

Jorge Manuel Martins Jorge

**Preditores das alterações visuais em jovens
universitários**

Novembro de 2006

Jorge Manuel Martins Jorge

**Preditores das alterações visuais em jovens
universitários**

Doutoramento em Ciências

Trabalho efectuado sob orientação de:

Professor Doutor José Manuel Borges de Almeida

Prof. Catedrático da Escola de Ciências da Universidade do Minho

Professor Doutor Manuel Parafita Mato

Professor Titular de Oftalmologia do departamento de cirurgia da
Universidade de Santiago de Compostela

Novembro de 2006

À Bela e ao João

Agradecimentos

Uma tese nunca é um projecto individual e ao longo do seu desenvolvimento foram várias as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para que esta pudesse ser concluída. É com enorme gratidão e estima que expresso aqui o meu apreço por todos os que de alguma forma estiveram envolvidos neste projecto.

Aos meus orientadores Prof. Doutor Manuel Parafita Mato e Prof. Doutor José Borges de Almeida, pelo apoio e incentivo que me deram e pelos conhecimentos que me transmitiram durante todos estes anos.

A todos os alunos que participaram neste trabalho, principalmente aos que participaram nas duas fases de medidas, pois sem eles o trabalho não teria sido possível.

Aos meus amigos, Alberto Diaz-Rey, Ana Maria Pinho, António Queirós, Jorge Portugal, José Manuel Gonzalez-Meijome, Madalena Lira, Paulo Fernandes, Paulo Pinto e Sandra Franco, que não só durante a realização deste trabalho mas durante muitos anos me têm ajudado e incentivado.

Ao Doutor Paulo Almeida Pereira (Universidade Católica), pelo apoio com a realização dos procedimentos estatísticos efectuados neste trabalho.

Aos meus pais, pelos valores que me transmitiram ao longo da vida, dois dos quais, a perseverança e a capacidade de acreditar que sou capaz, foram fundamentais para ultrapassar os obstáculos que foram surgindo ao longo do caminho.

Finalmente, à Anabela e ao João, por estarem presentes. Pela paciência, pelo incentivo, pelo apoio incondicional e pela tranquilidade que me souberam transmitir.

A todos agradeço, não sei se da forma mais adequada, mas pelo menos da forma mais sincera.

Abreviaturas

Δ	Dioptria prismática
AC/A	Convergência acomodativa/Acomodação
AR	Auto-refractómetro
ARN	Acomodação relativa negativa
ARP	Acomodação relativa positiva
C/C	Com cicloplégico
CA	Comprimento axial
CA/RC	Comprimento axial/raio de curvatura corneal
cm	Centímetros
D	Dioptria
DP	Desvio padrão
DRNvp	Desfocado da reserva negativa em visão de perto
DRPvl	Desfocado da reserva positiva em visão de longe
DRPvp	Desfocado da reserva positiva em visão de perto
EC	Espessura do cristalino
Fem.	Feminino
Fvl	Foria em visão de longe
Fvp	Foria em visão de perto
H/Sem	Horas por semana
H_0	Hipótese nula
H_1	Hipótese alternativa
H-L	Teste de Hosmer-Lemeshow
J0	Componente do astigmatismo no meridiano horizontal e vertical
J45	Componente do astigmatismo no meridiano de 45° e 135°
K-S	Teste de Kolgomorov-Smirnov
K-W	Teste de Kruskall-Wallis
LCH	Lentes de contacto hidrófilas
LCRPG	Lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases
m	Metros
M	Equivalente esférico
Mas.	Masculino
MEM	Método de estimativa monocular
mm	Milímetros
M-W	Teste de Mann-Whitney

OD	Olho direito
OE	Olho esquerdo
p	Significância estatística
PCA	Profundidade da câmara anterior
PCV	Profundidade da câmara vítrea
PPC	Ponto próximo de convergência
RePPC	Recuperação do ponto próximo de convergência
ReRNvl	Recuperação da reserva negativa em visão de longe
ReRNvp	Recuperação da reserva negativa em visão de perto
ReRPvl	Recuperação da reserva positiva em visão de longe
ReRPvp	Recuperação da reserva positiva em visão de perto
Ret	Retinoscopia
ROC	Curvas <i>Receiver Operating Characteristic</i>
RT	Raio temporal
RuPPC	Ruptura do ponto próximo de convergência
RuRNvl	Ruptura da reserva negativa em visão de longe
RuRNvp	Ruptura da reserva negativa em visão de perto
RuRPvl	Ruptura da reserva positiva em visão de longe
RuRPvp	Ruptura da reserva positiva em visão de perto
S/C	Sem cicloplégico
Sx	Exame subjectivo
VL	Visão longe
VP	Visão perto

Resumo

A miopia é seguramente o problema visual com maior prevalência no mundo. Calcula-se que aproximadamente 1600 milhões de pessoas em todo o mundo tenha miopia, o que representa mais de $\frac{1}{4}$ da população mundial, não sendo a sua prevalência uniforme nas diferentes partes do mundo e para diferentes raças. Existem evidências de que a prevalência da miopia está a aumentar, sendo que esse aumento não pode ser explicado apenas por razões genéticas; isto aponta para uma forte contribuição dos factores ambientais para o seu desenvolvimento.

Este trabalho reúne os resultados de um estudo longitudinal realizado durante um período de 3 anos e teve como objectivos saber se existiam alterações refractivas em jovens adultos e caso existissem qual era o seu sentido e magnitude das mesmas, se eram acompanhadas por alterações estruturais do globo ocular, os factores de risco que as influenciavam e os parâmetros do sistema visual que as podiam prever.

Foram seleccionados 118 estudantes universitários aos quais se realizou uma bateria de exames que permitia avaliar o estado refractivo, os parâmetros biométricos, a topografia corneal, a visão binocular e a acomodação.

Com este trabalho foi possível mostrar que existem alterações refractivas miópicas em jovens adultos, que são acompanhadas por alterações do globo ocular e que conhecendo o raio corneal temporal, o CA e a ruptura da reserva negativa em VL é possível prever a ocorrência dessas alterações com uma certeza de 83,9%.

Abstract

Myopia is the most prevalent visual problem worldwide. Studies suggest that more than $\frac{1}{4}$ of the world population, some 1600 million people, have myopia. However, its prevalence is not uniform across geography and human races. In addition, there is evidence that myopia prevalence is increasing though its increase cannot be exclusively explained by genetic factors. Subsequently it has been suggested that the environmental factors would play an important role in the myopia development worldwide.

The present work synthesizes the results of a longitudinal study carried out during a three-year period aiming to check the occurrence of refractive alterations in young adults, their tendency and magnitude and their correlation with structural alterations of the ocular globe. The risk factors that can induce the refractive alterations and the parameters of the visual system that could predict those potential alterations have also been investigated.

A group of 118 university students have been recruited and subjected to visual system examination in order to evaluate their refractive error, biometric parameters, corneal topography, binocular vision and accommodation.

With this work it has been possible to demonstrate that there are refractive alterations in young adults consisting of myopic shift, and that such change is accompanied by structural alterations of the ocular globe. By the value of the temporal corneal radius, axial length and break value of the negative vergence in distance vision, the occurrence of such refractive alterations is predict with a confidence of 83.9%.

Índice

Agradecimentos	v
Abreviaturas	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Índice	xiii
Índice de figuras	xv
Índice de tabelas	xix
Capítulo 1 - Introdução	21
Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica	25
2.1 O Olho humano	26
2.1.1 Anatomia do olho humano	26
2.1.2 Sistema óptico do olho	27
2.1.3 Medida dos componentes da refração	28
2.2 Estados refractivos	31
2.2.1 Miopia	31
2.2.2 Hipermetropia	36
2.2.3 Astigmatismo	38
2.3 Prevalência das ametropias	40
2.3.1 Factores de risco ou factores condicionantes	42
2.3.2 Preditores do aparecimento da miopia	55
2.4 Emetropização	58
2.4.1 Teorias clássicas	58
2.4.2 Modelos animais	59
2.4.3 Teorias modernas da evolução refractiva	60
2.5 Controlo da progressão da miopia	62
2.5.1 Estratégias para abrandar a progressão da miopia	63
2.5.2 Efectividade dos métodos usados para retardar a progressão da miopia	64
2.6 Acomodação	67
2.6.1 Componentes da acomodação	67
2.6.2 Anomalias da acomodação	68
2.6.3 Testes de acomodação	69
2.7 Visão binocular	70
2.7.1 Aspectos sensoriais da visão binocular	71
2.7.2 Aspectos motores da visão binocular	73

Capítulo 3 - Material e Método	77
3.1 Métodos utilizados	78
3.1.1 Exames realizados	79
3.2 Análise estatística	85
3.2.1 Normalidade da distribuição das variáveis e da homogeneidade de variâncias das amostras	86
3.2.2 Testes paramétricos	86
3.2.3 Teste não paramétricos	87
3.2.4 Testes de correlação	87
3.2.5 Regressão logística binária	88
3.3 Caracterização da amostra	90
3.3.1 População alvo	90
3.3.2 Caracterização geral da amostra final	91
3.3.3 Caracterização do estado refractivo no 1º exame	93
Capítulo 4 - Resultados obtidos	97
4.1 Determinação do método de medida do erro refractivo	98
4.2 Resultados do 1º e 2º exame	100
4.3 Relação do estado refractivo com outros parâmetros do sistema visual	110
4.4 Factores condicionantes da evolução do sistema visual	116
4.4.1 O sexo	117
4.4.2 A idade	119
4.4.3 A ametropia inicial	122
4.4.4 A evolução do erro refractivo	125
4.4.5 Os hábitos de visão	128
4.5 Preditores das alterações refractivas em jovens adultos	135
4.5.1 Caracterização das variações ocorridas para o componente M	136
4.5.2 Selecção das variáveis predictoras da alteração refractiva	137
4.5.3 Modelos múltiplos de regressão logística	141
4.5.4 Caracterização do modelo final	143
4.5.5 Determinação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva $\geq 0,50$ D	146
Capítulo 5 - Discussão	151
5.1 Análise das variações ocorridas entre os dois exames	152
5.2 Relação do estado refractivo com outros parâmetros do sistema visual	156
5.3 Factores condicionantes da evolução do sistema visual	158
5.4 Os preditores das alterações refractivas	164
Capítulo 6 - Conclusões	169
Capítulo 7 - Bibliografia	173

Índice figuras

Figura 2.1 Esquema do olho humano.	27
Figura 2.2 Olho reduzido padrão emetrope.	28
Figura 2.3 Distribuição da prevalência da miopia no mundo (Cedido pelo Prof. Bernard Gilmartin).	41
Figura 2.4 Horóptero humano.	72
Figura 3.1 Inquérito sobre historial refractivo.	80
Figura 3.2 Inquérito sobre os hábitos de visão.	81
Figura 3.3 Valores da topografia corneal obtidos através do auto-refractómetro/queratómetro.	83
Figura 3.4 Valores dos parâmetros biométricos obtidos através o biómetro Echoscan US-800.	85
Figura 3.5 Tempo decorrido entre o 1º e o 2º exame.	91
Figura 3.6 Distribuição da amostra por sexo.	91
Figura 3.7 Distribuição da amostra por idade.	91
Figura 3.8 Ano de matrícula no ensino superior.	92
Figura 3.9 Idade da realização do primeiro exame visual.	92
Figura 3.10 Tipo de uso da compensação refractiva.	92
Figura 3.11 Distribuição dos valores do componente esférico do 1º exame.	93
Figura 3.12 Distribuição do erro refractivo (potência do componente cilíndrico).	94
Figura 3.13 Distribuição do erro refractivo (eixo do componente cilíndrico).	94
Figura 3.14 Orientação do eixo do componente cilíndrico.	94
Figura 3.15 Gráfico da prevalência das ametropias no 1º exame.	95
Figura 4.1 Valores do componente M para o 1º e 2º exame.	102
Figura 4.2 Variação do componente M entre o 1º e 2º exame.	102
Figura 4.3 Prevalência das ametropias no 1º e 2º exame.	103
Figura 4.4 Valores médios e dispersão do CA para o 1º e 2º exame.	103
Figura 4.5 Variação dos valores do CA.	103
Figura 4.6 Valores médios e dispersão da EC para o 1º e 2º exame.	104
Figura 4.7 Variação dos valores da EC.	104
Figura 4.8 Valores médios e dispersão da PCV para o 1º e 2º exame.	104
Figura 4.9 Variação dos valores da PCV.	104
Figura 4.10 Valores médios e dispersão da excentricidade para o 1º e 2º exame.	105
Figura 4.11 Variação dos valores da excentricidade.	105
Figura 4.12 Valores médios e dispersão da foria em VL e VP para o 1º e 2º exame.	106
Figura 4.13 Variação dos valores da foria em VL e VP.	106
Figura 4.14 Representação dos valores do estado fórico em VL e VP para o 1º e 2º exame	106
Figura 4.15 Valores médios e dispersão da reserva fusional negativa em VL para o 1º e 2º exame.	107
Figura 4.16 Variação dos valores da reserva fusional negativa em VL.	107
Figura 4.17 Valores médios e dispersão da reserva fusional positiva em VL para o 1º e 2º exame.	107
Figura 4.18 Variação dos valores da reserva fusional positiva em VL.	107
Figura 4.19 Representação esquemática das reservas fusionais em VL para o 1º e 2º exame.	107
Figura 4.20 Valores médios e dispersão da reserva fusional negativa em VP para o 1º e 2º exame.	108

Figura 4.21	Variação dos valores da reserva fusional negativa em VP.	108
Figura 4.22	Valores médios e dispersão da reserva fusional positiva em VP para o 1º e 2º exame.	108
Figura 4.23	Variação dos valores da reserva fusional positiva em VP.	108
Figura 4.24	Representação esquemática das reservas fusionais em VP para o 1º e 2º exame.	109
Figura 4.25	Valores médios e dispersão do atraso acomodativo para o 1º e 2º exame.	109
Figura 4.26	Variação dos valores do atraso acomodativo para o 1º e 2º exame.	109
Figura 4.27	Valores médios e dispersão da ARN e ARP para o 1º e 2º exame.	110
Figura 4.28	Variação dos valores da ARN e da ARP.	110
Figura 4.29	Valor do componente M agrupado por estado refractivo para o 1º exame.	113
Figura 4.30	Valor do componente M agrupado por estado refractivo para 2º exame.	113
Figura 4.31	Valor do CA agrupado por estado refractivo para o 1º exame.	114
Figura 4.32	Valor do CA agrupado por ametropia para o 2º exame.	114
Figura 4.33	Valor da PCA agrupado por estado refractivo para 1º exame.	114
Figura 4.34	Valor da PCA agrupado por estado refractivo para 2º exame.	114
Figura 4.35	Valor da PCV agrupado por estado refractivo para 1º exame.	115
Figura 4.36	Valor da PCV agrupado por estado refractivo para 2º exame.	115
Figura 4.37	Valor da excentricidade agrupado por estado refractivo para 1º exame.	115
Figura 4.38	Valor da ruptura da reserva positiva em VL agrupada por estado refractivo para 1º exame.	116
Figura 4.39	Valor da recuperação reserva negativa em VP agrupada por estado refractivo para 2º exame.	116
Figura 4.40	Variação da PCV com o sexo.	117
Figura 4.41	Correlação entre a idade e a variação do componente refractivo M.	120
Figura 4.42	Correlação entre a idade e a variação da ruptura da reserva nasal em VL.	120
Figura 4.43	Variação do componente refractivo M com o estado refractivo inicial.	122
Figura 4.44	Variação do CA com o estado refractivo inicial.	124
Figura 4.45	Variação do raio corneal periférico nasal com a ametropia inicial.	125
Figura 4.46	Variação do componente refractivo M com os grupos de alteração refractiva $\geq 0,50$ D.	127
Figura 4.47	Alterações biométricas no grupo que alterou o estado refractivo.	128
Figura 4.48	Alterações biométricas no grupo que não alterou o estado refractivo.	128
Figura 4.49	Variação do CA, EC e PCV com os grupos de alteração refractiva $\geq 0,50$ D.	128
Figura 4.50	Descrição estatística do tempo dedicado às actividades de VP no 1º e 2º exame.	130
Figura 4.51	Descrição estatística do tempo dedicado aos hábitos de visão agrupada por ametropia para o 2º exame.	130
Figura 4.52	Correlação entre a variação do componente M e o tempo dedicado a ver televisão.	131
Figura 4.53	Correlação entre o tempo dedicado a estudar no 2º exame e a variação do raio corneal temporal.	133
Figura 4.54	Correlação entre o tempo dedicado a ver televisão e a variação do valor da recuperação da reserva positiva em VL.	134
Figura 4.55	Correlação entre o tempo dedicado ao uso de computador e a variação do valor da recuperação da reserva positiva em VP.	134
Figura 4.56	Correlação entre a variação da ARP e as H/sem dedicadas aos passatempos.	135

Figura 4.57 Número de pessoas por alteração refractiva do componente M nos distintos grupos refractivos obtidos no 1º exame.	136
Figura 4.58 Curvas ROC para os 4 modelos múltiplos de regressão logística binária.	143
Figura 4.59 Valores médios e dispersão para o valor da ruptura da reserva negativa em VL agrupada por alteração refractiva.	144
Figura 4.60 Valores médios e dispersão para o valor do raio temporal agrupado por alteração refractiva.	145
Figura 4.61 Valores médios e dispersão para o valor do CA agrupado por alteração refractiva.	145
Figura 4.62 Valores médios dos preditores das alterações refractivas.	146
Figura 4.63 Probabilidade de alteração refractiva.	147
Figura 4.64 Variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com o valor da ruptura da reserva negativa em VL.	148
Figura 4.65 Variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com o valor raio temporal.	148
Figura 4.66 Variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com o valor do CA.	148

Índice tabelas

Tabela 2.1 Classificação da miopia	32
Tabela 2.2 Classificação da hipermetropia	36
Tabela 2.3 Classificação do astigmatismo	39
Tabela 2.4 Prevalência da miopia em crianças e adolescentes	47
Tabela 2.5 Prevalência da miopia em jovens adultos	48
Tabela 2.6 Prevalência da miopia em adultos	50
Tabela 2.7 Resumo das intervenções clínicas para diminuir a progressão da miopia	63
Tabela 2.8 Resumo estudos realizados para retardar a progressão da miopia	64
Tabela 3.1 Resumo dos testes estatísticos usados	88
Tabela 4.1 Valores médios e DP para os componentes de refração	98
Tabela 4.2 Prevalência dos erros refractivos dependendo do método de medida, do uso ou não de ciclopérgico e da definição do erro refractivo	99
Tabela 4.3 Valores de corte para a definição dos estados refractivos obtidos por métodos refractivos sem ciclopérgico	100
Tabela 4.4 Valores médios e DP do 1º e 2º exame, variação entre eles e da significância estatística para todos os parâmetros avaliados	101
Tabela 4.5 Prevalência das diferentes ametropias no 1º e 2º exame (nº de pessoas)	103
Tabela 4.6 Valores médios, DP para os diferentes estados refractivos obtidos no 1º exame e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados	111
Tabela 4.7 Valores médios, DP para os diferentes estados refractivos obtidos no 2º exame e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados	112
Tabela 4.8 Valores médios, DP e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados comparados por sexo	118
Tabela 4.9 Coeficiente de correlação de Spearman entre a idade e os parâmetros avaliados	121
Tabela 4.10 Valores médios, DP e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados comparados por estado refractivo inicial	123
Tabela 4.11 Valores médios, DP e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados comparados por evolução refractiva	126
Tabela 4.12 Número de H/sem dedicadas aos diferentes hábitos de visão, variação entre 1º e no 2º exame e a significância estatística das diferenças	129
Tabela 4.13 Coeficiente de correlação de Spearman entre os hábitos de visão e os parâmetros refractivos	132
Tabela 4.14 Prevalência das alterações refractivas $\geq 0,50$ D por estado refractivo	136
Tabela 4.15 Valores de significância estatística de Wald e o valor da razão de mudança para os parâmetros de caracterização geral	138
Tabela 4.16 Valores de significância da estatística de Wald e o valor da razão de mudança para os parâmetros do sistema visual	139
Tabela 4.17 Valores de significância da estatística de Wald e o valor da razão de mudança para as variáveis de rácio	141
Tabela 4.18 Modelos múltiplos de regressão logística binária	142

Tabela 4.19 Valores da razão de mudança e do coeficiente B para o modelo múltiplo de regressão logística	144
Tabela 4.20 Valores médios e DP para as variáveis que integram o modelo de regressão logística agrupadas por alteração refractiva	146
Tabela 4.21 Falsos positivos e falsos negativos	149

Capítulo 1 - Introdução

Nas últimas décadas tem-se assistido a uma crescente preocupação com o aparecimento e desenvolvimento da miopia, sendo Singapura, Estados Unidos da América, Austrália e Inglaterra os países onde essa questão tem vindo a ser mais estudada.

Os factores determinantes para este aumento da investigação na área do desenvolvimento do erro refractivo foram o aumento da prevalência da miopia e os resultados dos estudos dos mecanismos do crescimento ocular nos animais. Quanto à prevalência da miopia no mundo verifica-se que em algumas populações urbanas da Ásia ultrapassa os 80,0% e nas regiões rurais não asiáticas não atinge os 5,0%.¹ Por outra parte, parece evidente, à luz dos dados existentes actualmente que as gerações mais jovens estão a desenvolver graus de miopia mais elevados em diversos países. Em relação aos estudos com animais, tem tido um grande impacto o facto de se ter verificado que o crescimento ocular é controlado pela experiência visual e que em curtos espaços de tempo, o olho é capaz de reagir localmente a estímulos visuais desfocados ou outras formas de deterioração ou privação visual.

Estes aspectos potencializaram a investigação na área do desenvolvimento da miopia nomeadamente na miopia de aparecimento precoce em crianças e adolescentes. Nesses estudos tem sido evidenciada a forte contribuição dos factores ambientais, como por exemplo, a quantidade de trabalho em visão de perto (VP), o nível de escolarização, ou a inexistência de actividades ao ar livre para o aparecimento e progressão da miopia.^{2,3} Recentemente, Morgan e Rose (2005)⁴, num artigo de revisão mostraram que esta tendência para a miopização não pode ser explicada apenas por razões genéticas. Apesar dos inúmeros estudos realizados não é ainda claro como é que a acomodação e a visão binocular contribuem para o desenvolvimento da miopia.

A realização dos vários trabalhos de investigação na área da miopia permitiram conhecer e definir vários factores de risco e também estabelecer preditores do aparecimento da miopia em crianças e adolescentes. Também recentemente têm aumentado os trabalhos que tentaram demonstrar a efectividade dos diversos métodos para tentar travar a progressão da miopia, particularmente em crianças e adolescentes. No entanto, a aplicação destas estratégias, algumas delas invasivas como uso de fármacos, requerem previamente a existência de parâmetros fiáveis que permitam estabelecer o risco potencial de um paciente vir a desenvolver ou a aumentar o seu grau de miopia.

Os defeitos refractivos e particularmente a miopia são actualmente um problema de saúde pública, provocando esta última, não apenas uma visão deficiente, mas também sendo causa ou factor de risco para múltiplas doenças que podem provocar a cegueira (retinopatia miópica, descolamentos de retina, etc.). Apesar deste crescente interesse pelo estudo das alterações refractivas, o aparecimento e desenvolvimento da miopia em adultos não tem sido o alvo privilegiado desses estudos, tendo-se assistido à realização de muito poucos trabalhos com características semelhantes a este na última década,^{5,6} sendo alguns iniciados já na fase final deste trabalho.^{7,8}

Pode-se afirmar que a evolução do sistema visual em adultos, nomeadamente em adultos jovens, é praticamente desconhecida para a comunidade científica e clínica. O conhecimento prévio do sistema visual e o seu risco potencial para desenvolver ou aumentar o seu defeito refractivo miópico é importante porque permite ao clínico tomar atitudes, como por exemplo, o uso de terapias visuais, uso de fármacos, adaptação de certos tipos de lentes de contacto que contrariem a tendência miópica do sistema visual ou ao cirurgião decidir qual o momento oportuno para a intervenção cirúrgica, evitando assim a necessidade de reintervenções cirúrgicas devido ao reaparecimento da miopia. Esta informação pode também ser útil para estabelecer grupos de estudo para novas técnicas de diminuição ou retenção da miopia.

A realização deste trabalho tem como objectivo saber se de facto existem alterações refractivas em jovens adultos e caso existam qual será o seu sentido e magnitude das mesmas, se são acompanhadas por alterações estruturais do globo ocular, os factores de risco que as podem influenciar e os parâmetros do sistema visual que as possam prever.

Com a preparação deste trabalho surgiu a necessidade de determinar qual dos métodos de refacção mais usados: auto-refractometria, retinoscopia e refacção subjectiva, realizados sob a influência do cicloplégico ou não, era o mais indicado para conhecer o estado refractivo e as suas variações e conhecer também qual o valor que melhor define os estados refractivos.

O 1º objectivo deste trabalho, propriamente dito, consiste em saber se de facto existem alterações refractivas em jovens adultos e caso existam qual é o sentido dessas variações e a sua magnitude. Pretende-se também saber, no caso de existirem variações refractivas, se são acompanhadas por alterações estruturais do globo ocular e qual ou quais são os parâmetros do globo ocular que melhor reflectem a variação refractiva.

O 2º objectivo consiste em conhecer a influência de vários factores que são apontados na literatura como factores de risco ou factores condicionantes das alterações refractivas, nomeadamente, o sexo, a idade, o estado refractivo inicial e a sua evolução e os hábitos de visão.

O 3º objectivo é conhecer o preditor ou preditores das alterações refractivas em jovens adultos. Não existe até à data nenhum trabalho que estabeleça com clareza quais são os parâmetros do sistema visual que indiquem que irá ocorrer alterações refractivas tardias.

Esta dissertação é composta por 7 capítulos incluindo este. No 2º capítulo faz-se uma revisão bibliográfica onde se apresenta uma breve descrição da anatomia e do sistema óptico do olho humano, dos defeitos refractivos e da sua classificação. Aborda-se o tema da emetropização, da experimentação animal e da sua aplicação nas teorias de desenvolvimento visual em humanos e os diversos tipos de intervenções que se têm proposto para reduzir a progressão da miopia. Apresenta-se também um breve resumo da visão binocular e da acomodação.

No 3º capítulo serão expostos os métodos de exame e os materiais usados para a determinação dos parâmetros do sistema visual medidos para este trabalho. Faz-se também uma caracterização da amostra escolhida assim como dos procedimentos estatísticos usados.

No 4º capítulo apresenta-se os resultados experimentais obtidos para todos os exames realizados, faz-se também a análise estatística dos mesmos.

No 5º capítulo faz-se a análise e discussão dos resultados obtidos e comparam-se os resultados com os obtidos noutros estudos.

No 6º capítulo são apresentadas as conclusões.

No 7º Capítulo é apresentada a bibliografia consultada para a realização deste trabalho.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, composto por 7 pontos, pretende-se fazer uma breve revisão sobre a anatomia e sistema óptico do olho humano. Faz-se também um resumo dos defeitos refractivos, da sua classificação e do processo de emetropização; e apresenta-se também um breve resumo da visão binocular e da acomodação.

No 1º ponto aborda-se, de forma resumida, a constituição do olho humano em termos anatómicos e o seu funcionamento em termos ópticos. No ponto 2 é feito um enquadramento dos defeitos refractivos, miopia, hipermetropia e astigmatismo e faz-se também a sua classificação. No 3º ponto analisa-se a prevalência das ametropias, em particular a incidência da miopia, descrevendo-se também os factores de risco e preditores do seu desenvolvimento. No ponto 4 aborda-se o tema da emetropização, falando-se da experimentação animal e da sua aplicação a teorias de desenvolvimento visual em humanos. No 5º ponto abordam-se os diversos tipos de intervenções que existem para a redução da progressão da miopia. Nos dois últimos pontos apresenta-se de forma resumida o sistema de acomodação e visão binocular e as suas anomalias.

Todo este capítulo foi feito tendo como base 5 livros,⁹⁻¹³ sendo alguns pontos actualizados ou reestruturados tendo em consideração os resultados de investigações mais recentes.

2.1 O Olho humano

Para compreender melhor o que são e como se podem desenvolver as anomalias refractivas do sistema visual é necessário fazer uma breve descrição da constituição anatómica do olho humano e do seu funcionamento em termos ópticos.

2.1.1 Anatomia do olho humano

O sistema visual é composto por um conjunto sensorial constituído pelo globo ocular, via óptica e centros visuais e um conjunto não sensorial representado pelos vasos e nervos. A órbita, pálpebras, conjuntiva e o aparelho lacrimal são responsáveis pela protecção do olho enquanto que os músculos extra-oculares asseguram a sua mobilidade.

O globo ocular é um órgão de forma aproximadamente esférica com cerca de 7,5 gramas de peso e um comprimento antero-posterior de aproximadamente 24 mm, num adulto emetrope.

Localiza-se na parte anterior da órbita e é formado por 3 camadas: esclerótica, coróide e retina. A esclerótica ou esclera é a camada mais externa, constitui a parte mais rígida, “o esqueleto”, do olho. Na parte anterior surge a córnea que é um tecido transparente com cerca de 0,5 mm de espessura na parte central e com um diâmetro de cerca de 12 mm.

A camada média, também conhecida por coróide, que se situa entre a retina e a esclera, é uma camada predominantemente vascular que proporciona suporte e nutrição à retina externa; na parte anterior forma o corpo ciliar e a íris.

Por último encontra-se a retina, que é uma camada nervosa com capacidade para transformar os sinais luminosos em impulsos eléctricos e transmiti-los ao cérebro através do nervo óptico. Na zona central da retina existe uma região chamada mácula, no centro da qual se situa a fóvea. É nesta que se encontra a maior concentração de cones o que permite uma maior acuidade visual nesta região.

Na figura 2.1 está representada de forma esquemática, a anatomia de um olho humano.

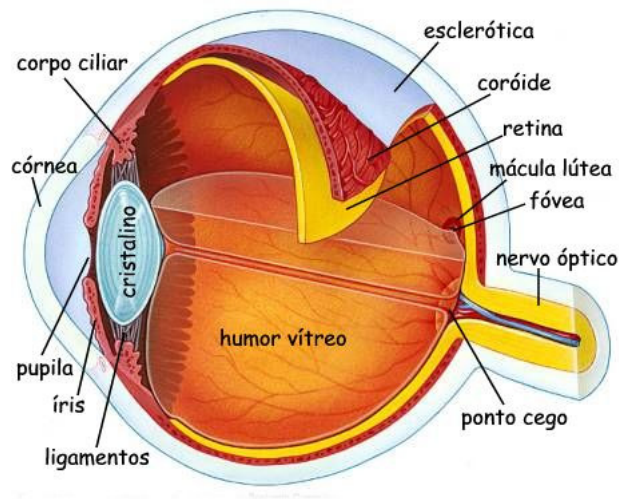


Figura 2.1 Esquema do olho humano.

2.1.2 Sistema óptico do olho

O primeiro passo no processo da visão corresponde ao percurso dos raios luminosos desde o objecto até a formação da imagem sobre a retina. Durante o seu percurso, os raios luminosos encontram a córnea, o humor aquoso, o cristalino e finalmente o humor vítreo.

A emetropia é opticamente o estado normal, e depende de uma perfeita coordenação entre a potência refractiva dos dioptrios oculares e o comprimento axial (CA). A combinação entre o poder refractivo da córnea e do cristalino, em conjugação com a distância que os separa (profundidade da câmara anterior (PCA)), determina o poder refractivo do olho, que quando não é correspondido pelo CA do olho leva ao aparecimento da ametropia (miopia ou hipermetropia).

É comumente aceite que o CA é o parâmetro que desempenha o papel mais importante na determinação do estado refractivo. No entanto, segundo Duke-Elder o CA não tem uma importância determinante nos pequenos erros refractivos, tendo sim uma importância muito significativa na miopia e hipermetropia de elevado valor dióptrico.

Desde há um século que se tem assistido a várias tentativas de representar, do ponto de vista óptico, um órgão tão complexo como é o olho, num sistema óptico mais simplificado através do chamado olho esquemático.

2.1.2.1 Olho esquemático

Existe uma grande variabilidade nas características dos componentes oculares, sendo difícil estabelecer um olho padrão. No entanto, Alvar Gullstrand (prémio Nobel de Fisiologia em 1911), propôs um modelo de olho ao qual chamou olho esquemático exacto. No entanto, esse modelo mostrou ser bastante complexo. Assim sendo, Gullstrand propôs um modelo mais simplificado de 3 superfícies refractantes, em que as duas superfícies da córnea são substituídas por uma única e o cristalino tem um índice de refração homogéneo com duas superfícies: O índice de refração do humor aquoso e do vítreo tem um valor de 1,336 e o do cristalino de 1,413. O raio de curvatura da córnea é de 7,8 mm, para o raio de curvatura da superfície anterior do cristalino adopta-se um valor de 10,0 mm e para a superfície posterior de 6,0 mm. Quanto às distâncias axiais, a PCA foi definido como sendo 3,6 mm, a espessura do cristalino (EC) de 3,6 mm e o CA do olho 24,17 mm.

Emsley propôs um olho esquemático do qual derivou o olho reduzido padrão emetrope e que é constituído por uma única superfície refractante com uma potência refractiva de +60,00 D, um índice de refração interno de 1,333 e um CA de 22,22 mm (figura 2.2).

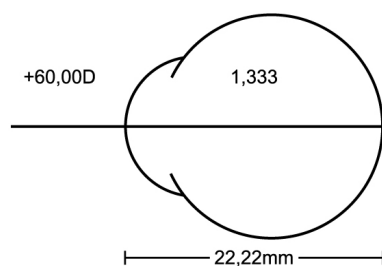


Figura 2.2 Olho reduzido padrão emetrope.

2.1.3 Medida dos componentes da refração

Nos finais do século XIX com a invenção do queratómetro por Helmholtz pôde-se finalmente conhecer a potência refractiva da córnea, mas só nos meados do século XX, com o desenvolvimento da técnica de ultra-sons, foi possível conhecer com exactidão todos os componentes da refração ocular e conhecer as suas inter-relações.

Em 1985 Curtin¹⁴ verificou que as quatro variáveis com maior influência no estado refractivo do olho são: potência refractiva da córnea e cristalino, PCA e CA do olho.

2.1.3.1 Poder refractivo da córnea

A sua medição é relativamente fácil através do queratómetro. Steiger demonstrou que os valores da potência refractiva da córnea variam entre +39,00 D e +47,00 D sendo os valores de +42,00 D e +42,25 D os mais frequentes. A potência resultante de +42,00 D corresponde a uma potência de +48,00 D da face anterior da córnea e -6,00 D da face posterior. A determinação destes valores é obtida tradicionalmente a partir das leituras queratométricas sobre a superfície anterior da córnea tendo em consideração que o índice de refração da córnea é de 1,335. Nos últimos anos têm sido desenvolvidas novas técnicas de tomografia corneal que permitirão conhecer com mais rigor não só a potência refractiva das duas faces da córnea mas também toda a sua morfologia.¹⁵

2.1.3.2 Profundidade da câmara anterior

Tradicionalmente, o valor deste parâmetro ocular é obtido por ecografia ultra-sónica unidimensional. É definido como sendo a distância entre a face posterior da córnea e a face anterior do cristalino. A câmara anterior é preenchida por um líquido chamado humor aquoso com um índice de refração de 1,333. Variações do índice de refração da ordem de $\pm 0,01$ provocam alterações do poder refractivo total na ordem de $\pm 0,25$ D. Recentemente foram desenvolvidas novas técnicas que permitem medir este parâmetro com mais rigor, ajudando a esclarecer qual a importância das variações deste parâmetro nas variações do erro refractivo.¹⁶⁻¹⁸

Teoricamente um aumento da PCA indica uma diminuição do poder refractivo total do olho, pois representa um afastamento entre os dois principais meios refractivos (córnea e cristalino). No entanto, foi demonstrado que as variações na PCA não podem ser consideradas isoladamente mas sim em conjugação com as variações do CA. O aparecimento da miopia pode surgir de uma diminuição da PCA se não ocorrer alterações no CA ou de um aumento na PCA se ocorrer simultaneamente um aumento do CA. O aumento da miopia (diminuição da hipermetropia) pode estar associado quer com o aumento quer com a diminuição da PCA.^{9,19}

2.1.3.3 Poder dióptrico do cristalino

O valor dióptrico do cristalino varia entre +14,00 D e +25,00 D e segue uma distribuição normal. O cristalino apresenta um índice de refração crescente (GRIN, gradiente de índice) desde a superfície anterior até ao núcleo e diminuindo progressivamente na ordem inversa até à superfície posterior. Esta mudança de índice foi descrita por Gullstrand como sendo do tipo parabólico. Normalmente assume-se um índice médio para todo o cristalino de 1,413 e uma variação de $\pm 0,001$ representa uma variação dióptrica total de $\pm 0,25$ D. No entanto, novas técnicas de medida, como por exemplo a microespectroscopia de Raman *in vitro*, mostram que o índice de refração do cristalino sofre alterações com a idade nomeadamente devido ao aumento do conteúdo de água.²⁰

2.1.3.4 Comprimento axial do olho

A determinação deste parâmetro obtém-se com facilidade utilizando a ecografia ultrasónica unidimensional. Os trabalhos realizados com grandes amostras populacionais mostram uma distribuição de valores diferente da distribuição normal, quando se tem em consideração todos os estados refractivos. Quando se excluem os casos de miopia elevada a distribuição aproxima-se mais a uma distribuição normal, o que sugere a existência de uma correlação entre o CA e o estado refractivo.

As modificações verificadas em cada um dos componentes oculares durante o desenvolvimento do globo ocular são pequenas, mas suficientes para produzir, por si só, importantes variações na refração total do olho. Considerando que uma variação de 1 mm no CA equivale a uma variação refractiva de cerca de 3,00 D e tendo em conta que o CA de um recém-nascido é de aproximadamente 16,0 mm enquanto que no estado adulto é de 24,0 mm, este aumento de 8,0 mm produziria uma miopia de 24,00 D. No entanto a realidade é diferente; durante a fase de desenvolvimento ocorrem fenómenos no segmento anterior que compensam a alteração do CA do olho.

O crescimento do olho é um processo altamente correlativo e traz consigo grandes mudanças no poder refractivo da córnea e do cristalino. Estes factos levaram Sorsby à conclusão de que o olho é um órgão correlativo e não uma livre combinação dos seus componentes. Estas correlações serão abordadas no ponto 4.

2.2 Estados refractivos

O erro refractivo é a manifestação da relação existente entre os diferentes componentes ópticos e refractivos do olho, isto é, a relação entre as diferentes curvaturas, os índices de refração e as distâncias entre os vários componentes oculares. Aristóteles (384-321 a.C.), no seu livro “Problemática”, refere pela primeira vez a miopia e a presbiopia como duas entidades diferenciadas. O reconhecimento da hipermetropia foi introduzido por Kastner em 1755 sendo definido como entidade clínica diferenciada da presbiopia por Donders em 1864, que a associou fundamentalmente a indivíduos jovens, pondo a hipótese da sua origem se dever a anomalias de curvatura da córnea, cristalino ou ambos. O conceito de astigmatismo foi mencionado pela primeira vez por Newton, em 1727.

2.2.1 Miopia

Miopia deriva da palavra Grega “myopía” que significa fechar os olhos e manifesta-se como visão desfocada para objectos distantes.¹ A primeira definição de miopia foi apresentada por Kepler (1611), que estudou a anatomia do olho míope, atribuindo este estado a um aumento da parte posterior do globo ocular. Donders, em 1866, estabeleceu os princípios patológicos básicos e descreveu clinicamente todas as suas manifestações.

2.2.1.1 Definição

Miopia é uma anomalia refractiva em que o ponto conjugado da retina se encontra num ponto à frente do olho, quando a acomodação está em repouso.

Pode-se também descrever a miopia como sendo a condição refractiva na qual, com a acomodação em repouso, os raios paralelos incidentes se focam num ponto à frente da retina, pelo que se forma sobre esta uma imagem desfocada. O olho míope tem um poder refractivo excessivo em relação ao seu tamanho axial. Esse excesso de poder refractivo pode ser compensado fazendo chegar ao olho raios divergentes, isto é, procedentes de objectos próximos ou fazendo-os atravessar lentes divergentes.

A miopia é um problema com bastante significado na sociedade actual, não só pela sua elevada prevalência,²¹⁻³² mas também por contribuir para o aparecimento de outros problemas oculares como, por exemplo o descolamento e rupturas da retina.

O facto da miopia reduzir a distância de visão nítida, sem correcção óptica, pode-se tornar um factor limitante na realização de determinadas actividades ou na escolha de determinadas profissões.

2.2.1.2 Classificação

Existem diferentes diagnósticos e estratégias de tratamento dependendo do tipo de miopia. Por exemplo, a miopia simples deve ser vista como uma forma fisiológica em que será necessário unicamente a prescrição de lentes correctoras, enquanto que a miopia degenerativa deve ser encarada como uma condição patológica levando a uma estratégia de tratamento totalmente diferente. Nos últimos 150 anos apareceram as mais diversas classificações de miopia, Grosvenor em 1987³³ reuniu as diferentes classificações da miopia nos seguintes grupos que se apresentam na tabela 2.1.

Tabela 2.1 Classificação da miopia

Critério de classificação		Denominação
i	Valor	Baixa
		Média
		Alta
ii	Idade de aparecimento	Congénita
		Aparecimento precoce
		Aparecimento precoce em adultos
		Aparecimento tardio em adultos
iii	Taxa de progressão	Estacionária
		Temporariamente progressiva
		Permanentemente progressiva
iv	Características anatómicas	Axial
		Refractiva: índice, curvatura
v	Clínica	Fisiológica
		Patológica
vi	Teorias de desenvolvimento	Hereditária
		Induzida
vii	Outras miopias	Nocturna
		Pseudomiopia
		Espacial ou de espaço aberto
		Instrumental

- i) A classificação da miopia tendo como base o valor do erro refractivo está intimamente relacionada com outros factores, como por exemplo, a idade de início da miopia ou a taxa de progressão. A classificação é feita em *miopia baixa* para valores dióptricos inferiores a 3,00 D, *média* quando o seu valor dióptrico se encontra entre as 3,00 D e as 6,00 D e *alta* quando o valor dióptrico é superior a 6,00 D.
- ii) Outra classificação é a que surge baseada na idade de aparecimento da miopia. Este tipo de classificação é difícil de realizar pois muitos dos pacientes relatam como início da miopia a altura em que começaram a usar compensação refractiva. No entanto, em alguns casos, é possível clarificar melhor a altura do aparecimento da miopia tendo em conta alguns sintomas que o paciente vai relatando como, por exemplo, a dificuldade em visão de longe (VL). Esta classificação divide a miopia em 4 categorias: *Congénita*, referindo-se à miopia que se manifesta à nascença e se mantém durante toda a vida; de *aparecimento precoce*, quando o aparecimento ocorre entre os seis anos e o início da puberdade; de *aparecimento precoce em adultos*, quando surge entre os vinte e os quarenta anos; e de *aparecimento tardio em adultos*, quando se manifesta após os quarenta anos.
- iii) A classificação feita com base na taxa de progressão foi apresentada por Donders em 1864, e tem como base a forma como a miopia progride. A *miopia estacionária* é uma miopia de baixo valor, normalmente, 1,00 D ou 2,00 D que aparece durante a infância e a puberdade. Durante a idade adulta não existem variações significativas do valor e em algumas ocasiões verifica-se uma diminuição com a chegada da terceira idade. No entanto, existem algumas correntes que sugerem que essa diminuição se deve ao aumento da profundidade de foco, produzido pela miose senil e não propriamente à diminuição do erro refractivo. A *miopia temporariamente progressiva* caracteriza-se por ter início nos primeiros anos da adolescência e continuar a aumentar até ao início da idade adulta. Após esta idade a taxa de progressão é praticamente nula. Por último, a *miopia de progressão permanente* que se caracteriza por aumentar de uma forma rápida até aos 25 ou 35 anos e a partir desta idade continuar a progredir mas de uma forma mais lenta.
- iv) A catalogação da miopia tendo como base as características anatómicas é feita dependendo de qual ou quais dos componentes oculares são responsáveis pelo seu aparecimento. A miopia pode surgir, de um ponto de vista óptico, sempre que se verifique um aumento do CA do olho, da profundidade da câmara vítrea (PCV), da curvatura corneal, do poder dióptrico do cristalino ou do índice de refração dos meios intra-oculares. Partindo destas considerações, esta classificação divide a miopia em: *miopia axial*, quando o CA do olho é demasiado grande para o poder refractivo daquele e *miopia refractiva*,

quando o CA encontra-se dentro dos valores normais e se verifica um poder refractivo demasiado elevado. Este tipo de miopia aparece frequentemente dividido em 2 subgrupos a *miopia de índice* que se caracteriza por uma alteração do índice de refração de um ou dos vários componentes oculares. Este tipo de miopia é relativamente raro. Uma alteração do índice de refração do humor aquoso ou do vítreo não é suficiente para provocar uma alteração apreciável da refração ocular. A diminuição do índice do córtex do cristalino tem influência no aparecimento da miopia. O aumento do índice de refração do núcleo do cristalino, como consequência da esclerose do núcleo ou de uma catarata nuclear senil, é um dos factores miopizantes mais importantes. E pela *miopia de curvatura* que é provocada pela diminuição do raio de curvatura de uma ou mais superfícies refractivas do olho, o que leva a um aumento do poder refractivo. Este tipo de miopia pode estar associado a um aumento da curvatura corneal ou do cristalino. O aumento de curvatura corneal não é raro, mas manifesta-se mais frequentemente como astigmatismo miópico do que como ametropia puramente esférica. O aumento da curvatura cristaliniana é muito raro. Na miopia axial típica o cristalino apresenta-se mais plano que o normal numa tentativa de emetropização. Em casos de espasmos acomodativos as fibras da zônula apresentam um grau mais elevado de relaxamento o que leva a um aumento de curvatura das superfícies anterior e posterior do cristalino. Também se verifica este tipo de miopia quando existe ruptura da zônula ou subluxação do cristalino. Por fim, e muito raramente surge a miopia de câmara anterior; o aparecimento deste tipo de miopia deve-se a uma diminuição da PCA, o que leva a um aumento do poder refractivo.

v) Uma classificação que é mais frequentemente usada em termos clínicos é a que divide a miopia em *fisiológica* e *patológica*. A *miopia fisiológica* foi definida por Curtin¹⁴, em 1985, como sendo o tipo de miopia em que todos os componentes da refração se encontram dentro dos valores normais para uma determinada população. A miopia surge devido a uma falha de correlação entre os componentes refractivos do olho. A miopia fisiológica é também conhecida por miopia simples ou não patológica. A *miopia patológica* é o tipo de miopia que surge devido a presença de um componente de refração que se encontra fora dos valores biologicamente normais. A este tipo de miopia também se chama miopia maligna ou degenerativa, sendo frequentemente atribuída responsabilidade a um crescimento anormal do CA.

vi) *Miopia hereditária* ou *inata* é um tipo de miopia que aparece tanto nos bebés prematuros como nos nascidos a termo e diminui rapidamente durante o primeiro ano de vida. A miopia que se desenvolve na infância é conhecida como *miopia induzida ou adquirida*. É

bastante difícil fazer-se a distinção entre estes dois tipos de miopia dado que numa criança que desenvolve miopia com 2 ou 3 anos se pode admitir que já estivesse presente na altura do nascimento. No entanto tem-se verificado o aparecimento de miopia em jovens e adultos o que leva a que cada vez mais seja usada a classificação de miopia adquirida para catalogar estas situações.

vii) A *miopia nocturna* é um tipo de miopia que não se enquadra nas definições anteriores.³⁴ A primeira referência feita é da autoria de Nevil Maskelyne (1789), que dizia que as pessoas emetropes eram míopes em condições de baixa iluminação sendo portanto uma miopia fisiológica. Pode apresentar valores superiores a 4,00 D, mas os valores mais típicos encontram-se à volta de 1,00 D, não existindo diferenças entre míopes, emetropes ou hipermetropes.^{35,36}

A origem da miopia nocturna está relacionada com a acomodação e com as aberrações oculares, tendo sido propostos como factores etiológicos: o maior impacto da aberração esférica devido à dilatação pupilar na escuridão, a aberração cromática e o aumento de curvatura do cristalino como tentativa de diminuição das aberrações esféricas provocadas pelo aumento do diâmetro pupilar.^{37,38} A miopia nocturna diminui com a idade³⁵ mas é um risco sério para os jovens principalmente durante a condução nocturna. Num estudo realizado por Fejer e Girgis, em 1992,³⁶ verifica-se que 17,0% da população estudada apresentava miopia nocturna com um valor de pelo menos 0,75 D.

A *pseudomiopia* é outro tipo de miopia que não se enquadra nas definições clássicas da miopia. A pseudomiopia é um estado funcional do olho produzido por uma hiperestimulação do músculo ciliar, com causas diversas, que tem como consequência um aumento da refração ocular, que se manifesta como miopia. A pseudomiopia é um problema acomodativo, o erro refractivo surge como consequência desse problema acomodativo. A pseudomiopia pode também surgir após traumas da região cerebral.³⁹

A *miopia espacial* ou de espaço aberto é uma forma especial de miopia, descrita nos últimos anos, e que surge quando um sujeito se situa num campo visual vazio, de tal maneira que, por não poder fixar nenhum objecto, o olho se torna míope. O valor aproximado dessa miopia é de 1,00 D. Este tipo de miopia é um transtorno funcional passageiro, que se pode tornar permanente quando o sujeito é exposto a esta situação frequentemente.

A *miopia instrumental* é um tipo de miopia que surge em pessoas que têm tarefas prolongadas de observação através de um instrumento óptico. Essas tarefas provocam um aumento da acomodação e conseqüentemente um aparecimento ou aumento da miopia.⁴⁰

2.2.2 Hipermetropia

2.2.2.1 Definição

A hipermetropia define-se, em termos ópticos, como sendo a condição ametrópica na qual os raios de luz que chegam paralelos ao olho, convergem atrás da camada sensível da retina, formando-se sobre esta uma imagem desfocada, estando a acomodação em repouso. Trata-se de um defeito refractivo muito frequente, embora não alcance valores tão elevados como na miopia, nem tão significativos clinicamente.

O reconhecimento da hipermetropia foi introduzido primeiramente por Kastner em 1755, sendo definido como entidade clínica diferenciada da presbiopia por Donders em 1864, que a associou fundamentalmente a indivíduos jovens, pondo a hipótese da sua origem se dever a anomalias de curvatura da córnea, cristalino ou ambos.

2.2.2.2 Classificação

A classificação da hipermetropia pode ser feita de uma forma semelhante à da miopia. Na tabela 2.2 apresentam-se as classificações mais comumente usadas.

Tabela 2.2 Classificação da hipermetropia

	Critério de classificação	Denominação
i	Características anatómicas	Axial
		Refractiva: índice e curvatura
ii	Clínica	Fisiológica
		Patológica
iii	Valor	Baixa
		Média
		Alta
iv	Acção da acomodação	Latente
		Manifesta
		Total
		Facultativa
v	Componentes oculares	Absoluta
		Simples
		Composta
		Mista

i) A classificação pelas características anatómicas surgiu no início da década de 70 por Benjamin Borish, dividindo-a em 2 grupos: axial e refractiva. A *hipermetropia axial* surge quando o CA do olho é demasiado curto em relação ao poder refractivo. Normalmente a diminuição do CA, em relação ao valor médio, é inferior a 2 mm o que faz que a hipermetropia axial normalmente não seja superior a 6,00 D. Excepção feita aos casos de diminuição do CA devido a causas patológicas, como por exemplo, a microftalmia, edema macular, tumores orbitários, etc.

Na *hipermetropia refractiva* o CA encontra-se dentro dos valores normais e verifica-se um poder refractivo insuficiente para focar os raios luminosos na camada de fotorreceptores da retina. Este tipo de hipermetropia por sua vez pode ser subdividida em três grupos: *hipermetropia refractiva de índice* quando algum dos índices de refacção dos meios oculares está alterado; normalmente o mais directamente implicado é o do cristalino (idade, diabetes). *Hipermetropia refractiva de curvatura* quando alguma das superfícies refringentes do olho é anormalmente plana. A córnea é frequentemente o dióptro que mais contribui para o aparecimento da hipermetropia, por ser o elemento mais potente e porque pode ser aplanada por factores tão diversos como, trauma, doenças corneanas ou dos anexos oculares, cirurgia refractiva, etc.

ii) A hipermetropia é frequentemente dividida em fisiológica e patológica. A *hipermetropia fisiológica* é o tipo de hipermetropia em que todos os componentes da refacção se encontram dentro dos valores normais de uma determinada população. A hipermetropia surge devido a uma falha de correlação, ou correlação insuficiente, entre os componentes refractivos dimensionais do olho. A *hipermetropia patológica*, surge devido à presença de um ou vários componentes de refacção que se encontra fora dos valores biologicamente normais e que não é compensada pelos outros.

iii) A classificação da hipermetropia tendo como base o valor do erro refractivo pode ser feita em 3 grupos: *Hipermetropia baixa*, que é definida como sendo a hipermetropia em que o valor dióptrico é inferior a 3,00 D, *média* quando o valor dióptrico se encontra entre as 3,00 D e as 5,00 D e *alta* quando o valor dióptrico é superior a 5,00 D.

iv) Devido ao facto da hipermetropia surgir porque o poder refractivo é baixo em relação ao CA do olho, um aumento da acomodação pode compensar total ou parcialmente o erro refractivo. Assim sendo a hipermetropia pode ser classificada de acordo com a acção da acomodação da seguinte forma. *Hipermetropia latente* é a hipermetropia que é mascarada pela acção da acomodação e não é revelada na refacção não cicloplégica; o valor total da

hipermetropia só é revelado através do uso de um agente cicloplégico. *Hipermetropia manifesta* é o valor da hipermetropia que é compensado através da máxima lente positiva que permite alcançar a máxima acuidade visual em VL. A hipermetropia manifesta pode ainda ser dividida em *hipermetropia facultativa e absoluta*. A *facultativa* é a componente que é mascarada pela acomodação mas que pode ser revelada através de um exame refractivo sem recurso a um agente cicloplégico, e a *absoluta* é a componente da hipermetropia que não pode ser compensada pela acomodação, isto é, o erro refractivo é tal que a amplitude de acomodação é insuficiente para o compensar. A *hipermetropia total* é a soma da hipermetropia latente com a manifesta.

v) Em 1965 Garnet dividiu a hipermetropia em três classes segundo qual ou quais os componentes que a desencadeavam. A *hipermetropia simples*, é o caso mais frequente e está associada a uma diminuição da PCV, a *composta* surge devido a uma diminuição da câmara vítrea e a um aplanamento da córnea e a *mista* devido a uma córnea muito plana com uma câmara vítrea muito longa ou a uma córnea muito curva com uma câmara vítrea muito pequena.

2.2.3 Astigmatismo

2.2.3.1 Definição

A palavra astigmatismo deriva do grego *a*, privação + *stigma*, atos, ponto. Este nome foi proposto por Dr. William Whewell em 1817, e foi aceite para definir a anomalia refractiva na qual, os raios luminosos provenientes de um ponto objecto, após sofrerem a refacção dos dioptrios oculares, não têm um único ponto focal.

Ao contrário da miopia e da hipermetropia, que pelo efeito da aproximação dos objectos ou da acomodação, respectivamente, permitem formar uma imagem nítida sobre a retina, no caso do astigmatismo não é possível obter uma imagem nítida sem recurso a compensações ópticas.

2.2.3.2 Classificação

O astigmatismo pode ser classificado segundo a regularidade das superfícies, o componente ocular que o produz, orientação, o valor e a sua relação com os outros erros refractivos (tabela 2.3).

Tabela 2.3 Classificação do astigmatismo

Critério de classificação	Denominação
i Regularidade das superfícies	Regular
	Irregular
ii Componente ocular	Corneal
	Cristalino
iii Orientação	À regra
	Contra a regra
	Oblíquo
iv Relação com erros refractivos	Miópico simples
	Miópico composto
	Hipermetrópico simples
	Hipermetrópico composto
	Misto
v Valor	Baixo
	Médio
	Alto

i) O astigmatismo pode ser classificado quanto à regularidade das superfícies em: *regular* quando os meridianos de máximo e mínimo poder refractivo estão separados por um ângulo de 90° e existe uma gradação entre o eixo de maior e menor potência e *irregular* quando os meridianos de máxima e mínima potência estão separados por um ângulo diferente de 90°. Neste tipo de astigmatismo existe uma maior dificuldade na localização dos meridianos principais, visto que os eixos não são perpendiculares entre si, estando normalmente associado a irregularidades nos dioptrios oculares.

ii) Outra classificação frequente do astigmatismo é a que surge devido ao componente ocular que o produz. O astigmatismo pode ser chamado de *corneal da superfície anterior*, quando é produzido pela toricidade da superfície corneal anterior e é o mais frequentemente observado. Como é esta superfície a que representa o maior poder refractivo do olho, as variações nos raios de curvatura desta interface produzem os maiores distúrbios refractivos. O *astigmatismo corneal* também pode ter origem na *superfície posterior*, este astigmatismo foi referenciado pela 1ª vez em 1900 por Tschering atribuindo à superfície posterior da córnea uma contribuição significativa para o valor do astigmatismo total. Técnicas recentes de medida da topografia da superfície posterior da córnea vieram revelar que o valor do astigmatismo desta superfície tem como valores médios -0,50 D ou -0,75 D a 90°. ⁴¹

O *astigmatismo do cristalino* pode ser produzido pela curvatura das superfícies do cristalino ou pela inclinação deste. Estudos realizados por Duke-Elder e Abrams, em 1970, mostraram que as superfícies lenticulares anterior e posterior são astigmáticas, no entanto, o correspondente astigmatismo normalmente é muito baixo em comparação com o valor do astigmatismo corneal anterior. Tscherning verificou que parte do astigmatismo se deve a uma inclinação fisiológica do eixo do cristalino, quer na direcção horizontal quer na vertical, e que atinge um valor de cerca de $-0,25$ D a 90° .

iii) Segundo a orientação o astigmatismo divide-se em *astigmatismo à regra*, ou *directo* se o meridiano corneal que tem o menor poder refractivo é horizontal ($\pm 20^\circ$), isto é, se aquele meridiano se encontra entre 160° e 20° . *Contra a regra* ou *inverso*, se o meridiano corneal que tem o menor poder refractivo é vertical ($\pm 20^\circ$), isto é, se aquele meridiano se encontra entre 70° e 110° . E *astigmatismo oblíquo* quando o meridiano corneal de menor poder refractivo se encontra entre os 20° e os 70° ou entre os 110° e os 160° . De notar que o meridiano de menor potência é o que tem um raio de curvatura maior e a mesma orientação do eixo negativo do cilindro corrector.

iv) O astigmatismo pode também ser classificado considerando a posição relativa das linhas focais, em relação à retina, da imagem de um objecto longínquo considerando a acomodação em repouso. O *astigmatismo miópico simples* surge quando uma das linhas se encontra sobre a retina e a outra se encontra diante dela. O *astigmatismo miópico composto* caracteriza-se por ter as duas linhas diante da retina. No *astigmatismo hipermetrópico simples* uma das linhas encontra-se sobre a retina e a outra encontra-se atrás dela. No *astigmatismo hipermetrópico composto* as duas linhas encontram-se atrás da retina. No *astigmatismo misto* uma linha está diante e outra atrás da retina.

v) A classificação do astigmatismo tendo como base o valor do erro refractivo pode ser feita em 3 grupos: *Astigmatismo baixo* que é definido como sendo o astigmatismo em que o valor dióptrico é inferior a $1,00$ D. *Astigmatismo médio* quando o valor dióptrico se encontra entre $1,00$ D e as $3,00$ D e *astigmatismo alto* quando o valor dióptrico é superior a $3,00$ D.

2.3 Prevalência das ametropias

Como tem sido constatado por vários autores,⁴² a comparação entre as várias investigações, que decorrem nos mais diversos países, tem sido muito difícil senão mesmo impossível de efectuar. Esta dificuldade prende-se com o facto de não existir uma uniformização de

procedimentos para a realização dos trabalhos de investigação na área da prevalência dos erros refractivos, nomeadamente no método de medida do erro refractivo usado, no uso ou não de cicloplégico e com a própria definição das ametropias.^{21,43-45}

Com os resultados deste trabalho de doutoramento foi possível constatar que para a mesma população a prevalência da miopia, por exemplo, pode variar de 20,6% até 62,3%, dependendo do método de medida usado, do valor usado para a definição das ametropias e do uso ou não de cicloplégico.⁴³⁻⁴⁷ Os resultados obtidos mostram que nas circunstâncias actuais é impossível fazer-se uma análise rigorosa da prevalência do erro refractivo a nível mundial e que é também necessário e urgente definir regras que permitam a uniformização da investigação na área da prevalência e desenvolvimento dos erros refractivos.

Contudo é possível dizer com alguma certeza que a miopia é o problema visual com maior prevalência no mundo. Calcula-se que aproximadamente 1600 milhões de pessoas em todo o mundo tenham miopia o que representa $\frac{1}{4}$ da população mundial. A prevalência de miopia não é uniforme para as distintas partes do mundo ou para as distintas etnias, sendo significativamente maior nas comunidades asiáticas que para outras raças ou procedências geográficas.⁴⁸ Existem evidências de que a prevalência da miopia está a aumentar, sendo esse aumento atribuído fundamentalmente a factores ambientais e educacionais (figura 2.3).

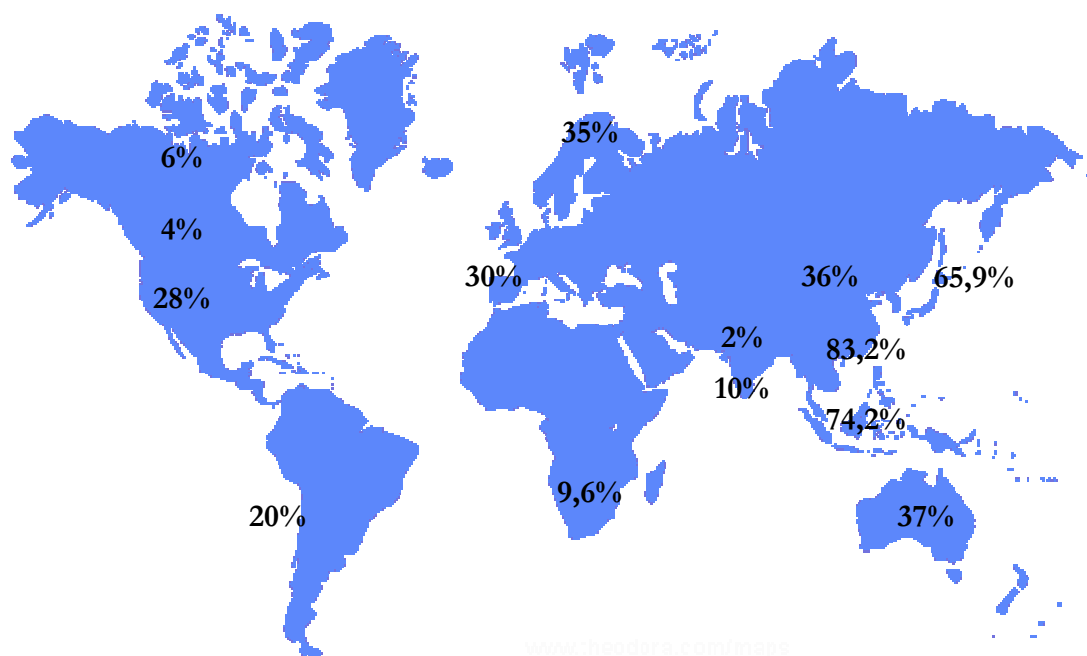


Figura 2.3 Distribuição da prevalência da miopia no mundo (Cedido pelo Prof. Bernard Gilmartin).

Na literatura actual existe alguma confusão entre factores de risco e preditores das alterações refractivas, nomeadamente, no aparecimento e evolução da miopia.

Nesta tese os factores de risco serão descritos como aqueles factores inerentes à própria pessoa, a idade, raça, sexo, ou aqueles a que se expõem no seu dia a dia como, por exemplo, os períodos de luz, alimentação, as actividades de VP, etc. que têm ou possam vir a ter influência no desenrolar do processo normal de emetropização, ou seja, no processo de obtenção do estado de emetropia.

Como preditores das alterações refractivas são definidos os parâmetros do sistema visual ou correlações entre eles que permitam, ao especialista da visão, prever se o processo de emetropização irá seguir um percurso normal ou se irá sofrer algum desvio, levando ao aparecimento de defeitos refractivos, nomeadamente, ao aparecimento da miopia.

2.3.1 Factores de risco ou factores condicionantes

Neste ponto pretende-se realizar uma síntese de alguns dos factores que têm sido abordados na literatura científica como factores predisponentes para a instauração ou evolução de uma determinada anomalia refractiva, sendo introduzidos sempre que oportuno, alguns pontos de vista divergentes sobre os assuntos tratados.

Este aspecto adquire uma importância fundamental quando os profissionais da visão são inquiridos, principalmente por pais de crianças míopes, sobre qual será o futuro visual do seu filho/a.

Desde há várias décadas que se têm realizado estudos sobre a incidência e distribuição dos erros refractivos associados com diversos factores. A idade, o sexo, a raça, a localização geográfica, os hábitos alimentares, o quociente intelectual, estatuto socio-económico, os factores genéticos e as actividades em VP são os factores mais estudados ao longo dos anos.

No entanto, é usualmente aceite pela comunidade científica que estamos perante mudanças nas tendências refractivas na população mundial, motivadas principalmente por factores ambientais. Estas tendências já são evidentes nos países asiáticos e também existem evidências fortes em relação a alguns países ocidentais.^{32,48-51}

2.3.1.1 Idade

Este factor tem sido apontado como um dos principais condicionantes da distribuição do erro refractivo. Normalmente, são considerados para efeito do estudo da prevalência dos erros refractivos com a idade a divisão em 5 grupos: recém-nascidos, idade pré-escolar, idade escolar, jovens adultos e adultos.

A distribuição dos estados refractivos não segue uma distribuição normal, concentrando a maior parte da população entre +0,75 D e -0,25 D, e levemente deslocada para o lado da miopia.^{52,53} Em termos estatísticos, a ausência de normalidade na distribuição é interpretada como um indício de que vários factores interdependentes entre si deviam estar implicados na determinação do estado refractivo final. Dito de outra maneira, deverá existir algum mecanismo que harmonize o desenvolvimento ocular para que se produzam mais casos de emetropia dos que seria de esperar de uma associação livre e aleatória dos componentes oculares, o que daria lugar a uma distribuição normal.

No entanto à nascença a distribuição do erro refractivo segue uma distribuição normal, sendo a maioria dos indivíduos hipermetropes nos primeiros anos da infância. Uma alta proporção destes ficam míopes durante a época escolar, fazendo com que entre os 20 e os 30 anos a proporção de míopes supere os 20,0% nos países ocidentais.⁴² Até à chegada da presbiopia as mudanças são menores, ocorrendo de novo por volta dos 55-60 anos devido provavelmente a alterações nas propriedades ópticas do cristalino.²⁸

O astigmatismo não manifesta alterações tão marcadas ao longo da vida, sofrendo fundamentalmente mudanças de orientação, com uma tendência para o astigmatismo à regra diminuir, em favor de um aumento do astigmatismo contra a regra.

Um dos estudos mais significativos foi realizado por Wensor *et al.* (1999)⁵⁴ que analisaram a refração de 4744 adultos de populações urbanas e rurais da Austrália com idades compreendidas entre 40 e 98 anos. A emetropia (-0,50 D a +0,50 D) foi a condição mais frequente com cerca de 50,0% das pessoas neste grupo, seguindo-se a hipermetropia em aproximadamente 33,0% da população.

Outro estudo, importante pela sua dimensão e pela proximidade geográfica da amostra, é o realizado por Montes-Mico e Ferrer-Blasco, em 2000, em Espanha.²⁸ Numa amostra de 15212 olhos encontraram que 21,2% eram míopes ($< -0,25$ D), 43,2% eram emetropes (até $\pm 0,25$ D) e 35,6% eram hipermetropes ($> +0,25$ D). Nesse estudo constata-se um aumento da prevalência da miopia até à faixa etária dos 20 aos 35 anos onde atinge um

valor de 30,1%, diminuindo após essa idade sendo a prevalência de 15,2% para a população com idade superior a 66 anos.

i. Recém-nascido

Nas primeiras décadas do século passado era um dado aceito que as crianças nasciam com uma hipermetropia média/alta que desaparecia por volta dos 5 ou 6 anos de idade. Este conceito surgiu devido aos resultados obtidos no final do século XIX por Herrnheiser, mas que na verdade não foram confirmados por mais nenhum investigador. Estudos realizados mais recentemente mostram que os recém-nascidos têm um valor refractivo que segue uma distribuição normal. No entanto, a hipermetropia é sem dúvida o defeito de refração mais prevalente nos bebés recém-nascidos, presente em aproximadamente 75,0% dos casos.⁵⁵

No final da década de 70 e início da década de 80, vários autores publicaram as suas investigações sobre o estado refractivo das crianças. Mohindra e Held, em 1981, apresentaram os dados de um estudo feito com 400 crianças onde verificaram a existência de uma distribuição muito ampla dos erros refractivos nos bebés com cerca de 1 mês; encontraram valores desde -10,00 D de miopia até +5,00 D de hipermetropia. O valor médio para o erro refractivo em bebés com menos de 4 meses foi de -0,70 D, sendo de +0,59 D para crianças com idades entre os 2,5 e os 5 anos. Verificaram ainda que a amplitude da distribuição diminuiu para as crianças com cerca de 5 anos, levando-os a concluir que essa diminuição de amplitude se possa dever a uma tendência para a emetropização, quer das crianças hipermetropes quer das crianças míopes. Já em 1979, Ingram e Bari⁵⁶ tinham verificado esta tendência num estudo longitudinal realizado com crianças desde 1 ano até aos 3,5 anos. Num estudo, publicado recentemente por Varughese *et al.*,⁵⁵ o maior estudo publicado até à data, analisando o erro refractivo de recém-nascidos em função da idade gestacional mostra-se que as crianças nascidas com um tempo de gestação superior a 34 semanas são hipermetropes sendo míopes as nascidas com um tempo de gestação inferior.

Quanto à prevalência de astigmatismo é comumente aceite a existência de uma maior prevalência nas crianças que nos outros grupos etários. Mohindra, no estudo já referido anteriormente, verificou a existência de 30,0% de casos de astigmatismo superiores a 1,00 D em crianças com menos de 1 mês de vida, subindo até aos 60,0% entre as 17 e as 32 semanas de vida, e reduzindo-se para valores de cerca de 40,0% entre os 2,5 e os 5 anos. Na década de 80 foram publicados vários estudos sobre a prevalência de astigmatismo que

mostram a existência de uma grande prevalência de astigmatismo contra a regra em crianças com menos de 4,5 anos e uma diminuição uniforme da potência do astigmatismo entre os 3 e os 5 anos.⁵⁷⁻⁵⁹ Estudos realizados recentemente, com bebês caucasianos, mostraram a mesma tendência verificada nos estudos anteriores, isto é, uma maior incidência de astigmatismo contra a regra nos primeiros anos de vida.^{57,60-63}

No estudo já referenciado de Varughese *et al.*,⁵⁵ são apresentados resultados que contrariam as ideias clássicas sobre este tema. Nesse trabalho é apresentada uma percentagem de astigmatismo nas crianças nascidas a termo de 79,5% sendo que 60,8% dos recém nascidos tinham astigmatismo à regra. Para as crianças que nasceram prematuramente a incidência de astigmatismo variava desde 42,9% para as crianças nascidas com menos de 27 semanas até 70,3% para as nascidas com 34 a 37 semanas.

No entanto, em vários estudos com bebês prematuros⁶⁴⁻⁶⁶ a miopia tem sido o defeito de refração mais prevalente. No estudo realizado por Cook,⁶⁴ em 2003, com 68 bebês prematuros, verificou-se que durante o período de duração do estudo (5 meses) o erro refractivo passou de -2,00 D do início para um valor de +2,12 D de hipermetropia no final do estudo, sendo que a dispersão inicial era maior que a final. O valor do defeito de refração miópico foi correlacionado de forma proporcionalmente inversa com o peso da criança.

ii. Crianças em idade pré-escolar e escolar

Num estudo publicado em 1961 Sorsby *et al.*, constataram que o crescimento ocular é muito rápido, alcançando praticamente um completo desenvolvimento físico aos 3 anos de idade, com um incremento no CA de 1 mm entre os 3 e os 13 anos.

Mohindra e Held, sobre 400 recém-nascidos até às 4 semanas obtiveram uma distribuição normal com um intervalo de valores de -14,00 D a +12,00 D. Esta distribuição reduzia-se a um intervalo de -3,00 D a +4,00 D entre os 2,5 anos e os 5 anos. Isto confirma a presença de um processo emetropizador já no primeiro ano de vida.

A idade escolar é considerada por vários autores como uma idade de risco, pois nesta fase da vida as crianças começam a ter maiores exigências visuais que nem sempre são acompanhadas com regras de ergonomia visual, levando a situações de elevado stress visual.

O aparecimento de miopia nesta faixa etária é frequente. Durante os anos 50 e 60, Hirsch, publicou os resultados sobre estudos longitudinais em crianças entre os 6-7 anos até aos 11-12 anos onde verificou a existência de uma variação linear do erro refractivo com um valor médio de $-0,07$ D por ano. Mais recentemente, em 1993, Zadnik *et al.*⁶⁷ publicaram os resultados de um estudo com crianças em idade escolar. Os autores verificaram uma variação do erro refractivo médio a uma taxa $-0,08$ D/ano, isto é, as crianças de 6 anos tinham um erro refractivo médio de $+0,75$ D e as de 12 anos apresentavam um valor médio para o erro refractivo de $+0,25$ D.

Em relação ao astigmatismo, a faixa etária entre os 6-7 anos e os 11-12 anos é referenciada por vários autores⁶⁸ como uma das mais estáveis em termos de alterações refractivas. Hirsch, nos trabalhos publicados nas décadas de 50-60, verificou um aumento da prevalência de astigmatismo, com um valor dióptrico igual ou superior a $0,75$ D, nesta faixa etária de apenas $1,8\%$. Estudos recentes vieram comprovar a tendência verificada por Hirsch.^{61,68,69}

Na tabela 2.4 apresentam-se de forma resumida, alguns estudos realizados recentemente sobre a prevalência da miopia. De salientar que em todos eles a prevalência da miopia nos adolescentes é superior à verificada nas crianças. Constatou-se que, nos estudos realizados nos países orientais a taxa de progressão de miopia é mais elevada do que nos outros países, verificando-se um aumento da prevalência da miopia de $4,0\%$ para $59,0\%$ nas crianças japonesas. Lin *et al.*^{25,70,71} publicaram vários trabalhos realizados durante dez anos com crianças e adolescentes chineses da ilha Formosa que evidenciam o aumento da miopia nestes dois grupos etários. A prevalência da miopia verificada em 1990, para as crianças de 5-6 anos era de apenas $5,3\%$ e em 2000 era de $20,2\%$. Para os adolescentes a alteração neste período de tempo foi de cerca de $20,0\%$, passando de $39,1\%$ em 1990 para $60,7\%$ em 2000.

O facto dos estudos serem realizados em populações rurais ou urbanas também condiciona a prevalência da miopia, sendo essa prevalência sempre inferior nos meios rurais. Outro factor que também parece condicionar a distribuição da miopia nestas faixas etárias é a localização geográfica, sendo os países asiáticos os que apresentam a maior taxa de incidência de miopia.

Tabela 2.4 Prevalência da miopia em crianças e adolescentes

Autor	Ano	País	População	Definição	Método	Idade (anos)	Prevalência (%)
Matsumura ²⁶	1996	Japão	Urbana	$\leq -0,50$ D	AR S/C	6	4,0
						12	59,0
Pokharel ⁷²	1998	Nepal	Rural	$\leq -0,50$ D	AR C/C	6	<1,0
						11 - 13	2,0
Zhao ⁷³	1998	China	Semiurbana	$\leq -0,50$ D	Ret C/C AR C/C	6	0-2
						12	18,0
He ⁷⁴	2002/03	China	Urbana	$\leq -0,50$ D	Ret e AR C/C	6	2,7 - 5,9
						12	45,6 - 49,7
Lin ²⁵	1990	Formosa	Diversa	$\leq -0,25$ D	AR C/C	7	5,3
						12	39,1
Lin ⁷¹	1995	Formosa	Diversa	$\leq -0,25$ D	AR C/C	7	12,1
						12	55,4
Lin ⁷⁰	2000	Formosa	Diversa	$\leq -0,25$ D	AR C/C	7	20,2
						12	60,7
Dandona ⁷⁵	1997/2000	Índia	Rural	$\leq -0,50$ D	Ret + C/C AR + C/C	7	2,8
						12	4,8
Murthy ⁷⁶	2000/01	Índia	Urbana	$\leq -0,50$ D	AR C/C	6	5,9
						11-13	9,9 - 10,6
Naidoo ⁷⁷	2002	Africa Sul	Diversa	$\leq -0,50$ D	AR C/C	6	1,6 - 4,6
						11-13	4,0
Zadnik ⁷⁸	1993	EUA	Urbana	$\leq -0,50$ D	AR C/C AR S/C	6 - 7	4,0 - 5,0
						12	28,0
Maul ⁷⁹	1998	Chile	Urbana	$\leq -0,50$ D	AR C/C	6 - 7	5,0
						12	10,0
Robinson ⁸⁰	1998	Canada	Semiurbana	$\leq -0,25$ D	Ret + S/C	6	6,0
Villarreal ⁵¹	2000	Suécia	Urbana	$\leq -0,50$ D	AR + C/C	12 - 13	49,7
Montes-Mico ²⁸	1998/99	Espanha	Diversa	$< -0,25$ D	Ret, Sx S/C	3-8	2,5
						9-19	25,7

AR, Auto-refractómetro; Ret, retinoscopia; SX, exame subjectivo; C/C, com cicloplégico; S/C, sem cicloplégico.

iii. Jovens adultos

Apesar de ser mais fácil a realização de estudos com adultos do que com crianças, não existem muitos estudos feitos com pessoas desta faixa etária, provavelmente por ter sido considerada durante muitas décadas como uma fase estacionária do sistema visual, não

despertando grande interesse entre os investigadores. Na última década assistiu-se a uma crescente preocupação com o desenvolvimento dos erros refractivos em jovens adultos tendo-se assistido à realização de vários trabalhos em diferentes países.^{5,21,23,81-87}

Na tabela 2.5 apresentam-se, de forma resumida, algumas investigações realizadas nos últimos anos sobre a prevalência da miopia em jovens adultos. Existe uma grande variação da prevalência da miopia dependendo da região, mas pode-se verificar que nas populações urbanas da região asiática os valores da prevalência da miopia são superiores a 60,0%, chegando a atingir valores superiores a 80,0% entre os habitantes da ilha Formosa, sendo que nas populações urbanas europeias a prevalência se situa entre os 35,0% e os 50,0%. Para as populações rurais os valores da prevalência não ultrapassam os 5,0%. Para a população da ilha Formosa verificou-se um aumento da prevalência da miopia em 13,0% para um período de dez anos (1990-2000); esta tendência tinha sido também verificada para as crianças e adolescentes. Na Europa os países escandinavos apresentam uma prevalência da miopia mais elevada que na Península Ibérica para esta faixa etária.

Tabela 2.5 Prevalência da miopia em jovens adultos

Autor	Ano	País	População	Idade (anos)	Definição	Método	Prevalência (%)
Matsumura ²⁶	1996	Japão	Urbana	17	$\leq -0,50$ D	AR S/C	65,9
Pokharel ⁷²	1998	Nepal	Rural	15	$\leq -0,50$ D	AR C/C	2,0
Zhao ⁷³	1998	China	Semi-rural	15	$\leq -0,50$ D	Ret C/C	Fem 55,0; Mas 36,0
Lin ²⁵	1990	Formosa	Diversa	17	$\leq -0,25$ D	AR C/C	70,4
Lin ⁷⁰	2000	Formosa	Diversa	17	$\leq -0,25$ D	AR C/C	83,2
Quek ⁸⁸	2002	Singapura	Estudantes	> 15	$\leq -0,50$ D	AR S/C	74,2
Dandona ⁸²	1996/97	Índia	Urbana	15	$\leq -0,50$ D	AR C/C	10,0
Dandona ⁷⁵	1997/2000	Índia	Rural	15	$\leq -0,50$ D	AR C/C	4,0
Naidoo ⁷⁷	2002	Africa do Sul	Diversa	15	$\leq -0,50$ D	AR C/C	9,6
Rose ⁸⁹	2001	Austrália	Urbana	15-18	$\leq -0,50$ D	AR C/C	37,0
Maul ⁷⁹	1998	Chile	Urbana	15	$\leq -0,50$ D	AR C/C	Fem 15,0; Mas 20,0
Midelfart ⁹⁰	1996/97	Noruega	Urbana	20-25	$\leq -0,50$ D	AR S/C	35,0
Kinge ²³	1992	Noruega	Estudantes	21	$\leq -0,25$ D	AR, Sx C/C	47,0
Montes-Mico ²⁸	1998/99	Espanha	Diversa	20-35	$< -0,25$ D	Ret, Sx S/C	30,1

AR, Auto-refractómetro; Ret, retinoscopia; C/C, com cicloplégico; S/C, sem cicloplégico. Fem, sexo feminino; Mas, sexo masculino.

Quanto à taxa de progressão dos erros refractivos, no final da década de 50, Morgan realizou um estudo com 55 mulheres e 44 homens que lhe permitiu constatar a existência de um aumento anual médio da miopia (ou diminuição da hipermetropia) de 0,011 D e 0,002 D para as mulheres e para os homens, respectivamente.¹⁰

Com o objectivo de obter dados mais concretos e mais recentes sobre as alterações refractivas nesta fase, Grosvenor em 1977 levou acabo um inquérito que foi correctamente preenchido por 111 pessoas, encontrando uma taxa de variação anual de $-0,005$ D. No entanto, o dado que lhe despertou mais interesse foi o facto de ter encontrado um aumento de miopia nos míopes e de hipermetropia nos hipermetropes.

Mais recentemente, foi publicado um trabalho por Kinge *et al.*⁵ (1999), onde a variação média do erro refractivo encontrada para jovens adultos, estudantes universitários, era de 0,16 D/ano no sentido de um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia. O mesmo foi constatado por Lin *et al.*⁶ para uma população de estudantes de medicina asiáticos, onde verificou uma variação média anual de 0,14 D para os homens e 0,11 D para as mulheres.

As variações astigmáticas nesta fase da vida são muito pequenas. Goh, em 1994,⁹¹ publicou um trabalho onde verificou uma tendência para uma maior incidência de astigmatismo contra a regra nesta faixa etária.

iv. Idade adulta

Na tabela 2.6 apresentam-se alguns estudos realizados com adultos, onde é possível verificar a mesma tendência dos outros grupos etários mais jovens, isto é, nos países asiáticos há uma maior prevalência da miopia. É interessante verificar que para esta faixa etária não são tão evidentes as diferenças relativas ao tipo de sociedade (urbana ou rural), isto pode dever-se ao facto de há quarenta ou cinquenta anos atrás não existir tanta exigência visual nas sociedades urbanas, não estimulando o desenvolvimento da miopia.

Comparando este grupo etário com os jovens adultos e adolescentes verifica-se uma menor prevalência da miopia neste grupo, o que reforça a ideia de que as exigências visuais na sociedade moderna poderão ser um factor de risco para o aparecimento da miopia.

Tabela 2.6 Prevalência da miopia em adultos

Autor	Ano	País	População	Idade (anos)	Definição	Método	Prevalência (%)
Shimizu ⁸⁷	1997/2000	Japão	Urbana	40-49	≤-0,50 D	AR S/C	Fem 60,0; Mas 70,0
Wickremasinghe ⁹²	1995/97	Mongólia	Rural	40-49	<-0,50 D	AR S/C	Fem 18,4; Mas 11,8
Wong ³²	1997/98	Singapura	Urbana	40-49	<-0,50 D	SX S/C	Fem 51,7; Mas 45,2
Dandona ⁸²	1996/97	Índia	Urbana	40-49	<-0,50 D	Ret C/C	17,8
Dandona ⁷⁵	1996/97	Índia	Rural	40-49	<-0,50 D	Ret C/C	18,6
Attebo ⁹³	1992/94	Austrália	Urbana	49-54	<-0,50 D	Ret, SX S/C	Fem 21,3; Mas 30,4
Wang ⁹⁴	1987/88	EUA	Rural	43-54	<-0,50 D	AR + Sx S/C	Fem 47,5; Mas 37,8
Wu ⁹⁵	1987/92	Barbados	Negros	40-49	<-0,50 D	AR S/C	17,0
Montes-Mico ²⁸	1998/99	Espanha	Diversa	46-65	<-0,25 D	Ret + Sx S/C	20,6

AR, Auto-refractómetro; Ret, retinoscopia; SX, exame subjectivo; C/C, com cicloplégico; S/C, sem cicloplégico. Fem, sexo feminino; Mas, sexo masculino.

A perda significativa de amplitude de acomodação a partir dos 40 anos é a causa de um incremento da hipermetropia que se manifesta ao não ser compensada a hipermetropia latente. Quanto às alterações refractivas verificadas para a VL, Hirsch no final da década de 50 publicou um trabalho onde encontrou uma taxa de variação anual média no sentido de aumento da hipermetropia de 0,028 D/ano numa população com idades entre os 45 e os 75 anos. Hirsch verificou ainda um aumento significativo de hipermetropes, passando de 16,0% aos 45-49 anos para 47,9% para pessoas com mais de 75 anos. Para os míopes não verificou grandes alterações na incidência até à idade dos 75 anos, altura em que o número de míopes era de 15,3%. Uma das possíveis explicações encontradas por Hirsch para este aumento nesta faixa etária prendem-se com as alterações que se verificam densidade óptica do cristalino.

Nesta fase de vida têm-se demonstrado mudanças nas propriedades ópticas do cristalino e uma diminuição do raio de curvatura do cristalino acompanhados por uma diminuição da PCA.^{96,97} Todos estes parâmetros levam a um aumento da miopia, mas de facto o que se verifica é uma tendência para o aumento da hipermetropia. Existem duas teorias que tentam explicar este fenómeno: uma que está relacionada com a diminuição da PCV e outra com um fenómeno, que é normalmente conhecido pelo paradoxo do cristalino, que explica estas alterações pela diminuição do índice de refração do córtex cristalino.^{98,99} Este fenómeno serve para explicar o facto de que, embora o cristalino se torne mais espesso, mais curvo nas suas superfícies e com maior densidade óptica, muitas pessoas de idade

avançada ficam com uma tendência para a hipermetropização (mais hipermetropia). Isto, realça a existência de um mecanismo emetropizador na idade adulta para compensar o incremento refractivo experimentado pelas superfícies do cristalino ao engrossarem-se no seu processo de envelhecimento.

Nesta faixa etária verifica-se um aumento significativo da incidência de astigmatismo contra a regra quando comparado com outros grupos etários.^{100,101}

2.3.1.2 Sexo

A influência do sexo na distribuição do erro refractivo não é consensual. A maioria dos trabalhos publicados não relatam diferenças entre homens e mulheres,^{102,103} enquanto outros estudos referem a existência de diferentes prevalências para os dois sexos.^{93,94} Em alguns casos a existência dessas diferenças pode dever-se à influência da maturidade alcançada pelas mulheres mais precocemente, o que pode levar a confusões sobre a influência do sexo na distribuição do erro refractivo, especialmente na faixa etária da puberdade.^{21,26,75,104} Nos estudos mais recentes, onde foram detectadas diferenças na prevalência da miopia entre homens e mulheres não existe unanimidade sobre qual dos sexos é mais propenso ao aparecimento da miopia. Kempen *et al.*⁸⁴ num estudo publicado em 2004 atribui às mulheres brancas (46,3%) e hispânicas (25,1%) com mais de 40 anos uma maior prevalência de miopia que aos homens da mesma raça e idade (36,8% e 21,8%, brancos e hispânicos, respectivamente), enquanto que na raça negra a prevalência é superior nos homens. Para uma população australiana de idade semelhante Attebo *et al.*⁹³ encontrou uma maior incidência de miopia entre os indivíduos do sexo masculino do que do sexo feminino 30,4% e 21,3%, respectivamente. Para populações de jovens adultos verificou-se a mesma variabilidade de resultados.^{73,79}

2.3.1.3 Factores genéticos

A miopia apresenta frequentemente uma maior prevalência entre a população adolescente e jovem adulta, o que faz com que a pessoa fique mais dependente de uma correcção visual permanente e a sua estabilização seja sempre incerta. Esta é uma questão que preocupa pacientes, familiares e profissionais das ciências da visão. Deste modo, geralmente atribui-se à hipermetropia e ao astigmatismo um carácter hereditário e à miopia uma combinação de factores genéticos e ambientais. A influência dos factores genéticos na refração ocular,

particularmente na prevalência e progressão da miopia, tem sido alvo de vários estudos recentes, muitos dos quais demonstram um padrão genético dos defeitos de refração que poderiam estar também condicionados por factores ambientais, mas desconhece-se a importância de cada uma das componentes isoladamente.¹⁰⁵⁻¹¹⁰

Vários estudos feitos na área da genética atribuem à miopia patológica uma forte componente genética em várias regiões de diferentes cromossomas 18p11.31, 12q21-q23, 17q21-q23, 7q36 e 2q.¹¹¹ Quanto à hipermetropia, foi recentemente publicado um trabalho que atribui à hipermetropia com valores dióptricos muito elevados (superior a 8,00 D) causas genéticas.¹¹²

Num estudo recente, é levantada a hipótese da miopia poder ter origem genética e ser despoletada por factores ambientais. Nesse mesmo estudo Mak *et al.*¹¹³ formulam a hipótese da miopia estar associada a um gene pliotrópico chamado gene olho-cérebro que pode dar origem a dois fenótipos: desenvolvimento neurocognitivo elevado (inteligência) e à miopia. O fenótipo da miopia encontra-se num estado de latência que só se declara por acção de fenómenos ambientais. Segundo o autor esta teoria explica porque razão se assiste a um surto “pandémico” de miopia maior do que a hereditariedade pode explicar nas sociedade mais desenvolvidas ou com maiores exigências de estudo.

2.3.1.4 Factores raciais e geográficos

Vários estudos mostram a relevância da relação entre as diferentes raças e o estado refractivo. Os valores de prevalência de miopia podem oscilar entre os 73,9% para adolescentes de Singapura⁸⁸ ou menos de 5,0% para habitantes das selvas equatoriais.¹¹⁴

A análise dos vários estudos realizados por todo o mundo, mostra que em indivíduos asiáticos de Singapura se verifica uma maior prevalência de miopia nos jovens, onde a prevalência é de 73,9%,⁸⁸ em comparação com os adultos com mais de 40 anos onde é de cerca de 35,0%.³² Nos países europeus não se verifica o mesmo; aqui a taxa de incidência de miopia nos jovens é de 35,0% e nos adultos é de cerca de 30,0%.⁹⁰ Trabalhos realizados com tribos indígenas mostram uma prevalência de miopia inferior a 5,0%.¹¹⁴⁻¹¹⁶

Voo *et al.*⁴⁸ num estudo realizado, em 1998, nos Estados Unidos da América, em que as condições de análise são as mesmas variando unicamente a etnia dos sujeitos, mostram que os jovens de etnia asiática apresentam uma prevalência miópica mais alta cerca de 30,0% em comparação com os jovens americanos brancos (13,4%) e mais ainda para os jovens

hispânicos (11,9%). Conclui-se que os sujeitos de etnia asiática são mais propensos a desenvolver miopia.

Vários estudos^{75,82,117,118} realizados com populações em que basicamente a única variável existente é o local onde residem, meio rural ou meio urbano, mostram que a prevalência da miopia é superior nos meios urbanos. Apesar de todas as questões que dificultam as comparações entre os diferentes estudos, pode-se concluir que os indivíduos asiáticos que vivem em grandes cidades apresentam uma maior prevalência de miopia (cerca de 70,0%), sendo as populações rurais e indígenas as que apresentam uma menor prevalência deste defeito refractivo (menos de 5,0%).

2.3.1.5 Factores educacionais e ocupacionais

No que diz respeito aos factores ocupacionais, acredita-se que podem constituir um verdadeiro impedimento para uma correcta emetropização do olho ou para que este permaneça no estado emetrope atingido durante a infância. Sujeito a estudos particularmente minuciosos no caso da miopia e observado empiricamente em outros casos, demonstrou-se que a instauração da miopia e/ou a sua progressão está fortemente relacionada com o ambiente de trabalho.⁸⁶ Estudos realizados praticamente em todo o mundo associam o aparecimento e desenvolvimento da miopia às tarefas prolongadas em VP, principalmente a um melhor desempenho da habilidade leitora.^{3,6,21,23,27,42,48,81,90,119-127} Recentemente alguns autores avançaram com dados que correlacionam a presença e desenvolvimento da miopia com a capacidade intelectual; no entanto este tema continua a ser controverso, não havendo consenso sobre a influência da inteligência sobre o desenvolvimento da miopia ou da miopia no desenvolvimento da inteligência.^{113,128-130}

2.3.1.6 Doenças sistémicas, síndromes e doenças oculares

De entre as síndromes, a que tem dado origem a mais estudos é a síndrome de Down. Vários artigos^{131,132} reportam uma maior incidência da miopia nesta população mas Bromham *et al.*¹³³ em 2002 verificaram que as crianças com síndrome de Down e que sofriam de problemas cardíacos eram mais susceptíveis de desenvolver miopia e nistagmo.

A diabetes é uma das doenças que têm bastantes complicações a nível ocular, havendo, no entanto, opiniões contraditórias quanto à sua influência nos defeitos refractivos. Lee *et al.*⁸⁵

no estudo “*The Beaver Dam Eye Study*” afirmam que a diabetes é uma causa para o aumento da hipermetropia. No entanto no trabalho de Cordain *et al.* de 2002¹³⁴ as conclusões mostram que a diabetes está relacionada com o aumento da miopia. Por seu lado, Guzowski *et al.*,¹³⁵ no estudo “*The Blue Mountains Eye Study*” não encontram diferenças na progressão do erro refractivo para um grupo de diabéticos e outro de não diabéticos.

Curtin em 1985¹⁴ concluiu que algumas doenças oculares, como por exemplo a catarata, o glaucoma, microcórnea, queratocone, atrofia óptica, etc. estavam frequentemente relacionadas com o aparecimento de miopia. O albinismo microftamia e acromatopsia foram relacionados com a hipermetropia. Recentemente, um estudo realizado por Karadayi *et al.*¹³⁶ com 321 pessoas mostra claramente a existência de uma relação entre a hipermetropia e a hipertensão arterial.

2.3.1.7 Factores alimentares

Não existem muitos estudos realizados em humanos sobre a influência da alimentação no desenvolvimento dos erros refractivos. Num trabalho de revisão feito por Cordain *et al.*¹³⁴ em 2002, concluíram que uma dieta desequilibrada, com um valor elevado de açúcar refinado e cereais processados, pode ser responsável pelo aparecimento da miopia juvenil. Nesse mesmo trabalho verificou-se que um consumo exagerado de hidratos de carbono instiga uma sequência de eventos que começa pela interrupção do controlo da glicemia, levando no final a um aumento do CA do olho devido a um descontrolo de um factor de crescimento “*insulin like growth factor 1*” (IGF-1). Num estudo realizado em 1996 por Edwards *et al.*¹³⁷ constata-se que as crianças que se tornaram míopes tinham uma dieta pobre em proteínas, gorduras, vitaminas B1, B2 e C, fósforo, ferro e colesterol, não sendo, no entanto, crianças subnutridas.

Chong *et al.*¹³⁸ apresentaram um trabalho, em 2004, onde verificaram uma maior incidência de miopia nas crianças que em bebés que não foram alimentadas com leite materno.

2.3.1.8 Luz durante o período nocturno

Um dos factores considerados de risco para o aparecimento da miopia foi também o tempo de exposição à luz durante o período nocturno, isto é, se as crianças dormem de luz acesa ou apagada. Num estudo realizado, em 1999, por Quinn *et al.*¹³⁹ verificou-se que o

número de crianças que tinham desenvolvido miopia e que dormiam de luzes acesas era cinco vezes superior ao das que dormiam de luz apagada. No entanto, este factor de risco não foi encontrado nos estudos realizados em Singapura,^{140,141} nem num outro estudo realizado nos Estados Unidos da América.¹⁴² Posteriormente, Loman *et al.*¹⁴³ verificaram que existia uma associação entre miopia e o número de horas de escuridão por dia. Para os alunos de direito que passavam menos de 5-6 horas/dia em condições de escuridão a incidência de miopia era maior.

2.3.2 Preditores do aparecimento da miopia

Praticamente todos os estudos realizados com crianças, adolescentes e jovens adultos apontam para uma tendência miópica, ou seja, um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia. Por esse motivo os estudos sobre os preditores das alterações refractivas são na realidade estudos sobre os preditores do aparecimento ou progressão da miopia. Recentemente tem-se assistido a um aparecimento de inúmeros parâmetros como possíveis preditores das alterações refractivas, no entanto, alguns desses parâmetros não foram confirmados como preditores em outros trabalhos realizados posteriormente e outros não voltaram a ser investigados, sendo portanto difícil aferir a sua capacidade preditiva.

Existem três grupos de parâmetros a que a comunidade científica atribui maior credibilidade. Esses grupos são: o valor do erro refractivo quer à nascença quer no início da idade escolar, alguns parâmetros acomodativos, destacando-se o rácio convergência acomodativa/acomodação (AC/A) e os parâmetros biométricos onde o rácio comprimento axial/raio de curvatura corneal (CA/RC) e a PCV têm o principal destaque.

2.3.2.1 Refracção à nascença

O valor do erro refractivo à nascença é tido por vários autores como um dos mais potentes preditores do estado refractivo na juventude e idade adulta. Gwiazda *et al.*¹⁴⁴ em 1993 seguiram um grupo de crianças desde a nascença até a puberdade e verificaram que 42,0% das crianças que nasceram míopes continuavam míopes aos 13 anos e só 10,0% dos hipermetropes se tornaram míopes nesta idade.

2.3.2.2 Refracção na idade escolar

O valor do erro refractivo no início da escolarização é um dos factores que podem indicar qual o estado refractivo do indivíduo na adolescência. Hirsch, num trabalho realizado na década de 60, conclui que uma criança de 5 ou 6 anos com miopia, de qualquer valor, será míope na idade adulta e provavelmente aumentará o seu valor dióptrico. Verificou também que um hipermetrope com mais de 1,50 D irá permanecer hipermetrope aos 13-14 anos; se o valor da hipermetropia se situa entre 0,50 D e 1,25 D chegará aos 13-14 anos emetrope e para um valor dióptrico entre os 0,00 D e a 0,50 D será muito provavelmente míope na adolescência, a probabilidade de miopização é maior no caso das crianças com astigmatismo contra a regra.

Actualmente considera-se que a refração aos 5 anos é o elemento mais importante para poder prever com alguma garantia a refração da criança quando atingir a idade da adolescência. Segundo o estudo de Zadnik *et al.*,¹⁴⁵ de 1999, a refração aos 5 anos de idade pode utilizar-se para estimar qual será o erro refractivo na adolescência com uma sensibilidade de 86,7% e uma especificidade de 73,3%. Para refrações inferiores a +0,75 D existe uma maior probabilidade de desenvolver miopia. Para valores superiores a +0,75 D existe uma maior probabilidade de permanecer hipermetrope ou tornar-se emetrope.

2.3.2.3 Rácio CA/RC

Outro factor que pode prever o aparecimento da miopia nos adolescentes é rácio CA/RC. Este valor é calculado dividindo o valor do CA pelo raio de curvatura da superfície anterior da córnea. Esta relação é de cerca de 3 para os emetropes, quase sempre maior que 3 nos olhos míopes e inferior a 3 nos hipermetropes.

Em 1988 Grosvenor¹⁴⁶ confrontou os resultados por ele obtidos em crianças malaias com os resultados de Sorsby obtidos na década de 60, com crianças inglesas, e verificou que os ingleses tinham um valor médio da relação CA/RC maior que os malaios. Com base nesta evidência e no facto da incidência da miopia ser muito mais alta na comunidade infantil inglesa, Grosvenor sugeriu que um valor elevado para o CA/RC deveria ser considerado como um preditor para o desenvolvimento da miopia. Esta teoria foi corroborada por Goss e Jackson¹⁴⁷ pois a relação CA/RC era o único factor que diferia entre o grupo de crianças que permaneceram emetropes e os que se tornaram míopes no espaço de 3 anos, num estudo longitudinal realizado com crianças que inicialmente eram emetropes com

idades entre os 8 e os 12 anos. Estes mesmos resultados foram confirmados recentemente por Llorente *et al.*,¹⁴⁸ e Yebra-Pimentel *et al.*,¹⁴⁹ em jovens adultos, onde valores de CA/RC superiores a 3,00 corresponderam a olhos com diferentes valores de miopia. No entanto, num trabalho publicado recentemente Lin¹⁵⁰ estabelece uma fórmula de cálculo da idade de aparecimento da miopia e do crescimento ocular a partir do valor do raio de curvatura central, da dimensão transversal e do CA. Esta nova fórmula, segundo o autor, é um preditor mais importante que o tradicional rácio CA/RC.

2.3.2.4 Profundidade da câmara vítrea

A atribuição à PCV de uma capacidade preditiva das alterações refractivas, nomeadamente do aparecimento da miopia em adultos, não é muito antiga, apesar de ser conhecida há várias décadas a relação entre esta e o erro refractivo.

Há cerca de 10 anos Fledelius¹⁵¹ escreveu que o olho adulto reaprendia a crescer após uma pausa no final da puberdade, atribuindo à PCV um peso substancial neste crescimento. Na mesma altura McBrien *et al.*⁸⁶ e Jiang *et al.*¹⁵² chegaram à conclusão de que a PCV é o factor que se destaca no aparecimento e desenvolvimento da miopia em adultos. Em 2004 Garner *et al.*¹¹⁷ concluíram que a taxa de variação anual da PCV era um preditor da instauração da miopia em jovens nepaleses com uma sensibilidade de 75,0% enquanto que o tradicional rácio CA/RC apresentava uma sensibilidade de 45,0%.

2.3.2.5 Rácio AC/A

Alguma bibliografia reporta que as crianças caucasianas míopes têm um rácio AC/A mais elevado que as crianças emetropes ou hipermetropes.¹⁵³ O rácio mais elevado do AC/A pode ser explicado por uma resposta acomodativa reduzida ou por um aumento da convergência acomodativa.¹⁵⁴ Existem vários trabalhos recentemente publicados que corroboram a teoria de que o AC/A é mais elevado nas crianças míopes, sendo portanto um bom preditor do aparecimento da miopia^{155,156} mas outros trabalhos realizados com crianças asiáticas não provaram esta teoria.¹⁵⁷ Num trabalho publicado este ano, Mutti *et al.*¹⁵⁸ afirmam que não existe diferenças no valor do rácio AC/A para as crianças emetropes ou míopes antes do aparecimento da miopia. Contrariamente, nesse trabalho os autores referem um aumento do AC/A após a instauração da miopia nas crianças.

2.4 Emetropização

As teorias da emetropização surgem inerentes ao conceito de ametropia, como o conjunto de mecanismos que fazem com que esta não se manifeste no olho adulto com tanta frequência como seria de esperar da livre associação dos vários componentes ópticos oculares. A descoordenação entre o tamanho do olho e a potência dos seus componentes ópticos provoca o aparecimento das ametropias que se manifestam com a formação de uma imagem desfocada na retina.

2.4.1 Teorias clássicas

A emetropização é um processo de coordenação entre os componentes oculares pelo qual um maior número de olhos alcança a emetropia do que seria de esperar se a associação de componentes oculares ocorresse de um modo completamente aleatório.

Apesar de existirem várias teorias sobre a influência e contribuição dos diferentes componentes da refração na obtenção de um olho emetrope, só com a invenção do queratómetro e da biometria ultra-sónica foi possível quantificar a sua verdadeira influência. Um dos primeiros estudos foi apresentado por Steiger (1913) que após estudar 5000 jovens concluiu que a curvatura corneal e o CA não estavam correlacionados podendo ser responsáveis pela aparição da ametropia. Esta teoria de Steiger ficou conhecida como a teoria da livre associação dos componentes ópticos oculares. Trinta e cinco anos mais tarde Stenstrom (1948) estudou uma população de 1000 indivíduos e determinou a correlação estatística entre o erro refractivo e PCA, CA, raio de curvatura corneal e potência do cristalino, concluindo que o CA era o factor mais importante na determinação do estado refractivo e que a miopia era fundamentalmente axial. Os seus dados seriam novamente analisados por Hirsch e van Alphen.

Na mesma altura, Hirsch e Weymouth, reavaliando os dados de Sternstrom, propuseram dois mecanismos para explicar o processo de emetropização. Um deles, que relaciona o CA e a PCA de tal forma que um incremento no CA leva a um incremento na PCA, e outro relacionando o CA e o raio de curvatura corneal; um incremento do CA leva a um aplanamento corneal. Estes autores atribuíram os seguintes valores de “responsabilidade” aos componentes oculares na refração: CA: 50,0%; Raio de curvatura corneal: 25,0%; PCA: 5,0%; Cristalino e alterações de índice: 20,0%.

Sorsby *et al.* (1957) observaram que indivíduos com CA, raio corneal e poder dióptrico do cristalino dentro dos intervalos normais encontrados para olhos emetropes desenvolviam ametropias muito diferentes e concluíram que a ametropia devia ser o resultado de um desajuste entre os diferentes componentes oculares. Recorrendo às conclusões de Steiger da livre associação dos componentes da refração, propuseram que na realidade deveria existir um mecanismo de correlação que explicaria a existência de um maior número de indivíduos emetropes do que se poderia esperar numa distribuição totalmente aleatória. Estimaram ainda que a efectividade emetropizadora do sistema visual é muito alta, considerando que 98,0% das pessoas com componentes ópticos nas medidas padrão não ultrapassam defeitos de refração de $\pm 4,00$ D, enquanto apenas 2,0% ultrapassam esses valores tendo componentes ópticos normais. No entanto, esta tese tem pouca utilidade, uma vez que, não se pode considerar que há sucesso emetropizador com valores de refração tão altos.

Van Alphen (1961) propôs outro mecanismo para explicar a emetropização. Reavaliando os dados obtidos por Sternstron (1948) conclui que existiam dois factores fundamentais no controlo da refração. O factor de tamanho, “*size factor*” que atribui importância fundamental ao CA e raio de curvatura corneal e o factor de alongamento do globo ocular, “*stretch factor*” no qual o CA, a PCA e propriedades do cristalino (espessura e potência das superfícies), são os componentes mais preponderantes. Segundo van Alphen, o que mais determina a refração é o factor de alongamento, isto é, o que na verdade determinará a ametropia ou emetropia será o êxito com que actue este “factor de alongamento”. Van Alphen propôs ainda um terceiro factor denominado factor de descarrilamento, “*derailment factor*” que inclui todos os componentes e representa um defeito ou excesso do factor de alongamento.

2.4.2 Modelos animais

Os estudos com animais têm contribuído fortemente para o conhecimento da evolução refractiva e em particular para o conhecimento do aparecimento e evolução da miopia. Os estudos animais permitem a realização de experiências que seria impossível realizar em humanos, obtendo-se desta forma informação que ajuda a compreender o nosso próprio processo de emetropização.

É atribuído a Levinsohn (1912) o início da experimentação animal nesta área. Ele queria provar que a miopia surgia devido a uma tracção do nervo óptico quando o olho se encontrava voltado para baixo; para isso utilizou gatos, cães e coelhos que colocou dentro de caixas mantendo-lhes a cara paralela ao chão durante 6 horas por dia durante 6 meses; não obtendo os resultados esperados voltou a repetir esta experiência com macacos, podendo verificar que um dos macacos desenvolveu miopia de 2,00 D ao fim de 4 semanas e outro de 14,00 a 15,00 D ao fim de 9 meses.¹⁵⁹ Outras experiências foram desenvolvidas durante as décadas de 60, 70 e 80 do século passado, sendo em quase todas elas suturados as pálpebras dos animais, fechados em habitáculos muito pequenos ou mantidos às escuras, chegando-se, em praticamente todas elas, à conclusão de que a privação visual produzia miopia devido a um alongamento do globo ocular.¹⁶⁰ As experiências levadas a cabo por Raviola permitiram levantar a hipótese da existência de uma base molecular por trás das alterações refractivas. Outro tipo de experiências que se têm realizado mostram que existe um mecanismo de retroalimentação que está implicado no processo de emetropização.^{161,162} Foi demonstrado que a degradação da imagem retiniana devido à desfocagem promove o crescimento axial do olho nos animais.¹⁶³

2.4.3 Teorias modernas da evolução refractiva

Actualmente e apesar de inúmeras investigações levadas a cabo nesta área nos últimos anos não são claros quais os mecanismos que controlam o crescimento ocular.

A evolução refractiva, nomeadamente o aparecimento e progressão da miopia, está fortemente correlacionada com o CA. Existem poucas dúvidas de que a progressão da miopia em adolescentes e jovens adultos se deve a um aumento da PCV e consequentemente do CA. Foram propostas 3 teorias que visam explicar este fenómeno: a teoria da pressão intra-ocular elevada, a da acomodação excessiva e a da desfocagem da imagem retiniana.

2.4.3.1 Pressão intra-ocular

Inicialmente pensava-se que o crescimento da PCV e que conduz a um aumento da miopia se devesse a um aumento da pressão intra-ocular. No entanto, vários estudos comprovaram que os olhos em que a miopia aumentou não apresentavam valores mais elevados da

pressão intra-ocular antes ou durante a progressão da miopia.¹⁶⁴ O uso de fármacos hipotensores também não foram eficazes para o controlo da progressão da miopia.¹⁶⁵ Por estes motivos esta teoria foi posta de parte considerando-se hoje em dia que a pressão intra-ocular não é um potencializador da progressão da miopia.

2.4.3.2 Acomodação

Uma resposta acomodativa anómala foi considerada como um dos principais factores para explicar a tendência miópica das gerações mais jovens sujeitas a elevado stress visual.⁵¹ Um facto que explica também a associação da progressão da miopia com o stress visual em VP é a maior prevalência da miopia em populações urbanas em relação a populações rurais, em sociedades civilizadas em relação a sociedades indígenas¹¹⁴ ou em determinadas profissões.¹⁶⁶ A maioria dos métodos ensaiados para a retenção da progressão da miopia têm como base a teoria de que um esforço acomodativo excessivo poderia conduzir ao aparecimento ou progressão da miopia.¹⁶⁷ Diversas investigações confirmaram que durante a acomodação o olho sofre uma certa compressão no seu diâmetro equatorial produzindo dessa forma um crescimento da câmara vítrea.^{168,169}

2.4.3.3 Desfocagem da imagem retiniana

Nos primeiros meses de vida não existe correspondência entre o erro refractivo, a curvatura corneal e o CA; à medida que o olho vai crescendo verifica-se um fenómeno de correlação entre os vários componentes ópticos, que permite ao olho tornar-se emetropo; esse fenómeno chama-se emetropização. Existe, certamente, uma ligação entre a córnea, cristalino e CA para que o olho saiba o que deve fazer para alcançar a emetropia. A imagem retiniana desfocada é considerada por vários autores¹⁷⁰⁻¹⁷² como um sinal fundamental para o olho “saber” como realizar o seu processo de emetropização. Resumidamente a imagem retiniana forma-se mais desfocada devido as alterações refractivas da córnea durante o crescimento e na tentativa de compensar a desfocagem o CA aumenta. Este mecanismo é conhecido como modelo de retroalimentação. No ser humano a actividade de leitura, por exemplo, pode ser a causa da formação de uma imagem desfocada na retina, dando origem a um processo de auto-regulação com o objectivo de eliminar a desfocagem da imagem retiniana.¹⁷³ A permanente exposição do sistema visual (durante meses ou anos) pode ser comparada às experiências realizadas com animais, onde se veio a verificar um aumento da

miopia em menores períodos de tempo.^{162,174} Hung *et al.*¹⁷⁵ propuseram que a dopamina, um neurotransmissor libertado pelas células amácrinas da retina pudesse estar envolvida no processo de regulação do crescimento do globo ocular. A teoria de desenvolvimento do erro refractivo proposta por Hung *et al.*¹⁷⁵⁻¹⁷⁷ em 2000 baseia-se no conceito de que as alterações na magnitude da desfocagem da imagem na retina durante o período de crescimento ocular programado geneticamente, fornece informação importante sobre a taxa de crescimento ocular. Segundo os autores, o crescimento ocular para além do período geneticamente programado deve-se à exposição permanente da retina a imagens desfocadas, principalmente na retina periférica.

Resumidamente, a teoria de desenvolvimento do erro refractivo de Hung *et al.* atribui à retina e aos neurotransmissores presentes nas suas células um papel fundamental na percepção da desfocagem das imagens e modelação do crescimento axial do globo ocular para a compensar, estando também esse crescimento condicionado pela informação genética.

2.5 Controlo da progressão da miopia

O controlo da progressão da miopia é um tema que cada vez mais preocupa os investigadores e clínicos de todo o mundo, motivados pela já referida tendência miópica das sociedades dos países desenvolvidos, particularmente dos países asiáticos^{178,179} onde o aumento da prevalência da miopia atinge níveis considerados pandémicos por vários investigadores.^{29,180}

Apesar da miopia por si só não ser considerada uma disfunção grave do sistema visual, pode levar a complicações que podem comprometer a visão de forma permanente e definitiva, sendo o desprendimento da retina o mais frequente e um dos mais graves. Estas alterações são mais frequentes e mais graves à medida que aumenta o grau de miopia e o CA do olho, já que ambos os parâmetros estão frequentemente relacionados.¹⁸¹ Existe, portanto, um pensamento dominante entre os investigadores e clínicos que se se conseguir evitar o crescimento da miopia para além das 5,00 ou 6,00 D se poderá reduzir significativamente o risco das complicações associadas à miopia e que potencialmente podem provocar cegueira.

2.5.1 Estratégias para abrandar a progressão da miopia

Na tabela 2.7 apresentam-se de forma resumida as principais estratégias ou abordagens usadas pela comunidade científica para tentar travar a progressão da miopia.

Tabela 2.7 Resumo das intervenções clínicas para diminuir a progressão da miopia

Intervenção	Factores estimulantes do crescimento ocular onde pretendem actuar	Efectividade
Hipotensores oculares	Pressão intra-ocular; diminuir a pressão intra-ocular para diminuir o crescimento ocular	Sem efeito
Subcompensação	Acomodação: diminuir o esforço acomodativo em VP	Sem efeito
Lentes bifocais e progressivas	Acomodação: diminuir o esforço acomodativo em VP sem prejudicar a imagem de VL	Efectividade limitada
Lentes de contacto de hidrogel	Qualidade de imagem; diminuir o aumento posterior do globo ocular melhorando a qualidade da imagem na retina central e periférica	Sem efeito (pode levar ao aumento da miopia)
Lentes de contacto de hidrogel silicone	Qualidade de imagem; diminuir o aumento posterior do globo ocular melhorando a qualidade da imagem na retina central e periférica	Resultados preliminares animadores (ainda em estudo)
Lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases	Qualidade de imagem; diminuir o aumento posterior do globo ocular melhorando a qualidade da imagem na retina central e periférica	Efeito relativo (não se demonstrou uma diferença no CA em relação às LCH)
Ortoqueratologia	Qualidade de imagem; diminuir o aumento posterior do globo ocular melhorando a qualidade da imagem na retina central e periférica	Efeito significativo
Atropina e lentes bifocais	Acomodação e crescimento ocular: anular a resposta acomodativa em VP	Efeito significativo (contra-indicações e efeitos secundários sistémicos e oculares)
Pirenzipina	Acomodação e crescimento ocular: anular a resposta acomodativa em VP sem induzir midríase	Efeito significativo (efeitos secundários oculares)
Tropicamida	Acomodação e crescimento ocular: anular a resposta acomodativa em VP	Sem efeito

Têm sido vários os trabalhos realizados em todo o mundo com a finalidade de refrear a progressão da miopia. As diferentes estratégias terapêuticas para retardar ou deter a progressão da miopia implicam o uso de fármacos como a atropina¹⁸² ou a pirenzepina,^{183,184} o de lentes bifocais e progressivas e o uso de lentes de contacto de diferentes tipos, principalmente de lentes rígidas permeáveis aos gases de geometria convencional¹⁸⁵ e de geometria inversa (ortoqueratologia)¹⁸⁶ entre outros. De salientar que muitos destes estudos, principalmente os que recorrem ao uso de fármacos, foram postos em causa pela agressividade que representam não só para a integridade ocular mas também pelos efeitos secundários que já se demonstraram ter ou possam vir a ter a médio e longo prazo.

2.5.2 Efectividade dos métodos usados para retardar a progressão da miopia

Nos últimos anos tem-se assistido à realização de estudos com este objectivo. Na tabela 2.8 apresentam-se de forma resumida os resultados de alguns estudos onde foram ensaiados diversos métodos de intervenção para controlar a progressão da miopia.

Tabela 2.8 Resumo estudos realizados para retardar a progressão da miopia

Autor	Tipo de estudo	Participantes início e (final)	Miopia (D)	Idade (anos)	Intervenção	Resultados
Mehta (2004) ¹⁸⁷	Retrospectivo (5 anos)	30; 30; 30	<-6,00	15-25	a) óculos b) LCRPG c) LCH	Progressão miopia a) 0,80 D b) 0,45 D c) 0,20 D
Shih (2001) ¹⁸⁸	Longitudinal (>18 meses)	227 (188)	-	6-13	a) Atropina+ Progressivos b) Progressivos c) Monofocais	Progressão miopia (CA) a) 0,41 D (0,22 mm) b) 1,19 D (0,49 mm) c) 1,40 D (0,59 mm)
Gwiazda (2004) ^{189,190}	COMET Longitudinal (18 meses)	469 (462)	-1,25 a -4,50	6-11	a) Progressivos (+2,00) b) Monofocais	Progressão miopia (CA) a) 1,28 D (0,64 mm) b) 1,48 D (0,75 mm)
Edwards (2002) ¹⁹¹	Longitudinal (2 anos)	138 (121) 160 (133)	-1,25 a -4,50	7-11	a) Progressivos (+1,50) b) Monofocais	Progressão miopia (CA) a) 1,11 D (0,61 mm) b) 1,26 D (0,63 mm)
Horner (1999) ¹⁹²	Longitudinal (3 anos)	175	-	11-14	a) LCH b) Monofocais	Progressão miopia: a) 0,36 D/ano b) 0,30 D/ano
Long (2006) ¹⁹³	Longitudinal (3 anos)	36; 36	-		a) LCH Si-Hi (uso contínuo) b) LCH baixo Dk	Progressão miopia a) 0,03 D b) 0,40 D
Katz (2003) ¹⁹⁴	Longitudinal (2 anos)	281 (105); 283 (192)	-1,00 a -4,00	6-12	a) LCRPG; b) Monofocais	Progressão miopia (CA) a) 1,33 D (0,84 mm) b) 1,28 D (0,79 mm)
Walline (2004) ¹⁸⁵	CLAMP Longitudinal (3 anos)	147 (116); 59; 57	-0,75 a -4,00	8-11	a) LCRPG b) LCH	Progressão miopia (CA) a) 1,56 D (0,81 mm) b) 2,19 D (0,76 mm)
Shum (2005) ¹⁹⁵	Longitudinal (18 meses)	27; 61	-	11	a) Ortoqueratologia b) Controlo	Progressão PCV a) 0,28 mm b) 0,40 mm
Siatkowski (2004) ¹⁸³	Longitudinal (12 meses)	117 (114); 57 (57)	-0,75 a -4,00	8-12	a) Pirenzepina 2,0% b) Placebo	Progressão miopia (CA) a) 0,26 D (0,19 mm) b) 0,53 D (0,23 mm)
Cho (2005) ¹⁸⁶	Longitudinal (2 anos)	43 (35); 35	-0,25 a -4,50	7-12	a) Ortoqueratologia b) Monofocais	Progressão CA (PCV) a) 0,29 mm (0,23 mm) b) 0,54 mm (0,48 mm)

LCH, lentes de contacto de hidrogel; LCRPG lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases

De seguida apresenta-se os estudos com maior impacto na área da retenção da miopia a nível mundial. Na selecção de estudos apresentada deu-se preferência aos estudos longitudinais controlados e com um elevado número de participantes.

Estudo COMET (*Correction of Myopia Evaluation Trial*): avaliou a evolução da miopia durante um período de 3 anos em 469 crianças de idades compreendidas entre os 6 e os 11 anos. A progressão da miopia foi 0,20 D superior nas crianças usuárias de óculos monofocais quando comparadas com as que utilizaram óculos progressivos com adição de +2,00 D.^{190,196}

Estudo *Hong Kong Progressive Lens Myopia Control*: analisou a progressão da miopia durante um período de 2 anos em 253 crianças com idade entre os 7 e os 11 anos. A progressão da miopia foi 0,15 D superior no grupo de crianças que usaram óculos monofocais quando comparada com as que utilizaram óculos progressivos com adição de +1,50 D.¹⁹¹

Estudo CLAMP (*Contact Lens and Myopia Progression*): estudou a progressão da miopia durante um período de 3 anos em 116 crianças com idades entre os 8 e 11 anos que utilizaram lentes de contacto de hidrogel e lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases. A progressão da miopia foi de 0,63 D superior no grupo de crianças que utilizaram lentes de contacto de hidrogel quando comparada com as que usaram lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases. Não foram detectadas diferenças significativas no crescimento do globo ocular. Verificaram ainda que metade da diferença deveu-se a um aplanamento corneal, pelo que consideram que não se deve usar as lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases como um método de eleição para evitar a progressão da miopia, podendo, no entanto este método ser usado de forma vantajosa para a compensação da miopia nas crianças.^{185,197}

Estudo LORIC (*Longitudinal Orthokeratology Research in Children*): estudou a progressão da miopia durante um período de 2 anos em 70 crianças dos 7 aos 12 anos, das quais 35 usavam lentes de contacto de geometria inversa para ortoqueratologia e 35 (grupo de controlo) utilizavam óculos monofocais. Durante esse tempo o aumento da PCV foi de 0,23 mm para o grupo de ortoqueratologia e de 0,48 mm para o grupo controlo. Verificou-se também que no grupo de ortoqueratologia, e contrariamente ao que sucedia com o grupo de controlo, a progressão da miopia era menor para aqueles em que o defeito refractivo inicial era maior.¹⁸⁶

Estudo (*US Pirenzepine Study Group*): estudou a progressão da miopia durante um período de 2 anos em 174 crianças com idades entre os 8 e os 12 anos, das quais 117 eram tratadas com pirenzepina 2,0% e 57 com um fármaco placebo. A progressão da miopia foi 0,26 D inferior no grupo de crianças às quais instilaram pirenzepina quando comparadas com o grupo controlo. Não obtiveram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos para o crescimento axial do globo ocular.¹⁸³

Estudo (*Asia Pirenzepine Study Group*): este estudo está neste momento a desenvolver-se na Ásia e não existem ainda resultados disponíveis sobre a progressão da miopia mas os dados apresentados até à data vão de encontro aos do estudo realizado nos Estados Unidos (*US Pirenzepine Study Group*).

Neste momento as recomendações clínicas são contrárias à prescrição de óculos bifocais, de lentes de contacto de hidrogel ou ao uso de atropina, neste caso devido ao efeitos secundários sistémicos que podem ocorrer a médio ou longo prazo.¹⁷⁹

Apesar de existirem evidências que apontam para a possibilidade das lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases de geometria convencional ou inversa terem um efeito significativo na redução da progressão da miopia em crianças, estudos mais recentes não detectaram diferenças estatisticamente significativas entre o uso destas lentes ou o uso de lentes de hidrogel¹⁸⁵ ou óculos monofocais.¹⁹⁴ Neste último estudo são apontados como possíveis factores para o facto de não haver diferenças entre os 2 grupos, a existência de mais mulheres, córneas mais curvas e mais miopia no grupo de usuários de óculos monofocais.

As lentes de contacto de hidrogel de silicone em regime de uso contínuo, à semelhança do que acontece com as lentes de contacto rígidas permeáveis aos gases, promovem a redução da miopia devido a um aplanamento dos raios de curvatura da córnea.¹⁹³

A pirenzepina, apesar de ter mostrado efeitos na redução da progressão da miopia, é um tratamento controverso, dado que se trata de um fármaco cujos efeitos secundários a longo prazo não são conhecidos.

2.6 Acomodação

A acomodação é o processo pelo qual o sistema óptico do olho varia a sua distância focal, alterando a potência refractiva do cristalino, permitindo a formação de uma imagem nítida na retina de um objecto situado a uma distância finita.

2.6.1 Componentes da acomodação

A classificação, que a seguir se apresenta, é da responsabilidade de Heath e data de 1956. Esta classificação divide a acomodação em quatro componentes: acomodação reflexa, acomodação proximal, acomodação devido à convergência e acomodação tónica.

A *acomodação reflexa* é a resposta acomodativa automática que surge com o objectivo de obter e manter uma imagem retiniana nítida em resposta à formação de uma imagem retiniana desfocada. Os valores da acomodação reflexa surgem para pequenos valores de desfocagem, até 2,00 D sendo requerido um esforço de acomodação voluntária para valores de desfocagem maiores.¹⁹⁸

A *acomodação proximal* é o tipo de acomodação que surge porque o sujeito se apercebe de que um objecto está próximo. Este tipo de acomodação é estimulado para objectos que se encontrem a uma distância máxima de 3 metros (m).¹⁹⁹

A *acomodação devido à convergência* é o tipo de acomodação que é induzida pela ligação neurológica entre as vergências e a acomodação, ou seja é a acomodação que é estimulada quando se estimula a convergência para manter a visão única e nítida dos objectos que se aproximam.

A *acomodação tónica* aparece mesmo na ausência de desfocagem ou da proximidade de objectos; caracteriza-se, portanto, por existir na ausência de estímulos acomodativos. Uma forma de medir este tipo de acomodação é colocar um indivíduo numa câmara escura a uma distância mínima de 3 m das paredes. Para indivíduos jovens encontraram-se valores de acomodação tónica de 1,00 D.^{37,38}

2.6.2 Anomalias da acomodação

Embora a maioria dos clínicos pretenda classificar os seus pacientes como padecendo de um determinado problema acomodativo, a maioria deles não se enquadra na definição de um único problema, havendo uma forte relação entre os problemas acomodativos e de vergências.

A classificação dos problemas acomodativos foi realizada por Duke Elder em 1949. Nessa classificação os problemas acomodativos eram divididos em acomodação aumentada e acomodação diminuída.

2.6.2.1 Acomodação aumentada

Os problemas de acomodação aumentada são: excesso de acomodação e espasmo acomodativo.

Espasmo acomodativo caracteriza-se pela existência de uma resposta acomodativa mesmo na ausência de um estímulo. O *excesso acomodativo* ou *hiperacomodação* são os nomes pelos quais se conhece uma anomalia de acomodação que se caracteriza pela existência de uma resposta acomodativa superior ao que seria normal para um determinado estímulo.

2.6.2.2 Acomodação diminuída

Os problemas de acomodação diminuída são: insuficiência acomodativa, fadiga acomodativa, inflexibilidade acomodativa e paralisia acomodativa.

A *insuficiência de acomodação* é uma anomalia acomodativa que se caracteriza por uma amplitude de acomodação com valores inferiores aos esperados para a idade do sujeito. Esta condição é também conhecida como presbiopia prematura e é de todas as anomalias de acomodação a mais frequente.

A *fadiga acomodativa* é uma disfunção acomodativa que se caracteriza por o sujeito apresentar um valor da amplitude de acomodação normal mas não ser capaz de realizar repetidamente e durante algum tempo tarefas que estimulem a acomodação.

A *inflexibilidade acomodativa* ou *inércia acomodativa* é uma desordem da acomodação que se caracteriza por uma lentidão na resposta acomodativa, ou seja pela existência de um intervalo de tempo grande entre o estímulo acomodativo e a resposta. O principal sintoma desta disfunção é o aparecimento da visão desfocada em VL depois de actividades

prolongadas em VP. A inflexibilidade acomodativa tem sido considerada como um dos percursos da miopia.²⁰⁰

A *paralisia acomodativa* é uma situação rara e caracteriza-se por uma incapacidade de resposta acomodativa diante de um estímulo. Esta situação pode ocorrer devido ao uso de substâncias químicas, como por exemplo o ciclopentolato, a intoxicações, envenenamentos, traumas e doenças oculares ou sistémicas. Pode ocorrer unilateral ou bilateralmente e normalmente está associada a uma pupila extremamente dilatada ou fixa.

Existe uma disfunção da acomodação que é conhecida por *anisoacomodação* ou *acomodação desigual* e que se caracteriza por uma diferente acomodação entre ambos olhos. É uma anomalia rara onde se verifica uma amplitude de acomodação diferente entre os dois olhos, uma flexibilidade acomodativa diferente ou mesmo um espasmo de acomodação num olho e não no outro.

2.6.2.3 Presbiopia

A presbiopia é considerada por muitos autores como uma insuficiência acomodativa devido ao endurecimento do cristalino, ou seja, o sujeito não tem uma amplitude de acomodação que lhe permita responder a um estímulo acomodativo. Na realidade não é uma insuficiência de acomodação, pois a definição de insuficiência de acomodação refere-se a valores inferiores aos valores médios para a faixa etária, e um presbita apresenta valores que são normais para a sua idade. Assim sendo, a presbiopia é uma incapacidade fisiológica do sistema acomodativo relacionada com a idade e que o impede de responder a um estímulo acomodativo com eficácia.

2.6.3 Testes de acomodação

Existem 3 grandes grupos de exames para avaliar a função acomodativa; a medida da amplitude de acomodação, da facilidade acomodativa e da resposta acomodativa. Devido ao facto de existir uma interacção entre a acomodação e as vergências em condições de binocularidade, é necessário isolar o sistema acomodativo para que, dessa forma, os resultados não sejam influenciados pelo sistema de vergências.

A *amplitude de acomodação* é a capacidade máxima de aumento do poder dióptrico do olho e pode-se medir através da retinoscopia dinâmica, da técnica de aproximação (método de Donders) ou através do método das lentes negativas (método de Sheard).

A *flexibilidade acomodativa* ou também chamada facilidade acomodativa é a capacidade que o sistema acomodativo tem para mudar de um nível de acomodação para outro. Mede-se normalmente através dos ciclos que consegue fazer com lentes positivas (relaxar) e negativas (estimular).

Quando um objecto se encontra colocado a uma distância inferior ao infinito óptico (6 m) surge uma *resposta acomodativa* que tipicamente é inferior ao estímulo. A diferença entre o estímulo e a resposta acomodativa é chamado atraso acomodativo ou “LAG” acomodativo. A retinoscopia dinâmica, independentemente do método usado, permite determinar com rigor o valor do atraso acomodativo assim como o exame subjectivo em VP.

2.7 Visão binocular

Considerando os dois olhos como dois instrumentos ópticos separados, o que seria de esperar era a presença habitual de diplopia. No entanto, o que é habitual é a visão haplopica, ou seja, a visão de uma única imagem. A visão binocular pode ser descrita como a percepção visual simples, que surge do processamento cortical da informação que chega simultaneamente de ambos os olhos.

Para que se produza o fenómeno de visão binocular simples é necessária a conjugação de vários factores. Os dois olhos devem ser capazes de por separado produzir imagens nítidas e sem diferenças significativas no tamanho e na forma, levando à criação de um campo binocular amplo como resultado dos campos monoculares, é o primeiro pressuposto para que se forme a visão binocular. O segundo pressuposto é que os dois olhos devem ser capazes de se alinharem e moverem de forma coordenada, para que as imagens retinianas de um objecto se formem sobre a fóvea de cada olho. A capacidade para transmitir a informação recebida nas retinas às regiões do córtex cerebral através da via óptica e a capacidade cerebral para integrar e fundir as imagens obtendo uma representação única e tridimensional do objecto é o terceiro pressuposto.

2.7.1 Aspectos sensoriais da visão binocular

2.7.1.1 Localização

A percepção da posição de um objecto depende da área retiniana que estimula. Cada área retiniana tem uma direcção visual que localiza sempre na mesma direcção todos os objectos que a estimulem. A fóvea é a direcção visual principal; na posição visual primária a fóvea é estimulada pelos objectos que se encontrem à frente do olho.

As outras áreas da retina localizam em relação a fóvea, tendo cada zona uma direcção visual concreta. Isto é fixo e independente da posição em que se encontra o olho. A retina nasal é estimulada por objectos localizados no semicampo visual temporal, a retina temporal é estimulada por objectos situados no semicampo nasal, a retina superior por objectos situados no semicampo inferior e a retina inferior pelos objectos situados no semicampo superior.

2.7.1.2 Correspondência retiniana

Existe correspondência entre dois pontos ou áreas da retina de ambos os olhos quando esses pontos têm igual direcção visual e valor motor. A correspondência é um fenómeno cortical que implica a existência de binocularidade, sendo no córtex visual onde se integra a informação proveniente de ambos os olhos. Os pontos são estimulados pelo mesmo objecto possibilitando assim que ambas as imagens sejam fusionadas. As fóveas são as áreas correspondentes de maior importância, dado que a sua estimulação determina o eixo ao redor do qual se ordena todo espaço que o campo visual binocular abarca.

2.7.1.3 Horóptero

O horóptero é uma superfície imaginária, ligeiramente côncava na direcção do observador, centrada no ponto de fixação, que se desloca com os dois olhos. Nessa superfície imaginária encontram-se todos os pontos situados no espaço objecto que formam imagens sobre pares de pontos retinianos correspondentes (figura 2.4).

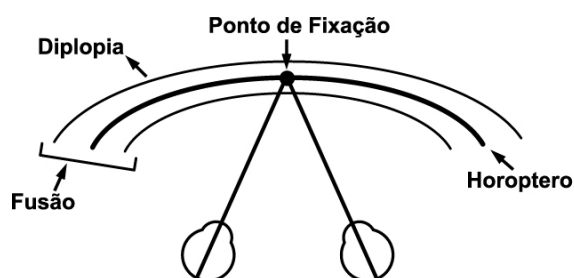


Figura 2.4 Horóptero humano.

Em 1950, Ogle, realizou alguns trabalhos que ainda hoje são referência nesta área. Num desses trabalhos, demonstrou que se os pontos retinianos correspondentes para os dois olhos estivessem simetricamente situados, a forma do horóptero seria um círculo (círculo de Vieth-Mueller), que passaria através do ponto de fixação e os centros da pupila de entrada de ambos os olhos. Na realidade o horóptero tem uma curvatura muito mais plana que o círculo de Vieth-Muller, sendo côncavo, em relação ao observador, para distâncias curtas e convexo para distâncias mais afastadas.

Se se fizesse um corte horizontal no horóptero ver-se-ia que para além de existir fusão no próprio horóptero, onde a correspondência é ponto a ponto entre ambas as retinas, existe uma zona mais ampla na qual os objectos incluídos nessa área, embora não formem as suas imagens em pontos exactamente correspondentes, são igualmente fusionados. A essa área chama-se área de Panum. Esta capacidade de interpretação de imagens díspares é a base da visão com profundidade, a esteriopsia.

Quando a fixação binocular tem lugar em pontos não exactamente correspondentes, mas existindo fusão, chama-se a essa capacidade a disparidade de fixação. Dependendo da disparidade ser menor ou maior a fusão será mais fácil ou mais difícil.

Diplopia fisiológica, é um fenómeno que se verifica constantemente e consiste na visão dupla de todos os objectos que estejam por detrás ou à frente do horóptero ou mais concretamente da área de Panum. Este fenómeno surge devido ao facto dos objectos formarem as imagens em pontos não correspondentes em ambas as retinas nasais quando posicionados para além da área de Panum, e nas retinas temporais quando os objectos estão posicionados entre o olho e a área de Panum.

A diplopia fisiológica pode ser cruzada ou heterónima para objectos que estão entre o sujeito e o horóptero, o olho direito (OD) vê o objecto à esquerda e o olho esquerdo (OE) vê o objecto à direita. Quando o objecto se encontra para lá do horóptero a diplopia fisiológica chama-se direita ou homónima.

2.7.1.4 Graus da visão binocular

A classificação clássica da visão binocular divide-a em três graus. O primeiro grau de visão binocular é a existência da percepção simultânea, ou seja, o cérebro é capaz de perceber que cada olho produz uma imagem de um determinado objecto. O segundo grau é a fusão neuronal; o cérebro é capaz de interpretar as duas imagens como sendo uma só. O terceiro grau de visão binocular é a esteriopsia. A esteriopsia é a percepção da profundidade e das distâncias, ou seja, a visão a três dimensões.

2.7.2 Aspectos motores da visão binocular

Os movimentos oculares podem ser de dois tipos, sendo o movimento em que ambos os olhos se movem na mesma direcção chamado de movimento conjugado ou de versão, e o movimento dos olhos em direcções contrárias chamado de movimento disjunto ou de vergência. Quando no movimento de vergência os olhos afastam-se um do outro chama-se divergência e convergência quando se aproximam um do outro.

2.7.2.1 Movimentos conjugados ou de versão

Os movimentos conjugados ou de versão são movimentos oculares em que os dois olhos se movimentam na mesma direcção. Com a excepção dos movimentos verticais, todos os outros movimentos conjugados implicam a acção de músculos diferentes para os dois olhos; a estes pares de músculos que participam nos movimentos chamam-se músculos sinérgicos.

Existem dois tipos de movimentos de versão: os movimentos de seguimento e os movimentos sacádicos. O movimento sacádico é um movimento rápido e brusco, iniciado por um aumento rápido da enervação dos músculos implicados. Estes movimentos podem produzir-se como movimentos voluntários de refixação, movimentos involuntários ou em resposta a um estímulo visual ou auditivo; na fase rápida do nistagmos, movimentos

oculares rápidos durante o sono, movimentos microsacádicos e em movimentos de seguimento com uma velocidade superior a 45 graus por segundo.

Os movimentos de seguimento são movimentos conjugados, mais lentos, que se produzem para manter a imagem de um objecto em movimento sobre a fóvea ou a imagem de um objecto parado sobre a fóvea quando se realiza movimentos de cabeça.

2.7.2.2 Movimentos disjuntos ou de vergência

Os movimentos disjuntos ou de vergência são de dois tipos: os de convergência e os de divergência. Estes movimentos surgem quando se pretende observar objectos que se encontram a diferentes distâncias. Os movimentos de vergência são estimulados por alterações da acomodação, disparidade retiniana e a consciência da proximidade de um objecto. Dos dois tipos de movimentos de vergência existentes a convergência é o mais estimulado chegando a ser dez vezes superior ao de divergência. Os movimentos de vergência têm uma velocidade aproximada de 20 graus por segundo. O objectivo primário dos movimentos de convergência é posicionar as imagens do objecto na fóvea de ambos os olhos e conservá-las lá. A convergência especifica-se em relação ao centro de rotação do olho e é medida em dioptrias prismáticas (Δ).

i) Componentes da convergência

A primeira descrição dos movimentos de vergência e a sua classificação foi feita por Maddox em 1893. Quase um século mais tarde (1980) Morgan analisou e comentou os seus conceitos, atribuindo-lhe uma base muito forte de experiência clínica. Maddox descreveu quatro componentes da convergência: convergência tónica, convergência acomodativa, convergência fusional e convergência proximal.

A *convergência tónica* é a convergência que permite trazer os olhos da posição anatómica de repouso para a posição fisiológica de repouso ou posição fórica. A posição fisiológica de repouso é aquela que adoptam os olhos em situações de ausência de estímulos de fusão. Se não existisse enervação nos músculos oculares (por exemplo num cadáver) a posição anatómica de repouso seria de divergência. São duas as causas não visuais para existência da convergência tónica, a tonicidade dos músculos oculares e o mecanismo de controlo central da convergência. Este mecanismo é normalmente afectado pela sonolência, álcool,

fármacos anestésicos, etc.²⁰¹ Uma convergência tónica excessiva dá lugar a uma endoforia e uma convergência tónica insuficiente dá origem a uma exoforia.

A *convergência acomodativa* é a componente da convergência que está directamente relacionada com a acomodação. No caso de um indivíduo ortofórico em VL o valor da convergência acomodativa determinará o estado fórico em VP. Um parâmetro muito utilizado, quer clínica quer experimentalmente, para caracterizar a relação entre a acomodação e a convergência é o AC/A. O rácio AC/A é a relação entre a convergência acomodativa e a acomodação, ou seja, o valor da convergência acomodativa que é estimulada ou relaxada por cada dioptria de acomodação que é estimulada ou relaxada. Os valores normais do AC/A situam-se no intervalo entre 4/1 ou 6/1 considerando-se baixos os valores inferiores a 4 e altos para valores superiores a 6.

A *convergência fusional* ou reflexa é a componente da convergência que evita que o indivíduo apresente visão dupla. É a componente que compensa qualquer excesso ou deficiência da componente tónica da convergência. No caso de existir uma exoforia a convergência fusional é positiva, sendo negativa nos casos de endoforia. Morgan propôs que à convergência fusional negativa se chamasse vergência fusional negativa.

Maddox propôs o nome de convergência voluntária, mas actualmente é conhecida por *convergência proximal*, sendo definida como a componente da convergência que ocorre devido ao facto do sujeito ter conhecimento de que o objecto ou ponto de fixação se encontra numa posição perto dele.

ii) Anomalias da convergência

Algumas das anomalias da convergência são conhecidas há mais de um século, tendo sido Duane a introduzir pela primeira vez o termo insuficiência de divergência. No entanto este tema tem sido objecto de vários estudos desde essa altura, sendo as definições de cada anomalia em alguns aspectos divergentes de uns autores para outros.

A *insuficiência de convergência* é uma condição na qual existe uma exoforia em VP e uma ortoforia ou exoforia baixa em VL, um ponto próximo de convergência afastado, uma vergência fusional positiva reduzida e uma relação AC/A baixa. De todos os problemas de visão binocular não estrábica é o mais vulgar na população adulta.

A *insuficiência de divergência*, foi introduzida há mais de um século por Duane para caracterizar a condição em que existe uma endoforia em VL e ortoforia ou uma ligeira endoforia em

VP. É uma anomalia de rara incidência mas que produz grande sintomatologia. Actualmente a sua definição continua a ser controversa sendo que a maioria dos autores não especificam valores para as endoforias dizendo apenas que se caracteriza por uma endoforia significativa em VL e uma ligeira endoforia em VP.²⁰²

O *excesso de convergência* é uma condição que apresenta uma endoforia em VP e ortoforia ou uma endoforia baixa ou moderada em VL. Podendo apresentar também uma vergência fusional negativa reduzida e uma relação AC/A alta. O excesso de convergência é um dos problemas da visão binocular não estrábica mais frequentes, sendo a sua incidência de cerca de 5,0%.^{203,204}

O *excesso de divergência* é uma condição que se caracteriza por apresentar uma exoforia elevada em VL e uma ortoforia ou ligeira exoforia em VP. Normalmente o valor do rácio AC/A é alto. Existe uma tendência para que o exodesvio seja intermitente e que varie com o nível de concentração do sujeito.

A *endoforia básica* é uma condição na qual a vergência fusional tónica é alta e com um rácio AC/A normal, o que implica a existência de uma quantidade de endoforia semelhante em VL e de VP, e uma vergência fusional negativa baixa em ambas as distâncias.

A *exoforia básica* é uma condição na qual a vergência fusional tónica é baixa e o rácio AC/A é normal, levando ao aparecimento de uma exoforia igual em VL e VP com a vergência fusional positiva reduzida em ambas as distâncias.

A *disfunção das vergências fusionais*; caracteriza-se por ter valores da vergência fusional positiva e negativa baixas e valores normais para as forias (ortoforia ou ligeira endoforia ou exoforia) e um rácio AC/A normal. Não existe na literatura um valor de incidência desta anomalia na população.

Capítulo 3 - Material e Método

Neste capítulo serão expostos os métodos de exame e os materiais usados para a determinação dos parâmetros do sistema visual medidos para este trabalho. Far-se-á também uma caracterização da amostra escolhida assim como dos procedimentos estatísticos usados. Este capítulo está dividido em 3 pontos. No 1º descreve-se os métodos de exame utilizados incluindo a metodologia usada para a escolha do método de medida do erro refractivo mais robusto, sendo que este é o parâmetro mais importante com o qual se pretende correlacionar todos os outros; no 2º apresenta-se as considerações estatísticas necessárias para realizar a análise dos resultados e no 3º faz-se a caracterização da amostra estudada.

A fase experimental deste trabalho iniciou-se pela selecção da amostra, sendo as condições para participar neste trabalho o facto de serem alunos das licenciaturas de ciências do pólo de Gualtar da Universidade do Minho, não sofrerem ou terem sofrido de doenças oculares ou sistémicas, não consumirem álcool, drogas ou estar sob o efeito de medicamentos. Realizou-se um inquérito com a finalidade de conhecer o tempo dedicado a algumas actividades de VP. Realizaram-se os exames refractivos, de topografia corneal, de acomodação e de visão binocular; de seguida instilou-se cicloplégico e passados trinta minutos realizaram-se novamente os exames refractivos e a biometria.

No 1º ponto descreve-se a metodologia usada para seleccionar o método de medida ideal caracterizar o erro refractivo. Os métodos avaliados foram a auto-refractometria, retinoscopia, e o exame subjectivo em VL com e sem cicloplégico. Descreve-se também o procedimento usado para determinar restantes parâmetros do sistema visual, nomeadamente a medida da visão binocular, da acomodação, dos parâmetros biométricos e topográficos.

No ponto 2 descreve-se com pormenor a metodologia estatística aplicada, faz-se um resumo dos métodos paramétricos e não paramétricos utilizados e descreve-se também o método de regressão logística binária, usado para determinar o modelo que permite prever a ocorrência de alterações refractivas.

No 3º ponto faz-se a caracterização da amostra estudada.

3.1 Métodos utilizados

Para a realização deste trabalho foi necessário constituir uma bateria de exames que proporcionassem a máxima informação possível sobre o sistema visual, sendo ao mesmo tempo rápidos e pouco cansativos para a pessoa examinada.

Após uma pesquisa realizada sobre trabalhos com objectivos semelhantes a este, já apresentada na revisão bibliográfica, optou-se por realizar exames que permitissem avaliar o estado refractivo quer no estado normal quer na ausência de acomodação, o estado da visão binocular nomeadamente o estado fórico e das vergências, os parâmetros acomodativos, os parâmetros biométricos e alguns descritores da topografia corneal.

Ao elaborar a bateria de exames a realizar surgiu a necessidade de escolher um método de determinação do erro refractivo que fosse mais fiável, dado que a bibliografia actual não era suficientemente clara neste aspecto, como revelaram os dois artigos publicados^{44,45} recentemente cujo resultados mais relevantes serão aqui apresentados. Para isso realizou-se um trabalho prévio onde foram comparados os resultados obtidos com os três métodos de medida do erro refractivo mais usados, a retinoscopia, a auto-refractometria e o exame refractivo subjectivo.

A população estudada nesta fase do trabalho era constituída por alunos da Escola de Ciências que acederam a participar no trabalho longitudinal num total de 199.

Esta fase do trabalho iniciou-se pela determinação do erro refractivo através da retinoscopia. A retinoscopia realizou-se no foróptero, a uma distância de 66 cm, estando o sujeito miopizado e a fixar um optotipo de Snellen em VL. O procedimento de retinoscopia consiste na determinação do valor da componente esférica seguida da determinação da componente astigmática através de lentes cilíndricas.

A determinação automática do erro refractivo foi feita utilizando o auto-refractómetro/queratómetro Nidek ARK-700A (Nidek Technologies, Nagoya, Japão) Com a pessoa posicionada correctamente diante do aparelho faz-se a centragem e focagem das miras realizando-se de seguida três medidas de forma automática em cada olho.

A determinação do erro refractivo através do exame de refacção subjectivo monocular^{9,205} é constituída basicamente por quatro etapas: determinação da melhor esfera, determinação do eixo e da potência do cilindro, refinamento do eixo e potência do cilindro e refinamento da esfera. Utilizou-se o método dos cilindros cruzados de Jackson para proceder à

refinação do eixo e potência do astigmatismo, usando como variação máxima o limite de 5 graus para o eixo, e uma variação de $\pm 0,25$ D para a potência. Para refinar a esfera usou-se o mesmo critério de variação usado para a potência do cilindro ou seja, uma variação de $\pm 0,25$ D. O critério de paragem utilizado foi o de máximo de positivos que permitisse ao sujeito a obtenção da sua melhor acuidade visual.

Para realizar a refração com cicloplégico, foi instilada uma gota de ciclopentolato a 1,0% (Colircusi Cicloplégico) em cada olho, repetindo o processo passados 5 minutos. Decorridos 30 minutos da instilação da última gota foram então executados novamente os procedimentos de refração. Esta instilação foi efectuada sob supervisão oftalmológica.

3.1.1 Exames realizados

Os exames visuais decorreram no Laboratório de investigação em Optometria Clínica, Escola de Ciências na Universidade de Minho. Todas as medidas foram executadas usando o mesmo equipamento e métodos como se descreve nos pontos seguintes. Todos os instrumentos foram calibrados periodicamente durante as diferentes fases de aquisição de dados.

Foi elaborada uma ficha onde, para além de se registarem as informações pessoais de cada indivíduo, também eram registados os dados do inquérito sobre os hábitos de visão e os resultados de cada exame. Esta ficha estava dividida em duas partes separadas, uma para ser usada na 1ª fase de medidas, em 2002, e a outra na 2ª fase em 2005. Optou-se por esta metodologia para que o examinador ao realizar o 2º exame não tivesse acesso à informação do 1º exame, evitando assim possíveis enviesamentos dos resultados.

3.1.1.1 Exames de saúde ocular

Foram inicialmente efectuados um inquérito e um conjunto de exames com o objectivo de conhecer o historial de saúde ocular e geral e averiguar se existia alguma patologia ocular que impedisse a participação do indivíduo no trabalho. No inquérito era perguntado se sofria ou se tinha sofrido de alguma doença para avaliar se estas poderiam ter repercussões a nível ocular, como por exemplo, diabetes, hipertensão arterial, artrite crónica juvenil, psoríase, hiper ou hipotiroidismo, etc. Foram também inquiridos sobre se padeciam ou padeceram de alguma doença, lesão ou intervenção cirúrgica a nível ocular, assim como

sobre os hábitos tóxicos (álcool, tabaco ou drogas) e os tratamentos farmacológicos prévios durante longos períodos de tempo, ou a decorrer na altura do exame. Realizaram-se os exames de saúde ocular, nomeadamente, biomicroscopia, tonometria e oftalmoscopia, com o intuito de conhecer o estado de saúde ocular dos participantes, sendo esta fase efectuada sobre a supervisão oftalmológica.

Na altura da realização do 2º exame repetiram-se os mesmos procedimentos para assegurar que no decorrer dos 3 anos não se verificou nenhuma situação, das descritas anteriormente, que pudesse ter influência sobre os resultados. Nenhuma das pessoas manifestou sinais de patologia ocular, nem estava a tomar medicação susceptível de provocar mudanças a nível ocular. Nenhum dos sujeitos era usuário de lentes de contacto.

3.1.1.2 Inquérito

Para além do inquérito inicial realizado para a selecção da amostra realizou-se um inquérito, que estava dividido em duas partes: historial refractivo e hábitos de visão. Este inquérito era preenchido durante a fase de espera entre os exames sem cicloplégico e com cicloplégico.

i) Historial refractivo

Com a finalidade de conhecer o historial ocular dos participantes, nomeadamente o historial refractivo, realizou-se um inquérito onde se perguntava às pessoas sobre: o uso de compensação visual e o tipo de utilização, a data da primeira e da última consulta realizada e se os pais usavam compensação visual (figura 3.1). Pretendia-se desta forma conhecer quando teve início o uso da compensação visual e qual o tipo de utilização que faziam. No caso de usarem compensação refractiva, determinava-se o seu valor através do frontofocómetro.

Historial		
Rx OD: _____	1ª Consulta: _____	Última Consulta: _____
OE: _____	Tipo de Uso: _____	
Antecedentes oculares: _____		

Início de uso de correção: _____		
A.F. Ocular: _____		

Figura 3.1 Inquérito sobre historial refractivo.

ii) Hábitos de visão

Realizou-se um outro inquérito com a finalidade de conhecer os hábitos de visão dos participantes. Estes foram questionados acerca de quanto tempo (horas por semana (H/sem)) dedicavam a 4 tarefas (ver televisão, usar computador, estudar ou realizar passatempos que exigem esforço visual em VP como, por exemplo, estudar música, palavras cruzadas, tricotar, etc.). As hipóteses de resposta eram: não faz, menos de 5 H/sem, de 5-10 H/sem, de 10-15 H/sem, de 15-20 H/sem e mais de 20 H/sem como se mostra na figura 3.2. O inquérito era preenchido individualmente por cada participante e na altura do 2º exame os sujeitos não tinham acesso à informação prestada no 1º exame.

Inquérito				
H/Semana	Estudar	Computador	Televisão	Passatempos
	Não	Não	Não	Não
	-5	-5	-5	-5
Ano lectivo	5-10	5-10	5-10	5-10
04/05	10-15	10-15	10-15	10-15
	15-20	15-20	15-20	15-20
	20+	20+	20+	20+

Figura 3.2 Inquérito sobre os hábitos de visão.

3.1.1.3 Determinação do erro refractivo

Após a análise dos resultados obtidos na fase de escolha do melhor método para caracterizar o erro refractivo optou-se por usar o exame subjectivo monocular com cicloplégico.

Inicialmente realizaram-se os exames sem cicloplégico, para permitir a realização dos exames acomodativos e da visão binocular, depois da realização destes repetiu-se o procedimento do exame subjectivo monocular com cicloplégico.

A realização de operações matemáticas sobre valores do erro refractivo expresso na forma clínica (esfera – cilindro x eixo) leva a falsos resultados e consequentemente a interpretações erradas. Em 1997, Thibos²⁰⁶ propôs uma forma de representar o erro refractivo que torna a realização de operações matemáticas muito mais simples e realista. Na análise dos componentes vectoriais descritos por Thibos o erro refractivo é expresso em três vectores: M, J0 e J45, sendo M o valor do equivalente esférico e J0 e J45 usados para exprimir a componente astigmática.

O vector M é calculado adicionando à esfera metade do valor do cilindro (equação 3.1). O J0 descreve as diferenças no poder dióptrico entre o meridiano horizontal e vertical, sendo positivo para astigmatismo à regra e negativo para astigmatismo contra a regra (equação 3.2). O J45 expressa o valor do astigmatismo oblíquo, sendo positivo para astigmatismo cujo eixo negativo está cerca dos 45° e negativo para astigmatismo cujo eixo negativo está nos 135° (equação 3.3).

$$M = \textit{esfera} + \frac{\textit{cilindro}}{2} \quad \text{Equação 3.1}$$

$$J0 = -\frac{\textit{cilindro}}{2} \times \cos(2 \times \textit{eixo}) \quad \text{Equação 3.2}$$

$$J45 = -\frac{\textit{cilindro}}{2} \times \sin(2 \times \textit{eixo}) \quad \text{Equação 3.3}$$

3.1.1.4 Parâmetros topográficos corneais

Mediram-se os raios de curvatura nos meridianos de máxima e mínima potência da superfície corneal anterior central com o autoqueratómetro (Nidek, ARK-700A). O valor médio dos raios de curvatura de máxima e mínima potência foi calculado e usado para caracterizar o raio de curvatura central da córnea. De seguida mediram-se os raios de curvatura periféricos da superfície anterior da córnea na parte nasal, temporal, superior e inferior, utilizando o sistema de fixação periférica do autoqueratómetro. Estas medidas foram registadas sistematicamente a uma distância de aproximadamente 3 mm do centro corneal.²⁰⁷

A excentricidade corneal foi calculada partindo dos valores dos raios de curvatura corneal centrais e periféricos. Na figura 3.3 apresenta-se a folha de resultados da topografia corneal obtida através do auto-refractómetro/queratómetro, incluindo os valores dos raios de curvatura descritos anteriormente e a excentricidade corneal.

	mm	D	deg	
<R1	8.29	40.75	179	
<R2	8.14	41.50	89	
<AVE	8.22	41.00		
<CYL		-0.75	179	
<SAGITTAL> FIX ANGLE=25				
	SUP.	INF.	TEM.	NAS.
A	8.57	8.55	8.29	8.47
<TOPOMETRY OF CORNEA>				
	SUP.	INF.	TEM.	NAS.
S	8.42	8.40	8.44	8.62
e	+0.61	+0.58	+0.44	+0.65
eh	= +0.56	Rh	= 8.45	
ev	= +0.59	Rv	= 8.32	
E	= +0.58	Ro	= 8.22	
ASTc	= -0.75	dRo	= +0.15	
ASTp	= -0.56	dAST	= -0.19	

Figura 3.3 Valores da topografia corneal obtidos através do auto-refractômetro/queratômetro.

3.1.1.5 Parâmetros da visão binocular

Os parâmetros da visão binocular avaliados foram o estado fórico, as vergências fusionais, ponto próximo de convergência e o rácio AC/A.

As forias foram medidas no foróptero, utilizando-se o método de Von Graefe.⁹ Este método consiste em dissociar a visão binocular através da colocação de um prisma de base superior e um prisma de base nasal, provocando o aparecimento de diplopia. Usou-se uma coluna de letras como ponto de fixação situada 6 m ou a 40 cm para avaliar em VL ou VP, respectivamente. Ao sujeito que estava a usar o valor do exame subjectivo previamente determinado era pedido para fixar a imagem que aparecia projectada no campo visual na região inferior passando-se então a diminuir a potência prismática de base nasal até que indicasse que as duas imagens estavam alinhadas verticalmente.²⁰⁸

De seguida, mediram-se as amplitudes de vergências ou reservas fusionais; para isso utilizou-se o método dos prismas de “Risley”.⁹ Este método é um método subjectivo e consiste em aumentar a potência prismática de base nasal (reservas negativas) ou de base temporal (reservas positivas) até que o sujeito indique ver o optotipo de fixação desfocado ou duplo. Depois de alcançada a situação de diplopia realizava-se um ligeiro aumento prismático, iniciando-se de seguida a diminuição do valor da potência prismática até que o sujeito indicasse ver novamente uma única imagem (ponto de recuperação). Este exame realizou-se para VL e VP, estando o sujeito a usar o valor do exame subjectivo previamente determinado e estando o optotipo colocado a 6 m e a 40 cm, respectivamente.

A determinação do ponto próximo de convergência (PPC) foi feita através da aproximação de um objecto de fixação que se encontrava inicialmente a uma distância de 40 cm, iniciando-se a aproximação lenta do objecto de fixação à pessoa até que este indicasse que via duas imagens. O valor do PPC deve ser medido desde o centro de rotação do globo ocular, que se situa aproximadamente a 1,35 cm do plano corneal; a medida é feita desde o início da abertura palpebral temporal até à posição onde se encontra o ponto de fixação. A este ponto chama-se o ponto de ruptura do PPC.

Depois de efectuar a medida afasta-se o ponto de fixação até que o sujeito indique ver um único objecto. A medida é obtida da mesma forma da anterior. Este valor é o ponto de recuperação do PPC. Quando a pessoa não conseguia experimentar a situação de diplopia o valor do ponto de ruptura anotado era zero (0,0 cm). Nos casos em que não se obtinha ponto de ruptura não se efectuava a medida do ponto de recuperação.

O cálculo do rácio AC/A foi feito através do método de gradiente, que consiste em medir o valor da foria em VP com o valor do exame subjectivo monocular e repetir a medida adicionando uma lente de +1,00 D. A diferença entre as duas medidas é o valor do AC/A.

3.1.1.6 Parâmetros acomodativos

Os testes acomodativos realizados foram a medida do atraso acomodativo e a acomodação relativa positiva (ARP) e negativa (ARN). Calculou-se também a diferença entre o estado acomodativo de ambos os olhos.

A medida do atraso acomodativo realizou-se através do método de retinoscopia de estimativa monocular (MEM),²⁰⁹ que consiste na neutralização do movimento da franja intrapupilar quando o sujeito fixa um optotipo colocado sobre a cabeça do retinoscópio a uma distância de 40 cm. O exame realizou-se aos dois olhos e foi calculada a diferença entre o atraso acomodativo de um olho e de outro chamando-se a esta variável “diferença atraso”.

A ARN e ARP foram medidas através da adição de lentes positivas para a ARN ou de lentes negativas para a ARP sobre o valor do exame subjectivo de VL, enquanto o sujeito fixava um optotipo colocado a uma distância de 40 cm. O exame termina quando o sujeito vê as letras ligeiramente desfocadas mas de forma constante. O resultado do exame é o valor das lentes adicionadas ao valor do exame subjectivo de VL.

3.1.1.7 Parâmetros biométricos

Os exames de biometria foram realizados após terem sido realizados todos os outros exames. Os sujeitos estavam sob o efeito de um inibidor da acomodação, instilado para a realização do exame refractivo subjectivo.

Para a realização da biometria, foi instilada uma gota de anestésico à base de cloridrato de tetracaina 1,0% (Colircusi Anestésico). As medidas da biometria – PCA, EC, PCV e CA – foram obtidas cerca de 1 minuto após a instilação da gota de anestésico, usando um biómetro de ultra-sons (Echoscan US-800 Nidek Technologies, Nagoya, Japão). Foram realizadas 6 medidas de biometria, sendo calculado e anotado o valor médio. Quando o valor do desvio padrão (DP) resultante das 6 medidas era superior a 0,10 mm para qualquer um dos componentes, estas eram repetidas (figura 3.4). Apesar dos sujeitos estarem sob o efeito de um cicloplégico, todos os valores foram obtidos com a pessoa a olhar para longe.

LIST	>1	L	24.33	D	3.28	T	3.69	V	17.36
LTD	2		24.33		3.28		3.69		17.36
1-7:SEL	3		24.37		3.32		3.69		17.36
ENT:SET	4		24.46		3.53		3.56		17.37
CLR:DEL	5		24.37		3.40		3.56		17.41
F1:ALL	6		24.41		3.49		3.56		17.37
F2:WAVE	7AV		24.38		3.38		3.62		17.37
F4:OD/R	SD		0.05		0.10		0.07		0.02
MAY/10/'02 10:40									
ECHOSCAN US-800 V 1.70 NIDEK									

Figura 3.4 Valores dos parâmetros biométricos obtidos através o biómetro Echoscan US-800.

3.2 Análise estatística

Os procedimentos estatísticos que a seguir se descrevem foram aplicados de forma a garantir que todos os resultados não sofriam nenhum enviesamento, garantindo assim a veracidade estatística das conclusões apresentadas. Utilizou-se o programa estatístico SPSS, versão 14.0, para a análise dos resultados.

Os testes preliminares demonstraram que não existem diferenças estatisticamente significativas entre a refração (equivalente esférico) do OD e OE ($p=0,066$). Por isso e para evitar a duplicação da amostra, apenas os resultados correspondentes ao OD foram considerados nas análises posteriores.

3.2.1 Normalidade da distribuição das variáveis e da homogeneidade de variâncias das amostras

Para se aplicar alguns dos testes estatísticos, nomeadamente os paramétricos, é necessário verificar o pressuposto da normalidade das distribuições das variáveis, o que pode ser realizado com o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) com a correcção de Lilliefors, que coloca a hipótese nula da variável seguir uma distribuição normal. Verifica-se a existência de normalidade da distribuição das variáveis para valores de significância estatística $\alpha > 0,05$.

A homogeneidade de variâncias foi calculada através do teste de Levene. O resultado do teste à homogeneidade de variâncias é extremamente importante no procedimento do teste ANOVA, uma vez que permite verificar um pressuposto (igualdade de variâncias) que tem de ser cumprido para validar a análise subsequente. Este teste consiste em verificar se as variâncias podem ser consideradas iguais nas várias categorias de um determinado factor.

Verifica-se o pressuposto da homogeneidade das variâncias para o valor de prova superior a 0,05, o que implica que a homogeneidade de variâncias é igual.

O resultado destes dois testes estatísticos permite conhecer qual é o tipo de teste que se pode aplicar para efectuar as várias comparações; quando se cumpre o pressuposto de normalidade podem-se aplicar os testes paramétricos. No caso de não se verificarem estes pressupostos, terão que aplicar-se os testes não paramétricos equivalentes.

3.2.2 Testes paramétricos

Os testes paramétricos usados foram: o teste t de Student e o teste ANOVA, que não é mais do que uma extensão do teste t de Student para variáveis com mais do que duas classes. O teste t Student foi usado quer para amostras emparelhadas quer para amostras independentes.

Nos testes paramétricos a questão central reside em saber se as populações têm ou não médias iguais ou seja, se as médias da variável quantitativa apresentam os mesmos valores médios, para as várias categorias da variável qualitativa. Sendo assim:

Hipótese nula (H_0): Não existe diferença entre as médias das variáveis, para cada um dos grupos.

Hipótese alternativa (H_1): Existe diferença entre as médias das variáveis, para cada um dos grupos.

Quando o valor de prova é superior ao valor de referência de 5,0% (significância estatística $\alpha > 0,05$) não se rejeita a hipótese nula, caso contrário rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese alternativa. Este valor é aquilo a que se chama a probabilidade de cometer um erro do tipo I, que é a probabilidade de rejeitar hipótese nula, sendo a hipótese nula verdadeira. É este o erro máximo que está subjacente a todas as conclusões apresentadas neste trabalho.

3.2.3 Teste não paramétricos

Os testes não paramétricos usados foram o de Kruskal-Wallis (K-W), o de Wilcoxon e o de Mann-Whitney (M-W).

Nos testes não paramétricos a questão central reside em saber se as populações têm ou não medianas iguais ou seja se as medianas da variável quantitativa apresentam os mesmos valores, para as várias categorias da variável qualitativa. Sendo assim:

H_0 : Não existe diferença entre as medianas das variáveis, para cada um dos grupos.

H_1 : Existe diferença entre as medianas das variáveis, para cada um dos grupos.

Quando o valor de prova é superior ao valor de referência de 5,0% ($\alpha > 0,05$) não se rejeita a hipótese nula, caso contrário rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese alternativa, ou seja que existem diferenças.

3.2.4 Testes de correlação

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida da associação linear entre variáveis quantitativas e varia entre -1 e 1 . Quanto mais próximo estiver dos valores extremos, tanto maior é a associação entre as variáveis. Este coeficiente assume que os dados provêm de populações normais, pelo que é necessário verificar a normalidade das suas distribuições.

Quando o teste K-S rejeita a hipótese das variáveis seguirem uma distribuição normal (para um nível de significância de $\alpha > 0,05$) a análise através dos coeficientes de correlação de Pearson não é válida. Assim sendo, utiliza-se o coeficiente de correlação de Spearman, que

não é sensível a assimetrias de distribuição e não exige a normalidade da distribuição da amostra.

Na tabela 3.1 apresenta-se de forma resumida os teste usados e a correspondência que existe entre os paramétricos e não paramétricos. Em resumo a metodologia estatística usada foi sempre igual; verificação da normalidade e da homogeneidade de variâncias das variáveis e aplicação dos testes paramétricos ou não paramétricos caso cumprissem os critérios de normalidade e homogeneidade ou não.

Tabela 3.1 Resumo dos testes estatísticos usados

	K-S > 0,05	K-S < 0,05
Testes de comparação	Teste t amostras relacionadas	Wilcoxon
	Teste t amostras independentes	M-W
	Anova (e se Levene >0,05)	K-W
Teste de correlação	Pearson	Spearman

Na apresentação dos resultados será colocado o símbolo * sempre que o resultado da significância estatística tenha sido obtido por um teste paramétrico.

3.2.5 Regressão logística binária

A regressão logística tem como objectivo determinar o melhor modelo de relacionamento entre uma variável resposta (alterou o erro refractivo ou não) e um conjunto de variáveis exploratórias ou preditivas, sendo esse modelo o que apresenta melhor ajuste matemático e que tenha uma explicação razoável.

Esta técnica consiste em reescrever o tradicional modelo de regressão linear de modo a confinar o valor da variável resposta para o intervalo de valores entre 0 e 1 garantindo que as variáveis independentes possam variar continuamente.

A ideia associada à criação de um modelo de regressão logística é minimizar o número de variáveis para que o modelo resultante seja estável e facilmente generalizado, visto que quantas mais variáveis são incluídas no modelo mais dependente dos dados ele se torna.

O valor da significância estatística de Wald é o parâmetro que permite estabelecer se uma variável é ou não importante para o modelo. Se o nível de significância da estatística de

Wald é menor que 0,05 a variável independente associada ao parâmetro é significativa para o modelo. No caso do valor de prova da estatística Wald ser superior a 0,05 a variável independente associada ao parâmetro não é significativa para o modelo.

O significado de um coeficiente de regressão logística não é imediato, como o de um coeficiente de regressão linear. O valor de $\text{Exp}(B)$ é mais fácil de interpretar e representa o valor esperado para a razão de mudança na probabilidade de ocorrência do acontecimento de interesse, quando a variável de previsão aumenta em uma unidade. Nas tabelas apresentadas no capítulo de resultados obtidos este parâmetro é identificado como “razão de mudança”.

A regressão logística binária é representada em termos matemáticos através da equação 3.4, em que conhecendo os coeficientes B_i pode-se determinar a probabilidade de ocorrência de um determinado evento.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(B_0 + B_1 X_{i1} + B_2 X_{i2} + \dots + B_p X_{ip})}} \quad \text{Equação 3.4}$$

O modelo, depois de ajustado, deve ser testado em relação à sua eficiência para descrever a variável resposta. O método usado para testar essa eficiência foi o método de Hosmer-Lemeshow (H-L). A estatística de H-L indica um mau ajuste se o valor de significância, ou de prova, for inferior a 0,05.

Usa-se, também a análise das curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*), em particular através da área situada debaixo da curva para conhecer o rendimento de cada modelo estudado ajudando desta forma a determinar qual o melhor modelo.

Para a execução deste trabalho realizou-se primeiramente a selecção das variáveis, criando-se depois os modelos de regressão logística múltiplos sendo confirmado o seu ajuste através da estatística de H-L. Sendo também analisada a capacidade preditiva de cada modelo e faz-se também a análise das curvas ROC.

3.3 Caracterização da amostra

De acordo com a declaração de Helsínquia²¹⁰ sobre a experimentação em humanos, foi explicado aos participantes neste trabalho a natureza do mesmo e as complicações decorrentes e todos eles deram o seu consentimento por escrito em como autorizavam a realização das medidas e a divulgação dos resultados.

3.3.1 População alvo

Como foi dito anteriormente, este trabalho tem como objectivo conhecer as alterações que possam ocorrer no sistema visual em jovens adultos estudantes universitários. Por uma razão de logística foram convidados a participar no trabalho apenas alunos das licenciaturas de ciências do pólo de Gualtar da Universidade do Minho. Neste pólo estavam matriculados nos 1º e 2º anos dos cursos de ciências, um total de 529 alunos dos quais 60,1% eram do sexo feminino.

Dos 150 alunos que se dispuseram a participar no projecto, 7 foram excluídos por não cumprirem os pré-requisitos do protocolo do trabalho, 2 tinham queratocone, 3 apresentavam um valor da pressão intra-ocular elevada e 2 tinham sido operados a estrabismo. Devido a estas exclusões, a população da 1ª fase do estudo, que se realizou entre Janeiro e Outubro de 2002, ficou reduzida a 143 indivíduos, o que representa 27,0% do total dos alunos matriculados nos cursos de ciências no pólo de Gualtar da Universidade do Minho.

A amostra inicial era constituída por 101 mulheres e 42 homens com idade (média \pm DP) de $20,0 \pm 1,9$ anos e $21,4 \pm 3,0$ anos para os alunos do sexo feminino e masculino, respectivamente.

Dos 143 alunos observados na primeira fase foram repetidos os exames a 82,5% dos alunos na segunda fase, num total de 118. Foi feita a comparação do valor médio do erro refractivo para o grupo constituído por todos os indivíduos (143) e pelos indivíduos que repetiram o 2º exame (118) e não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ($p=0,837$). Valor médio \pm DP para o grupo dos 143 alunos foi $+0,08 \pm 1,41$ D e de $+0,04 \pm 1,49$ D para o grupo dos 118.

3.3.2 Caracterização geral da amostra final

A primeira fase de medidas foi realizada entre Janeiro e Outubro de 2002 e a segunda entre Novembro de 2004 e Maio de 2005, decorrendo um tempo médio entre os dois exames de 33,3 meses, sendo o máximo de 38 meses e o mínimo de 30 meses (figura 3.5).

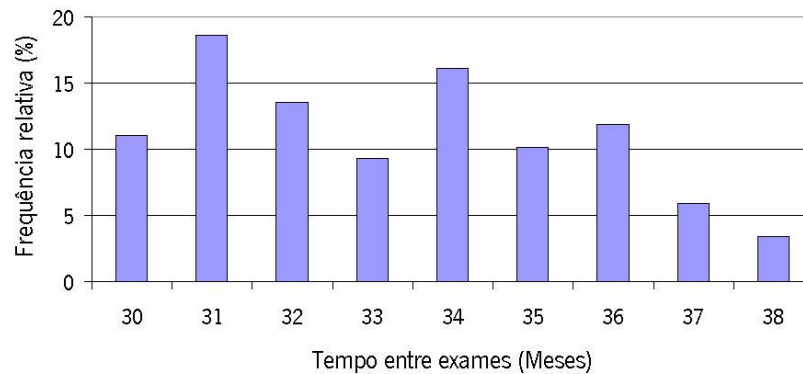


Figura 3.5 Tempo decorrido entre o 1º e o 2º exame.

Dos 118 alunos, que completaram as duas fases, 34 eram do sexo masculino e 84 do sexo feminino, como se pode ver na figura 3.6 e que representavam a proporcionalidade de ambos os sexos da população alvo.

A idade da população varia entre os 18 e os 28 anos, tendo como valor médio $20,6 \pm 2,3$ anos como se pode observar figura 3.7. Esta idade é referente ao 1ª exame.

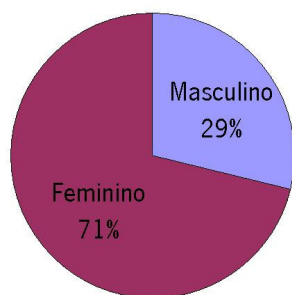


Figura 3.6 Distribuição da amostra por sexo.

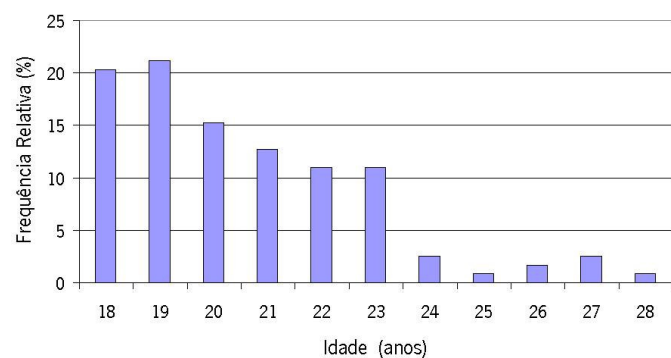


Figura 3.7 Distribuição da amostra por idade.

A inscrição dos alunos no ensino superior foi feita maioritariamente (65,5%) em 2000 e 2001, sendo que os alunos matriculados em 1993 e 1995 interromperam os estudos no ensino superior, por diversas razões, tendo retomado a actividade em 1999 (figura 3.8).

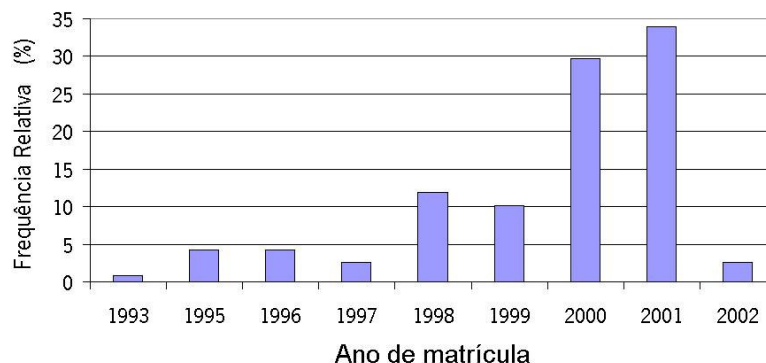


Figura 3.8 Ano de matrícula no ensino superior.

Dos 118 indivíduos que concluíram as duas fases do trabalho 74,0% já tinham realizado pelo menos um exame visual anteriormente. Verificou-se que na faixa etária entre os 11 e os 17 anos é onde existe uma maior afluência à realização de um exame visual, como se pode verificar na figura 3.9. A idade média para a realização da 1ª consulta foi aos $10,2 \pm 7,5$ anos.

Na figura 3.10 apresenta-se o tipo de uso de compensação refractiva usada pelos participantes neste trabalho. Metade dos participantes não usavam qualquer tipo de compensação; dos que usavam, cerca de metade usava constantemente e a outra metade usava só para actividades de VP. Apenas 2 participantes usavam a compensação óptica somente para VL.



Figura 3.9 Idade da realização do primeiro exame visual.

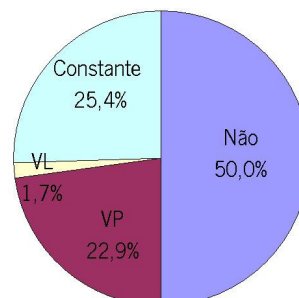


Figura 3.10 Tipo de uso da compensação refractiva.

3.3.3 Caracterização do estado refractivo no 1º exame

O método usado para determinar o erro refractivo foi o exame subjectivo com ciclopégico. Os valores apresentados neste ponto encontram-se expressos na notação clínica, permitindo assim uma melhor visualização dos resultados.

O valor médio \pm DP do componente esférico é de $+0,23 \pm 1,46$ D, sendo o valor máximo de hipermetropia de 3,00 D e o máximo de miopia 6,75 D. Na figura 3.11 apresenta-se de forma detalhada a incidência dos erros refractivos para o componente esférico. Da análise do gráfico da distribuição dos valores do componente esférico pode-se constatar que cerca de 30,0% da população apresenta um valor entre o +0,50 D e +1,00 D. A maioria da população (61,9%) tem um valor de esfera entre 0,00 D e +1,00 D.

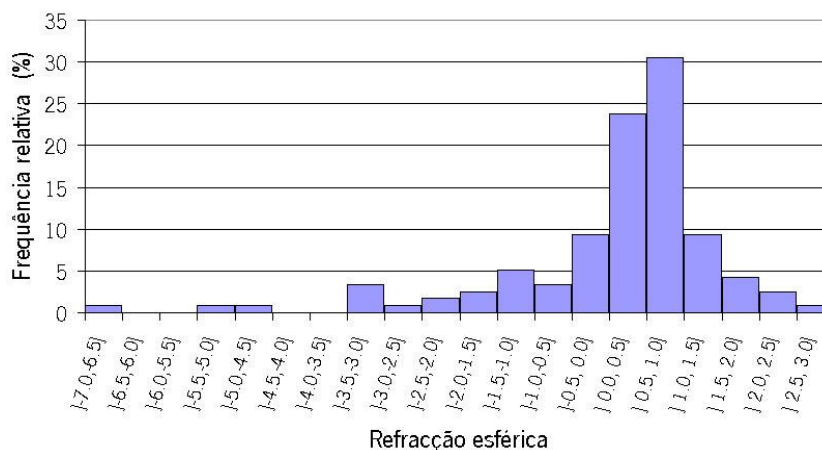


Figura 3.11 Distribuição dos valores do componente esférico do 1º exame.

A incidência de qualquer tipo de astigmatismo era de 70,3% sendo o valor dióptrico médio \pm DP de $0,53 \pm 0,41$ D com um valor máximo de 2,25 D (figura 3.12). Dos participantes que apresentavam astigmatismo 77,1% tinham um valor dióptrico igual ou inferior a 0,50 D, tendo-se verificado apenas um caso em que o valor dióptrico era superior a 2,00 D.

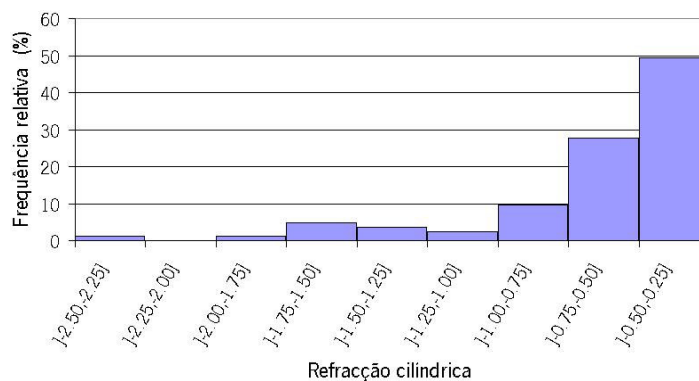


Figura 3.12 Distribuição do erro refractivo (potência do componente cilíndrico).

Quanto à orientação do eixo de maior potência negativa e segundo a classificação expressa na revisão bibliográfica (página 38) verifica-se que 65,1% dos casos de astigmatismo apresentavam o eixo à regra ou directo e 21,7% dos casos eram contra a regra ou inverso, 13,3% apresentavam um astigmatismo com uma orientação oblíqua (figuras 3.13 e 3.14).

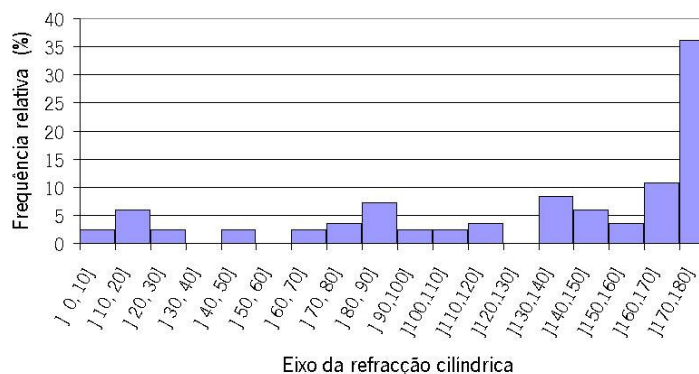


Figura 3.13 Distribuição do erro refractivo (eixo do componente cilíndrico).

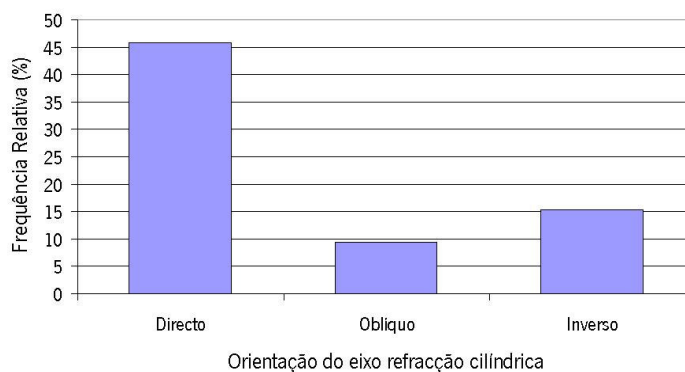


Figura 3.14 Orientação do eixo do componente cilíndrico.

A definição de ametropia é um assunto bastante controverso, podendo influenciar de forma muito significativa o resultado de estudos sobre a prevalência das ametropias. A falta de uniformização quanto ao valor de corte das diferentes ametropias e sobre o método usado para determinar o estado refractivo faz com que a comparação dos diferentes trabalhos realizados nos mais diversos países seja praticamente impossível. Os trabalhos realizados mais recentemente têm adoptado o valor de corte de 0,50 D quer para a miopia quer para a hipermetropia.^{54,90,211,212}

Neste trabalho e após os resultados apresentados no ponto 1 do capítulo dos resultados as diferentes ametropias foram definidas da seguinte forma: Miopia valor do componente M do erro refractivo obtido através do exame subjectivo monocular com cicloplégico igual ou inferior $-0,50$ D; emetropia para valores do erro refractivo superiores $-0,50$ D e inferiores $+0,50$ D; hipermetropia para valores iguais ou superiores a $+0,50$ D.

Baseado nesta definição de ametropia encontrou-se uma percentagem de 49,2% de hipermetropes de 22,0% de míopes e 28,8% de emetropes, como se pode ver no gráfico da figura 3.15.

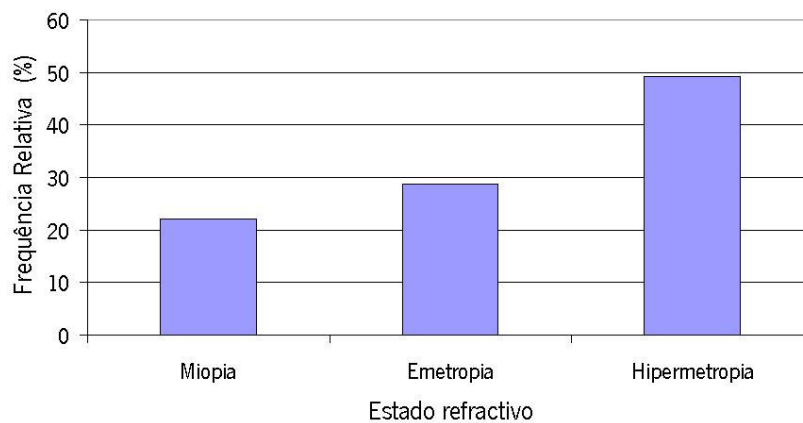


Figura 3.15 Gráfico da prevalência das ametropias no 1º exame.

Capítulo 4 - Resultados obtidos

Neste capítulo apresenta-se os resultados experimentais obtidos para todos os exames realizados, faz-se também a análise estatística dos mesmos, estando estes divididos em 3 grupos: No 1º grupo são apresentados os dados obtidos na fase de selecção do método mais adequado para a determinação do estado refractivo.

O 2º grupo é essencialmente um grupo descritivo e comparativo dos resultados obtidos para todos os parâmetros medidos. Este grupo está dividido em 3 pontos. No 1º ponto apresenta-se os valores médios para os parâmetros obtidos no 1º e 2º exame e a variação entre eles. No 2º apresenta-se a relação entre o erro refractivo e os outros parâmetros do sistema visual. No 3º ponto são analisados alguns factores considerados na literatura como factores condicionantes da evolução do sistema visual, nomeadamente o sexo, a idade, o estado refractivo inicial e a alteração refractiva.

No 3º grupo apresenta-se os resultados estatísticos que permitem estabelecer quais são os preditores das alterações refractivas segundo modelos de regressão logística.

4.1 Determinação do método de medida do erro refractivo

Há várias décadas que os investigadores que se dedicam a esta área de investigação se deparam com uma questão: saber qual o melhor método para a determinação do erro refractivo e das suas variações ao longo do tempo.

Após consultar a bibliografia existente não se encontrou nenhum método como sendo mais fiável que outros, sendo, no entanto, o exame subjectivo apontado por alguns autores como o mais válido. Assim, e para ultrapassar este obstáculo, realizou-se um trabalho preparatório que consistia na determinação das diferenças entre os métodos de refração mais usados; auto-refractometria, retinoscopia e refração subjectiva, analisando ao mesmo tempo a influência do cicloplégico nesses três métodos.

Partindo dos resultados obtidos durante a preparação do trabalho de doutoramento e dos obtidos durante a 1ª fase de medidas, realizou-se um trabalho com o objectivo de estabelecer qual é o melhor método para a determinação do erro refractivo e seguimento das suas variações. Esse iria ser o método utilizado posteriormente para realizar todas as análises estatísticas na fase final do trabalho.

A amostra total era constituída por 199 alunos (143 da 1ª fase de medidas e 56 alunos do quarto e quinto ano da Licenciatura em Optometria e Ciências da Visão) com idades médias de $21,6 \pm 2,66$ anos dos quais 133 eram do sexo feminino e 66 do sexo masculino.

Na tabela 4.1 apresentam-se o valor médio e o DP para os 3 componentes refractivos (M, J0 e J45) para os 3 métodos de determinação do erro refractivo obtidos com e sem cicloplégico.

Tabela 4.1 Valores médios e DP para os componentes de refração

	Auto-refractometria		Retinoscopia		Subjectivo	
	Sem Cicloplégico	Com Cicloplégico	Sem Cicloplégico	Com Cicloplégico	Sem Cicloplégico	Com Cicloplégico
M (D)	$-0,73 \pm 1,41$	$0,13 \pm 1,58$	$-0,30 \pm 1,41$	$0,07 \pm 1,53$	$-0,29 \pm 1,39$	$0,05 \pm 1,53$
J0 (D)	$0,10 \pm 0,24$	$0,15 \pm 0,24$	$0,12 \pm 0,21$	$0,13 \pm 0,22$	$0,05 \pm 0,20$	$0,13 \pm 0,23$
J45 (D)	$-0,04 \pm 0,17$	$-0,05 \pm 0,017$	$-0,04 \pm 0,15$	$-0,03 \pm 0,14$	$-0,03 \pm 0,14$	$-0,04 \pm 0,16$

Analisando os resultados da tabela 4.1 verifica-se que os valores obtidos para o componente M, através da auto-refractometria sem cicloplégico são mais negativos que os

obtidos através dos outros dois métodos. Quando se recorre ao uso do cicloplégico não existem diferenças significativas entre os três métodos de medida do erro refractivo. Para os componente J0 e J45 os valores obtidos pelos três métodos, com e sem cicloplégico, não apresentam diferenças entre eles.

Partindo dos valores do erro refractivo obtidos por cada método de exame com e sem cicloplégico, realizou-se a análise da prevalência dos diferentes estados refractivos para diferentes valores usados para definir os estados refractivos (valores de corte).

Na tabela 4.2 apresenta-se os valores de prevalência para os três estados refractivos, miopia, emetropia e hipermetropia. Utilizou-se o valor do esférico equivalente (esfera +1/2 cilindro) para definir os 3 estados refractivos. Sendo a miopia definida para valores iguais ou inferiores $-0,25$ D; emetropia para valores do erro refractivo entre $-0,25$ e $+0,25$ D; hipermetropia para valores iguais ou superiores a $+0,25$ D. Usou-se também o valor de corte de $\pm 0,50$ D.

Tabela 4.2 Prevalência dos erros refractivos dependendo do método de medida, do uso ou não de cicloplégico e da definição do erro refractivo

	Valor corte (D)	Auto-refractometria		Retinoscopia		Subjectivo	
		Sem Cicloplégico (%)	Com Cicloplégico (%)	Sem Cicloplégico (%)	Com Cicloplégico (%)	Sem Cicloplégico (%)	Com Cicloplégico (%)
Miopia	0,25	62,3	24,1	35,2	25,6	30,2	25,6
	0,50	48,7	21,6	26,6	20,6	22,6	20,6
Emetropia	0,25	19,6	13,1	23,6	16,1	27,1	11,1
	0,50	42,2	27,6	53,3	34,2	57,3	29,6
Hipermetropia	0,25	18,1	62,8	41,2	58,3	42,7	63,3
	0,50	9,0	50,8	20,1	45,2	20,1	49,7

Da análise dos resultados apresentados na tabela 4.2 pode-se concluir que para a mesma população a prevalência da miopia, por exemplo, pode variar de 20,6% até 62,3%. A variação ocorrida na prevalência, quando o estado refractivo é medido com e sem cicloplégico é semelhante quando obtida com a retinoscopia ou pelo método do subjectivo 4,0% e 2,0%, respectivamente, para valores de corte da ametropia de $\pm 0,50$ D e 9,6% e 4,6% para valores de corte de $\pm 0,25$ D. A auto-refractometria é bastante influenciada pela acomodação pelo que o uso de cicloplégico provoca diferenças elevadas na percentagem de

miopia, sendo a percentagem de miopia maior 27,1% e 38,2 % para valores de corte de $\pm 0,50$ D e $\pm 0,25$ D, respectivamente, quando não se utiliza cicloplégico.

Para os métodos de medida que apresentam valores muito discrepantes na prevalência dos estados refractivos realizou-se uma outra análise que consiste na determinação de qual o valor de corte ideal que permita obter uma prevalência dos estados refractivos comparável à obtida pelos métodos refractivos com cicloplégico (tabela 4.3).

Tabela 4.3 Valores de corte para a definição dos estados refractivos obtidos por métodos refractivos sem cicloplégico

	Auto-refractometria	Retinoscopia	Subjectivo
Miopia	$\leq -1,25$ D	$< -0,50$ D	$< -0,50$ D
Emetropia	$> -1,25$ D e $< -0,25$ D	$\geq -0,50$ D e $\leq 0,00$ D	$\geq -0,50$ D e $< +0,25$ D
Hipermetropia	$\geq -0,25$ D	$> 0,00$ D	$\geq +0,25$ D

Verifica-se a deslocação do valor de corte para a definição dos estados refractivos em direcção à miopia quando não se utiliza cicloplégico para realizar a medida do erro refractivo. Para a auto-refractometria deve usar-se um valor igual ou superior a $-0,25$ D para definir hipermetropia enquanto que na retinoscopia deve ser usado um valor superior $0,00$ D e igual ou superior a $+0,25$ D para o exame subjectivo.

4.2 Resultados do 1º e 2º exame

Neste ponto são apresentados os resultados de todos os parâmetros do sistema visual determinados no 1º e 2º exame. São também apresentadas as variações ocorridas do 1º para o 2º exame e é feita uma análise estatística com a finalidade de determinar se essa variação é ou não estatisticamente significativa.

Na tabela 4.4 apresentam-se os resultados obtidos no 1º e 2º exame para os parâmetros refractivos, biométricos, topográficos, da visão binocular e acomodação. Apresenta-se também a variação ocorrida entre os 2 exames e a significância estatística. Às variáveis que resultam das diferenças entre o 1º e 2º exame, e que não cumprem o pressuposto da normalidade das suas distribuições, aplica-se o teste de Wilcoxon. Às restantes aplica-se o teste t de Student para amostras relacionadas sendo estas assinaladas com asterisco *.

Tabela 4.4 Valores médios e DP do 1º e 2º exame, variação entre eles e da significância estatística para todos os parâmetros avaliados

		1º exame	2º exame	Variação	<i>p</i>
Erro refractivo (D)	M	0,04 ± 1,49	-0,25 ± 1,72	-0,29 ± 0,38	0,000
	J0	0,12 ± 0,25	0,10 ± 0,24	-0,02 ± 0,16	0,435
	J45	-0,05 ± 0,18	-0,04 ± 0,21	-0,01 ± 0,10	0,935
Parâmetros biométricos (mm)	CA	23,39 ± 0,93	23,50 ± 1,00	0,11 ± 0,28	0,000*
	PCA	3,62 ± 0,25	3,59 ± 0,26	-0,03 ± 0,21	0,171*
	EC	3,63 ± 0,14	3,69 ± 0,16	0,06 ± 0,14	0,000
	PCV	16,15 ± 0,85	16,22 ± 0,93	0,07 ± 0,21	0,000
Topografia corneal	médio	7,81 ± 0,27	7,81 ± 0,27	0,00 ± 0,07	0,474
	superior	8,10 ± 0,35	8,10 ± 0,33	0,00 ± 0,12	0,243
	inferior	8,06 ± 0,34	8,05 ± 0,33	-0,01 ± 0,12	0,378
	temporal	7,83 ± 0,28	7,83 ± 0,28	0,00 ± 0,09	0,226
	nasal	8,01 ± 0,36	8,03 ± 0,40	0,02 ± 0,21	0,554
	Excentricidade	0,48 ± 0,11	0,50 ± 0,11	0,02 ± 0,09	0,024
Foria (Δ)	Fvl	-0,4 ± 2,6	-0,9 ± 3,0	-0,5 ± 2,2	0,004
	Fvp	0,4 ± 5,4	-1,2 ± 5,4	-1,6 ± 4,1	0,000
Visão binocular	RuRNvl	13,0 ± 4,6	10,7 ± 3,7	-2,3 ± 3,4	0,000
	ReRNvl	5,2 ± 2,1	6,0 ± 2,4	0,8 ± 2,8	0,007
	DRPvl	13,1 ± 5,7	12,0 ± 5,6	-1,1 ± 6,4	0,343
	RuRPvl	23,8 ± 8,8	22,1 ± 8,5	-1,7 ± 8,5	0,025*
	ReRPvl	8,0 ± 5,4	10,6 ± 6,5	2,6 ± 5,7	0,000
	DRNvp	15,8 ± 5,1	13,9 ± 6,0	-1,9 ± 5,3	0,030
	RuRNvp	22,9 ± 5,4	19,6 ± 5,6	-3,3 ± 4,8	0,000
	ReRNvp	11,5 ± 4,6	11,8 ± 4,9	0,3 ± 5,3	0,312
	DRPvp	19,7 ± 8,2	20,6 ± 8,0	0,9 ± 10,3	0,659
	RuRPvp	29,7 ± 9,0	28,0 ± 9,6	-1,7 ± 7,6	0,044
	ReRPvp	13,7 ± 7,6	15,9 ± 8,6	2,2 ± 9,2	0,045
	PPC (cm)	RuPPC	2,7 ± 4,7	2,9 ± 4,2	0,2 ± 4,3
RePPC		13,0 ± 5,2	12,4 ± 4,6	-0,6 ± 6,3	0,339
AC/A		4,4 ± 2,2	3,9 ± 2,1	-0,5 ± 2,8	0,081
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	1,12 ± 0,42	1,44 ± 0,50	0,32 ± 0,47	0,010
	Diferença atraso	0,15 ± 0,19	0,16 ± 0,21	0,01 ± 0,27	0,784
	ARN	2,21 ± 0,42	2,31 ± 0,48	0,10 ± 0,40	0,010
	ARP	2,33 ± 1,40	2,99 ± 1,33	0,66 ± 1,35	0,000

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

* - teste t de Student. Restantes variáveis teste de Wilcoxon.

Para os valores do erro refractivo verificam-se diferenças estatisticamente significativas entre os dois exames apenas para o componente M, isto é, o componente que corresponde ao equivalente esférico na representação clínica do erro refractivo (figuras 4.1 e 4.2).

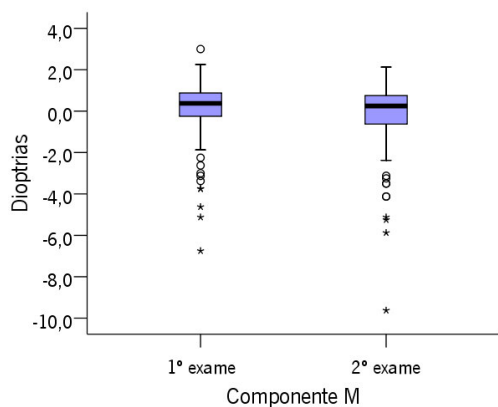


Figura 4.1 Valores do componente M para o 1º e 2º exame.

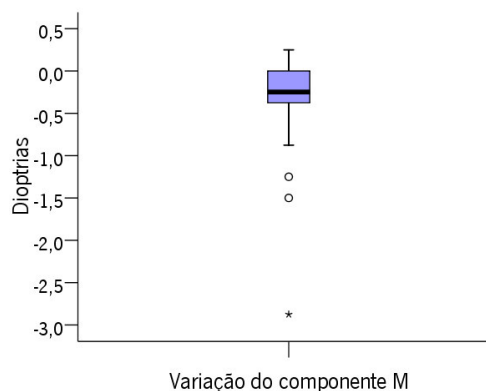


Figura 4.2 Variação do componente M entre o 1º e 2º exame.

Do 1º para o 2º exame, constatou-se uma clara tendência para a diminuição dos valores do componente M, o que indica uma tendência miópica. Verificou-se em média uma variação de 0,29 D no sentido de um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia do 1º para o 2º exame.

A análise dos componentes astigmáticos J0 e J45 do 1º para o 2º exame, mostra que existem variações quer positivas quer negativas, o que significa que não existe uma tendência clara para um aumento do astigmatismo à regra, contra a regra ou oblíquo. Salienta-se, ainda, o aumento do número de casos de astigmatismo de 83 para 93 casos do 1º para o 2º exame.

Analisando a prevalência das diferentes ametropias no 1º e 2º exame verificou-se uma diminuição acentuada da percentagem de hipermetropes e um ligeiro aumento do número de míopes e de emetropes. Como se pode verificar na tabela 4.5 e na figura 4.3, os 26 míopes do 1º exame mantiveram-se míopes, dos 34 emetropes no 1º exame 6 passaram a ser míopes e dos 58 hipermetropes do 1º exame 11 passaram a ser emetropes no 2º exame. Não houve nenhum caso que tenha passado directamente de hipermetrope para míope nem nenhum caso de míopes que se tenham tornado emetropes nem hipermetropes. Também não se verificou o caso de nenhum emetrope se ter tornado hipermetrope.

Tabela 4.5 Prevalência das diferentes ametropias no 1º e 2º exame (nº de pessoas)

		Ametropia 2º exame			Total
		Miopia	Emetropia	Hipermetropia	
Ametropia 1º exame	Miopia	26	0	0	26
	Emetropia	6	28	0	34
	Hipermetropia	0	11	47	58
	Total	32	39	47	118

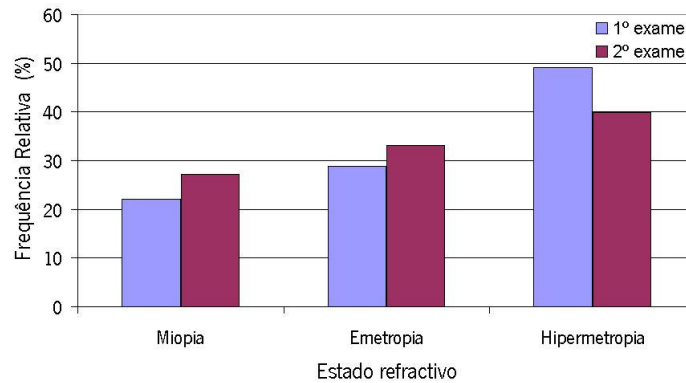


Figura 4.3 Prevalência das ametropias no 1º e 2º exame.

Quanto aos parâmetros biométricos, verifica-se que todos eles, com a excepção da PCA, sofreram uma variação estatisticamente significativa entre os dois exames. O valor médio observado no 1º exame foi de $23,39 \pm 0,93$ mm e para o 2º exame foi de $23,50 \pm 1,00$ mm (figuras 4.4 e 4.5). A variação verificada para o CA foi de um aumento de $0,11 \pm 0,28$ mm.

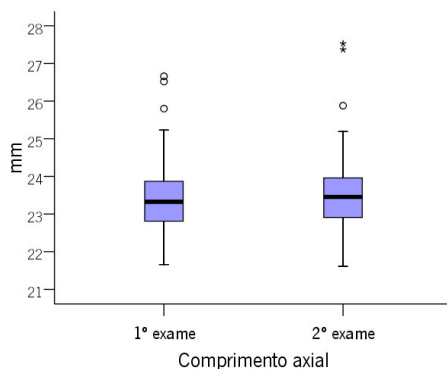


Figura 4.4 Valores médios e dispersão do CA para o 1º e 2º exame.

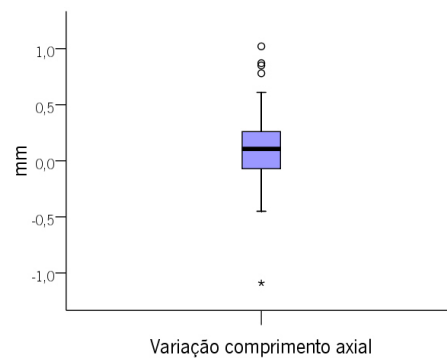


Figura 4.5 Variação dos valores do CA.

O cristalino teve um aumento médio da sua espessura de $0,06 \pm 0,14$ mm, é importante referir que em ambos os exames se utilizou um ciclopérgico, para que desta forma a EC não fosse influenciada pela acomodação e que apesar disso era pedido aos sujeitos para fixarem um objecto colocado à distância.

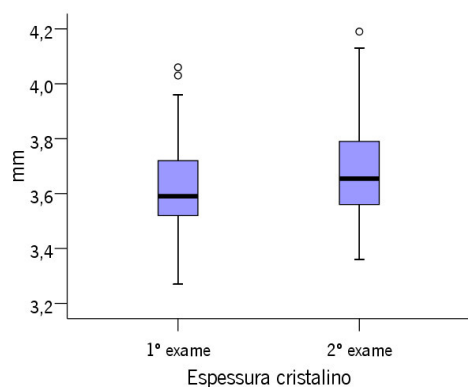


Figura 4.6 Valores médios e dispersão da EC para o 1º e 2º exame.

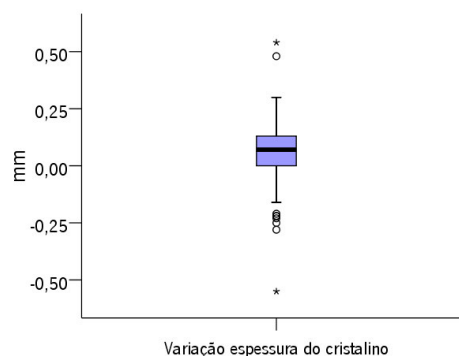


Figura 4.7 Variação dos valores da EC.

Os resultados obtidos para a PCV mostram um aumento em 0,07 mm do 1º para o 2º exame. Se se tiver em conta que a variação do CA foi de 0,11 mm, constata-se que o aumento da PCV é responsável por 63,6% do aumento no CA (figuras 4.8 e 4.9).

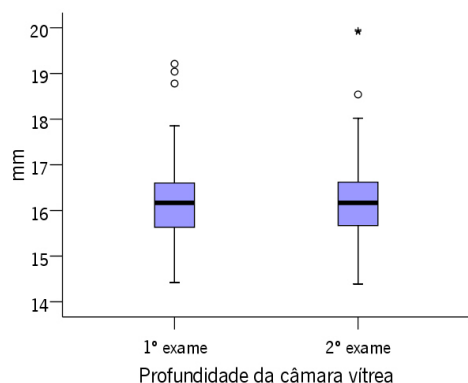


Figura 4.8 Valores médios e dispersão da PCV para o 1º e 2º exame.

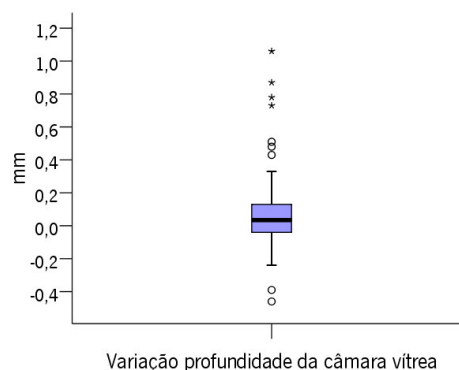


Figura 4.9 Variação dos valores da PCV.

O único parâmetro biométrico que não sofreu variação estatisticamente significativa entre os 2 exames, foi a PCA, tendo-se verificado uma diminuição neste parâmetro de $0,03 \pm 0,21$ mm.

Os parâmetros topográficos da córnea foram, de todos os parâmetros medidos, os que mostraram uma maior estabilidade durante os 3 anos. Para o raio central médio não se verificou nenhuma alteração, o raio obtido inicialmente foi igual ao obtido ao fim dos 3 anos. Para os raios periféricos, apenas o raio inferior e o nasal sofreram alterações de $-0,01 \pm 0,12$ mm e $0,02 \pm 0,21$ mm respectivamente. O raio inferior diminuiu enquanto que o raio nasal aumentou. O raio nasal apresenta também uma maior dispersão na diferença

entre os dois exames, dado que o $DP \pm 0,21$ mm é praticamente o dobro do verificado para os outros parâmetros medidos.

A excentricidade corneal é o único parâmetro da córnea que apresenta uma diferença estatisticamente significativa entre os dois exames ($p=0,024$) com um aumento de $0,02 \pm 0,09$, passando de $0,48 \pm 0,11$ para $0,50 \pm 0,11$, pelo que se verifica que durante o período do estudo a córnea tornou-se mais prolata (figuras 4.10 e 4.11).

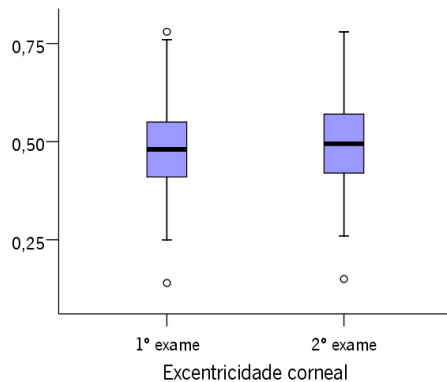


Figura 4.10 Valores médios e dispersão da excentricidade para o 1º e 2º exame.

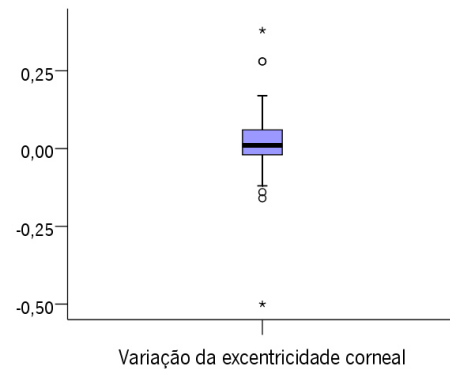


Figura 4.11 Variação dos valores da excentricidade.

Para os parâmetros de visão binocular verifica-se a existência de variações estatisticamente significativas entre o 1º e 2º exame, para o valor da foria e valores de ruptura e recuperação das reservas positivas das negativas em VL. Para a VP as variações ocorridas para a foria, reserva negativa (desfocado e ruptura) e reserva positiva (ruptura e recuperação) foram consideradas estatisticamente significativas.

Os valores médios $\pm DP$ para o estado fórico em VL foram de $0,4 \pm 2,6 \Delta$ de exoforia para o 1º exame e de $0,9 \pm 3,0 \Delta$ para o 2º exame. A variação entre os dois exames foi de $0,5 \Delta$, este valor, apesar de ser estatisticamente significativo, em termos clínicos não representa uma variação significativa, não só pelo valor em si, mas também pelo facto de se manter uma situação de exoforia o que exige o mesmo tipo de intervenção terapêutica.

Na foria em VP o valor médio $\pm DP$ encontrado para o 1º exame foi de $0,4 \pm 5,7 \Delta$ de endoforia e de $1,2 \pm 5,4 \Delta$ exoforia no 2º exame. A variação entre os dois exames foi de $1,6 \Delta$. Ao contrário do que se verificou para a foria em VL, neste caso houve uma alteração de endoforia para exoforia, o que independentemente do valor prismático exige uma intervenção diferente por parte do clínico (figuras 4.12 e 4.13).

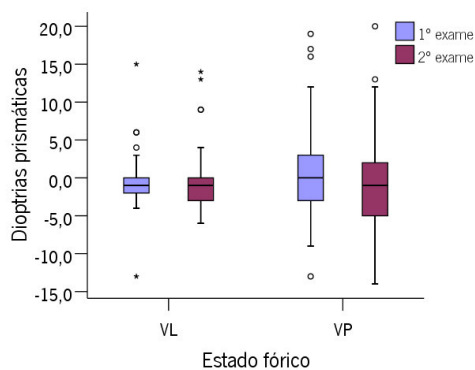


Figura 4.12 Valores médios e dispersão da foria em VL e VP para o 1º e 2º exame.

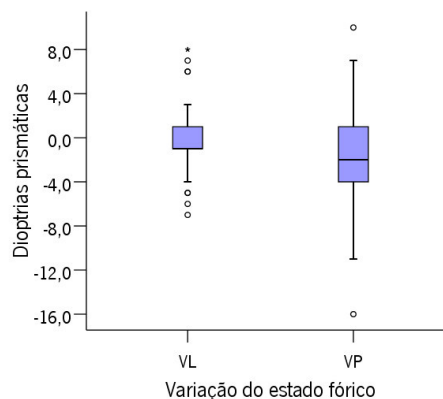


Figura 4.13 Variação dos valores da foria em VL e VP.

Na figura 4.14 representa-se esquematicamente os valores do estado fórico obtidos no 1º e 2º exame em VL e VP. A verde estão representados os valores do 1º exame e a laranja os obtido no 2º exame

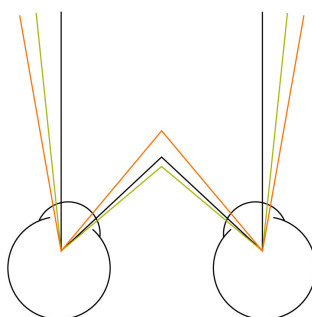


Figura 4.14 Representação dos valores do estado fórico em VL e VP para o 1º e 2º exame

O valor das reservas fusoriais negativas para VL apresentam diferenças estatisticamente significativas nos valores de ruptura e de recuperação. Verificou-se uma diminuição dos valores de ruptura de $2,3 \Delta$ e um incremento ligeiro no valor de recuperação $0,8 \Delta$. É interessante verificar que houve uma diminuição do intervalo de visão simples do 1º para o 2º exame em $3,1 \Delta$, que resulta da soma dos dois valores referidos anteriormente, e cujas potenciais implicações serão discutidas na secção correspondente do capítulo seguinte. (figuras 4.15 e 4.16). Para a reserva positiva em VL verificou-se uma diminuição ainda maior no intervalo de visão simples do que a verificada para a reserva negativa. Neste caso a redução foi de $4,3 \Delta$ motivada principalmente pelo aumento do valor da recuperação em $2,6 \Delta$ (figuras 4.17 e 4.18).

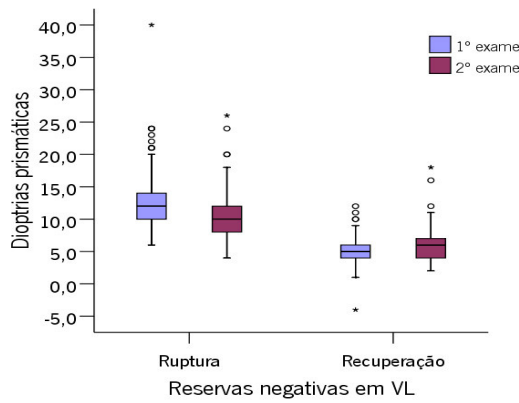


Figura 4.15 Valores médios e dispersão da reserva fusional negativa em VL para o 1º e 2º exame.

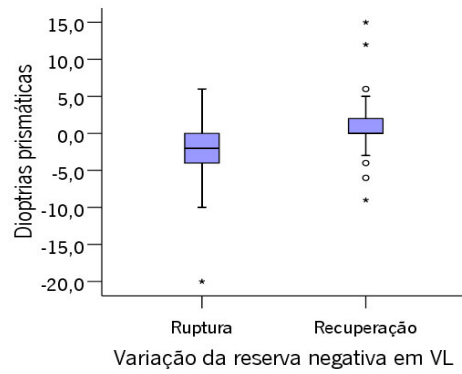


Figura 4.16 Variação dos valores da reserva fusional negativa em VL.

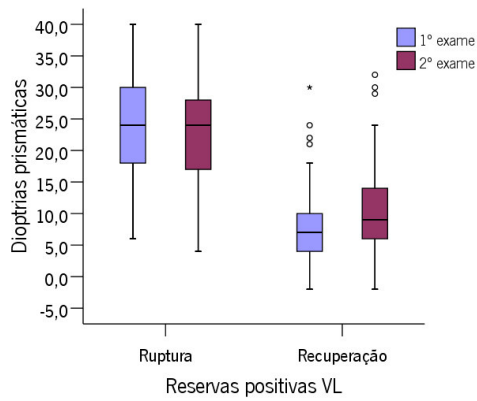


Figura 4.17 Valores médios e dispersão da reserva fusional positiva em VL para o 1º e 2º exame.

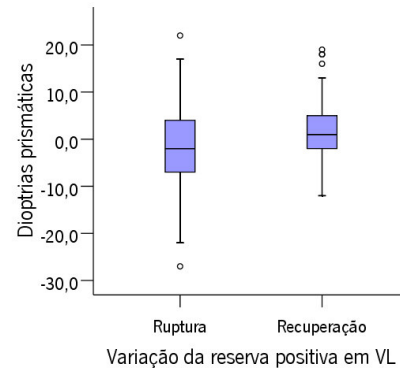


Figura 4.18 Variação dos valores da reserva fusional positiva em VL.

Na figura 4.19 representa-se graficamente os valores obtidos para as reservas fusionais no 1º e 2º exame em VL. A superfície a cheio representa os valores obtidos no 1º exame e os traços os valores obtidos no 2º exame. A cor verde representa os valores de ruptura e a recuperação é representada pela cor laranja.

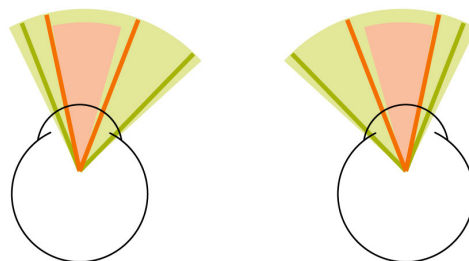


Figura 4.19 Representação esquemática das reservas fusionais em VL para o 1º e 2º exame.

Verificou-se a mesma tendência de redução no intervalo entre o valor de ruptura e de recuperação (intervalo de visão dupla) em VP. Para as reservas negativas verificou-se uma redução de $3,6 \Delta$ devendo-se principalmente à diminuição do valor de ruptura. (figuras 4.20 e 4.21).

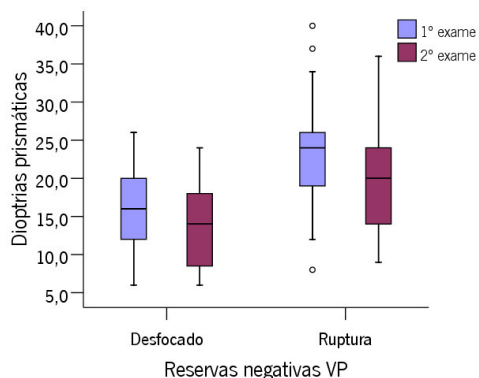


Figura 4.20 Valores médios e dispersão da reserva fusional negativa em VP para o 1º e 2º exame.

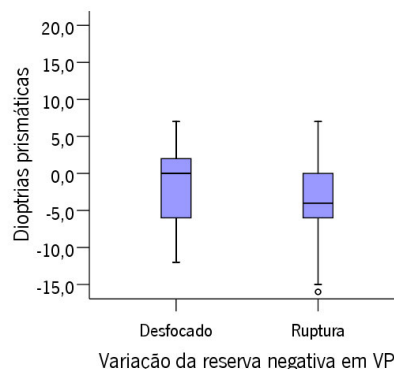


Figura 4.21 Variação dos valores da reserva fusional negativa em VP.

Para as reservas positivas em VP só se verificaram diferenças significativas entre os dois exames para os valores da ruptura e recuperação, assistindo-se à mesma tendência de diminuição do intervalo entre a ruptura e a recuperação, com um encurtamento de $3,9 \Delta$ (figuras 4.22 e 4.23). Para o PPC e AC/A, não se verificaram variações, nem clínica nem estatisticamente significativas.

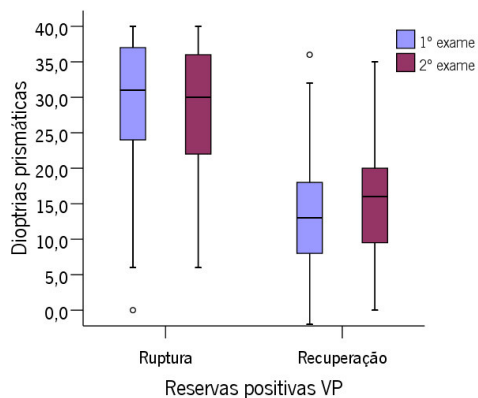


Figura 4.22 Valores médios e dispersão da reserva fusional positiva em VP para o 1º e 2º exame.

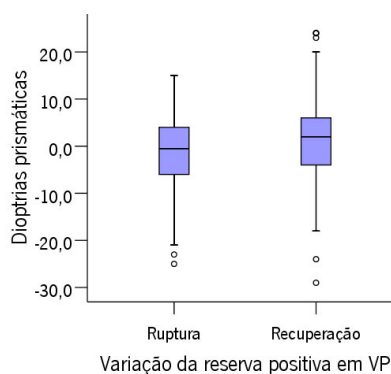


Figura 4.23 Variação dos valores da reserva fusional positiva em VP.

Na figura 4.24 representa-se graficamente os valores obtidos para as reservas fusionais no 1º e 2º exame em VP. A superfície a cheio representa os valores obtidos no 1º exame e os traços os valores obtidos no 2º exame. A cor verde representa os valores de ruptura, a recuperação é representada pela cor laranja e o valor de desfocado é representado a azul

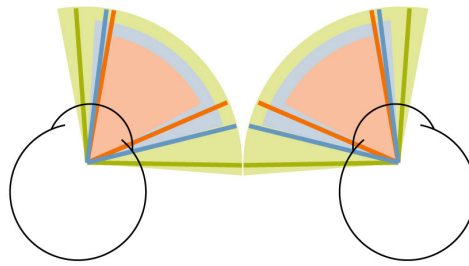


Figura 4.24 Representação esquemática das reservas fusionais em VP para o 1º e 2º exame.

Para os parâmetros acomodativos medidos verificou-se que a variação ocorrida é estatisticamente significativa para todos eles com a exceção da diferença do atraso acomodativo entre o OD e OE. Foi calculada a diferença entre o atraso acomodativo de um olho e outro, pois pensa-se que as diferenças na acomodação entre os dois olhos possam ser um factor que potencialize as alterações refractivas, nomeadamente o aparecimento ou o aumento da miopia. Para este parâmetro não se verificaram alterações entre os dois exames.

O valor médio \pm DP encontrado para o atraso acomodativo para o 1º exame foi de $1,12 \pm 0,42$ D. Cerca de 50,0% da população deste estudo tem um valor de atraso acomodativo de +1,00 D ou de +1,25 D. A diferença entre os dois exames foi de 0,32 D sendo estatisticamente significativa (figuras 4.25 e 4.26).

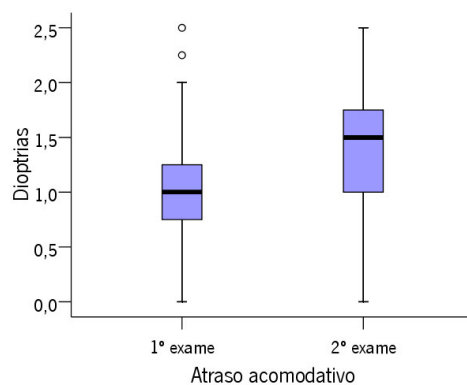


Figura 4.25 Valores médios e dispersão do atraso acomodativo para o 1º e 2º exame.

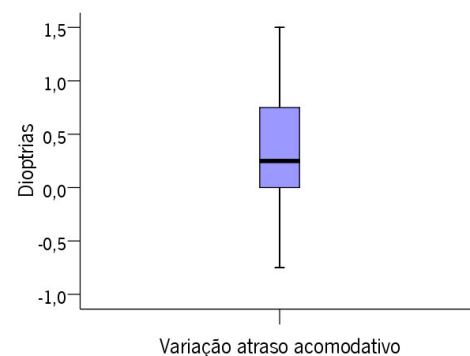


Figura 4.26 Variação dos valores do atraso acomodativo para o 1º e 2º exame.

Para a acomodação relativa os valores médios \pm DP encontrados no 1º exame foram de $2,21 \pm 0,42$ D para a ARN e de $2,33 \pm 1,40$ D para a ARP. A diferença no ARN entre o 1º e 2º exame foi de 0,10 D. Este valor apesar de ser estatisticamente significativo não o é

cl clinicamente. Para o ARP, apesar da população ser em média 3 anos mais velha, apresenta um aumento do 1º para o 2º exame de 0,66 D, o que é clínica e estatisticamente significativo (figuras 4.27 e 4.28).

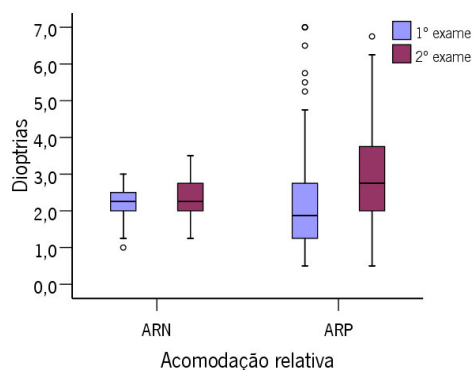


Figura 4.27 Valores médios e dispersão da ARN e ARP para o 1º e 2º exame.

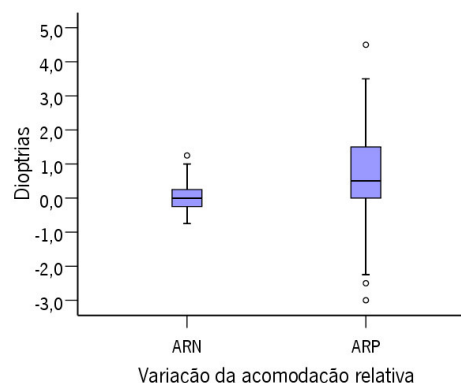


Figura 4.28 Variação dos valores da ARN e da ARP.

4.3 Relação do estado refractivo com outros parâmetros do sistema visual

Pretende-se analisar se existem relações entre os três grupos refractivos estabelecidos e os restantes parâmetros medidos quer no 1º quer no 2º exame. Para isso, usa-se a definição dos três grupos refractivos apresentada anteriormente (miopia, emetropia e hipermetropia) e aplica-se os testes estatísticos apropriados a cada tipo de variável segundo descrito no ponto 3.2 do capítulo de material e método.

Para variáveis que cumprem os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias é utilizado o teste de comparação ANOVA, assinalado na tabela com um asterisco *. Para os que não cumprem um dos critérios aplica-se o teste de comparação não paramétrico de K-W.

Tabela 4.6 Valores médios, DP para os diferentes estados refractivos obtidos no 1º exame e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados

		Miopia	Emetropia	Hipermetropia	p	
Erro refractivo (D)	M	-2,15 ± 1,61	0,07 ± 0,24	1,00 ± 0,49	0,000	
	J0	0,13 ± 0,31	0,12 ± 0,25	0,12 ± 0,20	0,941	
	J45	-0,09 ± 0,29	-0,05 ± 0,13	0,01 ± 0,13	0,584	
Parâmetros biométricos (mm)	CA	24,18 ± 1,09	23,53 ± 0,59	22,96 ± 0,75	0,000	
	PCA	3,73 ± 0,24	3,65 ± 0,23	3,55 ± 0,25	0,005*	
	EC	3,61 ± 0,13	3,61 ± 0,13	3,64 ± 0,15	0,574	
	PCV	16,84 ± 1,00	16,28 ± 0,63	15,77 ± 0,67	0,000*	
Topografia corneal	Raio (mm)	médio	7,75 ± 0,32	7,85 ± 0,27	7,82 ± 0,25	0,334*
	superior	7,99 ± 0,35	8,19 ± 0,42	8,10 ± 0,28	0,198	
	inferior	7,96 ± 0,33	8,12 ± 0,43	8,06 ± 0,27	0,326	
	temporal	7,76 ± 0,36	7,89 ± 0,26	7,83 ± 0,26	0,219*	
	nasal	7,89 ± 0,41	8,10 ± 0,40	8,01 ± 0,31	0,158	
	Excentricidade	0,44 ± 0,10	0,52 ± 0,11	0,48 ± 0,11	0,019*	
Visão binocular	Foria (Δ)	Fvl	-0,7 ± 1,7	-0,5 ± 2,9	-0,3 ± 2,8	0,789*
		Fvp	0,5 ± 7,1	0,7 ± 4,8	0,2 ± 5,0	0,933*
	Reservas (Δ)	RuRNvl	13,1 ± 4,0	13,0 ± 5,9	12,9 ± 4,1	0,595
		ReRNvl	5,8 ± 2,4	4,6 ± 1,6	5,3 ± 2,1	0,078*
		DRPvl	13,8 ± 5,9	12,3 ± 5,0	13,1 ± 5,9	0,761*
		RuRPvl	22,7 ± 9,8	20,9 ± 9,1	26,1 ± 7,6	0,017*
		ReRPvl	8,2 ± 5,5	6,8 ± 3,5	8,6 ± 6,2	0,678
		DRNvp	18,2 ± 5,5	14,5 ± 4,6	15,3 ± 4,8	0,051*
		RuRNvp	24,4 ± 6,0	22,5 ± 5,4	22,4 ± 5,0	0,255*
		ReRNvp	12,0 ± 5,7	11,3 ± 4,1	11,3 ± 4,3	0,861
		DRPvp	19,0 ± 6,3	22,1 ± 7,6	19,0 ± 8,6	0,533*
		RuRPvp	29,7 ± 10,3	28,4 ± 10,1	30,4 ± 7,8	0,585*
		ReRPvp	16,1 ± 9,1	11,7 ± 5,2	13,8 ± 7,8	0,107*
		PPC (cm)	RuPPC	2,1 ± 3,7	3,1 ± 5,8	2,7 ± 3,7
RePPC	11,9 ± 4,9		14,9 ± 8,4	12,3 ± 2,2	0,548	
	AC/A	4,5 ± 2,4	5,0 ± 2,2	4,0 ± 2,1	0,083	
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	1,16 ± 0,48	1,18 ± 0,28	1,07 ± 0,41	0,434	
	Diferença atraso	0,19 ± 0,22	0,13 ± 0,20	0,13 ± 0,17	0,410	
	ARN	2,34 ± 0,37	2,18 ± 0,42	2,17 ± 0,43	0,142	
	ARP	2,14 ± 1,14	2,16 ± 1,51	2,51 ± 1,45	0,250	

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

* - Teste ANOVA. Restantes variáveis teste de K-W.

Tabela 4.7 Valores médios, DP para os diferentes estados refractivos obtidos no 2º exame e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados

		Miopia	Emetropia	Hipermetropia	p	
Erro refractivo (D)	M	-2,39 ± 1,99	0,09 ± 0,24	0,92 ± 0,41	0,000	
	J0	0,09 ± 0,29	0,10 ± 0,26	0,10 ± 0,18	0,991	
	J45	-0,08 ± 0,30	-0,03 ± 0,15	-0,02 ± 0,13	0,750	
Parâmetros biométricos (mm)	CA	24,29 ± 1,12	23,53 ± 0,79	22,92 ± 0,62	0,000*	
	PCA	3,71 ± 0,29	3,61 ± 0,20	3,50 ± 0,25	0,001*	
	EC	3,64 ± 0,16	3,67 ± 0,13	3,71 ± 0,18	0,533	
	PCV	16,91 ± 0,76	16,25 ± 0,58	15,72 ± 0,93	0,000	
Topografia corneal	Raio (mm)	médio	7,74 ± 0,30	7,85 ± 0,30	7,83 ± 0,22	0,191*
	superior	8,02 ± 0,35	8,14 ± 0,38	8,12 ± 0,25	0,214	
	inferior	7,97 ± 0,31	8,09 ± 0,38	8,06 ± 0,38	0,305	
	temporal	7,77 ± 0,31	7,88 ± 0,31	7,84 ± 0,24	0,258*	
	nasal	7,93 ± 0,40	8,09 ± 0,44	8,04 ± 0,36	0,231*	
	Excentricidade	0,49 ± 0,10	0,50 ± 0,12	0,50 ± 0,12	0,865*	
Visão binocular	Foria (Δ)	Fv1	-1,5 ± 2,2	-0,9 ± 2,5	-0,5 ± 3,8	0,336*
	Fvp	-0,9 ± 5,2	-1,3 ± 5,0	-1,2 ± 6,0	0,962*	
	Reservas (Δ)	RuRNv1	11,2 ± 3,0	10,1 ± 4,0	10,9 ± 4,0	0,444*
		ReRNv1	6,0 ± 1,9	5,6 ± 2,5	6,2 ± 2,6	0,447
		DRPv1	13,1 ± 4,9	12,7 ± 5,2	10,8 ± 6,0	0,206*
		RuRPv1	21,3 ± 8,6	21,5 ± 8,6	23,1 ± 8,3	0,578
		ReRPv1	11,5 ± 7,3	9,2 ± 5,5	11,1 ± 6,7	0,262*
		DRNvp	15,4 ± 5,7	12,0 ± 7,2	14,4 ± 5,1	0,203
		RuRNvp	20,3 ± 5,2	18,3 ± 6,5	20,2 ± 5,0	0,226*
		ReRNvp	12,8 ± 6,0	10,3 ± 4,0	12,4 ± 4,5	0,026
	DRPvp	24,2 ± 6,2	20,6 ± 8,4	19,2 ± 8,2	0,196*	
	RuRPvp	28,3 ± 10,7	25,6 ± 10,1	29,8 ± 8,2	0,162	
	ReRPvp	16,8 ± 8,7	15,0 ± 9,0	16,0 ± 8,3	0,685*	
	PPC (cm)	RuPPC	3,2 ± 4,8	2,5 ± 4,0	2,9 ± 3,9	0,800
RePPC		13,7 ± 7,5	11,9 ± 3,1	11,9 ± 2,5	0,831	
AC/Δ		3,9 ± 1,7	3,8 ± 2,4	3,8 ± 1,9	0,577	
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	1,50 ± 0,48	1,46 ± 0,42	1,38 ± 0,56	0,537	
	Diferença atraso	0,16 ± 0,24	0,15 ± 0,18	0,16 ± 0,21	0,975	
	ARN	2,41 ± 0,48	2,26 ± 0,43	2,29 ± 0,51	0,429	
	ARP	2,91 ± 1,21	2,91 ± 1,47	3,13 ± 1,29	0,367	

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

* - Teste ANOVA. Restantes variáveis teste de K-W.

Como seria de esperar, visto que o estado refractivo é determinado com base no valor M, existem diferenças estatisticamente significativas para este componente. No entanto, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos para as componentes de astigmatismo J0 e J45. As diferenças observadas e que são estatisticamente significativas ilustram-se graficamente nas figuras 4.29 e 4.30.

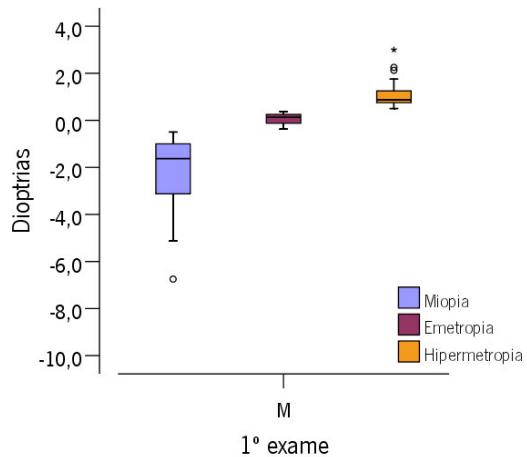


Figura 4.29 Valor do componente M agrupado por estado refractivo para o 1º exame.

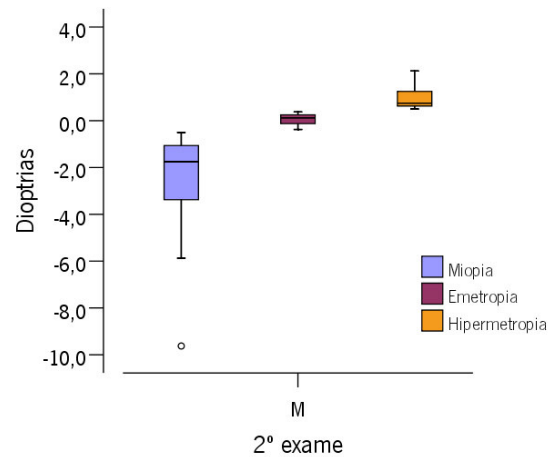


Figura 4.30 Valor do componente M agrupado por estado refractivo para 2º exame.

Os resultados apresentados nas tabelas 4.6 e 4.7 mostram que para todos os parâmetros biométricos, com a excepção da EC, existem diferenças estatisticamente significativas para os três estados refractivos obtidos quer no 1º quer no 2º exame.

Verifica-se que o valor do CA para os míopes é 0,65 mm maior do que para os emetropes, e 1,22 mm maior quando comparado com os hipermetropes no 1º exame. A mesma comparação no 2º exame revelou diferenças de 0,76 mm e 1,37 mm, no CA dos míopes em relação aos emetropes e hipermetropes, respectivamente (figuras 4.31 e 4.32).

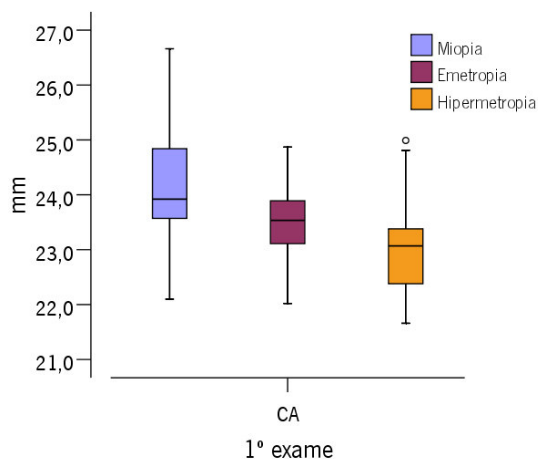


Figura 4.31 Valor do CA agrupado por estado refractivo para o 1º exame.

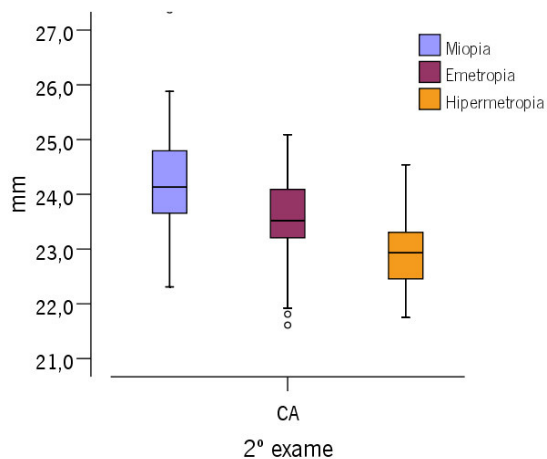


Figura 4.32 Valor do CA agrupado por ametropia para o 2º exame.

Para a PCA verifica-se uma profundidade maior para os míopes de cerca de 0,10 mm em relação aos emetropes e 0,20 em relação aos hipermetropes quer para o 1º quer para o 2º exame. (figura 4.33 e 4.34). No 2º exame há uma diminuição generalizada da PCA em todos os grupos.

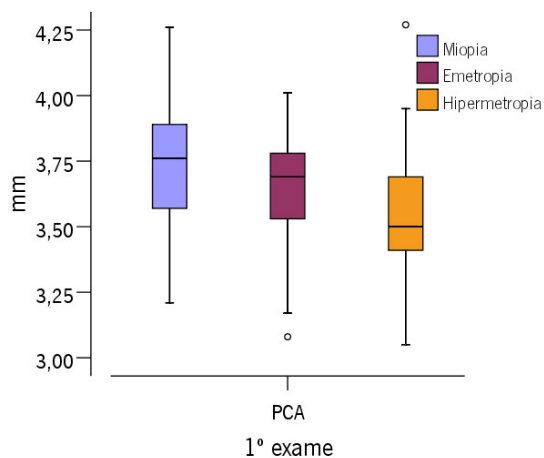


Figura 4.33 Valor da PCA agrupado por estado refractivo para 1º exame.

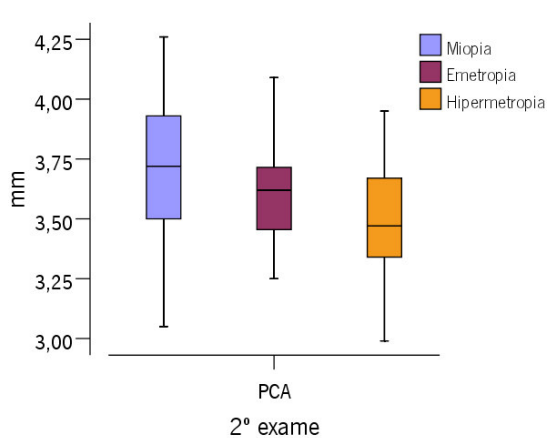


Figura 4.34 Valor da PCA agrupado por estado refractivo para 2º exame.

Na PCV verificou-se a mesma tendência, sendo maior nos míopes que nos emetropes em 0,56 mm e que nos hipermetropes em 1,07 mm, no 1º exame. No 2º exame as diferenças na PCV dos míopes em relação a emetropes e hipermetropes foram 0,66 mm e 1,19 mm, respectivamente (figuras 4.35 e 4.36).

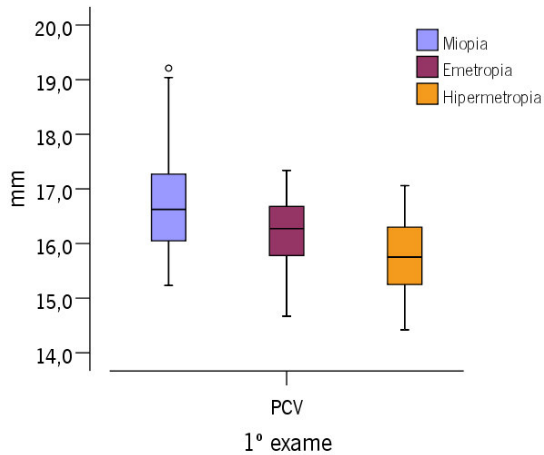


Figura 4.35 Valor da PCV agrupado por estado refrativo para 1º exame.

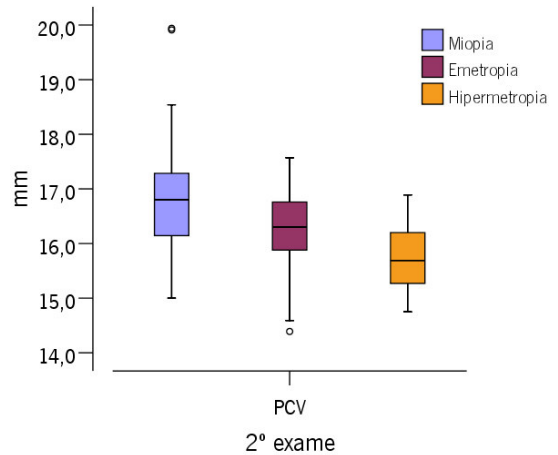


Figura 4.36 Valor da PCV agrupado por estado refrativo para 2º exame.

Em relação aos parâmetros topográficos, unicamente a excentricidade obtida no 1º exame é diferente para os três estados refrativos. Verifica-se que o valor da excentricidade corneal é menor para os míopes, sendo a diferença de 0,04 em relação aos hipermetropes e de 0,08 em relação aos emetropes ($p=0,019$). Na figura 4.37 estão representados graficamente os valores da excentricidade para os três estados refrativos no 1º exame. No 2º exame o valor da excentricidade nos míopes aumentou deixando de existir diferenças significativas entre os três grupos refrativos.

Para os restantes parâmetros topográficos da córnea, a maior diferença observada foi para o raio periférico superior, entre os míopes e emetropes do 1º exame, verificando-se uma diferença de 0,20 mm.

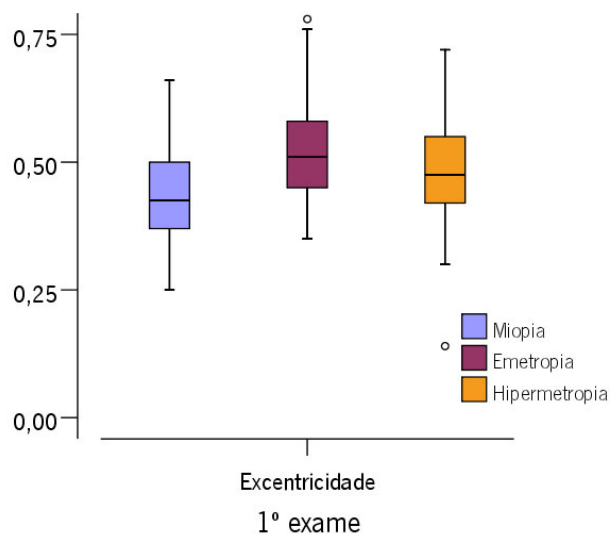


Figura 4.37 Valor da excentricidade agrupado por estado refrativo para 1º exame.

Para os parâmetros da visão binocular existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos refractivos no 1º exame apenas para o valor de ruptura da reserva positiva em VL ($p=0,017$). Verifica-se um valor de $26,1 \pm 7,6 \Delta$ para os hipermetropes, o que é um valor elevado quando comparado com o valor de $22,7 \pm 9,8 \Delta$ obtido para os míopes e de $20,9 \pm 9,1 \Delta$ para emetropes.

Para o 2º exame, unicamente o valor da recuperação da reserva negativa em VP apresenta valores que são estatisticamente diferentes para os três grupos refractivos ($p=0,026$). O valor encontrado para os emetropes é inferior ao dos outros dois grupos, sendo os valores médio encontrado de $10,3 \pm 4,0 \Delta$, e para os míopes e hipermetropes de $12,8 \pm 6,0 \Delta$ e $12,4 \pm 4,5 \Delta$, respectivamente. As diferenças observadas e que são estatisticamente significativas, são ilustradas graficamente nas figuras 4.38 e 4.39.

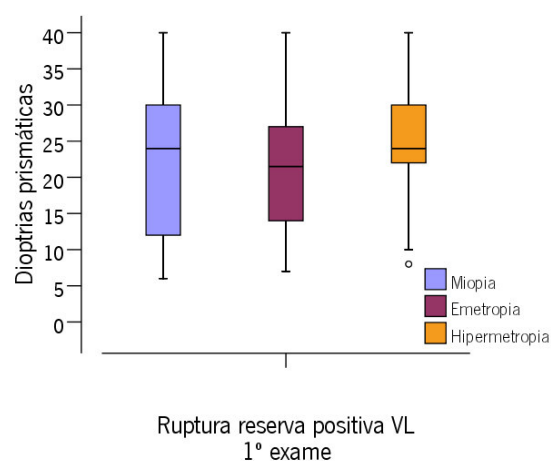


Figura 4.38 Valor da ruptura da reserva positiva em VL agrupada por estado refractivo para 1º exame.

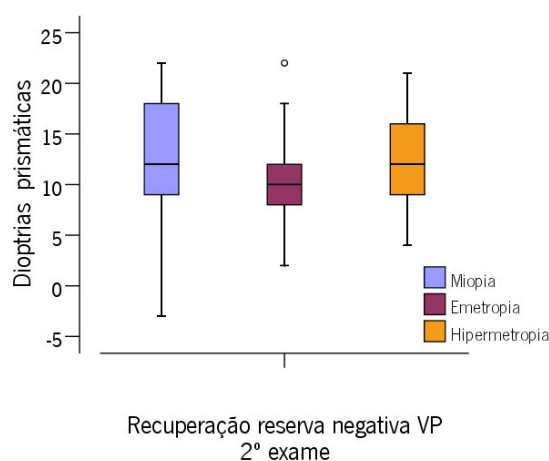


Figura 4.39 Valor da recuperação reserva negativa em VP agrupada por estado refractivo para 2º exame.

Para os parâmetros acomodativos medidos, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos refractivos quer no 1º quer no 2º exame.

4.4 Factores condicionantes da evolução do sistema visual

Neste ponto, por forma a possibilitar as análises subsequentes com a utilização de testes estatísticos, paramétricos e não paramétricos aplicáveis às situações em estudo, passar-se-á a utilizar sempre a variável resultante das diferenças observadas entre os valores medidos no 1º exame e os valores medidos no 2º exame (variação).

Foram analisados vários factores considerados pela literatura actual como factores condicionantes da prevalência do erro refractivo, sendo apresentados neste ponto aqueles com relevância significativa. Será analisada a variação dos parâmetros refractivos, biométricos, topográficos, de visão binocular e acomodação em função da idade, sexo, ametropia inicial, alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D (considerada neste trabalho como o limiar de significação clínica para o componente M da refração) e dos hábitos de visão.

4.4.1 O sexo

O sexo tem sido apontado como um factor condicionante não só dos vários parâmetros do sistema visual mas também da forma como eles evoluem ao longo da vida. Com o objectivo de conhecer se o sexo condiciona as alterações do sistema visual, e caso condicione, qual ou quais os parâmetros que são mais afectados, comparou-se a variação ocorrida entre os 2 exames de todos os parâmetros medidos para os indivíduos do sexo masculino e feminino. Na tabela 4.8 apresenta-se a variação ocorrida para os indivíduos do sexo feminino e masculino para todos os parâmetros medidos.

Analisando os resultados da referida tabela verifica-se que apenas para a variação da PCV existe uma diferença estatisticamente significativa entre os dois sexos ($p=0,042$) sendo o aumento da PCV de $0,07 \pm 0,16$ mm para as mulheres e de $0,06 \pm 0,29$ mm para os homens. Apesar desta diferença ser estatisticamente significativa, em termos clínicos a sua importância é reduzida, pois a diferença verificada é apenas de 0,01 mm, aproximadamente igual ao valor da variabilidade do instrumento de medida.

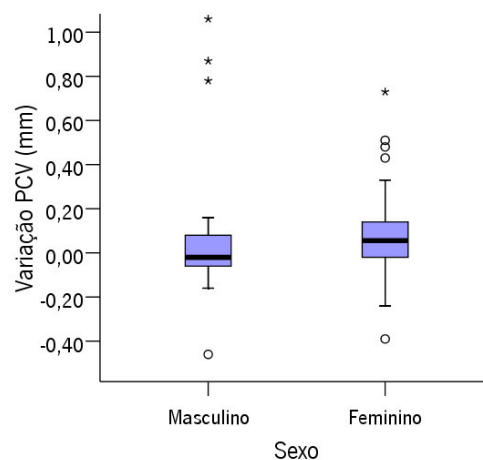


Figura 4.40 Variação da PCV com o sexo.

Tabela 4.8 Valores médios, DP e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados comparados por sexo

		Masculino	Feminino	<i>p</i>		
Erro refractivo (D)	M	-0,25 ± 0,34	-0,31 ± 0,40	0,390		
	J0	-0,03 ± 0,13	-0,02 ± 0,18	0,531		
	J45	-0,00 ± 0,07	-0,01 ± 0,11	0,955		
Parâmetros biométricos (mm)	CA	0,09 ± 0,30	0,11 ± 0,27	0,626*		
	PCA	-0,03 ± 0,19	-0,02 ± 0,21	0,797*		
	PCV	0,06 ± 0,30	0,07 ± 0,16	0,042		
Topografia corneal	médio	0,00 ± 0,02	0,00 ± 0,08	0,870		
	superior	0,01 ± 0,08	-0,01 ± 0,13	0,556		
	inferior	-0,01 ± 0,05	-0,01 ± 0,14	0,602		
	temporal	0,00 ± 0,05	0,01 ± 0,10	0,315		
	nasal	0,03 ± 0,31	0,01 ± 0,16	0,323		
	Excentricidade	0,01 ± 0,12	0,02 ± 0,08	0,457		
Visão binocular	Foria (Δ)	Fvl	-0,7 ± 1,7	-0,4 ± 2,4	0,873	
		Fvp	-1,2 ± 4,0	-1,7 ± 4,2	0,539	
	Reservas (Δ)	RuRNvl	-2,2 ± 2,4	-2,3 ± 3,7	0,728	
		ReRNvl	0,9 ± 3,3	0,6 ± 2,5	0,672	
		DRPvl	-0,1 ± 4,5	-1,0 ± 7,0	0,539	
		RuRPvl	-0,4 ± 8,4	-2,3 ± 8,5	0,281*	
		ReRPvl	1,9 ± 4,9	2,3 ± 6,1	0,878	
		DRNvp	-1,2 ± 6,0	-2,1 ± 5,1	0,580	
		RuRNvp	-3,7 ± 5,6	-3,1 ± 4,5	0,747	
		ReRNvp	-0,7 ± 4,2	0,8 ± 5,7	0,185	
		DRPvp	-0,2 ± 11,0	0,7 ± 10,2	0,548	
		RuRPvp	-1,7 ± 8,0	-1,6 ± 7,4	0,670	
		ReRPvp	0,7 ± 7,5	2,2 ± 9,9	0,588	
		PPC (cm)	RuPPC	-0,8 ± 7,5	0,6 ± 4,5	0,219
			RePPC	-1,00 ± 3,3	-0,5 ± 7,2	0,845
	AC/A	0,6 ± 2,7	0,5 ± 2,9	0,969		
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	0,21 ± 0,46	0,36 ± 0,46	0,109		
	Diferença atraso	0,07 ± 0,30	-0,02 ± 0,26	0,187		
	ARN	0,12 ± 0,36	0,09 ± 0,41	0,906		
	ARP	0,53 ± 0,95	0,72 ± 1,48	0,403		

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

* - teste t de Student. Restantes variáveis teste de Wilcoxon.

Para o erro refractivo a variação mais acentuada observou-se no componente M, que apresenta um valor 0,06 D mais miópico para as mulheres que para os homens. Para as componentes do astigmatismo as diferenças entre ambos os sexos foram iguais ou inferiores a 0,01 D. No que diz respeito a alteração dos parâmetros topográficos os resultados mostram que a maior disparidade entre os dois sexos é de 0,02 mm para o raio nasal e raio superior. Quanto à visão binocular, existem três parâmetros onde ocorreu uma diminuição para os indivíduos do sexo masculino e um aumento para os do sexo feminino; a recuperação da reserva negativa em VP, o desfocado da reserva positiva em VP e o valor de ruptura do PPC. Nos parâmetros acomodativos estudados a variação mais elevada foi para a ARP que apresenta um valor 0,19 D maior para as mulheres que para os homens. No entanto, nenhuma destas diferenças foram estatisticamente significativas.

4.4.2 A idade

Na tabela 4.9 apresenta-se a variação de todos os parâmetros medidos em relação à idade. A análise dessa variação é feita através do coeficiente de correlação de Spearman pois a variável idade não segue uma distribuição normal na amostra alvo deste estudo.

Verificou-se apenas correlações estatisticamente significativas entre a idade a variação de alguns parâmetros refractivos e da visão binocular. Para os parâmetros biométricos, topográficos e acomodativos não se verificou qualquer tipo de correlação estatisticamente significativa.

Verifica-se uma associação directa e estatisticamente significativa entre a idade e a variação do componente M. O coeficiente de Spearman é de 0,240 com uma significância estatística de $p=0,009$, apesar de ser estatisticamente significativa é uma correlação débil. Esta correlação directa, de acordo com a notação do componente M, implica que à medida que aumenta a idade dos sujeitos no primeiro exame, a variação do componente M é menos negativa, o que indica que as maiores alterações refractivas acontecem para os indivíduos mais jovens (figura 4.41). Dividindo a amostra em 2 subgrupos um com idade inferior a 20 anos e outro com idade igual ou superior a 20 anos obtém-se para os indivíduos do primeiro grupo uma variação média de $-0,39$ D e para o segundo uma variação média de $-0,23$ D.

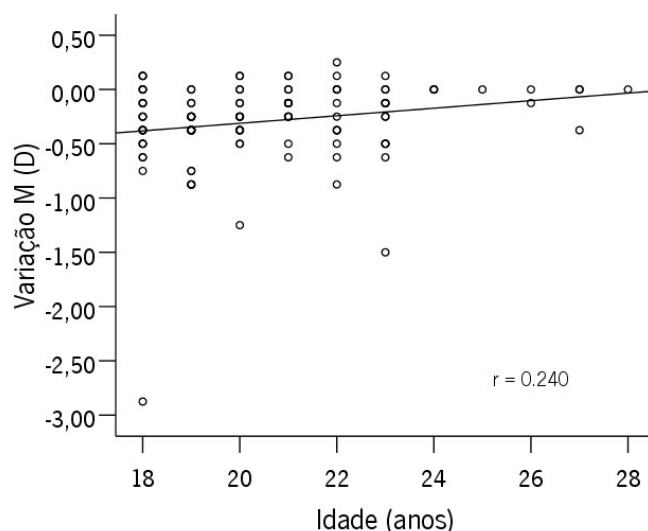


Figura 4.41 Correlação entre a idade e a variação do componente refractivo M.

Para a relação entre a idade e as variações nos parâmetros da visão binocular, verificou-se que dos 17 parâmetros avaliados apenas a ruptura da reserva negativa em VL apresenta uma correlação estatisticamente significativa com a idade ($p=0,011$). A correlação entre os dois é positiva (0,234), o que indica que existe uma variação menor do 1º para o 2º exame para os indivíduos mais velhos que para os mais novos. Portanto, a diminuição do valor da ruptura da reserva negativa em VL do 1º exame para o 2º exame é maior para os indivíduos mais novos que para os mais velhos.

Realizando a mesma divisão da amostra em dois subgrupos, de idade inferior a 20 anos e de idade igual ou superior a 20 anos, verifica-se que a variação média é de 3,3 Δ e 1,5 Δ , respectivamente.

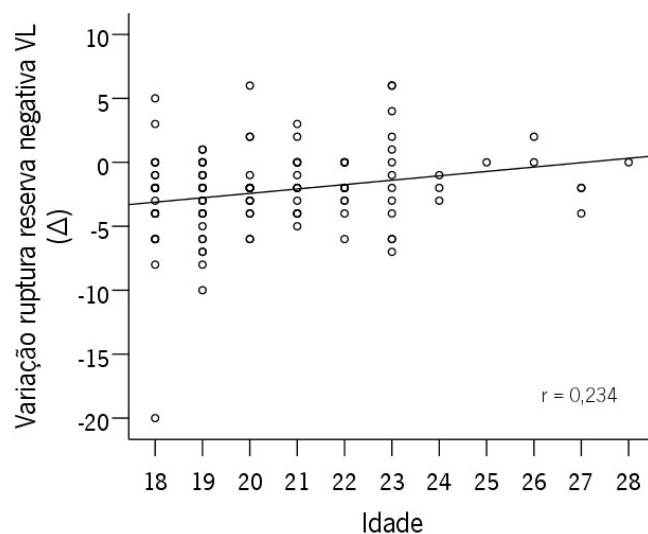


Figura 4.42 Correlação entre a idade e a variação da ruptura da reserva nasal em VL.

Tabela 4.9 Coeficiente de correlação de Spearman entre a idade e os parâmetros avaliados

		Correlação	<i>p</i>	
Erro refractivo (D)	M	0,240	0,009	
	J0	-0,052	0,657	
	J45	-0,108	0,352	
Parâmetros biométricos (mm)	CA	0,083	0,370	
	PCA	0,161	0,082	
	EC	0,072	0,436	
Topografia corneal	Raio (mm)	médio	-0,066	0,480
		superior	0,038	0,681
		inferior	-0,020	0,827
		temporal	0,042	0,655
		nasal	0,025	0,787
	Excentricidade	0,101	0,275	
Foria (Δ)	Fvl	0,005	0,954	
	Fvp	-0,092	0,324	
Visão binocular	Reservas (Δ)	RuRNvl	0,234	0,011
		ReRNvl	-0,108	0,247
		DRPvl	0,001	0,994
		RuRPvl	0,140	0,130
		ReRPvl	-0,025	0,795
		DRNvp	-0,253	0,090
		RuRNvp	-0,115	0,215
		ReRNvp	0,009	0,926
		DRPvp	-0,098	0,564
		RuRPvp	0,061	0,510
	ReRPvp	0,083	0,391	
	PPC (cm)	RuPPC	0,083	0,372
		RePPC	0,083	0,668
AC/A		-0,066	0,479	
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	0,103	0,268	
	Diferença atraso	0,064	0,490	
	ARN	0,011	0,903	
	ARP	-0,050	0,594	

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

Teste estatístico usado: teste de Spearman

4.4.3 A ametropia inicial

Com o objectivo de conhecer se o facto do sujeito ser míope, emetrope ou hipermetrope na altura do 1º exame influencia as variações ocorridas no sistema visual durante um período de 3 anos realizou-se a análise dos resultados que se apresenta na tabela 4.10.

A análise dos resultados de comparação da variação do erro refractivo para os três estados refractivos obtidos no 1º exame, mostra que o valor da variação do componente M é mais elevado para os míopes que para os hipermetropes ou emetropes. A variação no componente M para os míopes é de $-0,64 \pm 0,58$ D, enquanto que para os emetropes é de $-0,17 \pm 0,23$ D e de $-0,21 \pm 0,21$ D para os hipermetropes. A variação ocorrida para os míopes é cerca de 3 vezes superior à verificada para os outros dois grupos refractivos sendo essa diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,001$).

Estes resultados indicam que a miopia continua a progredir a uma taxa de 0,21 D por ano, o que, tendo em conta a faixa etária da população estudada, é um valor bastante elevado (figura 4.43).

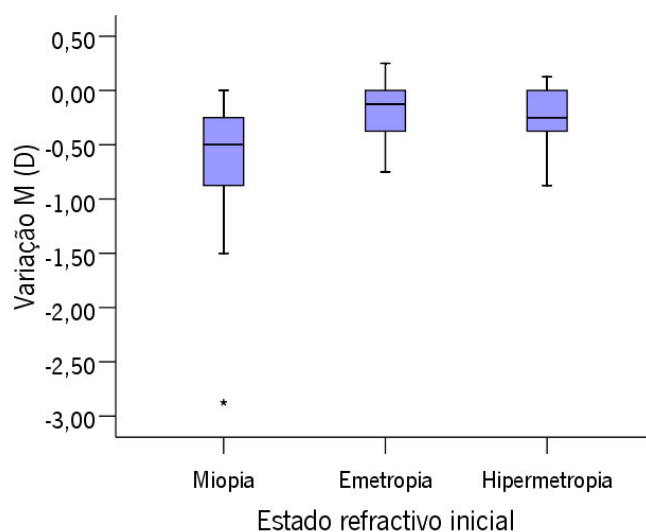


Figura 4.43 Variação do componente refractivo M com o estado refractivo inicial.

Para os componentes J0 e J45 não se verificaram alterações estatisticamente significativas, no entanto, é interessante verificar que para os hipermetropes ocorreu um aumento do astigmatismo contra a regra (J0 mais negativo) superior ao verificado para os outros dois grupos refractivos. O mesmo se verificou para o componente J45 em relação aos míopes, o que indica um aumento do componente oblíquo do astigmatismo na direcção a 135º neste grupo refractivo.

Tabela 4.10 Valores médios, DP e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados comparados por estado refractivo inicial

		Miopia	Emetropia	Hipermetropia	p	
Erro refractivo (D)	M	-0,64 ± 0,58	-0,17 ± 0,23	-0,21 ± 0,21	0,000	
	J0	-0,02 ± 0,22	-0,01 ± 0,15	-0,03 ± 0,12	0,689	
	J45	-0,02 ± 0,12	-0,00 ± 0,08	0,01 ± 0,08	0,700	
Parâmetros biométricos (mm)	CA	0,28 ± 0,31	0,04 ± 0,27	0,07 ± 0,23	0,001*	
	PCA	0,03 ± 0,22	-0,09 ± 0,22	-0,01 ± 0,19	0,056*	
	EC	0,06 ± 0,17	0,08 ± 0,14	0,05 ± 0,13	0,340	
	PCV	0,19 ± 0,33	0,04 ± 0,15	0,07 ± 0,21	0,050	
Topografia corneal	médio	0,00 ± 0,02	-0,02 ± 0,08	0,00 ± 0,07	0,711	
	superior	0,02 ± 0,09	-0,04 ± 0,19	0,01 ± 0,07	0,228	
	inferior	0,01 ± 0,08	-0,04 ± 0,18	0,00 ± 0,07	0,508	
	temporal	0,02 ± 0,11	-0,02 ± 0,09	0,01 ± 0,08	0,836	
	nasal	0,00 ± 0,11	-0,01 ± 0,24	0,04 ± 0,23	0,046	
	Excentricidade	0,03 ± 0,07	0,00 ± 0,08	0,01 ± 0,10	0,072	
Foria (Δ)	Fvl	-1,0 ± 2,2	-0,4 ± 2,5	-0,2 ± 2,1	0,403	
	Fvp	-1,8 ± 4,9	-1,5 ± 4,5	-1,6 ± 3,6	0,985	
Visão binocular	RuRNvl	-1,5 ± 3,0	-2,8 ± 4,1	-2,3 ± 3,0	0,492	
	ReRNvl	0,4 ± 3,0	0,7 ± 1,9	0,8 ± 3,0	0,952	
	DRPvl	1,7 ± 4,9	0,7 ± 4,8	-2,0 ± 7,1	0,088	
	RuRPvl	-1,3 ± 9,5	0,8 ± 9,1	-3,4 ± 7,4	0,068	
	ReRPvl	3,5 ± 5,1	2,6 ± 5,3	1,4 ± 6,1	0,281	
	Reservas (Δ)	DRNvp	-2,0 ± 5,2	-3,9 ± 5,6	-0,8 ± 5,1	0,289
	RuRNvp	-4,2 ± 5,1	4,1 ± 4,6	-2,4 ± 4,7	0,133	
	ReRNvp	1,8 ± 6,8	-1,2 ± 5,0	0,7 ± 4,6	0,176	
	DRPvp	3,3 ± 4,2	-0,6 ± 10,4	0,4 ± 10,9	0,873	
	RuRPvp	-0,5 ± 7,3	-3,1 ± 8,0	-1,4 ± 7,4	0,226	
	ReRPvp	1,7 ± 10,0	2,5 ± 7,6	1,4 ± 9,8	0,488	
	PPC (cm)	RuPPC	0,3 ± 3,5	0,4 ± 5,3	0,1 ± 4,0	0,892
RePPC		1,6 ± 6,9	-1,3 ± 10,4	-1,0 ± 2,9	0,690	
AC/A		-0,6 ± 2,3	-1,2 ± 3,7	-0,1 ± 2,5	0,479	
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	0,39 ± 0,49	0,30 ± 0,37	0,28 ± 0,50	0,502	
	Diferença atraso	-0,07 ± 0,29	0,04 ± 0,29	0,03 ± 0,25	0,421	
	ARN	0,12 ± 0,44	0,07 ± 0,35	0,11 ± 0,40	0,891	
	ARP	0,87 ± 1,31	0,61 ± 1,20	0,67 ± 1,35	0,487	

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

* - teste ANOVA. Restantes variáveis teste de K-W.

Em relação aos parâmetros biométricos verificou-se que a variação do CA para os míopes é de $0,28 \pm 0,31$ mm, para os hipermetropes de $0,07 \pm 0,23$ mm e para os emetropes de $0,04 \pm 0,27$ mm. A variação ocorrida para os míopes é 4 vezes superior à variação observada nos hipermetropes e 7 vezes superior à observada nos emetropes (figura 4.44).

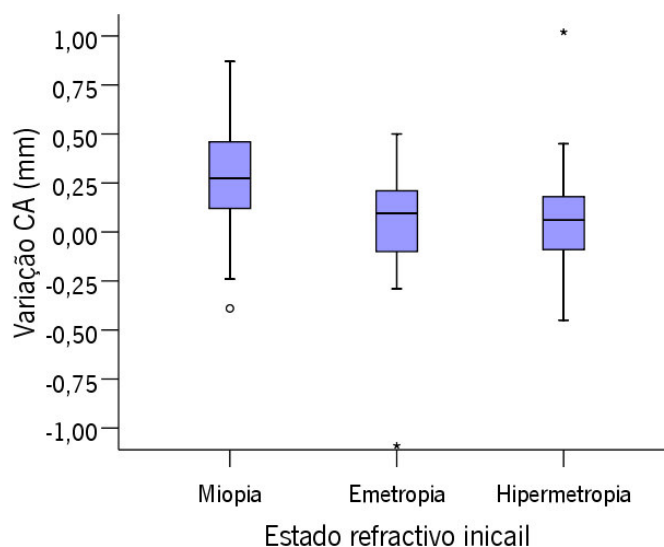


Figura 4.44 Variação do CA com o estado refractivo inicial.

As diferenças na variação da PCV quando comparada por grupo refractivo inicial, apesar de estar no limiar da significação estatística ($p=0,05$), apresenta a mesma tendência observada para o CA, com uma maior variação para os sujeitos que eram inicialmente míopes.

Para os parâmetros topográficos, a análise dos resultados permite concluir que apenas a variação do raio nasal tem uma relação estatisticamente significativa com a ametropia inicial ($p=0,046$). Segundo isto, os hipermetropes apresentam um aumento do 1º para o 2º exame de 0,04 mm e 0,05 mm superior em relação aos míopes e emetropes, respectivamente. Esta diferença equivale aproximadamente a 0,25 D o que do ponto de vista clínico, e tratando-se de um raio periférico é irrelevante (figura 4.45).

As variações nos parâmetros da visão binocular não são estatisticamente significativas entre os distintos grupos refractivos iniciais, apesar de apresentar diferenças de cerca de $4,0 \Delta$ em algumas variáveis. Para os parâmetros acomodativos também não se observaram variações diferentes entre os distintos grupos refractivos iniciais.

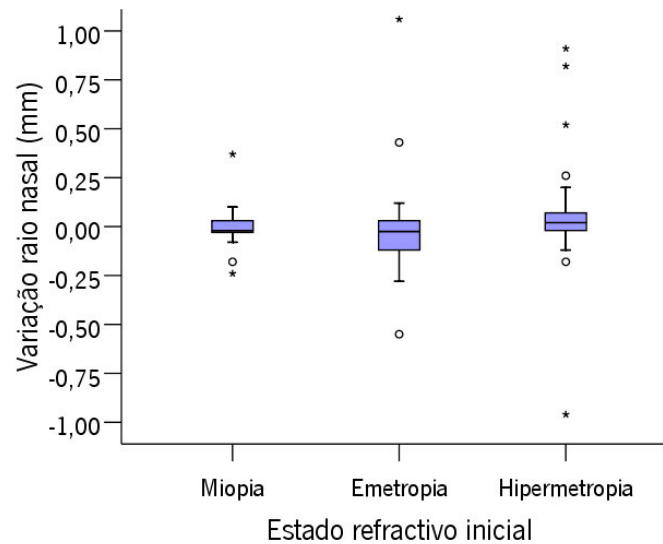


Figura 4.45 Variação do raio corneal periférico nasal com a ametropia inicial.

4.4.4 A evolução do erro refractivo

Com o objectivo de determinar se a variação refractiva era acompanhada por diferentes variações nos restantes parâmetros do sistema visual, dividiu-se a população em dois grupos, tendo como referência o facto de ter ou não sofrido alterações refractivas do 1º para o 2º exame (“alterou” ou “não alterou”, respectivamente). Para esse efeito estabeleceu-se como valor de corte o valor de 0,50 D de diferença entre os valores do componente M do 1º para o 2º exame. O grupo “alterou” inclui todos os sujeitos que sofreram uma alteração refractiva no sentido do aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia igual ou superior a 0,50 D, no grupo “não alterou” todos os que não tiveram alterações refractivas ou que tenham sido inferiores a 0,50 D.

Na tabela 4.11 apresentam-se o valor médio e DP de todos os parâmetros avaliados para os 2 grupos de alteração refractiva e os resultados dos testes estatísticos.

Tabela 4.11 Valores médios, DP e os resultados da significância estatística para os parâmetros avaliados comparados por evolução refractiva

		Não alterou	Alterou	<i>p</i>		
Erro refractivo (D)	M	-0,15 ± 0,17	-0,78 ± 0,49	0,000		
	J0	-0,02 ± 0,17	-0,02 ± 0,15	0,960		
	J45	-0,01 ± 0,09	0,03 ± 0,08	0,092		
Parâmetros biométricos (mm)	CA	0,07 ± 0,26	0,23 ± 0,31	0,009*		
	PCA	-0,04 ± 0,21	0,00 ± 0,21	0,410*		
	EC	0,08 ± 0,14	0,00 ± 0,15	0,008		
	PCV	0,02 ± 0,14	0,23 ± 0,30	0,000		
Topografia corneal	Raio (mm)	médio	0,00 ± 0,07	0,00 ± 0,03	0,492	
		superior	0,01 ± 0,13	-0,02 ± 0,07	0,069	
		inferior	-0,01 ± 0,13	-0,00 ± 0,04	0,510	
		temporal	0,00 ± 0,08	0,02 ± 0,10	0,742	
		nasal	0,03 ± 0,21	-0,02 ± 0,23	0,848	
	Excentricidade	0,02 ± 0,08	0,00 ± 0,12	0,848		
Visão binocular (Δ)	Foria	FvI	-0,4 ± 2,4	-0,8 ± 2,8	0,278	
		Fvp	-1,6 ± 4,2	-1,5 ± 3,9	0,858	
	Reservas	RuRNvI	-2,3 ± 2,8	-2,0 ± 5,0	0,493	
		ReRNvI	0,8 ± 2,7	0,4 ± 2,9	0,741	
		DRPvI	-1,3 ± 6,4	1,1 ± 6,2	0,232	
		RuRPvI	-2,0 ± 8,4	-1,1 ± 9,0	0,658*	
		ReRPvI	2,0 ± 5,8	3,0 ± 5,6	0,446	
		DRNvp	-2,1 ± 5,5	-0,8 ± 4,2	0,446	
		RuRNvp	-3,4 ± 4,8	-2,9 ± 4,9	0,539	
		ReRNvp	-0,1 ± 5,1	2,1 ± 6,1	0,584	
		DRPvp	0,4 ± 11,1	0,4 ± 0,9	0,334	
		RuRPvp	-1,7 ± 7,5	-1,6 ± 7,8	0,562	
		ReRPvp	1,8 ± 9,2	1,7 ± 9,5	0,670	
		PPC (cm)	RuPPC	0,3 ± 4,4	0,0 ± 3,7	0,762
			RePPC	-0,2 ± 7,1	-1,8 ± 3,5	0,961
	AC/A	-0,5 ± 3,1	-0,5 ± 1,9	0,448		
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	0,28 ± 0,45	0,44 ± 0,51	0,079		
	Diferença atraso	0,01 ± 0,27	0,01 ± 0,30	0,751		
	ARN	0,12 ± 0,42	0,03 ± 0,33	0,357		
	ARP	0,68 ± 1,35	0,63 ± 1,36	0,765		

Os resultados cujas variações são estatisticamente significativas são apresentadas a negrito.

* - teste t de Student. Restantes variáveis teste de M-W.

Os resultados obtidos para a variação do estado refractivo, nomeadamente, para o componente M era previsível, pois os dois grupos são definidos partindo exactamente da variação desse componente refractivo. No entanto, é de destacar a marcada diferença entre os grupos sendo que para o grupo que alterou o erro refractivo a variação média foi de $-0,78 \pm 0,49$ D enquanto que para o outro grupo a variação média foi de $-0,15 \pm 0,17$ D (figura 4.46).

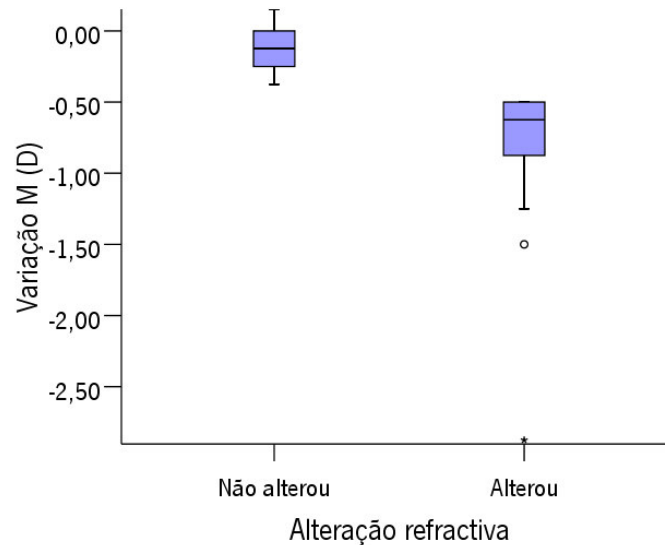


Figura 4.46 Variação do componente refractivo M com os grupos de alteração refractiva $\geq 0,50$ D.

A análise dos resultados dos parâmetros biométricos mostra que para todos eles, com a excepção da PCA, ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. Para o grupo que sofreu alteração refractiva verificou-se um aumento de 0,23 mm no CA e na PCV, enquanto que para o outro grupo que não sofreu alterações refractivas foram de 0,07 mm e 0,02 mm para o CA e PCV, respectivamente. Para a EC verificou-se um aumento de 0,08 mm para o grupo que não sofreu alterações, enquanto que para o outro grupo os valores obtidos no 1º e no 2º exame foram iguais. Este aumento da EC em 0,08 mm é suficiente para compensar uma variação miópica de 0,50 D (figuras 4.47 e 4.48). Estes resultados permitem verificar a existência de um aumento da PCV e do CA numa população de jovens adultos e esse aumento está relacionado com um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia, ou seja está relacionada com uma tendência miópica (figura 4.49).

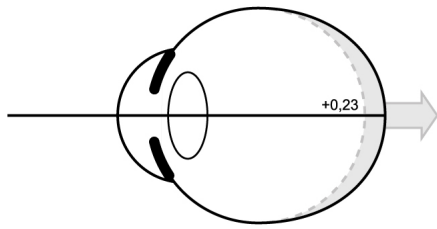


Figura 4.47 Alterações biométricas no grupo que alterou o estado refractivo.

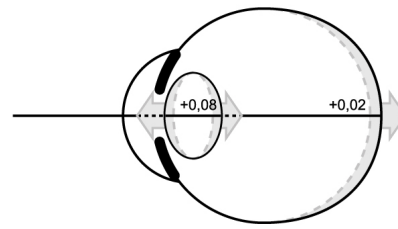


Figura 4.48 Alterações biométricas no grupo que não alterou o estado refractivo.

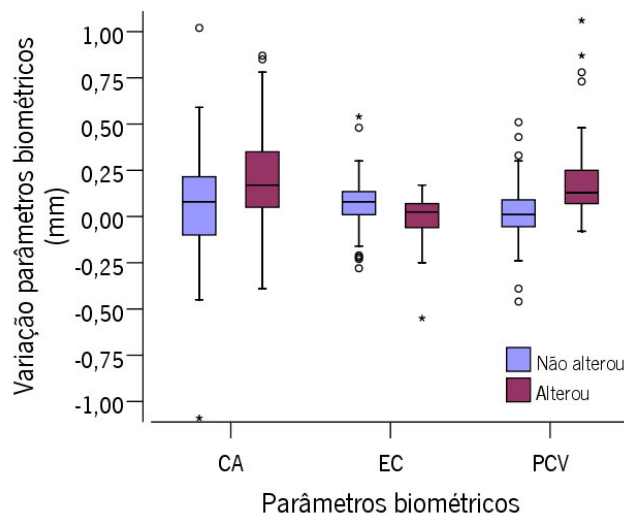


Figura 4.49 Variação do CA, EC e PCV com os grupos de alteração refractiva $\geq 0,50$ D.

A alteração refractiva não é um factor que pareça estar condicionado pelas alterações ocorridas nos parâmetros topográficos da córnea, de visão binocular e de acomodação analisados. No entanto, algumas das tendências encontradas serão novamente exploradas na discussão devido à sua potencial relevância clínica para o desempenho do sistema visual.

4.4.5 Os hábitos de visão

Foi realizado um inquérito aos participantes no trabalho, onde lhes era perguntado sobre o tempo que dedicavam semanalmente a quatro tipos de actividades de VP: estudar, computador, ver televisão e passatempos.

Inicia-se este ponto fazendo um breve resumo dos hábitos de visão dos participantes neste trabalho e a sua variação ao longo do período de estudo. Analisa-se também se os hábitos de visão para os míopes, emetropes e hipermetropes são diferentes.

Na tabela 4.12 apresentam-se os valores da mediana das H/sem dedicadas a cada actividade de visão no 1º e 2º exame e a variação ocorrida entre eles, assim como a significância estatística da diferença entre o 1º e 2º exame. Isto é feito para cada um dos hábitos de visão especificados anteriormente.

Tabela 4.12 Número de H/sem dedicadas aos diferentes hábitos de visão, variação entre 1º e no 2º exame e a significância estatística das diferenças

		Estudar	Computador	Televisão	Passatempo
Variação (H/sem)	1º exame	10-15	10-15	10-15	5-10
	2º exame	10-15	15-20	5-10	10-15
	Variação	0	+5	-5	+5
	<i>p</i>	0,682‡	0,008‡	0,000‡	0,000‡
1º exame (H/sem)	Miopia	15-20	10-15	10-15	5-10
	Emetropia	10-15	10-15	5-10	5-10
	Hipermetropia	10-15	15-20	10-15	5-10
	<i>p</i>	0,211†	0,119†	0,642†	0,141†
2º exame (H/sem)	Miopia	15-20	15-20	5-10	15-20
	Emetropia	15-20	15-20	5-10	10-15
	Hipermetropia	10-15	15-20	5-10	10-15
	<i>p</i>	0,033†	0,837†	0,735†	0,046†

As alterações estatisticamente significativas estão assinaladas a negrito.

Testes estatísticos usados: ‡ teste de Wilcoxon; † teste de K-W

Verifica-se a existência de diferenças estatisticamente significativas entre o 1º e 2º exame para os hábitos de visão de: ver televisão, uso de computador e passatempo. Verificou-se uma diminuição do número de H/sem passadas a ver televisão e um aumento do número de H/sem passadas a usar computador e passatempos. Na actividade estudar não se verificou alteração do número de horas semanais dedicadas a esta actividade. No gráfico da figura 4.50 representa-se os valores do 1º e 2º exame para os hábitos de visão onde a diferença entre os dois exames é estatisticamente significativa.

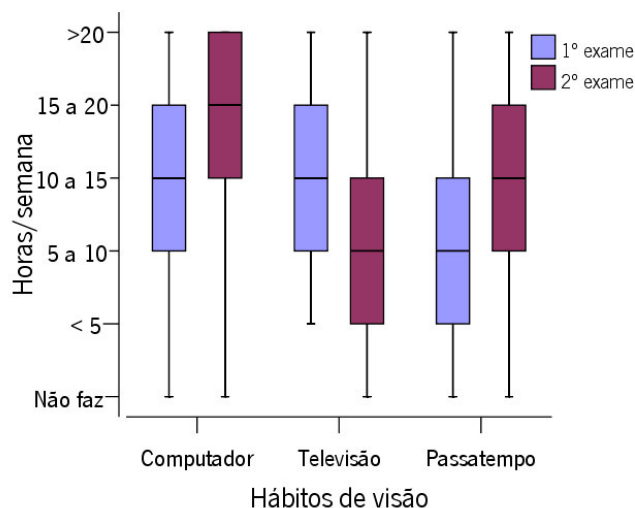


Figura 4.50 Descrição estatística do tempo dedicado às actividades de VP no 1º e 2º exame.

Para os três estados refractivos obtidos a partir dos resultados do 1º exame, não se encontrou diferenças entre eles para o tempo dedicado às diferentes actividades de VP.

Para os três estados refractivos obtidos a partir dos resultados do 2º exame, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas para duas das quatro actividades de VP; estudar e passatempos. Consta-se que para estas duas actividades há uma relação com o estado refractivo, isto é, os míopes e os emetropes passam mais tempo a estudar que os hipermetropes e que para a actividade passatempos os míopes dedicam mais horas semanais que os emetropes e hipermetropes. Os diagramas apresentados na figura 4.51 permitem visualizar as situações onde as diferenças são estatisticamente significativas.

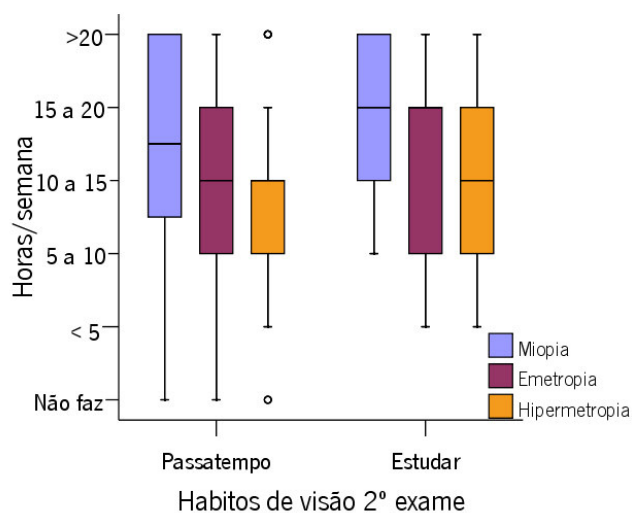


Figura 4.51 Descrição estatística do tempo dedicado aos hábitos de visão agrupada por ametropia para o 2º exame.

Considerou-se importante conhecer se as alterações do sistema visual estavam relacionadas com algum hábito de visão, isto é, se o facto de um indivíduo dedicar muito tempo a uma determinada actividade, que exija esforço visual, lhe condiciona o desenvolvimento do sistema visual. Optou-se por usar os valores obtidos no inquérito da segunda fase de medida pois considera-se esses valores mais representativos dos hábitos de visão dos participantes durante o tempo de desenvolvimento do sistema visual considerado neste trabalho. A análise da relação entre os hábitos de visão e a evolução do sistema visual foi feita através do coeficiente de correlação de Spearman, que se representa na tabela 4.13.

Da análise dos resultados apresentados depreende-se que para a variação do componente refractivo M existe uma correlação positiva com o tempo passado a ver televisão (figura 4.52). Analisando os dados obtidos verifica-se uma mudança de hábitos da população estudada, verificou-se uma diminuição do número de horas passadas a ver televisão, sendo o tempo dedicado de forma repartida a outras actividades, como por exemplo, o uso de computador, passatempos ou estudar. Essa mudança reflecte-se na correlação entre a variação do componente M e os hábitos de visão, de modo que os sujeitos que passam menos tempo a ver televisão sofrem uma maior variação do componente M na direcção de um aumento da miopia. Esta mudança ficará a dever-se mais ao facto das pessoas se dedicarem a outras actividades de VP, e que por si só não permite a obtenção de correlações estatisticamente significativas, do que ao facto de passar menos horas a ver televisão.

Não se verificou a existência de correlações estatisticamente significativa entre a variação dos hábitos de visão e os componentes refractivos do astigmatismo J0 e J45.

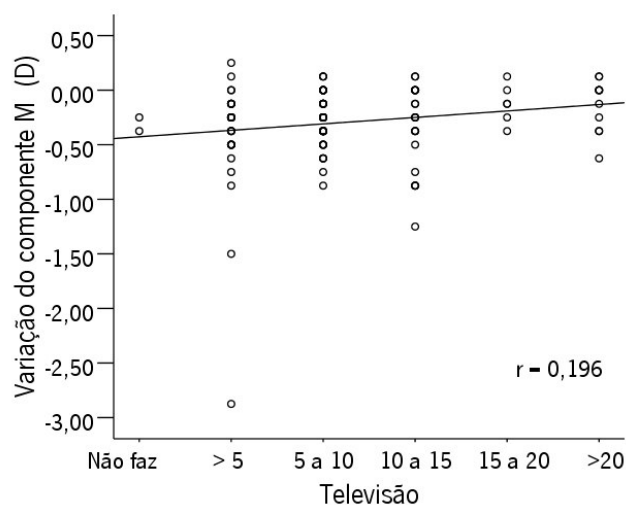


Figura 4.52 Correlação entre a variação do componente M e o tempo dedicado a ver televisão.

Tabela 4.13 Coeficiente de correlação de Spearman entre os hábitos de visão e os parâmetros refractivos

		Estudar		Computador		Televisão		Passatempo	
		correlação	<i>p</i>	correlação	<i>p</i>	correlação	<i>p</i>	correlação	<i>p</i>
Erro refractivo (D)	M	-0,063	0,500	-0,113	0,223	0,196	0,034	-0,097	0,296
	J0	-0,181	0,119	-0,187	0,107	-0,063	0,587	-0,086	0,461
	J45	0,016	0,891	0,018	0,875	-0,036	0,758	0,068	0,558
Parâmetros biométricos (mm)	CA	0,044	0,638	0,006	0,945	0,064	0,492	-0,061	0,515
	PCA	0,009	0,919	0,035	0,707	0,132	0,155	-0,075	0,422
	EC	0,058	0,530	0,125	0,177	-0,018	0,844	-0,021	0,821
	PCV	0,019	0,842	-0,067	0,471	-0,067	0,471	-0,013	0,887
Topografia corneal	Raio (mm)								
	médio	0,091	0,326	-0,003	0,977	0,045	0,625	0,178	0,052
	superior	-0,141	0,128	-0,007	0,940	-0,013	0,886	-0,170	0,065
	inferior	-0,147	0,113	0,050	0,592	0,075	0,422	-0,165	0,075
	temporal	0,213	0,020	-0,141	0,129	0,120	0,197	0,120	0,195
	nasal	-0,031	0,736	-0,073	0,435	0,015	0,872	-0,021	0,824
	Excentricidade	-0,009	0,923	0,052	0,578	0,022	0,815	-0,142	0,125
Visão binocular	Foria (Δ)								
	Fv1	-0,089	0,336	0,101	0,277	0,128	0,167	-0,012	0,896
	Fvp	-0,050	0,588	0,039	0,675	-0,065	0,484	-0,073	0,432
	RuRNv1	0,026	0,779	-0,067	0,472	-0,090	0,333	0,055	0,552
	ReRNv1	0,139	0,134	0,071	0,448	-0,040	0,667	0,175	0,059
	DRPv1	0,215	0,086	-0,129	0,306	-0,005	0,969	0,161	0,200
	RuRPv1	-0,028	0,763	-0,129	0,165	-0,146	0,114	-0,069	0,459
	ReRPv1	-0,089	0,355	-0,159	0,097	-0,253	0,008	-0,103	0,284
	Reservas (Δ)								
	DRNVp	0,071	0,637	-0,082	0,590	0,086	0,571	0,103	0,496
	RuRNvp	0,052	0,574	0,002	0,985	0,022	0,815	0,075	0,419
	ReRNvp	0,033	0,721	0,005	0,955	0,036	0,697	0,035	0,708
	DRPvp	-0,138	0,414	-0,286	0,086	0,019	0,913	-0,110	0,518
	RuRPvp	0,095	0,308	-0,042	0,650	0,146	0,116	0,007	0,937
ReRPvp	0,005	0,961	-0,223	0,020	0,165	0,088	-0,128	0,188	
PPC (cm)	RuPPC	-0,105	0,257	-0,091	0,325	-0,066	0,478	-0,114	0,218
	RePPC	-0,195	0,310	-0,327	0,083	-0,010	0,959	-0,139	0,471
	AC/A	-0,053	0,568	0,104	0,264	-0,008	0,935	-0,088	0,344
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	0,156	0,091	-0,095	0,307	-0,100	0,281	-0,023	0,803
	Diferença atraso	0,019	0,840	0,048	0,605	-0,034	0,711	-0,148	0,109
	ARN	0,067	0,474	0,062	0,506	-0,057	0,540	0,000	0,997
	ARP	0,094	0,313	0,062	0,504	-0,043	0,644	0,189	0,041

As alterações estatisticamente significativas estão assinaladas a negrito

Teste de correlação de Spearman

Para os parâmetros topográficos da córnea apenas se verificou a existência de uma correlação estatisticamente significativa entre a variação do raio corneal temporal e o tempo dedicado ao estudo ($p=0,020$). A correlação entre estes dois factores é positiva, o que indica que para os indivíduos que passaram mais tempo a estudar houve um maior aplanamento do raio temporal (figura 4.53).

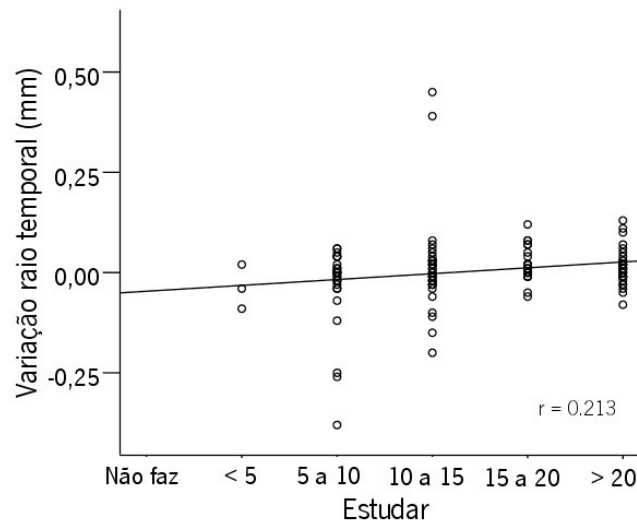


Figura 4.53 Correlação entre o tempo dedicado a estudar no 2º exame e a variação do raio corneal temporal.

Para os parâmetros da visão binocular constata-se que 2 das 68 possíveis correlações são significativas, sendo que apenas uma tem um nível de significância inferior a 0,01%.

O tempo passado a ver televisão correlaciona-se com o valor de recuperação da reserva positiva em VL de forma negativa ($p=0,008$). Este resultado indica que os indivíduos que passam mais tempo a ver televisão tem uma menor variação do valor da recuperação da reserva positiva em VL do que aqueles que passam menos tempo. De salientar que os indivíduos que não vêem televisão ou passam menos de 5 horas semanais tem tendência para um aumento do valor da recuperação da reserva positiva (figura 4.54).

O valor da recuperação da reserva positiva em VP é influenciado pelo tempo dedicado ao uso do computador; constata-se que quanto mais tempo as pessoas passam utilizando o computador menor é a variação deste parâmetro (figura 4.55).

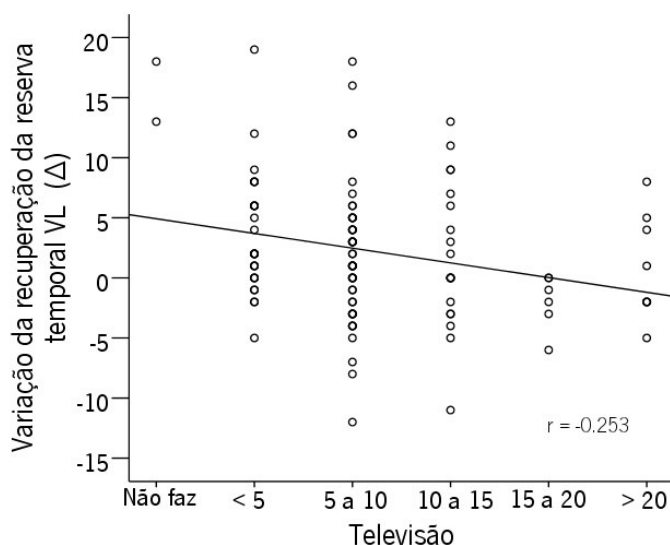


Figura 4.54 Correlação entre o tempo dedicado a ver televisão e a variação do valor da recuperação da reserva positiva em VL.

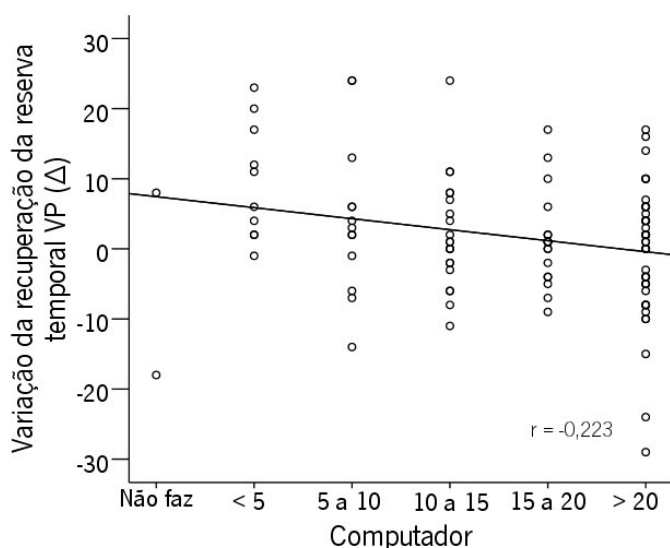


Figura 4.55 Correlação entre o tempo dedicado ao uso de computador e a variação do valor da recuperação da reserva positiva em VP.

Para os parâmetros de acomodação verificou-se apenas uma correlação estatisticamente significativa entre a variação da ARP e o tempo dedicado aos passatempos que exigem esforço visual em VP. Esta correlação é positiva, o que indica que quanto mais tempo os sujeitos passam a realizar passatempos com exigências visuais em VP, mais aumenta a ARP (figura 4.56). Neste inquérito era perguntado quantas horas dedicavam semanalmente à actividade passatempo mas não que tipo de passatempo era, por esse motivo é impossível relacionar a maior variação da ARP com alguma actividade em específico.

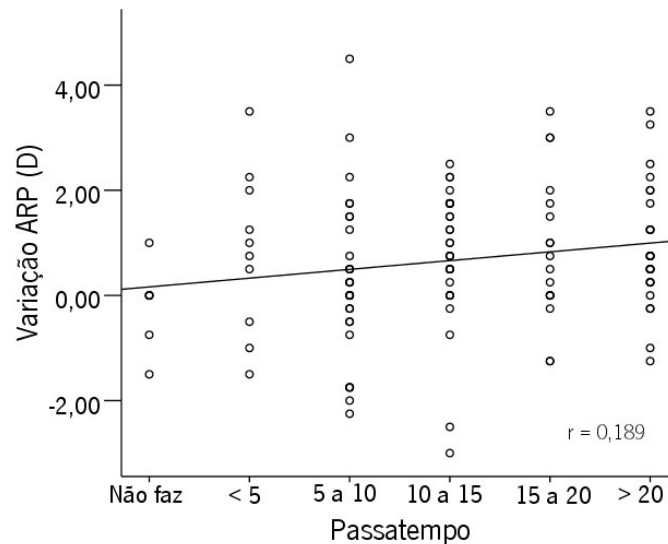


Figura 4.56 Correlação entre a variação da ARP e as H/sem dedicadas aos passatempos.

Não se verificou qualquer tipo de correlação estatisticamente significativa entre os quatro parâmetros biométricos medidos e os hábitos de visão. Conclui-se, desta forma, que os hábitos de visão não são parâmetros com relevância para a determinação do aumento ou diminuição dos parâmetros biométricos.

4.5 Preditores das alterações refractivas em jovens adultos

Neste ponto será abordado um dos objectivos mais importantes deste trabalho; pretende-se determinar quais os parâmetros biométricos, topográficos, acomodativos, de visão binocular ou hábitos de visão, que podem contribuir para prever as alterações refractivas em jovens adultos. Pretende-se conhecer qual ou quais são os factores que têm maior relevância para a variação miópica do estado refractivo que já se descreveu nos pontos anteriores. Para realizar essa análise usa-se o teste de regressão logística binária entretanto descrito no capítulo de material e método.

Os parâmetros considerados como potenciais preditores da alteração refractiva são os medidos no 1º exame. O componente M obtido através da refração subjectiva com cicloplégico foi usado para determinar o estado refractivo e as suas variações durante o período de estudo.

4.5.1 Caracterização das variações ocorridas para o componente M

Na figura 4.57 são apresentadas as variações que ocorreram para o componente M durante os 3 anos que durou o estudo longitudinal. A apresentação está feita por classes refractivas. Como já tinha sido dito anteriormente, verificou-se uma variação do valor do componente M no sentido de um aumento da miopia, ou diminuição da hipermetropia.

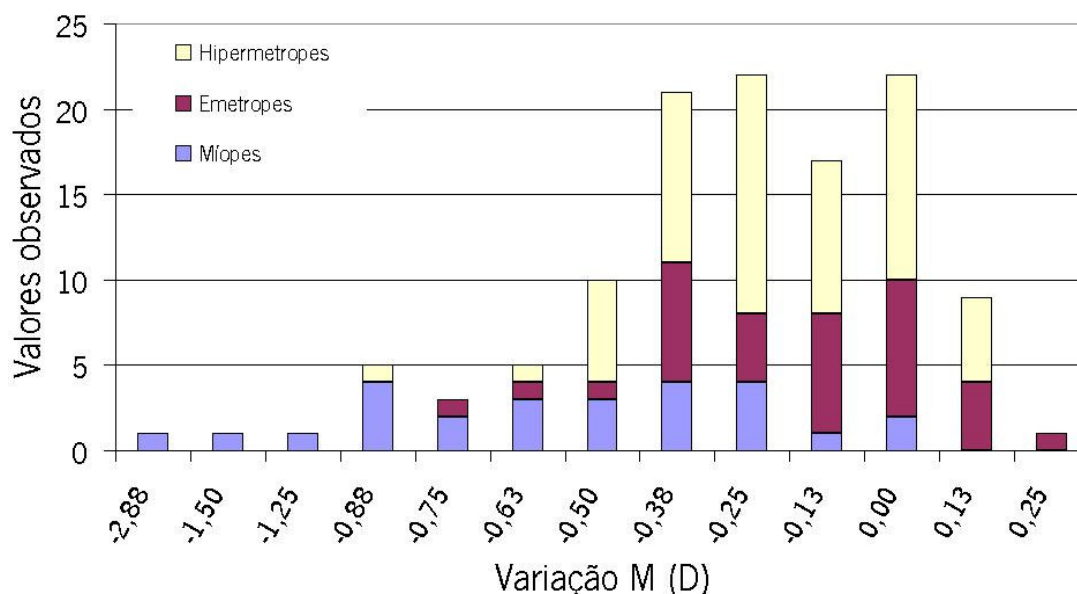


Figura 4.57 Número de pessoas por alteração refractiva do componente M nos distintos grupos refractivos obtidos no 1º exame.

Para a determinação dos preditores da alteração do erro refractivo é necessário estabelecer um valor de corte, ou seja, um valor a partir do qual se considera que a variação do erro refractivo é clínica e estatisticamente significativa. Após a análise dos resultados expressos na figura 4.57 consideraram-se as variações iguais ou superiores a 0,50 D como representativas de uma variação significativa do erro refractivo.

Na tabela 4.14 apresenta-se a percentagem de pessoas que mostraram variações refractivas iguais ou superiores a 0,50 D ocorridas para cada classe refractiva.

Tabela 4.14 Prevalência das alterações refractivas $\geq 0,50$ D por estado refractivo

Diferenças M1-M2	Míopes	Emetropes	Hipermetropes	Total
Alterou (%)	57,7	8,8	13,8	22,0
Não alterou (%)	42,3	91,2	86,2	78,0

Da análise da tabela conclui-se que 22,0% (26 indivíduos) da amostra sofreram alteração do erro refractivo igual ou superior a 0,50 D. Uma análise das variações por estado refractivo inicial, mostra que dos 26 indivíduos da amostra com miopia no 1º exame 15 (57,7%) sofreram um aumento da miopia, ou seja, verificou-se uma miopia de evolução tardia. Para os emetropes dos 34 indivíduos da amostra apenas 3 (8,8%) sofreram uma alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D. Dos 58 indivíduos inicialmente hipermetropes, apenas 8 (13,8%) sofreram alteração da refração, ou seja, experimentaram um fenómeno de emetropização tardia.

4.5.2 Selecção das variáveis predictoras da alteração refractiva

Qualquer análise de regressão multivariada tem como problema principal a selecção das variáveis a incluir no modelo de regressão. Para isso analisa-se cada variável individualmente verificando-se assim a capacidade preditiva de cada uma separadamente. Uma variável que não é preditora isoladamente, nunca o será quando integrada num grupo de variáveis.

Após este procedimento será necessário testar as variáveis que individualmente têm capacidade preditiva num modelo múltiplo, de forma a verificar a influência das relações entre elas.

Optou-se por este procedimento pois na regressão, os preditores (variáveis independentes), além de estarem relacionados com a variável dependente podem também estar relacionados entre si e a presença de um deles no modelo pode dissimular os efeitos de outro.

Os parâmetros analisados e que podem ser considerados preditores são apresentados nas tabelas 4.15, 4.16 e 4.17. Na tabela 4.15 apresenta-se os parâmetros de caracterização, onde se incluem também os hábitos de visão. Na tabela 4.16 são apresentados os resultados obtidos nos testes que caracterizam o sistema visual. Na tabela 4.17 apresenta-se as variáveis que resultam do cruzamento entre os vários parâmetros medidos e cujos resultados são estatisticamente significativos.

Na tabela 4.15 estão representados os valores de significância da estatística de Wald e o valor esperado para a razão de mudança para o grupo de parâmetros de caracterização que inclui a idade, o sexo, o tipo de uso, os antecedentes oculares familiares e os hábitos de visão.

Tabela 4.15 Valores de significância estatística de Wald e o valor da razão de mudança para os parâmetros de caracterização geral

		Razão de mudança	<i>p</i>
Caracterização	Sexo	1,127	0,810
	Idade	0,891	0,278
	Tipo de uso	1,860	0,001
	Antecedentes oculares familiares	0,727	0,638
Hábitos de visão	Televisão	0,752	0,140
	Computador	0,748	0,066
	Passatempo	1,079	0,709
	Estudar	1,141	0,509

Os parâmetros considerados estatisticamente significativos estão assinalados a negrito

Verifica-se que o nível de significância da estatística de Wald é inferior a 0,05 apenas para o parâmetro “*tipo de uso*” ($p=0,001$), pelo que o “*tipo de uso*” é um parâmetro que poderá ser usado como preditor num modelo de regressão logística múltiplo. À medida que aumenta uma unidade na variável tipo de uso (passar de “*Não Usa*” para “*Usa para VP*”, por exemplo, ou de “*Usa para VL*” para “*Uso Constante*”) a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D aumenta 86,0%.

Para as variáveis que caracterizam os hábitos de visão, o nível de significância da estatística de Wald é sempre superior a 0,05 para todas as variáveis do modelo, pelo que nenhuma delas é significativa como preditor do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D.

Em relação aos parâmetros do sistema visual medidos no decorrer do trabalho apresenta-se na tabela 4.16 os valores dos resultados da estatística de Wald, assim como o valor esperado para a razão de mudança para os parâmetros refractivos, biométricos, topográficos, da visão binocular e da acomodação.

Tabela 4.16 Valores de significância da estatística de Wald e o valor da razão de mudança para os parâmetros do sistema visual

		Razão de mudança	<i>p</i>		
Erro refractivo (D)	M	0,590	0,001		
	J0	0,816	0,856		
	J45	1,173	0,916		
	Ametropia	0,336	0,000		
Parâmetros biométricos (mm)	CA	1,680	0,031		
	PCA	5,807	0,063		
	EC	1,886	0,690		
	PCV	1,573	0,078		
Topografia corneal	Raio (mm)	médio	0,264	0,111	
		superior	0,409	0,192	
		inferior	0,289	0,083	
		temporal	0,199	0,048	
		nasal	0,331	0,093	
	Excentricidade	0,089	0,255		
Foria (Δ)	Fv1	0,837	0,088		
	Fvp	0,988	0,780		
Visão binocular	Reservas (Δ)	RuRNv1	1,138	0,011	
		ReRNv1	1,243	0,059	
		DRPv1	1,018	0,691	
		RuRPv1	0,997	0,907	
		ReRPv1	0,997	0,941	
		DRNvp	1,097	0,130	
		RuRNvp	1,092	0,042	
		ReRNvp	0,967	0,509	
		DRPvp	0,978	0,632	
		RuRPvp	1,016	0,528	
		ReRPvp	1,021	0,493	
		PPC (cm)	RuPPC	1,022	0,647
			RePPC	0,942	0,528
			AC/A	0,905	0,359
Parâmetros acomodativos (D)	Atraso acomodativo	0,708	0,525		
	Diferença atraso	0,447	0,516		
	ARN	2,248	0,141		
	ARP	1,037	0,817		

Os parâmetros considerados estatisticamente significativos estão assinalados a negrito

Para os parâmetros refractivos verificou-se que o nível de significância da estatística de Wald é 0,001 para o componente M e inferior a 0,0001 para a ametropia. À medida que o valor inicial do componente M é mais positivo uma dioptria, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D diminui para 59,0% do valor inicial. Para a variável ametropia quando se passa do estado de miopia para emetropia ou de emetropia para hipermetropia, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D diminui para 33,6% do valor inicial. Estes dois parâmetros poderão ser usados como preditores num modelo de regressão logística múltiplo, no entanto, estas duas variáveis estão bastante relacionadas entre si ($r=0,921$ $p<0,001$) pois ambas representam o estado refractivo, pelo que não podem ser incluídas simultaneamente num modelo múltiplo de regressão logística. A inclusão de ambas simultaneamente faz com que nenhuma delas seja significativa.

Para os parâmetros biométricos o nível de significância da estatística de Wald é inferior a 0,05 apenas para o CA ($p=0,031$), pelo que este parâmetro poderá ser usado como preditor num modelo múltiplo de regressão logística. À medida que o valor inicial do parâmetro CA aumenta um mm, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D aumenta 68,0%.

Para os parâmetros da topografia corneal apenas o raio temporal tem um nível de significância da estatística de Wald inferior a 0,05 ($p=0,048$). À medida que o valor inicial do raio de curvatura temporal aumenta um mm a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D diminui para 19,9% do seu valor inicial.

Para os parâmetros da visão binocular apenas a ruptura da reserva negativa em VL e em VP são estatisticamente significativas sendo o nível de significância da estatística de Wald de $p=0,011$ e $p=0,042$ para os valores de ruptura da reserva negativa em VL e em VP, respectivamente. Portanto, à medida que o valor inicial do parâmetro ruptura da reserva negativa em VL aumenta uma dioptria prismática, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D aumenta 13,8% e 9,2% para VP. Estes dois parâmetros da visão binocular poderão ser usados como preditores num modelo de regressão logística múltiplo, no entanto, estas duas variáveis estão bastante relacionadas entre si ($r=0,469$; $p<0,001$), pelo que não podem ser incluídas simultaneamente num modelo múltiplo de regressão logística pelos motivos anteriormente expostos para os parâmetros refractivos.

Nenhum dos parâmetros de acomodação é significativo como preditor do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D.

Com o intuito de se conhecer se existe algum ou alguns parâmetros que possam ser preditores das alterações refractivas quando associados uns com os outros, fez-se o cruzamento entre todas as variáveis. Partindo do facto estabelecido na literatura de que o rácio CA/RC é um bom preditor das alterações refractivas, calculou-se o rácio entre todas as variáveis medidas, sendo apresentado na tabela 4.17 apenas os que apresentam valores estatisticamente significativos para a estatística de Wald.

Tabela 4.17 Valores de significância da estatística de Wald e o valor da razão de mudança para as variáveis de rácio

	Razão de mudança	<i>p</i>
CA/RC médio	5310,81	0,000
CA/RC periféricos	3030,28	0,000
PCA/RC médio	6563889,56	0,026
PCA/RC periféricos	5713680,98	0,018
PCV/RC médio	6470,14	0,002
PCV/RC periféricos	7067,78	0,001

Dado que a razão de mudança é calculada para variações de uma unidade da variável, o que não se verifica no caso das variáveis de rácio, faz com que os valores obtidos para este coeficiente sejam bastantes elevados. Ou seja, considerando a título de exemplo o caso do rácio CA/RC médio que tem valores médios na ordem dos 3,00, seria necessário esse valor passar a ser 4,00 para se verificar um aumento da probabilidade de ocorrer uma alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D de 4310,8%. Tendo em conta que as variações ocorridas para este rácio são da ordem dos 0,1 verifica-se então que à medida que aumenta 0,1 unidade, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D aumenta 431,1%.

4.5.3 Modelos múltiplos de regressão logística

Na sequência da análise apresentada no ponto anterior foram seleccionadas as seguintes variáveis como potenciais integrantes dum modelo múltiplo de regressão logística binária: Tipo de uso, M, ametropia, ruptura reserva negativa em VL e em VP, raio temporal, o CA

e os rácios CA/RC médio, CA/RC periféricos, PCA/RC médio, PCA/RC periféricos, PCV/RC médio e PCV/RC periféricos.

Na tabela 4.18 apresentam-se os quatro modelos múltiplos de regressão logística que mostram um melhor ajuste de H-L e uma capacidade preditiva mais elevada. Apresentam-se também os valores da especificidade e sensibilidade de cada modelo.

Tabela 4.18 Modelos múltiplos de regressão logística binária

Modelo	Variáveis	Capacidade preditiva	Especificidade	Sensibilidade	H-L (<i>p</i>)
1	RuRNVL + CA + RT	83,9 %	95,7%	42,3%	0,758
2	RuRNVL + M	83,1%	97,8%	30,8%	0,261
3	RuRNVL + CA/R médio	81,4%	95,7%	30,8%	0,851
4	CA + RT	80,5%	95,7%	26,9%	0,219

Verificou-se que as variáveis que caracterizam o valor da ruptura da reserva negativa em VL e em VP estão correlacionadas entre si, e por esse facto optou-se por uma única variável. Assim sendo, optou-se pelo valor de VL pois era a que apresentava um maior valor para a razão de mudança da alteração refractiva. O mesmo acontece com as variáveis M e classe refractiva, tendo-se optado pela variável M.

A inclusão dos parâmetros de rácio não aportou melhorias em termos preditivos ao modelo. Esta situação ocorre devido ao facto de existir uma forte correlação entre as variáveis de rácio e o CA e o raio temporal. Assim e apesar de isoladamente as variáveis de rácio serem boas predictoras das alterações refractivas, a sua contribuição conjunta em modelos de regressão logística múltiplos não é significativa. A criação de um modelo de regressão logística múltiplo que incluísse só as variáveis de rácio não tem uma capacidade preditiva tão boa como o modelo apresentado. O modelo com melhor ajuste incluía apenas as variáveis CA/RC médio e PCV/RC médio tendo uma capacidade preditiva de apenas 78,8% com uma significância do teste de H-L de 0,194.

O parâmetro “*tipo de uso*” não é significativo para a criação de um modelo de regressão logística múltiplo devido ao facto dos míopes do 1º exame usarem compensação refractiva constantemente o que faz com que esta variável esteja relacionada com o componente M.

A sensibilidade de um teste ou modelo é a percentagem de pessoas com um determinado problema que é correctamente identificado e a especificidade é a percentagem de pessoas sem problemas e que o teste ou modelo os identifica como tais. Na regressão logística

binária a capacidade preditiva refere-se à concordância entre as previsões do modelo e a real ocorrência do facto.

Verifica-se que os 4 modelos apresentados na tabela 4.18 têm uma boa especificidade sendo que o modelo 1 consegue prever 95,7% dos casos em que não ocorreu alteração refractiva. Quanto à sensibilidade os valores encontrados são menores, ou seja, das situações em que se verificaram alterações refractivas o modelo 1 só conseguiu prever 42,3%. Os outros modelos apresentam valores de sensibilidade na ordem dos 30,0%.

Fez-se também a análise das curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*) (figura 4.58). A área debaixo da curva ROC, que representa a probabilidade de se fazer uma classificação correcta da alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D ou não é de 0,690 para o modelo 1. Através da análise das curvas ROC, da capacidade preditiva, da especificidade e sensibilidade apresentada na tabela 4.18, conclui-se que o modelo 1 é aquele que melhor prediz as alterações refractivas ocorridas em jovens adultos. A capacidade preditiva total é de 83,9%, conseguindo prever 95,7% dos que não sofreram alterações e 42,3% dos que sofreram alterações refractivas.

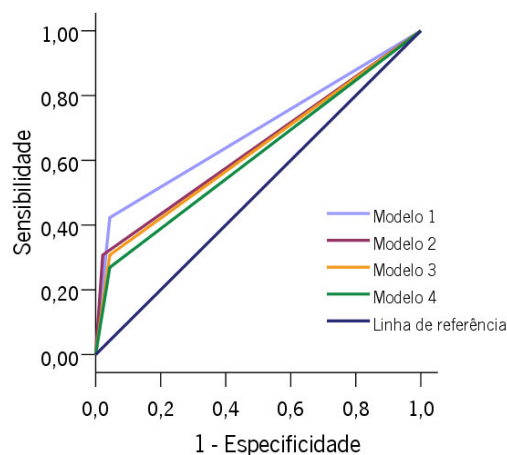


Figura 4.58 Curvas ROC para os 4 modelos múltiplos de regressão logística binária.

4.5.4 Caracterização do modelo final

Após a análise dos vários modelos apresentados no ponto anterior e tendo em conta os resultados dos testes estatísticos usados, elegeu-se o modelo 1 que inclui os parâmetros: ruptura da reserva negativa em VL, CA e raio temporal, como o modelo que melhor prediz a ocorrência ou não de alterações refractivas em jovens adultos. Na tabela 4.19 apresentam-

-se os valores obtidos para a razão de mudança e para o coeficiente B para as variáveis incluídas no modelo escolhido.

Tabela 4.19 Valores da razão de mudança e do coeficiente B para o modelo múltiplo de regressão logística

	Razão de mudança	Coefficiente B
Ruptura reserva negativa VL (RuRNVL)	1,147	0,137
Comprimento axial (CA)	3,317	1,199
Raio Temporal (RT)	0,025	-3,681

A ruptura da reserva negativa em VL apresenta um valor de significância estatística de $p=0,031$. À medida que o valor inicial do parâmetro da ruptura da reserva negativa em VL aumenta uma dioptria prismática, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 D aumenta 14,7%. Ou seja, quanto maior for o valor inicial da ruptura da reserva negativa em VL maior é a probabilidade de um sujeito sofrer alterações refractivas no sentido de um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia (figura 4.59).

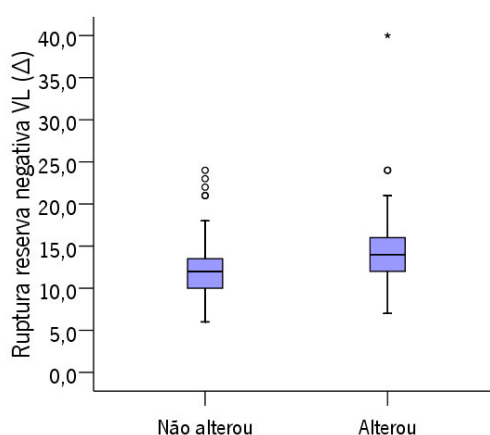


Figura 4.59 Valores médios e dispersão para o valor da ruptura da reserva negativa em VL agrupada por alteração refractiva.

O raio temporal tem um valor de significância estatística de $p=0,001$. À medida que aumenta um milímetro (mm) no raio corneal temporal, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 diminui para 2,5% do valor inicial. Ou seja, quanto menor for o raio de curvatura periférico temporal inicial, maior é a probabilidade de um sujeito sofrer alterações refractivas no sentido de um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia (figura 4.60).

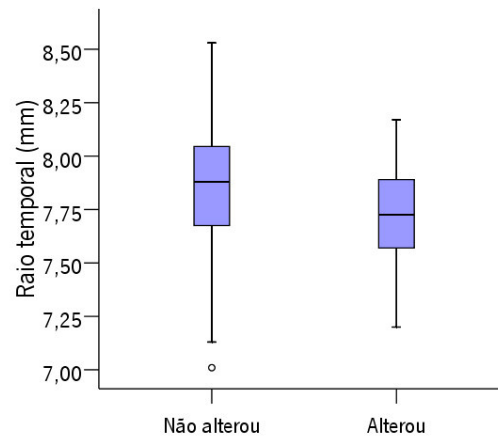


Figura 4.60 Valores médios e dispersão para o valor do raio temporal agrupado por alteração refractiva.

Para o CA verificou-se uma significância estatística $p=0,001$. À medida que aumenta um milímetro no CA, a probabilidade do erro refractivo sofrer uma variação igual ou superior a 0,50 aumenta 231,7%. Ou seja, quanto maior for o CA inicial maior é a probabilidade de um sujeito sofrer alterações refractivas no sentido de um aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia (figura 4.61).

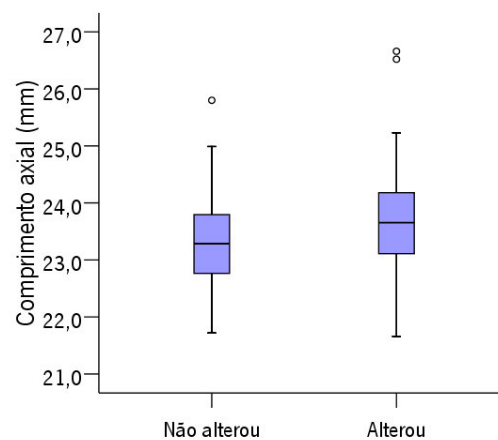


Figura 4.61 Valores médios e dispersão para o valor do CA agrupado por alteração refractiva.

Na tabela 4.20 apresentam-se os valores médios e desvio para as variáveis incluídas no modelo de regressão logística seleccionado para o grupo onde ocorreu alterações refractivas e para o grupo onde tal não se verificou. Esses valores estão representados graficamente na figura 4.62.

Tabela 4.20 Valores médios e DP para as variáveis que integram o modelo de regressão logística agrupadas por alteração refractiva

	Média ± DP	
	Alterou	Não alterou
Ruptura reserva negativa VL (RuRNVL) (Δ)	15,4 ± 6,8	12,2 ± 3,64
Comprimento axial (CA) (mm)	23,75 ± 1,23	23,29 ± 0,81
Raio Temporal (RT) (mm)	7,73 ± 0,22	7,86 ± 0,30

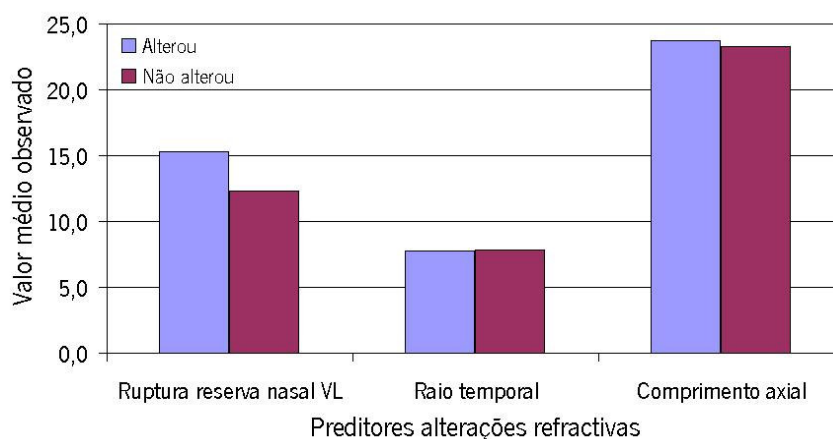


Figura 4.62 Valores médios dos preditores das alterações refractivas.

A diferença registada entre os dois grupos para o raio temporal é de apenas 0,13 mm o que representa uma variação na potência da superfície corneal anterior ligeiramente superior a 0,50 D. Para o valor da reserva negativa em VL existe uma diferença de 3,2 Δ e de 0,46 mm para o CA.

4.5.5 Determinação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva $\geq 0,50$ D

Partindo dos valores do coeficiente B (tabela 4.19) e da fórmula da regressão logística binária (equação 3.4) apresentada no capítulo 3 (material e método) é possível estabelecer uma equação que permite conhecer a probabilidade de um indivíduo sofrer ou não uma alteração refractiva (equação 4.1).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(2.555 + 0.137 * A - 3.681 * B + 1.99 * C)}} \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde A = Ruptura da reserva negativa em VL, B = Raio temporal e C = CA

Partindo da equação 4.1 consegue-se estimar a probabilidade de ocorrência de uma alteração refractiva para cada indivíduo desde que se conheça o valor do CA, da ruptura da reserva negativa em VL e do raio temporal. A essa estimativa está associado um erro de 16,1%. Na figura 4.63 representa-se graficamente a probabilidade de alteração refractiva obtida através da equação 4.1. Através da análise do gráfico verifica-se que o CA tem uma grande preponderância na probabilidade de ocorrência de uma alteração refractiva.

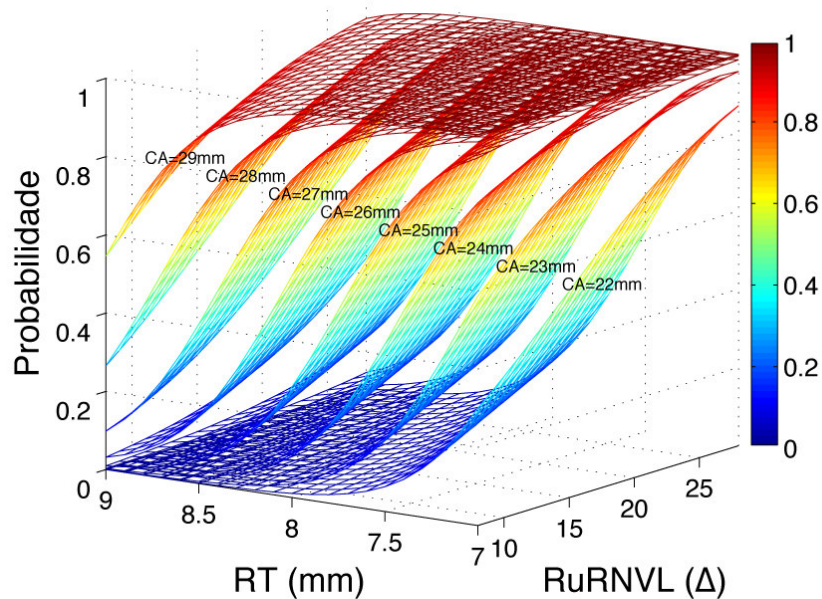


Figura 4.63 Probabilidade de alteração refractiva.

Através da análise do gráfico verifica-se que para CA iguais ou superiores a 27 mm independentemente do valor da ruptura da reserva nasal em VL e do raio temporal a probabilidade de se verificar uma alteração refractiva é no mínimo de 10,0% e para um CA de 29 mm a probabilidade mínima é de cerca de 55,0%. Para o CA de 22 mm a probabilidade máxima de ocorrência de alteração refractiva é de 85,0% tendo que ocorrer simultaneamente a situação de um raio temporal de 7,0 mm e uma ruptura da reserva negativa em VL superior a 25 Δ.

Nas figuras 4.64 a 4.66 representa-se a probabilidade de ocorrência de alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D para os três parâmetros preditores encontrados.

Na figura 4.64 apresenta-se a probabilidade de alteração refractiva para três valores da ruptura da reserva negativa em VL. Pela análise da figura constata-se que à medida que este parâmetro aumenta a probabilidade de ocorrência de alteração refractiva também aumenta.

Na figura 4.65 é apresentada a variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva para o raio temporal, onde se verifica que à medida que aumenta o raio temporal existe uma diminuição da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva. Na figura 4.66 apresenta-se a variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com a variação do CA onde se verifica um aumento da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva à medida que o CA aumenta.

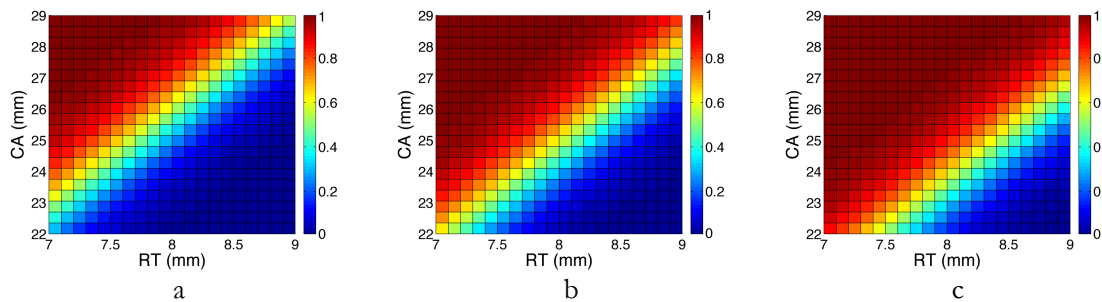


Figura 4.64 Variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com o valor da ruptura da reserva negativa em VL.
 a) $RuRNVL = 8 \Delta$, b) $RuRNVL = 18\Delta$, c) $RuRNVL = 28 \Delta$.

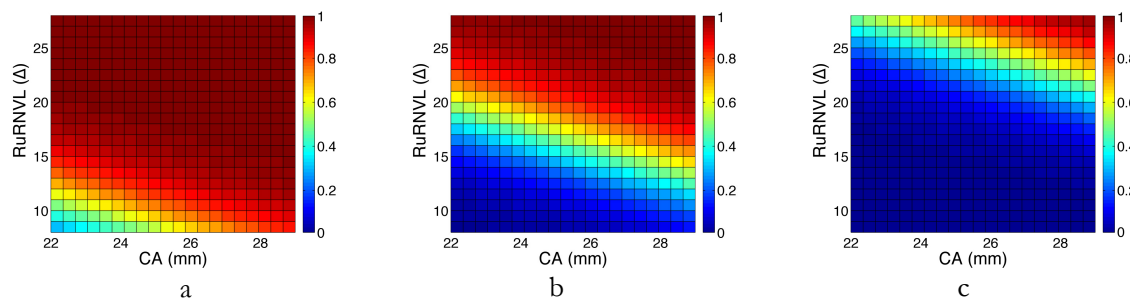


Figura 4.65 Variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com o valor raio temporal.
 a) $RT = 7 \text{ mm}$, b) $RT = 8 \text{ mm}$, c) $RT = 9 \text{ mm}$.

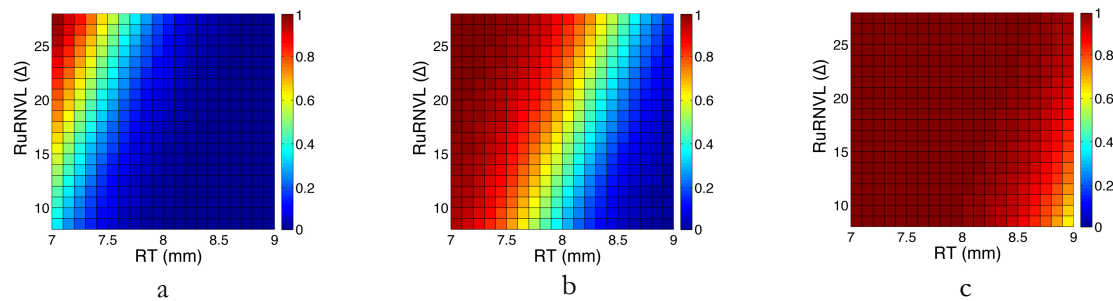


Figura 4.66 Variação da probabilidade de ocorrência de alteração refractiva com o valor do CA.
 a) $CA = 22 \text{ mm}$, b) $CA = 25 \text{ mm}$, c) $CA = 29 \text{ mm}$

Analisando as situações em que o modelo não foi capaz de prever as ocorrências verificaram-se quatro situações em que não ocorreram alterações e que eram previstas pelo modelo e quinze em que ocorreram alterações e o modelo não foi capaz de prever (tabela 4.21).

Tabela 4.21 Falsos positivos e falsos negativos

	Ametropia	M (variação)	Probabilidade (%)	CA (mm)	RT (mm)	RuRNVL (Δ)
Falsos positivos (Previstos e não verificados)	Míope	-0,25	50,5	24,89	7,78	10
	Míope	-0,38	50,6	23,79	7,50	13
	Míope	-0,38	65,8	23,08	7,13	13
	Míope	-0,38	85,6	23,31	7,01	16
Falsos negativos (Não previstos e verificados)	Hipermetrope	-0,50	7,6	22,38	7,72	12
	Hipermetrope	-0,50	10,2	22,19	7,57	12
	Míope	-0,88	13,7	24,19	8,17	13
	Hipermetrope	-0,63	14,5	23,23	7,95	16
	Míope	-1,25	16,9	23,86	7,77	7
	Hipermetrope	-0,50	17,3	24,18	7,98	10
	Emetropes	-0,50	17,3	23,46	7,67	8
	Hipermetrope	-0,50	17,4	22,80	7,90	20
	Hipermetrope	-0,88	18,8	21,87	7,72	24
	Míope	-0,88	19,9	23,11	7,51	8
	Míope	-0,50	20,1	22,79	7,55	12
	Hipermetrope	-0,50	27,6	23,26	7,74	16
	Hipermetrope	-0,50	29,0	21,66	7,20	16
	Míope	-0,50	31,4	24,84	8,13	14
	Míope	-0,63	35,6	23,72	7,64	12

Nas situações onde não ocorreram alterações e que eram previstas pelo modelo todas elas se verificaram para míopes sendo que em três delas se verificou uma alteração refractiva de $-0,38$ D, sendo em duas delas a alteração da esfera foi de $-0,50$ D tendo-se verificado uma redução do astigmatismo em $0,25$ D. No caso onde se verificou uma alteração refractiva de apenas $-0,25$ D a probabilidade de alteração prevista pelo modelo é de apenas $50,5\%$.

Dos quinze casos onde se verificou alterações refractivas e que não foram previstos pelo modelo, em nove a variação foi de $-0,50$ D sendo que seis eram hipermetropes. Verificou-se também sete casos em que a ruptura da reserva negativa em VL era inferior a 12Δ (valor médio para os que não sofreram alteração), cinco apresentavam um raio temporal superior a $7,85$ mm e sete apresentavam um CA inferior a $23,30$ mm. Cerca de metade dos falsos negativos apresentavam valores dos preditores semelhantes aos indivíduos que não alteraram a refração.

Capítulo 5 - Discussão

Inicia-se este capítulo com a análise das variações ocorridas entre os 2 exames, (2002 e 2005), de seguida faz-se uma análise a influência dos estados refractivos nos restantes parâmetros obtidos. Analisa-se as variações ocorridas para os diferentes componentes do sistema visual e se são influenciados por alguns factores como a idade e o sexo, com o estado refractivo inicial ou a sua evolução e as actividades visuais em VP. Analisa-se os preditores das alterações refractivas encontrados e o método estatístico usado para tal e compara-se com outros preditores descritos na bibliografia.

A discussão está organizada em 4 pontos. No 1º ponto analisa-se a variação ocorrida entre os 2 exames. No 2º analisa-se as relações entre os três estados refractivos e os parâmetros do sistema visual medidos. No 3º discute-se a influência dos factores considerados pela literatura como condicionantes da evolução dos sistema visual. No 4º ponto compara-se os preditores das alterações refractivas encontrados neste trabalho com os apresentados por outros autores.

5.1 Análise das variações ocorridas entre os dois exames

Verificou-se a ocorrência de mudanças em vários parâmetros do sistema visual, sendo o estado refractivo (componente esférico), a visão binocular e os parâmetros biométricos os que experimentaram maiores variações entre os 2 exames.²¹³⁻²¹⁷

A variação do estado refractivo em crianças e adolescentes foi estabelecida por Goss^{120,218} como sendo de 0,50 D/ano, para uma população europeia e americana, sendo consensual que o sistema visual na fase adulta é mais estável e não sofre alterações tão acentuadas.^{5,6,219}

Num trabalho publicado por Kinge *et al.*⁵ em 1999, foi atribuída uma variação média do erro refractivo em jovens adultos (estudantes universitários), na ordem de 0,16 D/ano. O mesmo foi constatado por Lin *et al.*⁶ para uma população de estudantes de medicina asiáticos, onde verificaram uma variação média anual de 0,14 D para os homens e 0,11 D para as mulheres. Os resultados apresentados neste trabalho aproximam-se dos encontradas por Lin *et al.*⁶ pois obteve-se uma variação anual média de 0,10 D e sendo a população maioritariamente feminina então pode-se afirmar que a variação é semelhante à ocorrida para os estudantes asiáticos, segundo o estudo referido.

Nas componentes astigmáticas J0 e J45 verificou-se uma tendência para a diminuição do astigmatismo à regra (ou um aumento contra a regra) mas a variação não é estatisticamente significativa. Em 1994, Goh *et al.*⁹¹ constataram a mesma tendência para uma população de adultos. Em 2004, Farbrother *et al.*²²⁰ verificaram que a presença de astigmatismo contra a regra estava frequentemente associada a ametropias de valores baixos, como são os da população objecto deste estudo.

No que respeita à prevalência dos diferentes estados refractivos, e apesar de ser praticamente impossível a comparação deste estudo com outros previamente publicados,^{5,221,222} pode-se, no entanto, afirmar que se verificou a mesma tendência, isto é, um aumento da percentagem de miopia e diminuição da hipermetropia. Neste trabalho a prevalência de miopia passou de 22,0% para 27,1%, sendo um valor inferior ao verificado nos trabalhos previamente citados^{5,221,222} que reportam taxas de variação de cerca de 20,0%, no mesmo período de tempo.

Verificou-se que 22,0% da amostra sofreu uma alteração refractiva no sentido do aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia igual ou superior a 0,50 D; este valor é metade do verificado no trabalho publicado por Kinge *et al.*,⁵ onde a taxa de variação para os mesmos valores foi de 50,0%. Num trabalho apresentado há cerca de 20 anos Zadnik *et*

*al.*²²³ verificaram que 37,5% dos olhos observados tiveram um aumento de miopia igual ou superior a 0,50 D. A taxa de variação do erro refractivo obtida e a prevalência de miopia neste trabalho é inferior aos trabalhos previamente apresentados para outras populações de estudantes universitários.^{5,6}

A visão binocular é, de todos os parâmetros medidos, aquele onde se verificou maior alteração entre o 1º e o 2º exame. Dos 16 parâmetros medidos 10 sofreram alterações estatisticamente significativas durante os 3 anos.^{214,216}

O estado fórico quer em VL quer em VP apresentou uma tendência para a exoforia, sendo que em VP houve uma mudança de endoforia para exoforia. Esta alteração foi caracterizada por alguns autores²²⁴⁻²³⁰ como sendo uma resposta do sistema visual no sentido de um menor esforço em condições de stress visual. Num estudo longitudinal durante um período de 20 anos, apresentado por Spierer *et al.*²³¹ em 1997, constatou-se uma variação no sentido do aumento da endoforia em 0,9 Δ para VL e uma variação no sentido do aumento da exoforia em 0,6 Δ para VP. Os valores iniciais obtidos foram para a faixa etária entre os 18 e 23 anos de 0,9 Δ de endoforia para VL e 2,7 Δ de exoforia para VP. A variação ocorrida em VL é discordante da encontrada neste trabalho. Esta discrepância deve-se, provavelmente, ao facto de existirem 20 anos de intervalo entre os 2 exames o que faz que outros factores como a presbiopia e debilidade dos músculos extra-oculares,²³² etc., possam afectar os resultados. Num trabalho publicado recentemente, Palomo *et al.* (2005)²³³ apresentam uns valores do estado fórico semelhantes aos encontrados neste trabalho, sendo no entanto os valores encontrados por estes investigadores, para a ruptura quer das reservas negativas quer das positivas, inferiores aos nossos em cerca de 5 Δ. Num estudo apresentado por Porcar *et al.*²²⁸ em 1997, com estudantes universitários, verificou-se que 21,5% dos participantes apresentavam disfunções da visão binocular.

Ainda em relação às reservas fusionais verificou-se uma diminuição dos valores de ruptura e um aumento dos valores de recuperação, quer para as reservas positivas quer para as reservas negativas em VL e em VP. Esta variação indica uma diminuição da capacidade de manter a visão binocular simples, ou seja, em condições de stress visual existe uma menor capacidade de manter a visão haplopica (visão simples). Paradoxalmente os valores da recuperação aumentaram do 1º para o 2º exame, o que indica uma maior facilidade em retornar à situação de haplopia depois de ter experimentado diplopia. Os valores obtidos encontram-se dentro dos valores descritos como normais para populações nesta faixa etária,^{233,234} no entanto na literatura actual não existe nenhuma referência a este tipo de variações sendo apenas referenciado por Goss, em 1996,²³⁵ para uma população mais

jovem, em que verificou um valor de desfocado mais convergente para os jovens que se tornaram míopes quando comparados com os que se mantiveram emetropes.

O valor médio do PPC foi descrito por Scheiman *et al.* em 2003,²³⁶ como sendo de 2,5 e 4,4 cm para a ruptura e recuperação respectivamente, para uma população adulta com uma visão binocular normal. Para os valores de ruptura determinou-se um valor muito semelhante aos determinados por Scheiman *et al.*²³⁶ e para os de recuperação os valores encontrados são cerca de 3 vezes superiores aos descritos por Scheiman *et al.* estando mais concordantes com os encontrados para a população com insuficiência de convergência (12,5 cm). Uma possível explicação para esta diferença pode ser que a metodologia estatística usada foi distinta, nomeadamente o facto de nos valores de recuperação só estarem incluídos os indivíduos que apresentaram ruptura (39,0% da amostra). Caso tivessem sido incluídos todos os 118 casos e considerando a recuperação como 0,0 cm para os que não apresentam ruptura os valores de recuperação passariam a ser de 4,6 e 4,8 cm, para o 1º e 2º exame, respectivamente, concordando assim com os valores apresentados por Scheiman *et al.* Num estudo desenvolvido por Jimenez *et al.*,²⁰⁴ em 2004, em crianças, os intervalos entre a ruptura e recuperação são maiores, apresentando valores semelhantes aos deste estudo. Não foram observadas diferenças significativas entre os dois exames quanto a estes parâmetros.

Quanto às variações do AC/A não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os 2 exames sendo os valores médios encontrados de 4,4 e 3,9 para o 1º e 2º exame, respectivamente. Estes valores encontram-se dentro do esperado tendo em conta os valores apresentados noutros trabalhos.^{153,155,156}

Para a acomodação e à semelhança do que ocorre com a visão binocular, também se verificou a ocorrência de diferenças significativas entre os 2 exames. Dos quatro parâmetros medidos o único que não mostrou ser diferente do 1º para o 2º exame foi a diferença do atraso acomodativo entre os dois olhos. Com o objectivo de determinar se existiam diferenças entre o atraso acomodativo de um olho e outro foi calculado o parâmetro chamado de “diferença atraso”. Os valores médios obtidos para a diferença entre o atraso acomodativo do OD e o OE foi de 0,15 D e 0,16 D para o 1º e 2º exame, respectivamente, não sendo estatisticamente diferentes. Vários estudos tem reportado a anisoacomodação como um factor de risco para o desenvolvimento do erro refractivo no entanto neste estudo não se verificaram diferenças de acomodação relevantes entre os 2 olhos.²³⁷⁻²⁴¹

Para o atraso acomodativo verificou-se uma variação positiva do 1º para o 2º exame, isto é, no 2º exame obtiveram-se valores superiores aos do 1º exame, sendo essa diferença estatisticamente significativa. Vários estudos^{239,242} relacionam o atraso acomodativo com o desenvolvimento dos erros refractivos. Recentemente Allen *et al.*²⁴³ (2006) encontraram uma forte correlação entre o atraso acomodativo e a progressão da miopia. Apesar de ser um parâmetro estudado em diferentes vertentes não existe nenhuma publicação actual que faça referência à variação longitudinal do atraso acomodativo em adultos. Nos estudos transversais publicados os valores observados neste trabalho enquadram-se nos valores relatados em várias publicações.^{209,244}

Para a ARN e ARP os valores encontrados são normais para a idade da população estudada. Quanto à sua variação longitudinal verificou-se um aumento estatisticamente significativo para as duas componentes, sendo que para a acomodação relativa positiva a diferença entre os dois exames foi de 0,66 D, aumento que é clinicamente significativo.

Como é sabido existe uma relação directa entre a acomodação relativa e as vergências fusoriais. Como se verificou uma diminuição dos valores de ruptura das vergências positivas e negativas era previsível um aumento dos valores da ARN e da ARP. No entanto as alterações verificadas, especialmente o aumento do atraso acomodativo, indicam uma maior debilidade do sistema acomodativo, podendo ser um factor potencializador das alterações refractivas, segundo a teoria retroalimentação de desenvolvimento do erro refractivo de Hung e Ciuffreda.^{121,175-177,199,245}

Os parâmetros biométricos oculares são considerados pela maioria dos investigadores^{8,246-250} nesta área como sendo de extrema importância para o sucesso do processo de emetropização. Verificou-se uma alteração significativa para o CA, EC e PCV entre o 1º e 2º exame. Para o CA e para a PCV verificou-se um aumento do 1º para o 2º exame, enquanto que para a EC verificou-se uma diminuição. Esta tendência concorda com a obtida por Kinge *et al.*²⁵¹ e por Lin *et al.*⁶ sendo as variações ocorridas para o CA e PCV superiores às verificadas neste trabalho. Kinge *et al.*²⁵¹ encontraram uma variação do CA de 0,34 mm sendo a variação encontrada por Lin *et al.*⁶ de 0,51 mm e 0,35 mm para homens e mulheres, respectivamente. Estas variações são bastante superiores às verificadas no presente trabalho. Uma possível explicação para esta discrepância é o facto da alteração refractiva ter também sido inferior à verificada naqueles trabalhos. Tendo em consideração que é atribuída uma variação dióptrica de cerca 3,00 D por cada mm de variação do CA, obtém-se uma variação do erro refractivo correspondente de 0,33 D. Tendo-se verificado

neste trabalho, que a variação refractiva total foi de 0,29 D o que corresponde ao aumento do poder dióptrico provocado pelo aumento do CA.^{213,215,217,252}

As medidas realizadas em todos os trabalhos sobre os componentes biométricos, incluindo este, foram feitas com equipamentos que utilizam a técnica de ultra-sons. Como foi demonstrado recentemente esta técnica tem uma repetibilidade baixa quando comparada com as técnicas de interferometria.²⁵³⁻²⁵⁶ Assim sendo, é necessário ter alguma prudência quando se analisam variações pequenas pois estas podem resultar de erros de leitura do equipamento. Conscientes desta realidade, só era aceite como resultado válido aquele em que o DP da média das 6 medidas realizadas era inferior a 0,10 mm.

A córnea foi de todos os parâmetros avaliados o que experimentou menor variação longitudinal. O único parâmetro que sofreu alteração estatisticamente significativa foi a excentricidade que aumentou 0,02 do 1º para o 2º exame, tornando-se assim a córnea mais prolata. Vários estudos publicados anteriormente mostram que a córnea é um parâmetro do globo ocular que não sofre grandes alterações ao longo da vida e que não é um factor primordial para o estabelecimento de uma determinada ametropia.^{248,257-260}

5.2 Relação do estado refractivo com outros parâmetros do sistema visual

Neste trabalho relacionam-se os vários parâmetros medidos com os diferentes estados refractivos (miopia, emetropia, hipermetropia), tendo como base o valor do equivalente esférico obtido no 1º e 2º exame. Na definição dos estados refractivos foi usado o valor de corte de $\pm 0,50$ D. Apesar de na comunidade científica internacional não existirem normas que permitam a uniformização destes critérios, no trabalho desenvolvido para determinar o método de medida ideal para caracterizar o erro refractivo verificou-se que este valor de corte quando usado com o exame subjectivo com cicloplégico, define com mais rigor o estado refractivo;^{43-47,261} também nos trabalhos recentemente publicados tem-se assistido ao uso destes valores de corte.^{8,76,247}

Para os componentes astigmáticos não se verificou nenhuma associação com o estado refractivo inicial, ou seja, não existe nenhuma ametropia onde se verifique a prevalência de um determinado tipo de astigmatismo. Vários trabalhos têm sido publicados sobre a importância do astigmatismo na evolução do estado refractivo. Um desses trabalhos foi realizado por Gwiazda *et al.* em 2000,⁶¹ que atribui ao astigmatismo de aparecimento precoce uma grande importância no aumento da miopia e do astigmatismo na adolescência.

A associação entre o astigmatismo e os estados refractivos foi também reportada por Tong *et al.* em 2004,⁶⁸ que associaram uma maior prevalência e progressão do componente J0 à miopia, sendo este também influenciado pela raça e tipo de astigmatismo, nomeadamente o eixo e o astigmatismo miópico composto. O aparecimento de astigmatismo à regra durante o processo de acomodação foi verificado por Tsukamoto.^{262,263}

Os parâmetros da visão binocular medidos não apresentam diferenças consideráveis dependendo da ametropia. Verificou-se apenas em VL para o valor de ruptura da reserva positiva um valor superior para os hipermetropes quando comparados com os míopes e emetropes. Isto significa uma maior capacidade dos hipermetropes de manter a visão binocular simples quando é exigido um esforço de convergência. Para VP verificou-se um valor de recuperação da reserva negativa menor para os emetropes, sendo essa diferença apenas de 2 Δ. Goss no final do século passado elaborou um trabalho, que apresentou sobre a forma de vários artigos, onde estabelecia as diferenças entre diversos parâmetros e o aparecimento da miopia em jovens.^{147,164,225,235,264,265} Dois desses trabalhos^{225,235} estabeleciam as diferenças entre os parâmetros da visão binocular e o aparecimento da miopia, podendo-se verificar a existência de uma zona de visão binocular simples e nítida mais convergente para os que se tornaram míopes. Verificou ainda que estes casos estavam também associados à presença de uma endoforia.

A acomodação é sem duvida um dos subsistemas do sistema visual mais estudados. Num estudo publicado muito recentemente Allen *et al.*²⁴³ atribuem ao atraso acomodativo e à flexibilidade acomodativa uma preponderância importante na progressão da miopia em adultos. Este trabalho vai de encontro a um outro apresentado em 1998 por Abbott *et al.*²³⁸ que diz que a acomodação inadequada provoca uma progressão da miopia e que nos casos de estabilidade refractiva não existem diferenças entre os míopes e não míopes.

No presente estudo os parâmetros da acomodação medidos não apresentaram diferenças para nenhum estado refractivo obtido em nenhum dos exames. Apenas se verificou que no 1º exame a diferença entre a acomodação dos 2 olhos é ligeiramente maior nos míopes mas sem significância clínica ou estatística.

A existência de diferenças nos parâmetros biométricos dependendo da ametropia é um dos assuntos mais consensuais nesta área de investigação. Praticamente todas as investigações realizadas até à data mostram a enorme inter-relação entre o erro refractivo e o CA e a PCV.^{251,266} Neste trabalho isso também se verificou, o CA, a PCA e a PCV são maiores para os míopes e menores para os hipermetropes. Esses valores verificaram-se para os dois

exames realizados. Hosny *et al.*²⁶⁷ encontraram valores da PCA menores para os hipermetropes com importantes consequências na cirurgia de implantação de lentes intra-oculares.

A topografia corneal, a par dos parâmetros biométricos, é um dos parâmetros oculares mais estudados. Desde a invenção do queratômetro que têm sido realizados um sem número de investigações atribuindo à córnea importâncias diferentes para a determinação do estado refractivo. Apesar de neste trabalho quer o raio central quer os raios periféricos serem mais planos para os hipermetropes que para os míopes, as diferenças obtidas não permitem estabelecer uma relação clara e estatisticamente significativa entre eles e o estado refractivo. Estes dados são suportados pela bibliografia consultada tendo-se observado tanto a presença²⁶⁸ como ausência^{149,257,269} de correlações. A excentricidade foi o único parâmetro que apresentou diferenças estatisticamente significativas, sendo que os emetropes apresentam uma córnea mais prolata que os míopes e os hipermetropes.

5.3 Factores condicionantes da evolução do sistema visual

A grande questão actual não é se se está a assistir a uma tendência miópica na população a nível mundial, com picos em determinadas regiões do globo, mas sim qual a causa ou causas para esse aparecimento, estando o debate, nos últimos anos, extremado em dois pólos: as causas genéticas e as causas ambientais. Recentemente tem-se assistido à apresentação de algumas teorias que tentam demonstrar que o desenvolvimento galopante da miopia em alguns países se deve à conjugação de factores genéticos e ambientais.^{113,177,245}

Por essa razão pretendeu-se conhecer se as variações ocorridas para os diferentes componentes do sistema visual eram influenciadas por alguns factores como a idade e o sexo, com o estado refractivo inicial ou a sua evolução e os hábitos visuais em VP.

A população estudada é constituída maioritariamente por mulheres (71,0%), o que reflecte a tendência verificada nos cursos da Escola de Ciências no pólo de Braga onde 60,1% dos alunos são do sexo feminino. A variação verificada no erro refractivo é idêntica para ambos os sexos, sendo as diferenças maiores verificadas para o componente M. A variação ocorrida para os indivíduos do sexo masculino foi de -0,25 D e para os do sexo feminino de -0,31 D, porém esta diferença não foi estatisticamente significativa. Para os parâmetros biométricos verificou-se apenas significância estatística para a PCV, sendo a diferença entre ambos os sexos de apenas 0,01 mm, e a variação ao longo dos três anos superior para o

sexo feminino. No entanto esta diferença pode ser ignorada pois, tendo em conta a sensibilidade do equipamento de ultra-sons, o erro de leitura cometido pelo biómetro ($\pm 0,1$ mm) é idêntica à diferença observada. Apesar de existirem alguns trabalhos²⁷⁰ reportando diferenças entre as dimensões oculares dos homens e mulheres, sendo superiores nos homens, não são conhecidas alterações biométricas diferenciadas segundo o sexo.

Como já foi visto anteriormente, a topografia da córnea manteve-se praticamente constante ao longo dos três anos e as variações que se verificaram foram iguais para ambos os sexos.

A visão binocular e a acomodação, apesar de ter sido dos parâmetros que mais alterações sofreram durante o período experimental, não demonstram ser influenciadas pelo sexo.

Foram também estudadas as diferentes variações ocorridas em função da idade. O intervalo de idades é de apenas 10 anos (18 aos 28 anos) o que é por si só um factor limitante para a análise das variações ocorridas. Verificou-se que para os indivíduos mais velhos a variação foi inferior. Esta constatação vai de encontro a outras publicações^{28,245} que referem uma maior estabilidade refractiva em adultos com idades cerca dos trinta anos.

A idade também se correlacionou de forma estatisticamente significativa com a variação da ruptura da reserva negativa em VL e, à semelhança do que se verificou com o componente M da refração, a maior variação verificou-se para os indivíduos mais jovens.

Em dois dos trinta e quatro parâmetros analisados verificaram-se variações com a idade, ou seja, para indivíduos mais velhos houve uma menor variação. Se para a variação do estado refractivo existe bibliografia que suporta os resultados encontrados, já o mesmo não acontece para a variação dos parâmetros da visão binocular, em particular da vergência fusional, pois não existe nenhum trabalho longitudinal publicado que analise a influência da idade na variação das vergências fusionais.

Uma das questões que se levantaram durante a realização deste trabalho era saber se os míopes, emetropes e hipermetropes experimentavam todos eles uma variação idêntica dos diferentes parâmetros do sistema visual ou se, pelo contrário, o estado refractivo inicial podia ser um factor com influência na variação do sistema visual.

Analisando a variação ocorrida para os componentes de refração M, J0 e J45, para os três estados refractivos, verificaram-se variações distintas apenas para o componente M. Os míopes sofreram uma variação cerca de 4 vezes superior à dos emetropes e 3 vezes

superior à dos hipermetropes. O grupo de emetropes foi o mais estável em termos de variação refractiva do componente M.

Neste trabalho verificou-se uma taxa de variação anual do erro refractivo (tendência miópica) de cerca de 0,21 D para os míopes e de 0,06 D e 0,07 D para os emetropes e hipermetropes respectivamente. Este tipo de variações já é conhecido há várias décadas sendo sempre descrito o mesmo princípio, ou seja, aumento superior para os míopes que para os emetropes ou hipermetropes. No entanto o valor quantitativo dessas variações e se os emetropes experimentam variações superiores ou inferiores aos hipermetropes difere de trabalho para trabalho.^{5,120,251} Neste trabalho registou-se uma variação, para os míopes e hipermetropes, qualitativamente idêntica à verificada por Kinge *et al.* em 1999, sendo que para os emetropes a variação por nós encontrada é cerca de 1/3 da verificada por Kinge *et al.*²⁵¹

A progressão da miopia, especialmente em crianças, tem sido alvo de vários estudos, quer sobre a sua prevalência,^{69,75,146,271-273} quer sobre os métodos para diminuir ou atenuar o seu desenvolvimento,^{49,274-279} no entanto em adultos não se têm realizado esse tipo de estudos, provavelmente porque a sua taxa de progressão é menor, desconhecendo-se, portanto, se a miopia de aparecimento ou progressão tardia pode ser atenuada usando os mesmos métodos aplicados em crianças.

Quanto às diferenças na prevalência da miopia entre sociedades rurais e urbanas, verifica-se que nas populações entre os 40 e os 50 anos não se encontram diferenças tão significativas como entre as populações mais jovens que se desenvolveram nesses meios. Disto depreende-se que os factores ambientais, nomeadamente viver em meios urbanos, podem ter mais impacto nas populações jovens do que há 40 ou 50 anos. Se se tiver em consideração que outros países sofreram fortes mudanças socioeconómicas há mais de 50 anos e que Portugal apenas começou a desenvolver as estruturas urbanas e os factores ambientais que potencialmente possam afectar a prevalência da miopia (urbanização massiva, industrialização, acesso generalizado ao ensino, maior competitividade) dum modo mais significativo há cerca de 20 anos. É de esperar que nas próximas décadas se venham a verificar no nosso meio as mesmas tendências que actualmente já se verificam noutros países, na direcção da maior prevalência da miopia.

Como seria de esperar, pois várias publicações^{6,86} o admitem, o aumento do CA é o principal factor do desenvolvimento das miopias também em adultos; verificou-se um aumento superior deste parâmetro para os míopes do que para os restantes grupos

refractivos. Apesar de em termos estatísticos as diferenças verificadas na PCV estarem no limite de serem consideradas significativas, é importante verificar que para os míopes a variação é cerca de 3 vezes superior à verificada para os hipermetropes. Estes resultados quando analisados conjuntamente com as alterações refractivas (componente M) mostram que os míopes são mais vulneráveis às alterações refractivas miópicas e que estas são devidas fundamentalmente a alterações do CA.

Um outro parâmetro relacionado com a refração que é importante verificar se condiciona a variação do sistema visual é o parâmetro ao qual se chamou de *alteração refractiva*. Isto é, pretende-se conhecer se os indivíduos que sofreram alterações refractivas iguais ou superiores a 0,50 D tiveram o mesmo tipo de variação para os outros parâmetros do sistema visual que os que não sofreram alterações refractivas.

A variação ocorrida para os parâmetros biométricos é influenciada pela alteração refractiva de forma clinicamente significativa ou, dizendo de outra forma, a alteração refractiva está associada às alterações biométricas. Verificou-se que as variações ocorridas no CA e na PCV, são superiores para o grupo de pessoas onde o erro refractivo aumentou no mínimo 0,50 D. Isto vem confirmar o facto das alterações refractivas estarem associadas com as alterações biométricas, contrariando algumas correntes de opinião que consideram que o olho adulto não cresce.²¹⁹ Para o cristalino verificou-se um aumento de espessura para o grupo que não sofreu alterações refractivas; alguns autores atribuem este aumento de espessura à idade^{151,251} mas comparando a variação da EC com a idade obtida neste trabalho não se pode atribuir à idade a responsabilidade destas alterações pelo menos nesta faixa etária. É provável que o cristalino se tenha tornado mais espesso e esse aumento da espessura seja suficiente para atenuar as variações refractivas que seriam induzidas pelo aumento do CA do grupo que não alterou. Verifica-se também, apesar de não ser estatisticamente significativo, que os que não sofreram alteração do erro refractivo apresentavam também uma diminuição de 0,04 mm da PCA. Esta diminuição na PCA pode ser um reflexo do aumento da EC (ver figura 4.47).

Como se tinha já visto anteriormente os parâmetros topográficos medidos mantiveram-se constantes ao longo do período experimental, com a excepção da excentricidade. Ao analisar se a alteração da refração podia ser influenciada pela alteração dos parâmetros topográficos constata-se que não existe relação entre ambas. Também não foram encontradas variações diferentes para o grupo de pessoas que alteraram o erro refractivo e o dos que não alteram para a variação da visão binocular e da acomodação. Mutti *et al.*¹⁵⁸ estudaram a influência do atraso acomodativo no desenvolvimento da miopia em crianças e

verificaram que nos anos anteriores e no ano de instauração da miopia não existiam diferenças substanciais destas crianças em relação às que permaneceram emetropes. Puderam ainda constatar que após o aparecimento da miopia o atraso acomodativo para estas crianças aumentou em relação ao das crianças que permaneceram emetropes.

Um dos assuntos mais estudados nos últimos anos, relacionado com a evolução refractiva, nomeadamente com o aparecimento e progressão da miopia, é o tempo e esforço dedicado a tarefas que exigem VP.

A associação entre a miopia e as actividades de VP foram já descritas por Kepler no século XVI,¹⁵ sendo ainda nos dias de hoje discutido qual dos dois é a causa e qual é a consequência. Estudos realizados recentemente com crianças na China, Hong Kong e Singapura mostram uma afinidade particular entre o tempo dedicado às actividades de VP e o desenvolvimento da miopia.^{141,280-283} Saw *et al.* reportaram que o número de livros lidos por semana está fortemente relacionado com a miopia elevada em crianças entre os 7 e 9 anos. Os autores consideram que com estes estudos apresentaram de forma mais clara até à data a correlação existente entre o trabalho em VP e a miopia.^{30,284-287}

Trabalhos realizados com adultos, fundamentalmente estudantes universitários mostram que existe uma associação entre a progressão da miopia e as actividades de aulas, leitura científica e passatempos durante o período de férias.¹²² Outros trabalhos reportaram que o uso de computador não é um factor de risco acrescido para o desenvolvimento da miopia quando comparado com outras actividades de VP.²⁸⁸

Um dos maiores problemas que se coloca à comunidade científica e clínica que se dedica a este tipo de investigação é a forma de medir a intensidade e duração das actividades de VP. Esse tipo de informação é normalmente obtido através de inquéritos.^{3,280,284,289,290} Recentemente Rah *et al.*²⁹¹ apresentaram um método que, segundo os autores, permite conhecer de forma mais exacta o tipo de actividade realizada e a duração. Este método é conhecido como “experience sampling method” mas limitações orçamentais impediram que fosse usado neste trabalho. Por isso e com o objectivo de conhecer os hábitos de VP dos participantes, realizou-se um inquérito onde as pessoas respondiam a perguntas como quantas H/sem dedicavam a actividade de ver televisão, estudar, computador e passatempos, no início e no final do estudo.

A análise dos resultados das correlações entre o tempo dedicado às actividades de VP e os vários parâmetros do sistema visual não é muito relevante pois apenas 5 das 136 correlações estudadas foram consideradas estatisticamente significativas.

O tempo passado a ver televisão correlacionou-se com a variação do componente refractivo M e com a variação da reserva positiva em VL (recuperação), sendo que mais tempo a ver televisão menor variação do erro refractivo e menor variação do valor da reserva positiva em VL. Entre as horas dedicadas a estudar e a variação do raio temporal verificou-se uma correlação positiva, no entanto a variação dos parâmetros topográficos do 1º para o 2º exame é insignificante em especial para o raio temporal onde a variação foi praticamente nula.

O tempo dedicado ao uso de computadores está unicamente correlacionado com a variação da reserva positiva em VP (recuperação) sendo que quanto menos tempo é dedicado a esta actividade mais acentuado é o aumento deste parâmetro da visão binocular. As actividades de lazer (passatempos) que exigiam esforço visual correlacionaram-se com a variação da ARP de forma que quanto mais tempo é dedicado a essas actividades maior é o aumento da ARP. Kinge *et al.*¹²² em 2000, verificaram a existência de correlações significativas entre a variação da progressão do erro refractivo (equivalente ao componente M neste trabalho) e as horas passadas a assistir a aulas, a ler literatura científica e em passatempos. Neste trabalho apenas se verificou uma correlação estatisticamente significativa com o tempo passado a ver televisão. Apesar de existirem inúmeros trabalhos correlacionando a variação do tempo dedicado às actividades de VP com o erro refractivo, não existe informação disponível sobre a correlação com os outros parâmetros do sistema visual estudado. No entanto e apesar de não serem especificados quais os passatempos a que se dedicavam, o que impossibilita uma análise mais rigorosa dos resultados, é de salientar a correlação entre o aumento das horas dedicadas aos passatempos em VP e o aumento da ARP.

A análise da influência dos hábitos de visão sobre a variação dos parâmetros do sistema visual não acrescenta nenhuma mais valia aos estudos já realizados, podendo esta fraca correlação entre os dois aspectos ficar a dever-se ao facto de realmente não existirem correlações para esta faixa etária ou ao facto do inquérito não ser o método mais indicado para aferir dos hábitos e da intensidade do uso de VP.

A relação entre as actividades de VP e o desenvolvimento dos estados refractivos, nomeadamente da progressão da miopia, continua por clarificar, sendo necessário em primeiro lugar arranjar um método que, para além de quantificar com eficácia o número de horas dedicadas às actividades de VP, quantifique o esforço e concentração empregue em cada actividade.

5.4 Os preditores das alterações refractivas

O principal objectivo deste trabalho foi conhecer, caso existisse, o parâmetro ou conjunto de parâmetros que indicassem precocemente que o sistema visual adulto era mais susceptível de sofrer ou não alterações refractivas. O conhecimento prévio desta predisposição é útil para que os clínicos possam estabelecer a quem se devem aplicar métodos terapêuticos de forma atempada, limitando assim o aparecimento e progressão tardia da miopia.

Antes de estabelecer qual ou quais são os preditores das alterações refractivas foi preciso definir o que é uma alteração refractiva clinicamente relevante, tendo em conta várias publicações sobre a fiabilidade do método de medida utilizado.⁴³⁻⁴⁵ Optou-se por estabelecer o valor de variação igual ou superior a 0,50 D na refração subjectiva ciclopégica, considerando-se como sendo uma variação clinicamente significativa do sistema visual e não como uma variação devido a erros de medida. Esta variação é referente ao equivalente esférico (componente M).

Verificou-se que 22,0% da população teve uma alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D sendo a variação máxima de cerca de 3,00 D, o que representa uma variação anual de cerca de 1,00 D. Assistiu-se a uma progressão da miopia em 57,7% dos míopes o que para uma população de adultos é um valor considerado elevado. Valores de progressão da miopia semelhantes a este foram já reportados por Kinge *et al.*⁵ numa população de estudantes universitários noruegueses.

O método estatístico usado para estabelecer os preditores da alteração refractiva tardia foi a regressão logística binária.²⁹²⁻²⁹⁴ Este método é uma variação do método de regressão linear em que a variável resposta está limitada aos valores 0 e 1, ou seja, não alterou ou alterou o estado refractivo. Este método tem sido usado nas mais diversas áreas de investigação sendo usado na área das ciências da visão desde há cinco ou seis anos.^{2,118,295}

Foram analisados individualmente todos os parâmetros do sistema visual medidos e os dados dos inquéritos sobre os hábitos de visão e historial visual, o que perfaz um total de 43 variáveis, de forma a conhecer quais seriam os que poderiam ser considerados importantes para o modelo final. É conhecida e relatada em vários artigos a importância do rácio CA/RC como um diferenciador entre olhos míopes, emetropes e hipermetropes, sendo também usado como preditor do aparecimento da miopia em crianças e jovens.^{148,149,296,297} Com o objectivo de conhecer se esse factor também era importante como

preditor das alterações refractivas tardias, estudou-se a importância desse parâmetro e de outras possíveis combinações de todos os parâmetros.

Das combinações estudadas, cerca de 2000, foram encontradas apenas 6 com potencialidades de serem preditores das alterações refractivas, todas elas envolvendo os parâmetros biométricos e a topografia corneal. Da análise dos resultados constata-se que o raio de curvatura corneal central permite obter melhores valores de previsão das alterações refractivas que os raios periféricos e que a PCV é melhor preditor que o CA.²⁹⁸ Surpreendentemente não foram encontradas referências bibliográficas que corroborem ou contradigam os resultados obtidos. No entanto e apesar destas variáveis serem por si só boas predictoras das alterações refractivas, a sua inclusão num modelo múltiplo não aporta mais valias ao modelo final. Este facto fica a dever-se à correlação que existe entre estas variáveis e o CA e o raio temporal, pois como já foi dito anteriormente o método de regressão logística binária é sensível à correlação entre as variáveis.

Depois de analisadas todas as variáveis individualmente, incluindo as variáveis de rácio, procedeu-se à construção de um modelo múltiplo de regressão logística binária. O modelo mais robusto foi o que incluía as variáveis ruptura da reserva negativa em VL, CA e raio temporal. Este modelo veio reforçar a ideia de que as alterações refractivas estão fortemente associadas às variações do CA. Mostra também que a visão binocular nomeadamente a reserva negativa em VL influencia as alterações refractivas tardias. A inclusão do raio de curvatura periférico temporal aumenta a capacidade preditiva do modelo de 80,5% para 83,9%, passando o modelo de ajuste de H-L de 0,070 para 0,758.²⁹⁹

Inúmeros trabalhos têm sido realizados e publicados abordando os mais diversos parâmetros do sistema visual como possíveis preditores das alterações refractivas, nomeadamente do aparecimento da miopia. Numa revisão bibliográfica recentemente publicada por Gilmartin⁴² são apresentados o rácio CA/RC, o AC/A, a refração aos 5 anos de idade e a hereditariedade como os preditores mais potentes para a instauração da miopia em crianças e jovens. A PCV tem sido também referenciada por vários autores como um potente preditor do aparecimento da miopia não só em crianças^{117,300} como também em adultos.^{86,152} Fledelius¹⁵¹ atribui às variações axiais a principal causa para o desenvolvimento da miopia em adultos, referindo que o olho reaprende a crescer após ter feito uma pausa a seguir à puberdade.

Um dos primeiros autores a falar do rácio CA/RC como um preditor do aparecimento da miopia foi Grosvenor,³⁰¹ tendo sido atribuído a este parâmetro um papel fundamental

durante várias décadas. Em 2006 Lin¹⁵⁰ estabeleceu uma fórmula de cálculo da idade de aparecimento da miopia e do crescimento ocular baseada no raio de curvatura central, dimensão transversal e CA do olho. Esta nova fórmula permitiu-lhe assegurar que a taxa de crescimento axial é um preditor mais importante que o tradicional rácio CA/RC.

A acomodação, em particular o AC/A,^{153,155} o atraso acomodativo e a inflexibilidade acomodativa²⁴³ têm sido apontados como preditores da miopia de aparecimento tardio. Neste trabalho não se verificou a existência de nenhum preditor das alterações refractivas relacionadas com a acomodação.

Num estudo publicado em 1997, Carney *et al.*³⁰² apresentam dois preditores da miopia idênticos aos encontrados neste trabalho. Segundo os autores o aumento da miopia está associado a alterações na curvatura periférica da córnea e a um aumento da PCV e do CA. Neste trabalho, além destes dois parâmetros oculares, verificou-se também uma associação com a visão binocular.

Finalmente, dois aspectos merecedores de atenção são a sensibilidade e a especificidade. Recorde-se que a sensibilidade de um teste ou modelo é a proporção de pessoas com um determinado problema que é correctamente identificado e a especificidade é proporção de pessoas sem problemas e que o teste ou modelo os identifica como tais. Em alguns dos trabalhos realizados onde são apresentados os preditores das alterações refractivas é possível obter informação sobre a sensibilidade e a especificidade de cada preditor. A maioria desses trabalhos refere-se à previsão do estado refractivo na adolescência e não na idade adulta, como se refere o presente trabalho. O primeiro trabalho onde se encontra informação sobre a sensibilidade e a especificidade é o trabalho de Hirsch de 1964,³⁰³ que aponta a refração aos 5 ou 6 anos como um preditor do desenvolvimento da miopia na adolescência. Neste trabalho os valores da sensibilidade e da especificidade são de 82,0% e de 72,0%, respectivamente. Em 1995, Goss e Jackson¹⁴⁷ indicaram a queratometria como sendo um preditor do aparecimento da miopia em crianças. Nesse trabalho a sensibilidade e a especificidade obtida era diferente para os dois sexos e também dependia do raio de curvatura vertical e horizontal. Os valores da sensibilidade variavam entre 64,0% e 87,0% e os da especificidade entre 45,0% e 65,0%. Nesse mesmo trabalho, os autores apresentaram também valores de sensibilidade e especificidade para o rácio CA/RC horizontal e CA/RC vertical, sendo a sensibilidade de 88,0% e igual para os dois rácios e a especificidade de 68% para o rácio CA/raio horizontal e de 57,0% para o rácio envolvendo o raio vertical. Zadnik *et al.*¹⁴⁵ em 1999, apresentaram também valores para a sensibilidade e especificidade de vários preditores do aparecimento da miopia juvenil. Nesse trabalho foram encontrados

valores de 87,0% de sensibilidade e de 73,0% de especificidade para o valor esférico do erro refractivo obtido com cicloplégico aos 8 anos como preditor da miopia e de 69,0% e 66,0% (sensibilidade e especificidade, respectivamente) para o rácio CA/RC vertical.

Em 2004, Garner *et al.*,¹¹⁷ num estudo realizado com crianças Nepalesas de cerca de 12 anos, determinaram que o aparecimento da miopia podia ser predito com uma sensibilidade de 88,0% e uma especificidade de 31,0% utilizando o erro refractivo como variável e com uma sensibilidade de 45,0% e uma especificidade de 97,0% quando era usado o rácio CA/RC. A taxa de variação da PCV apresentava uma sensibilidade de 75,0% e uma especificidade de 44,0%. No presente trabalho a sensibilidade encontrada foi de 42,3% e a especificidade de 95,7% para o modelo escolhido como o melhor modelo de predição das alterações refractivas (modelo 1).

No trabalho já referido de Zadnik *et al.*,¹⁴⁵ os autores apresentaram a análise das áreas debaixo das curvas ROC para várias variáveis e modelos preditivos da instauração da miopia juvenil. Os valores encontrados para variáveis independentes variaram entre 0,605 e 0,875 para a potência de Gullstrand do cristalino e o erro refractivo esférico. Para modelos que incluem várias variáveis os valores encontrados para as áreas são muito semelhantes entre si, sendo o menor 0,884 para o modelo de análise discriminante canónica (excluindo a potência de Gullstrand do cristalino) e o maior de 0,893 para o modelo de regressão logística que inclui as variáveis erro refractivo, potência refractiva da córnea, potência de Gullstrand do cristalino e CA. A análise das curvas ROC obtidas no presente trabalho (área = 0,690) mostra que o modelo desenvolvido apresenta uma menor capacidade de prever as alterações refractivas quando comparadas com os modelos múltiplos apresentados por Zadnik *et al.*¹⁴⁵ mas enquadra-se nos valores obtidos por estes autores para cada variável isoladamente.

Capítulo 6 - Conclusões

A realização deste trabalho tinha como objectivos principais conhecer as alterações do sistema visual em jovens adultos e estabelecer um conjunto de preditores das alterações refractivas.

A primeira questão apresentada nos objectivos consistia em saber se de facto existiam alterações refractivas em jovens adultos e caso existissem qual era o sentido dessas variações e a sua magnitude.

Em resposta a esta questão verificou-se a existência de alterações refractivas em adultos e que apresentam uma tendência miópica, ou seja, para o aumento da miopia ou diminuição da hipermetropia. Essa variação foi quantificada em uma taxa anual média de 0,10 D.

Em relação à miopia constatou-se um incremento no número de míopes, durante os 3 anos de duração do estudo, em 5,1%, (passando de 22,0% para 27,1%). A taxa de progressão anual da miopia foi de 0,21 D, o que representa o dobro da verificada para toda a população. Mas, mais significativo do que avaliar este número isoladamente é associar este facto com a diminuição de 9,4% do número de hipermetropes. Estes dois dados em conjunto e o facto de 22,0% da população ter registado uma alteração refractiva igual ou superior a 0,50 D, mostram uma clara tendência para a miopização nesta faixa etária. Esta tendência, apesar de não atingir as proporções de outros países, nomeadamente dos países asiáticos, leva a pensar que se poderá estar também a assistir a um processo de miopização da população portuguesa começando nas camadas mais jovens da população.

Pretendia-se também saber, no caso de existirem variações refractivas, se eram acompanhadas por alterações estruturais do globo ocular e qual ou quais eram os parâmetros do globo ocular que melhor reflectiam a variação refractiva. Este tema tem sido abordado por alguns investigadores que, na sua maioria, constataam que o aumento da PCV e do CA são as duas principais alterações estruturais ocorridas para a miopia de aparecimento e progressão tardia.

Este trabalho veio corroborar essas ideias, pois verificou-se um aumento do CA e da PCV para os indivíduos em que a alteração refractiva entre os dois exames foi igual ou superior a 0,50 D, enquanto que para os que mantiveram estável o erro refractivo praticamente não se

registaram alterações nestes parâmetros, verificando-se um aumento da EC. Pode-se concluir portanto que existe uma variação refractiva miópica nos jovens adultos e que é causada por um aumento da PCV e do CA.

Em relação às alterações verificadas para os parâmetros acomodativos e da visão binocular, verificou-se uma grande variabilidade destes parâmetros durante o período de realização do trabalho. Sendo de registar a alteração do estado fórico em VP de endoforia para exoforia e de realçar também a diminuição das vergências fusionais positivas e negativas, em VL e VP.

Outro aspecto que se pretendia averiguar com a realização deste trabalho era a influência de vários factores que são apontados na literatura como factores de risco ou factores condicionantes das alterações refractivas, nomeadamente, o sexo, a idade, o estado refractivo inicial e a sua evolução e os hábitos de visão.

O sexo praticamente não tem influência na variação dos parâmetros do sistema visual, tendo-se verificado apenas valores diferentes para a PCV sendo essa diferença de apenas 0,01 mm.

Em relação à idade e apesar do intervalo idades ser de apenas 10 anos (18 aos 28 anos), o que por si só é um factor limitante da análise, constatou-se que as maiores variações ocorreram para os indivíduos mais jovens, tendo-se verificado apenas variações diferentes com a idade para ruptura da reserva negativa em VL e para o componente M da refração.

Em relação aos diferentes estados refractivos pretendia-se saber se os míopes, emetropes e hipermetropes experimentavam todos eles uma variação idêntica dos diferentes parâmetros do sistema visual ou se, pelo contrário, o estado refractivo inicial podia ser um factor com influência na variação do sistema visual. Verificou-se que os míopes sofreram uma variação cerca de 4 vezes superior à dos emetropes e 3 vezes superior à dos hipermetropes. O grupo de emetropes foi o mais estável em termos de variação refractiva do componente M.

Verificou-se que apenas o CA e raio corneal nasal foram diferentes para os três estados refractivos obtidos no início do estudo e que as variações ocorridas para o CA, EC e PCV são diferentes para os dois grupos de alteração refractiva. Estes dados consolidam a ideia de que os parâmetros biométricos estão fortemente relacionados com o estado refractivo e a sua evolução.

O terceiro objectivo era conhecer o preditor ou preditores das alterações refractivas em jovens adultos. Não existe até à data nenhum trabalho que estabeleça com clareza quais são os parâmetros do sistema visual que indiquem que irão ocorrer alterações refractivas tardias. Esta informação é importante porque permite ao clínico tomar atitudes como, por exemplo, o uso de terapias visuais, uso de fármacos, adaptação de certos tipos de lentes de contacto que contrariem a tendência miópica do sistema visual ou ao cirurgião decidir qual o momento oportuno para a intervenção cirúrgica, evitando assim a necessidade de reintervenções cirúrgicas devido ao reaparecimento da miopia. Esta informação pode também ser útil para estabelecer grupos de estudo para novas técnicas de diminuição ou retenção da miopia.

A análise estatística realizada através do método de regressão logística binária permitiu estabelecer três parâmetros do sistema visual como preditores das alterações refractivas em jovens adultos: CA, ruptura da reserva negativa em VL e raio corneal temporal.

A topografia corneal e os parâmetros biométricos são conhecidos como preditores das alterações refractivas em adolescentes e crianças, confirmando-se também a importância deste dois subsistemas oculares como preditores das alterações refractivas tardias. Para além destes dois parâmetros determinou-se que a visão binocular, nomeadamente a vergência negativa é um indicador importante das alterações refractivas tardias. Cada um destes parâmetros isoladamente tem um peso diferente como preditor, mas o conjunto dos três consegue prever 83,9% das situações ocorridas. Um indivíduo que tenha um olho com um CA grande, com um raio corneal temporal mais curvo e que tenha um valor da ruptura da reserva negativa em VL elevado tem uma probabilidade acrescida de sofrer alterações refractivas superiores a 0,50 D.

Com este trabalho demonstrou-se que existem alterações refractivas miópicas em jovens adultos, que são acompanhadas por alterações do globo ocular e que conhecendo o raio temporal, o CA e a ruptura da reserva negativa em VL é possível prever a ocorrência dessas alterações com uma certeza de 83,9%.

Capítulo 7 - Bibliografía

1. Saw SM. A synopsis of the prevalence rates and environmental risk factors for myopia. *Clin Exp Optom* 2003; 86: 289-294.
2. Saw SM, Chua WH, Hong CY, Wu HM, Chan WY, Chia KS, Stone RA, Tan D. Nearwork in early-onset myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 332-339.
3. Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, Jones LA, Zadnik K. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 3633-3640.
4. Morgan I, Rose K. How genetic is school myopia? *Prog Retin Eye Res* 2005; 24: 1-38.
5. Kinge B, Midelfart A. Refractive changes among Norwegian university students--a three-year longitudinal study. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 302-305.
6. Lin LLK, Shih YF, Lee YC, Hung PT, Hou PK. Changes in ocular refraction and its components among medical students - A 5-year longitudinal study. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 495-498.
7. Bullimore MA, Reuter KS, Jones LA, Mitchell GL, Zoz J, Rah MJ. The Study of Progression of Adult Nearsightedness (SPAN): design and baseline characteristics. *Optom Vis Sci* 2006; 83: 594-604.
8. Logan NS, Davies LN, Mallen EA, Gilmartin B. Ametropia and ocular biometry in a U.K. university student population. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 261-266.
9. Benjamin WJ. *Borish Clinical Refraction*. 1998. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
10. Grosvenor T. *Primary Care Optometry*. 2001. Butterworth-Heinemann, Philadelphia.
11. Scheiman M, Wick B. *Clinical Management of Binocular Vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*. 1994. J.B. Lippincott company, Philadelphia.
12. Grosvenor T, Goss DA. *Clinical Management of Myopia*. 1999. Butterworth-Heinemann.
13. Rosenfield M, Gilmartin B. *Myopia and nearwork*. 1998. Butterworth-Heinemann.
14. Curtin BJ. *The Myopias: Basic Science and Clinical Management*. 1985. Harper & Row, Philadelphia.
15. Buehl W, Stojanac D, Sacu S, Drexler W, Findl O. Comparison of Three Methods of Measuring Corneal Thickness and Anterior Chamber Depth. *Am J Ophthalmol* 2006; 141: 7.
16. Meinhardt B, Stachs O, Stave J, Beck R, Guthoff R. Evaluation of biometric methods for measuring the anterior chamber depth in the non-contact mode. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005; 1-6.
17. Hashemi H, Yazdani K, Mehravaran S, Fotouhi A. Anterior chamber depth measurement with a-scan ultrasonography, Orbscan II, and IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 900-904.

18. Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffarth GU. Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 456-459.
19. Grosvenor T, Scott R. Comparison of refractive components in youth-onset and early adult-onset myopia. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 204-209.
20. Strenk SA, Strenk LM, Koretz JF. The mechanism of presbyopia. *Prog Retin Eye Res* 2005; 24: 379-393.
21. Fledelius HC. Myopia profile in Copenhagen medical students 1996-98. Refractive stability over a century is suggested. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 501-505.
22. Junghans BM, Crewther SG. Little evidence for an epidemic of myopia in Australian primary school children over the last 30 years. *BMC Ophthalmol* 2005; 5: 1.
23. Kinge B, Midelfart A, Jacobsen G. Refractive errors among young adults and university students in Norway. *Acta Ophthalmol Scand* 1998; 76: 692-695.
24. Lim WY, Saw SM, Singh MK, Au Eong KG. Utility values and myopia in medical students in Singapore. *Clin Experiment Ophthalmol* 2005; 33: 598-603.
25. Lin LLK, Shih YF, Hsiao CK, Chen CJ. Prevalence of myopia in Taiwanese schoolchildren: 1983 to 2000. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 27-33.
26. Matsumura H, Hirai H. Prevalence of myopia and refractive changes in students from 3 to 17 years of age. *Surv Ophthalmol* 1999; 44 Suppl 1: S109-S115.
27. Mavracanas TA, Mandalos A, Peios D, Golias V, Megalou K, Gregoriadou A, Delidou K, Katsougiannopoulos B. Prevalence of myopia in a sample of Greek students. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 656-659.
28. Montes-Mico R, Ferrer-Blasco T. Distribution of refractive errors in Spain. *Doc Ophthalmol* 2000; 101: 25-33.
29. Park DJJ, Congdon NG. Evidence for an "epidemic" of myopia. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 21-26.
30. Saw SM, Chan B, Seenyen L, Yap M, Tan D, Chew SJ. Myopia in Singapore kindergarten children. *Optometry* 2001; 72: 286-291.
31. Saw SM, Gazzard G, Eong KGA, Koh D. Utility values and myopia in teenage school students. *Br J Ophthalmol* 2003; 87: 341-345.
32. Wong TY, Foster PJ, Hee J, Ng TP, Tielsch JM, Chew SJ, Johnson GJ, Seah SKL. Prevalence and risk factors for refractive errors in adult Chinese in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: 2486-2494.
33. Grosvenor T. A review and a suggested classification system for myopia on the basis of age-related prevalence and age of onset. *Am J Optom Physiol Opt* 1987; 64: 545-554.
34. Hope GM, Rubin ML. Night Myopia. *Surv Ophthalmol* 1984; 29: 129-136.
35. Charman WN. Night myopia and driving. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996; 16: 474-485.
36. Fejer TP, Girgis R. Night Myopia - Implications for the Young Driver. *Can J Ophthalmol* 1992; 27: 172-176.

37. Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Hung GK, Gilmartin B. Tonic Accommodation - A Review 1. Basic Aspects. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993; 13: 266-284.
38. Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Hung GK, Gilmartin B. Tonic Accommodation - A Review 2. Accommodative Adaptation and Clinical Aspects. *Ophthalmic Physiol Opt* 1994; 14: 265-277.
39. Chan RVP, Trobe JD. Spasm of accommodation associated with closed head trauma. *J Neuroophthalmol* 2002; 22: 15-17.
40. Collins MJ, Buehren T, Bece A, Voetz SC. Corneal Optics after Reading, Microscopy and Computer Work. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 84: 216-224.
41. Dunne MCM, Royston JM, Barnes DA. Posterior Corneal Surface Toricity and Total Corneal Astigmatism. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 708-710.
42. Gilmartin B. Myopia: Precedents for research in the twenty-first century. *Clin Experiment Ophthalmol* 2004; 32: 305-324.
43. Jorge J, Queiros A, Fernandes P, Almeida JB, Parafita M. The influence of the cycloplegic in the objective refraction. *Ophthalmic Res* 2004; 36, s1: 59.
44. Jorge J, Queiros A, Gonzalez-Meijome J, Fernandes P, Almeida JB, Parafita MA. The influence of cycloplegia in objective refraction. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005; 25: 340-345.
45. Jorge J, Queiros A, Almeida JB, Parafita MA. Retinoscopy/autorefractometry: which is the best starting point for a noncycloplegic refraction? *Optom Vis Sci* 2005; 82: 64-68.
46. Jorge J, Almeida JB, Parafita M. What is the Real Prevalence of Myopia? *Ophthalmic Physiol Opt* 2006; 26, s1: 31.
47. Jorge J, Gonzalez-Meijome J, Queiros A, Almeida JB, Parafita M. Differences in ametropia prevalence obtained different methods of refraction. *Acta Ophthalmol Scand* 2006; 84, s239: 165.
48. Voo I, Lee DA, Oelrich FO. Prevalences of ocular conditions among Hispanic, white, Asian, and black immigrant students examined by the UCLA Mobile Eye Clinic. *J Am Optom Assoc* 1998; 69: 255-261.
49. Saw SM, Tong L, Chua WH, Chia KS, Koh D, Tan DT, Katz J. Incidence and progression of myopia in Singaporean school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 51-57.
50. Wong TY, Foster PJ, Hee J, Ng TP, Chew SJ, Tielsch JM, Johnson GJ, Seah SSK. The prevalence and risk factors for refractive errors in an adult Chinese population in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: S324.
51. Villarreal MG, Ohlsson J, Abrahamsson M, Sjoström A, Sjostrand J. Myopisation: the refractive tendency in teenagers. Prevalence of myopia among young teenagers in Sweden. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 177-181.
52. Fledelius HC, Stubgaard M. Changes in Refraction and Corneal Curvature During Growth and Adult Life - A Cross-Sectional Study. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1986; 64: 487-491.
53. Topuz H, Ozdemir M, Cinal A, Gumusalan Y. Age-related differences in normal corneal topography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2004; 35: 298-303.

54. Wensor M, McCarty CA, Taylor HR. Prevalence and risk factors of myopia in Victoria, Australia. *Arch Ophthalmol* 1999; 117: 658-663.
55. Varughese S, Varghese RM, Gupta N, Ojha R, Sreenivas V, Puliyl JM. Refractive error at birth and its relation to gestational age. *Curr Eye Res* 2005; 30: 423-428.
56. Ingram RM, Barr A. Changes in refraction between the ages of 1 and 3 1/2 years. *Br J Ophthalmol* 1979; 63: 339-342.
57. Gwiazda J, Scheiman M, Mohindra I, Held R. Astigmatism in children: Changes in axis and amount from birth to six years. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25: 88-92.
58. Dobson V, Fulton AB, Sebris SL. Cycloplegic refractions of infants and young children: the axis of astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25: 83-87.
59. Howland HC, Sayles N. Photorefractive measurements of astigmatism in infants and young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25: 93-102.
60. Abrahamsson M, Sjostrand J. Astigmatic axis and amblyopia in childhood. *Acta Ophthalmol Scand* 2003; 81: 33-37.
61. Gwiazda J, Grice K, Held R, McLellan J, Thorn F. Astigmatism and the development of myopia in children. *Vision Res* 2000; 40: 1019-1026.
62. Pennie FC, Wood IC, Olsen C, White S, Charman WN. A longitudinal study of the biometric and refractive changes in full-term infants during the first year of life. *Vision Res* 2001; 41: 2799-2810.
63. Atkinson J, Anker S, Bobier W, Braddick O, Durden K, Nardini M, Watson P. Normal emmetropization in infants with spectacle correction for hyperopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: 3726-3731.
64. Cook A, White S, Batterbury M, Clark D. Ocular growth and refractive error development in premature infants without retinopathy of prematurity. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 953-960.
65. Saw SM, Chew SJ. Myopia in children born premature or with low birth weight. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75: 548-550.
66. Schalijs-Delfos NE, de Graaf MEL, Treffers WF, Engel J, Cats BP. Long term follow up of premature infants: detection of strabismus, amblyopia, and refractive errors. *Br J Ophthalmol* 2000; 84: 963-967.
67. Zadnik K, Mutti DO, Friedman NE, Adams AJ. Initial cross-sectional results from the Orinda Longitudinal Study of Myopia. *Optom Vis Sci* 1993; 70: 750-758.
68. Tong L, Saw SM, Lin Y, Chia KS, Koh D, Tan D. Incidence and progression of astigmatism in Singaporean children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 3914-3918.
69. Chua WH, Saw SM, Wu HM, Hong CY, Chan WY, Carkeet A, Tong L, Tan D. Astigmatism and myopia in Singapore schoolchildren. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42: S389.
70. Lin LL, Shih YF, Hsiao CK, Chen CJ, Lee LA, Hung PT. Epidemiologic study of the prevalence and severity of myopia among schoolchildren in Taiwan in 2000. *J Formos Med Assoc* 2001; 100: 684-691.

71. Lin LL, Shih YF, Tsai CB, Chen CJ, Lee LA, Hung PT, Hou PK. Epidemiologic study of ocular refraction among schoolchildren in Taiwan in 1995. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 275-281.
72. Pokharel GP, Negrel AD, Munoz SR, Ellwein LB. Refractive Error Study in Children: results from Mechi Zone, Nepal. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 436-444.
73. Zhao J, Pan X, Sui R, Munoz SR, Sperduto RD, Ellwein LB. Refractive Error Study in Children: results from Shunyi District, China. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 427-435.
74. He M, Zeng J, Liu Y, Xu J, Pokharel GP, Ellwein LB. Refractive error and visual impairment in urban children in southern china. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 793-799.
75. Dandona R, Dandona L, Srinivas M, Sahare P, Narsaiah S, Munoz SR, Pokharel GP, Ellwein LB. Refractive error in children in a rural population in India. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 615-622.
76. Murthy GV, Gupta SK, Ellwein LB, Munoz SR, Pokharel GP, Sanga L, Bachani D. Refractive error in children in an urban population in New Delhi. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 623-631.
77. Naidoo KS, Raghunandan A, Mashige KP, Govender P, Holden BA, Pokharel GP, Ellwein LB. Refractive Error and Visual Impairment in African Children in South Africa. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 3764-3770.
78. Zadnik K. Myopia development in childhood. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 603-608.
79. Maul E, Barroso S, Munoz SR, Sperduto RD, Ellwein LB. Refractive Error Study in Children: results from La Florida, Chile. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 445-454.
80. Robinson BE. Factors associated with the prevalence of myopia in 6-year-olds. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 266-271.
81. Al Bdour MD, Odat TA, Tahat AA. Myopia and level of education. *Eur J Ophthalmol* 2001; 11: 1-5.
82. Dandona R, Dandona L, Naduvilath TJ, Srinivas M, McCarty CA, Rao GN. Refractive errors in an urban population in Southern India: the Andhra Pradesh Eye Disease Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999; 40: 2810-2818.
83. Katz J, Tielsch JM, Sommer A. Prevalence and risk factors for refractive errors in an adult inner city population. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38: 334-340.
84. Kempen JH, Mitchell P, Lee KE, Tielsch JM, Broman AT, Taylor HR, Ikram MK, Congdon NG, O'Colmain BJ, Eye Diseases Prevalence Research Group. The Prevalence of Refractive Errors Among Adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 495-505.
85. Lee KE, Klein BE, Klein R, Wong TY. Changes in refraction over 10 years in an adult population: The Beaver Dam Eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 2566-2571.
86. McBrien NA, Adams DW. A longitudinal investigation of adult-onset and adult-progression of myopia in an occupational group. Refractive and biometric findings. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38: 321-333.

87. Shimizu N, Nomura H, Ando F, Niino N, Miyake Y, Shimokata H. Refractive errors and factors associated with myopia in an adult Japanese population. *Jpn J Ophthalmol* 2003; 47: 6-12.
88. Quek TP, Chua CG, Chong CS, Chong JH, Hey HW, Lee J, Lim YF, Saw SM. Prevalence of refractive errors in teenage high school students in Singapore. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 47-55.
89. Rose K, Younan C, Morgan I, Mitchell P. Prevalence of undetected ocular conditions in a pilot sample of school children. *Clin Experiment Ophthalmol* 2003; 31: 237-240.
90. Midelfart A, Kinge B, Midelfart S, Lydersen S. Prevalence of refractive errors in young and middle-aged adults in Norway. *Acta Ophthalmol Scand* 2002; 80: 501-505.
91. Goh WS, Lam CS. Changes in refractive trends and optical components of Hong Kong Chinese aged 19-39 years. *Ophthalmic Physiol Opt* 1994; 14: 378-382.
92. Wickremasinghe S, Foster PJ, Uranchimeg D, Lee PS, Devereux JG, Alsbirk PH, Machin D, Johnson GJ, Baasanhu J. Ocular biometry and refraction in Mongolian adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 776-783.
93. Attebo K, Ivers RQ, Mitchell P. Refractive errors in an older population: The Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 1999; 106: 1066-1072.
94. Wang Q, Klein BE, Klein R, Moss SE. Refractive status in the Beaver Dam Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; 35: 4344-4347.
95. Wu SY, Yoo YJ, Nemesure B, Hennis A, Leske MC. Nine-year refractive changes in the Barbados Eye Studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 4032-4039.
96. Garner LF, Yap MK. Changes in ocular dimensions and refraction with accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1997; 17: 12-17.
97. Krag S, Olsen T, Andreassen TT. Biomechanical characteristics of the human anterior lens capsule in relation to age. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38: 357-363.
98. Dubbelman M, van der Heijde GL. The shape of the aging human lens: curvature, equivalent refractive index and the lens paradox. *Vision Res* 2001; 41: 1867-1877.
99. Garner LF, Ooi CS, Smith G. Refractive index of the crystalline lens in young and aged eyes. *Clin Exp Optom* 1998; 81: 145-150.
100. Haegerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn JA, Lott LA. Development of refractive errors into old age. *Optom Vis Sci* 2002; 79: 643-649.
101. Lam CS, Goh WS, Tang YK, Tsui KK, Wong WC, Man TC. Changes in refractive trends and optical components of Hong Kong Chinese aged over 40 years. *Ophthalmic Physiol Opt* 1994; 14: 383-388.
102. Zadnik K, Manny RE, Yu JA, Mitchell GL, Cotter SA, Quiralte JC, Shipp M, Friedman NE, Kleinstein RN, Walker TW, Jones LA, Moeschberger ML, Mutti DO. Ocular component data in schoolchildren as a function of age and gender. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 226-236.
103. Weale RA. Epidemiology of refractive errors and presbyopia. *Surv Ophthalmol* 2003; 48: 515-543.

104. Goss DA, Cox VD, Herrin-Lawson GA, Nielsen ED, Dolton WA. Refractive error, axial length, and height as a function of age in young myopes. *Optom Vis Sci* 1990; 67: 332-338.
105. Goldschmidt E. The mystery of myopia. *Acta Ophthalmol Scand* 2003; 81: 431-436.
106. Lyhne N, Sjolie AK, Kyvik KO, Green A. The importance of genes and environment for ocular refraction and its determiners: a population based study among 20-45 year old twins. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 1470-1476.
107. Wojciechowski R, Congdon N, Bowie H, Munoz B, Gilbert D, West S. Familial aggregation of hyperopia in an elderly population of siblings in Salisbury, Maryland. *Ophthalmology* 2005; 112: 78-83.
108. Seet B, Wong TY, Tan DT, Saw SM, Balakrishnan V, Lee LK, Lim AS. Myopia in Singapore: taking a public health approach. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 521-526.
109. Edwards MH. Effect of parental myopia on the development of myopia in Hong Kong Chinese. *Ophthalmic Physiol Opt* 1998; 18: 477-483.
110. Goss DA, Hampton MJ, Wickham MG. Selected review on genetic factors in myopia. *J Am Optom Assoc* 1988; 59: 875-884.
111. Paluru PC, Nallasamy S, Devoto M, Rappaport EF, Young TL. Identification of a novel locus on 2q for autosomal dominant high-grade myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 2300-2307.
112. Sundin OH, Leppert GS, Silva ED, Yang JM, Dharmaraj S, Maumenee IH, Santos LC, Parsa CF, Traboulsi EI, Broman KW, DiBernardo C, Sunness JS, Toy J, Weinberg EM. Extreme hyperopia is the result of null mutations in MFRP, which encodes a Frizzled-related protein. *Proc Natl Acad Sci USA* 2005; 102: 9553-9558.
113. Mak W, Kwan MW, Cheng TS, Chan KH, Cheung RT, Ho SL. Myopia as a latent phenotype of a pleiotropic gene positively selected for facilitating neurocognitive development, and the effects of environmental factors in its expression. *Med Hypotheses* 2006; 66: 1209-1215.
114. Jimenez JR, Bermudez J, Rubino M, Gomez L, Anera RG. Prevalence of myopia in an adult population of two different ethnic groups in the Ecuadorian Amazon. *Jpn J Ophthalmol* 2004; 48: 163-165.
115. Garner LF, Kinnear RF, McKellar M, Klinger J, Hovander MS, Grosvenor T. Refraction and its components in Melanesian schoolchildren in Vanuatu. *Am J Optom Physiol Opt* 1988; 65: 182-189.
116. Thorn F, Cruz AA, Machado AJ, Carvalho RA. Refractive status of indigenous people in the northwestern Amazon region of Brazil. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 267-272.
117. Garner LF, Stewart AW, Kinnear RF, Frith MJ. The Nepal longitudinal study: predicting myopia from the rate of increase in vitreous chamber depth. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 44-48.
118. Xu L, Li J, Cui T, Hu A, Fan G, Zhang R, Yang H, Sun B, Jonas JB. Refractive error in urban and rural adult Chinese in Beijing. *Ophthalmology* 2005; 112: 1676-1683.
119. Edwards MH. The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 286-294.

120. Goss DA. Nearwork and myopia. *Lancet* 2000; 356: 1456-1457.
121. Hung GK, Ciuffreda KJ. Adaptation model of nearwork-induced transient myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 151-158.
122. Kinge B, Midelfart A, Jacobsen G, Rystad J. The influence of near-work on development of myopia among university students. A three-year longitudinal study among engineering students in Norway. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 26-29.
123. Lithander J. Prevalence of myopia in school children in the Sultanate of Oman: a nation-wide study of 6292 randomly selected children. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 306-309.
124. Quek TPL, Chua CG, Chong CS, Chong JH, Hey HW, Lee J, Lim YF, Saw SM. Prevalence of refractive errors in teenage high school students in Singapore. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 47-55.
125. Saw SM, Chia SE, Chew SJ. Relation between work and myopia in Singapore women. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 393-396.
126. Vera-Diaz FA, Strang NC, Winn B. Nearwork induced transient myopia during myopia progression. *Curr Eye Res* 2002; 24: 289-295.
127. Wu HM, Seet B, Yap EP, Saw SM, Lim TH, Chia KS. Does education explain ethnic differences in myopia prevalence? A population-based study of young adult males in Singapore. *Optom Vis Sci* 2001; 78: 234-239.
128. Storfer M. Myopia, intelligence, and the expanding human neocortex: behavioral influences and evolutionary implications. *Int J Neurosci* 1999; 98: 153-276.
129. Saw SM, Tan SB, Fung D, Chia KS, Koh D, Tan DTH, Stone RA. IQ and the association with myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 2943-2948.
130. Saw SM, Chua WH, Wu HM, Yap E, Chia KS, Stone RA. Myopia: gene-environment interaction. *Ann Acad Med Singapore* 2000; 29: 290-297.
131. Cregg M, Woodhouse JM, Stewart RE, Pakeman VH, Bromham NR, Gunter HL, Trojanowska L, Parker M, Fraser WI. Development of refractive error and strabismus in children with Down syndrome. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 1023-1030.
132. Haugen OH, Hovding G, Lundstrom I. Refractive development in children with Down's syndrome: a population based, longitudinal study. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 714-719.
133. Bromham NR, Woodhouse JM, Cregg M, Webb E, Fraser WI. Heart defects and ocular anomalies in children with Down's syndrome. *Br J Ophthalmol* 2002; 86: 1367-1368.
134. Cordain L, Eaton SB, Miller JB, Lindeberg S, Jensen C. An evolutionary analysis of the aetiology and pathogenesis of juvenile-onset myopia. *Acta Ophthalmol Scand* 2002; 80: 125-135.
135. Guzowski M, Wang JJ, Rochtchina E, Rose KA, Mitchell P. Five-year refractive changes in an older population - The Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 2003; 110: 1364-1370.
136. Karadayi K, Akin T, Ciftci F, Top C, Keskin O, Kardesoglu E, Bilge AH. The association between hypermetropia and essential hypertension. *Am J Ophthalmol* 2005; 140: 446-453.

137. Edwards MH, Leung SSF, Lee WTK. Do variations in normal nutrition play a role in the development of myopia? *Optom Vis Sci* 1996; 73: 638-643.
138. Chong YS, Liang Y, Tan D, Gazzard G, Stone RA, Saw SM. Association between breastfeeding and likelihood of myopia in children. *JAMA* 2005; 293: 3001-3002.
139. Quinn GE, Shin CH, Maguire MG, Stone RA. Myopia and ambient lighting at night. *Nature* 1999; 399: 113-114.
140. Saw SM, Wu HM, Hong CY, Chua WH, Chia KS, Tan D. Myopia and night lighting in children in Singapore. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 527-528.
141. Saw SM, Zhang MZ, Hong RZ, Fu ZF, Pang MH, Tan DTH. Near-work activity, night-lights, and myopia in the Singapore-China study. *Arch Ophthalmol* 2002; 120: 620-627.
142. Zadnik K, Jones LA, Irvin BC, Kleinstein RN, Manny RE, Shin JA, Mutti DO. Vision - Myopia and ambient night-time lighting. *Nature* 2000; 404: 143-144.
143. Loman J, Quinn GE, Kamoun L, Ying GS, Maguire MG, Hudesman D, Stone RA. Darkness and near work: myopia and its progression in third-year law students. *Ophthalmology* 2002; 109: 1032-1038.
144. Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, Held R. Emmetropization and the Progression of Manifest Refraction in Children Followed from Infancy to Puberty. *Clin Vision Sci* 1993; 8: 337-344.
145. Zadnik K, Mutti DO, Friedman NE, Qualley PA, Jones LA, Qui P, Kim HS, Hsu JC, Moeschberger ML. Ocular predictors of the onset of juvenile myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999; 40: 1936-1943.
146. Grosvenor T. Myopia in Melanesian school children in Vanuatu. *Acta Ophthalmol Suppl* 1988; 185: 24-28.
147. Goss DA, Jackson TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth. I. Ocular optical components. *Optom Vis Sci* 1995; 72: 870-878.
148. Llorente L, Barbero S, Cano D, Dorronsoro C, Marcos S. Myopic versus hyperopic eyes: axial length, corneal shape and optical aberrations. *J Vis* 2004; 4: 288-298.
149. Yebra-Pimentel E, Giraldez MJ, Meijome JM, Cervino A, Garcia-Resua C, Parafita MA. [Changes in axial length/corneal radius ratio (AL/CR) according to refractive state of the eye. Relationship with ocular components]. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2004; 79: 317-324.
150. Lin JT. Analysis of refractive state ratios and the onset of myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006; 26: 97-105.
151. Fledelius HC. Adult onset myopia--oculometric features. *Acta Ophthalmol Scand* 1995; 73: 397-401.
152. Jiang BC, Woessner WM. Vitreous chamber elongation is responsible for myopia development in a young adult. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 231-234.
153. Mutti DO, Jones LA, Moeschberger ML, Zadnik K. AC/A ratio, age, and refractive error in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: 2469-2478.
154. Rosenfield M, Gilmartin B. Effect of a near-vision task on the response AC/A of a myopic population. *Ophthalmic Physiol Opt* 1987; 7: 225-233.

155. Gwiazda J, Grice K, Thorn F. Response AC/A ratios are elevated in myopic children. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 173-179.
156. Gwiazda J, Thorn F, Held R. Accommodation, accommodative convergence, and response AC/A ratios before and at the onset of myopia in children. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 273-278.
157. Chen JC, Schmid KL, Brown B, Edwards MH, Yu BS, Lew JK. AC/A ratios in myopic and emmetropic Hong Kong children and the effect of timolol. *Clin Exp Optom* 2003; 86: 323-330.
158. Mutti DO, Mitchell GL, Hayes JR, Jones LA, Moeschberger ML, Cotter SA, Kleinstein RN, Manny RE, Twelker JD, Zadnik K. Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47: 837-846.
159. Criswell MH, Goss DA. Myopia development in nonhuman primates-a literature review. *Am J Optom Physiol Opt* 1983; 60: 250-268.
160. Raviola E, Wiesel TN. An animal model of myopia. *N Engl J Med* 1985; 312: 1609-1615.
161. Smith EL, III, Hung LF, Harwerth RS. Developmental visual system anomalies and the limits of emmetropization. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 90-102.
162. Smith EL, III, Bradley DV, Fernandes A, Boothe RG. Form deprivation myopia in adolescent monkeys. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 428-432.
163. Crewther DP. The role of photoreceptors in the control of refractive state. *Prog Retin Eye Res* 2000; 19: 421-457.
164. Goss DA, Caffey TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 5. Intraocular pressure. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 286-291.
165. Jensen H. Myopia progression in young school children. A prospective study of myopia progression and the effect of a trial with bifocal lenses and beta blocker eye drops. *Acta Ophthalmol Suppl* 1991; 1-79.
166. Ting PW, Lam CS, Edwards MH, Schmid KL. Prevalence of myopia in a group of Hong Kong microscopists. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 88-93.
167. Chen JC, Schmid KL, Brown B. The autonomic control of accommodation and implications for human myopia development: a review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2003; 23: 401-422.
168. Drexler W, Baumgartner A, Findl O, Hitzenberger CK, Fercher AF. Biometric investigation of changes in the anterior eye segment during accommodation. *Vision Res* 1997; 37: 2789-2800.
169. Drexler W, Findl O, Schmetterer L, Hitzenberger CK, Fercher AF. Eye elongation during accommodation in humans: differences between emmetropes and myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998; 39: 2140-2147.
170. Barutcu A, Crewther SG, Crewther DP. Effects of optical defocus and spatial contrast on anterior chamber depth in chicks. *Clin Experiment Ophthalmol* 2002; 30: 217-220.
171. Smith EL, III, Hung LF. The role of optical defocus in regulating refractive development in infant monkeys. *Vision Res* 1999; 39: 1415-1435.

-
172. Winawer J, Zhu X, Choi J, Wallman J. Ocular compensation for alternating myopic and hyperopic defocus. *Vision Res* 2005; 45: 1667-1677.
 173. McBrien NA, Gentle A. The role of visual information in the control of scleral matrix biology in myopia. *Curr Eye Res* 2001; 23: 313-319.
 174. Smith EL, III, Hung LF. Form-deprivation myopia in monkeys is a graded phenomenon. *Vision Res* 2000; 40: 371-381.
 175. Hung GK, Ciuffreda KJ. Quantitative analysis of the effect of near lens addition on accommodation and myopigenesis. *Curr Eye Res* 2000; 20: 293-312.
 176. Hung GK, Ciuffreda KJ. Differential retinal-defocus magnitude during eye growth provides the appropriate direction signal. *Med Sci Monit* 2000; 6: 791-795.
 177. Hung GK, Ciuffreda KJ. A unifying theory of refractive error development. *Bull Math Biol* 2000; 62: 1087-1108.
 178. Saw SM, Shih-Yen EC, Koh A, Tan D. Interventions to retard myopia progression in children: an evidence-based update. *Ophthalmology* 2002; 109: 415-421.
 179. Saw SM, Gazzard G, Au Eong KG, Tan DT. Myopia: attempts to arrest progression. *Br J Ophthalmol* 2002; 86: 1306-1311.
 180. Saw SM, Wong TY. Re: Evidence for an "epidemic" of myopia - Guest editors' reply. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 544.
 181. Saw SM, Gazzard G, Shih-Yen EC, Chua WH. Myopia and associated pathological complications. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005; 25: 381-391.
 182. Lee JJ, Fang PC, Yang IH, Chen CH, Lin PW, Lin SA, Kuo HK, Wu PC. Prevention of myopia progression with 0.05% atropine solution. *J Ocul Pharmacol Ther* 2006; 22: 41-46.
 183. Siatkowski RM, Cotter S, Miller JM, Scher CA, Crockett RS, Novack GD. Safety and efficacy of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia: a 1-year, multicenter, double-masked, placebo-controlled parallel study. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 1667-1674.
 184. Tan DT, Lam DS, Chua WH, Shu-Ping DF, Crockett RS. One-year multicenter, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia. *Ophthalmology* 2005; 112: 84-91.
 185. Walline JJ, Jones LA, Mutti DO, Zadnik K. A randomized trial of the effects of rigid contact lenses on myopia progression. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 1760-1766.
 186. Cho P, Cheung SW, Edwards M. The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Curr Eye Res* 2005; 30: 71-80.
 187. Mehta M, Govender K, Bhagwanjee A, Govender S, Van Rensburg HJ, Vilakati SD. A retrospective comparative study of the progression of myopia in patients wearing spectacles only, soft contact lenses only and rigid gas permeable contact lenses only. *S Afr Optom* 2004; 63: 50-57.
 188. Shih YF, Hsiao CK, Chen CJ, Chang CW, Hung PT, Lin LL. An intervention trial on efficacy of atropine and multi-focal glasses in controlling myopic progression. *Acta Ophthalmol Scand* 2001; 79: 233-236.

189. Hyman L, Gwiazda J. The Correction of Myopia Evaluation Trial: lessons from the study design. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 44-48.
190. Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, Everett D, Norton TT, Kurtz D, Leske MC, Manny R, Marsh-Tootle W, Scheiman M. A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 1492-1500.
191. Edwards MH, Li RW, Lam CS, Lew JK, Yu BS. The Hong Kong progressive lens myopia control study: study design and main findings. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 2852-2858.
192. Horner DG, Soni PS, Salmon TO, Swartz TS. Myopia progression in adolescent wearers of soft contact lenses and spectacles. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 474-479.
193. Long B, Bergenske P, Chalmers RL, Dillehay SM, Barr JT, Donshik P, Secor G, Yoakum J. Change in Myopia Over Three Years Among Wearers of Continuous Wear Silicone Hydrogel Lenses and Daily Wear Hydrogel Contact Lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47: 2384.
194. Katz J, Schein OD, Levy B, Cruisculo T, Saw SM, Rajan U, Chan TK, Yew KC, Chew SJ. A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia. *Am J Ophthalmol* 2003; 136: 82-90.
195. Shum P. Control of Myopia by Using Overnight Orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 3718.
196. Hyman L, Gwiazda J, Marsh-Tootle WL, Norton TT, Hussein M. The Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET): design and general baseline characteristics. *Control Clin Trials* 2001; 22: 573-592.
197. Walline JJ, Jones LA, Mutti DO, Zadnik K. Use of a run-in period to decrease loss to follow-up in the Contact Lens and Myopia Progression (CLAMP) study. *Control Clin Trials* 2003; 24: 711-718.
198. Ciuffreda KJ, Kruger PB. Dynamics of Human Voluntary Accommodation. *Am J Optom Physiol Opt* 1988; 65: 365-370.
199. Hung GK, Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996; 16: 31-41.
200. O'Leary DJ, Allen PM. Facility of accommodation in myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001; 21: 352-355.
201. Gonzalez PJ, Parafita MM, Segade GA, Diaz RA. Intraocular motility, electrophysiological tests and visual fields in drug addicts. *Ophthalmic Physiol Opt* 1995; 15: 493-498.
202. Jacobson DM. Divergence Insufficiency Revisited: Natural History of Idiopathic Cases and Neurologic Associations. *Arch Ophthalmol* 2000; 118: 1237-1241.
203. Lara F, Cacho P, Garcia A, Megias R. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001; 21: 70-74.
204. Jimenez R, Perez MA, Garcia JA, Gonzalez MD. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 528-542.

-
205. Zadnik K, Mutti DO, Adams AJ. The repeatability of measurement of the ocular components. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992; 33: 2325-2333.
 206. Thibos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 367-375.
 207. Gonzalez-Meijome JM, Jorge J, Queiros A, Almeida JB, Parafita MA. A comparison of the ARK-700A autokeratometer and Medmont E300 corneal topographer when measuring peripheral corneal curvature. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 391-398.
 208. Rouse MW, Borsting EJ, Lynn Mitchell G, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J, Kulp MT, London R, Wensveen J. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 384-390.
 209. Garcia A, Cacho P. MEM and Nott dynamic retinoscopy in patients with disorders of vergence and accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 2002; 22: 214-220.
 210. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. World Medical Association Declaration of Helsinki 2002; Adopted by the 18th WMA General Assembly Helsinki, Finland, June 1964 and amended by the 29th WMA General Assembly, Tokyo, Japan, October 1975, 35th WMA General Assembly, Venice, Italy, October 1983, 41st WMA General Assembly, Hong Kong, September 1989, 48th WMA General Assembly, Somerset West, Republic of South Africa, October 1996 and the 52nd WMA General Assembly, Edinburgh, Scotland, October 2000. Note of Clarification on Paragraph 29 added by the WMA General Assembly, Washington 2002.
 211. Quek TPL, Chua CG, Chong CS, Chong JH, Hey HW, Lee J, Lim YF, Saw SM. Prevalence of refractive errors in teenage high school students in Singapore. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 47-55.
 212. Villarreal GM, Ohlsson J, Cavazos H, Abrahamsson M, Mohamed JH. Prevalence of myopia among 12- to 13-year-old schoolchildren in northern Mexico. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 369-373.
 213. Jorge J, Queiros A, Almeida JB, Parafita M. Refractive error changes in young adults during a period of 3 years. *Ophthalmic Res* 2005; 37, s1: 75.
 214. Jorge J, Fernandes P, Almeida JB, Parafita M. Binocular vision changes in young adults during a period of 3 years. *Ophthalmic Res* 2005; 37, s1: 106.
 215. Jorge J, Almeida JB, Parafita MA. Refractive, biometric and topographic changes among Portuguese university science students: a three-year longitudinal study. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006; aceite para publicação.
 216. Jorge J, Almeida JB, Parafita MA. Accommodative and binocular vision changes in a population of Portuguese university students: a three-year longitudinal study. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006; aceite para publicação.
 217. Queiros A, Jorge J, Fernandes P, Almeida JB, Parafita M. Variations in ocular biometry in University Students in Portugal. *Ophthalmic Res* 2004; 36, s1: 60.
 218. Goss DA. Variables related to the rate of childhood myopia progression. *Optom Vis Sci* 1990; 67: 631-636.
 219. Ooi CS, Grosvenor T. Mechanisms of emmetropization in the aging eye. *Optom Vis Sci* 1995; 72: 60-66.
-

220. Farbrother JE, Welsby JW, Guggenheim JA. Astigmatic axis is related to the level of spherical ametropia. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 18-26.
221. Grosvenor T, Scott R. Three-year changes in refraction and its components in youth-onset and early adult-onset myopia. *Optom Vis Sci* 1993; 70: 677-683.
222. Bullimore MA, Jones LA, Moeschberger ML, Zadnik K, Payor RE. A retrospective study of myopia progression in adult contact lens wearers. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 2110-2113.
223. Zadnik K, Mutti DO. Refractive error changes in law students. *Am J Optom Physiol Opt* 1987; 64: 558-561.
224. Goss DA. Clinical accommodation and heterophoria findings preceding juvenile onset of myopia. *Optom Vis Sci* 1991; 68: 110-116.
225. Goss DA, Jackson TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 3. Heterophoria. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 269-278.
226. Goss DA. Relation of nearpoint esophoria to the onset and progression of myopia in children. *J Optom Vis Develop* 1999; 30: 25-32.
227. Rainey BB, Goss DA, Kidwell M, Feng B. Reliability of the response AC/A ratio determined using nearpoint autorefraction and simultaneous heterophoria measurement. *Clin Exp Optom* 1998; 81: 185-192.
228. Porcar E, Martinez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 111-113.
229. Chung KM, Chong E. Near esophoria is associated with high myopia. *Clin Exp Optom* 2000; 83: 71-75.
230. Kommerell G, Gerling J, Ball M, de Paz H, Bach M. Heterophoria and fixation disparity: a review. *Strabismus* 2000; 8: 127-134.
231. Spierer A, Hefetz L. Normal heterophoric changes: 20 years' follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1997; 235: 345-348.
232. Shechtman D, Shallo-Hoffmann J, Rumsey J, Riordan-Eva P, Hardigan P. Maximum angle of ocular duction during visual fixation as a function of age. *Strabismus* 2005; 13: 21-26.
233. Palomo AC, Puell MC, Sanchez-Ramos C, Villena C. Normal values of distance heterophoria and fusional vergence ranges and effects of age. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005; 1-4.
234. Casillas EC, Rosenfield M. Comparison of subjective heterophoria testing with a phoropter and trial frame. *Optom Vis Sci* 2006; 83: 237-241.
235. Goss DA, Jackson TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 2. Zone of clear single binocular vision. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 263-268.
236. Scheiman M, Gallaway M, Frantz KA, Peters RJ, Hatch S, Cuff M, Mitchell GL. Nearpoint of convergence: test procedure, target selection, and normative data. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 214-225.
237. Charman WN. Aniso-accommodation as a possible factor in myopia development. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 471-479.

-
238. Abbott ML, Schmid KL, Strang NC. Differences in the accommodation stimulus response curves of adult myopes and emmetropes. *Ophthalmic Physiol Opt* 1998; 18: 13-20.
239. Charman WN. Near vision, lags of accommodation and myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 126-133.
240. Charman WN, Heron G. On the linearity of accommodation dynamics. *Vision Res* 2000; 40: 2057-2066.
241. Heron G, Charman WN, Gray LS. Accommodation dynamics as a function of age. *Ophthalmic Physiol Opt* 2002; 22: 389-396.
242. Schor C. The influence of interactions between accommodation and convergence on the lag of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 134-150.
243. Allen PM, O'Leary DJ. Accommodation functions: co-dependency and relationship to refractive error. *Vision Res* 2006; 46: 491-505.
244. Nakatsuka C, Hasebe S, Nonaka F, Ohtsuki H. Accommodative lag under habitual seeing conditions: comparison between adult myopes and emmetropes. *Jpn J Ophthalmol* 2003; 47: 291-298.
245. Hung GK, Ciuffreda KJ. Model of human refractive error development. *Curr Eye Res* 1999; 19: 41-52.
246. Martín-Marcos MC, Gutierrez-Carmona FJ, Murube del Castillo J. Relacion entre el eje biometrico del ojo y las características de las estructuras oculares en miopia. *Arch Soc Canar Oftalmol* 1999; 10.
247. Ojaimi E, Rose KA, Morgan IG, Smith W, Martin FJ, Kifley A, Robaei D, Mitchell P. Distribution of ocular biometric parameters and refraction in a population-based study of Australian children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 2748-2754.
248. Saw SM, Chua WH, Gazzard G, Koh D, Tan DTH, Stone RA. Eye growth changes in myopic children in Singapore. *Br J Ophthalmol* 2005; 89: 1489-1494.
249. Saw SM, Carkeet A, Chia KS, Stone RA, Tan DTH. Risk factors for different biometry parameters in Singapore Chinese children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: U337.
250. Saw SM, Carkeet A, Chia KS, Stone RA, Tan DTH. Component dependent risk factors for ocular parameters in Singapore Chinese children. *Ophthalmology* 2002; 109: 2065-2071.
251. Kinge B, Midelfart A, Jacobsen G, Rystad J. Biometric changes in the eyes of Norwegian university students--a three- year longitudinal study. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 648-652.
252. Queiros A, Gonzalez-Meijome J, Jorge J, Franco S. Ocular components data in young adults and their correlation with the refractive error. *Ophthalmic Res* 2005; 37, s1: 56.
253. Santodomingo-Rubido J, Mallen EA, Gilmartin B, Wolffsohn JS. A new non-contact optical device for ocular biometry. *Br J Ophthalmol* 2002; 86: 458-462.
254. Carkeet A, Saw SM, Gazzard G, Tang W, Tan DTH. Repeatability of IOLMaster biometry in children. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 829-834.
-

255. Lam AK, Chan R, Pang PC. The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOLMaster. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001; 21: 477-483.
256. Sheng H, Bottjer CA, Bullimore MA. Ocular component measurement using the Zeiss IOLMaster. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 27-34.
257. Cheung SW, Cho P, Douthwaite W. Corneal shape of Hong Kong-Chinese. *Ophthalmic Physiol Opt* 2000; 20: 119-125.
258. Davis RD, Thomas RW, Mitchell LG, Mutti DO, Zadnik K. Corneal Asphericity and Apical Curvature in Children: A Cross-sectional and Longitudinal Evaluation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 1899-1906.
259. Hepsen IF, Evereklioglu C, Bayramlar H. The effect of reading and near-work on the development of myopia in emmetropic boys: a prospective, controlled, three-year follow-up study. *Vision Res* 2001; 41: 2511-2520.
260. Friedman NE, Mutti DO, Zadnik K. Corneal changes in schoolchildren. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 552-557.
261. Goss DA. Recent Studies Comparing Autorefractometry and Retinoscopy. *Indiana J Optom* 2005; fall, 2, 8: 32-33.
262. Tsukamoto M, Nakajima T, Nishino J, Hara Y, Uozato H, Saishin M. The binocular accommodative response in uncorrected ametropia. *Optom Vis Sci* 2001; 78: 763-768.
263. Tsukamoto M, Nakajima K, Nishino J, Hara O, Uozato H, Saishin M. Accommodation causes with-the-rule astigmatism in emmetropes. *Optom Vis Sci* 2000; 77: 150-155.
264. Goss DA, Jackson TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 4. Parental history of myopia. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 279-282.
265. Goss DA, Wolter KL. Nearpoint phoria changes associated with the cessation of childhood myopia progression. *J Am Optom Assoc* 1999; 70: 764-768.
266. Ehlers N, Hansen FK, Aasved H. Biometric correlations of corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1975; 53: 652-659.
267. Hosny M, Alio JL, Caramonte P, Attia WH, Perez-Santonja JJ. Relationship between anterior chamber depth, refractive state, corneal diameter, and axial length. *J Refract Surg* 2000; 16: 336-340.
268. Douthwaite WA, Hough T, Edwards K, Notay H. The EyeSys videokeratographic assessment of apical radius and p-value in the normal human cornea. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 467-474.
269. Parafita MA, Pérez MV, Yebra-Pimentel E, Giráldez MJ, Gonzalez J. Study of the correlations between refractive state and the ocular optic components in young-adult population. *Can J Optom* 1998; 60: 217-221.
270. Mallen EA, Gammoh Y, Al-Bdour M, Sayegh FN. Refractive error and ocular biometry in Jordanian adults. *Ophthalmic Physiol Opt* 2005; 25: 302-309.
271. Ainsworth JR, Marr J. Myopia in young children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2000; 20: S1-S2.

-
272. Fan DS, Cheung EY, Lai RY, Kwok AK, Lam DS. Myopia progression among preschool Chinese children in Hong Kong. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 39-43.
273. Lam CS, Edwards M, Millodot M, Goh WS. A 2-year longitudinal study of myopia progression and optical component changes among Hong Kong schoolchildren. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 370-380.
274. Fulk GW, Cyert LA. Can bifocals slow myopia progression? *J Am Optom Assoc* 1996; 67: 749-754.
275. Fulk GW, Cyert LA, Parker DE. A randomized trial of the effect of single-vision vs. bifocal lenses on myopia progression in children with esophoria. *Optom Vis Sci* 2000; 77: 395-401.
276. Fulk GW, Cyert LA, Parker DE. A randomized clinical trial of bifocal glasses for myopic children with esophoria: results after 54 months. *Optometry* 2002; 73: 470-476.
277. Goss DA. Effect of spectacle correction on the progression of myopia in children - a literature review. *J Am Optom Assoc* 1994; 65: 117-128.
278. Lin LL, Shih YF, Hsiao CH, Su TC, Chen CJ, Hung PT. The cycloplegic effects of cyclopentolate and tropicamide on myopic children. *J Ocul Pharmacol Ther* 1998; 14: 331-335.
279. Saw SM, Wong TY. Is it possible to slow the progression of myopia? *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 4-6.
280. Saw SM, Wu HM, Seet B, Wong TY, Yap E, Chia KS, Stone RA, Lee L. Academic achievement, close up work parameters, and myopia in Singapore military conscripts. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 855-860.
281. Saw SM, Hong RZ, Zhang MZ, Fu ZF, Ye M, Tan D, Chew SJ. Near-work activity and myopia in rural and urban schoolchildren in China. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2001; 38: 149-155.
282. Saw SM, Hong CY, Chia KS, Stone RA, Tan D. Nearwork and myopia in young children. *Lancet* 2001; 357: 390.
283. Saw SM, Hong RZ, Zhang MZ, Fu ZF, Ye M, Tan D, Chew SJ. Closeup work activity and myopia in a city and countryside in Xiamen, China. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000; 41: S299.
284. Saw SM, Nieto FJ, Katz J, Chew SJ. Estimating the magnitude of close-up work in school-age children: a comparison of questionnaire and diary instruments. *Ophthalmic Epidemiol* 1999; 6: 291-301.
285. Saw SM, Nieto FJ, Katz J, Schein OD, Levy B, Chew SJ. Reading, writing and myopia progression in Singapore children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999; 40: S593.
286. Saw SM, Nieto FJ, Katz J, Schein OD, Levy B, Chew SJ. Factors related to the progression of myopia in Singaporean children. *Optom Vis Sci* 2000; 77: 549-554.
287. Saw SM, Chua WH, Hong CY, Wu HM, Chan WY, Chia KS, Stone RA, Tan D. Nearwork in Early-Onset Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 332-339.
288. Mutti DO, Zadnik K. Is computer use a risk factor for myopia? *J Am Optom Assoc* 1996; 67: 521-530.
-

289. Saw SM, Nieto FJ, Katz J, Chew SJ. Distance, lighting, and parental beliefs: understanding near work in epidemiologic studies of myopia. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 355-362.
290. Wong L, Coggon D, Cruddas M, Hwang CH. Education, Reading, and Familial Tendency As Risk-Factors for Myopia in Hong-Kong Fishermen. *J Epidemiol Community Health* 1993; 47: 50-53.
291. Rah MJ, Mitchell GL, Bullimore MA, Mutti DO, Zadnik K. Prospective quantification of near work using the experience sampling method. *Optom Vis Sci* 2001; 78: 496-502.
292. Hosmer DW, Hosmer T, leCessie S, Lemeshow S. A comparison of goodness-of-fit tests for the logistic regression model. *Stat Med* 1997; 16: 965-980.
293. Lemeshow S, Hosmer DW, Jr. A review of goodness of fit statistics for use in the development of logistic regression models. *Am J Epidemiol* 1982; 115: 92-106.
294. Kuss O. Global goodness-of-fit tests in logistic regression with sparse data. *Stat Med* 2002; 21: 3789-3801.
295. Hu DJ, Feder RS, Basti S, Fung BB, Rademaker AW, Stewart P, Rosenberg MA. Predictive formula for calculating the probability of LASIK enhancement. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 363-368.
296. Grosvenor T, Scott R. Role of the axial length/corneal radius ratio in determining the refractive state of the eye. *Optom Vis Sci* 1994; 71: 573-579.
297. Grosvenor T, Goss DA. The axial length/corneal radius ratio in emmetropia: a review. *Basic Clin Appl Vsi Sci* 1997; 103-106.
298. Jorge J, Almeida JB, Parafita M. VCD/CR or AL/CR which is the best predictor for refractive changes in young adults. *Acta Ophthalmol Scand* 2006; 84, s239: 27.
299. Jorge J, Almeida JB, Parafita M. The predictors of refractive changes in young adults. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006; 26, s1: 33.
300. Tong LM, Saw SM, Chua WH, Tan D, Koh A, Cheng B, Yeoh I, Wong E. Posterior segment changes in myopic children from a Singapore school cohort. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: U230.
301. Grosvenor T. High axial length/corneal radius ratio as a risk factor in the development of myopia. *Am J Optom Physiol Opt* 1988; 65: 689-696.
302. Carney LG, Mainstone JC, Henderson BA. Corneal topography and myopia. A cross-sectional study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38: 311-320.
303. Hirsch MJ. Predictability of refraction at age 14 on the basis of testing at age 6--interim report from the Ojai longitudinal study of refraction. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1964; 41: 567-573 in: Garner LF, Stewart AW, Kinnear RF, Frith MJ. The Nepal longitudinal study: predicting myopia from the rate of increase in vitreous chamber depth. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 44-48.