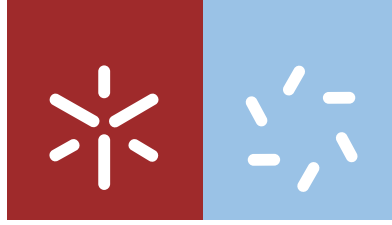




Universidade do Minho
Escola de Ciências

Carolina Raquel da Silva Abreu

Efeito do diâmetro pupilar na acomodação



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Carolina Raquel da Silva Abreu

Efeito do diâmetro pupilar na acomodação

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Sandra Maria Braga Franco

julho 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

A realização da presente dissertação só se tornou possível, dada a entrega de um conjunto de pessoas que, com equanimidade e celeridade partilharam conhecimentos profissionais, vivenciais e encurtaram distâncias.

A todos os que viabilizaram a superação desta etapa, acreditaram e adensaram a aprendizagem, independentemente do ofício e estatuto que se lhes associa, o meu reconhecido obrigado.

À Professora Doutora Sandra Franco, orientadora formal desta dissertação, a minha gratidão pela disponibilidade, amabilidade, profissionalismo, dedicação e partilha dos múltiplos esclarecimentos científicos.

Aos meus pais, por aligeirarem as dificuldades e me inculcarem valores cruciais na minha formação enquanto ser humano. A eles e ao apoio imensurável que, desde a infância à vida adulta, tornaram e tornam esta jornada mais fácil, a minha sincera gratidão.

À minha tia Eulália pela bondade, generosidade e companheirismo desde o meu primeiro dia de vida.

Aos incansáveis, a Zé, a Leonor, o Rodrigo e o Sérgio, que em conjunto, me receberam de braços abertos. Obrigada pelo carinho, pelo amparo e pela ajuda.

Cito ainda, por forma a expressar o meu honesto agradecimento, o Miguel, pelo otimismo, pelas ajudas informáticas e por nunca me ter deixado desistir. À minha restante família, em especial à minha prima Joana, que me viu crescer e me acompanha até hoje. Àquele grupo ao qual chamo “amigos de Braga”, pelas partilhas, conquistas e pelos momentos de lazer e aprendizagem partilhados. Aos de infância, que pintaram esta vida de cor. Perdoem-me as ausências. Ainda aos improváveis, aos que apaziguam a alma sem necessidade de provações... os de quatro patas.

Por último, mas não menos importante, aos voluntários deste estudo que o tornaram exequível, o meu eterno obrigado.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Efeito do diâmetro pupilar na acomodação

Resumo

Com este estudo procurou-se perceber de que forma o diâmetro pupilar influencia a amplitude de acomodação.

Após revisão bibliográfica é possível verificar que a resposta acomodativa varia com o tamanho pupilar, exigindo uma resposta menor quanto menor for o diâmetro da pupila. Assim sendo, será importante perceber de que forma o tamanho da pupila influencia as medidas acomodativas, nomeadamente a determinação da amplitude de acomodação.

Para este estudo recrutaram-se voluntários com idades compreendidas entre os 18 anos e os 35 anos. Fizeram parte do estudo 21 sujeitos (15 mulheres e 6 homens) com idades compreendidas entre os 20 e os 35 anos, a quem se mediu a amplitude de acomodação (AA) com vários diâmetros pupilares: 1 mm (AA1), 2 mm (AA2) e 3 mm (AA3).

Os resultados deste trabalho mostram que a AA é condicionada pelo diâmetro pupilar. Com o diâmetro pupilar de 1 mm a AA foi significativamente maior quando comparada com os outros diâmetros pupilares.

Para além da análise feita da AA para diferentes diâmetros pupilares, procurou-se ainda verificar se os resultados obtidos eram influenciados pela ametropia e sexo dos sujeitos. Para estes fatores encontraram-se diferenças entre míopes e emetropes, obtendo os míopes uma amplitude de acomodação mais alta, sendo esta apenas, estatisticamente significativa para a pupila de 3 mm. No caso do género, os homens obtiveram uma amplitude de acomodação mais alta em todas as medidas, mas estas só foram estatisticamente significativas com a pupila de 1 mm.

Palavras-chave: acomodação, amplitude de acomodação, diâmetro pupilar, resposta acomodativa.

Effect of pupil size in accommodation

Abstract

This study had as main purpose to understand how pupil diameter influences the amplitude of accommodation.

After a bibliographic review, it was possible to verify that the accommodative response varies with the size of pupil, requiring smaller responses with smaller pupils. Therefore, it is important to understand how the pupil size influences the accommodative measures, namely the amplitude of accommodation.

For this study, volunteers were randomly collected between the age of 18 and 35. There were 21 subjects (15 women and 6 men) aged between 20 and 35, who were measured the amplitude of accommodation (AA) with several pupil diameters: 1 mm (AA1), 2 mm (AA2) and 3 mm (AA3).

The results of this study showed that the AA was conditioned by the pupil size. With the pupil diameter of 1 mm, the AA was significantly higher when compared to the other pupil sizes.

In addition it was made the analysis to compare the results between the refractive errors and genders. For these factors, it was found differences between the myopic and the emmetropic group, with every pupil diameters the myopic group had always higher amplitudes of accommodation, but the only statistically significant results were found with the pupil of 3 mm. For the genders, male had higher amplitudes of accommodation than female, but the differences were only statistically significant with the pupil of 1 mm.

Key words: accommodation, accommodative response, amplitude of accommodation, pupil diameter, pupil size.

Índice

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 ACOMODAÇÃO	2
2.1.1 ANATOMIA DA ACOMODAÇÃO	3
2.1.2 A RESPOSTA ACOMODATIVA.....	5
2.1.3 AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO.....	6
2.2 PUPILA.....	10
2.3 A PUPILA E A ACOMODAÇÃO	13
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 TIPO DE ESTUDO	17
3.2 SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	17
3.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	18
3.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	19
3.4.1 EXAME CLÍNICO.....	19
3.4.2 MEDIDA DA AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO COM 3 DIÂMETROS PUPILARES	21
.....	22
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	23
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	24
4.1 A ACOMODAÇÃO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO PUPILAR.....	25
4.2 INFLUÊNCIA DA AMETROPIA.....	27
4.3 INFLUÊNCIA DO SEXO	29
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	32
5.1 O DIÂMETRO PUPILAR E A ACOMODAÇÃO	32
5.2 ACOMODAÇÃO E A AMETROPIA	35
5.3 ACOMODAÇÃO E O SEXO.....	37
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	39
CAPÍTULO 7 - BIBLIOGRAFIA	40
CAPÍTULO 8 - ANEXOS	43
ANEXO 1	44
ANEXO 2	46

Índice de Figuras

FIGURA 1. ESQUEMA DAS PRINCIPAIS ALTERAÇÕES COM A ACOMODAÇÃO. DO LADO ESQUERDO ESTÁ REPRESENTADO UM OLHO NÃO ACOMODADO E DO LADO DIREITO UM OLHO ACOMODADO. 1) ÍRIS; 2) CORPO CILIAR; 3) CRISTALINO; 4) FIBRAS ZONULARES; 5) PUPILA. ADAPTADO DE GOLDBERG (2011). ¹⁰	4
FIGURA 2. PROJEÇÃO DA IMAGEM FORMADA NA RETINA NUM OLHO NÃO ACOMODADO E NUM OLHO ACOMODADO. ADAPTADO DE CHIN (2009). ¹¹	5
FIGURA 3. RESPOSTA ACOMODATIVA EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DO ESTÍMULO. ADAPTADO DE MCBRIENT (1985) ¹²	5
FIGURA 4. DIAGRAMA ILUSTRANDO A PROFUNDIDADE DE FOCO DO OLHO. ADAPTADO DE BURNS (2018). ²²	12
FIGURA 5. RESULTADOS DO ESTUDO DE HENNESSY COM A ACOMODAÇÃO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA PARA VÁRIOS DIÂMETROS PUPILARES. A ACOMODAÇÃO ESPERADA É APRESENTADA. ADAPTADO DE HENNESSY (1976). ²⁶	14
FIGURA 6. RESULTADOS DA ACOMODAÇÃO MONOCULAR DE UM SUJEITO DO ESTUDO DE WARD PARA OS 5 DIÂMETROS PUPILARES INDICADOS. ADAPTADO DE WARD (1985). ³²	15
FIGURA 7. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS DIFERENÇAS MÍNIMAS DETETÁVEIS PARA A AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA.	19
FIGURA 8. PUPILA ARTIFICIAL COLOCADA NA OCULAR DO FORÓPTERO E LUXÍMETRO.	22
FIGURA 8. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DO ESTUDO COM COMPARAÇÃO ENTRE EMETROPES E MÍOPES.	27
FIGURA 9. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DO ESTUDO COM COMPARAÇÃO ENTRE O SEXO FEMININO E MASCULINO.	29
FIGURA 10. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DE VÁRIOS AUTORES DA PROFUNDIDADE DE FOCO EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO PUPILAR. ADAPTADO DE BENJAMIN (2006). ⁶	33

Índice de tabelas

TABELA 1. COMPARAÇÃO DE ESTUDOS DE DIFERENTES AUTORES DA AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO RELACIONADA COM A IDADE. ⁸	8
TABELA 2. RESULTADOS DO ESTUDO DE ROSENFELD COM OS VALORES MÉDIOS DA AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO. ²³	9
TABELA 3. VALORES OBTIDOS POR ANTONA PARA OS VÁRIOS PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO E AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO. ²²	10
TABELA 4. CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA DO ESTUDO.	18
TABELA 5. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO A SUA AMETROPIA.	24
TABELA 6. RESULTADOS DOS EXAMES DE VISÃO BINOCULAR E ACOMODATIVOS DA AMOSTRA. OS VALORES APRESENTADOS PARA A AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO, ATRASO ACOMODATIVO E FLEXIBILIDADE ACOMODATIVA REFEREM-SE AO OLHO DOMINANTE. O SINAL NEGATIVO PARA AS FORIAS REFERE-SE A UM DESVIO DO TIPO EXOFORIA.	25
TABELA 7. RESULTADOS DA AA PARA OS 3 DIÂMETROS DE PUPILA ARTIFICIAL.	26
TABELA 8. DIFERENÇAS DA AA MÉDIA ENTRE DIÂMETROS.	26
TABELA 9. DIFERENÇAS DA AA MÉDIA ENTRE DIÂMETROS NOS EMETROPES.	28
TABELA 10. DIFERENÇAS DA AA MÉDIA ENTRE DIÂMETROS NOS MÍOPES.	28
TABELA 11. DIFERENÇAS NA AA MÉDIA ENTRE EMETROPES E MÍOPES.	29
TABELA 12. DIFERENÇAS DA AA MÉDIA ENTRE DIÂMETROS NO SEXO FEMININO.	30
TABELA 13. DIFERENÇAS DA AA MÉDIA ENTRE DIÂMETROS NO SEXO MASCULINO.	30
TABELA 14. DIFERENÇAS NA AA MÉDIA ENTRE SEXOS.	31
TABELA 15. RESULTADOS DO ESTUDO DE CAMPBELL <i>ET AL.</i> DA PROFUNDIDADE DE FOCO PARA VÁRIOS DIÂMETROS PUPILARES. ⁴⁴	34

Índice de equações

EQUAÇÃO 1	8
EQUAÇÃO 2	9
EQUAÇÃO 3	24

Abreviaturas e Acrónimos

Δ : prisma

AA: amplitude de acomodação

AA1: amplitude de acomodação obtida com pupila artificial com 1 mm de diâmetro

AA2: amplitude de acomodação obtida com pupila artificial com 2 mm de diâmetro

AA3: amplitude de acomodação obtida com pupila artificial com 3 mm de diâmetro

AO: ambos os olhos

AV: acuidade visual

BN: base nasal

BT: base temporal

cm: centímetros

D: dioptria

DP: desvio padrão

EE: equivalente esférico

Hz: Hertz

lx: lux

m: metros

mg: miligramas

ml: mililitros

nm: nanómetros

OD: olho direito

OE: olho esquerdo

PF: profundidade de foco

PPC: ponto próximo de convergência

VL: visão de longe

VP: visão de perto

“É necessário sair da ilha para ver a ilha, não nos vemos se não saímos de nós.”

- José Saramago

“O conto da ilha desconhecida”

Capítulo 1 - Introdução

O objetivo principal deste trabalho foi compreender de que forma a acomodação é afetada com o diâmetro da pupila. Evidências em estudos anteriores demonstram alterações nos resultados da acomodação com diferentes diâmetros pupilares. É sugerido que a resposta acomodativa é tanto menor quanto menor for a pupila, assim, pretendeu-se verificar de que modo as diferenças encontradas na resposta acomodativa com os diferentes diâmetros pupilares têm impacto na amplitude de acomodação.

Sabe-se que o tamanho da pupila humana varia, essencialmente, com as condições do meio ambiente pelo qual está rodeada, então, é importante avaliar o impacto que o diâmetro pupilar tem na realização de trabalhos em visão de perto. A amplitude de acomodação não só é afetada por uma redução na profundidade de foco, como também por uma redução na iluminação do objeto.¹ Uma diferença na iluminância do alvo de 30 lx para 150 lx apresenta um aumento, estatisticamente significativo, de aproximadamente 1,00 D na amplitude de acomodação.²

Por conseguinte, neste trabalho coloca-se a hipótese de compreender até que ponto o diâmetro pupilar influencia a amplitude de acomodação mantendo a iluminância retiniana. Assim sendo, foi medida a amplitude de acomodação com vários diâmetros pupilares de forma a perceber até que ponto esta influencia os parâmetros acomodativos.

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos:

- No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica acerca da acomodação, da pupila e de estudos feitos relacionando a acomodação com a pupila;
- No terceiro capítulo são indicados os materiais e métodos utilizados para a recolha de dados, a caracterização da amostra e tipo de estudo;
- No capítulo 4 demonstra-se os resultados obtidos;
- No capítulo 5 analisa-se os dados obtidos e relaciona-se com outros estudos existentes;
- No sexto capítulo apresentam-se as conclusões deste trabalho;
- No capítulo 7 e 8 discrimina-se a bibliografia utilizada para este estudo e os anexos, respetivamente.

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica

2.1 Acomodação

A acomodação está presente na maioria dos animais terrestres e, permite que, se forme uma imagem nítida na retina, independentemente, da distância para a qual se encontra o objeto de fixação. No ser humano, a mudança de olhar de um objeto mais distante para um mais próximo exige acomodação, convergência e miose.^{3,4}

O processo da acomodação é possibilitado pelo cristalino que, através da contração do músculo ciliar, aumenta o seu poder refrativo quando se fixa um objeto próximo. Esta alteração é conseguida através da tensão das fibras zonulares anteriores fixas ao ápex do interior do corpo ciliar, fazendo com que a sua cápsula se molde e assuma uma forma mais esférica e com maior poder refrativo.⁵ Este processo depende da resistência, rigidez e força da cápsula e núcleo do cristalino, sendo a idade do indivíduo um fator determinante. Ao longo da vida existe uma perda da elasticidade do cristalino e do músculo ciliar, sendo, portanto, esperado que a capacidade de acomodação diminua com a idade.⁶

A capacidade de acomodação também depende da iluminação, existindo uma perda significativa desta em condições de baixa luminância. Na ausência de estímulo luminoso, a acomodação tende para o estado de acomodação tónica.⁷ Este é um tipo de acomodação que aparece na ausência de estímulo, como é no caso da baixa iluminação ou de fixação de um objeto no infinito. Este tipo de acomodação assume geralmente o valor de 1 D.⁸

Para além da acomodação tónica, existem ainda outros componentes da acomodação. Uma dessas componentes, que está presente tanto em condições monoculares como binoculares, é a acomodação reflexa. Esta é, provavelmente, a componente mais importante pois, é o ajuste imediato do estado refrativo do olho com o objetivo de manter uma imagem nítida e clara na retina. Ocorre como resposta a uma imagem retiniana desfocada, em pequenos movimentos oculares (microsacádicos), para pequenos valores de desfocagem até 2 D. A acomodação vergencial é a segunda componente mais importante e é induzida pelo sistema neurológico ligado à vergência ocular, relacionando-se aqui, a acomodação com a convergência (AC/A). Por fim, existe também a

acomodação proximal, que ocorre quando existe o conhecimento ou percepção da proximidade de um objeto.⁸

2.1.1 Anatomia da acomodação

A qualidade de imagem percebida pela retina depende do estado “perfeito” do cristalino e da sua completa transparência. Em condições ideais, esta lente é composta essencialmente por células proteicas em concentrações de 300 mg/ml, sendo transparente e elástica. Geralmente assume-se que tem um índice de refração de aproximadamente $1,416 \pm 0,004$, superior ao do meio envolvente (humor aquoso e humor vítreo com um índice de refração de aproximadamente 1,336), podendo sofrer alterações com a idade. Num adulto emetrope, este órgão tem uma espessura de 9 mm a 10 mm e uma potência de 15,5 D a 25 D.^{8 9}

Apesar do cristalino ser o principal responsável pela acomodação devido ao seu poder refrativo, também existem outros intervenientes, igualmente importantes, que contribuem para a sua mudança de forma, permitindo a formação de uma imagem nítida na retina. É o caso do corpo ciliar e das fibras zonulares.⁹

O corpo ciliar está localizado entre a íris e o cristalino e contém o músculo ciliar. Este músculo tem um papel ativo na acomodação, este contrai e daqui estendem-se as fibras zonulares que mantêm o cristalino suspenso.¹⁰

As fibras zonulares são transparentes e elásticas com diâmetros que variam entre o 35 nm e 55 nm. Estas propriedades são fornecidas pelo seu principal constituinte, a fibrilina.¹¹

Numa tentativa de explicar mais pormenorizadamente a anatomia e biomecânica da acomodação, Goldberg desenvolveu um modelo de computador, animado e tridimensional (figura 1).

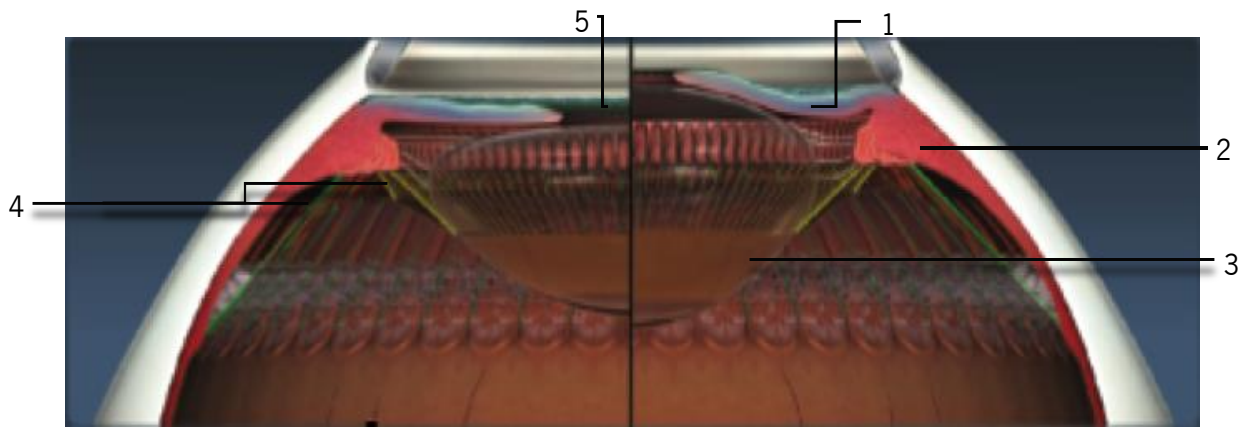


Figura 1. Esquema das principais alterações com a acomodação. Do lado esquerdo está representado um olho não acomodado e do lado direito um olho acomodado. 1) íris; 2) corpo ciliar; 3) cristalino; 4) fibras zonulares; 5) pupila. Adaptado de Goldberg (2011).¹²

Durante a acomodação verifica-se que o corpo ciliar se move para a frente e as fibras zonulares alongam. Estas fibras, que estão ligadas ao corpo vítreo e à cápsula posterior do cristalino, permitem a sua mudança de forma. A curvatura e espessura do cristalino são alteradas também devido à contração do corpo ciliar, em que as fibras zonulares anteriores perdem tensão e as posteriores distendem e exercem força na cápsula do cristalino.¹²

A desacomodação é permitida pelo relaxamento do corpo ciliar, que se move no sentido contrário do cristalino, as fibras zonulares anteriores ganham tensão e as posteriores perdem, deslocando o cristalino para trás e aplanando-o. Este processo é mais rápido que a acomodação devido às forças elásticas da coróide e das fibras zonulares posteriores durante o relaxamento do músculo ciliar.^{5 12}

Estes processos permitem que se forme uma imagem única e nítida na retina do indivíduo (figura 2).

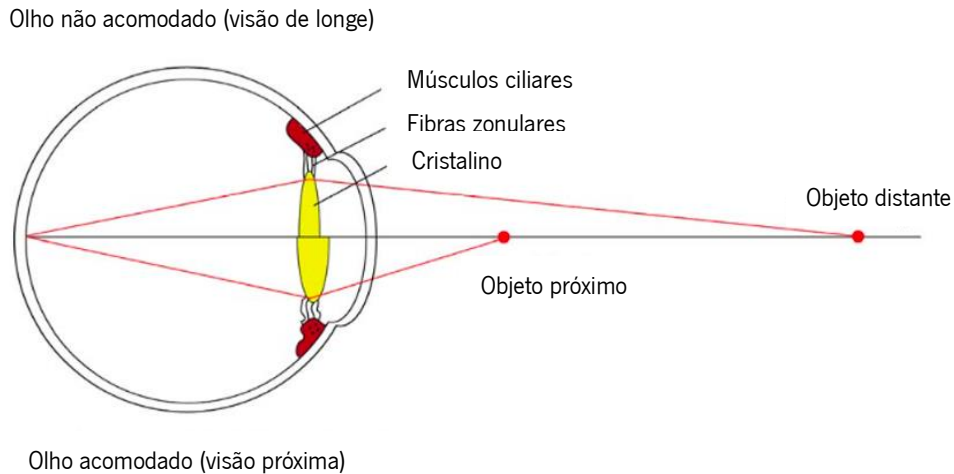


Figura 2. Projeção da imagem formada na retina num olho não acomodado e num olho acomodado. Adaptado de Chin (2009).¹³

2.1.2 A resposta acomodativa

A resposta acomodativa é dependente da distância a que está o objeto, mas nem sempre de forma linear. Esta resposta pode ser representada por uma curva, em que se obtém o registo da acomodação para várias distâncias (figura 3).¹⁴

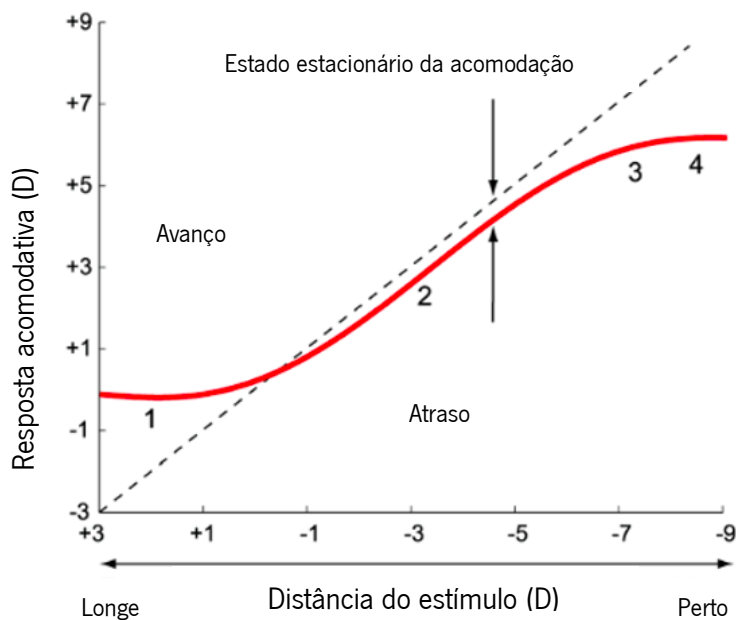


Figura 3. Resposta acomodativa em função do estímulo de acomodação. Adaptado de McBrient (1985)¹⁴

Como é possível observar na figura 3, existe uma região não linear. Das, aproximadamente, +3 D às 0 D de estímulo acomodativo (zona 1), a resposta acomodativa mantém-se relativamente constante apesar das mudanças de localização do estímulo. Para estímulos entre 0 D e -5 D (zona 2), existe uma resposta acomodativa proporcional à alteração da distância do estímulo, no entanto, esta é geralmente mais baixa que o esperado dando origem a um atraso acomodativo. A zona 3 representa uma região de transição, voltando a uma resposta não linear, em que um estímulo mais próximo produz uma resposta acomodativa menor. Por fim, existe uma região não linear latente (zona 4), onde existe um estímulo ainda mais próximo, mas não existe diferença da resposta acomodativa, mantendo-se esta igual à zona anterior. Isto define a amplitude de acomodação.¹⁴

A acomodação não é estável. Ao fixar um objeto a resposta acomodativa exibe sempre uma pequena instabilidade em torno de um nível médio, isto são, as microflutuações da acomodação. Estas ajudam no mecanismo de controle da acomodação, ajudando a mantê-la no momento de fixação de um alvo.^{14 15}

As microflutuações da acomodação estão divididas em duas componentes: a de alta frequência (1 – 2 Hz) e a de baixa frequência (inferior a 0,6 Hz). As microflutuações de baixa frequência são as que estão mais presentes nas alterações acomodativas, acredita-se que estas tenham origem no cristalino e que estejam sob controle neurológico, visto que variam de acordo com o estímulo. As microflutuações de alta frequência mantêm-se constantes mesmo quando existe alteração nos estímulos, e têm origem na variação do ritmo fisiológico, sendo controladas pela pulsação na retina que corresponde à frequência cardíaca.¹⁵

2.1.3 Amplitude de acomodação

O olho humano tem uma capacidade máxima de acomodação conhecida como amplitude de acomodação (AA), sendo a força acomodativa exercida para mudar o foco de um objeto localizado num ponto remoto para um objeto localizado num ponto próximo.¹⁶ Clinicamente, é medida do infinito ao ponto mais próximo de visão nítida, o ponto próximo da acomodação. Desde os 5 anos até aos 52 anos, a amplitude de acomodação decresce progressivamente, em aproximadamente 0,30 D por ano sendo aos 10 anos de aproximadamente 13,50 D e aos 52 anos de 0,00 D. No entanto, clinicamente, nesta idade ao medir-se a AA, obtém-se um valor de 1,00 D, que na verdade se trata do poder dióptrico obtido a partir da profundidade de foco do olho.⁸

Para além da idade, tem-se estudado a possibilidade da ametropia ou o sexo influenciarem a acomodação. No caso da ametropia, a maioria dos estudos defendem que os míopes terão uma menor necessidade de acomodar quando comparados com os emetropes ou hipermetropes, e que assim, será esperada uma amplitude de acomodação maior em míopes do que em emetropes e hipermetropes. Acredita-se que o desenvolvimento da miopia está relacionado com o sistema acomodativo, aparecendo como resposta a uma exigência acomodativa maior em trabalhos prolongados de perto. Independentemente do grau de miopia, os míopes necessitam de uma resposta acomodativa menor levando a que estes apresentem os sintomas relacionados com a presbiopia mais tarde.^{16 17 18}

Quanto ao sexo, na maioria dos estudos, não se encontram diferenças quando se relaciona os resultados da acomodação com o sexo. Em estudos onde se mediu a amplitude de acomodação a homens e mulheres através do método das lentes negativas, com vários ângulos de observação e com várias iluminações, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os sexos.^{19 20}

A medida da amplitude de acomodação deve começar por ser feita sempre de forma monocular e depois binocular. São esperados valores aproximados para os dois olhos quando medidos monocularmente (pode haver cerca de 0,25 D de diferença entre eles), e uma diferença de 0,50 D quando medida binocularmente, isto devido à convergência associada.⁸

Ao longo dos anos, vários investigadores têm desenvolvido diferentes métodos de medição da amplitude de acomodação, dando origem a diferentes valores de acordo com a idade (tabela 1).

Tabela 1. Comparação de estudos de diferentes autores da amplitude de acomodação relacionada com a idade.⁸

Idade	Método de Donders (D)	Método de Sheard (D)
10	19,70	11,00
15	16,00	9,00
20	12,70	7,50
25	10,40	6,50
30	8,20	5,00
35	6,30	3,75
40	5,00	
45	3,80	
50	2,60	
55	1,80	
60	1,00	

Dependendo do método utilizado, é de esperar diferentes resultados. O poder acomodativo exercido durante os testes é diferente daí ser necessário, quando clinicamente se faz esta medição, especificar que método se está a utilizar e ter conhecimento dos valores considerados normais para o mesmo.²¹

Os mais conhecidos e mais utilizados clinicamente são o método de Donders e o método de Sheard. Tanto um como outro são realizados a partir do valor do exame subjetivo para visão ao longe, podem ser realizados monocular e binocularmente. No caso do método de Donders este tem em conta a distância do optótipo ao olho do sujeito para o qual este refere começar a ver desfocado:

Equação 1

$$P = \frac{1}{F}$$

onde o poder dióptrico (P), em dioptrias, necessário para ver uma imagem nítida e clara, é o inverso da distância avaliada (F), em metros.

O método de Donders, conhecido também como *push-up*, foi o primeiro a ser descrito como método de medida da AA, há 150 anos. Consiste na aproximação de um optótipo até a sua imagem

desfocar, sendo o valor da amplitude da acomodação equivalente ao inverso desta distância. Por exemplo, no caso do sujeito começar a ver desfocado a 10 cm, é apontado o valor equivalente em dioptrias, que seguindo a aplicação da fórmula apresentada anteriormente, serão 10 D (equação 1).

No método de Sheard ou das lentes negativas, o optótipo é colocado a uma distância fixa e são colocadas lentes esféricas negativas até o sujeito referir ver desfocado de forma consistente. Neste caso, o valor da amplitude de acomodação (AA), em dioptrias, será a soma da potência das lentes negativas adicionadas (em módulo), acrescida do inverso da distância avaliada (F), em metros, a que o optótipo está do olho:

Equação 2

$$AA = |soma\ das\ lentes\ negativas| + \frac{1}{F}$$

ou seja, se o optótipo estiver a 40 cm, o valor a ser somado será de 2,5 D.⁸

Também existe o método *push-down* onde o optótipo é colocado no plano dos olhos ou óculos do sujeito e deve ser afastado a uma velocidade de cerca de 5 cm/s. O observador deve avisar quando consegue ler de forma nítida e a distância é apontada em metros, a AA é calculada em dioptrias (D) utilizando a equação 1.²²

Vários estudos têm sido feitos de forma a perceber que método é melhor na prática clínica. Em 1996, Rosenfield estudou a repetibilidade das três técnicas anteriormente descritas, em 13 jovens adultos (idade média de 24,3 anos), onde concluiu que os três procedimentos têm um grau de repetibilidade equivalente, mas a AA média foi diferente para os diferentes métodos (tabela 2).²³

Tabela 2. Resultados do estudo de Rosenfield com os valores médios da amplitude de acomodação.²³

Procedimento	Média da amplitude de acomodação (D) (média ± DP)
<i>Push-up</i>	10,11 ± 0,49
<i>Push-down</i>	9,50 ± 0,46
<i>Minus-lens</i>	9,10 ± 0,48

Num estudo mais recente, de 2009, com uma amostra um pouco maior (61 sujeitos, idade média de 19,7 anos), onde também se compararam os três métodos, o método das lentes negativas foi o que apresentou maior repetibilidade. Em concordância com o estudo anterior, verificou-se também que este método foi o que assumiu valores de AA médios mais baixos (tabela 3).²²

Tabela 3. Valores obtidos por Antona para os vários procedimentos de medição da amplitude de acomodação.²²

Procedimento	Média da amplitude de acomodação (D)	Desvio padrão (D)
<i>Push-up</i>	13,08	2,79
<i>Push-down</i>	11,25	1,77
<i>Minus-lens</i>	8,56	1,72

Um fator a ter em conta na determinação da amplitude de acomodação quando medida de forma subjetiva é a profundidade de foco. Esta adiciona um valor substancial à AA, sendo este difícil de calcular devido à sua complexidade etiológica e à variação que existe inter e intra indivíduo.²⁴

O método de Sheard demonstrou ser o menos afetado por esta condição, isto porque o objeto está parado e é visto através de lentes negativas. Estas lentes estimulam a acomodação e a imagem subtende um ângulo menor na retina que fazem com que pareça mais pequeno, reduzindo assim a profundidade de foco.²⁴

2.2 Pupila

A pupila é responsável por regular a quantidade de luz que chega à retina e altera o seu diâmetro de acordo com a luz ambiente onde o indivíduo se encontra. O diâmetro pupilar, igual em ambos os olhos, é controlado por mecanismos cerebrais extremamente sensíveis à luminância. No entanto, este também varia com certos fenómenos cognitivos tais como: o esforço mental, atenção, surpresa e processos de decisão. Os reflexos pupilares à luz são mediados pelas fibras aferentes pupilares levando a informação para o nervo ótico que projeta a informação para o cérebro.²⁵

A pupila e as suas funções também são dependentes da idade. Com a idade o diâmetro pupilar diminui em situações de baixa luminosidade e existe um aumento dos reflexos pupilares, isto poderá ter a ver com o esforço que existe para acomodar.²⁶

Apesar do papel mais importante da pupila ser regular a intensidade da luz, esta também influencia outros parâmetros oculares. A profundidade de foco aumenta quando a pupila está mais pequena, havendo assim uma menor necessidade de acomodar e as aberrações óticas aumentam quando a pupila aumenta de tamanho.⁴

2.2.1 Profundidade de foco

A pupila e a sua profundidade de foco estão relacionadas com a amplitude de acomodação. A profundidade de foco é a variação da distância da imagem de uma lente ou sistema ótico que pode ser tolerada sem ocorrer falta de definição de foco. Pode ser considerada uma tolerância neurológica e perceptual para pequenos erros de foco.²⁷

Vários estudos revelam que a profundidade de foco aumenta para pupilas mais pequenas, o que faz com exista uma menor necessidade de acomodar. A resposta pupilar para amplitudes de acomodação pequenas (≤ 1 D) é insignificante ao contrário do que acontece em amplitudes mais altas. À medida que o diâmetro pupilar diminui, a resposta acomodativa também diminui, aumentando assim a profundidade de foco. Ou seja, com pupilas mais pequenas, a imagem forma-se na retina de forma nítida com um poder dióptrico menor, existindo uma menor necessidade de acomodar e o cristalino tende a retomar a posição de repouso.^{26 28}

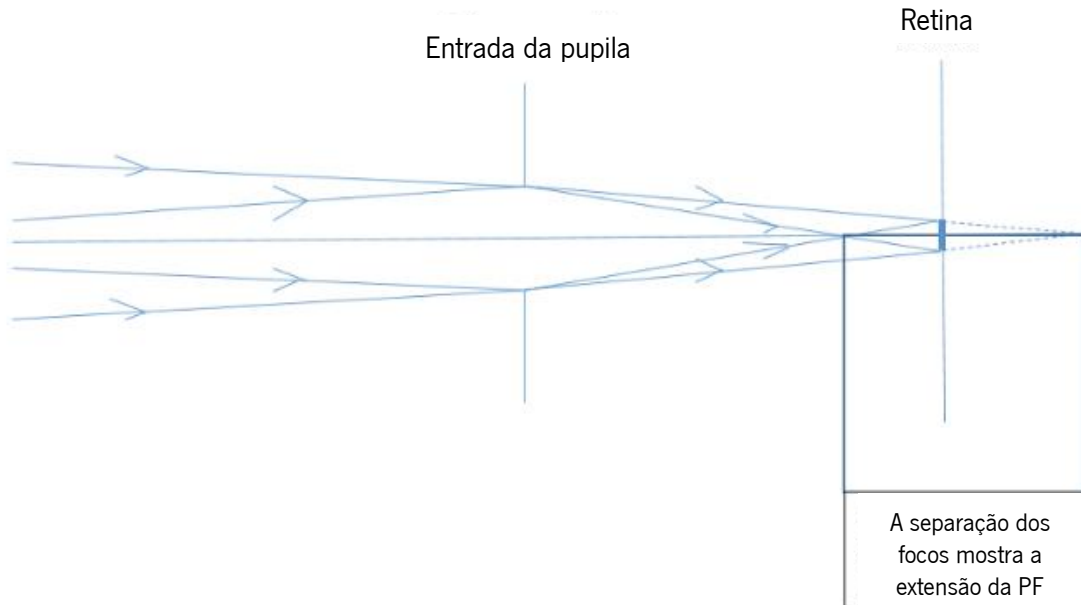


Figura 4. Diagrama ilustrando a profundidade de foco do olho. Adaptado de Burns (2018).²⁴

A figura 4 apresenta um esquema de um olho que recebe uma imagem de diferentes direções, mas que formam o mesmo círculo de desfocado na retina. Se este círculo de desfocado for pequeno o suficiente para ser ignorado pelo sujeito, então a profundidade de foco será a diferença entre as direções.

Existem vários fatores que causam a profundidade de foco e são variáveis de indivíduo para indivíduo:

- imprecisão da informação, devido à difração e aberração;
- imprecisão de foco, devido a elementos físicos do sistema de foco;
- limitações da detecção do desfocado, como fatores neurais e perceptuais ou erro refrativo não corrigido.

A AA não inclui a PF, no entanto a maior parte dos métodos de medida envolvem uma resposta subjetiva ao desfocado, podendo resultar num valor diferente. Assim sendo, a PF pode afetar a medida da AA por qualquer método que exija o reconhecimento do desfocado. Os fatores que influenciam o efeito da PF na medida da AA são:

- parâmetros do teste, como o tamanho do optótipo e a iluminação;
- diâmetro pupilar: a PF aumenta quando o detalhe subtende um maior ângulo no olho e diminui quando o brilho diminui;

- critério do ponto final, que depende do método de medida utilizado.
- discriminação perceptual que depende da habilidade do sujeito perceber o desfocado.²⁴

Ao longo dos tempos tem-se estudado os valores dióptricos que esta característica humana pode obter. Charman *et al.*, em 1977, mostraram que, o poder dióptrico fornecido pela profundidade de foco é dependente do tamanho pupilar, podendo obter valores de 0,86 D para uma pupila de 2 mm, 0,59 D para uma pupila de 4 mm e de 0,55 D para uma pupila de 6 mm.²⁹ Os valores dióptricos para a profundidade de foco nas pupilas iguais ou superiores a 3 mm torna-se constante pois é influenciado pelas aberrações.³⁰

Mais recentemente, em 2003, Wang *et al.*, num estudo com 7 sujeitos usando uma pupila artificial de 5 mm e com a acomodação paralisada, concluíram que a profundidade de foco no centro da fóvea é de aproximadamente 0,89 D.³¹

Clinicamente, a profundidade de foco pode assumir o valor de 1,00 D em pacientes mais velhos. Pelos 52 anos, sem capacidade de resposta acomodativa, os sujeitos ainda apresentam uma amplitude acomodativa de 1,00 D devido à diminuição do tamanho da pupila associada à idade (miose).⁸

2.3 A pupila e a acomodação

Uma componente importante do processo acomodativo é a profundidade de foco fornecida pela pupila e vários têm sido os estudos relacionando o diâmetro pupilar com a acomodação.

Em 1958, Campbell, Robson e Westheimer mediram o estado refrativo de jovens adultos através de um optómetro a *laser* e concluíram que a partir do momento em que se olha para um objeto ao perto, o olho entra em constantes flutuações acomodativas. Estas flutuações desaparecem a partir do momento em que o indivíduo olha para longe ou é-lhe aplicado cicloplégico.³² Estes foram os primeiros a demonstrar que existiam flutuações na acomodação com o diâmetro da pupila e descobriram que as baixas frequências na acomodação aumentavam com pupilas pequenas.³³

Para estudar o efeito da pupila na acomodação, Hennessy *et al.*, mediram a acomodação com um optómetro a *laser*, com vários diâmetros pupilares, recorrendo a pupilas naturais e artificiais. Esta medida foi feita em 5 indivíduos com idades compreendidas entre os 23 anos e os 30 anos, de forma binocular e monocular para as distâncias de 50 cm, 100 cm, 250 cm e 600 cm. Cada indivíduo fixou

binocularmente o alvo com as suas pupilas naturais e monocularmente com o OD através da sua pupila natural e com pupilas artificiais de 3 mm, 2 mm, 1,5 mm, 0,75 mm e 0,5 mm de diâmetro. Concluíram que, para distâncias maiores (250 cm e 600 cm) a acomodação era menor quando obtida binocularmente, e monocularmente esta era tanto maior quanto menor fosse o diâmetro pupilar. A 100 cm a acomodação mantinha-se constante para todos os diâmetros pupilares. No entanto, para distâncias mais curtas (50 cm) a resposta acomodativa necessária era menor quanto menor fosse o diâmetro pupilar, ou seja, pupilas mais pequenas não exigem um poder refrativo tão alto. A figura 5 apresenta os resultados do estudo de Hennessy *et al.*, onde se pode observar que para distâncias menores (0,5 m), com as pupilas naturais e obtida de modo binocular, obtêm-se respostas acomodativas mais altas em cerca de 1,4 D. Monocularmente, com a pupila natural e com a pupila artificial de 3 mm obtêm-se valores semelhantes de aproximadamente 1,25 D. Com a pupila artificial de 2 mm assume-se um valor acomodativo ligeiramente superior a 1 D e com as pupilas artificiais de 1,5 mm, 1,0 mm, 0,75 mm e 0,5 mm, ligeiramente inferior. ²⁸

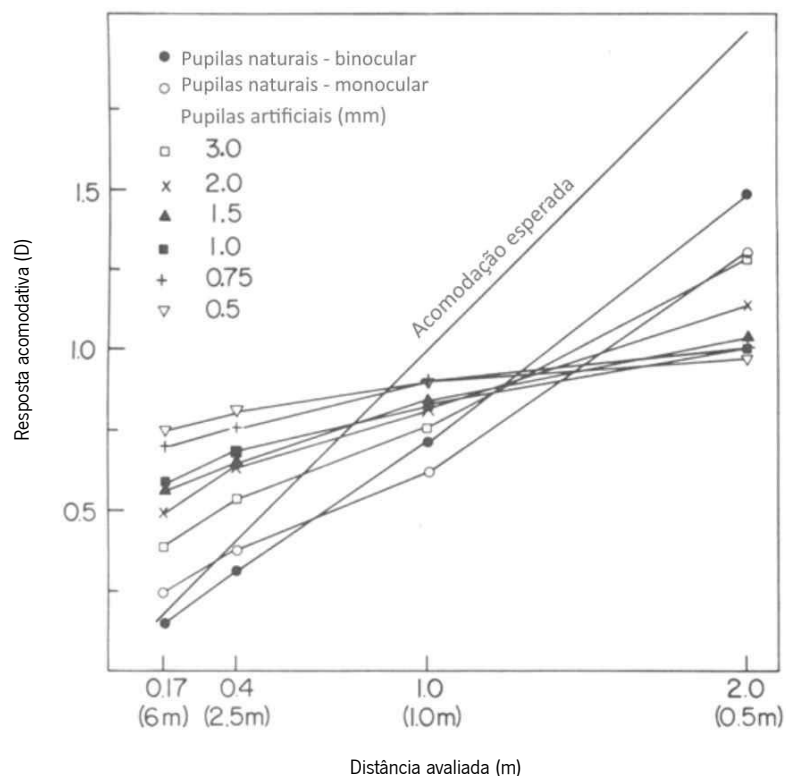


Figura 5. Resultados do estudo de Hennessy com a acomodação em função da distância para vários diâmetros pupilares. A acomodação esperada é apresentada. Adaptado de Hennessy (1976).²⁸

Mais tarde, Ward *et al.*, num estudo mais completo e aprofundado, chegaram a conclusões semelhantes às do estudo anterior. Mediram a acomodação com pupilas artificiais de 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm e 3 mm para estímulos de +1 D a -5 D (em passos de 0,5 D) a 5 adultos com idades compreendidas entre os 20 anos e 30 anos (figura 6). Chegaram a conclusões semelhantes às de Hennessy, de que para distâncias reduzidas, a resposta acomodativa é maior em pupilas maiores e menor em pupilas menores.³⁴

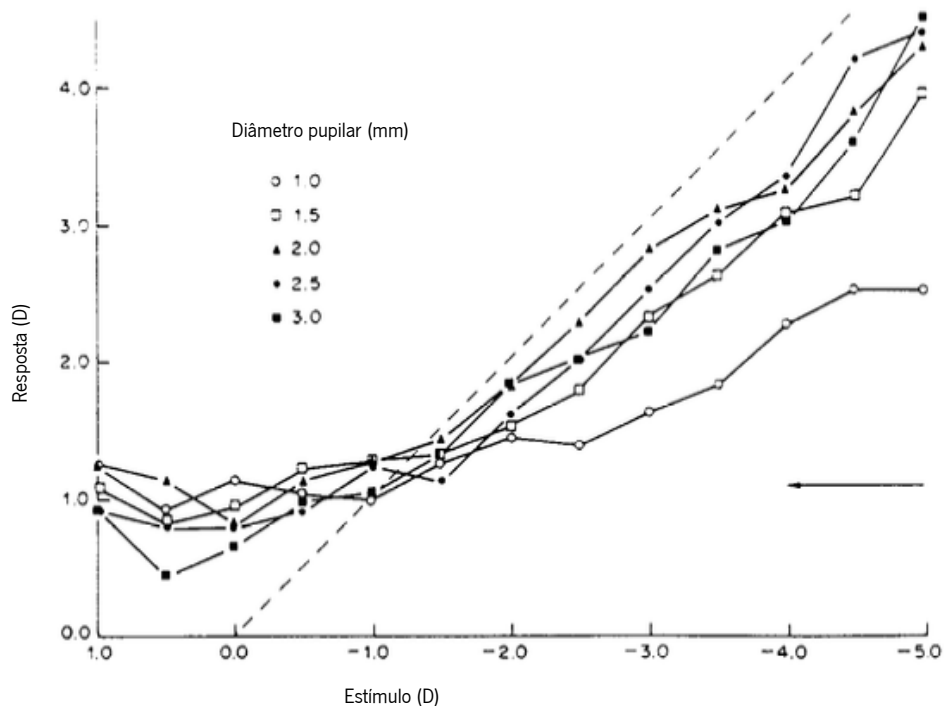


Figura 6. Resultados da acomodação monocular de um sujeito do estudo de Ward para os 5 diâmetros pupilares indicados. Adaptado de Ward (1985).³⁴

Para distâncias maiores, a acomodação mantém resultados semelhantes para os vários diâmetros pupilares, no entanto, conforme a distância vai diminuindo, a acomodação vai variando cada vez mais, sendo mais baixa para tamanhos pupilares mais pequenos. Para pupilas de 2 mm e 3 mm obtêm-se resultados semelhantes e existem diferenças maiores entre o diâmetro pupilar de 1 mm para os outros diâmetros. A distância de -5 D foi a que originou resultados mais díspares, onde com as pupilas de 3 mm, 2,5 mm, 2 mm e 1,5 mm houve uma resposta acomodativa de cerca de 4,00 D, mas para a pupila artificial de 1 mm a resposta acomodativa diminuiu significativamente para o valor de aproximadamente 2,50 D (figura 6).³⁴

Na tentativa de determinar como é que o tamanho da pupila e a resposta acomodativa influenciam as flutuações acomodativas, Lawrence *et al.*, em 1996, usaram um optómetro para medir as respostas acomodativas a 4 sujeitos, enquanto observavam alvos a distâncias correspondentes a -1,50 D e -3,00 D através de pupilas artificiais de 1 mm, 2 mm, 4 mm e 6 mm. Observaram que as flutuações de baixa frequência da acomodação (0 Hz – 0,63 Hz) aumentam para pupilas mais pequenas, mas as flutuações de alta frequência (0,7 Hz – 2,53 Hz) não dependem do tamanho pupilar. O aumento das flutuações de baixa frequência deve-se ao facto de estas estarem envolvidas no processo de controlo da acomodação. De forma a haver uma imagem nítida na retina são necessárias várias variações acomodativas para pupilas mais pequenas. Os diâmetros pupilares pequenos levam a um aumento da profundidade de foco o que permite aos indivíduos usar a acomodação voluntária para formar uma imagem mais nítida na retina. ³³

Mais tarde, avaliou-se o efeito do tamanho da pupila na medida objetiva da amplitude de acomodação. Lara *et al.*, mediram em 15 olhos o diâmetro pupilar e a aberrometria de forma monocular, em condições de baixa e alta iluminação de uma sala. Observaram que, a pupila contrai com a acomodação tanto em condições de baixa como alta iluminação, no entanto, este efeito é superior em condições de baixa iluminação (contração de 1,70 mm numa iluminação alta e de 2,11 mm numa iluminação baixa). A amplitude de acomodação foi maior (em mais de 1,00 D) em condições de alta iluminação do que em baixa iluminação, indicando haver um impacto significativo do diâmetro pupilar na AA. ³⁵

Kubota *et al.*, colocaram a hipótese da dinâmica pupilar estar associada com a AA e realizaram um estudo observacional prospetivo com 95 sujeitos entre os 22 anos e os 62 anos. Distribuíram a amostra em dois grupos, um grupo com os indivíduos com 45 anos ou mais e outro grupo com indivíduos com menos de 45 anos. Mediram objetivamente a AA e o diâmetro pupilar com um auto-refratómetro/queratómetro/tonómetro/paquímetro e observou-se que nos dois grupos, a variação do diâmetro pupilar e a AA apresentavam uma correlação positiva. Os sujeitos que obtiveram uma diferença maior no tamanho da pupila durante a acomodação apresentaram também uma AA maior, concluindo que a relação que existe entre a AA e o diâmetro pupilar é independente da idade. ³⁶

Capítulo 3 - Material e Métodos

3.1 Tipo de estudo

Para a realização deste estudo adotou-se um estudo observacional transversal (*Cross Sectional Study*) de forma a obter a medida da amplitude de acomodação para vários diâmetros pupilares.

O estudo decorreu entre dezembro de 2019 e novembro de 2020 e realizou-se em 2 fases diferentes. Numa primeira fase, foi realizado um exame optométrico completo a cada participante, com o objetivo de ser ou não selecionado para a segunda fase de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. À *posteriori* mediu-se a amplitude de acomodação do olho dominante sensorial através de vários diâmetros pupilares, recorrendo a uma pupila artificial com diâmetro variável.

A todos os participantes foi explicado o estudo e esclarecidas quaisquer questões acerca do mesmo e foi entregue também o consentimento informado, o qual todos assinaram livremente.

O protocolo deste estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e da Saúde (CEICVS) da Universidade do Minho: SECVS 029/2014 (ADENDA), aprovação esta que se encontra em anexo (Anexo 1).

3.2 Seleção e caracterização da amostra

Para desenvolver este estudo, recrutaram-se sujeitos com idades compreendidas entre os 18 anos e os 35 anos. Este estudo foi desenvolvido em duas fases, tendo-se avaliado um total 27 sujeitos numa primeira fase. Após a aplicação dos critérios definidos de inclusão e exclusão, foram selecionados para a segunda fase do estudo 21 sujeitos com idades compreendidas entre os 20 anos e os 35 anos, com um valor médio de idades de (média \pm DP) $26,9 \pm 4,08$ anos, sendo 6 do sexo masculino e 15 do sexo feminino.

Para caracterizar esta amostra foram utilizados os dados do olho dominante sensorial, visto que, posteriormente, o resultado apresentado é o da sua amplitude de acomodação. Nesta amostra, 9 indivíduos apresentaram como olho dominante o OD e 11 o OE. Doze apresentavam emetropia e 9

miopia, sendo o equivalente esférico médio de $-0,57 \text{ D} \pm 1,30 \text{ D}$. A amplitude de acomodação variou entre 6 D e 14 D ($8,94 \text{ D} \pm 2,13 \text{ D}$) e o diâmetro pupilar médio foi de $3,76 \text{ mm} \pm 0,64 \text{ mm}$.

3.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos no estudo todos os participantes maiores de idade e com idade máxima de 35 anos, para que qualquer hipótese de alterações acomodativas relacionadas com a presbiopia fosse eliminada. Também foram excluídos sujeitos com pupilas inferiores a 3 mm, com anisometropias ou problemas de saúde ocular.¹⁶

Foram excluídos os sujeitos com disfunções acomodativas ou de visão binocular e foram admitidos os que atingiam uma acuidade visual de 1.0 monocularmente e binocularmente, sem correção ou com a sua melhor correção.^{16 22}

Tabela 4. Características da amostra do estudo.

	Média	DP	Máximo	Mínimo
Idade (anos)	28,9	4,1	35	20
Equivalente esférico do olho dominante (D)	-0,57	1,30	0,50	-5,50
AA do olho dominante (D)	8,94	2,13	14,50	6,00
Diâmetro da pupila natural (mm)	3,76	0,64	5,50	3,00

Com as medidas efetuadas a estes 21 sujeitos e com base nos dados encontrados foi possível detetar diferenças na amplitude de acomodação de 0,68 D com uma probabilidade de 85%, sendo que o desvio padrão foi de 1,06 D (figura 7).

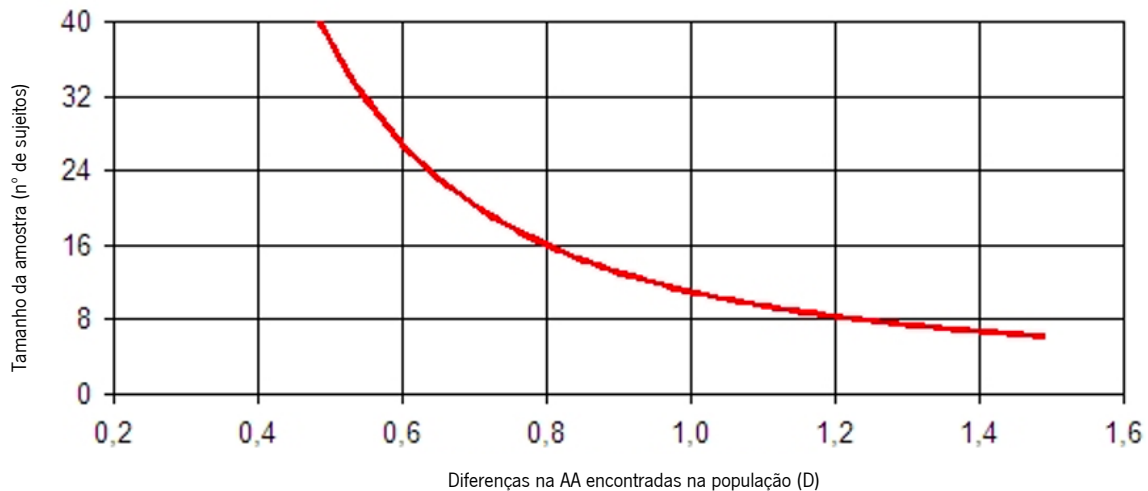


Figura 7. Representação gráfica das diferenças mínimas detetáveis para a amplitude de acomodação em função do tamanho da amostra.

3.4 Procedimento experimental

O procedimento experimental deste estudo foi composto por duas fases. Na primeira, os participantes submeteram-se a um exame optométrico de forma a compreender se se integravam nos critérios de inclusão. Numa segunda fase foram medidas as amplitudes de acomodação para diferentes tamanhos pupilares recorrendo a uma pupila artificial. Esta segunda etapa foi realizada sempre com pelo menos 24 horas de diferença da primeira, deste modo, garantiu-se que os resultados não eram influenciados por qualquer fadiga ou cansaço provocado por um exame optométrico exaustivo.

3.4.1 Exame clínico

Na primeira fase de recolha de dados deste estudo fez-se um exame optométrico completo na seguinte ordem:

- Apresentação do consentimento informado
- Leitura da refração habitual caso utilizasse
- Acuidade visual para VL e VP (OD, OE e AO)
- *Cover Test*
- Ponto próximo de convergência
- Medida do diâmetro pupilar

- Retinoscopia
- Exame subjetivo para visão de longe
- Forias horizontais e reservas fusionais para VL
- Forias horizontais e reservas fusionais para VP
- Amplitude de acomodação monocular
- Retinoscopia de MEM
- Flexibilidade acomodativa VL monocular e binocular
- Flexibilidade acomodativa VP monocular e binocular
- Avaliação da dominância ocular sensorial

A todos os voluntários que aceitaram participar no estudo foi apresentado o consentimento informado (Anexo 2), permitindo assim a recolha de dados. Todos os participantes assinaram livremente o documento e estavam informados e esclarecidos de todos os procedimentos necessários, sendo livres de desistir a qualquer momento.

Aos participantes que utilizavam óculos fez-se a leitura da sua refração habitual através de um frontofocómetro. Àqueles que utilizavam lentes de contacto foi pedido que apresentassem as caixas ou *blisters* das últimas que tivessem utilizado.

A acuidade visual foi medida mono e binocularmente utilizando a escala decimal de Snellen, tanto para a visão de longe como para a visão perto.

Seguiu-se o *Cover Test* realizado também para longe e perto. O sujeito fixava para uma letra abaixo da sua melhor AV.

Para se obter o ponto próximo de convergência utilizou-se como estímulo a ponta de um lápis. Pediu-se ao sujeito para olhar para a ponta do lápis colocado à altura dos seus olhos e a cerca de 50 cm. Aproximou-se este lentamente até o sujeito referir que via dois (rotura) e voltou-se a afastar até referir que via um (recuperação).³⁷

O diâmetro pupilar foi medido utilizando uma régua milimetrada. Pediu-se para o sujeito olhar para um objeto ao longe, e com a luz ambiente normal, mediu-se o diâmetro da sua pupila.

O exame refrativo começou com a retinoscopia estática e seguiu-se com o exame subjetivo para VL.

As forias foram medidas através do método de Von Graefe, e de seguida, mediram-se as reservas fusionais. Estes testes foram feitos primeiro todos para longe e depois para perto, e no caso das reservas, começou-se pelas negativas seguindo-se as positivas.^{38 39}

A amplitude de acomodação foi medida monocularmente com o indivíduo a utilizar o valor final do subjetivo. O método escolhido foi o método de Sheard, onde são colocadas lentes negativas em passos de 0,25 D até que sujeito refira ver desfocado de forma consistente. O optótipo foi colocado a 40 cm com o sujeito a fixar as letras da AV de 0,9. Este método revelou ser de maior precisão e menor variação para o observador, pois o optótipo mantém-se a uma distância igual para todos os sujeitos.^{8 22}

Para terminar os exames acomodativos, foi realizada a retinoscopia de MEM e de seguida foi determinada a flexibilidade acomodativa. Este último exame foi feito primeiro para VL, onde o sujeito olhava para uma linha de letras abaixo da sua melhor AV corrigida, e depois para VP nas mesmas condições. Primeiro foi feito monocularmente para cada olho e depois binocularmente.

A dominância sensorial foi detetada com a ajuda de uma lente positiva de +1,50 D. Pediu-se ao sujeito para olhar para o alvo de VL e fixar a linha de AV inferior à sua melhor AV. Sempre com os dois olhos abertos, colocou-se a lente alternadamente em frente de cada olho por uns segundos. Perguntou-se quando é que a lente incomodava mais e o olho em que o sujeito sentia mais desconforto é o olho dominante sensorial.⁴⁰

3.4.2 Medida da amplitude de acomodação com 3 diâmetros pupilares

Na segunda fase deste estudo, confirmou-se a dominância ocular sensorial e fez-se a medida da amplitude de acomodação utilizando uma pupila artificial com 3 diâmetros pupilares: 1 mm, 2 mm e 3 mm. Escolheram-se estes diâmetros pois o comportamento da amplitude de acomodação em pupilas iguais ou superiores a 3 mm é semelhante.⁴¹ A ordem pela qual foram realizadas as medidas foi determinada aleatoriamente.

O método escolhido para medir a amplitude de acomodação nesta etapa foi novamente o método das lentes negativas. Foi colocado o valor do subjetivo e adicionou-se lentes negativas em passos de 0,25 D, enquanto o sujeito fixava o optótipo a 40 cm. Foi pedido ao voluntário para fixar a linha de letras correspondente a uma AV de 0,9 e indicar quando visse as letras desfocadas e estas assim permanecessem, ou seja, um desfocado consistente, isto é, quando o indivíduo não consegue focar mais, mesmo fazendo esforço acomodativo. A AA (em D) é o resultado da soma das lentes

negativas adicionadas (em módulo) mais 2,50 D, que corresponde ao esforço acomodativo necessário para focar a 40 cm, seguindo a seguinte regra:

$$AA = |\text{soma das lentes negativas}| + \frac{1}{F} \quad (\text{Equação 2})$$

onde F é a distância a que o optótipo está em metros.²²

Para que a luminância retiniana se mantivesse constante para as diferentes pupilas, a iluminância no plano do optótipo foi calculada previamente para os diferentes diâmetros pupilares. Assim, para cada um dos diâmetros pupilares utilizados e com o auxílio de um luxímetro, a iluminação do optótipo era ajustada de forma a se obter os seguintes valores de iluminância:

- Pupila de 1 mm: 400 lux;
- Pupila de 2 mm: 100 lux;
- Pupila de 3 mm: 44,5 lux.

A medida da pupila foi controlada utilizando uma pupila artificial, que se colocou na ocular do foróptero (figura 8). Os valores da iluminância acima indicados foram calculados utilizando o *software PupilDiameter.nb*. Os valores atrás referidos foram escolhidos de forma a obter sempre uma iluminância retiniana de, aproximadamente, 127,3 trolands.⁴²



Figura 8. Pupila artificial colocada na ocular do foróptero e luxímetro.

Como já anteriormente referido, a amplitude de acomodação foi obtida monocularmente apenas no olho dominante sensorial. Em indivíduos com ambos os olhos saudáveis, não existem diferenças significativas na resposta acomodativa entre o olho dominante e o colateral.⁴³

3.5 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados obtidos foi utilizado o programa IBM SPSS versão 23 (IBM Corp.).

Para começar, foi feita uma análise para verificar se as variáveis tinham uma distribuição normal e esta foi comprovada com o teste Kolmogorov-Smirnov. De seguida, foi utilizado o teste ANOVA com medidas repetidas para se comparar os resultados da amplitude de acomodação obtida para os três diâmetros pupilares.

Este mesmo teste foi também realizado com duas variáveis entre sujeitos: a ametropia e o sexo. Isto com o objetivo de se avaliar a influência destas variáveis nas medidas de amplitude de acomodação obtidas com os diferentes diâmetros pupilares.

Foi considerado estatisticamente significativo $p \leq 0,05$.

Capítulo 4 – Resultados

Num total de 21 participantes, fizeram parte deste estudo 15 mulheres (71,4%) e 6 homens (28,6%), com uma média de idades de $28,9 \pm 4,08$ anos.

Com os dados obtidos no exame subjetivo de VL, calculou-se o equivalente esférico (EE) do olho dominante de acordo com a seguinte fórmula:

Equação 3

$$EE = esfera + \frac{1}{2} cilindro$$

onde o valor da esfera e do cilindro devem constar em dioptrias.

Posteriormente, a ametropia encontrada foi classificada de acordo com o estudo conduzido por Park *et al*, em 2018, onde se consideraram míopes olhos com um EE inferior a -0,50 D, hipermetropes com um EE superior a +0,50 D e emetropes os que tinham um equivalente esférico entre -0,50 D e +0,50 D, inclusive. Aplicados estes critérios, conclui-se que aproximadamente 67% (14) eram emetropes e aproximadamente 33% (7) eram míopes. Não se encontraram hipermetropes nesta amostra (tabela 5).⁴³

Tabela 5. Caracterização da amostra segundo a sua ametropia.

Ametropia	Equivalente esférico (D)			
	Média	DP	Máximo	Mínimo
Emetropes	+0,01	0,32	+0,50	-0,50
Míopes	-1,77	1,71	-0,75	-5,50

Os resultados dos exames de visão binocular e acomodativos realizados na primeira fase do trabalho são apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Resultados dos exames de visão binocular e acomodativos da amostra. Os valores apresentados para a amplitude de acomodação, atraso acomodativo e flexibilidade acomodativa referem-se ao olho dominante. O sinal negativo para as forias refere-se a um desvio do tipo exoforia.

Parâmetro avaliado		Média	DP	Máximo	Mínimo
PPC (cm)	Rutura	2,52	3,44	11	0
	Recuperação	3,67	4,69	15	0
Foria VL (Δ)		-0,119	2,84	9	-3
Foria VP (Δ)		-1,67	3,41	3	-13
Reservas FP VL (Δ)	Desfocado	7,52	8,27	30	0
	Rutura	19,14	7,26	34	6
	Recuperação	11,24	5,38	22	4
Reservas FN VL (Δ)	Rutura	8,43	3,23	18	6
	Recuperação	4,86	2,15	12	2
Reservas FP VP (Δ)	Desfocado	8,67	10,34	30	0
	Rutura	22,90	7,63	40	8
	Recuperação	13,76	7,46	36	4
Reservas FN VP (Δ)	Desfocado	6,00	7,59	18	0
	Rutura	17,43	5,18	28	6
	Recuperação	11,86	4,22	22	4
Amplitude de acomodação (D)		8,94	2,13	14,5	6
MEM (D)		0,68	0,18	1	0,5
Flexibilidade acomodativa VL (cpm)	monocular	15,71	5,87	25	3
	binocular	11,33	6,48	24	0
Flexibilidade acomodativa VP (cpm)	monocular	13,57	5,74	22	2
	binocular	9,29	4,5	22	1

4.1 A acomodação em função do diâmetro pupilar

A amplitude de acomodação foi medida para os diferentes diâmetros pupilares de 1 mm, 2 mm e 3 mm.

O diâmetro pupilar de 1 mm foi o que obteve um resultado de AA maior com um valor médio de $9,94 D \pm 2,55 D$. No caso dos diâmetros de 2 mm e 3 mm, obtiveram-se valores mais próximos um do outro, sendo de $8,86 D \pm 2,20 D$ e $8,30 D \pm 1,65 D$ respetivamente (tabela 7).

Tabela 7. Resultados da AA para os 3 diâmetros de pupila artificial.

Diâmetro pupilar	Amplitude de acomodação (D)			
	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
1 mm	9,94	2,55	16,00	6,00
2 mm	8,86	2,20	15,25	5,00
3 mm	8,30	1,65	11,75	4,00

Como se pode observar pelos valores apresentados na tabela 8, a maior diferença encontrada foi entre a AA obtida com a pupila de 1 mm e as restantes medidas. Entre os valores obtidos com as pupilas de 1 mm e 2 mm observou-se uma diferença de $1,08 D \pm 0,23 D$ e entre os valores obtidos com pupilas de 1 mm e 3 mm a diferença foi de $1,64 D \pm 0,37 D$. Entre os valores obtidos com as pupilas de 2 mm e 3mm a diferença foi muito menor, sendo de $0,56 D \pm 0,77 D$.

Ao observar a diferença na AA entre o diâmetro pupilar de 1 mm com o de 2 mm e 3 mm observam-se diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$ e $p = 0,01$, respetivamente). No entanto, quando se compara a AA obtida com a pupila de 2 mm e com a de 3 mm, a significância anteriormente descrita já não ocorre ($p = 0,149$).

Tabela 8. Diferenças da AA média entre diâmetros.

Diâmetros pupilares estudados	Diferença de AA entre diâmetros (D)	DP (D)	valor p
1 mm e 2mm	1,08	0,23	< 0,001
1 mm e 3mm	1,64	0,37	0,01
2 mm e 3mm	0,56	0,77	0,149

4.2 Influência da ametropia

De forma a aprofundar o estudo da influência do tamanho da pupila na determinação da amplitude de acomodação, fez-se uma análise para perceber se o comportamento era igual para todas as ametropias. Comparou-se assim os resultados obtidos com os três diâmetros pupilares entre míopes e emetropes. Nesta amostra encontraram-se 7 ($\approx 33\%$) míopes e 14 ($\approx 67\%$) emetropes, não se tendo encontrado nenhum hipermetrope.

Tal como representado na figura 9, é possível observar que a AA média nos míopes foi superior à dos emetropes para todos os diâmetros pupilares estudados. Nos míopes obteve-se uma AA média de $11,32 \text{ D} \pm 2,58 \text{ D}$, $10,07 \text{ D} \pm 2,55 \text{ D}$, $9,43 \text{ D} \pm 1,14 \text{ D}$ para as pupilas de 1 mm, 2 mm e 3 mm respetivamente. Nos emetropes obteve-se uma AA média, no diâmetro pupilar de 1 mm (AA1), de $9,25 \text{ D} \pm 2,32 \text{ D}$, no de 2 mm (AA2) $8,25 \text{ D} \pm 1,80 \text{ D}$, e no de 3 mm (AA3) $7,73 \text{ D} \pm 1,60 \text{ D}$.

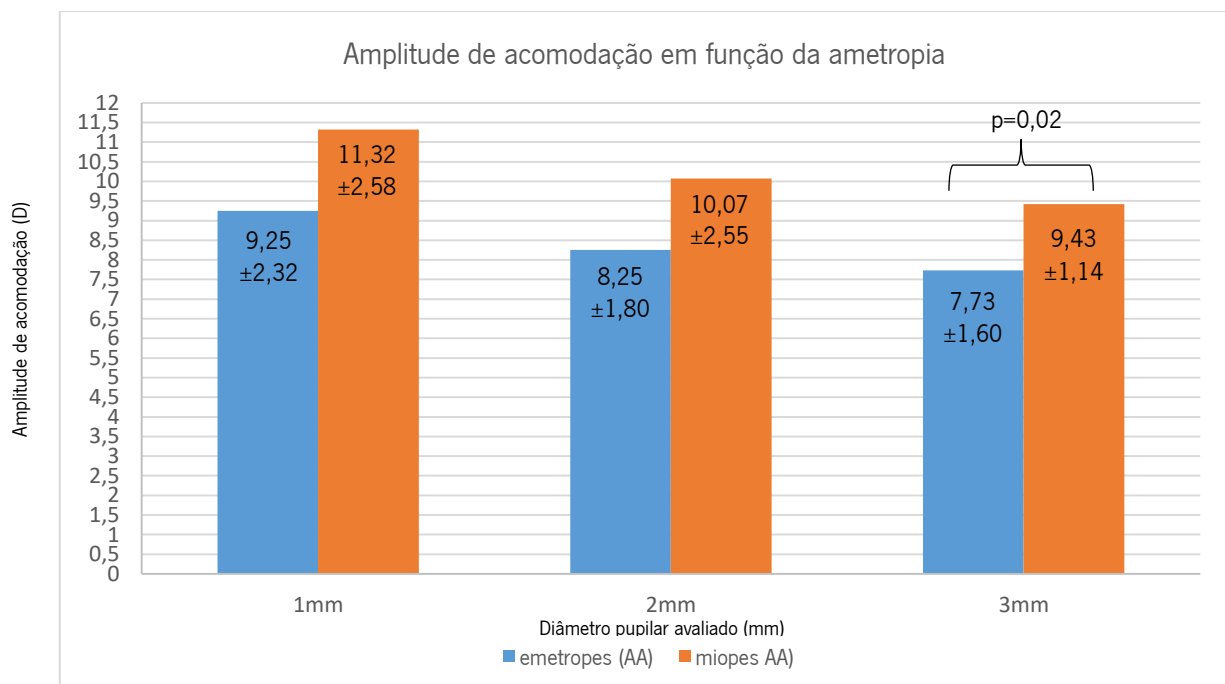


Figura 9. Representação gráfica dos resultados do estudo com comparação entre emetropes e míopes.

Avaliando os emetropes isoladamente, verificou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas quando se compara a AA média obtida com a pupila de 1 mm (AA1) com a AA média obtida com os outros dois diâmetros pupilares. A diferença entre a AA1 e a AA2 foi de $1,00 \text{ D} \pm 0,29 \text{ D}$

($p=0,010$), e entre AA1 e AA3 foi de $1,52 D \pm 0,46 D$ ($p=0,011$). Quando se compara a AA2 com a AA3, a diferença de $0,52 D \pm 0,33 D$ não é estatisticamente significativa ($p=0,43$) (tabela 9).

No caso dos míopes o comportamento é semelhante. Ao comparar a AA1 com a AA2 ou AA3 as diferenças são estatisticamente significativas, sendo de $1,25 D \pm 0,41 D$ ($p=0,020$) e $1,90 D \pm 0,65 D$ ($p=0,027$) respetivamente. Tal como nos emetropes, também não se obtiveram diferenças estatisticamente significativas entre a AA média obtida com as pupilas de 2 mm e 3 mm ($p=0,576$), havendo uma diferença de $0,64 D \pm 0,48 D$ entre elas (tabela 10).

Tabela 9. Diferenças da AA média entre diâmetros nos emetropes.

Diâmetros pupilares estudados	Diferença de AA entre diâmetros (D)	DP (D)	valor p
1 e 2 mm	1,00	0,29	0,01
1 e 3 mm	1,52	0,46	0,011
2 e 3 mm	0,52	0,33	0,42

Tabela 10. Diferenças da AA média entre diâmetros nos míopes.

Diâmetros pupilares estudados	Diferença de AA entre diâmetros (D)	DP (D)	valor p
1 e 2 mm	1,25	0,41	0,02
1 e 3 mm	1,90	0,65	0,027
2 e 3 mm	0,64	0,48	0,576

Ao comparar-se os resultados obtidos para os diferentes diâmetros pupilares, obteve-se para a pupila de 1 mm uma diferença entre míopes e emetropes de $2,07 D \pm 1,11 D$ ($p=0,08$), e para a pupila de 2mm uma diferença de $1,82 D \pm 0,96 D$ ($p=0,07$), não sendo estas diferenças estatisticamente significativas. Já no caso do diâmetro pupilar de 3 mm, encontrou-se uma diferença de $1,70 D \pm 0,68 D$, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p=0,02$) (tabela 11).

Tabela 11. Diferenças na AA média entre emetropes e míopes.

Diâmetro pupilar	Diferença de AA entre emetropes e míopes (D)	DP (D)	valor p
1 mm	2,07	1,11	0,08
2 mm	1,82	0,96	0,07
3 mm	1,70	0,68	0,02

4.3 Influência do sexo

Fez-se também uma análise de modo a compreender se existiam diferenças consoante o sexo. Na medida da AA com a pupila artificial com 1 mm de diâmetro as medidas foram de 9,23 D \pm 2,00 D e de 11,71 D \pm 3,10 D para o sexo feminino e masculino, respetivamente. Com a pupila de 2 mm obteve-se uma AA média de 8,40 D \pm 1,55 D para o sexo feminino e de 10,00 D \pm 3,23 D para o sexo masculino. No caso da medida de AA com a pupila de 3 mm, o sexo feminino obteve uma média de 7,83 D \pm 1,60 D e o sexo masculino obteve 9,33 D \pm 1,40 D (figura 10).

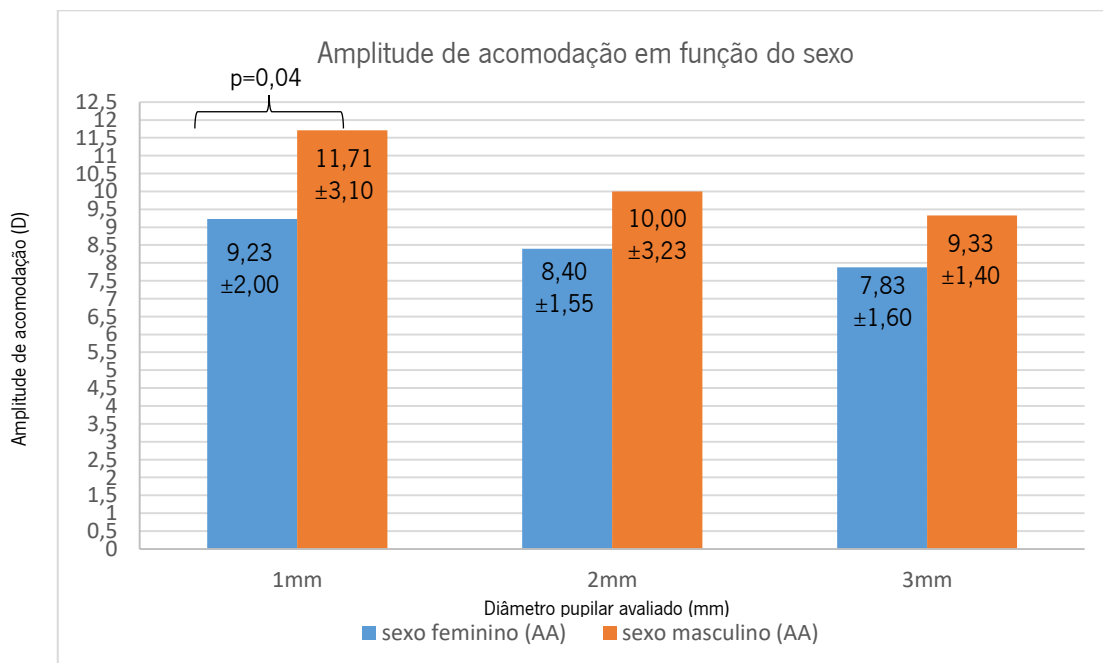


Figura 10. Representação gráfica dos resultados do estudo com comparação entre o sexo feminino e masculino.

Tabela 12. Diferenças da AA média entre diâmetros no sexo feminino.

Diâmetros pupilares estudados	Diferença de AA entre diâmetros (D)	DP (D)	valor p
1 e 2 mm	0,83	0,26	0,01
1 e 3 mm	1,35	0,43	0,016
2 e 3 mm	0,52	0,33	0,384

Tabela 13. Diferenças da AA média entre diâmetros no sexo masculino.

Diâmetros pupilares estudados	Diferença de AA entre diâmetros (D)	DP (D)	valor p
1 e 2 mm	1,71	0,41	0,02
1 e 3 mm	2,38	0,68	0,07
2 e 3 mm	0,67	0,51	0,628

Nas três medidas de AA, o sexo feminino obteve uma AA menor do que o sexo masculino. O motivo para esta diferença poderá ser a média de idades, em que o sexo feminino ($27,6 \pm 4,05$ anos) tem uma média superior quando comparada com a média de idades do género masculino ($25 \pm 3,85$ anos).

Tal como se pode observar nas tabelas 12 e 13, nos dois géneros existem diferenças estatisticamente significativas quando se compara a pupila de 1 mm com a de 2 mm. Quando se compara a de 1 mm com a de 3 mm o comportamento foi diferente entre os sexos, no feminino obtiveram-se diferenças estatisticamente significativas mas, estas não existiram no masculino. No entanto, o público masculino era muito menor, sendo de esperar obter-se menos dados estatisticamente significativos. No caso da AA obtida para a pupila de 2 mm e 3 mm, não se obtiveram diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos sexos.

No sexo feminino existiu uma diferença de $0,83 D \pm 0,26 D$ ($p=0,01$) entre AA1 e AA2. Entre AA1 e AA3 a diferença foi de $1,35 D \pm 0,43 D$ ($p=0,016$) e entre AA2 e AA3 foi de $0,52 D \pm 0,33 D$ ($p=0,384$) (tabela 12).

No sexo masculino, o comportamento foi ligeiramente diferente. A diferença entre AA1 e AA2 foi de $1,71 D \pm 0,41 D$ ($p=0,02$), entre AA1 e AA3 foi de $2,38 D \pm 0,68 D$ ($p=0,07$) e entre AA2 e AA3 foi de $0,67 D \pm 0,51 D$ ($p=0,628$) (tabela 13).

Tabela 14. Diferenças na AA média entre sexos.

Diâmetro pupilar	Diferença de AA entre feminino e masculino (D)	DP (D)	valor p
1 mm	2,48	1,13	0,04
2 mm	1,60	1,03	0,13
3 mm	1,45	0,75	0,07

Ao avaliar cada diâmetro pupilar estudado de forma isolada, houve diferenças estatisticamente significativas entre os sexos apenas no diâmetro pupilar de 1 mm. Com este diâmetro pupilar obteve-se uma diferença na AA entre sexos de $2,48 D \pm 1,13 D$ ($p=0,04$). No caso dos restantes diâmetros pupilares as diferenças já não foram estatisticamente significativas, sendo a diferença de $1,60 D \pm 1,03 D$ na pupila de 2 mm, e de $1,45 D \pm 0,75 D$ na pupila de 3 mm (tabela 14).

Capítulo 5 – Discussão dos resultados

5.1 O diâmetro pupilar e a acomodação

O presente estudo visou determinar de que forma as alterações no diâmetro pupilar influenciam a amplitude de acomodação. Também compreender se estas alterações são influenciadas pela ametropia ou sexo do indivíduo.

Da amostra fizeram parte 21 indivíduos com idades compreendidas entre os 20 anos e os 35 anos, dos quais 6 eram homens e 15 mulheres. Apesar desta amostra de adultos jovens ser reduzida, permitiu tirar conclusões estatisticamente significativas quando se comparou a amplitude de acomodação obtida com a pupila de 1 mm com os outros dois tamanhos, de 2 mm e 3 mm.

Os resultados obtidos utilizando pupilas artificiais com diâmetro de 1 mm, 2 mm e 3 mm estão de acordo com dados já reportados anteriormente. Em vários estudos, mostrou-se que existem resultados estatisticamente significativos que permitem concluir que diâmetro pupilar está correlacionado diretamente com a AA e esta relação é independente da idade, ametropia, foria ou sexo.

^{28 33 36}

No estudo atual, observou-se que quanto menor a pupila, maior é a amplitude de acomodação do sujeito. Vários estudos demonstram que a resposta acomodativa é menor em pupilas mais pequenas, o que pode explicar que o sujeito apresente, nestas condições, uma amplitude de acomodação aparentemente maior. ^{28 34}

Tal como apresentado anteriormente no estudo de Hennessy *et al.*, concluiu-se que em distâncias mais curtas (50 cm) a acomodação em vigor diminui quando a pupila diminui, fazendo esta avaliação com pupilas de 1 mm, 2 mm e 3 mm. Para a pupila de 2 mm e 3 mm obtiveram respostas acomodativas superiores a 1 D, enquanto que, para a pupila de 1 mm a resposta acomodativa foi inferior, existindo uma diferença de pelo menos 0,25 D. ²⁸

Neste estudo, a maior diferença e única estatisticamente significativa, foi a AA obtida com a pupila de 1 mm, quando comparada com a AA obtida com a pupila de 2 mm e com a de 3 mm, obtendo-se diferenças de $1,08 D \pm 0,23 D$ e $1,64 D \pm 0,37 D$, respetivamente. Estes resultados têm semelhanças com um estudo conduzido por *Ward et al.*. Estes autores observaram que, para uma

distância de $-2,5 D$, a pupila artificial de 3 mm e de 2 mm exigia um esforço acomodativo de $1,90 D$ e $2,10 D$, respetivamente, mas com a pupila de 1 mm este esforço decrescia para $1,00 D$, havendo então uma diferença de aproximadamente $1,00 D$ entre a resposta acomodativa obtida com a pupila artificial de 1 mm e as outras. Este estudo de Ward *et al.* e em conformidade com Hennessy *et al.*, concluiu que a resposta acomodativa decresce com o diâmetro pupilar, sendo o diâmetro pupilar de 1 mm o que obtém a maior diferença.³⁴

As diferenças estatisticamente significativas encontradas neste estudo, demonstram que, de facto existe um valor substancial adicionado pela profundidade de foco. O valor obtido a mais na AA é aproximado ao poder dióptrico que a profundidade de foco fornece, que é de aproximadamente $0,86 D$ para uma pupila de 2 mm e de $0,59 D$ para uma pupila de 4 mm .³⁰

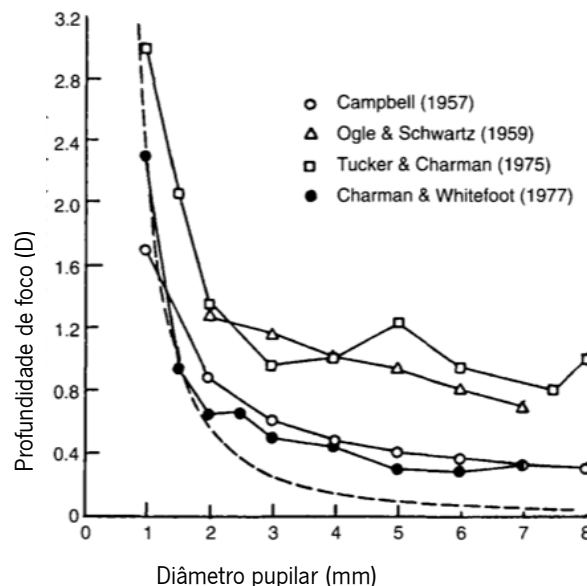


Figura 11. Representação gráfica dos resultados de vários autores da profundidade de foco em função do diâmetro pupilar. Adaptado de Benjamin (2006).⁸

Os dados apresentados por este estudo estão de acordo com os de vários autores, em que obtêm valores para a profundidade de foco com pupilas de 1 mm muito superiores aos valores de profundidade de foco obtidos para pupilas de 2 mm ou superiores. A figura 11 mostra vários resultados de estudos sobre a potência que a profundidade de foco pode obter com vários diâmetros pupilares. Apesar dos autores utilizarem métodos diferentes as conclusões foram muito semelhantes. O poder dióptrico da profundidade de foco para uma pupila de 1 mm pode variar, aproximadamente, entre as $1,70 D$ e as $3,10 D$. Este valor decrescia rapidamente para $0,60 D$ a $1,40 D$ quando se trata

de um diâmetro pupilar de 2 mm. Com o diâmetro pupilar de 3 mm, a profundidade de foco varia entre 0,50 D e 1,20 D. A partir dos 3 mm os valores mantêm-se muito semelhantes até aos 8 mm.⁸

Um dos estudos mais completos acerca da profundidade de foco e da sua potência é o de Campbell *et al.*. As medidas deste estudo basearam-se na percepção do desfocado de pequenos discos vistos pelos sujeitos através de várias pupilas artificiais, com luz branca. Concluíram que, se a iluminação da retina se mantiver constante e a pupila variar de tamanho, a profundidade de foco varia de forma inversamente proporcional com o diâmetro pupilar. O valor mínimo esperado para a profundidade de foco, em condições ótimas é $\pm 0,3 D$ para um diâmetro pupilar de 3 mm. Neste estudo foi encontrada uma diferença de 0,41 D entre a pupila de 1 mm e 2 mm, e entre a de 1 mm e 3 mm houve uma diferença de 0,55 D (tabela 15).⁴⁴

Tabela 15. Resultados do estudo de Campbell *et al.* da profundidade de foco para vários diâmetros pupilares.⁴⁴

Diâmetro da pupila (mm)	Profundidade de foco (D)
1	$\pm 0,85$
2	$\pm 0,44$
3	$\pm 0,30$
4	$\pm 0,24$
5	$\pm 0,20$
6	$\pm 0,18$
7	$\pm 0,16$
8	$\pm 0,15$

Embora o valor que estivesse a ser medido no presente estudo fosse a amplitude de acomodação com vários diâmetros pupilares, é possível concluir, que em média, a profundidade de foco influencia em 1,00 D quando se comparam pupilas de 1 mm e 2 mm, e, quando se comparam pupilas de 1 mm e 3 mm, influencia em aproximadamente 1,64 D.

Outro fator que é conhecido, é que a pupila humana aumenta ou diminui de tamanho principalmente devido à luz presente no meio ambiente em que está o sujeito, e este parece ser ainda mais influente nas medidas acomodativas. Em 2019, Ana Moreira desenvolveu um trabalho com o

objetivo de analisar a influência da iluminação nos parâmetros acomodativos, medindo a amplitude de acomodação a 26 indivíduos com as iluminâncias de 30 lx, 150 lx e 400 lx. Os resultados obtidos para estas 3 iluminâncias foram de $8,27 D \pm 1,49 D$, $9,29 D \pm 1,78 D$ e $9,46 D \pm 1,61 D$ respectivamente, sendo que, a diferença entre iluminâncias foi estatisticamente significativa ao comparar a AA obtida com a iluminância de 30 lux com as outras duas. Concluiu que, iluminação fraca ou imprópria pode influenciar negativamente a amplitude de acomodação e originar sintomatologia. Neste trabalho o diâmetro da pupila não foi controlado, ainda assim os seus resultados parecem não ter sido influenciados pelo diâmetro pupilar, visto que este produz efeitos significativos na profundidade de foco só em diâmetros de 1 mm. ²

Lara *et al.* também investigou o efeito da iluminância da retina na amplitude de acomodação e aqui manteve o diâmetro da pupila constante. Para isto utilizou um agente ciclopérgico para dilatar a pupila aos seus voluntários. Mediu a AA com um optômetro a 10 sujeitos jovens e 10 sujeitos presbitas com uma pupila artificial de 5 mm para quatro valores de iluminância diferentes: 222, 821, 2138 e 5074 trolands. A AA decresceu com a iluminância, de 6,34 D para 4,35 D no grupo de jovens e de 1,69 D para 1,04 D no grupo de presbitas. ¹

Conclui-se, pelo presente estudo e pelos estudos mencionados anteriormente, que o diâmetro pupilar é um fator determinante na resposta acomodativa e amplitude de acomodação. A profundidade de foco pode ser determinada através de vários métodos, mas as conclusões obtidas são semelhantes quando se comparam tamanhos pupilares. No entanto, a profundidade de foco causada pela miose da pupila parece só ter influência com o diâmetro de 1 mm, assim sendo, é importante ter em conta a iluminância da retina. Em condições de baixa iluminação a AA decresce, não só porque há uma dilatação da pupila que origina uma diminuição na profundidade de foco, mas também porque a iluminância na retina decresce.

5.2 Acomodação e a ametropia

Neste estudo deduz-se que o comportamento da AA para os diferentes diâmetros pupilares não é dependente da ametropia do indivíduo, no entanto, existem diferentes conclusões obtidas por outros autores. No presente estudo, um fator a ter em conta, é que a amostra de míopes é muito baixa quando comparada com a amostra de emetropes, existindo ainda a ausência de hipermetropes. Ao fazer-se a análise dos dados, apenas houve diferenças estatisticamente significativas entre emetropes e

míopes na medida da AA com a pupila artificial de 3 mm (AA3), embora esta diferença já estivesse presente nos valores da AA obtidos com as outras pupilas.

Num estudo realizado na Universidade de Múrcia, tentou estudar-se a forma como a AA altera com o grau de ametropia. Utilizaram dois olhos-modelo onde induziram uma ametropia axial, alteravam a posição da retina-modelo de acordo com a ametropia que queriam induzir. Este estudo mostrou que, quando o erro refrativo se deve a uma alteração axial do olho, este pode produzir uma pequena diferença na amplitude de acomodação, sendo que, olhos mais longos irão aumentar a potência do olho, ou seja, os míopes irão ter uma AA média superior aos emetropes e hipermetropes.¹⁷

Claudhary *et al.* fizeram um estudo retrospectivo em 100 indivíduos presbitas, utilizando a base de dados dum hospital. Com o objetivo de compreender de que forma a relação da AA com a ametropia pode afetar os sintomas relacionados com a presbiopia, utilizou os dados da AA de 50 homens e 50 mulheres, com idades compreendidas entre 35 e 50 anos, onde 56 eram hipermetropes, 13 míopes e 31 emetropes. Foi possível verificar que, mesmo em idades mais avançadas, os míopes mantêm uma AA mais alta do que os emetropes e hipermetropes, isto em todas as faixas etárias.¹⁶

Com uma amostra mais jovem, em 2011, Maheshwari *et al.* estudaram a AA em 150 sujeitos entre os 11 e os 30 anos, incluindo emetropes (18), míopes (75) e hipermetropes (57). Aqui, também se verificou, sendo estatisticamente significativo, que os míopes tinham o resultado mais alto de AA, seguindo-se os emetropes, hipermetropes e ambliopes.⁴⁵

Numa tentativa de compreender se o erro refrativo influencia o diâmetro da pupila, Chaidaroon *et al.* recrutaram 110 voluntários, dos quais 55 eram emetropes e 55 míopes e mediu o tamanho pupilar com um pupilómetro num nível de luz baixo. Os míopes obtiveram, em condições escotópicas, um diâmetro pupilar médio de $6,98 \pm 0,67$ mm que foi superior ao dos emetropes, $6,46 \pm 0,90$ mm. Esta diferença foi estatisticamente significativa, no entanto, os autores referem que o estudo foi limitado por uma amostra muito pequena.⁴⁶

Charman *et al.* mediram a resposta acomodativa e o diâmetro pupilar a dois grupos de adultos, um grupo de míopes e outro de emetropes, com o objetivo de explorar se os diâmetros pupilares dos míopes eram maiores com a acomodação relaxada e menores com a acomodação em esforço. Deste estudo fizeram parte 40 estudantes e funcionários da Universidade de Manchester entre os 18 anos e os 35 anos. Mediram as respostas acomodativas e diâmetros pupilares com um aberrómetro e constataram que o grupo de míopes obteve um diâmetro pupilar médio maior do que o grupo de emetropes, no entanto, esta diferença não foi estatisticamente significativa. Deduziram que nem

diâmetro pupilar, nem a miose causada pela acomodação estão relacionadas com o erro refrativo. As aberrações medidas pelo equipamento também foram semelhantes nos dois grupos, sendo a idade o único fator que alterava o diâmetro da pupila, decrescendo quanto maior fosse a idade do sujeito.⁴⁷

No presente estudo, inicialmente encontraram-se diferenças entre os míopes e os emetropes, no entanto, estas só se mantiveram estatisticamente significativas com a pupila de 3 mm. Os míopes apresentaram nas três medidas de AA resultados superiores aos emetropes. As conclusões deste estudo em relação à AA e a ametropia é diferente de estudos já publicados podendo dever-se à amostra de míopes ser muito inferior à de emetropes. A ausência de hipermetropes na amostra deste estudo também não permite obter conclusões acerca do comportamento desta ametropia na medida da AA.

5.3 Acomodação e o sexo

Na análise feita no presente estudo não se obtiveram resultados estatisticamente significativos quando se comparou o comportamento da medida da AA entre indivíduos do sexo feminino e do sexo masculino. No entanto, é possível verificar que o sexo masculino obteve uma média de AA superior à do sexo feminino, mas estas diferenças só foram estatisticamente significativas com a pupila artificial de 1 mm. Neste estudo existem diferenças na média de idades dos sexos (sexo feminino: $27,6 \pm 4,05$ anos; sexo masculino: $25 \pm 3,85$ anos) o que poderá justificar estas pequenas diferenças, porém, este é um tema que se mantém controverso nos estudos encontrados.

Em 2015, Majumder *et al.*, estudaram um grupo de 31 sujeitos com idades entre os 18 e os 26 anos, com o objetivo de medir a AA em ângulos de observação diferentes, mas também analisando se o sexo ou a etnia teriam influência. Neste grupo de 31 pessoas, 87% eram de etnia chinesa e 13% de outra etnia, e existiam 7 homens e 24 mulheres. A AA foi medida através do método das lentes negativas e, para além de concluir que o ângulo de visão vertical tem um efeito significativo na AA, aumentando-a, também concluiu que a etnia e o sexo não têm qualquer impacto.¹⁹

Mais tarde em 2017, os mesmos autores fizeram novamente um estudo sobre a AA. Mediram a AA através do método das lentes negativas tentando descobrir se existem diferenças neste fator com 3 iluminações diferentes (23 lx, 17 lx e 4 lx). Este estudo foi composto por 32 pessoas (19 homens e 13 mulheres) com idades entre os 15 e os 35 anos. 81,3% destes indivíduos eram da Malásia e 18,7% de

outra origem. Estes autores não obtiveram diferenças estatisticamente significativas na AA nos 3 níveis de iluminação, nem quando comparou a AA obtida em cada nível com o sexo ou etnia.²⁰

Já em 2020, Weng *et al.* avaliaram a repetibilidade de um autorrefratômetro de nova geração para a medição da AA e explorou eventuais associações entre a AA e o sexo. Com 35 adultos entre os 26 e os 52 anos (27 mulheres e 8 homens, sem diferenças estatisticamente significativas na média de idades) obtiveram diferenças estatisticamente significativas ao comparar os sexos, sendo a AA das mulheres mais baixa. Contudo os próprios autores referem que o estudo foi limitado por uma amostra pequena.⁴⁸

A comparação da AA entre géneros parece ser diferente quando o método escolhido para a sua medida é alterado. Também em 2020, Majumder *et al.*, voltam com um estudo acerca da AA numa população de estudantes numa universidade privada na Malásia. Conduziram um estudo com 34 participantes (média de idade de $22,26 \pm 1,88$ anos), onde mediram a AA a indivíduos de 3 etnias diferentes, através de vários métodos: retinoscopia dinâmica, método *push-up*, *pull-away*, *push-up* modificado e método das lentes negativas. Havia 19 mulheres e 15 homens, 12 chineses, 11 malaios e 11 indianos. Mais uma vez não se encontraram diferenças na AA nas diferentes etnias, mas ao comparar a AA com os dois sexos existiram diferenças significativas para o método de *push-up*, *pull-away* e retinoscopia dinâmica, obtendo o sexo masculino uma AA mais alta nas três técnicas. A AA manteve-se sem diferenças estatisticamente significativas para o método das lentes negativas e *push-up* modificado.⁴⁹

Nos estudos referidos anteriormente, de Charman *et al.* e de Chaidaroon *et al.*, também se analisou se haveria diferenças nos diâmetros pupilares entre géneros. E de novo, não verificaram qualquer diferença estatisticamente significativa entre os sexos, concluindo que este não será um fator determinante para o diâmetro pupilar.^{46 47}

Capítulo 6 - Conclusões e trabalho futuro

Com este trabalho foi possível concluir que a pupila é um fator a ter em conta nos parâmetros acomodativos. Verificou-se ainda que existem diferenças estatisticamente significativas perante diâmetros pupilares mais pequenos.

A pupila com 1 mm de diâmetro influenciou significativamente a amplitude de acomodação obtida quando comparada com outros diâmetros pupilares. Este fator aumentou significativamente quando comparado com o diâmetro pupilar de 2mm e 3mm, revelando que, o indivíduo precisa de uma resposta acomodativa cada vez menor conforme o diâmetro pupilar diminui. Aparentemente em estudos anteriores foi possível identificar também diferenças entre pupilas de 2 mm e 3 mm.

Apesar de, neste trabalho existirem poucas diferenças estatisticamente significativas quando se comparou os resultados entre míopes e emetropes, e entre homens e mulheres, existem estudos referidos previamente que revelam que podem ser encontradas diferenças nas medidas acomodativas consoante a ametropia e o sexo. Um fator a ter em conta é o tamanho da amostra, que no presente trabalho foi pequena para se fazer essa comparação. Existiam o dobro de emetropes (14) do que míopes (7), e 15 mulheres e 6 homens, onde a média de idades era diferente. A ausência de hipermetropes também não permite tirar conclusões acerca desta ametropia.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Aumento do tamanho da amostra: de modo a tentar encontrar diferenças entre mais diâmetros pupilares;
- Tamanho da amostra de emetropes, míopes e hipermetropes igual de forma a comparar os resultados com a ametropia;
- Tamanho da amostra igual entre homens e mulheres de modo a comparar os resultados conforme o sexo;
- Amostra com idades semelhantes, pois entre os 18 e os 35 anos existe uma diminuição significativa na amplitude de acomodação.

Capítulo 7 - Bibliografia

1. Lara F, Del Águila-Carrasco AJ, Marín-Franch I, Riquelme-Nicolás R, López-Gil N. The Effect of Retinal Illuminance on the Subjective Amplitude of Accommodation. *Optom Vis Sci*. 2020;97(8):641-647.
2. Moreira AR (Universidade do Minho) A Influência da Iluminação Colorida nos Parâmetros Acomodativos oculares. 2019.
3. Ott M. Visual accommodation in vertebrates: Mechanisms, physiological response and stimuli. *J Comp Physiol A Neuroethol Sensory, Neural, Behav Physiol*. 2006;192(2):97-111.
4. Feil M, Moser B, Abegg M. The interaction of pupil response with the vergence system. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2017;255(11):2247-2253.
5. Kasthurirangan S, Glasser A. Influence of amplitude and starting point on accommodative dynamics in humans. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46(9):3463-3472.
6. Lockhart TE, Shi W. Effects of age on dynamic accommodation. *Ergonomics*. 2010;53(7):892-903.
7. Jiang BC, Gish KW, Leibowitz HW. Effect of luminance on the relation between accommodation and convergence. *Optom Vis Sci*. 1991;68(3):210-219.
8. Benjamin WJ. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier Inc.; 2006.
9. Strenk SA, Strenk LM, Koretz JF. The mechanism of presbyopia. *Prog Retin Eye Res*. 2005;24(3):379-393.
10. Fincham BYEF. The proportion of ciliary muscular force required for accommodation. *Inst Ophthalmol*. 1955;128(1):99-112.
11. Bourge JL, Robert AM, Robert L, Renard G. Zonular fibers, multimolecular composition as related to function (elasticity) and pathology. *Pathol Biol*. 2007;55(7):347-359.
12. Goldberg DB. Computer-animated model of accommodation and theory of reciprocal zonular action. *Clin Ophthalmol*. 2011;5(1):1559-1566.
13. Chin SS. (University of Bradford) An investigation of the properties of ocular aberrations, and their role in accommodation control. 2009.
14. McBrient N, Millodot M. The effect of refractive error on the accommodative response gradient: A summary and update. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2015;35(6):607-612.
15. Van Der Heijde GL, Beers APA, Dubbelman M. Microfluctuations of steady-state accommodation measured with ultrasonography. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1996;16(3):216-221.
16. Chaudhary NP, Gautam PS, Dahal S, Acharya D. Study of the Amplitude of Accommodation and its Relation to Errors of Refraction: A Hospital Based Study. *J Nobel Med Coll*. 2018;7(2):20-24.
17. Bernal-Molina P, Vargas-Martin F, Thibos LN, López-Gil N. Influence of ametropia and its correction on measurement of accommodation. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57(7):3010-3016.
18. Schmid KL, Strang NC. Differences in the accommodation stimulus response curves of adult myopes and emmetropes: A summary and update. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2015;35(6):613-

- 621.
19. Majumder C. Comparison of Amplitude of Accommodation in Different Vertical Viewing Angles. *ResearchGate*. 2015;3(5):276-280.
 20. Majumder C, Zafirah Zaimi N. Comparison of Amplitude of Accommodation in Different Room Illumination while Using VDU as a Target. *Int J Ophthalmic Res*. 2017;3(3):243-248.
 21. Murray C, Newsham D. The Normal Accommodative Convergence/Accommodation (AC/A) Ratio. *J Binocul Vis Ocul Motil*. 2018;68(4):140-147.
 22. Antona B, Barra F, Barrio A, Gonzalez E, Sanchez I. Repeatability intraexaminer and agreement in amplitude of accommodation measurements. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2009;247(1):121-127.
 23. Rosenfield M, Cohen AS. Repeatability of clinical measurements of the amplitude of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1996;16(3):247-249.
 24. Burns DH, Allen PM, Edgar DF, Evans BJW. A review of depth of focus in measurement of the amplitude of accommodation. *Vis*. 2018;2(3).
 25. Knapen T, De Gee JW, Brascamp J, Nuiten S, Hoppenbrouwers S, Theeuwes J. Cognitive and ocular factors jointly determine pupil responses under equillumiance. *PLoS One*. 2016;11(5).
 26. Kasthurirangan S, Glasser A. Characteristics of pupil responses during far-to-near and near-to-far accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2005;25(4):328-339.
 27. Wang B, Ciuffreda KJ. Depth-of-focus of the human eye: Theory and clinical implications. *Surv Ophthalmol*. 2006;51(1):75-85.
 28. Hennessy RT, Iida T, Shiina K, Leibowitz HW. The effect of pupil size on accommodation. *Vision Res*. 1976;16(6):587-589.
 29. Atchison DA, Charman WN, Woods RL. Subjective Depth of Focus of the Eye. *Am Acad Optom*. 1997;74(7):511-520.
 30. Charman WN, Whitefoot H. Pupil diameter and the depth-of-field of the human eye as measured by laser speckle. *Opt Acta (Lond)*. 1977;24(12):1211-1216.
 31. Wang B, Ciuffreda KJ. Depth-of-focus of the human eye in the near retinal periphery. *Vision Res*. 2004;44(11):1115-1125.
 32. Campbell BYFW, Robson JG, Westheimer G. Fluctuations of Accommodation under Steady Viewing Conditions. *J Physiol*. 1958;145(1):579-594.
 33. Stark LR, Atchison DA. Pupil size, mean accommodation response and the fluctuations of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1997;17(4):316-323.
 34. Ward PA, Charman WN. Effect of pupil size on steady state accommodation. *Vision Res*. 1985;25(9):1317-1326.
 35. Lara F, Bernal-Molina P, Fernández-Sánchez V, López-Gil N. Changes in the objective amplitude of accommodation with pupil size. *Optom Vis Sci*. 2014;91(10):1215-1220.
 36. Kubota M, Kubota S, Kobashi H, Ayaki M, Negishi K, Tsubota K. Difference in Pupillary Diameter as an Important Factor for Evaluating Amplitude of Accommodation: A Prospective Observational Study. *J Clin Med*. 2020;9(8):2678.
 37. Cooper JS, Burns CR, Cotter SA, Daum KM, Griffin JR, Scheiman MM. *Care of the Patient with*

- Accommodative and Vergence Dysfunction*. St. Louis: American Optometric Association; 2010.
38. Jiang B chuan, Tea YC, O'Donnell D. Changes in accommodative and vergence responses when viewing through near addition lenses. *Optometry*. 2007;78(3):129-134.
 39. Goss DA, Jackson TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 3. Heterophoria. *Optom Vis Sci*. 1996;73(4):269-278.
 40. Lopes-Ferreira D, Neves H, Queiros A, Faria-Ribeiro M, Peixoto-De-Matos SC, González-Méijome JM. Ocular dominance and visual function testing. *Biomed Res Int*. 2013;2013.
 41. Ripps H, Chin NB, Singel IM, Breinin GM. The effect of pupil size on accommodation, convergence, and the AC/A ratio. *Vision Res*. 1976;16(6):587-589.
 42. Watson AB, Yellott JI. A unified formula for light-adapted pupil size. *J Vis*. 2012;12(10).
 43. Park H, Park IK, Shin JH, Chun YS. Objective verification of physiologic changes during accommodation under binocular, monocular, and pinhole conditions. *J Korean Med Sci*. 2019;34(4):1-10.
 44. Campbell FW. The Depth of Field of the Human Eye. *Opt Acta Int J Opt*. 1957;4(4):157-164.
 45. Maheshwari R, Sukul RR, Gupta Y, et al. Accommodation: its relation to refractive errors, amblyopia and biometric parameters. *Nepal J Ophthalmol*. 2011;3(2):146-150.
 46. Chaidaroon W, Juwattanasomran W. Colvard pupillometer measurement of scotopic pupil diameter in emmetropes and myopes. *Jpn J Ophthalmol*. 2002;46(6):640-644.
 47. Charman WN, Radhakrishnan H. Accommodation, pupil diameter and myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2009;29(1):72-79.
 48. Weng CC, Hwang DK, Liu CJL. Repeatability of the amplitude of accommodation measured by a new generation autorefractor. *PLoS One*. 2020;15(1):1-8.
 49. Majumder C, Afnan H. Amplitude of accommodation among students of a Malaysian private university as assessed using subjective and objective techniques. *Korean J Ophthalmol*. 2020;34(3):219-226.

Capítulo 8 - Anexos

Anexo 1



Universidade do Minho

Conselho de Ética

Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e da Saúde (CEICVS)

Identificação do documento: SECVS 029/2014 (ADENDA)

Título do projeto: *Aplicação da ótica fisiológica à caracterização de estruturas oculares*

Equipa de investigação: Sandra Maria de Braga Franco e Sérgio Miguel Cardoso Nascimento, Departamento de Física, Escola de Ciências, Universidade do Minho

Unidade Orgânica Promotora: Centro de Física da Universidade do Minho

PARECER

De acordo com a documentação apresentada, o projeto intitulado “Aplicação da ótica fisiológica à caracterização de estruturas oculares” conta com o apoio institucional do Centro de Física da Universidade do Minho, para a sua realização na Unidade, com duração inicial prevista de 5 anos e com início em maio de 2014.

Trata-se de um estudo observacional, transversal e longitudinal (com base na tarefa), analítico. O objetivo geral do projeto é o estudo das várias estruturas oculares (córnea, o cristalino e a retina) utilizando meios óticos e aplicando conhecimentos de ótica fisiológica. Foram definidos no protocolo do projeto de investigação objetivos específicos do estudo relativos a estas estruturas, que se centram no estudo in vivo das propriedades óticas do cristalino através um sistema não invasivo de tomografia ótica para reconstrução tridimensional do segmento anterior do olho, desenvolvido no Centro de Física da Universidade do Minho, bem como o algoritmo de processamento e análise de imagem, utilizado com sucesso para realizar a análise 3D completa da córnea incluindo a forma, a curvatura, a espessura e as aberrações e está agora em desenvolvimento para alargar a sua aplicabilidade ao cristalino e lentes intraoculares.

Após verificação e análise dos documentos associados ao processo de pedido de emissão de parecer ético sobre o projeto em apreço, a que reporta sumariamente a respetiva “Grelha de verificação e avaliação ética”, considera-se que (i) o processo está devidamente instruído, (ii) a análise dos documentos apresentados sobre o estudo a realizar obedecem às regras de conduta ética e requisitos exigidos para as boas práticas na

experimentação com humanos e (iii) estão em conformidade com o Guião para submissão de processos a pedido de Parecer Ético na UMinho.

Face ao exposto, a Comissão de Ética para a Investigação em Ciências da Vida e da Saúde (CEICVS) nada tem a opor à realização do projeto, emitindo o seu parecer favorável, que foi aprovado por unanimidade dos seus membros.

Braga, 2 de julho de 2019.

A Presidente da CEICVS

MARIA CECÍLIA
DE LEMOS PINTO
ESTRELA LEÃO

Assinado de forma digital por
MARIA CECÍLIA DE LEMOS
PINTO ESTRELA LEÃO
Dados: 2019.07.02 15:42:41
+01'00'

ANÁLISE E JUSTIFICAÇÃO DO PARECER

Relatora: Nadine Santos (Investigadora doutorada/EM e Centro Clínico Académico - HB)

Justificação de alteração a protocolo inicial

Trata-se de um pedido de alteração/adenda ao protocolo inicial do estudo "Aplicação da ótica fisiológica à caracterização de estruturas oculares" que foi alvo de Deliberação da SECVS, a 24 de abril de 2014.

Foi submetido novo protocolo de investigação, sendo efetuadas as seguintes alterações ao protocolo inicial:

- Calendário do estudo

Prorrogação por mais 5 anos.

- Procedimento

Para além do estabelecidos anteriormente, acrescenta-se: os exames poderão ser realizados em diferentes condições de iluminação (cor, intensidade, temperatura correlaciona de cor).

- Critérios de inclusão

Para além dos estabelecidos anteriormente, acrescenta-se: problemas acomodativos e de visão binocular.

Anexo 2

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Título do estudo

Efeito do diâmetro pupilar nos parâmetros acomodativos oculares

Enquadramento:

O estudo será realizado no âmbito de uma tese de mestrado em desenvolvimento no Centro de Física da Universidade do Minho sob a orientação da Doutora Sandra Franco.

Explicação do estudo:

A pupila para além de controlar a quantidade de luz que atravessa o olho humano tem também um papel responsável na focagem das imagens dos objetos. É conhecido que, na posição primária do olhar a pupila se encontra mais dilatada e contrai ao fixar um objeto mais perto, este dinamismo permite criar uma relação entre a acomodação ocular e o diâmetro pupilar.

Para este estudo irá fazer-se uma consulta completa e, posteriormente, irá proceder-se à medição de parâmetros acomodativos com diferentes tamanhos de pupila, e desta forma, perceber em termos quantitativos qual é o verdadeiro efeito desta variação na acomodação ocular.

Descrição dos exames a realizar:

Preenchimento de um questionário sobre a existência de sintomatologia associada a realização de tarefas visuais.

Acuidade Visual. Será avaliada a visão em termos quantitativos através da identificação de letras de diferentes tamanhos, projetadas num écran.

Avaliação do erro refrativo. Esta avaliação será realizada com um retinoscópio que projeta luz no olho e que, através do comportamento desta ao ser refletida pela retina, permite determinar as lentes que compensam a existência de um erro refrativo. Após este exame será realizado serão avaliadas as respostas dadas pelo participante a um conjunto de lentes oftálmicas colocadas à frente dos olhos recorrendo a um foróptero (instrumento com várias lentes) ou armação de prova.

Avaliação da resposta acomodativa. Este procedimento é semelhante ao realizado anteriormente mas agora o participante está a fixar um conjunto de letras colocadas a 40/50 cm.

Avaliação da visão binocular. Nesta fase serão realizados uma série de procedimentos para avaliar o alinhamento dos eixos visuais. Para isso serão usados prismas (lentes) do foróptero ou armação de prova. Durante a realização do teste é normal o participante ver duas imagens devido à colocação dos prismas e que desaparece após estes serem retirados.

Avaliação dos parâmetros acomodativos. Durante a realização desta fase do exame visual, serão avaliadas e registadas as respostas à colocação de lentes esféricas negativas e positivas à visualização de letras colocadas a 40/ 50 cm. Será normal durante a realização destes testes a visão desfocada das mesmas. Esta avaliação será feita algumas vezes para avaliar diferentes parâmetros acomodativo.

Numa segunda fase do estudo, os exames acomodativos serão medidos com a utilização de pupilas artificiais de diferentes diâmetros.

Condições e financiamento:

A participação será de carácter voluntário podendo desistir a qualquer momento, sem que essa decisão tenha qualquer tipo de consequência. Não haverá qualquer pagamento de deslocações ou outras contrapartidas financeiras.

Confidencialidade e anonimato:

Será garantida a confidencialidade e uso exclusivo dos dados recolhidos para o presente estudo.

A identificação dos participantes nunca será tornada pública;

Assinatura/s:

.....

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela/s pessoa/s que acima assina/m./ Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelo/a investigador/a.

Declaro ainda que aceito ser contactado por email para agendar as medidas da segunda fase do estudo.

Nome: email:
.....

Assinatura: Data:
/..... /.....

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO POR 2 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA VIA PARA O/A INVESTIGADOR/A, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE