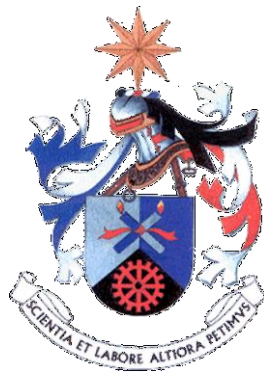


**MUNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**



*Lente intra-ocular multifocal e LASIK no tratamento de alta hipermetropia e astigmatismo*

**Andreia Susana Saraiva Gabriel**

Covilhã, 2010



**UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR**

***Lente intra-ocular multifocal e LASIK no tratamento de alta hipermetropia e astigmatismo***

**Andreia Susana Saraiva Gabriel**

Relatório Clínico apresentado à Universidade da Beira Interior para a obtenção do grau de Mestre em Optometria e Ciências da Visão

Orientador: Professor Doutor Manuel Monteiro Pereira

Professor Auxiliar de Oftalmologia

Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade da Beira Interior

Covilhã, 2010

## **Agradecimentos**

O presente relatório insere-se no contexto do Mestrado Integrado em Optometria Ciências da Visão.

Foi desenvolvido um estágio intensivo na Clínica Oftálmológica das Antas sob orientação do Professor Doutor Manuel Monteiro Pereira.

Um relatório Clínico nunca é um projecto individual e ao longo deste trabalho foram várias as pessoas que cada uma de sua forma contribuiu para que esta se concretizasse. Deste modo agradeço a todos os que directa e mesmo indirectamente estiveram presentes neste projecto, sem estas magnificas pessoas nada se concretizaria.

Ao meu orientador Professor Doutor Manuel Monteiro Pereira, pelo apoio, incentivo e conhecimentos que me transmitiu durante este processo.

A todos as pessoas que ao longo da minha vida me acompanharam e apoiaram, principalmente aos meus pais, pela paciência, a amizade, o carinho e o apoio constantes.

Por fim, à Universidade da Beira Interior.

# Índice

Agradecimentos	iv
Índice	v
Capítulo 1 – Introdução	1
Capítulo 2 -Estudo das ametropias em geral	2
2.1 Miopia	4
2.2 Hipermetropia	6
2.3 Astigmatismo	9
Capítulo 3- Acomodação	13
3.1 Componentes da Acomodação	
3.1.1 Acomodação Reflexa	14
3.1.2 Acomodação Vergêncial	15
3.1.3 Acomodação Proximal	15
3.1.4 Acomodação Tónica	16
3.2 Estado-Estático da Acomodação	16
3.2.1 Zona Linear Manifesta	17
3.2.2 Zona não Linear Inicial	17
3.2.3 Zona não Linear de Transição	19
3.2.4 Zona não Linear Latente	19
3.2.5 Zona de Desfocagem não Linear Miópica	19
3.2.6 Zona de Desfocagem não Linear Hipermetrópica	20
Capítulo 4 – Idade, Acomodação e Presbiopia	
4.1 Amplitude de Acomodação	21
4.2 Resposta Acomodativa	24

4.3 Dinâmica de Resposta	25
4.4 Estabilidade de Resposta	26
4.5 Precisão de Resposta	26
Capítulo 5 – O Cristalino	
5.1 Anatomia do Cristalino	28
5.2 Embriologia do Cristalino	29
Capítulo 6 – Clínica	33
6.1 Possíveis Tratamentos	35
6.2 Métodos	36
6.3 Relato do Caso	37
6.3.1 Identificação	37
6.3.2 Anamnese	37
6.3.3 Exame geral	38
6.3.4 Tratamento inicial	38
6.3.5 Exames complementares de diagnóstico	39
6.3.6 Abordagem cirúrgica	39
6.3.7 Resultados	43
6.3.8 Discussão	44
6.3.9 Conclusão	45
Bibliografia	46
Abreviaturas	x
Índice de figuras	xi

## Capítulo 1 - Introdução

A troca do cristalino com finalidade refractiva consiste na realização da cirurgia, pela técnica de facoemulsificação por uma pequena incisão, e implante de lente intra-ocular (LIO) com a finalidade de correção de ametropias. A correção de grandes ametropias esféricas através do implante de LIO mudou nos últimos anos. A técnica cirúrgica da facoemulsificação, tem como vantagem a redução do tempo cirúrgico e da frequência de complicações, aumento da previsibilidade refractiva, desenvolvimento de novas tecnologias de biometria e fórmulas de cálculo e incremento da qualidade e versatilidade das lentes intraoculares.

Nas últimas duas décadas ocorreu um grande desenvolvimento das tecnologias na área da cirurgia refractiva, com aprimoramento dos aparelhos e softwares de ablação pelo Excimer laser, otimizando os resultados quanto à acuidade e qualidade visual nas cirurgias ablativas corneanas. A cirurgia refractiva pelo Excimer laser tornou-se procedimento corrente no meio oftalmológico na correção de miopias leves a moderadas, astigmatismos e hipermetropias leves, com resultados confiáveis e reprodutíveis. Porém, a correção de altas ametropias esféricas e da presbiopia é ainda um desafio para o Excimer, pois nestas condições a cirurgia ablativa corneana não oferece bons resultados, no que diz respeito à estabilidade refracional e segurança (risco de ectasias, alteração da biomecânica da córnea, indução de aberrações). Tais limitações do Excimer vieram de encontro com a evolução das técnicas de facoemulsificação e das LIO, portanto, pacientes com altas miopias, hipermetropias moderadas a altas e presbiopia seriam melhores candidatos às técnicas intra-oculares de correção refractiva: implante de lentes fáquicas ou substituição do cristalino por Lio com finalidade refractiva.

O objetivo deste relatório clínico foi estudar um caso de hipermetropia elevada com a técnica cirúrgica de facoemulsificação e posterior LASIK considerando as suas vantagens, tendo em conta o alto valor refractivo.

## Capítulo 2 - Estudo Óptico das Ametropias em Geral

O olho emetrope é um olho que consegue formar uma imagem nítida e clara na retina, de um objecto que se encontra no infinito óptico ( distância superior ou igual a 6 m). Qualquer desvio relativo a esse estado refractivo leva a que se considere que o olho é um olho amétrope, sendo as amétropias classificadas como miopia, hipermetropia ou astigmatismo, dependendo do foco imagem relativo à retina.

No olho emetrope, o foco imagem coincide com a retina, no olho míope está situado à frente da retina, no hipermetrope a imagem produz-se num ponto situado atrás da retina e no astigmata varia com cada meridiano.

O poder refractivo dos dióptros é exacto no emetrope, excessivo no míope e deficiente no hipermetrope.

O tamanho da imagem de um objecto situado no infinito é proporcional à distância focal e inversamente proporcional à potência (eq. 1).

A imagem será tanto maior quanto maior for a distância focal, caso da hipermetropia elevada, e será tanto menor, quanto mais elevada for a potência, como por exemplo em casos de miopia elevada.

$$1/f = P \quad \text{Equação 1}$$

O princípio de correcção destas ametropias esféricas, é fazer coincidir o foco imagem da lente compensadora com o ponto remoto do indivíduo. As ametropias podem ser classificadas segundo a sua origem como axiais, de curvatura e de índice [1].

Ametropias axiais referem-se ao comprimento axial do globo ocular, sendo a principal causa das ametropias elevadas. Dentro destas temos as ametropias axiais de correlação e as de composição. Nas ametropias de correlação todas as estruturas oculares que contribuem para o poder refringente encontram-se dentro das medidas esperadas, não se adequando

correctamente entre si. Nas ametropias de composição, superiores a 6D, o olho ou é muito longo ou é muito curto.

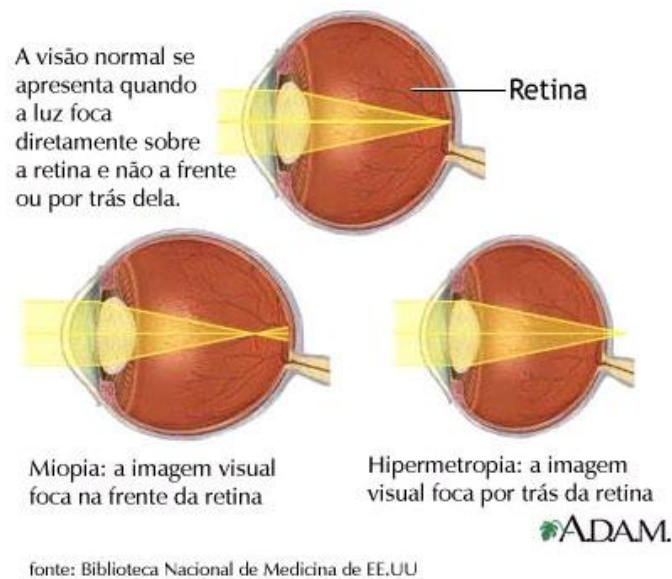
Nas ametropias de curvatura, a retina ocupa a mesma posição, seja qual for o poder refractivo do olho. O índice de refração dos meios oculares é o mesmo para todos os casos, mas a curvatura, é diferente para cada estado refractivo do olho.

O míope é o olho que tem um raio de curvatura mais reduzido e uma curvatura de cornea mais acentuada.

Nas ametropias de índice, os olhos têm a mesma curvatura, qualquer que seja o tipo de refração, a distância axial do globo ocular também é a mesma, assim como a posição na retina. O índice de refração dos meios oculares é variável. Quando o índice de refração é muito elevado produz-se um aumento da potência dióptrica e deste modo uma miopia, se o índice for muito baixo, aparecerá uma hipermetropia [2].

Consideram-se ametropias leves as que apresentam valores até 4D, sendo uma combinação de ametropia axial e refractiva [1].

As ametropias elevadas são superiores a 4D e consideram-se ametropias axiais puras [1].



**Figura 1.** Ametropias ([http://www.opticaview.com.br/dicas/miopia\\_arquivos/image001.jpg](http://www.opticaview.com.br/dicas/miopia_arquivos/image001.jpg))

## 2.1 Miopia

Miopia vem do grego que significa, fechar, guinar os olhos, considera-se um olho com excesso de potência refractiva superior ao normal. A miopia, é a condição óptica de um olho mesmo com a acomodação em repouso, em que, os raios de luz provenientes do infinito, depois de atravessar os meios refractivos do olho, formam o seu foco numa posição anterior à retina. A imagem que se forma sobre esta, está constituída por círculos de difusão produzidos por raios divergentes. Deduz-se então que os objectos ao longe se vêem desfocados. A imagem de todos os objectos para além do ponto remoto não se formará com nitidez, embora os objectos próximos sejam vistos claramente.

O ponto remoto do míope é o ponto situado no eixo óptico a partir do qual os raios incidentes devem divergir para que possam formar o seu foco sobre a retina, estando a acomodação em repouso. Este ponto é real e encontra-se situado a uma distância finita do olho sendo proporcional ao defeito do indivíduo, quanto maior a miopia mais curta será a distância deste. Esta distância corresponde à medida do grau de miopia, se o ponto se encontra a 1m do olho, existe 1D de miopia, a posição do ponto remoto calcula-se pelo inverso do grau de miopia.

O ponto próximo está mais próximo em relação ao emetrope, acomoda menos que este e a sua amplitude de acomodação também menor.

Miopias simples são os casos que constituem variantes fisiológicas normais com um estado de progressão limitado.

Miopias patológicas, são os casos de natureza mais grave, podendo aumentar rapidamente, pode trata-se de um processo congénito, tipicamente hereditário. O factor principal pode dever-se à debilidade da esclera e a sua incapacidade de suportar a pressão intra-ocular favorecendo o adelgaçamento e o crescimento ocular. Qualquer que seja a causa, é muito provável que o defeito primário seja um desenvolvimento precário do olho [1].

## **Sintomatologia**

Visão desfocada ao longe.

Cefaleias devido à tensão produzida ao semicerrar os olhos para focar ao longe.

Fadiga ocular nos casos mais leves, mas não tão evidentes como nos hipermetropes.

O excesso de convergência para ver ao perto, está em dessintonia com a acomodação, que não é necessária. O impulso fisiológico para que as duas funções se exerçam em simultâneo pode originar resultados opostos:

a) A acomodação pode tentar igualar-se à convergência, produzindo um espasmo ciliar, aumentando de modo artificial o grau da miopia [3].

b) Com maior frequência se abandona a convergência, a insuficiência da mesma provoca desequilíbrio muscular, colocando em causa a visão binocular, desviando um olho para fora, em que um estrabismo convergente aparentemente habitual dá lugar a um estrabismo divergente verdadeiro [4].

Outras complicações que podem ocorrer com a idade segundo Palay D. A.; Krachmer J. H. 1997, são:

a) O vítreo degenerado origina moscas volantes em abundância e opacidades flutuantes projectando na retina imagens anormalmente grandes, com pouco significado real, produzindo no paciente inquietude e ansiedade.

b) Escotomas reais por alterações na mácula com perda de visão central.



**Figura 2.** Visão do míope ([http://farm1.static.flickr.com/6/8859906\\_a90ee54bce.jpg](http://farm1.static.flickr.com/6/8859906_a90ee54bce.jpg))

## 2.2 Hipermetropia

É um erro refractivo ou uma condição óptica de um olho em repouso sem acomodação, onde os raios de luz, procedentes do infinito, são levados a um ponto focal que se encontra atrás da retina, os círculos de difusão que se formam nela produzem uma imagem desfocada e confusa.

A imagem torna-se desfocada comparando com a do olho emetropico uma vez que o ponto nodal se encontra mais próximo da retina.

Quanto mais perto do olho estiverem os objectos, maior será a divergência dos raios e maior o círculo de confusão na retina. O ponto remoto do olho emetropico encontra-se no infinito, mas o do hipermetrope não existe como objecto real podendo-se determinar prolongando virtualmente os raios emergentes da retina mas em sentido contrário.

A posição do ponto remoto calcula-se pelo inverso do grau de hipermetropia, obtendo-se a

distância do ponto principal ao ponto remoto expressa em metros.

Num olho hipermetrope ( olho com potência demasiado baixa para que a imagem se forme sobre a retina), as únicas formas que existem para que a imagem seja focada são:

- a) Aumento do poder refractivo do olho através da alteração do raio de curvatura do cristalino (acomodação);
- b) Através de ajudas ópticas (lentes convergentes).

Mediante um esforço acomodativo o olho hipermetrope leva a imagem do objecto, formada atrás do olho, à retina. Quando se aumenta a refractividade por meio da acomodação, esta imagem nítida na retina será mais pequena comparada com a imagem que se forma num olho emetrope.

Em hipermetropias leves, os indivíduos jovens têm a capacidade de a compensar na totalidade com esforço de acomodação. Hipermetropes que não consigam acomodar, comprometerão a visão ao longe e será pior quanto mais próximos estiverem os objectos [2].

### **Sintomatologia**

A visão ao longe fica comprometida em indivíduos com um erro refractivo alto, aproximadamente 3D ou mais. Esta dificuldade deve-se a uma diminuição da amplitude de acomodação, a acomodação disponível não é a suficiente para compensar a hipermetropia aparecendo visão desfocada tanto ao perto como ao longe.

A visão desfocada ao perto é sintoma principal da hipermetropia. A dificuldade de ver objectos ao perto, surge pelo aumento de acomodação, como o hipermetrope já tem um certo grau de defice, encontra-se em desvantagem. Por exemplo um emetrope para ler a 33 cm necessita de 3D de acomodação, mas um hipermetrope de 2D necessita de 5D para conseguir o mesmo efeito óptico.



**Figura 3.** Visão de um emetrope/ hipermetrope  
([http://www.centroftalmologicomg.com.br/imagens/img\\_hipermetropia.jpg](http://www.centroftalmologicomg.com.br/imagens/img_hipermetropia.jpg))

Quando se dispõe de muita acomodação em relação ao grau de hipermetropia, como costuma ocorrer em indivíduos jovens com hipermetropias leves, podem não existir sintomas passando o defeito despercebido.

Conforme passam os anos a acomodação disponível para compensar o erro refractivo diminui não sendo suficiente para a visão próxima, a natureza pode variar desde a impossibilidade de ler letras pequenas até à situação em que a visão é clara mas repentinamente e de forma intermitente começa a aparecer desfocada.

A visão desfocada é mais notória em pessoas cansadas, em momentos de debilidade física ou de sobrecarga emocional e iluminação inadequada. Os sintomas também se agravam quando existe trabalho constante ao perto, temos como exemplo, depois de ler durante um momento a visão fica desfocada e confusa e só se recupera quando o indivíduo deixa a leitura dando repouso ao músculo ciliar.

As cefaleias são originadas pelo uso prolongado dos olhos em visão próxima, raramente se apresentam pela manhã surgindo ao final do dia. As causas das dores de cabeça são muito complexas entre elas pode estar o stresse acomodativo.

Existe astenopia acomodativa particularmente quando uma pessoa olha para uma distância fixa, requerendo-se uma visão precisa e por um período de tempo longo. A visão pode não se tornar desfocada no entanto aparece os sintomas de fadiga ocular que se devem a uma acomodação excessiva e à dissociação forçada entre esta e a convergência.

Quando um indivíduo permanece em trabalho intensivo de perto com iluminação inadequada, má postura, falta de ventilação, entre outras condições inadequadas, as condições podem ser mais drásticas originando, disfunção transitória do músculo ciliar que produz visão desfocada intermitente ou acomodação excessiva por espasmo do músculo ciliar produzindo um quadro de miopia artificial [2].

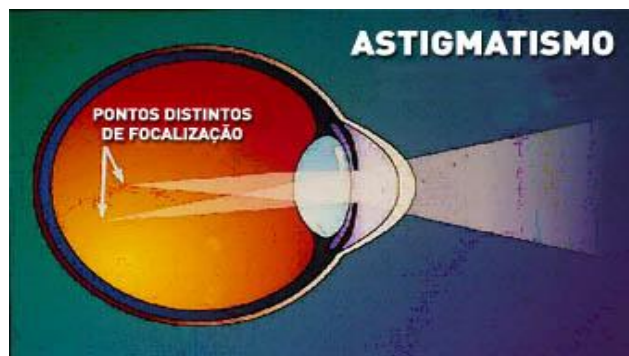
Um excesso de acomodação sobre a convergência, conduz a uma dissociação do equilíbrio muscular e a luta para manter a visão binocular produz ainda uma fadiga maior. Por vezes, especialmente em jovens se a faculdade de fusão se encontra debilitada ou mal desenvolvida, põe em causa a visão binocular, utilizando apenas um olho para ter uma visão nítida produzindo um estrabismo convergente acomodativo [4].

### **2.3 Astigmatismo**

Astigmatismo é o defeito refractivo geralmente devido à superfície da córnea não ser esférica, o raio de curvatura dessa superfície não é igual em todos os meridianos. O astigmatismo faz com que seja difícil discriminar detalhes de uma imagem. Deste modo, o astigmatismo é a condição de refração onde os feixes de luz, provenientes de uma fonte pontual luminosa situada no infinito, incidentes em diferentes meridianos formam imagens em diferentes pontos focais.

Neste olho a potência refractiva varia de um modo contínuo nos diferentes meridianos sendo mínima num meridiano e máxima no seu meridiano perpendicular [2].

O meridiano principal é a curva de intersecção da superfície cilíndrica por um plano qualquer, que sendo perpendicular a ela passe pelo centro geométrico da lente. A secção perpendicular ao eixo neutro é a de máximo poder dióptrico (positivo ou negativo) correspondendo ao contra eixo do cilindro.



**Figura 4.** Imagem formada em dois pontos distintos num olho com astigmatismo

([http://www.laserocular.com.br/images/fotos/tratamento/grau\\_4.jpg](http://www.laserocular.com.br/images/fotos/tratamento/grau_4.jpg))

O astigmatismo pode dever-se a um erro de curvatura da córnea, do cristalino, a deformações retinianas produzidas pela área macular tais como miopias elevadas.

O astigmatismo de curvatura de certa intensidade quase sempre tem origem na córnea. A anomalia pode ser congênita e existe normalmente em pequeno grau. O erro mais frequente é aquele em que o meridiano vertical tem maior curvatura comparativamente ao horizontal, aproximadamente 0,25D. Trata-se de um astigmatismo directo ou a favor da regra aceitando-se como fisiológico. Pode eventualmente dever-se à pressão constante que a pálpebra superior exerce na córnea, levando o eixo vertical a tornar-se mais côncavo. Com a idade este astigmatismo tem tendência a converter-se em astigmatismo inverso ou contra a regra, curvatura vertical menor que a horizontal, isto é, o meridiano horizontal tem maior potência em relação ao vertical.

O astigmatismo também pode ser adquirido embora seja menos frequente, as suas causas podem ter origem numa doença de córnea como por exemplo, inflamações tais como úlceras. Uma alteração traumática da córnea, como por exemplo, cirurgia às cataratas, tumefacções das pálpebras, tais como chalázio ou outra neoplasia.

O astigmatismo lenticular deve-se a uma assimetria da curvatura do cristalino, que pode aparecer ligeiramente inclinado produzindo astigmatismo por incidência oblíqua. Por norma o astigmatismo lenticular produz-se numa pequena quantidade de astigmatismo inverso. Também pode ser originado pelo índice de refração, o caso mais comum são os

astigmatismos irregulares produzidos por cataratas.

Num olho emetropo, a córnea, as superfícies anteriores e posteriores do cristalino e a superfície da região macular da retina podem considerar-se esféricas, com os seus centros de curvatura na mesma trajectória. Nestas condições o raio refractado pelo olho é homocêntrico e os raios emitidos por um ponto objecto situado sobre o eixo principal do sistema óptico formam um ponto imagem. Como os raios procedem de um ponto objecto situado no infinito incidindo na lente paralelamente ao seu eixo principal, o ponto imagem fica situado no foco. O conjunto dos raios refractados forma um cone de luz do qual toda a secção perpendicular ao eixo origina um círculo.

Num sistema astigmático, os raios emitidos por um ponto objecto sofrem diferentes desvios em todos os meridianos. Em vez de um ponto focal simples, formam-se duas linhas focais separadas entre si por um intervalo focal, cuja longitude está na razão directa com a diferença da refringência dos meridianos principais. Num sistema astigmático, as secções perpendiculares ao eixo têm formas distintas nos diferentes pontos do cone. Apenas a nível do círculo de mínima difusão, entre as duas linhas focais, o raio refractado tem forma circular, nos outros pontos a sua forma é elíptica, com o eixo maior orientado no sentido da linha focal correspondente.

O astigmatismo pode ser classificado segundo a regularidade das suas superfícies, entende-se por *astigmatismo regular* quando a refração é constante ao longo de cada meridiano e *irregular* quando a refração varia nos diferentes pontos de cada meridiano, isto é, quando os meridianos principais são perpendiculares.

O astigmatismo também se classifica segundo a posição das focais em relação à retina, pode ser hipermetrópico ou miópico, simples ou composto e misto.

*Astigmatismo hipermetrópico simples*, um meridiano é emétopo e o outro hipermetrope.

*Astigmatismo hipermetrópico composto*, dois meridianos hipermetrope mas com diferente valor dióptrico.

*Astigmatismo miópico simples*, um meridiano é míope e o outro emétopo.

*Astigmatismo miópico composto*, os dois meridianos são míopes mas com diferente valor

dióptrico.

*Astigmatismo misto*, um meridiano é míope e o outro é hipermetrope [1].

### **Sintomatologia**

Diminuição da acuidade visual de modo considerável.

A perda de contornos dos objectos leva o indivíduo a tentar diminuir a desfocagem, reduzindo a secção do feixe de luz que entra no olho diminuindo a abertura palpebral, produzindo o efeito difractivo.

Astenopia acomodativa especialmente nos astigmatismos hipermetrópicos, esta pode vir associada a outros sintomas tais como fotofobia, lacrimejo, náuseas e tonturas.

É comum que nos astigmatismos leves surjam pequenas congestões locais tais como conjuntivites, blefarites, hiperemia conjuntival.

Em indivíduos com problemas acomodativos que afectam a relação acomodação-convergência, os sintomas manifestam-se mais ao perto que ao longe [1].

## Capítulo 3 - Acomodação

A acomodação é o processo responsável pela mudança do poder refractivo do olho, garantindo que a imagem seja focada no plano retiniano.

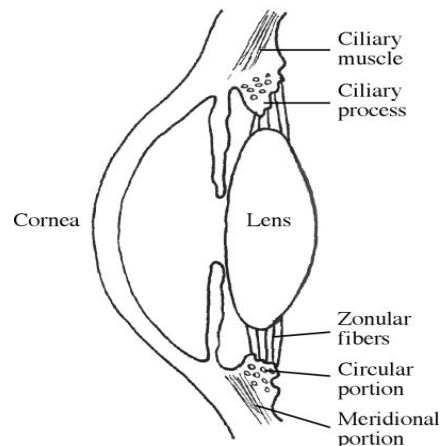
Acredita-se que num estado de repouso o olho médio foque um objecto a 0.8 m de distância na retina [8].

Uma pessoa jovem com boa visão, será regra geral capaz de focar um objecto de forma nítida desde o infinito até distâncias da fracção do metro através do uso dos músculos ciliares (acomodação). A distância mais próxima a que se pode focar de forma nítida um objecto é conhecida como *ponto próximo*.

Com o avanço da idade o poder acomodativo reduz-se (presbiopia), tornando mais difícil focar objectos próximos.

As pessoas têm olhos diferentes ao valor médio, que na maior parte das vezes resulta na perda de claridade para distâncias longínquas com acentuada *performance* ao perto (miopia), ou dificuldade para perto com acentuada *performance* para o longe (hipermetropia). Ambos os defeitos do olho são devidos ao facto da distância focal do olho não ser optimamente relacionada com o diâmetro do globo ocular.

Em condições normais de visão os olhos estão constantemente a tentar otimizar a qualidade da imagem na retina, mas apesar disso existirá sempre um certo estado de desequilíbrio. Assim na prática, a imagem geral terá sempre algum grau de desfocagem [8].



**Figura 5.** Aparelho acomodativo [5]

### **3.1 Componentes da Acomodação**

- Acomodação Reflexa;
- Acomodação Vergencial;
- Acomodação Proximal;
- Acomodação Tónica.

#### **3.1.1 Acomodação Reflexa**

A acomodação reflexa é um ajuste automático do estado refractivo para obter e manter uma imagem focada e bem definida em resposta a um sinal de entrada desfocado, isto é, uma redução no contraste da imagem retiniana. Isto ocorre para pequenas quantidades de desfocagem, talvez até aproximadamente 2.00 D [6], para além disso, esforços acomodativos voluntários são requeridos. Pequenos movimentos oculares de despistagem ou micro-sacádicos assistem no processo, possivelmente produzindo imagens de múltiplos gradientes de luminância em torno da fóvea da qual a informação de desfocagem pode mais facilmente ser extraída. A acomodação reflexa é provavelmente o maior e mais importante

componente da acomodação, tanto em condições monoculares como binoculares.

### **3.1.2 Acomodação vergêncial**

A acomodação vergêncial é uma acomodação induzida pela ligação neurológica e acção da disparidade vergêncial (fusional). Isto dá origem à convergência acomodativa/convergência (CA/C), que é aproximadamente de 0.40 D por ângulo métrico (MA) em jovens adultos [6]. O CA/C é determinado medindo a acomodação durante a visão em circuito aberto (i.e, com *feedback* cuja imagem não é nítida tornando-a ineficaz) usando furos astenopeicos binoculares. Este método permite prevenir a intrusão de reflexos acomodativos guiados por desfocagem na resposta, como de facto acontece durante as medições clínicas dos valores das vergências relativas. A acomodação vergêncial é provávelmente o segundo maior componente da acomodação.

### **3.1.3 Acomodação Proximal**

A acomodação proximal é a acomodação devida à influência ou conhecimento da aparente, ou percebida, proximidade de um objecto. Este é estimulado por alvos situados a distâncias menores ou iguais a 3 metros do indivíduo, daqui o seu nome. Controlando a vergência acomodativa e a vergência fusional de forma que não exista *feedback* induzido por borramento e disparidade de fixação, a acomodação proximal é plenamente manifesta, sendo a sua contribuição de 80% na resposta próxima total, isto é, a resposta próxima e tónica em conjunto. Contudo em condições normais, binoculares, sem eliminar a componente da acomodação vergêncial e reflexa, a sua contribuição é bastante pequena (4%-10%) [6]. A acomodação proximal representa um componente terciário da acomodação, visto que esta é estimulada por pistas percentuais.

### **3.1.4 Acomodação Tónica**

A acomodação tónica é revelada na ausência de desfocagem, disparidade e sinais de proximidade, bem como qualquer aspecto involuntário ou aprendido. Não existe estímulo *per se* para a acomodação tónica como existe para as outras três. Em vez disso, reflecte inervações neurais do cérebro intermédio e desta forma representa um sinal relativamente estável.

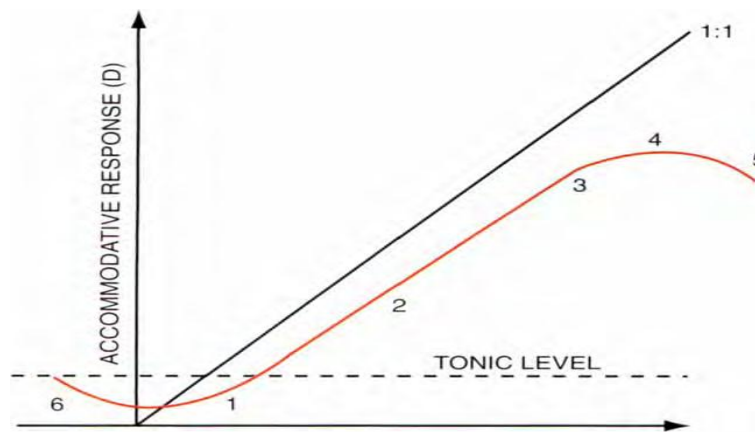
A acomodação tónica pode ser medida de várias formas. Uma das formas é colocar o indivíduo no centro de uma sala totalmente escura cujas paredes estejam no mínimo 3 metros afastadas do indivíduo, com o aparelho acomodativo de medição também afastado e não visível para a pessoa. Sob estas condições a acomodação tónica medida em jovens adultos é de aproximadamente 1.00 D num intervalo de 0.00 a 2.00 D. A acomodação tónica diminui com a idade devido aos limites biomecânicos do cristalino [6].

## **3.2 Estado-Estático da Acomodação (Função de Estado-Estático)**

Esta função permite obter uma descrição quantitativa da resposta acomodativa numa série completa de estímulos, permitindo aos clínicos compreender muitos princípios fundamentais respeitantes ao controlo da acomodação.

Uma resposta do estado estático é caracterizada por uma sobre-acomodação para objectos longínquos e uma sub-acomodação para objectos próximos [8]. O intervalo de estímulo vergencial sobre o qual não existe borramento de imagem perceptível (enublamento na mediação das vergências fusionais) é designado por *amplitude de acomodação subjectiva*; inclui obviamente efeitos da profundidade de campo. O intervalo mais curto correspondente à resposta acomodativa verdadeira é designado por *amplitude de acomodação objectiva*.

Este perfil pode ser dividido em 6 zonas ou regiões (um perfil linear e cinco não lineares) cada um com características próprias.



**Figura 6.** 1- zona não linear manifesta; 2 – zona linear manifesta; 3 – zona não linear de transição; 4 – zona não linear latente; 5 – zona de desfocagem não linear miópica 6 – zona de desfocagem não linear hiperométrica [6]

### 3.2.1 Zona Linear Manifesta

A zona linear manifesta é a zona de resposta intermédia (fig. 6) na qual uma mudança no estímulo acomodativo produz uma resposta proporcional e relativamente elevada. O declive da região da resposta linear varia de 0.7 a quase 1.0 [6]. Nesta zona, como regra existem alguns graus de sub-acomodação (dentro da profundidade de foco), que clinicamente se designa de *lag* ou *atraso acomodativo*. Conceptualmente, o sistema acomodativo muda o foco numa quantidade mínima para colocar o objecto dentro da profundidade de foco/campo do olho e assim obter uma imagem retiniana subjectivamente nítida. Qualquer acomodação adicional não teria qualquer função útil [7].

### 3.2.2 Zona não Linear Inicial

A zona não linear inicial estende-se de 0.00 a 1.50D. No ponto mínimo desta região a resposta acomodativa do estado-estático é primeiramente influenciada por um pequeno sinal de entrada tónico e profundidade de foco. A resposta acomodativa para um estímulo infinito ou de 0.00 D não é zero, mas sim 0.25 a 0.33D [6]. Deste modo existe um avanço acomodativo quando se olha para longe. Este avanço resulta do mesmo controle neural

responsável pelo atraso acomodativo. O sistema volta a mudar apenas pela mínima quantidade necessária para ver um objecto distante nítido, de forma que o alvo fique dentro da profundidade de foco/campo. A retina não necessita ser perfeitamente conjugada a um objecto distante para percepção clara.

Isto leva a um conceito clínico importante, a refração hiperfocal ou distância hiperfocal, bem como à máxima clínica “Máximo positivo para máxima acuidade visual”.

Ao chegar ao final dos testes refractivos, lentes positivas são adicionadas e depois gradualmente reduzidas até que não exista aumento na acuidade visual. Assim a máxima tem como objectivo primário garantir que não exista hipermetropia latente.

Quando se coloca uma lente positiva de valor maior que o necessário o olho não é ponto conjugado com o infinito óptico nem com o optótipo a 6 metros, mas sim miópico com respeito ao infinito. Isto é, o olho torna-se artificialmente miópico, sendo necessário retirar a potencia excessiva, quer diminuindo positivo ou colocando lentes negativas. A retina é opticamente conjugada com um ponto localizado entre o indivíduo e o alvo.

Desta forma, à medida que as lentes são diminuídas em valor, o ponto remoto e a profundidade de campo que o envolve são translacionados opticamente para mais longe no espaço, até que o limite distal da profundidade de campo seja conjugado com o infinito óptico ou optótipo distante. Disto, a distância hiperfocal pode ser definida como a distância mais próxima para a qual o olho seja conjugado e exista ainda uma imagem retiniana satisfatória e nítida de um objecto no infinito. O processo em si e a combinação de lentes que o acompanham são referidos como *refracção hiperfocal*. Mais uma vez, enquanto o alvo permanecer dentro desta região livre de borramento será visto claramente. Assim o avanço na acomodação ao longe será, neste caso, ditado pelo procedimento clínico e critério de acuidade visual.

### **3.2.3 Zona não Linear de Transição**

A região na qual há mais aumentos nos níveis de estímulo acomodativo (após a zona linear manifesta) produzem progressivamente menores respostas acomodativas (uma saturação leve) é denominada de zona não linear de transição. Nesta zona, são evidentes aumentos progressivamente maiores de erro acomodativo. Isto deve-se a limitações biomecânicas por parte do cristalino na resposta que dá perto do limite superior da amplitude, independentemente da idade.

### **3.2.4 Zona não Linear Latente**

É a região na qual ainda mais aumentos nos níveis do estímulo acomodativo não produzem qualquer mudança no estado acomodativo. Esta região estende-se aproximadamente 2.00 D para além da zona não linear de transição, onde a sua porção inicial define a amplitude de acomodação. Esta total falta de resposta é devida a ainda mais limitações biomecânicas na resposta da lente. Esta zona também foi referida como “*região de presbiopia funcional*”. A manutenção de tal nível de resposta acomodativa num intervalo de 2.00D de desfocagem retiniana não compensável revela a robustez do sistema acomodativo a tais efeitos degradantes da imagem.

### **3.2.5 Zona de desfocagem não linear Miópica**

Esta zona é a região onde mudanças maiores que 2.00D no estímulo não produzem mais desfocagem retiniana não compensável, reduzindo o gradiente de contraste retiniano de tal forma que o efeito do estímulo se reduz e assim uma gradual diminuição da resposta acomodativa na direcção do valor de acomodação tónica de 1.00D. Quando finalmente é apresentada uma imagem retiniana com baixo contraste, a acomodação aproxima-se deste valor tónico por defeito, assumindo que tanto a acomodação vergêncial bem como a

acomodação proximal não estão presentes.

### **3.2.6 Zona de desfocagem não linear Hipermetrópica**

A região na qual a estimulação dióptrica se estende *para além* do infinito óptico produz desfocagem retiniana hipermetrópica sendo a região de desfocagem não linear hipermetrópica. Tal como na região miópica, a resposta acomodativa aproxima-se gradualmente dos sinais tónicos. Contudo, neste caso os níveis de acomodação aumentam para o valor por defeito de 1.00D.

Tanto na região miópica como na região hipermetrópica, as respostas acomodativas movem-se em direcção aos níveis de acomodação tónica. Contudo, com qualquer forma de degradação da imagem (contraste, luminância, composição de frequências espaciais) independentemente da região de resposta a efectividade do estímulo acomodativo e o que o move são potencialmente reduzidos, com o resultado que o erro acomodativo é progressivamente aumentado. Com degradação da imagem considerável o declive da função estímulo-resposta acomodativa reduz-se para zero, com o valor médio para a resposta a reflectir a preferência pelo nível tónico da acomodação, talvez em conjunção com a acomodação proximal se o ambiente do estímulo degradado for percebido como estando dentro de 3 metros.

## Capítulo 4 - Idade, Acomodação e Presbiopia

### 4.1 Amplitude de Acomodação

A amplitude de Acomodação representa o máximo nível acomodativo ou o ponto mais próximo de focagem que se pode ver produzido com o máximo esforço voluntário no olho totalmente compensado. Clinicamente, é medido desde o infinito até ao ponto mais próximo de visão subjectiva nítida com a máxima acomodação posta em jogo sem compensação para a profundidade de foco. Contudo, tanto teóricamente como experimentalmente, deve ser medido desde o ponto remoto (ponto mais afastado conjugado da retina com o uso da mínima acomodação) até ao ponto próximo próximo (ponto mais próximo conjugado da retina com uso da máxima acomodação). Incorporando a compensação apropriada para a profundidade de foco em ambos os extremos focais e assim efectivamente reduzir a sua estimativa clínica aumentada em aproximadamente 0.50 a 1.00 D em pacientes com visão normal. Em pacientes com anomalias visuais tais como ambliopia ou doenças maculares, a profundidade de foco é maior devido à insensibilidade neurosensorial e deste modo, uma maior compensação é requerida. Na curva acomodativa estímulo-resposta a amplitude acomodativa representa a diferença dióptrica entre a verdadeira resposta mínima e máxima ou a distância do ponto mais longínquo do mais próximo de visão nítida com o alvo conjugado com a retina.

Desde aproximadamente os 5 anos de idade até aproximadamente os 52 anos de idade a AA diminui progressivamente numa taxa de aproximadamente 0.30 D/ano. Assim, na idade de 10 anos é de 13.50 D segundo os estudos de Duane (tabela 1), enquanto por volta dos 52 anos torna-se efectivamente zero com o resíduo aparente de 1.00 D a reflectir a profundidade de foco. De facto, a amplitude de acomodação muda com a idade as mudanças na amplitude com a idade são tão previsíveis que linhas orientadoras de prescrição clínica razoáveis foram desenvolvidas; adições provisórias para as idades de 45, 50 e 55 anos de idade são de 1.00, 2.00 e 2.50 D respectivamente.

Tem sido especulado factores independentes da idade, relacionados com o cristalino em combinação com complementos normais lenticulares dependentes da idade [6], criam um impacto duplo na amplitude de acomodação, que pode explicar porque declina de forma tão precipitada em função da idade quando comparada com todas as outras funções fisiológicas e sistemas de componentes biológicos.

Existe uma variedade de outros factores que devem ser considerados com respeito à amplitude de acomodação. Primeiramente a AA deve ser medida tanto monocular como binocular enquanto o paciente está a ver letras de tamanho próximo do limite e alto contraste. O valor monocular deve ser mais ou menos igual em ambos os olhos (diferença <que 0.25), enquanto o valor binocular deve ser aproximadamente 0.50 D mais alto (pelo menos em jovens e jovens adultos com acomodação residual elevada) devido à adição da vergência acomodativa. O tamanho das letras não influencia a medição em adultos cooperantes quando instruídos a olhar para os bordos e julgar quando aparece o primeiro borramento que não pode ser melhorado com o uso de acomodação voluntária.

Pequenas letras (mesmo por cima do limite de resolução) devem ser usadas em crianças e muitos adultos que podem interpretar a palavra borramento como a não capacidade em conseguir ler as letras, isto é, total borramento. Claramente a amplitude de acomodação seria muito errada e inflacionada se o segundo critério fosse usado. Principalmente se o segundo critério fosse usado, especialmente se o teste fosse realizado com letras grandes. Assim qualquer tipo de critério de total borramento não tem significado e não deve ser usado.

Segundo, a contribuição da acomodação estática é baixa (aproximadamente 4%) e igual em condições monoculares ou binoculares, porque o feedback de borramento e a profundidade de foco ambas dominam e dessa forma limitam a possibilidade de intervalo de resposta. Relacionado com isto, a amplitude monocular pode ser aumentada em jovens adultos até 0.60 D (efeito menor que 10%) quando o alvo de teste apresentado aumenta tanto em borramento e tamanho (por exemplo são usados em técnicas de amplitude de push-up) em oposição o borramento aumenta sozinho (por exemplo como é feito com as técnicas de medição de amplitude com lentes negativas com relativa diminuição do alvo devido a

magnificações induzidas pela lente), assim demonstrando baixa melhoria na resposta com as pistas adicionais.

Terceiro, a velocidade do teste deve ser relativamente baixa (aproximadamente 0.50 D/s) para produzir uma mudança progressiva e suave na resposta acomodativa. Isto é especialmente importante à medida que o alvo se aproxima do olho do paciente, porque as dioptrias são unidades não lineares que aumentam com rapidez e progressivamente com movimento constante para distâncias mais curtas. Por exemplo se, se mantiver uma velocidade constante de 5 cm/s, a mudança de 40 para 35 cm corresponde a uma taxa de variação dioptrica de aproximadamente 0.35 D/s enquanto que de 25 para 20 cm's a taxa é de 1 D/s. Desta forma, os clínicos devem diminuir a velocidade linear (em centímetros por segundo) do alvo que se aproxima de forma a que a taxa de aumento dióptrico (dioptrias/segundo) seja relativamente constante.

Quarto, a AA varia com o ângulo do olhar, sendo geralmente maiores quando se olha para baixo e menores quando se olha para cima. Esta diferença tem sido reportada como podendo chegar a 3.50 D. Contudo, se a diferença na amplitude dependente da posição do olhar se dever apenas a movimentos para a frente do cristalino como resulta da gravidade no olho totalmente acomodado, quando as zonulas estão sob a menor tensão, ele deve ser de apenas umas poucas dezenas de dioptrias, como encontrado recentemente por Atchinson et al. Assim parece lógico e relevante funcionalmente medir a amplitude de acomodação tanto na posição normal de leitura e na posição clínica tradicional de posição primária do olhar, com o objectivo de comparação e de padronização.

**Tabela 1.** Comparação dos valores de amplitude de acomodação para diferentes autores[6].

Idade (anos)	Donders (D)	Duane (D)	Jackson (Binocular) (D)	Sheard (D)	Turner (D)
10	19.70	13.50	14.00		13.00
15	16.00	12.50	12.00	11.00	10.60
20	12.70	11.50	10.00	9.00	9.50
25	10.40	10.50	9.00	7.50	7.90
30	8.20	8.90	8.00	6.50	6.00
35	6.30	7.30	7.00	5.00	5.75
40	5.00	5.90	5.50	3.75	4.40
45	3.80	3.70	4.00		2.50
50	2.60	2.00	2.50		1.60
55	1.80	1.30	1.25		1.10
60	1.00	1.00	0.50		0.70

#### 4.2 Resposta Acomodativa

Tal como em qualquer sistema de focagem, três aspectos da acomodação são interessantes; a sua velocidade, a sua estabilidade e as suas características de estado-estático num tempo médio. Todos estes aspectos são dependentes da idade. A discussão da resposta acomodativa é complicada pelo facto de, em condições binoculares normais de observação, a acomodação (o sistema de focagem) está intimamente ligado com o sistema de vergências que assegura que os olhos convirjam apropriadamente para que as imagens de qualquer objecto que se observe caiam nas fóveas de ambos os olhos. Também existe ligação ao sistema pupilar, de forma que a pupila geralmente contrai ligeiramente para visão próxima miose *acomodativa*, apesar de a visão de que apenas a acomodação estimule uma mudança da pupila tenha sido recentemente posta em causa. As três funções (acomodativa, vergêncial e miose) são por vezes conhecidas como a tríada próxima. Um importante resultado desta ligação é que a resposta acomodativa nos dois olhos é essencialmente a mesma tanto em aspectos dinâmicos como estáticos, mesmo quando um olho é ocluído.

É importante lembrar que o cristalino é suportado à volta do seu equador por um sistema

de fibras zonulares orientadas radialmente. Os extremos destas fibras estão fixas ao corpo ciliar que efectivamente forma um anel que envolve o cristalino. O cristalino sendo elástico é livre de forças aplicadas pelas fibras zonulares, assumindo uma curvatura naturalmente fechada para visão próxima.

Debaixo de condições de visão distante o diâmetro dos anéis ciliares é relativamente grande, levando à correspondente tensão das fibras zonulares. Estas forças quando aplicadas à periferia do cristalino e da sua cápsula causam com que o cristalino aplane ligeiramente reduzindo a sua potência óptica. Durante a acomodação activa para visão próxima os anéis ciliares reduzem o diâmetro, relaxando a tensão nas fibras zonulares permitindo que a superfície do cristalino assuma uma curvatura maior a potência do cristalino aumente.

### **4.3 Dinâmica de resposta**

Uma das formas de caracterizar a dinâmica da resposta é em termos das características da frequência de resposta. Estas podem ser determinadas determinando o ganho e fase da resposta obtida quando um alvo é observado em que a sua vergência muda sinusoidalmente com o tempo, como função da frequência temporal. É medida que a frequência temporal aumenta, o ganho diminui e o atraso de fase aumenta, o sistema sendo incapaz de acompanhar mudanças de vergência acima de alguns hertz. Deve, contudo, ser enfatizado que estas características não são apenas o *output* de um sistema reflexo simples, mas depende de envolvimento de ordem superior. Eles são fortemente influenciados pelo treino e motivação, e com tais estímulos repetitivos, pelo conhecimento de que a resposta requerida tem uma forma periódica previsível. Quando a resposta a uma mudança abrupta e inesperada na vergência alvo é analisada em termos da frequência de resposta correspondente, maiores atrasos de fase são dados.

A importância dos factores percentuais em relação à resposta acomodativa é exemplificada por estudos nos quais a distância do alvo (uma cruz de Maltese) foi mantida constante, mas a sua escala lateral foi variada sinusoidalmente. Os observadores tendiam a interpretar esta

mudança no tamanho a uma distância constante como variação da distância de um alvo com tamanho constante, e desta forma mudando a acomodação em concordância, apesar de isto borrar a imagem retiniana.

#### **4.4 Estabilidade de Resposta**

Quando um alvo a distância fixa é visto com fixação estável a resposta acomodativa mostra tipicamente pequenas flutuações de aproximadamente  $0.25 D$  ocorrendo a frequências até  $5 \text{ Hz}$ ; as flutuações são correlacionadas nos dois olhos. A magnitude das flutuações tende a aumentar à medida que o alvo que se observa se aproxima do olho. Um pico pronunciado no espectro de frequências destas flutuações é muitas vezes observado a frequências de  $1-2 \text{ Hz}$ ; parece que isto é relacionado com o pulso arterial.

A possível função destas flutuações no controlo da acomodação permanece discutida. Alguns autores têm argumentado que eles representam apenas ruído e não tem qualquer utilidade. Outros sugerem que ambos poderiam guiar a direcção da resposta inicial e ajudar a manter um foco preciso, a hipótese básica sendo que se uma flutuação numa direcção melhorar a nitidez da imagem o sistema de controlo responde movendo o nível médio da acomodação naquela direcção. Uma visão intermédia é que os componentes de frequências altas representam ruído mas nas frequências mais baixas os componentes contribuem para o sistema de controlo. Em qualquer caso, na maioria das circunstâncias as flutuações parecem produzir pouca degradação na acuidade visual apesar dos seus efeitos poderem ser apenas detectados.

#### **4.5 Precisão de Resposta**

Seguindo o trabalho pioneiro de Morgan, numerosos estudos mostraram que em vez de existir apenas uma correspondência um para um entre o nível estímulo dióptrico e a correspondente resposta acomodativa, os erros do estado-estático são uma parte intrínseca do sistema de controle da acomodação. Isto é verdade tanto em condições monoculares como binoculares, apesar da magnitude dos erros diferir entre os dois estados. Estes erros

de focagem são provavelmente os maiores causadores de degradação de imagem foveal debaixo de muitas condições, em vez das aberrações.

## Capítulo 5 - O Cristalino

### 5.1 Anatomia do cristalino

O cristalino tem um papel importante no processo da acomodação, permitindo que a luz que entra no olho seja focada na retina. A sua transparência permite-lhe desempenhar papel importante na visão.

É avascular, não inervado e todas as trocas de fluidos se fazem por difusão através da cápsula.

O cristalino tem a forma de uma lente biconvexa e é constituído, principalmente, por filtros transparentes formados por células alongadas [9].

Localiza-se entre a íris e o humor vítreo.

É constituído por células organizadas longitudinalmente, como uma casca de cebola, que perdem os seus organelos durante a formação, assumindo desta maneira a característica de ser transparente [12].

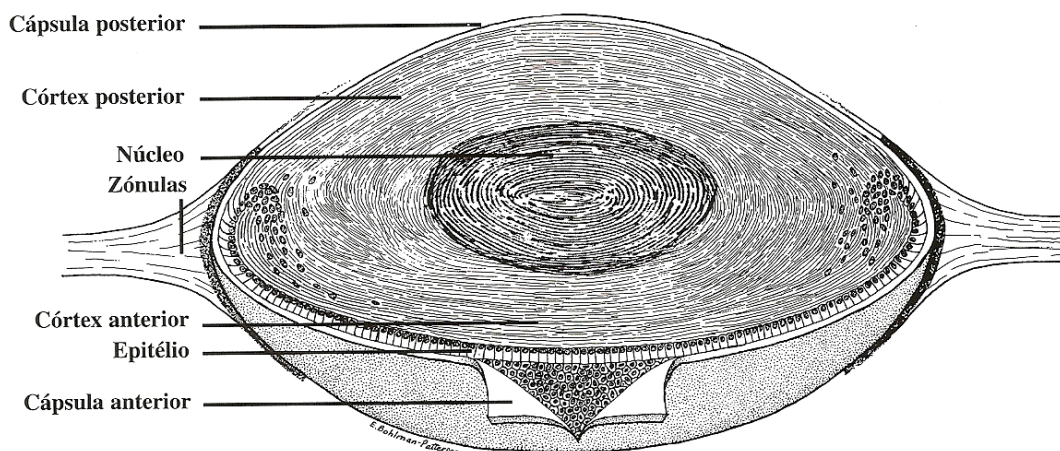
Nos adultos tem cerca de 9 mm de diâmetro, uma espessura de 3 a 5 mm, 11 mm de raio de curvatura na face anterior quando relaxado e 6 mm na acomodação. A espessura média é de 3.73 mm e o diâmetro de 8.96 mm. Há um aumento progressivo da espessura ao longo da vida, não havendo relação com o sexo. Entre os 10 e 90 anos de idade a espessura aumenta 54.86% [9].

O cristalino é constituído por 65% de água e 35% de proteínas [9].

O cristalino tem três camadas: a cápsula, o córtex e o núcleo [5]. A parte central do cristalino, mais dura é o núcleo, enquanto a zona periférica, menos densa, chama-se córtex do cristalino. Por fora o cristalino é recoberto por uma cápsula transparente a partir da qual saem, na zona equatorial do cristalino, as fibras do anel ciliar que se dirigem para o corpo ciliar [9], ligamentos conhecidos por *Zónulas* [5].

É banhado e nutrido pelo humor aquoso.

A cápsula anterior é claramente mais espessa que a posterior [5]. Sob a cápsula anterior, há uma camada de células epiteliais planas, que se diferenciam e dão origem às fibras do cristalino. Durante este processo as fibras podem perder o núcleo [9].



**Figura 7.** Anatomia do cristalino [5]

## 5.2 Embriologia do cristalino

O cristalino é uma estrutura derivada da ectoderme. A ectoderme de superfície invagina-se para formar uma taça e depois a vesícula cristaliniana. Esta vesícula é transparente, homogênea, elástica que circunda totalmente o cristalino [9].

Posteriormente ocorre o alongamento das células epiteliais posteriores para a parte anterior. A face posterior deixa de ter epitélio pois o mesmo dá origem à formação do núcleo embrionário [9]. O epitélio é composto por uma camada única de células nucleadas e é responsável pela produção contínua de novas fibras do cristalino. Embora as fibras jovens sejam nucleadas, mas vão perdendo os seus núcleos à medida que afundam no córtex [11].

O epitélio da zona equatorial do cristalino continua a dividir-se para o resto da vida, produzindo células que se diferenciam em fibras longas do cristalino.

As células mais jovens encontram-se na superfície do cristalino e as mais antigas no centro do mesmo [10].

No estágio de 9 mm (4 semanas), a vesícula cristalínica separa-se completamente da superfície ectodérmica ficando livre no bordo da taça óptica.

A fissura fetal permite a entrada no pedículo óptico da mesoderme vascular que formará, posteriormente, o sistema vascular hialoideu.

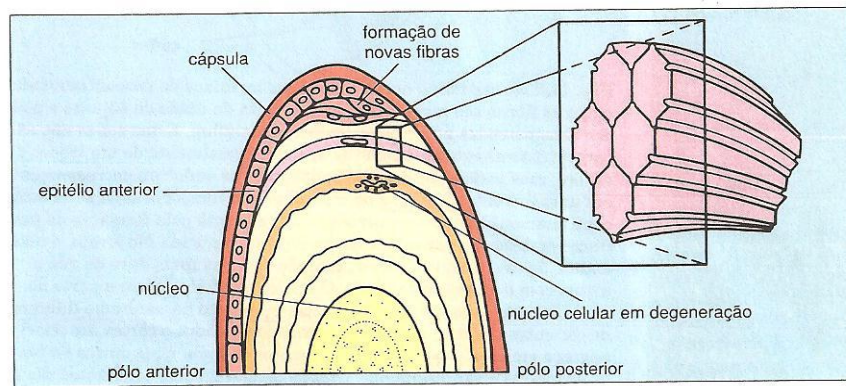
Quando a invaginação se completa, a fissura fetal estreita-se até ficar completamente fechada (estádio de 14 mm ou 6 semanas), deixando uma pequena abertura permanente na extremidade anterior do pedículo óptico, através da qual passa a artéria hialóide (estádio de 100 mm ou 4 meses), e a artéria e veia central da retina [9].

Neste ponto, a estrutura geral fundamental do olho está determinada. O desenvolvimento posterior consiste na diferenciação das estruturas individuais. Em geral, essa diferenciação ocorre, relativamente, com maior rapidez no segmento posterior que no anterior no início da gestação, e mais rapidamente no segmento anterior no fim da gestação.

Quando a vesícula cristalínica fica livre no bordo da taça óptica (estádio de 14 mm ou 6 semanas), as células epiteliais posteriores alongam-se, invadem a cavidade vazia e, preenchem-na (estádio de 26mm ou 7 semanas) [9]. Por volta deste estágio (14 mm ou 6 semanas), uma cápsula hialina é secretada pelas células do cristalino.

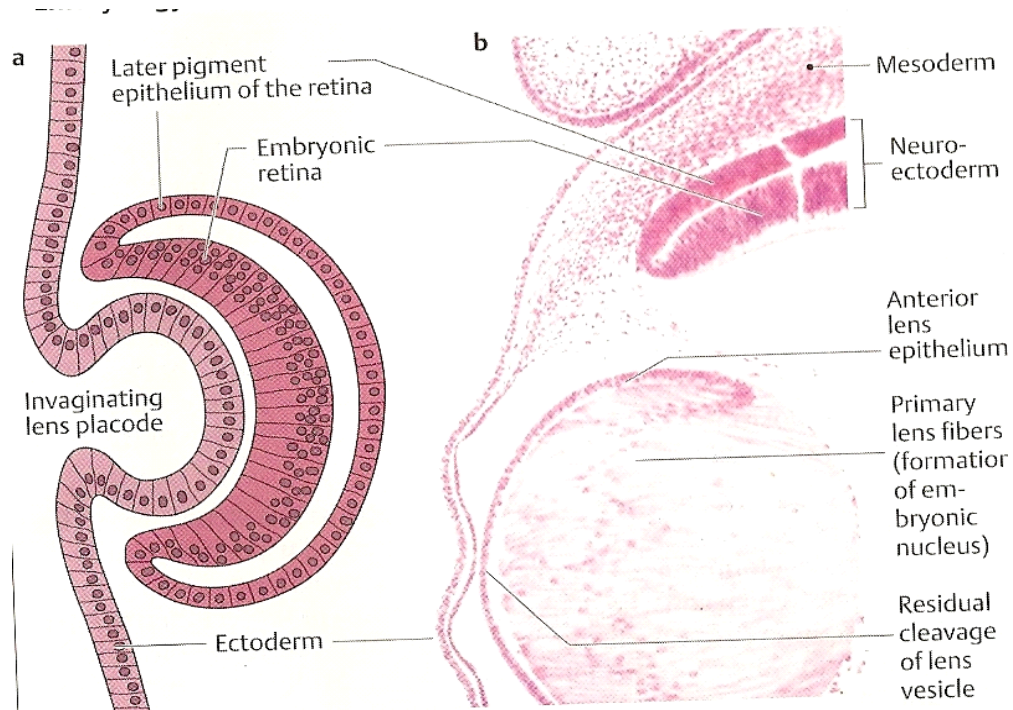
As células perdem os seus núcleos ao se transformarem em fibras e estas reúnem-se originando uma estrutura transparente e homogênea [11].

As fibras do cristalino são de forma exagonal e jazem em camadas bastante semelhantes à casca de uma cebola. Inicialmente elas estão fixadas à cápsula, anterior e posterior. Com o tempo e com a formação de novas fibras elas perdem as suas inserções capsulares, os seus núcleos e membranas celulares para se tornarem compactadas com o núcleo [11].



**Figura 8.** Fibras do cristalino [11]

As fibras secundárias do cristalino originam-se na região equatorial e crescem para a frente sob o epitélio subcapsular, que permanece como uma camada única de células epiteliais cubóides, e para trás sob a cápsula do cristalino. Essas fibras encontram-se formando as suturas cristalínianas que estão completas aos 7 meses. O crescimento e proliferação das fibras secundárias do cristalino decrescem ao longo da vida, mas o cristalino continua a aumentar causando a compressão das fibras cristalínianas. As fibras cristalínianas formam feixes prismáticos achatados, têm espessura variável e as mais superficiais apresentam um núcleo, e são circundadas por uma camada lipídica [9].



**Figura 9.** Embriologia do cristalino. **a)** Primeiro mês de desenvolvimento fetal: a ectoderme invagina e é isolada por aquilo que se tornará a cápsula cristalíniana. **b)** Invaginação da vesícula dando origem ao cristalino. As fibras da lente primária crescem e começam a formar o núcleo embrionário [10].

## Capítulo 6 - Clínica

Nos casos em que o laser Excimer não pode eliminar todo o defeito refractivo, como por exemplo nas miopias altas, as hipermetropias altas e alguns astigmatismos, é possível corrigi-lo implantando lentes intraoculares através da técnica de facoemulsificação.



**Figura 10.** Lente de câmara anterior para correcção de hipermetropia  
(<http://www.drairadier.com/cirurgia/crefractiva-pt.htm>)

As lentes fáticas intra-oculares podem ser colocadas na câmara anterior ou na câmara posterior, por cima do cristalino. Ao implantar as lentes intraoculares pseudofáticas elimina-se o cristalino por meio da facoemulsificação, substituindo-o por uma lente implantada dentro do saco capsular (Fig. 11).



**Figura 11.** Introdução de uma lente no saco capsular  
(<http://www.driradier.com/cirurgia/crefractiva-pt.htm>)

Às vezes para corrigir totalmente o defeito refractivo e melhorar a acuidade visual do paciente é necessário combinar as duas técnicas, implantação de lentes intra-oculares e o LASIK.

A eleição duma técnica ou de outra, vai depender do critério do cirurgião, e das características do paciente (número de dioptrias, condições do olho e a idade).

Hoje em dia, devido aos avanços tecnológicos, à larga experiência dos Oftalmologistas e das suas equipas, existe solução para a maior parte dos defeitos refractivos.

A cirurgia das lentes intra-oculares faz-se de maneira ambulatória com anestesia tópica e a recuperação da visão começa imediatamente depois da intervenção.

O Professor Doutor Manuel Monteiro Pereira é um dos Oftalmologistas com grande experiência na cirurgia refractiva com lentes intra-oculares fáquicas, tendo executado a sua defesa de Doutoramento na Universidade da Beira Interior sobre o tema e tendo patenteado uma lente intra-ocular.

## 6.1 Possíveis Tratamentos

O aparecimento dos sintomas da hipermetropia é que define a necessidade de correção, independentemente do valor da dioptria encontrada.

Devem, entretanto, ser prescritas lentes, o mais cedo possível para um maior controlo da ametropia.

Para facilitar o estudo da correção óptica, classificam-se as hipermetropias em quatro grupos: fraca, moderada, forte e anisometropia cujos valores dióptricos são dependentes da idade do paciente. A correção da hipermetropia fraca só se justifica em presença de transtornos funcionais ou sintomas.

A hipermetropia moderada deve ser corrigida, já que é uma ametropia capaz de dar origem a importantes transtornos funcionais.

A hipermetropia alta exige correção, já que dela advêm disfunções importantes, nem sempre claras para os pacientes, principalmente para os mais jovens.

A partir dos 15 anos pode-se optar por corrigir a hipermetropia sob a forma de lentes de contacto, depois dos 21 anos dependendo do valor dióptrico assim como as limitações visuais para uma melhor qualidade de vida justifica-se a intervenção cirúrgica, implementando uma lente intra-ocular.

Se o doente tiver mais de 35 anos e se não for possível lente do segmento anterior pode colocar-se lente refractiva.

As lentes AcrySof® são das mais utilizadas em todo o mundo, por apresentarem excelentes resultados clínicos de longo prazo, devido ao material da AcrySof® desenvolvido especialmente para o olho.

AcrySof® ReSTOR® ,é da família das lentes AcrySof®, é uma lente de peça única, os braços chamados de hápticos, mantêm a lente centrada e firme. A zona óptica possui um design exclusivo que possibilita à maioria dos pacientes a capacidade de ver tanto ao perto como ao longe sem o uso de óculos.

Nos doentes com altas hipermetropias, não há Lios com potências que corrijam toda a ametropia, sendo depois necessário corrigir o erro refractivo residual com laser (LASIK).



**Figura 12.** LIO AcrySof® ReSTOR® (<http://www.lenterestor.com.br/acrysof.asp>)

## 6.2 Métodos

A avaliação pré-operatória para a cirurgia refractiva por facoemulsificação incluiu os seguintes exames:

- refração objectiva e subjectiva;
- medida da pressão intra-ocular;
- medida da profundidade da câmara anterior e do comprimento axial (ecografia)
- medida da espessura da córnea (paquímetro ultra-sônico);
- medida do diâmetro e da potência corneana;
- topografia corneana computadorizada de elevação;
- biomicroscopia;
- fundoscopia;
- microscopia especular (microscópio especular computadorizado sem contato).

O objetivo refracional final da cirurgia é o equivalente esférico mais próximo da emetropia.

A doente é informada sobre o procedimento, riscos e benefícios e concorda em assinar o termo de consentimento.

A técnica realizada é a facoemulsificação com lente intra-ocular ReSTOR<sup>®</sup>, com anestesia tópica e pequena incisão corneana (2 mm). A Lio é implantada dentro do saco capsular do cristalino.

Em virtude de não haver potência de Lio necessária para este doente e ter ficado com hipermetropia residual, de +2,00D quatro meses depois submeteu-se a cirurgia LASIK para a obtenção de emetropia.

### **6.3 Relato do caso**

Caso clínico de hipermetropia elevada associada ao astigmatismo que foi submetido a LASIK (VISX S4), após um tratamento intra-ocular (Lio), implante de lente multifocal afim de corrigir a ametropia residual.

#### **6.3.1 Identificação**

Paciente do sexo feminino, 42 anos, bom nível sociocultural, procurou o nosso serviço em Abril de 2008, após ter pensado em se submeter a uma cirurgia refractiva

#### **6.3.2 Anamnese**

Usuária de lentes corretoras, demonstrou desejo de não usar óculos ou lentes de contacto.

Portadora de lentes de contacto desde a juventude, com intolerância às mesmas presentemente e com infecções oculares recorrentes.

Iniciava presbiopia.

Sem historia de antecedentes sistémicos.

### **6.3.3 Exame geral**

No exame oftalmológico, a melhor acuidade visual corrigida é de 20/20 em ambos os olhos (AO), com compensação oftalmológica no OD com  $+7.50+1.25*100^\circ$  e no OE com  $+7.25+1.50*130^\circ$ .

O exame ao biomicroscópio apresentava córnea e cristalino normais.

A pressão intra-ocular (PIO) era normal.

O exame do fundo ocular sem alterações.

### **6.3.4 Tratamento inicial**

O tratamento dos erros de refração pelo uso de óculos é a mais simples e segura opção terapêutica. Os óculos devem ser sempre considerados, antes das outras opções. No entanto, especialmente para altas ametropias, o uso de óculos pode comprometer a função visual em virtude de aberrações de alta ordem (coma e aberração esférica), redução do campo visual, distorção periférica, entre outras. A indicação óptica do uso de lentes de contacto semi-rígidas é o alto astigmatismo, enquanto as gelatinosas estão indicadas para todos os demais transtornos da refração. Na maioria dos casos, as lentes de contacto são utilizadas por quem procura uma melhor acuidade visual, sem o uso de óculos. As lentes de contacto podem propiciar um campo visual mais amplo e maior conforto, levando a uma melhoria de qualidade de visão em relação aos óculos. Embora as lentes de contacto sejam de grande benefício para muitos indivíduos, o seu uso implica um certo risco de complicações oculares, quando utilizadas inadequadamente.

Como a doente manifestou interesse em deixar de usar correcção óptica, pensou-se na correcção cirúrgica.

### **6.3.5 Exames complementares de diagnóstico**

Solicitou-se uma topografia corneana.

A paquimetria central, resultado no OD de 595  $\mu\text{m}$  e no OE de 600  $\mu\text{m}$ .

A profundidade da câmara anterior no OD com 2.6 mm e no OE com 2.7 mm.

A contagem de células endoteliais foi  $> 2600/\text{mm}^2$ , sendo o resultado no OD de 2650  $\text{mm}^2$  e no OE de 2750  $\text{mm}^2$ .

Exame à retina normal.

A biometria em ambos os olhos foi realizada pelo modelo Ocuscan RXP da Alcon, utilizando-se a fórmula SRK-T sugerindo uma Lio de 34 D em cada olho. Como o máximo valor dióptrico fabricado é de 32 D, implantou-se Lios com esta mesma graduação.

### **6.3.6 Abordagem cirúrgica**

Os procedimentos cirúrgicos, foram desenvolvidos para a redução ou eliminação dos erros de refração, em razão da preferência demonstrada pela doente em reduzir a dependência a óculos e lentes de contacto. Além disso, as exigências de muitas das ocupações, incompatíveis com a correção com óculos e lentes de contacto e a intolerância às lentes de contacto, também foram razões que propiciaram a difusão destes procedimentos cirúrgicos.

As opções de tratamento cirúrgico possíveis são, LASIK, Lio de câmara anterior ou posterior, facoemulsificação com Lio monofocal/multifocal.

A correção visual com laser, LASIK, tem se mostrado eficaz quando a hipermetropia se encontra abaixo de 4 dioptrias, não sendo este o caso.

A lente de câmara anterior não se colocou uma vez que a câmara anterior tinha uma profundidade baixa, inferior a 3 mm.

Optou-se deste modo pela técnica cirúrgica de facoemulsificação com implante de Lio multifocal AcrySof<sup>®</sup> ReSTOR<sup>®</sup>, uma vez que esta corrige simultaneamente a presbiopia.

O processo de correção cirúrgica refractiva nesta alta hipermetropia envolveu mais de uma modalidade de tratamento. Após quatro meses realizou-se a correcção residual da ametropia, por cirurgia ablativa corneana pelo Excimer laser, tendo-se pensado também na opção de PRK.

Na técnica PRK, o epitélio corneano (camada superficial da córnea) é removido, e o Excimer Laser é aplicado sobre o Bowman, modelando a curvatura anterior da córnea [14].

A técnica de LASIK requer a utilização de um microqueratomo (9.5 mm diâmetro do *flap* e 160 µm espessura do *flap*), instrumento cirúrgico de precisão provido de uma lâmina vibratória que promove a criação de um retalho (“*flap*”) no estroma corneano, mantendo o epitélio intacto. O retalho é levantado e o estroma corneano é remodelado com o Excimer Laser. Após isso, o retalho é recolocado na sua posição original, sem a necessidade de suturas [15].

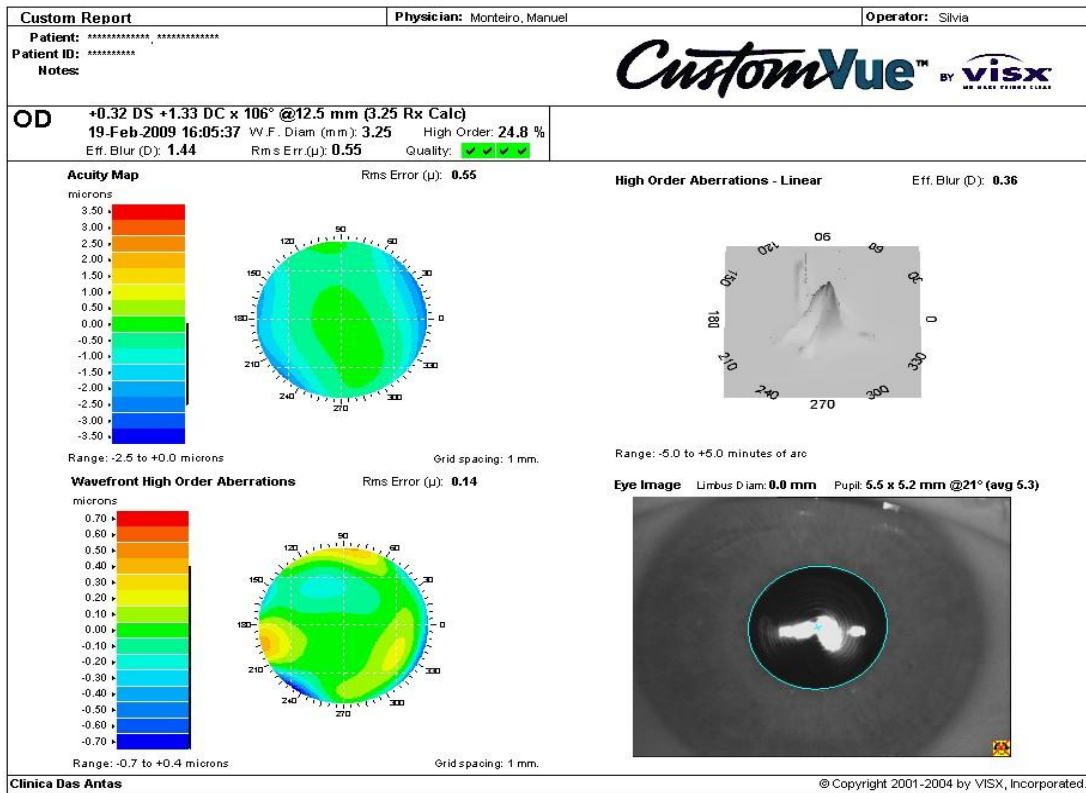
A técnica PRK é reservada para indivíduos que apresentem contra-indicações para cirurgia fotorrefractiva pela técnica LASIK, como pacientes com espessura corneana pré-operatória delgada ou que possuam uma pupila maior que o da população em geral e indivíduos expostos profissionalmente a trauma corneano.

Por sua vez, a técnica LASIK está indicada para pacientes com astigmatismo até 4,0 D e hipermetropias moderadas[16], optando-se deste modo pela técnica LASIK para correcção da ametropia residual.

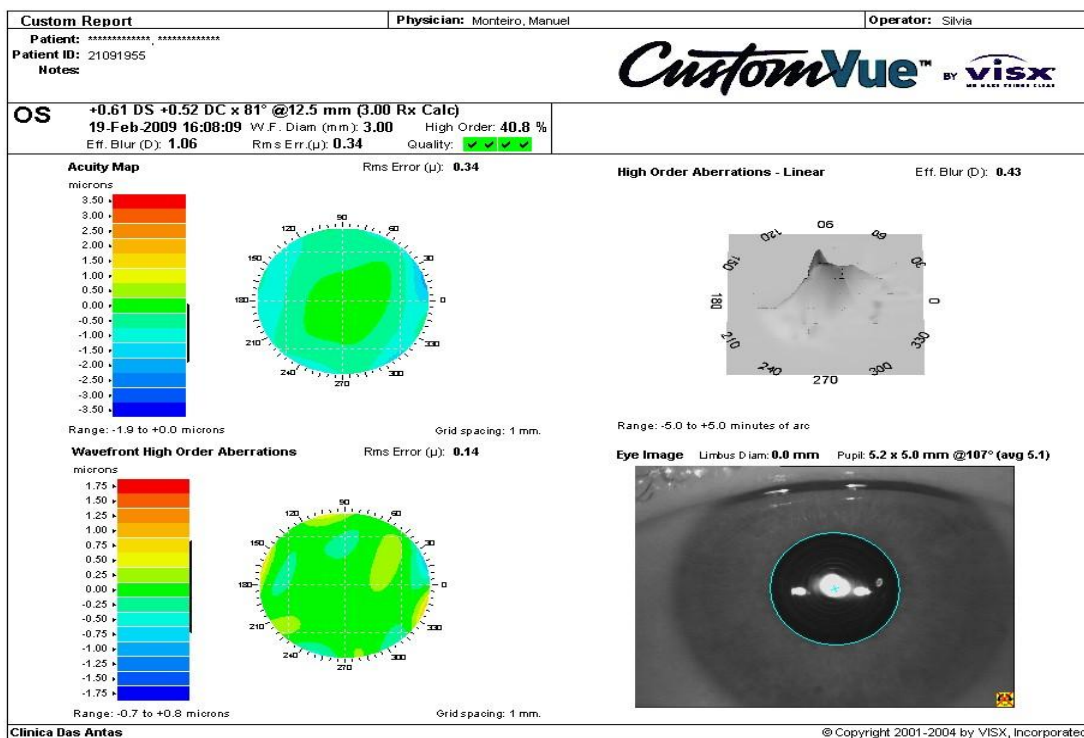
Solicitou-se uma topografia corneana e um scanner Custom Vue. A topografia corneana dá-nos a informação geográfica real da córnea, descartando anomalias que contra indiquem a cirurgia.

Com a tecnologia wavefront Custom Vue, o cirurgião pode medir e mapear a córnea, fornecendo-lhes maior detalhe e melhor capacidade de realizar o LASIK. Sendo mais fácil identificar as imperfeições do olho, afim de criar um procedimento especializado para os olhos. Este exame, tem potencial para melhorar não só a AV assim como a sensibilidade ao contraste e detalhe, proporcionando menor risco de complicações pós-LASIK, como brilho, halos e dificuldade de visão nocturna.





**Figura 14.** Estudo das Aberrometrias corneanas e do diâmetro pupilar no OD



**Figura 15.** Estudo das Aberrometrias corneanas e do diâmetro pupilar no OE

No scanner Custom Vue estudou-se os valores refractivos de cada olho assim como as aberrometrias corneanas e os diâmetros pupilares

### 6.3.7 Resultados

Evoluiu no pós-operatório sem complicações e após uma semana de cirurgia, a despeito da óptima

evolução clínica, a melhor AVCC da doente foi de 20/20 para longe com a refração residual no OD de  $+2.50+1.25 \times 80^\circ$  e no OE de  $+2.00+1.25 \times 115^\circ$ , com a melhor AVSC J2 para perto.

Após quatro meses, submeteu-se a doente à técnica LASIK para correção da ametropia residual, obtendo-se a AVSC de longe de 20/20 em cada olho e de perto J1.

### 6.3.8 Discussão

Actualmente a técnica cirúrgica da facoemulsificação realiza-se com redução do tempo cirúrgico e frequência de complicações, aumento da previsibilidade refractiva, novas tecnologias de biometria e fórmulas de cálculo e incremento da qualidade e versatilidade das lentes intra-oculares.

As limitações do Excimer vieram de encontro com a evolução das técnicas de facoemulsificação e das lentes intra-oculares e, portanto, neste caso a técnica ideal foi a técnica de implante de LIO de correção refracional.

A utilização de anestesia tópica também trouxe vantagens, desde a preservação dos movimentos oculares até à recuperação pós-operatória mais rápida e dor pós-operatória reduzida.

A idade do paciente, associada ao grau de hipermetropia foi um factor fundamental a ser considerado na escolha do tratamento, sendo a facoemulsificação a técnica mais eficaz neste caso.

Esta técnica é superior à correção com o laser, reduzindo as aberrações totais de alta ordem que se seguem à correcção refracional hipermetrópica.

A Lio multifocal AcrySof® ReSTOR® proporcionou uma série de benefícios como a visão de perto, intermedia, e de longe sem compensação óptica.

A apodização (diminuição da intensidade luminosa dos anéis externos da figura de difração da imagem de um objecto pontual, feita por diafragmas, colocados no sistema óptico), reduziu os fenómenos fotópicos, tais como “glare” e halos, associados à visão noturna. O design da zona óptica da lente proporciona uma visão de alta qualidade.

Com as novas tecnologias do laser Excimer proporcionou corrigir, o erro refractivo residual com grande sucesso uma vez que a ametropia era de baixo valor.

### **6.3.9 Conclusão**

Verificou-se que, as cirurgias por facoemulsificação e LASIK são procedimentos que apresentam níveis de segurança adequados e com resultados finais excepcionais.

Durante as cirurgias não existiram complicações intra e pós-operatórias, proporcionando à doente uma recuperação rápida.

Na correcção da ametropia residual, foi utilizado o laser para remodelar algumas porções da córnea, obtendo-se uma visão final de 20/20, sem qualquer tipo de compensação óptica.

A doente ficou muito satisfeita com o resultado final.

## Bibliografia

- [1] Sandra Mogo (1991); *Optometria I*. Universidade da Beira Interior
- [2] Lyle, T. K; Wybar, K. C., (1970); *Practical Orthoptics in the treatment of squint*. H.K. Lewis & Co. Ltd.;London
- [3] Von Noorden, G. K. (1996); *Binocular Vision and Ocular Motility*. 5ª edição, Mosby, Saint Louis
- [4] Pickwell D. (1996); Anomalías de la visión binocular investigación y tratamiento. 2ª edição, editorial JIMS, S. A.; Barcelona
- [5] Palay D. A.; Krachmer J. H. (1997); *Principios Básicos de Oftalmologia*. Mosby ;Saint Louis
- [6]-Benjamin W.J., 2006, *Borish's Clinical Refraction*, 2 Ed., Butterworth Einemann, St. Louis
- [7]- Bass M., 1995, *Handbook of Optics*, Vol. 1, 2 Ed, MacGraw-Hill, New York
- [8]-Overington I., 1976, *Vision and Acquisition*, Pentech Press, London
- [9] - Jr.; W. M. H. (1992); *Adler's Physiology of the Eye*. 9ª Edição, Mosby, Sant Louis
- [10] - Lang, Gerhard K. (2000); *Ophtalmology*. Thieme Stuttgart, New York
- [11]- Spalton David J. et all. (1995); *Atlas Colorido de Clínica Oftalmológica*. 2ª edição, Mosby
- [12] - <http://pt.wikipedia.org/wiki/cristalino>
- [13] <http://www.lenterestor.com.br/acrysof.asp>
- [14] Fong CS. Refractive surgery: the future of perfect vision? Singapore Med. J. 2007 Aug;
- [15] <http://one.aao.org/asset.axd?id=0c67238b-8e4b-479e-9de4-d575df890b09>
- [16] <http://www.nice.org.uk/nicemedia/pdf/ip/Finalreport%20010605.pdf>

## **Abreviaturas**

LIO lente intra-ocular

D dioptrias

CA/C convergência acomodativa/convergência

MA ângulo métrico

CA/C convergência acomodativa/acomodação

AA amplitude de acomodação

AVSC acuidade visual sem correção

AO ambos os olhos

## Índice de Figuras

Figura 1. Ametropias	3
Figura 2. Visão do míope	6
Figura 3. Visão de um emetrope/ hipermetrope	8
Figura 4. Imagem formada em dois pontos distintos num olho com astigmatismo	10
Figura 5. Aparelho acomodativo	14
Figura 6. Gráfico Função de Estado-Estático da Acomodação	17
Figura 7. Anatomia do cristalino	29
Figura 8. Fibras do cristalino	31
Figura 9. Embriologia do cristalino	32
Figura 10. Lente de câmara anterior para a correcção de hipermetropia	33
Figura 11. Introdução de uma lente no saco capsular	34
Figura 12. LIO AcrySof <sup>®</sup> ReSTOR <sup>®</sup> .	36
Figura 13. Topografia corneana	41
Figura 14. Mapa das aberrometrias corneanas e diâmetro pupilar do OD	42
Figura 15. Mapa das aberrometrias corneanas e diâmetro pupilar do OE	43