 52% menor em dioptrias e 62% menor em crescimento do comprimento axial).

Existem várias alternativas de controle para progressão da miopia, esse estudo focou apenas em uma breve revisão de literatura dos controles que tem como princípio óptico o desfoque periférico na retina, controles através de lentes oftálmicas e lentes de contato. Muito se fala, mas pouco se detalha como ocorre essa projeção da imagem na retina.

Dessa forma, o objetivo principal do estudo é avaliar a projeção da imagem na retina, a ampliação e posicionamento dessa imagem e o seu desenfoco periférico. Ver de forma quantitativa como isso ocorre na periferia da retina e que estímulos são gerados nas regiões específicas. Utilizamos como modelo ocular do olho esquemático para observar essas características de projeção.

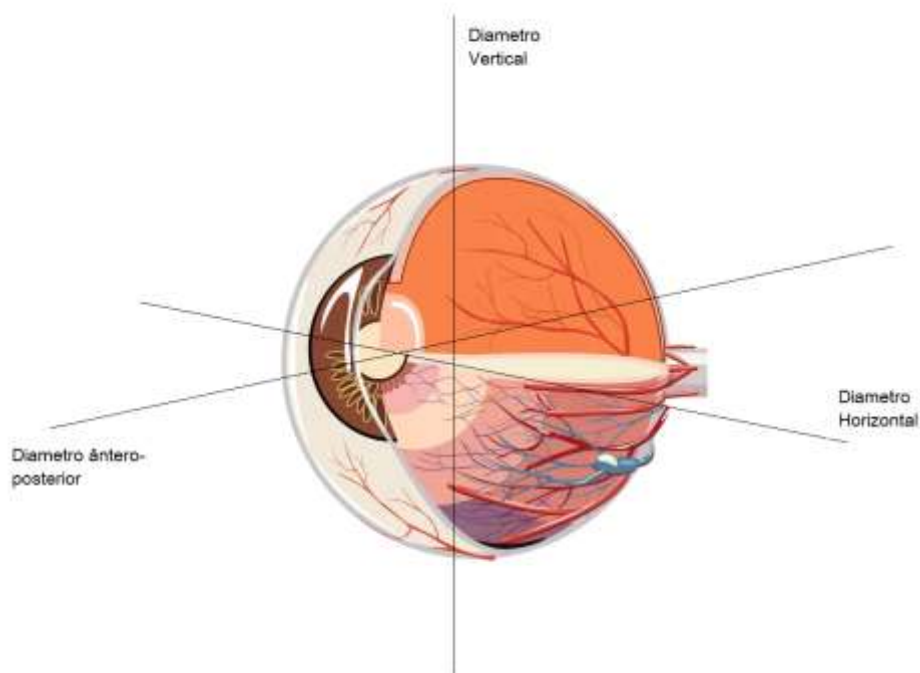
## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1.1 Miopia

Bicas (2007), em seu estudo descreve o olho humano como uma forma aproximadamente esférica, mostrando-se levemente achatado no diâmetro vertical (23,48mm) em relação ao horizontal transversal (24,13mm) e ao ântero-posterior (24,15mm). Conforme pode ser visto na Figura 1.

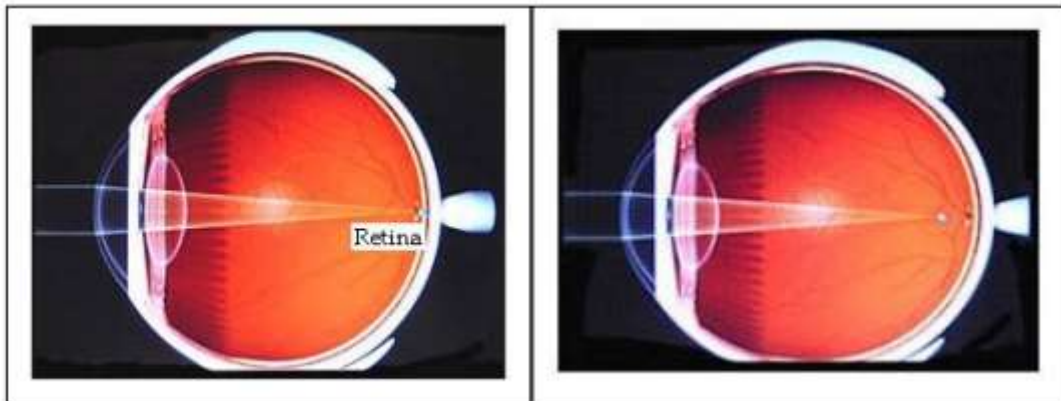
Figura 1 – Diâmetros do olho



Fonte: Livro Óptica e Fisiologia da Visão (2007).

Segundo Pan (2012), a miopia ocorre quando a imagem de um objeto distante é formada anteriormente ao plano da retina (Figura 2), mais comumente como um resultado de um aumento do comprimento axial. Isto resulta em visão turva e, ao contrário da hipermetropia, exige correção refrativa em todas as idades e em todos os graus para visão clara. Ela já é o erro de refração mais comum mundialmente, estando sua prevalência aumentando de forma significativa, especialmente no Sudeste asiático.

Figura 2 - Refração no olho emetrope vs Refração no olho míope



Fonte: <http://sentidos5espsmm.blogspot.com/2008/01/erros-de-refraco.html>

Segundo Queiroz Neto (2017), a miopia, que causa dificuldade para enxergar de longe, ainda é pouco compreendida. O esforço visual contínuo para perto, imposto pelo uso sem pausas das telas eletrônicas é uma variável importante do aumento da miopia. Outro fator ambiental é a baixa concentração nos olhos da dopamina, hormônio ativado nas atividades externas pelo sol que está relacionado ao crescimento axial do olho. É justamente este crescimento do olho, a linha divisória para o aumento mais acelerado da alta miopia, acima de 5 graus.

#### 2.1.1.1 Classificação Da Miopia

Nos últimos 150 anos apareceram as mais diversas classificações da miopia, mas para Grosvenor (1987), que reuniu as diferentes classificações da miopia, assim tornando a abordagem mais completa. Dividiu a classificação nos seguintes grupos:

- Valor;
- Idade de aparecimento;
- Taxa de progressão;
- Características anatômicas;
- Clínica;
- Teorias de desenvolvimento;
- Outras miopias;

Valor: A classificação da miopia que tem como base o valor do erro refrativo é na maioria das vezes relacionada com outros fatores, como por exemplo, a idade de

início da miopia ou a taxa de progressão. Considerando miopia baixa, quando o erro refrativo é inferior a 3,00 D; média quando está entre as 3,00 D e as 6,00 D e miopia alta se o seu valor dióptrico for superior a 6,00 D (BENJAMIN, 2006).

Idade de aparecimento: A classificação feita com base na idade de aparecimento assim tornando difícil de quantificar, onde na maioria das vezes os pacientes relatam o início desta ametropia o momento em que começaram a usar compensação ótica. Porém diferencia-se em quatro diferentes categorias: congênita, que está presente à nascença e permanece durante toda a vida; juvenil, esta miopia desenvolve-se entre os 6 anos e o início da puberdade; aparecimento precoce em adulto, refere os casos em que a miopia se manifesta a partir dos 20 até aos 40 anos; miopia de aparecimento tardio, quando se manifesta após os 40 anos (BENJAMIN, 2006; FURLAN, 2009).

Taxa de progressão: Donders (1864) descreveu a miopia segundo a sua progressão em três categorias: miopia estacionária, geralmente de baixo grau (-1,00 D a -2,00 D) e surge durante a infância até a puberdade, onde, durante a idade adulta não existem variações significativas do valor e em algumas ocasiões verifica-se uma diminuição com a chegada da terceira idade. Porém, existem alguns estudos que sugerem que essa diminuição se deve ao aumento da profundidade de foco, produzido pela miose senil e não propriamente à diminuição do erro refrativo; miopia temporariamente progressiva, surge na sua maioria na adolescência e progride até ao início da idade adulta. Após esta idade a taxa de progressão é praticamente nula; miopia de progressão permanente, caracteriza-se por aumentar repentinamente entre os 25 e os 35 anos e de forma mais lenta a partir desta idade (BENJAMIN, 2006; FURLAN, 2009).

Características anatômicas: Ao classificar a miopia por características anatômicas, tem-se em conta um ou mais componentes responsáveis pelo seu aparecimento. Assim, de um ponto de vista ótico, a miopia pode surgir com o aumento da câmara anterior do olho, da profundidade da câmara vítrea, da curvatura corneana, do poder dióptrico do cristalino ou do índice de refração dos meios intraoculares.

Deste modo, a miopia divide-se em: miopia axial, deve-se ao aumento do diâmetro antero-posterior do olho, ou seja, a câmara anterior é demasiado grande para o poder refrativo do olho miopia refrativa, caracterizada por ter um diâmetro antero-posterior dentro dos valores normais, contudo, apresenta um poder refrativo

demasiado elevado. É frequente a subdivisão desta miopia em dois subgrupos: miopia de índice, este tipo de miopia é relativamente raro, caracteriza-se por uma alteração no índice de refração de um ou dos vários componentes oculares. Porém, a alteração do índice de refração do humor aquoso ou do humor vítreo, não é significativo ao ponto de exercer qualquer efeito apreciável. Assim, é a alteração no índice de refração do cristalino que pode originar miopia. A miopia de curvatura está associada a um aumento da curvatura de uma ou mais superfícies refrativas do olho, nomeadamente a córnea e o cristalino. É mais frequente a alteração da curvatura da córnea, porém esta alteração manifesta-se essencialmente como erro astigmático e não como ametropia esférica (ASSOCIATION, 2006; BENJAMIN, 2006; VENTURA; NETO, 1995).

**Clínica:** Clinicamente, a classificação mais utilizada divide-se em duas categorias: fisiológica e patológica. Curtin (1985), definiu miopia fisiológica como sendo o tipo de miopia em que todos os componentes da refração se encontram dentro dos valores normais para uma determinada população. A miopia surge devido a uma falha de correlação entre os componentes refrativos do olho. A miopia fisiológica é também conhecida por miopia simples ou não patológica; por sua vez, a miopia patológica foi definida tendo em conta erros patológicos, ou seja, presença de anomalias de refração que se encontram fora dos limites biológicos normais. Deste modo, a miopia patológica também pode ser definida como sendo maligna ou degenerativa, sendo frequentemente atribuída a responsabilidade ao crescimento anormal do globo ocular (BENJAMIN, 2006).

**Teorias de desenvolvimento:** Tendo em conta a teoria do desenvolvimento da miopia, pode-se dividir a miopia em: miopia hereditária ou inata, presente tanto nos bebês prematuros como nos nascidos de termo e diminui rapidamente no decorrer do primeiro ano de vida. A miopia que se desenvolve na infância é conhecida como miopia induzida ou adquirida (BENJAMIN, 2006; WHITMORE, 1992).

**Outras miopias:** Quando o estímulo visual não é suficiente para induzir acomodação, é criado um estado pseudomiópico no olho, que genericamente, se denomina de miopias acomodativas. Existe uma variação média do estado refrativo de -1,50 D nestas condições em relação a condições de visão normal. Dentro desta classificação pode dividir em: miopia noturna, atinge valores superiores a 4,00 D, mas os valores mais típicos encontram-se à volta de 1,00 D, não existindo diferenças entre míopes, emetropes ou hipermetropes. Esta miopia está relacionada

com a dilatação pupilar em condições escotópicas, desenvolvendo uma aberração cromática e aumento da curvatura do cristalino para poder compensar essa alteração. A miopia noturna diminui com a idade, porém apresenta um risco sério para os jovens sobretudo durante a condução noturna (BENJAMIN, 2006; FURLAN, 2009).

Classifica-se de pseudomiopia, o estado funcional do olho produzido por uma hiperestimulação do músculo ciliar, que tem como consequência um aumento do erro refrativo, que se manifesta como miopia. A pseudomiopia é um problema acomodativo, o erro refrativo surge como consequência desse problema acomodativo ou pode também surgir após traumas da região cerebral (BENJAMIN, 2006).

A miopia de espaço aberto ou miopia espacial surge quando um sujeito se situa num campo visual vazio, de tal maneira que, por não poder fixar nenhum objeto, o olho se torna míope. O valor aproximado dessa miopia é de 1,00 D. Este tipo de miopia é um transtorno funcional passageiro, que se pode tornar permanente quando o sujeito é exposto a esta situação frequentemente como é o caso de pilotos de aviões. (BENJAMIN, 2006; FURLAN, 2009).

A miopia instrumental é caracterizada por um excesso de tarefas prolongadas através de instrumentos óticos, como microscópios e telescópios, pois apesar da imagem proporcionada por estes instrumentos estar no infinito e por sua vez pode ser vista com a acomodação relaxada, existe nos observadores uma tendência natural para acomodar, assim com o aumento de acomodação dá-se o aparecimento de miopia (BENJAMIN, 2006; FURLAN, 2009).

As miopias se dividem em primárias e secundárias. As formas primárias se subdividem em fisiológicas, intermediárias, patológicas e por curvatura. As formas secundárias decorrem de alterações estruturais no globo ocular, como exemplo as secundárias ao alongamento do globo, como no glaucoma juvenil. Na miopia fisiológica os olhos são normais quanto ao aspecto fundoscópico. Na intermediária o comprimento axial está aumentado e as alterações fundoscópicas são mínimas, como a formação de crescentes peripapilares e discreta palidez da coróide. Na miopia patológica ocorre alongamento do globo e alterações em todas as camadas do olho, ao exame fundoscópico podem se observar estafilomas posteriores, degeneração macular e membranas neovasculares (CUNHA, 2007).

### 2.1.1.2 Fatores Da Progressão Da Miopia

Segundo Smith (2010), embora a genética tenha um papel em determinar a nossa suscetibilidade, há algo em nosso comportamento e nosso ambiente que está contribuindo para o aumento de casos de pessoas míopes. As demandas educacionais e a quantidade de tempo que passamos dentro de ambientes fechados em comparação ao ar livre tem uma contribuição no aumento de casos de miopia. Em situações em que existe alta demanda educacional, as pessoas têm grandes chances de tornarem-se míopes. Nos estudos e pesquisas realizados em estudantes quase metade dos teve o seu grau de miopia aumentado durante os quatro anos de faculdade.

No uso dos óculos para a compensação da miopia, essa condição é manipular imagens visuais apenas para frente e para trás com lentes. No entanto, a imagem periférica da retina desempenha um papel importante no estímulo do crescimento ocular e da miopia. Assim, existe a ideia de se desenvolver óculos e lentes de contato para controlar a progressão da miopia manipulando a ótica periférica. Esses novos métodos segundo Smith (2010) representam uma mudança fundamental na abordagem das intervenções ópticas para controlar o desenvolvimento refrativo.

Para Lin *et al.* (1999), após estudarem 11.178 indivíduos entre 6 e 18 anos, outros fatores que influenciam na taxa de progressão da miopia são:

a) Crescimento axial do globo: apresenta uma relação direta com a progressão da miopia.

b) Profundidade da câmara anterior: aprofunda-se com a idade, tendo relação com a severidade da miopia.

c) Espessura do cristalino: diminui dos 7 aos 13 anos e aumenta com a idade e severidade da miopia, após os 15 anos. Nos pacientes que desenvolvem miopia, ao invés do poder refrativo do cristalino manter-se coordenado com o crescimento axial do globo, como parte do processo de emetropização, ocorrem alterações em sua curvatura, levando ao aumento da miopia, aproximadamente aos 10 anos de idade.

Já para Goss e Rainey (1999), comparando o efeito do trabalho para perto na miopia juvenil, existe diferença na progressão da miopia relacionada à época do ano, sendo que nos meses de férias escolares mais prolongadas (verão), a progressão

da miopia era menor em relação aos meses de atividades escolares mais intensas. Fatores relacionados com a resposta acomodativa e esoforia também têm sido associados com a progressão da miopia.

### 2.1.1.3 Controle Da Progressão Da Miopia Através De Lentes

Mesmo com uma grande associação genética, o aumento na prevalência de miopia nos últimos tempos não é explicado pelas causas genéticas isoladamente. O uso excessivo da visão de perto, e mudanças de hábitos na educação estão associados a esse crescimento. O início do quadro precoce, ainda na criança escolar, é o principal fator que contribui para a rápida progressão miópica (CHAMBERLAIN *et al.*, 2019).

Segundo Rosa (2021), muitos estudos demonstraram que o defocus hiperópico na retina periférica causa miopia axial central, ou seja, o alongamento axial é dirigido pela retina periférica. Baseado nessa teoria, minimizar o defocus hiperópico periférico ou induzir um defocus miópico periférico poderia prevenir a progressão da miopia. A Ortoceratologia utiliza lentes de geometria reversa durante a noite que remodelam o epitélio da córnea.

A capacidade de enxergar e projetar a imagem na retina gera uma projeção de foco em um plano reto. Levando em consideração que o fundo do olho é curvo, temos o entendimento que a projeção não vai ocorrer de forma perfeita na periferia devido a curvatura do olho. Fazendo com quem em alguns pontos na periferia recebam uma imagem projetada fora do plano, gerando pontos de hipermetropia e estimulando o crescimento do olho para compensar a situação.

De acordo com a empresa CooperVision, foram lançadas as lentes MiSight, essa lente tem dual focus baseadas em um desenho de anel concêntrico, aprovadas pelo FDA para correção e controle de miopia em crianças com olhos normais, iniciando o tratamento entre 8-12 anos. A lente contém uma área central de correção de 3,36 mm circundada por zonas concêntricas que alternam poder de longe e perto. O poder óptico da zona corretora corrige o erro refrativo enquanto as zonas de tratamento produzem 2 dioptrias de defocus miópico simultâneo durante a visão de longe e perto. Assim previne a progressão da miopia, impondo um defocus miópico na retina mais periférica como um estímulo a diminuir o crescimento ocular.

Segundo Chamberlain (2019), estudos apontam que manipulações ópticas periféricas podem de fato retardar a progressão da miopia. Gerando uma grande importância no desenvolvimento e aperfeiçoamento dos designs de lentes.

### 2.1.2 Componentes Da Refracção Ocular

Após Helmholtz inventar o queratômetro nos finais do século XIX foi possível conhecer a potência refrativa da córnea. Nos meados do século XX, com o desenvolvimento da técnica de ultra-sons, foi possível conhecer com exatidão todos os componentes da refração ocular.

Segundo Curtin (1985), o olho possui quatro variáveis com maior influência no estado refrativo: potência refrativa da córnea, cristalino, profundidade da câmara anterior (PCA) e comprimento axial do olho (CA).

#### 2.1.2.1 Poder Refrativo Da Córnea

A medição do poder refrativo da córnea é feito através do queratômetro. Segundo Steiger (1913) os valores da potência refrativa da córnea variam entre +39,00D e +47,00D sendo os valores de +42,00D e +42,25D os mais frequentes. A potência da face anterior é de +48,00D e -6,00 D da face posterior, gerando uma resultante de +42,00D, como está representado na Figura 3. A determinação destes valores é obtida a partir das leituras queratométricas sobre a superfície anterior da córnea tendo em consideração que o índice de refração da córnea é de 1,335.

Figura 3 – Poder refrativo da córnea



Fonte: Próprio autor (2022).

### 2.1.2.2 Profundidade Da Câmara Anterior

Na maioria das vezes, o valor da PCA é obtido por ecografia ultra-sónica unidimensional. É definido como sendo a distância entre a face posterior da córnea e a face anterior do cristalino. A câmara anterior é preenchida por um líquido chamado humor aquoso, cujo o índice de refração é 1,333.

Recentemente Meinhardt *et al.* (2006) desenvolveram novas técnicas que permitem medir este parâmetro com mais precisão, ajudando a esclarecer qual a importância das variações deste parâmetro nas variações do erro refrativo.

Para Benjamin (1998) um aumento da PCA indica uma diminuição do poder refractivo total do olho, pois representa um afastamento entre a córnea e o cristalino. No entanto, Grosvenor e Scott (1991) demonstrou que as variações na PCA não podem ser consideradas isoladamente, mas sim em conjugação com as variações do CA. O aparecimento da miopia pode surgir de uma diminuição da PCA se não ocorrer alterações no CA ou de um aumento na PCA se ocorrer simultaneamente um aumento do CA. O aumento da miopia (diminuição da hipermetropia) pode estar associado com o aumento ou com a diminuição da PCA.

### 2.1.2.3 Poder Dióptrico Do Cristalino

Segundo Gullstrand (1909), o valor dióptrico do cristalino varia entre +14,00D e +25,00D e apresenta um índice de refração crescente (GRIN, gradiente de índice) desde a superfície anterior até ao núcleo e diminuindo progressivamente na ordem inversa até à superfície posterior. Normalmente assume-se um índice médio para todo o cristalino de 1,413 e uma variação de  $\pm 0,001$  representa uma variação dióptrica total de  $\pm 0,25D$ . Além do GRIN, segundo Strenk, Strenk e Koretz (2005), o índice de refração do cristalino sofre alterações com a idade devido ao aumento do conteúdo de água.

### 2.1.2.4 Comprimento Axial Do Olho

A determinação deste parâmetro obtém-se com facilidade utilizando a ecografia ultra-sónica unidimensional. Os trabalhos realizados com grandes amostras populacionais mostram uma distribuição de valores diferente da

distribuição normal, quando se têm em consideração todos os estados refrativos. Quando se excluem os casos de miopia elevada a distribuição aproxima-se mais a uma distribuição normal, o que sugere a existência de uma correlação entre o CA e o estado refrativo. As modificações verificadas em cada um dos componentes oculares durante o desenvolvimento do globo ocular são pequenas, mas suficientes para produzir, por si só, importantes variações na refração total do olho. Considerando que uma variação de 1 mm no CA equivale a uma variação refrativa de cerca de 3,00D e tendo em conta que o CA de um recém-nascido é de aproximadamente 16,0 mm enquanto que no estado adulto é de 24,0 mm, este aumento de 8,0 mm produziria uma miopia de 24,00D.

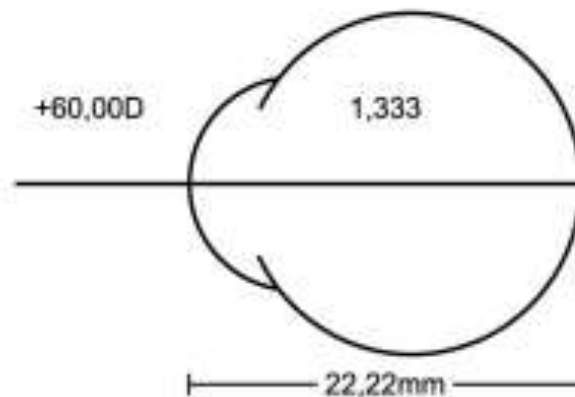
No entanto para Sorsby (1961), a realidade é diferente; durante a fase de desenvolvimento ocorrem fenômenos no segmento anterior que compensam a alteração do CA do olho. O crescimento do olho é um processo altamente correlativo e traz consigo grandes mudanças no poder refrativo da córnea e do cristalino. Levando a concluir que o olho é um órgão correlativo e não uma livre combinação dos seus componentes.

### **2.1.3 Olho Esquemático**

Como visto anteriormente, existe uma grande variabilidade nas características dos componentes oculares, sendo difícil estabelecer um olho padrão. No entanto, Alvar Gullstrand (1909 *apud* CRUZ, 2009), propôs um modelo de olho ao qual chamou olho esquemático exato. No entanto, esse modelo exato mostrou ser bastante complexo, como é apresentado na Figura 4.



Figura 5 – Olho reduzido padrão

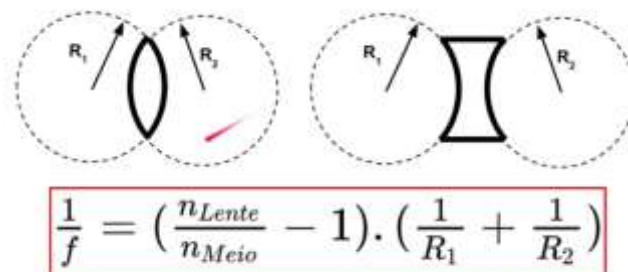


Fonte: Preditores de alterações visuais em jovens universitários.

#### 2.1.4 Equação De Halley

Segundo Abrego (2014), atribuiu-se a descoberta dessa equação a René Descartes. Essa equação é chamada “Equação dos fabricantes de lentes”, também é conhecida como “Equação de Halley” (Figura 6). Ela relaciona a distância focal  $f$  de uma lente delgada com os raios de curvatura  $R_1$  e  $R_2$  de suas faces, o índice de refração absoluto ( $n_{lente}$ ) do material com que a lente é confeccionada e o índice de refração absoluto ( $n_{meio}$ ) do meio no qual a lente está imersa:

Figura 6 – Demonstração da Equação de Halley



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=DNU7UGPQ1bc>

Para que a equação de Halley seja coerente é preciso que ela obedeça a alguns parâmetros como:

- Se a face de curvatura for convexa –  $R > 0$ , ou seja, o sinal do raio de

curvatura  $R$  será positivo.

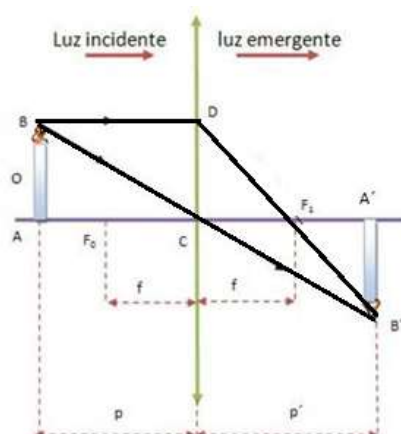
- Se a face de curvatura for côncava –  $R < 0$ , ou seja, o sinal do raio de curvatura  $R$  será negativo.

Quando a lente estiver no ar,  $n_{lente} = 1$ , uma lente biconvexa será convergente, pois a distância  $f$  é positiva. Entretanto, se colocarmos essa lente em um líquido cujo índice de refração é maior do que o da lente ( $n_{meio} > n$ ), sua distância focal será negativa, indicando que a lente passa a ser divergente nesse meio. Da mesma forma, uma lente divergente imersa nesse líquido se tornará convergente.

### 2.1.5 Equação De Gauss

Segundo Courrol (2012), a equação dos pontos conjugados, ou equação de Gauss (Figura 7), nos fornece a posição da imagem conjugada por uma lente esférica. Através de um estudo analítico podemos determinar a altura e a posição de uma imagem conjugada por uma lente esférica. Para isso basta que conheçamos a posição e o tamanho do objeto.

Figura 7 – Demonstração equação de Gauss



Fonte: <https://www.colegioweb.com.br/lentes-esfericas>

Com base no esquema acima, concluímos que os triângulos  $ABC$  e  $A'B'C'$  são semelhantes, logo:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{p'}{p} \quad (1)$$

Com base no esquema acima, concluímos que os triângulos CDF1 e A'B'F1 são semelhantes, logo:

$$\frac{A'B'}{CD} = \frac{A'F1}{CF1}$$

Considerando que A'F1 = p'-f; CF1 = f; CD = AB, teremos:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{(p'-f)}{f} \quad (2)$$

Se compararmos (1) e (2), teremos:

$$\frac{p'}{p} = \frac{(p'-f)}{f}$$

Onde:

$$p'f = pp' - pf$$

$$pp' = p'f + pf$$

Se dividirmos a expressão acima por pp' com f ≠ 0, teremos

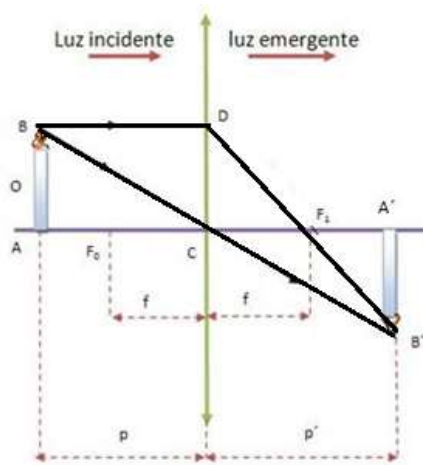
$$\frac{p'f}{pp'f} + \frac{pf}{pp'f} = \frac{pp'}{pp'f}, \text{ logo teremos a equação de Gauss:}$$

$$\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

### 2.1.6 Equação Do Aumento Linear

Segundo Courrol (2012), a equação dos pontos conjugados, ou equação de Gauss, além de fornecer a posição, também fornece a altura da imagem conjugada por uma lente esférica.

Figura 8 – Demonstração equação do aumento linear transversal



Fonte: <https://www.colegioweb.com.br/lentes-esfericas>

Retomando a equação (1)

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{p'}{p}, \text{ teremos que:}$$

$i = A'B'$ , mas como imagem é invertida, temos que  $i < 0$

$o = AB$

Logo teremos equação do aumento linear transversal:

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

## 2.2 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa é do tipo estudo de caso e explicativa. Estudo de caso onde foi utilizado método da abordagem de investigação. Consiste na utilização de um ou mais métodos quantitativos de recolha de informação e não segue uma linha rígida de investigação (MINAYO, 2001).

Explicativa onde através de conhecimento de física estudamos a formação do foco na retina para entender algumas situações que contribuem para a ocorrência de um fenômeno (GIL, 2007).

O estudo de caso foi realizado no período de dezembro de 2021 a fevereiro

de 2022.

Foram utilizados 14 artigos científicos, onde as bases de dados para a busca dos estudos foram nos sites eletrônicos *Google Acadêmico*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO).

Nesse processo procuramos compor um resultado efetivo com a compreensão da formação da imagem.

Para analisar os dados foi feita uma simulação de posição do objeto ao infinito (Figura 9) e um objeto próximo (Figura 10), utilizando a projeção em um olho esquemático com a Equação de Gauss e a Equação de Halley.

Figura 9 – Posição objeto ao infinito (6,10m)



Fonte: <https://www.adorocinema.com/noticias/filmes/noticia-158812/>

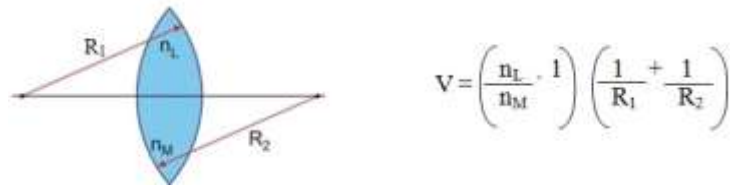
Figura 10 – Posição objeto próximo (0,30m)



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/747456869395946790/>

Equação de Halley (Figura 11) foi utilizada para revisar a vergência do conjunto córnea e cristalino.

Figura 11 – Equação de Halley



Fonte: <https://www.infoescola.com/optica/equacao-do-fabricante-de-lentes/>

Onde:

V- Vergência da lente

$R_1$  - raio de curvatura da superfície 1

$R_2$  - raio de curvatura da superfície 2

$n_L$ - índice de refração do material que constitui a lente

$n_M$ - índice de refração do meio em que a lente se encontra

Segundo Serway e Jewett Junior (2014), Equação de Gauss:

$$f = \frac{(p \cdot p')}{(p + p')}$$

Onde:

f = distância focal.

p = distância do objeto a lente.

p' = distância da imagem a lente.

Em seguida uma simulação do tamanho de objeto ao infinito e um objeto próximo, utilizando a projeção em um olho esquemático com a Equação do Aumento Linear (SERWAY; JEWETT JUNIOR, 2014).

Equação do Aumento Linear:

$$\frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

### 2.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Utilizando os parâmetros do olho esquemático proposto por Gullstrand (1909) e aplicando as equações de Gauss e Halley, revisamos os valores para a projeção da imagem no olho e estudamos sua projeção a uma distância próxima (0,3m) e ao infinito (6,10m). Além de avaliar a região da retina cada porção desse objeto é projetada.

### 2.3.1 Vergência Córnea

Segundo Curtin (1985), a córnea é o primeiro meio com influência no estado refrativo do olho. Onde a face anterior tem +48.00D e a face posterior -6.00D. Assim podemos concluir que a córnea tem uma vergência resultante de:

$$\text{Vergência córnea} = +48.00D - 6.00D$$

$$\text{Vergência córnea} = +42.00D$$

### 2.3.2 Vergência Cristalino

Os parâmetros utilizados no olho esquemático de Gullstrand (1909) para o raio de curvatura da face anterior do cristalino são de 10mm e o raio de curvatura da face posterior são de 6mm (sem acomodação) e índice de refração do humor aquoso e do vítreo tem um valor de 1,336 e o do cristalino de 1,413. Aplicando a equação de Halley teremos:

$$V = \left( \frac{nL}{nM} - 1 \right) \cdot \left( \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \right)$$

$$V = \left( \frac{1,413}{1,336} - 1 \right) \cdot \left( \frac{1}{0,01} + \frac{1}{0,006} \right)$$

$$V = (1,057 - 1) \cdot (100 + 166,66)$$

$$V = 0,057 \cdot 266,66$$

$$V = 15,36D$$

### 2.3.3 Vergência Conjunto Córnea/Cristalino

Segundo revisão a vergência da córnea são +42.00D e a vergência do cristalino são 15.36D (sem acomodação). Aproximando a vergência do conjunto para:

Vergência do conjunto = +42.00D + 15.36D

Vergência do conjunto = +57.36D

Assim o foco do conjunto córnea/cristalino segundo equação de Rene Descartes:

$$f = \frac{1}{D}$$

$$f = \frac{1}{57,36}$$

f = 0,01743m ou 17,43mm

### 2.3.4 Adotando Mirada Para Longe (6,10m)

Utilizando o foco do conjunto córnea/cristalino onde f = 0,0174m com mirada para longe a uma distância de 6,10m e aplicando a equação de Gauss, encontramos a projeção da imagem:

$$f = \frac{p \cdot p'}{p + p'}$$

$$0,0174 = \frac{6,10 \cdot p'}{6,10 + p'}$$

$$0,1061 + 0,0174p' = 6,10p'$$

$$0,1061 = 6,082p'$$

$$p' = 0,0174m$$

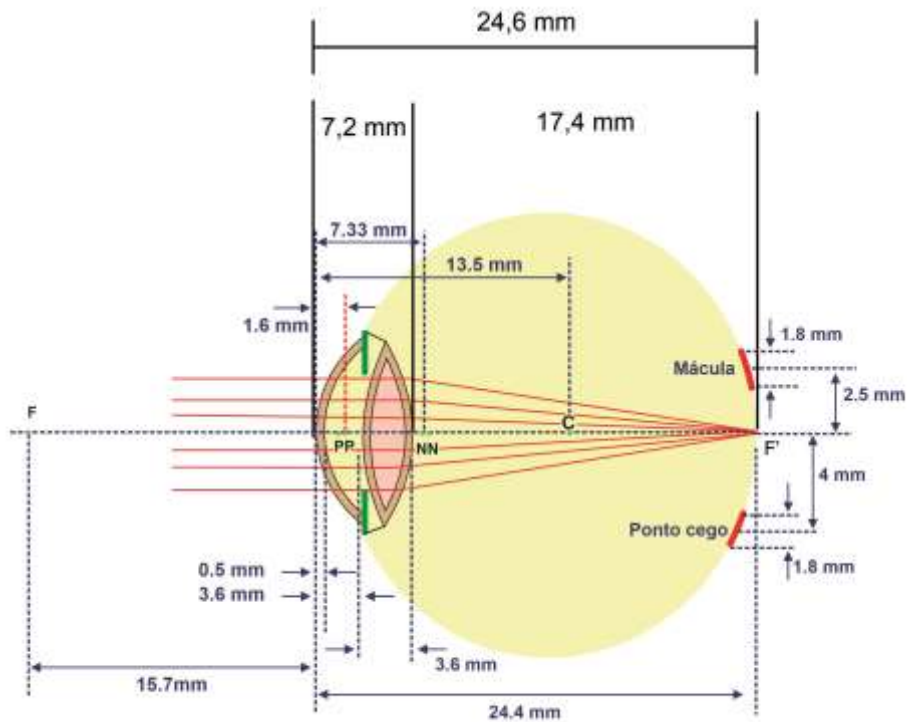
Onde encontramos  $p' = f$ , confirmando que, segundo Bruno (2007), todo raio de luz que incide paralelo ao eixo (infinito) é refratado no foco.

Como  $p'$  é a distância da imagem a lente e o conjunto de acordo com o olho esquemático (Figura 12) tem 7,2mm (face anterior da córnea a face posterior do cristalino), então:

$$p' + 7,2mm$$

$$17,4mm + 7,2mm = 24,6mm$$

Figura 12 – Olho esquemático 2



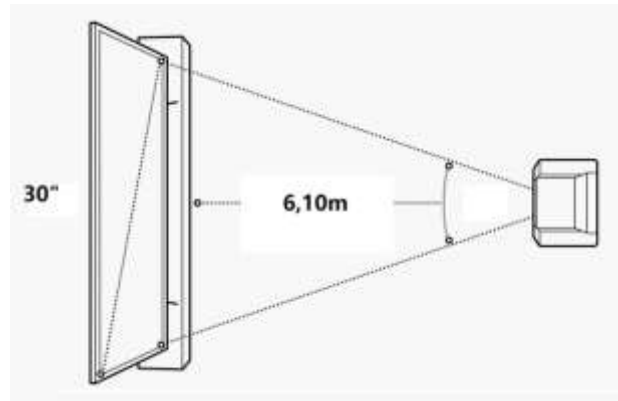
Fonte: <https://fenix.ciencias.ulisboa.pt>

Confirmado que a projeção em questão realmente está projetada na retina do olho esquemático, já que o tamanho do mesmo é 24,4mm.

#### 2.3.4.1 Projeção e Aumento Linear de Objeto a 6,10m

Para essa situação adotamos uma TV com dimensões (LxA) 0,8m x 0,6m como objeto localizado a uma distância de 6,10m do olho esquemático (Figura 13). Aplicando a Equação do Aumento linear para determinar a ampliação da imagem no olho a essa distância.

Figura 13 – Objeto a distância de 6,10m



Fonte: <https://www.samsung.com>

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{i}{o}$$

Onde demonstramos que  $p'$  para  $p = 6,10\text{m}$  é  $0,0174\text{m}$

$$A = \frac{-0,0174}{6,10}$$

$$A = -0,002852$$

Onde segundo Abrego (2014), para  $A$  negativo e menor que 1 a imagem é real, menor e invertida.

Determinando  $A$  e aplicando a mesma equação do aumento linear para determinar o tamanho da imagem da TV projetada na retina:

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{i}{o}$$

- Largura da TV terá  $o = 0,8\text{m}$  com  $A = -0,002852$

$$-0,002852 = \frac{i}{0,8}$$

$$i = -0,002281\text{m ou } -2,28\text{mm (imagem invertida)}$$

Assim a largura da TV terá uma projeção de  $2,28\text{mm}$  na retina.

- Altura da TV terá  $o = 0,6\text{m}$  com  $A = -0,002852$

$$-0,002852 = \frac{i}{0,6}$$

$i = -0,001710\text{m}$  ou  $-1,71\text{mm}$  (imagem invertida)

Assim a altura da TV terá uma projeção de  $1,71\text{mm}$  na retina.

Concluindo que o tamanho da imagem da TV projetada na retina é  $(L \times A)$   $2,28\text{mm} \times 1,71\text{mm}$ .

Segundo Bruno (2007), a retina central é subdividida em uma zona macular de cor cereja, no centro da qual se acha a mácula lútea com  $2$  a  $3\text{mm}\varnothing$  de diâmetro, correspondendo a cerca de  $7^\circ$  a  $10^\circ$  no campo visual, circunscrevendo a fóvea, que por sua vez tem  $1,5\text{mm}\varnothing$  de diâmetro, cerca de  $5^\circ$  do campo visual, constituída quase somente de cones. Por sua vez em torno da fovéola com diâmetro de  $0,4$  a  $0,6\text{mm}\varnothing$  com cerca de  $120'$  de arco do campo visual com uma concentração de  $2500$  cones, onde no centro está relacionada uma pequena depressão, o umbo com diâmetro de  $0,1\text{mm}\varnothing$  com cerca de  $20'$  de arco do campo visual, região de melhor discriminação de formas (acuidade visual).

Considerando a área de todas essas regiões da retina central, e aplicando a equação do aumento linear, determinamos onde cada área circular do objeto está projetada na retina (Tabela 1):

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{i}{o}$$

Adotamos  $A = -0,002852$ , para uma distância de  $6,10\text{m}$  e para  $i$  os valores dos diâmetros de cada região da retina central, para determinar o objeto que será a área circular do objeto que estimula sua respectiva região circular na retina:

- Mácula lútea  $i = -2,5\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,002852 = \frac{0,0025}{o}$$

$$o = 0,876\text{m} \text{ ou } 87,6\text{cm}$$

- Fóvea  $i = -1,5\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,002852 = \frac{0,0015}{o}$$

$$o = 0,525\text{m} \text{ ou } 52,5\text{cm}$$

- Fovéola  $i = -0,5\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,002852 = \frac{0,0005}{o}$$

$$o = 0,175\text{m ou } 17,5\text{cm}$$

- Umbo  $i = -0,1\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,002852 = \frac{0,0001}{o}$$

$$o = 0,035\text{m ou } 3,5\text{cm}$$

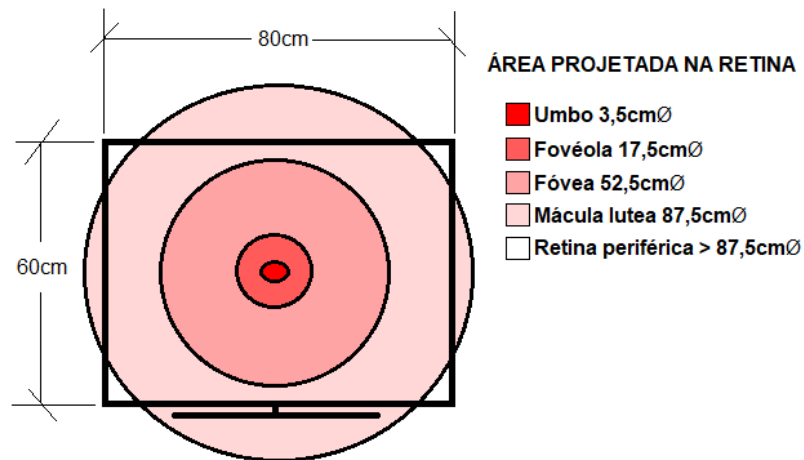
Tabela 1 - Área circular do objeto a 6,10m de distância projetado em área circular da retina

ÁREA CIRCULAR DO OBJETO	ESTA PROJETADA
0,876m ou 87,6cm diâmetro do objeto	Na Mácula lútea (2,5mm)
0,525m ou 52,5cm diâmetro do objeto	Na Fóvea (1,5mm)
0,175m ou 17,5cm diâmetro do objeto	Na Fovéola (0,5mm)
0,035m ou 3,5cm diâmetro do objeto	No Umbo (0,1mm)

Fonte: Próprio autor (2022).

Assim para uma TV (LxA) com medidas 0,8m x 0,6m, podemos considerar as seguintes áreas de projeção na retina para uma distância de 6,10m, como está representado na Figura 14.

Figura 14 - Projeção TV (cm) na retina para uma distância de 6,10m



Fonte: Próprio autor (2022).

### 2.3.5 Adotando Mirada Para Perto (0,30m)

Como demonstrado no item 2.3.3 e 2.3.4 a vergência do conjunto córnea/cristalino para um objeto a 6,10m no olho esquemático resulta em um posicionamento de imagem na retina  $p' = 17,40\text{mm}$  (Sem acomodação). Com o novo posicionamento do objeto  $p = 0,30\text{m}$  no olho esquemático, vamos ter a seguinte situação:

$$p = 0,30\text{m}$$

$$p' = 0,0174\text{m}$$

Onde utilizamos a equação de Gauss para determinar a nova vergência necessária do conjunto córnea/cristalino:

$$f = \frac{p \cdot p'}{p + p'}$$

$$f = \frac{0,3 \cdot 0,0174}{0,3 + 0,0174}$$

$$f = \frac{0,00522}{0,3174}$$

$$f = 0,0164m$$

Aplicando a equação de Halley para  $f = 0,0164m$

$$f = \frac{1}{D}$$

$$0,0164 = \frac{1}{D}$$

$$D = 60,97D$$

Concluindo assim que o conjunto precisou fazer um ajuste (Acomodação do cristalino):

$$\text{Acomodação} = \text{Vergência final}(0,30m) - \text{Vergência inicial}(6,10m)$$

$$\text{Acomodação} = 60,97 - 57,36$$

$$\text{Acomodação} = 3,61D$$

#### 2.3.5.1 PROJEÇÃO E AUMENTO LINEAR DE OBJETO A 0,30m

Para essa situação adotamos um aparelho celular com dimensões (LxA) 0,06m x 0,1m como objeto localizado a uma distância de 0,30m do olho esquemático, como está representado na Figura 15. Aplicando a Equação do Aumento linear para determinar a ampliação da imagem no conjunto a essa distância:

Figura 15 - Objeto a distância de 0,30m



Fonte: <https://www.freepik.com>

$$A = -p' / p = i / o$$

Onde demonstramos que  $p'$  para  $p = 0,30\text{m}$  é  $0,0174\text{m}$ .

$$A = -0,0174 / 0,30$$

$$A = -0,058$$

Onde Abrego (2014), para  $A$  negativo e menor que 1 a imagem é real, menor e invertida.

Determinando  $A$  e aplicando a mesma equação do aumento linear para determinar tamanho da imagem do aparelho celular projetada na retina:

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{i}{o}$$

- Largura do aparelho celular terá  $o = 0,06\text{m}$  com  $A = -0,058$

$$-0,058 = \frac{i}{0,06}$$

$$i = -0,00348\text{m ou } -3,48\text{mm (imagem invertida)}$$

Assim a largura do aparelho celular terá uma projeção de  $3,48\text{mm}$  na retina.

- Altura do aparelho celular terá  $o = 0,1\text{m}$  com  $A = -0,058$

$$-0,058 = \frac{i}{0,1}$$

$$i = -0,0058\text{m ou } -5,8\text{mm (imagem invertida)}$$

Assim a altura do aparelho celular terá uma projeção de 5,8mm na retina.

Concluindo que o tamanho da imagem do aparelho celular projetada na retina é (LxA) 3,48mm x 5,8mm.

Considerando os mesmos dados segundo Bruno (2007), onde a retina central é subdividida em uma zona macular de cor cereja, no centro da qual se acha a mácula lútea (2,5mmØ), fóvea (1,5Ø), fovéola (0,5mØ) e o umbo (0,1mØ). Considerando a área de todas essas regiões da retina central, e aplicando a equação do aumento linear, determinamos onde cada área circular do objeto está projetada na retina (Tabela 2):

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{i}{o}$$

Adotamos  $A = -0,058$ , para uma distância de 0,30m e para  $i$  os valores dos diâmetros de cada região da retina central, para determinar o objeto que será a área circular do objeto que estimula sua respectiva área circular na retina:

- Mácula lútea  $i = -2,5\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,058 = \frac{-0,0025}{o}$$

$$o = 0,0431\text{m ou } 4,31\text{cm}$$

- Fóvea  $i = -1,5\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,058 = \frac{-0,0015}{o}$$

$$o = 0,025\text{m ou } 2,5\text{cm}$$

- Fovéola  $i = -0,5\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,058 = \frac{-0,0005}{o}$$

$$o = 0,00862\text{m ou } 0,862\text{cm}$$

- Umbo  $i = -0,1\text{mm}$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-0,058 = \frac{-0,0001}{o}$$

$$o = 0,00172\text{m ou } 0,172\text{cm}$$

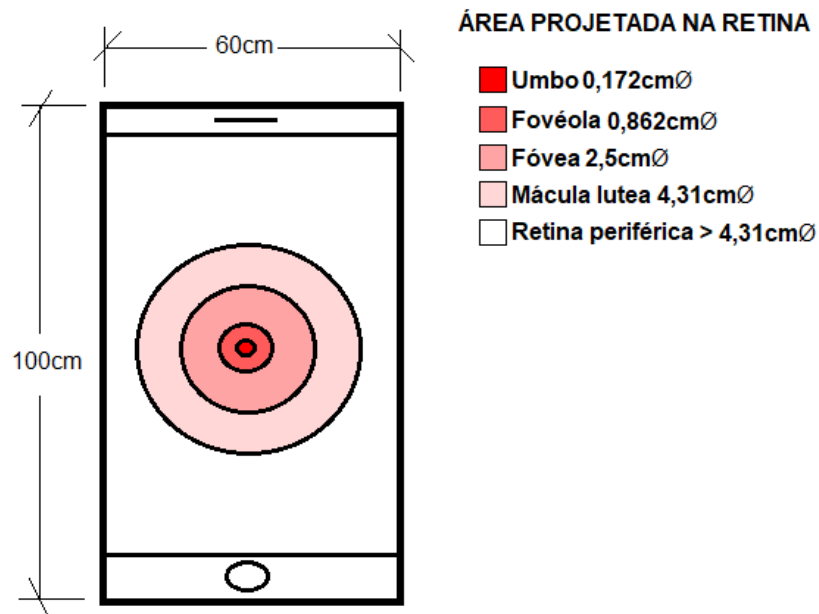
Tabela 2 - Área circular do objeto a 0,30m de distância projetado em área da retina

ÁREA CIRCULAR DO OBJETO	ESTA PROJETADA
0,0431m ou 43,1mm diâmetro do objeto	Na Mácula lútea (2,5mm)
0,025m ou 25mm diâmetro do objeto	Na Fóvea (1,5mm)
0,00862m ou 8,62mm diâmetro do objeto	Na Fovéola (0,5mm)
0,00172m ou 1,72mm diâmetro do objeto	No Umbo (0,1mm)

Fonte: Próprio autor (2022).

Assim para um aparelho celular (LxA) com medidas 6mm x 100mm, podemos considerar as seguintes regiões, apresentadas na Figura 16, de projeção na retina para uma distância de 0,30m.

Figura 16 - Projeção aparelho celular(mm) na retina para uma distância de 0,30m



Fonte: Próprio autor (2022).

## 2.4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com os resultados obtidos através das equações de Halley e Gauss (COURROL, 2012).

Observou-se através de simulações de tamanho e posição da imagem, devemos entender que a todo o momento, independentemente da posição de foco, vamos sempre ter projeção fora da zona macular, especificamente na retina periférica, já que toda a retina central é subdividida e alcança tamanho máximo de 2,5mm de diâmetro (BRUNO, 2007).

Fica claro também através de uma simples comparação nas características de projeção de uma TV e um aparelho celular distantes do observador 6,10m e 30cm respectivamente. Que o aparelho celular, mesmo que pequeno e bem menor que a TV, estando localizado a 30cm de distância do observador, apresenta maior área focada fora da zona macular.

Assim, mesmo que focando em um ponto específico que será projetado no umbo, sempre teremos parte do objeto e todo o ambiente externo projetado na retina periférica, produzindo um estímulo na periferia. Além de ficar demonstrada a

necessidade de movimentação dos olhos para conseguir ver em detalhes os objetos, já que os mesmo de acordo com os resultados são projetados em grade parte fora do umbo.

Com os resultados encontrados, nem uma simples TV ou um simples aparelho celular, de tamanho relativamente pequeno em comparação com o ambiente externo, consegue ser projetado por completo na zona macular.

### **3 CONCLUSÃO**

No estudo de caso é possível observar uma maior projeção do objeto focado na retina periférica quando estamos observando em visão próxima 30cm. Além disso a própria proximidade gera um estímulo maior de acomodação, que por sua vez vem a somar no estímulo da progressão da miopia.

Fica claro que o comportamento da projeção da imagem na retina, principalmente na sua região periférica, (um fator relevante no estudo da progressão da miopia), é algo a se considerar, já que pode provoca estímulos com características que influenciam de forma considerável o desenvolvimento visual. Já que a retina além de ser um anteparo curvo e a projeção da imagem é plana e grande parte fora da zona macular, vamos encontrar na região periférica da retina uma porção da imagem desfocada com posição focal após a retina devido a curvatura do olho. Assim ficando em aberto para estudos futuros a influência da projeção no desenvolvimento da miopia.

Por fim, profissionais da área da saúde, como o profissional optometrista, deve dar a devida importância e observar de forma mais sensível o comportamento dessa projeção a fim de orientar melhor os pacientes quanto aos hábitos de estímulos visuais próximos, afim de evitar prejuízos com a progressão da miopia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREGO, José Ramon Beltran. **Práticas de óptica e introdução à física moderna: coleta e análise de dados experimentais**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2014.
- ASSOCIATION, A. O. **Care of the Patient with Myopia**, USA: American Optometric Association, 2006.
- BEDROSSIAN RH. The effect of atropine on myopia. **Ophthalmology**. 1979;86(5):713-7.
- BENJAMIN W. J. **Clinical Refraction Borish's**. 2nd Edition ed., USA - Missouri: Elsevier Inc., Butterworth-Heinemann, 2006.
- BENJAMIN, W. J. **Clinical Refraction**. W.B. Saunders Company, Philadelphia. 1998.
- BICAS, Harley Edison Amaral. **Optica e fisiologia da visão**. São Paulo: Roca, 2007.
- BRUNO, Odemir Martinez. **Optica e fisiologia da visão**. São Paulo: Roca, 2007.
- CHAMBERLAIN, P. A 3-year Randomized Clinical Trial of MiSight Lenses for Myopia Control. **Optometry and Vision Science**. 2019 August;96(8):556-567. doi: 1097/OPX.0000000000001410.
- CHUA WH, BALAKRISHNAN V, CHAN YH, Tong L, LING Y, Quah BL, TAN D. Atropine for the treatment of childhood myopia. **Ophthalmology**. 2006;113(4):2285-91.
- COURROL, Lilia Coronato. **Optica Geometrica**. São Paulo; FAP\_UNIFESP. 2012.
- CRUZ, Helman Alfredo. **Optica ocular**. FUNDAÇÃO UNIVERSITÁRIA DE ÁREA ANDINA, 2009.
- CUI, D. *et al*. Effect of day length on eye growth, myopia progression, and change of corneal power in myopic children. **Ophthalmology**. 2013;120(5):1074-9.
- CUNHA, Rosana Nogueira Pires. **Miopia na Infância**. Arquivos brasileiros de oftalmologia. Setor de Estrabismo - Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP 2007.
- CURTIN, BJ. **The Myopias: Basic Science and Clinical Management**. Harper & Row: Philadelphia. 1985.
- DOMÉ, E. F. **Estudo do olho humano aplicado à Optometria**. São Paulo: SENAC, 1995.
- DONDERS, F. C. **On the anomalies of accommodation and refraction of the eye**. Publisher, New Sydenham Society. 1864.

EMSLEY H. H., **Visual optics**, 5th ed., London:Hatton Press Ltd, 1952.

FOSTER, P. J. **Epidemiology of myopia Eye**. London, England. 2014.

FURLAN, W. **Fundamentos de Optometria - refracion ocular**, Valência: Universidade de Valência, 2009.

G1. **Casos de miopia aumentam sob alerta de que o estilo de vida das crianças tenha relação com a epidemia**. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/viva-voce/noticia/2019/04/13/casos-de-miopia-aumentam-sob-alerta-de-que-o-estilo-de-vida-das-criancas-tenha-relacao-com-a-epidemia.ghtml>. Acesso em: 12 nov. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIMBEL, H. V. The control of myopia with atropine. **Can J Ophthalmol**. 1973;8(4):527-32.

GOSS, D. A.; RAINEY, B. B. Relationship of accommodative response and nearpoint phoria in a sample of myopic children. **Optom Vis Sci** 1999;76(5):292-4.

GROSVENOR, T. **A review and a suggested classification system for myopia on the basis of age-related prevalence and age of onset**. Am J Optom Physiol Opt 1987.

GROSVENOR, T; SCOTT, R. Comparison of refractive components in youth-onset and early adult- onset myopia. **Optom Vis Sci** 1991; 68: 204-209.

GULLSTRAND A., **In the helmholtz's treatise on physiological optics**, 3rd ed., Hamburg, Germany. 1909.

LIN, L. L. *et al*. Epidemiologic study of ocular refraction among schoolchildren in Taiwan in 1995. **Optom Vis Sci** 1999;76(5):275-81.

LITHANDER J. **Prevalence of myopia**. Acta Ophthalmol Scand 1999.

MEINHARDT B. *et al*. Evaluation of biometric methods for measuring the anterior chamber depth in the non-contact mode. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2006 May;244(5):559-64. doi: 10.1007/s00417-005-0103-7. Epub 2005 Sep 15. PMID: 16163498.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MORGAN I, ROSE, K. **How genetic is school myopia?** Prog Retin Eye Res. 2005; 24(1):1-38.

MORGAN, I. G.; OHNO-MATSUI K.; SAW, S. M. **Myopia**. Lancet. 2012; 379(9827):1739-48

PAN, C. W. **Worldwide prevalence and risk factors for myopia.** *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012.

POMEDA, R. A.; VILLA-COLLAR, C. Slowing the Progression of Myopia in Children with the MiSight Contact Lens: A Narrative Review of the Evidence. **Ophthalmol Ther.** 2020 Dec;9(4):783-795. doi: 1007/s40123-020-00298-y.

QUEIROZ NETO, L. Instituto Penido Burnier. 2017. Disponível em: <https://www.drqueirozneto.com.br/singlepost/2017/04/26/V%C3%ADcios-de-refra%C3%A7%C3%A3o>

ROSA, J. **MiSight: a nova opção em controle de miopia no Brasil.** Artigo na PEBMED, Brasil: 2021.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios De Física - Óptica E Física Moderna.** – Brasil, Vol. 4. 2014

SMITH, E. Universidade de Houston. 2010. Disponível em: <https://uh.edu/newsevents/stories/2010articles/Nov2010/11182010EarlSmitPrenticeMedal.php>. Acesso em: 11 abr. 2022.

SORSBY, A. **Refração e seus componentes durante o crescimento do olho a partir dos três anos de idade.** *Memo Med Res Counc* 1961; 301 (Special): 1-6.

STEIGER, A. **Die Entstehung der sphärischen. Refraktionen des menschlichen Auges.** Berlin: Karger, 1913.

STRENK, S. A.; STRENK, L. M.; KORETZ, J. F. The mechanism of presbyopia. **Prog Retin Eye Res** 2005; 24: 379-393.

VENTURA, L.; NETO, J. C. C. **“Ocular Ametropias,”** *Revista B. E de Física*, vol. 17, pp. 305 - 316, 1995.

WHITMORE W. G. **“Congenital and developmental myopia,”** *Eye*, vol. 6, pp. 361-365, 1992.