



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências da Saúde

O efeito da desfocagem esférica e astigmática na velocidade de leitura

Sofia Filipa Cruz Mateus

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Optometria em Ciências da Visão
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Francisco Ferreira
Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Serra

Covilhã, Junho de 2014

Dedicatória

Ao meu pai, que sempre soube o quanto isto significava para mim. Já não estás aqui para celebrar esta vitória da minha vida, mas sei que estás algures a sorrir pelo momento importante, por todos os momentos importantes.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar aos meus orientadores, ao Prof. Dr. Francisco Ferreira e ao Prof. Dr. Pedro Serra. Agradeço-vos por todos os desafios, por todos os ensinamentos, por todo o apoio nesta longa caminhada e por terem acreditado em mim. Agradeço-vos terem-me alargado horizontes e terem-me levado mais longe. Saio daqui uma pessoa diferente de quando comecei, com vontade [ainda mais] de ir mais longe, de não parar nunca. Obrigada por tudo isto e por terem estado sempre comigo. As palavras nunca serão suficientes.

Ao Luís, por tudo. Por ter estado comigo ainda antes do início da minha vida na Academia. Por me ter dado força quando tudo corria mal, por acreditar sempre em mim, por festejar comigo as pequenas vitórias destes anos. Obrigada pela tua visão por vezes tão oposta da minha mas que equilibra este meu temperamento tão forte.

Aos meus pais por sempre me terem deixado tomar as minhas próprias decisões nos momentos cruciais. Por me terem sempre apoiado incondicionalmente em tudo.

À restante família [de sangue e de coração] que fez parte desta etapa.

À Nathalie por se ter tornado uma das pessoas mais importantes da minha aventura académica. Por todos os bons momentos, todas as conversas, todos os sorrisos, todo o apoio.

À Anita por todas as visitas “à porta da frente”. Por todos os desabafos naquelas quatro paredes, por toda a força e por todo o carinho. Pela tua passagem e paragem na minha vida.

Aos investigadores/colaboradores do Centro de Óptica por estarem sempre disponíveis a ajudar e por me terem recebido tão bem.

A todos os que se disponibilizaram como voluntários na recolha de dados. Sem vocês não era possível chegar ao fim. Agradeço-vos de coração! Agradeço de igual forma aos que se voluntariaram mas não puderam participar devido aos critérios de inclusão do trabalho.

Agradeço também à Optiframa pela amabilidade e disponibilidade para a utilização dos equipamentos.

"Por vezes o destino é como uma pequena tempestade de areia que não pára de mudar de direcção. Tu mudas de rumo, mas a tempestade de areia vai atrás de ti. Voltas a mudar de direcção, mas a tempestade persegue-te, seguindo no teu encalço.

(...)

Porque esta tempestade não é uma coisa que tenha surgido do nada, sem nada que ver contigo.

Esta tempestade és tu. Algo que está dentro de ti.

(...)

E não há maneira de escapar à violência da tempestade, a essa tempestade metafísica, simbólica.

(...)

E quando a tempestade tiver passado, mal te lembrarás de ter conseguido atravessá-la, de ter conseguido sobreviver. Nem sequer terás a certeza de a tormenta ter realmente chegado ao fim. Mas uma coisa é certa. Quando saíres da tempestade já não serás a mesma pessoa. Só assim as tempestades fazem sentido."

Haruki Murakami

Resumo

A medida clínica de acuidade visual pode não ser totalmente tradutora das dificuldades reais sentidas pelos indivíduos com erros refrativos não compensados.

Assim, o objetivo principal deste estudo é o de avaliar o efeito da desfocagem esférica e astigmática na performance de leitura. Para isso, foram realizadas três experiências independentes com um total de 66 indivíduos.

A experiência I teve como pressuposto avaliar o efeito da inversão do contraste entre letras e fundo com e sem a presença de desfocagem. A experiência II teve como objetivo quantificar a degradação ótica causada pelo incremento de desfocagem. E por fim a última experiência serviu para avaliar o efeito da variação do eixo do astigmatismo em intervalos de 15 graus.

Verificou-se na experiência I a ausência de efeito com a inversão do contraste entre letras e fundo em todas as condições de desfocagem e ainda diferenças estatisticamente significativas entre as condições óticas em todos os parâmetros da performance de leitura e AV.

Na experiência II verificou-se, no geral, maior impacto provocado pela desfocagem esférica, seguido da desfocagem astigmática a 45, 90 e por fim, a desfocagem de 180 graus.

A experiência III mostrou que um erro refrativo baixo (+0.50 DC) é muito pouco afetado pela orientação do eixo, sendo as diferenças existentes sem significado estatístico. Por outro lado, a desfocagem de +2.00 DC mostrou diferenças entre as várias orientações em todos os parâmetros da performance de leitura.

Em conclusão, em todas as experiências os resultados obtidos na performance de leitura tenderam a ser coerentes com as medidas de acuidade visual, contudo a performance de leitura apresentou piores resultados, isto é, mostrou ser mais afetada negativamente com a presença de um erro refrativo não corrigido. Conclui-se ainda a existência de um papel importante da orientação do eixo de um astigmatismo e do diferente impacto que este causa numa mesma quantidade dióptrica.

Palavras-chave

Velocidade de leitura, cartas MNRead, desfocagem ótica, astigmatismo

Abstract

The clinical measurement of visual acuity can not be totally translator of the real difficulties experienced by individuals with refractive errors are not compensated.

Thus, the main objective of this study is to evaluate the effect of the spherical and astigmatic blur in reading performance. For this, four independent experiments with a total of 66 subjects were performed.

The experience I aimed assess the effect of the assumption inversion of contrast between the background and letters with and without the presence of blurring. Experience II aimed to quantify the optical degradation caused by the increase of blur. And finally, the last experiment was used to evaluate the effect of varying the axis of astigmatism at intervals of 15 degrees.

It was found in experiment I the absence of effect with the reversal of contrast between letters and background in all conditions of blur and still statistically significant differences between the optical conditions in all parameters of reading and AV performance. In Experiment II was found in general greater impact blur caused by spherical, astigmatic blur followed by 45, 90 and finally the blur of 180 degrees.

Experience III showed that a low refractive error (+0.50 DC) is very little affected by the orientation of the axis, the differences being statistically nonsignificant. On the other hand, the blurring of +2.00 DC showed differences between the various orientations in all parameters of reading performance.

In conclusion, in all experiments the results obtained in the reading performance tended to be consistent with measures of visual acuity, yet the reading performance showed worse results, that is shown to be most adversely affected by the presence of a refractive error does not corrected. We can also conclude that there is an important role of the orientation of the axis of astigmatism and a different impact that this causes a dioptric same amount.

Keywords

Reading speed, MNRead charts, optical defocus, astigmatism

Índice

Dedicatória	iii
Palavras-chave	viii
Abstract	ix
Keywords	ix
Lista de Figuras	xiv
Lista de Tabelas	xviii
Lista de Acrónimos	xxi
Capítulo I - Introdução	23
1.1 - Motivação para o estudo	23
1.2 - Objectivos e bases racionais para a investigação.....	23
1.3 - Sumário da dissertação	27
Capítulo II - Estado da arte	28
2.1 - Fatores que afetam a acuidade visual.....	28
2.2 - As cartas de leitura	29
2.2.1 - Cartas de acuidade visual	29
2.2.2 - Cartas de leitura.....	30
2.2.3 - Cartas de leitura MNRead	30
2.3 - Repetibilidade	32
2.3.1 - Repetibilidade das cartas MNRead.....	33
2.4 - Astigmatismo	34
2.4.1 - Alterações no astigmatismo.....	35
2.4.2 - Compensação do astigmatismo.....	35
Capítulo III - Metodologia	41
3.1 - Metodologia geral	41
3.1.1 - Participantes	41
3.1.2 - Cartas de leitura.....	42
3.1.2.1 - Parâmetros de performance de leitura	42
3.1.2.1 - Construção da carta de leitura.....	44
3.1.3 - Cartas de AV	45
3.1.4 - Análise dos dados.....	46
3.2 - Metodologia da experiência I a).....	47
3.2.1 - Experiência I b)	49
3.3 - Metodologia da experiência II	49

3.4 - Metodologia da experiência III.....	50
Capítulo IV - Resultados	52
4.1 - Experiência I a)	52
4.1.1 - Tamanho pupilar.....	52
4.1.2 - Performance de leitura.....	53
4.1.3 - Experiência I b)	60
4.2 - Experiência II.....	63
4.3 - Experiência III.....	68
4.3.1 - Observador SFM.....	68
4.3.2 - Observador PMS.....	73
4.3.3 - Observador FMF.....	78
Capítulo V - Discussão/Conclusões	83
5.1 - Experiência I	83
5.2 - Experiência II.....	84
5.3 - Experiência III.....	85
5.4 - Limitações	86
5.5 - Futuras linhas de investigação.....	87
Bibliografia	88
Anexos.....	93
Anexo 1 - Parecer de aprovação da Comissão de Ética.....	94
Anexo 2 - Trabalhos apresentados no âmbito da dissertação	95

Lista de Figuras

- Figura 1.1 - Excerto de uma carta MNRead na versão original (2), um cartão de Lighthouse (3) e uma carta de Bailey Lovie (1).
- Figura 3.1 - Exemplo dos dois tipos de funções de ajuste de dados: A- Função de dois ramos; B- Função de decaimento exponencial. Φ_1 é a velocidade máxima de leitura (log ppm) e Φ_3 é o tamanho de letra onde a velocidade de leitura é 0.00 log ppm, ou seja, 1 palavra por minuto. O * indica o tamanho crítico do carácter.
- Figura 3.2 - Exemplo de um parágrafo gerado em MATLAB®.
- Figura 3.3 - Exemplo de anotação da medida de AV. Na figura observa-se a leitura correta de todas as letras da linha de 0.2 LogMar e o acerto de três e duas letras nas linhas subsequentes, totalizando um valor de AV de 0.1 LogMar.
- Figura 3.4 - Esquema exemplificativo da experiência I. Em frente do observador as linhas a vermelho, preto e cinza representam a pupila artificial de 3.0mm, a refração subjetiva e a desfocagem induzida, respetivamente.
- Figura 3.5 - Aleatorização das palavras de um parágrafo ao passar de uma cor de fundo para outra.
- Figura 3.6 - Exemplo de aleatorização das condições óticas lidas pelos participantes.
- Figura 4.1 - Gráficos de Bland-Altman com distribuição das diferenças entre fundo branco e fundo preto e respetivo intervalo de confiança. A linha tracejada central representa o valor de zero, onde se observam os pontos cuja diferença no valor das duas medidas é zero. Os segmentos de reta superior e inferior representam a amplitude do intervalo de confiança. Os círculos indicam as diferenças entre fundo branco e fundo preto para cada observador.
- Figura 4.2 - *Boxplot* da velocidade máxima de leitura nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Os símbolos ■ e — representam a média e a mediana, respetivamente. As barras verticais correspondem ao desvio-padrão da mediana. Os símbolos ♦ ($p < 0.05$), ❖ ($p < 0.01$) e † ($p < 0.001$) representam as diferenças estatisticamente significativas entre condições óticas.
- Figura 4.3 - *Boxplot* da área abaixo da curva nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda igual à da figura 4.2.
- Figura 4.4 - *Boxplot* do tamanho crítico do carácter nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda igual à da figura 4.2.
- Figura 4.5 - *Boxplot* da acuidade de leitura nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda igual à da figura 4.2.
- Figura 4.6 - *Boxplot* da acuidade visual nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda igual à da figura 4.2.

- Figura 4.7 - *Boxplot* da acuidade visual obtida com cada filtro de densidade neutra em fundo branco e fundo preto. Legenda igual à da figura 4.2.
- Figura 4.8 - Exemplo da degradação ótica provocada pelas diferentes condições refrativas induzidas. Valores obtidos para cada variável com as várias condições óticas, para o observador nº22, com a reta de ajuste e respetivo coeficiente de correlação R^2 .
- Figura 4.9 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da velocidade máxima de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. O símbolo * refere-se à condição de foco, o ■ representa a condição de +0.50 D e o ● a condição de +2.00 D.
- Figura 4.10 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da área abaixo da curva em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.
- Figura 4.11 - Valores médios e respetivos desvios-padrão do tamanho crítico do carácter em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.
- Figura 4.12 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.
- Figura 4.13 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade visual em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.
- Figura 4.14 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da velocidade máxima de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. O símbolo * refere-se à condição de foco, o ■ representa a condição de +0.50 D e o ● a condição de +2.00 D.
- Figura 4.15 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da área abaixo da curva em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda semelhante à da figura 4.14.
- Figura 4.16 - Valores médios e respetivos desvios-padrão do tamanho crítico do carácter em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.
- Figura 4.17 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.
- Figura 4.18 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade visual em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.

- Figura 4.19 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da velocidade máxima de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. O símbolo ★ refere-se à condição de foco, o ■ representa a condição de +0.50 D e o ● a condição de +2.00 D.
- Figura 4.20 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da área abaixo da curva em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.
- Figura 4.21 - Valores médios e respetivos desvios-padrão do tamanho crítico do carácter em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.
- Figura 4.22 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.
- Figura 4.23 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade visual em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.

Lista de Tabelas

- Tabela 1.1 - Resumo dos objetivos do estudo.
- Tabela 1.2 - Coeficientes de repetibilidade das variáveis da performance de leitura com a carta MNRead PT (versão brasileira) e com duas cartas de palavras aleatórias. Adaptado (6).
- Tabela 2.1 - Resumo das principais conclusões dos estudos de Legge et al entre 1985 e 1989 sobre performance de leitura.
- Tabela 2.2 - Resumo dos principais estudos sobre performance visual e desfocagem induzida, respectivas variáveis analisadas e principais conclusões obtidas.
- Tabela 3.1 - Critérios de inclusão nas várias experiências do estudo.
- Tabela 4.1 - Média e desvio-padrão do tamanho da pupila em mm dos observadores durante a realização dos testes. Medidas no início, durante e fim da experiência para o dia 1 e dia 2.
- Tabela 4.2 - Valores médios e desvios-padrão obtidos em cada condição ótica e fundo testado. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$), \blackspade ($p < 0.01$) e \blackstar ($p < 0.001$) representam as condições óticas cujos dados não seguem distribuição normal.
- Tabela 4.3 - Intervalo de confiança (IC), o coeficiente de correlação (R^2) e a diferença média entres os dois fundos (dif) de cada variável para cada condição ótica.
- Tabela 4.4 - Estatística de teste (F) e valores-p da ANOVA de medidas repetidas a 2 fatores (fundo e condição).
- Tabela 4.5 - Valores médios e desvios-padrão de acuidade visual em fundo branco e em fundo preto.
- Tabela 4.6 - Estatística de teste (F) e valores-p da ANOVA de medidas repetidas a 2 fatores (fundo e luminância).
- Tabela 4.7 - Nível de significância obtido no T-test de amostras emparelhadas para cada condição de luminância.
- Tabela 4.8 - Médias e desvios-padrão das quatro medidas em condições de foco.
- Tabela 4.9 - Média e desvio-parão para cada variável com as diferentes condições refrativas.
- Tabela 4.10 - Médias e desvios-padrão dos declives das retas de ajuste de cada observador aos valores das várias condições óticas.
- Tabela 4.11 - Percentagem de degradação da performance visual provocado pelas várias condições óticas em relação à condição de foco.
- Tabela 4.12 - Refração objetiva, subjetiva e respectiva acuidade visual para cada participante.

- Tabela 4.13 - Média e desvio-padrão de cada variável com a variação do eixo do cilindro para o observador SFM. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$), \blacklozenge ($p < 0.01$) e \blacklozenge ($p < 0.001$) representam as condições óticas cujos dados não seguem distribuição normal.
- Tabela 4.14 - Média e desvio-padrão de cada variável com a variação do eixo do cilindro para o observador PMS. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$), \blacklozenge ($p < 0.01$) e \blacklozenge ($p < 0.001$) representam as condições óticas cujos dados não seguem distribuição normal.
- Tabela 4.15 - Média e desvio-padrão de cada variável com a variação do eixo do cilindro para o observador FMF. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$), \blacklozenge ($p < 0.01$) e \blacklozenge ($p < 0.001$) representam as condições óticas cujos dados não seguem distribuição normal.

Lista de Acrónimos

AV	-	Acuidade visual
CR	-	Coefficiente de repetibilidade
D	-	Dioptria
DMRI	-	Degeneração macular relacionada com a idade
ETDRS	-	Early Treatment Diabetic Retinopathy Study
LogMAR	-	Logaritmo do mínimo ângulo de resolução
MNRead	-	Minnesota Low-Vision Reading Test
ppm	-	Palavras por minuto
TCC	-	Tamanho crítico do carácter
VML	-	Velocidade máxima de leitura

Capítulo I - Introdução

1.1 - Motivação para o estudo

A prática clínica de Optometria inclui habitualmente uma avaliação da acuidade visual (AV) dos indivíduos feita através de optótipos isolados, sendo o mais frequente o uso de letras. Contudo, esta avaliação é uma medida puramente clínica que pode não traduzir as dificuldades reais sentidas no dia-a-dia de um indivíduo com um erro refrativo não compensado. Habitualmente, ao fazermos as nossas atividades diárias, não somos confrontados com letras isoladas mas sim com informações constituídas por uma ou várias palavras, seja ao nível das informações de trânsito ou ao nível da informação dentro de uma instituição pública ou privada, nomeadamente direções ou identificações de locais, ou ao nível das placas informativas de trânsito.

Assim, este trabalho surge para verificar qual o impacto causado no desempenho visual de palavras simples e na identificação de letras isoladas (medida de AV clínica) na presença de erros refrativos induzidos. De forma secundária, pretende-se também verificar se o impacto é semelhante ou não e se existe concordância entre as duas métricas.

1.2 - Objectivos e bases racionais para a investigação

As cartas de AV de visão próxima são diretamente comparáveis com as cartas de AV de longe, mas por outro lado a leitura de cartas com palavras é uma função mais complexa. Por exemplo, pacientes com determinadas patologias como DMRI ou ambliopias são suscetíveis a apresentarem valores de acuidade de leitura piores do que os valores de AV obtidos com letras isoladas, por um fenómeno designado de “Crowding”. As cartas de leitura podem ser de diferentes tipos enquanto algumas usam pequenas frases simples que vão diminuindo de tamanho enquanto outras usam palavras isoladas, como por exemplo as cartas MNREAD, as cartas de leitura de Bailey Lovie e os cartões de Lighthouse, tal como se pode observar na figura 1.1. A principal diferença entre elas consiste no facto de nas cartas com frases coerentes existir um efeito de “ajuda” dado pelo contexto da frase, algo que não se verifica com palavras soltas. Ambas as cartas são medidas mais reais das tarefas do dia-a-dia do que a simples medida de AV com letras, mas pode dizer-se que a leitura de palavras soltas serve para “testar a capacidade de ver para ler, em vez da capacidade de ler”. (1)

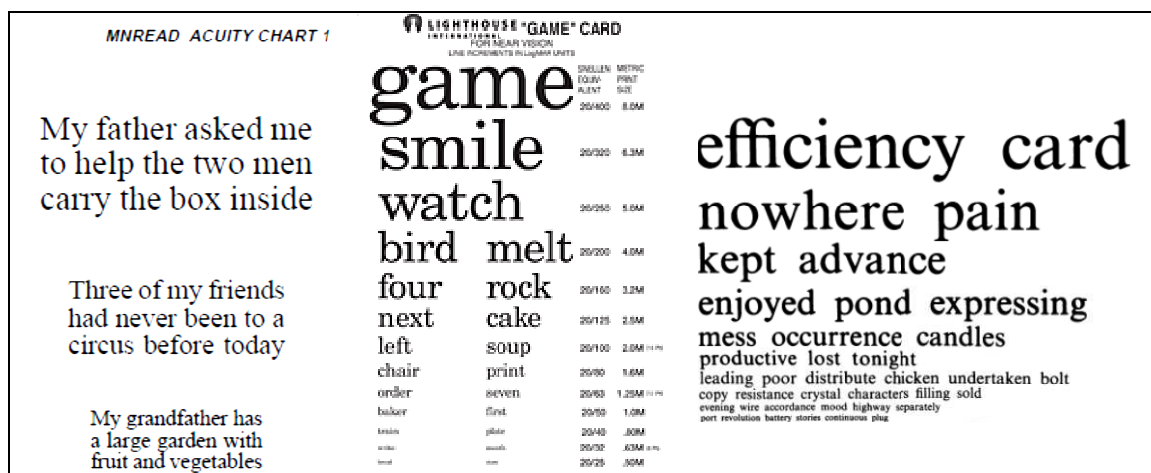


Figura 1.1 - Excerto de uma carta MNRead na versão original (2), um cartão de Lighthouse (3) e uma carta de Bailey Lovie (1).

Contudo, a relação entre a visão e a leitura é algo ambígua. É entendível que o processo de leitura requer a interação do sistema visual, contudo dependendo da definição de visão, até a leitura em Braille envolve visualização, embora numa faceta diferente do processo visual. A complexidade da visão e da leitura torna a análise de cada uma delas difícil e a avaliação da relação entre ambas torna-se imprecisa. Um ponto importante na análise desta relação é a forma como é definida a visão, isto porque quanto mais complexa for a definição mais complexa a relação. A visão pode ser definida como um processo contínuo e integrativo que pode ser dividido em três componentes: 1- acuidade visual (incluindo os erros refrativos); 2- eficiência visual (composta pelas capacidades oculomotoras, acomodativas e de binocularidade) e 3- percepção visual e capacidades motoras (referem-se ao reconhecimento, discriminação visual e interpretação à luz de experiências prévias). (4) Cada um destes componentes é complexo e apenas um em separado não pode ser considerado como uma definição de visão. A leitura é igualmente um processo complexo, contínuo e integrativo que necessita de testes singulares para a sua avaliação, como a velocidade máxima de leitura ou a acuidade de leitura realizada com recurso a cartas constituídas por pequenas palavras de simples leitura.

Uma vez que a visão assim como a leitura envolvem todas estas variáveis, surge neste contexto este trabalho para avaliação da performance de leitura e acuidade visual na presença de erros refrativos esféricos e sobretudo astigmáticos. Por forma a limitar as variáveis a analisar e as possíveis influências destas, esta avaliação do impacto provocado por erros refrativos foi realizada de forma monocular, eliminando assim toda a componente de visão binocular.

Este estudo tem, assim, como objetivo a avaliação e quantificação da degradação provocada pela desfocagem esférica e astigmática na AV e na velocidade de leitura. Para atingir este objetivo foram definidas três experiências com objetivos específicos, sendo que da

experiência 1a) surgiu a experiência 1b) de forma a explicar os resultados obtidos na experiência 1a). Estes objetivos encontram-se resumidos na tabela 1.1 e apresentam-se os seus fundamentos/bases para a investigação ao longo dos parágrafos seguintes.

Tabela 1.1 - Resumo dos objetivos do estudo

Etapas de trabalho	Objetivos específicos
1 a)	<ul style="list-style-type: none"> • Validar as cartas com palavras aleatórias em visão de longe • Avaliar o efeito da inversão do contraste entre letras e fundo nos parâmetros de leitura e AV
1 b)	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o efeito da luminância na AV
2	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar os efeitos da desfocagem esférica e astigmática no desempenho de leitura e AV
3	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o efeito da variação do eixo do astigmatismo no desempenho de leitura e AV

Para avaliar a performance de leitura, Legge em 1989 desenvolveu um teste constituído por pequenos parágrafos de texto contínuo para avaliar a velocidade e a acuidade de leitura em pacientes com visão normal e com baixa visão. Estas cartas foram denominadas de Minnesota Low-Vision Reading Test (MNRead). (5)

Pelo facto do teste MNRead original ser composto por parágrafos com sentido torna-se muito fácil a sua memorização e conseqüente enviesamento de resultados quando se pretende fazer várias repetições do teste. Assim, as cartas com palavras aleatórias surgiram para contornar este efeito de memorização em repetições sucessivas do teste, e conseqüente enviesamento de resultados, devido ao número reduzido de parágrafos da carta MNRead original e ainda evitar o efeito cognitivo de “adivinhar” as palavras seguintes pelo sentido da frase.

A validação das cartas constituídas por palavras aleatórias na língua portuguesa foi realizada por Serra et al em 2013, onde se verificou a repetibilidade da carta MNRead brasileira e de duas cartas construídas com palavras aleatórias, denominadas por *random 1* e *random 2*, tal como se representam na tabela 1.2. Neste estudo verificou-se uma concordância do coeficiente de repetibilidade da carta brasileira com as versões Inglesa, Italiana e Grega. (6) Na tabela 1.2, encontram-se os valores dos coeficientes de repetibilidade determinados para a carta brasileira e para as novas cartas com palavras aleatórias.

Tabela 1.2 - Coeficientes de repetibilidade das variáveis da performance de leitura com a carta MNRead PT (versão brasileira) e com duas cartas de palavras aleatórias. Adaptado (6)

Variável de leitura	Coeficiente de repetibilidade		
	MNRead PT	Random 1	Random 2
Velocidade máxima de leitura (ppm)	38.5	27.1	23.6
Acuidade de leitura (LogMAR)	0.11	0.09	0.05
Tamanho crítico do carácter (LogMAR)	0.29	0.17	0.11

Assim, e dada a robustez das cartas constituídas por palavras aleatórias, optou-se pelo seu uso neste trabalho devido à necessidade de repetir as leituras dos parágrafos por diversas vezes.

Em relação ao estudo da inversão de contraste, prende-se com o facto de nunca ter sido estudada a influência da inversão do contraste em condições de desfocagem ótica astigmática para sujeitos com visão normal. Legge et al em 1985 provaram que a inversão de contraste em indivíduos com visão normal e sem desfocagem não apresenta diferenças significativas na velocidade de leitura. Pelo contrário, alguns indivíduos com baixa visão preferem trabalhar em fundo preto com letras brancas porque assim diminui a dispersão da luz dentro do olho. Contudo nada se sabe acerca do impacto nas tarefas diárias dos indivíduos normais em condições de desfocagem ótica provocada por um erro refrativo não corrigido. Surge assim espaço para este estudo comparar, através das cartas com palavras aleatórias, letras brancas em fundo preto e letras pretas em fundo branco com desfocagem esférica e astigmática.

Pretende-se também determinar o efeito da desfocagem astigmática na velocidade de leitura, porque sabe-se muito sobre o efeito do astigmatismo sobre a acuidade visual. Contudo, a medida da acuidade visual é de facto pouco representativa da realidade visual, logo pretende-se estender os conhecimentos sobre a influência do astigmatismo no processo de leitura.

Embora já tenham sido feitos estudos nesta área com metodologias semelhantes, aqui serão introduzidos alguns procedimentos que ainda não foram utilizados em estudos anteriores e que visam tornar o estudo menos laboratorial e mais próximo da realidade experimentada pelos indivíduos nas suas tarefas diárias. Deste modo, pretende-se determinar os níveis de erro refrativo a partir dos quais se verifica um decréscimo da capacidade de leitura.

Visto que até ao presente apenas se avaliou a influência do astigmatismo na leitura com orientação a 90° e a 180°, neste estudo pretende-se avaliar a influência da orientação do eixo do astigmatismo entre 180° e 90° em passos de 15°.

A última diferença deste estudo em relação a outros já publicados é o facto de não se terem utilizado desfocagens óticas com equivalente esférico, existindo apenas o estudo de Kobashi et al publicado em 2012 o único a usar o mesmo propósito. (7) Este equivalente esférico faz com que o círculo de confusão mínima fique colocado sobre a retina e ambas as focais fiquem

à mesma distância desta. Esta situação simula uma condição diferente da de um paciente real com um erro refrativo não corrigido, sendo que pode não ser totalmente tradutora das dificuldades reais sentidas por estes pacientes. Portanto, neste estudo foram usadas apenas desfocagens astigmáticas simples que não colocam o círculo de confusão mínima na retina.

1.3 - Sumário da dissertação

Este trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos, sendo este o primeiro e que correspondente a uma breve introdução sobre a motivação para a realização deste estudo, o objetivo principal e as diferentes etapas para o atingir e ainda as bases teóricas onde assentou o desenho da metodologia utilizada.

O capítulo II refere-se ao estado da arte, começando com uma análise dos principais fatores que afetam a acuidade visual.

São depois apresentadas as cartas de leitura MNRead desde a sua criação até à atualidade, o seu poder enquanto ferramenta de avaliação da performance visual, nomeadamente ao nível da sua repetibilidade, e alguns dos estudos mais importantes que têm sido realizados com esta ferramenta. Apresentam-se algumas conclusões sobre erros refrativos e o impacto por eles causado em tarefas simples como a leitura e a acuidade visual.

O capítulo III refere-se à metodologia das várias experiências realizadas neste trabalho, sendo iniciado pela metodologia geral que foi comum a todas as experiências e depois especificando as variações de cada uma delas com vista a atingir o objetivo proposto. São aqui apresentados os critérios de inclusão dos participantes e os materiais utilizados na recolha e análise de dados. Apresenta-se também a construção das cartas de leitura e de acuidade visual, e o respetivo método de anotação e tratamento dos dados.

O capítulo IV apresenta os respetivos resultados de cada etapa deste trabalho. Estes encontram-se divididos por cada experiência, começando em cada uma delas com uma análise inicial dos dados em termos de média, desvio-padrão e avaliação estatística da normalidade dos dados. Em cada secção são ainda apresentados os testes estatísticos adequados a cada uma das situações e apresentam-se algumas figuras visualmente elucidativas acerca da distribuição dos resultados obtidos, em termos de médias e respetivos desvios-padrão.

Por fim, o capítulo V traduz as conclusões obtidas, a discussão das mesmas, limitações e futuras linhas de investigação.

Capítulo II - Estado da arte

2.1 - Fatores que afetam a acuidade visual

A medida da acuidade visual, apesar de ter algumas limitações como referido anteriormente, continua a ser o procedimento mais comum numa consulta de optometria. Assim sendo é importante perceber a dimensão desta medida e de que forma o valor final pode ser afetado por fatores internos e externos do indivíduo.

A acuidade visual refere-se ao limite da capacidade de discriminar um objeto no espaço. A sua medição envolve o organismo como um todo, sendo contudo possível identificar os limites de desempenho dos vários componentes envolvidos, como por exemplo, o globo ocular como um instrumento ótico puro (analisando os erros refrativos), a camada recetora da retina (por exemplo, alterações ao nível dos fotorreceptores), a atividade neural no córtex visual, o tamanho pupilar ou a idade. Para além destas interações internas do indivíduo, a acuidade visual vai ser afetada por fatores relacionados com o objeto como a luminância, o contraste, o tempo de exposição, a envolvência (efeito Crowding) e a cor. O desempenho da acuidade visual será diminuído sempre que qualquer uma destas funções não seja otimizada. A análise inicial concentra-se em fatores óticos e da retina, mas não se sabe o suficiente sobre as fases subsequentes a nível neuronal para diferenciar todas as maneiras possíveis em que o processo se pode tornar ineficiente. Para além disso, fatores como a atenção, treino e familiaridade com a tarefa são claramente relevantes. (8)

Sendo o procedimento de avaliação de performance visual mais comum, a acuidade visual está tabelada nos requisitos para diversas profissões e para todos os cidadãos em geral que possuam carta de condução. Contudo, a sua avaliação é feita em ambiente clínico sob condições de visualização ótimas, ou seja, através de alvos bem iluminados e com alto contraste. Contudo, se analisarmos o ato de condução rapidamente verificamos que muitas vezes não estamos perante estas condições “ideais” de visualização, podemos sim estar em situações de pouca iluminação e/ou baixo contraste, sendo aqui a acuidade visual pior. (9)

Johnson et al em 1995 verificaram o efeito da desfocagem esférica e da variação de luminância na acuidade visual e concluíram que em termos de redução de luminância a acuidade visual diminui de forma linear com a diminuição desta. Em condições de desfocagem o efeito da luminância é semelhante, quer seja alta ou reduzida, isto é, a diminuição da acuidade visual é semelhante em cada condição de desfocagem independentemente do valor da luminância, no intervalo testado (75 a 0.0075 cd/m^2), contudo verifica-se uma tendência de somação da degradação, ou seja, desfocagem e diminuição de luminância causam uma AV ligeiramente pior do que apenas desfocagem. (9)

No seguimento do interesse pela desfocagem astigmática induzida e pelo impacto causado na acuidade visual, Atchison em 2011 simulou erros refrativos de baixa magnitude na forma de cilindros cruzados para investigar a degradação provocada na AV. Para isso usou 3 condições de desfocagem induzida (+0.12 DS/-0.25DC; +0.25 DS/-0.50 DC; +0.37 DS/-0.75 DC) com o cilindro orientado entre 0° e 180° em intervalos de 15°. O objetivo deste foi simular situações reais de pequenos erros refrativos existentes na população ou resultantes da utilização de diferentes técnicas/métodos de medida. Com esta experiência verificou que a melhor acuidade visual foi obtida a 165° e a pior a 60°, daqui verificou-se uma não simetria entre os eixos no intervalo de 0° a 90° e no de 90° a 180°. (10)

Para além dos erros refrativos, existem outros fatores que podem afetar a acuidade visual, nomeadamente a inversão de contraste. Nesse sentido, Westheimer, em 2003, mediu a AV com C's de Landolt em 4 indivíduos em fundo branco e em fundo preto verificando que o valor do mínimo ângulo de resolução era significativamente menor para letras brancas em fundo preto. (11)

Após esta experiência, alargou a amostra para 106 pacientes de diferentes faixas etárias (20 a 88 anos) e utilizou uma carta de AV de Snellen. Distribuindo os valores por faixas etárias verificou uma melhor performance da AV com o aumento da idade na inversão de contraste entre fundo e letras, em comparação com a medida habitual de letras pretas em fundo branco. Esta tendência é explicada com base na maior quantidade de luz transmitida pelo fundo branco que vai provocar maior dispersão através dos meios oculares opacificados. (12)

2.2 - As cartas de leitura

2.2.1 - Cartas de acuidade visual

A acuidade visual, nos cuidados de saúde primários, é tipicamente medida com recurso a uma carta de Snellen projetada. Este tipo de carta tem muitas limitações quando se trata de avaliar pacientes com baixa visão, nomeadamente o número reduzido de optótipos nos tamanhos maiores, os passos de acuidade visual elevados (não existem letras entre 20/100 e 20/200) e ainda problemas de contraste com o aumento da idade da carta. Com esta carta, quando a AV diminui para valores abaixo de 20/400 (limite medido por esta carta), os clínicos costumam usar a “contagem de dedos”. O problema desta medida é que não é *standard*. Além disso, se o paciente consegue contar dedos também conseguirá ler optótipos desde que estes sejam suficientemente grandes. (13)

Para contornar este problema da carta de Snellen foram desenvolvidas várias cartas de optótipos, sendo as mais utilizadas a de Bailey-Lovie e as cartas ETDRS.

Sloan introduziu o primeiro conjunto de cartas de AV standarizado em notação M em 1959 e Bailey e Lovie criaram a carta em escala LogMAR em 1976. Bailey e Lovie recomendaram ainda uma carta construída por letras de igual legibilidade, a mesma quantidade por linha e espaçamento entre caracteres e linhas uniforme. (14)

Estas cartas têm assim 5 letras por linha de acuidade visual e as letras estão separadas por uma distância igual ao tamanho da letra. Além disso os passos de AV apresentam uma progressão logarítmica entre as linhas. A principal vantagem da utilização desta progressão logarítmica é que as cartas podem ser usadas a várias distâncias, sendo depois fácil a conversão do resultado da acuidade visual do paciente. (13)

Contudo, a leitura de letras isoladas é algo que não traduz as tarefas do dia-a-dia dos pacientes. No dia-a-dia são lidas palavras e frases que obrigam a uma função mais complexa. Esta complexidade faz com que pacientes com patologias ao nível da mácula (DMRI) apresentem uma acuidade de leitura pior do que a acuidade visual medida com letras isoladas. (1)

2.2.2 - Cartas de leitura

A avaliação da performance de leitura surge como forma de tentar encontrar as melhores soluções para pacientes com baixa visão, ou seja, para ajudar na determinação da melhor prescrição e do tipo de ajuda ótica. Neste sentido, vários autores desenvolveram métodos e testes com características diferentes mas com objetivos comuns: melhorar a vida de pessoas com baixa-visão através da avaliação das capacidades de leitura. (15)

Contudo nem só a baixa visão precisa de atenção especial. Uma vez que uma parte dos erros refrativos podem passar despercebidos em crianças pequenas, se a performance de leitura for afetada pela desfocagem tal como a acuidade visual, as capacidades de leitura podem não se desenvolver corretamente. Para além das crianças, também os presbíopes merecem especial destaque. Uma vez que estes vão perdendo a sua capacidade de acomodar para distâncias próximas, podem muitas vezes visualizar informação escrita de forma desfocada mesmo quando estão compensados. Esta situação pode verificar-se mesmo para utilizadores de lentes progressivas devido às diferentes zonas óticas da lente. (16) Assim, torna-se importante perceber qual o impacto dos erros refrativos não corrigidos nas tarefas de leitura.

2.2.3 - Cartas de leitura MNRead

Para avaliar a performance de leitura, em 1989 Legge desenvolveu o primeiro teste MNRead. As cartas MNRead são cartas de leitura constituídas por parágrafos de texto contínuo estático usadas para medir a acuidade e a velocidade de leitura em pacientes com visão normal e com

baixa visão. Estas cartas foram desenvolvidas no Laboratório de investigação em baixa visão na Universidade do Minesota nos EUA. (5,2)

As primeiras avaliações da performance de leitura realizadas neste laboratório, consistiram na medida da velocidade de leitura em palavras por minuto através do uso de linhas de texto em movimento. Legge et al determinou assim através de várias experiências de que forma a velocidade de leitura era afetada pelo tamanho do carácter, pelo tamanho do campo e pela frequência espacial. Verificou também os efeitos causados pelo comprimento de onda, contraste e inversão de contraste. Por fim avaliou a dependência da compreensão na velocidade de leitura e avaliou a compreensão como uma medida da performance de leitura. (5)

Na tabela 2.1 encontram-se resumidas as principais conclusões acerca da forma como estes fatores influenciam a performance de leitura.

Tabela 2.1 - Resumo das principais conclusões dos estudos de Legge et al entre 1985 e 1989 sobre performance de leitura. (15, 17-19)

Factor em estudo	Conclusões
Comprimento de onda (17)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Em condições fotópicas, para letras acima do limite de acuidade, a performance de leitura é independente do comprimento de onda. ✓ Para letras perto do limite de acuidade, a impressão em azul produz um decréscimo na performance de leitura (atribuído a interações do complexo neuronal)
Inversão de contraste (18)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tem apenas influência em alguns indivíduos com baixa visão.
Luminância (15)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O aumento da luminância aumenta a taxa de leitura
Visão monocular vs binocular (15)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Não se verificaram diferenças entre as duas condições de visão
Compreensão (19)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Decresce de forma constante para taxas de leitura superiores a 200 ppm

Contudo tornou-se necessário o desenvolvimento de um teste mais *standardizado* e mais simples e rápido de usar do que o texto em movimento, de forma a ser possível comparar resultados de diferentes estudos e de diferentes locais. (5)

Assim surgiu o primeiro teste chamado MNRead, que consistia num método simples, rápido e preciso para estimar a velocidade máxima de leitura de pacientes com baixa visão. Esta primeira versão era composta por quatro sub-testes: 2 compostos por frases com sentido e 2 por palavras aleatórias, sendo que um de cada tipo era apresentado como letras pretas em fundo branco e o outro como letras brancas em fundo preto. As frases/palavras eram apresentadas num ecrã de computador com uma magnificação elevada durante um período de tempo. Este tempo ia sendo reduzido até ao ponto em que o paciente não era capaz de ler

todo o texto apresentado. A taxa de leitura era determinada pelo número de palavras corretas a dividir pelo tempo de exposição. (5)

A utilização da inversão de contraste justificou-se pelo facto de alguns pacientes com baixa visão apresentarem uma velocidade de leitura superior nestas condições. (20) Por outro lado a utilização de palavras aleatórias foi proposta num trabalho anterior de Baldasare (citado por Legge et al em 1985) (20) em que este sugeria que o uso destas proporcionaria resultados mais reais dos problemas de leitura de pacientes de baixa visão uma vez que não existia a “ajuda” do contexto da frase para a leitura das palavras.

A comparação entre as frases com sentido e as palavras aleatórias mostrou uma quebra entre 15 a 30% na velocidade de leitura quando passamos para palavras aleatórias. Mas a correlação entre os dois valores mostrou um coeficiente de correlação de 0,95 independentemente do tipo de baixa visão do paciente. A repetição do teste foi realizada em períodos entre 1 mês e um ano após a primeira avaliação e apresentou uma correlação de 0.88 sendo comparável com a correlação de 0.93 da repetição do teste da acuidade visual de Snellen nos mesmos indivíduos. (20)

As cartas MNRead têm sido utilizadas em diferentes países e em diferentes idiomas. Contudo a utilização num novo idioma não passa por uma simples tradução da carta original mas sim por uma construção e validação da carta nesse idioma de acordo com as regras de construção originais. Estas cartas encontram-se atualmente construídas e validadas em português (Brasil), italiano, grego, turco, japonês e francês. (21-25) Existe também uma versão semelhante às cartas MNRead no idioma alemão criada por Radner et al em 2002. (26) A confiabilidade destas cartas foi testada por Stifter et al em 2004 que verificaram um valor elevado no teste-reteste e entre-cartas e posteriormente testada por num outro estudo por Maaijwee em 2008. Neste estudo Maaijwee analisou um grupo de idosos utilizando a versão holandesa da carta desenvolvida por Radner e verificou também uma alta confiabilidade no teste/re-teste e nas medidas entre-cartas. (27,29)

Por fim, Hahn et al criaram um conjunto de parágrafos mais longos, com cerca de 830 caracteres, em quatro línguas europeias (Inglês, Francês, Alemão e Finlandês) com resultados comparáveis entre si ao nível da velocidade de leitura. (29)

2.3 - Repetibilidade

Quando é desenvolvida uma ferramenta psicofísica como as cartas de leitura é necessário verificar a sua repetibilidade, isto é, verificar a variabilidade entre duas medidas para o mesmo indivíduo.

Muitas vezes essa repetibilidade era avaliada com o recurso a correlações determinadas por retas de ajuste aos valores medidos. Contudo, em 1986 Bland e Altman propuseram um novo

modelo de verificação da repetibilidade. Esta alteração surge porque o valor de r da correlação entre duas variáveis apenas indica a relação entre elas (positiva ou negativa consoante tenham um comportamento semelhante ou inverso). Este valor pode ser elevado mas as variáveis podem não ter concordância. O valor de r só pode ser aceite se os pontos ficarem dispostos ao longo da reta de igualdade, porque a correlação pode ser elevada mas pode estar a ser dada por uma outra reta que não a de igualdade. Assim a proposta destes autores é um gráfico com as diferenças entre as duas variáveis. Se os dados apresentarem distribuição normal é esperado que 95% dos valores estejam distribuídos no espaço compreendido entre a média e 2 vezes o desvio-padrão, ou mais precisamente no espaço entre a média e 1.96 vezes o desvio-padrão acima e abaixo, segundo a definição do coeficiente de repetibilidade adotada pelo British Standards Instituion. (30) Se a diferença entre duas medidas para o mesmo individuo for d_i e n for o número total de indivíduos, o desvio-padrão entre indivíduos s_w é dado pela equação 1. Assim, uma forma de determinar a repetibilidade é pela equação 2 onde se espera que a diferença entre duas medidas do mesmo sujeito seja inferior ao CR para 95% dos pares de observações. (31)

$$s_w^2 = \frac{1}{2n} \sum d_i^2 \quad (1)$$

$$CR = \sqrt{2} \times 1.96 \times s_w \quad (2)$$

2.3.1 - Repetibilidade das cartas MNRead

Subramanian e Pardhan avaliaram a repetibilidade das cartas MNRead em visão de perto (40 cm) para as variáveis velocidade máxima de leitura, acuidade de leitura e tamanho crítico do carácter. Encontraram coeficientes de repetibilidade (CR) de 0.05 logMAR para a acuidade de leitura, 0.12 para o TCC e 8.6 ppm para a velocidade máxima de leitura. (32)

Dois anos antes, Virgili tinha testado a confiabilidade da carta MNRead italiana em crianças. Este verificou tal como Subramanian uma boa confiabilidade nas medidas através destas cartas de leitura. Contudo os resultados obtidos por Subramanian foram melhores do que os obtidos por Virgili. (22)

Para além dos estudos em indivíduos com níveis de visão normal, Subramanian e Pardhan verificaram também o CR em indivíduos com deficiência visual. Os valores obtidos para a acuidade de leitura foram 0.10 logMAR, para o TCC foi de 0.20 logMAR e para a velocidade máxima de leitura foi de 0.10 logPPM. Tal como esperado, os valores do CR em pacientes com problemas visuais apresentaram valores mais elevados. (33)

Patel et al em 2011, no seu estudo sobre a repetibilidade dos diferentes métodos de cálculo da velocidade máxima de leitura e do tamanho crítico do carácter, verificaram que o melhor coeficiente de repetibilidade (CR) para o tamanho crítico do carácter é obtido no método que

considera 80% da velocidade máxima de leitura, contudo o melhor CR para a velocidade máxima de leitura é encontrado não no método associado ao melhor TCC mas sim no método de cálculo da média do plateau de valores semelhantes. (34)

Serra et al, tal como referido anteriormente (capítulo I), verificaram a repetibilidade da carta MNRead na versão brasileira e de duas cartas MNRead construídas com palavras aleatórias com base nos princípios da MNRead original. Esta comparação traduziu-se num coeficiente de repetibilidade menor para as cartas com palavras aleatórias do que para a carta MNRead brasileira para todas as variáveis da performance de leitura. (6)

A validação mais recente das cartas MNRead foi feita na versão Grega destas. Neste estudo, Mataftsi encontrou um CR de 44.96 ppm para a velocidade máxima de leitura e um CR de 0.10 logMAR para o TCC. (23)

2.4 - Astigmatismo

O conceito de astigmatismo deriva da palavra Grega “stigma” e literalmente significa a ausência de um ponto focal. (35)

O astigmatismo é um tipo de erro refrativo complexo que, segundo Borish, começou por ser descrito por Newton. No seu tratado “*Lectiones Opticae*” Newton refere a existência de dois locais de foco (os dois meridianos principais) e uma zona intermédia, atualmente conhecida como círculo de confusão mínima. Contudo, só em 1800 é que Thomas Young apresentou o conceito de linha de foco para o astigmatismo. (36)

A classificação do astigmatismo pode ser feita tendo em conta quatro variáveis. Assim, pode ser classificado em regular ou irregular caso a diferença entre os dois meridianos principais seja de 90° ou não, respetivamente. Pode ser classificado segundo a estrutura ocular que o origina, ou seja, corneal anterior, corneal posterior, cristalino ou outras estruturas como por exemplo a fóvea devido ao seu desalinhamento com o eixo visual, mais raramente também a curvatura não esférica da retina pode contribuir para o aparecimento de astigmatismo. Pode também ser classificado segundo a orientação do meridiano de maior potencia. Assim se o meridiano mais potente for o vertical é um astigmatismo a favor da regra, se o mais potente for o horizontal é um astigmatismo contra a regra. Se o meridiano mais potente se afastar mais de 20° de 180° e 90° trata-se de um astigmatismo oblíquo. Por fim, pode ainda ser classificado de acordo com o restante erro refrativo existente em: miópico simples, hipermetrópico simples ou composto. (36)

Quantidades pequenas de astigmatismo podem ter origem diferentes componentes anatómicos como já referido, mas níveis elevados têm origem essencialmente na curvatura corneal. (37)

Segundo alguns estudos, pacientes com alto astigmatismo tendem a ter alta miopia, isto porque a existência de astigmatismo contra a regra na infância tem mostrado ser um fator de risco para o desenvolvimento de miopia. Com base neste pressuposto, Farbrother et al em 2004 avaliaram a relação entre a orientação do astigmatismo e o grau de ametropia esférica em míopes e hipermétropes. (38)

2.4.1 - Alterações no astigmatismo

Os estudos de Hirsch, Goss e Shewey e Pärssinen em crianças mostraram que durante o período escolar o astigmatismo tende a aumentar ligeiramente. Tanto o astigmatismo a favor da regra como contra a regra tendem a alterar-se, contudo as alterações no astigmatismo contra a regra são um pouco mais comuns, sendo este também o tipo de astigmatismo mais presente em crianças. O astigmatismo contra a regra apresenta uma prevalência de 5:1 em relação ao astigmatismo a favor da regra aos 6 anos mas apenas de 2:1 aos 12 anos. (39,40)

A partir dos 40 anos, Hirsch verificou que o astigmatismo tende a deslocar-se na direção do contra a regra, diminuindo assim a prevalência de astigmatismo a favor da regra. Anstice verificou que astigmatismo a favor da regra era mais comum até ao 55-59 anos e que a partir daqui tende a haver uma inversão e torna-se mais comum o contra a regra. Esta inversão em parte tem sido explicada pela diminuição da tensão palpebral que ocorre com o avanço da idade. (39)

Ferrer-Blasco em 2009 conduziu um estudo sobre a prevalência de astigmatismo antes da cirurgia de cataratas em idosos (média 60.59 ± 9.87 anos). Neste estudo com 2415 pacientes e depois de analisados 4540 olhos verificou que em 64.4% dos pacientes existe astigmatismo compreendido entre 0.25 e 1.25 DC e 22.2% apresentam valores superiores a 1.50DC. Estes dados são de especial importância para a utilização de lentes intraoculares multifocais e para perceber qual o impacto provocado quando são colocadas LIOs monofocais e subsistem erros refrativos por corrigir. (41)

2.4.2 - Compensação do astigmatismo

A correção de um erro refrativo astigmático provoca alterações de percepção da realidade, isto porque o paciente está habituado a que uma imagem circular lhe forme uma imagem oval na retina. Alterar a forma como a imagem é projetada no fundo do olho vai provocar alteração na forma como é percebida a realidade envolvente, tornando difícil a adaptação a correções abruptas de quantidades elevadas de astigmatismo. (39)

Quantidades baixas de astigmatismo tendem a induzir fadiga visual ao perto e ao longe mais do que a reduzir a acuidade visual. Como o paciente não consegue eliminar o astigmatismo através da acomodação (contrariamente à hipermetropia), a contínua tentativa de levar o círculo de confusão mínima para a retina eventualmente traduz-se em astenopia e cansaço. Contudo, como a orientação do alfabeto (alfabeto romano) e conseqüentemente da informação do ambiente em geral tende a ser mais vertical, o astigmatismo contra a regra não corrigido parece ter maior impacto na AV com que o astigmatismo a favor da regra. (37)

Por outro lado, quando se trata de astigmatismos mais elevados (superiores a 0.75 DC), secundariamente pode existir astenopia ao perto, mas essencialmente há redução da AV de longe e perto. Estes astigmatismos mais elevados tendem a ser a favor da regra ou oblíquos. Se uma quantidade elevada de astigmatismo estiver por compensar durante muito tempo pode levar a uma ambliopia meridional, que pode ser reversível dependendo da idade do paciente. Os astigmatismos oblíquos são os menos prevalentes e estão associados a córneas irregulares ou distorcidas. (37)

2.5 - A performance visual com erros refractivos

O processamento visual é uma parte fundamental do processo de leitura, ainda antes da codificação fonológica, do processamento da linguagem e do acesso à memória de curto e de longo prazo, existe uma fase visual de entrada de informação. (42)

Erros refrativos não corrigidos, principalmente hipermetropias e anisometropias têm impacto no processo de leitura, podendo fazer com que se desenvolvam deficiências ao nível da leitura em crianças. Embora não exista um enquadramento conceptual que indique uma influência direta dos problemas de visão no desenvolvimento das capacidades de leitura, é entendido que há efeitos indiretos. Essa influência indireta é explicada por dois principais modelos, são eles o efeito de Matthew e a área de alocação da atenção. O efeito de Matthew relaciona-se com o desconforto ocular sentido durante a leitura que leva a uma diminuição da quantidade de tempo dedicada a esta. O segundo conceito refere que visão desfocada ou o desconforto associado a uma visão ineficiente interfere com processamento automático da informação necessário à leitura, presumindo-se assim que os recursos atencionais apresentam uma capacidade limitada. (42)

Sabe-se que a desfocagem induzida por um erro refrativo não corrigido provoca alterações na acuidade visual e na performance de leitura. Contudo será que o impacto causado na AV é semelhante ao impacto causado na performance de leitura? Assim, Chung et al investigaram se a acuidade visual seria um bom indicador da performance de leitura. Através de regressões lineares entre cada uma das variáveis de leitura e a acuidade visual, obtiveram uma correlação de apenas 0.57 entre a AV e a velocidade máxima de leitura. Contudo, para o tamanho crítico do carácter e a para a acuidade de leitura as correlações obtidas foram de

0.84 e 0.86, respetivamente. A média dos declives da reta de ajuste para o tamanho crítico do carácter e para a acuidade de leitura em função da acuidade visual foi de 1.02 e 0.83, respetivamente. Como os valores dos declives são próximos de 1, é mais uma confirmação de que a acuidade visual é um bom indicador destes dois parâmetros de leitura mas tal não se verifica para a velocidade máxima de leitura. (16)

Vários autores têm tentado estudar o efeito de erros refrativos induzidos na performance de leitura com recurso tanto às cartas MNRead como a outras semelhantes. (43,44,16,45,46,7) Os parâmetros mais analisados e os principais valores obtidos encontram-se resumidos na tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Resumo dos principais estudos sobre performance visual e desfocagem induzida, respetivas variáveis analisadas e principais conclusões obtidas. Adaptada (43,44,16,45,46,7)

Autores	Variáveis analisadas	Condições ópticas testadas	Principais conclusões
Reich et al 2002 (43)	• Acuidade visual	Foco +1.50 D +1.50x180° +1.50x90° ➤ E de Snellen ➤ C de Landolt	✓ E's de Snellen apresentam melhores resultados em todas as condições ✓ Para ambos os testes a orientação a 90° é mais difícil de resolver do que a de 180°
Remón L et al 2006 (44)	• Acuidade visual	Astigmatismo míopico simples entre 0 e -3.00 (passos de 0.25 D) Eixo entre 0 e 90° (passos de 15°) ➤ Letras projectadas ➤ Letras de Snellen em monitor ➤ C's de Landolt em monitor	✓ Pequena variação de AV (não significativa) com a variação do eixo do astigmatismo ✓ Diferenças entre as 3 cartas de AV testadas

Chung et al 2007 (16)	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade máxima de leitura • Acuidade visual • Acuidade de leitura • Tamanho crítico do caracter 	<p>Foco</p> <p>0.50 D</p> <p>1.00 D</p> <p>2.00 D</p> <p>3.00 D</p> <p>➤ Carta MNRead inglesa</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A velocidade máxima de leitura até +2.00 D de desfocagem é pouco afectada, piorando bastante após este valor ✓ VML com +3.00 D é 23% menor ✓ TCC aumenta com a desfocagem ✓ Acuidade de leitura piora com a desfocagem ✓ AV entre foco e +3.00 piora de -0.19 para 0.64 logMAR
Wolffsohn et al 2011 (45)	<ul style="list-style-type: none"> • Acuidade visual • Velocidade máxima de leitura 	<p>Foco</p> <p>+1.50-3.00x90</p> <p>+1.50-3.00x100</p> <p>+1.50-3.00x45</p> <p>➤ Carta de leitura standard</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Astigmatismo oblíquo e contra a regra provocam maior degradação visual
Wills et al 2012 (46)	<ul style="list-style-type: none"> • Acuidade visual • Velocidade máxima de leitura 	<p>Foco</p> <p>-0.50+1.00x180</p> <p>-0.50+1.00x90</p> <p>-1.00+2.00x180</p> <p>-1.00+2.00x90</p> <p>➤ Cartões de palavras aleatória (“Discrete Reading rate”)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ AV de longe é afectada significativamente pela potência dióptrica do cilindro e marginalmente afectada pelo eixo ✓ Velocidade de leitura é significativamente pior com astigmatismo contra a regra
Kobashi et al 2012 (7)	<ul style="list-style-type: none"> • Acuidade visual • Acuidade de leitura • Velocidade máxima de leitura 	<p>Foco</p> <p>+1.00 DC</p> <p>+2.00 DC</p> <p>+3.00 DC</p> <p>Orientados a 180°, 90° e 45°</p> <p>➤ Carta MNRead japonesa</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ AV e acuidade de leitura são afectadas pelo eixo do astigmatismo ✓ VML também é afectada pela orientação do astigmatismo ✓ Astigmatismo oblíquo provoca os piores resultados ✓ Astigmatismo a favor da regra e contra a regra apresentam valores semelhantes

2.6 - Adaptação à desfocagem

A desfocagem é um fenómeno constante das imagens que atingem a retina devido às alterações provocadas pelas aberrações dos diferentes componentes do olho. Contudo, este fenómeno não é detetado pelos indivíduos e o mundo é percebido como nítido e focado. (47) Por outro lado, o fenómeno assume proporções diferentes quando isolamos determinada aberração do olho e nos debruçamos sobre ela. Assim, ao trabalhar-se no campo da desfocagem induzida surge rapidamente a questão da adaptação à desfocagem visto o sistema visual ser um processo dinâmico de adaptação constante.

O fenómeno da adaptação à desfocagem caracteriza-se pela compensação realizada pelo sistema visual levando a um incremento no valor da acuidade visual, mas sem alteração da refração ocular. (48)

Os pacientes usuários de correção oftálmica referem frequentemente um “aumento” de visão após passarem algum tempo sem a correção habitual. Com base neste pressuposto, Mon-Williams et al tentaram avaliar a origem desta afirmação tendo para isso utilizado uma desfocagem miópica de +1.00 D. Mediram a AV imediatamente após a colocação da lente, após 30 minutos de adaptação à desfocagem e 30 minutos após esta ter sido removida. De facto, os resultados comprovaram as afirmações habituais dos pacientes, tendo-se verificado um aumento no valor da AV na maioria dos observadores de cerca de 0.1 LogMAR. (49) Webster et al, por seu lado testaram o efeito de adaptação à desfocagem em diferentes imagens (rosto, prado, folhas e xadrez,) degradadas com um filtro de ruído e verificaram a alteração do ponto de focagem da imagem original. Isto é, a imagem original após exposição à desfocagem era classificada como desfocada ou muito focada, sendo a imagem escolhida como focada diferente da inicial. (50)

Alguns estudos têm também demonstrado diferenças nas respostas à desfocagem quando se comparam míopes e emetropes, sendo que os vários autores afirmam que os míopes tendem a apresentar um grau de adaptação superior de adaptação à desfocagem.

Também Poulere et al compararam a diferença entre míopes e emetropes provocada pela desfocagem induzida de +2.00 D. no seu estudo foi medida a AV imediatamente após a colocação da lente e após 60 minutos de exposição. Verificaram como esperado uma maior degradação nos emetropes, sendo mais notória a diferença quando medida a AV através de C's de Landolt (0.17 logMAR) do que com letras (0.10 logMAR). Verificaram ainda para ambos os grupos, um aumento de AV após os 60 minutos de exposição à desfocagem. A diferença inicial entre os valores para os míopes e emétrepe foi justificada como um possível resultado das experiências visuais prévias, nomeadamente quando os míopes tiram os seus óculos/lentes. (51)

A maioria dos estudos prévios basearam-se em tempos de adaptação de cerca de 60 minutos. Assim, mais recentemente, Khan KA et al verificaram a influência de desfocagem induzida de +1.00 e +3.00 D medindo a AV de 2 em 2 minutos. Com os seus resultados concluíram que existe uma adaptação à desfocagem com aumento significativo de AV após cerca de 4 minutos de exposição ($p < 0.0001$) para ambas as desfocagens testadas, seguindo-se um “plateau” do efeito por volta dos 6 minutos. Contudo, não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre míopes e emetropes ($p = 0.267$) durante o intervalo de tempo avaliado. (48)

Para além da verificação do efeito do aumento da AV com a adaptação à desfocagem, Sawides et al foram comparar a forma como eram percebidas imagens de um rosto antes e após exposição a astigmatismo direto e inverso. Estes autores verificaram que os indivíduos após exposição a um astigmatismo tendem a classificar a imagem original como desfocada na orientação oposta, o que demonstra adaptação à desfocagem numa determinada orientação. (47)

Capítulo III - Metodologia

3.1 - Metodologia geral

3.1.1 - Participantes

No total deste estudo (experiência I, II e III) foram avaliados 66 indivíduos (média de idades 25.4 ± 5.9 anos). O protocolo de trabalho foi desenvolvido de acordo com a Declaração de Helsínquia e foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade da Beira Interior. Após explicação do procedimento, esclarecidas todas as dúvidas e entrega do respetivo consentimento informado, cada um dos participantes foi avaliado em relação aos critérios de inclusão previamente estabelecidos (tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Critérios de inclusão nas várias experiências do estudo

Parâmetro	Critério
Idade	18 a 35 anos inclusive
Erro refractivo esférico	$\leq \pm 4,50$ D
Erro refractivo astigmático	$\leq 1,50$ D
Acuidade visual de longe com a melhor correcção de longe	Inferior a -0.10 logMAR

Este estudo dividiu-se em três experiências principais com uma metodologia de base semelhante que a seguir se descreve.

Para cada participante foi escolhido o olho diretor, através do Teste de Miles, para a realização dos testes, sendo este o primeiro passo do exame inicial. Foi escolhido o olho diretor visto ser o olho preferido quando é requerida a realização de uma tarefa em condições de monocularidade. (52) Após determinação deste, foi realizada a refração com vista a obter a melhor compensação de longe do indivíduo. A refração consistiu em exame objetivo com retinoscopia e afinação através de exame subjetivo, sendo a refração subjetiva a dada pela lente esférica mais positiva e a lente cilíndrica de menor valor para máxima AV. Para o exame subjetivo foi utilizado o ecrã Optos® (LCD Chart Panel CP-400), óculo de prova e caixa de lentes.

3.1.2 - Cartas de leitura

3.1.2.1 - Parâmetros de performance de leitura

As cartas de leitura MNREAD permitem medir três parâmetros da performance de leitura, nomeadamente a velocidade máxima de leitura, o tamanho crítico do carácter e a acuidade de leitura. (2)

O parâmetro direto que as cartas MNREAD permitem medir é a velocidade de leitura que é uma medida objetiva da performance de leitura. Com este teste é possível medir a velocidade de leitura em cada tamanho de carácter e determinar qual permite a velocidade máxima de leitura ao paciente. As pesquisas têm demonstrado que os pacientes requerem letras que sejam duas a três vezes maiores que o seu limite de acuidade para atingirem a sua velocidade máxima de leitura. (53) Este parâmetro é determinado dividindo o número de palavras lidas pelo tempo que o paciente demorou a ler a frase. Assim, a velocidade de leitura, em palavras por minuto (ppm), é dada por:

$$\text{Velocidade de leitura} = \frac{60 \times (20 - \text{erros})}{\text{tempo em segundos}} \quad (3)$$

A velocidade de leitura é aproximadamente constante para os tamanhos de letra maiores como se pode observar na figura 3.1, formando um plateau num gráfico de velocidade de leitura em função do tamanho do carácter. À medida que o tamanho da letra diminui, existe frequentemente uma delimitação nítida na representação gráfica de quando a velocidade de leitura diminui. (34)

Os parâmetros de leitura foram determinados com base numa função de decaimento exponencial que se ajustou aos valores medidos de velocidade de leitura.

Por outro lado, matematicamente cada frase tem 80 caracteres, o que corresponde a 20 palavras de 6 caracteres (incluindo espaços). Logo cada frase pode ser dividida em 20 partes e a acuidade de leitura pode ser determinada com uma precisão perto de 0.005 logMAR. Contabilizando o número de frases lidas e o número de erros cometidos aplica-se a equação seguinte: (2)

$$\text{Acuidade de leitura} = 1.4 - (\text{frases lidas} \times 0.1) + (\text{erros} \times 0.005) \quad (4)$$

A curva dos dados de leitura, ou seja, a velocidade da leitura em função do tamanho da letra numa escala logarítmica é muitas vezes aproximada por uma função de dois ramos composta por duas retas, definidas pela equação 5. (15,54)

$$f(x) = f(x) = \begin{cases} e^{\theta_2}(x - \theta_3) + \theta_1, & x < \theta_3 \\ \theta_1, & x \geq \theta_3 \end{cases} \quad (5)$$

Na equação (5) o x representa o tamanho da letra em logMAR, $f(x)$ indica a velocidade de leitura correspondente em logaritmo de palavras por minuto (log ppm), θ_1 é a velocidade máxima de leitura (log ppm), $\exp(\theta_2)$ é o declive do primeiro ramo e o θ_3 é o tamanho crítico do carácter, correspondendo à intersecção dos dois ramos da função.

Os três parâmetros θ podem ser estimados usando métodos de otimização através do ajuste de curvas individuais ou modelagem de efeitos mistos não-lineares.

Para além das formas de calcular a velocidade máxima de leitura e o tamanho crítico do carácter referidas anteriormente, seja por cálculo direto da velocidade máxima de leitura ou pelo ajuste dos pontos com uma função de dois ramos, existe um outro método proposto por Cheung et al. Em 2008, estes introduziram um novo método de ajuste de curva aos dados denominado decaimento exponencial. Este ajuste é feito através da equação (6). (54)

$$\begin{aligned} g(x) &= \phi_1(1 - e^k) \\ k &= -e^{\phi_2}(x - \phi_3) \end{aligned} \quad (6)$$

Tal como na equação anterior, o x representa o tamanho da letra em logMAR, $g(x)$ indica a velocidade de leitura correspondente em logaritmo de palavras por minuto (log ppm), Φ_1 é a velocidade máxima de leitura (log ppm), $\exp(\Phi_2)$ é a taxa de variação da velocidade de leitura em função do tamanho da letra, Φ_3 é o tamanho de letra onde a velocidade de leitura é 0.00 log ppm, ou seja, 1 palavra por minuto.

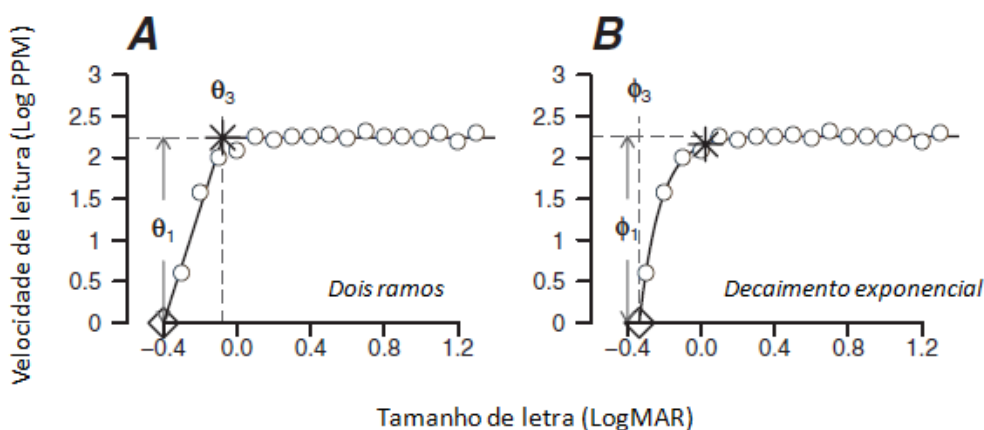


Fig. 3.1 - Exemplo dos dois tipos de funções de ajuste de dados: A- Função de dois ramos; B- Função de decaimento exponencial. Φ_1 é a velocidade máxima de leitura (log ppm) e Φ_3 é o tamanho de letra onde a velocidade de leitura é 0.00 log ppm, ou seja, 1 palavra por minuto. O * indica o tamanho crítico do carácter. Adaptado (54)

Este último método apresenta uma fiabilidade maior do que o ajuste por ramos, contudo as diferenças na qualidade do ajuste são pequenas. A principal vantagem é que o decaimento exponencial não subestima o valor do tamanho crítico do carácter inerente ao ajuste por ramos. Por outro lado, a simplificação do ajuste a uma função com dois ramos pode ter vantagens para os clínicos ao nível da interpretação de resultados e da facilidade do traçado da função, contrariamente ao decaimento exponencial que necessita de técnicas de otimização. Para além disso, a técnica do decaimento exponencial necessita do critério de escolha do tamanho crítico do carácter, ou seja da percentagem de velocidade máxima de leitura mantida (por exemplo, 80% ou 90%). (54)

Com base em Cheung optou-se pelo uso de uma função de decaimento exponencial como já referido anteriormente e pela determinação do tamanho crítico do carácter com base em 80% do valor da velocidade máxima de leitura, sendo que a partir deste ponto verifica-se uma quebra acentuada na velocidade de leitura.

Este ajuste permitiu a determinação do logaritmo da velocidade máxima de leitura (Φ_1), a acuidade de leitura de corte (Φ_3) e a área abaixo da curva de forma direta. De forma indireta, isto é, através da equação 7 determinou-se o tamanho crítico do carácter para os valores de velocidade de leitura correspondentes a 80% da velocidade máxima de leitura.

$$TCC = \frac{\ln\left(1 - \left(\frac{\log(VML \times 0.8)}{\log(VML)}\right)\right)}{-\exp(\phi_2)} + \phi_3 \quad (7)$$

Por fim, determinou-se ainda o valor da área abaixo da curva de ajuste dos dados como medida geral da degradação provocada pela desfocagens induzida. Este valor foi dado pela equação (8), onde $f(x)$ corresponde à função de decaimento exponencial de ajuste aos dados.

$$\text{Área abaixo da curva} = \int_{\theta^3}^{1.1} f(x) \quad (8)$$

3.1.2.1 - Construção da carta de leitura

Uma vez que para este trabalho as cartas MNRead originais apresentavam um problema de memorização devido às repetições das leituras necessárias, tal como referido nas bases racionais para a investigação (ver Capítulo 2) foram utilizados parágrafos constituídos por palavras aleatórias.

Estes parágrafos foram gerados através de uma recolha de palavras de textos das provas de aferição de língua portuguesa do 4º ano do 1º ciclo do ensino básico, sendo portanto um vocabulário simples e corrente. Através de uma rotina implementada em MATLAB® foram

criados parágrafos em que cada um era constituído por 20 palavras divididas em 4 linhas. Cada linha tinha o mesmo número de palavras com a mesma extensão de caracteres mas ordenadas de forma diferente como se observa no exemplo da figura 3.2.

alma bem agora cabeça eu
que alga há terra depois
deixou casa as luz cheia
também polvo os num café

Figura 3.2 - Exemplo de um parágrafo gerado em MATLAB®.

As séries de leitura eram compostas por parágrafos com tamanhos de letra progressivamente mais pequenos entre 1.1 e -0.2 logMAR em passos de 0.1 logMAR, o que corresponde a um total de 16 parágrafos.

Após gerados os conjuntos de parágrafos, foi criada uma rotina através da Psychophysics Toolbox do MATLAB®, que permitiu a projeção destes num alvo branco com recurso a um projetor SANYO (modelo PLV-Z4). Os estímulos (letras) apresentavam um contraste de 98% ($L_{\text{máx}}=816.3 \text{ cd/m}^2$ e $L_{\text{min}}=7.6 \text{ cd/m}^2$).

Cada participante encontrava-se sentado a 5 metros do alvo, com uma pupila artificial de 3.0mm colocada no óculo de prova no plano mais próximo do olho, seguida da melhor compensação de longe determinada para aquele olho. Para além deste conjunto sempre presente em todo o teste, foram adicionadas ao óculo de prova as lentes que induziam as desfocagens em estudo em cada experiência. O olho contralateral foi mantido ocluído durante todos os procedimentos.

Os participantes eram instruídos a ler os parágrafos em voz alta, o mais rápido possível, evitando corrigir os erros cometidos ou palavras esquecidas e arriscando a leitura mesmo sem terem a certeza absoluta das palavras, iniciando sempre após um sinal sonoro que precedia cada parágrafo. Quando não fosse possível ler qualquer palavra, os indivíduos estavam instruídos a dizerem “STOP” terminando assim o teste para a condição ótica em causa. (2)

Todas as leituras foram gravadas em formato áudio com recurso ao software livre *Audacity* versão 2.0.2. Estas gravações foram posteriormente ouvidas no mesmo programa para anotação dos erros cometidos e determinação dos tempos de leitura de cada parágrafo. Os tempos de leitura foram determinados em segundos e com uma precisão de 0.01 segundos.

3.1.3 - Cartas de AV

Terminada a leitura de cada carta com a respetiva condição ótica foi medida a acuidade visual nessas mesmas condições. Para isso foi construída e projetada, através da Toolbox do

MATLAB®, uma carta de AV em escala logMAR composta por letras de Sloan (5 letras por linha de AV), projetada nas mesmas condições dos parágrafos de leitura. O valor da acuidade visual foi calculado com base na última linha em que todas as letras foram lidas corretamente e adicionando as letras que ainda acertou na(s) linha(s) seguintes, obtendo-se assim uma precisão de 0.02 logMAR, como se observa no exemplo da figura 3.3.

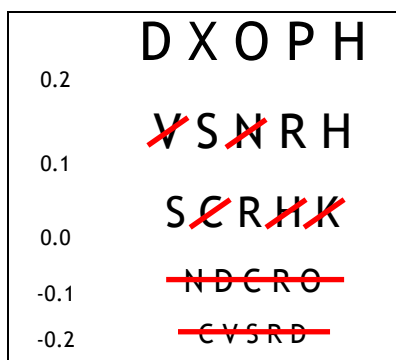


Fig. 3.3 - Exemplo de anotação da medida de AV. Na figura observa-se a leitura correta de todas as letras da linha de 0.2 LogMar e o acerto de três e duas letras nas linhas subsequentes, totalizando um valor de AV de 0.1 LogMar.

Em qualquer das experiências, a ordem das condições óticas testadas foi randomizada assim como os conjuntos de letras utilizados nas cartas de AV.

3.1.4 - Análise dos dados

Após a leitura dos parágrafos e audição das gravações, convertendo-se depois os valores de velocidade de leitura para unidades logarítmicas, procedeu-se ao ajuste dos pontos através de uma função de decaimento exponencial através da função definida na equação 6.

A nível estatísticos todos os dados deste trabalho foram analisados com recurso ao software PASW Statistics 18.

O tratamento estatístico começou sempre por uma análise descritiva (média, desvio-padrão, mínimo, máximo, assimetria e achatamento) dos dados recolhidos de forma direta e indireta. Como dados indiretos, ou seja calculados após a recolha dos tempos de leitura e erros cometidos (ou seja, os dados diretos), obteve-se a velocidade de leitura, a área debaixo das curvas traçadas, a velocidade de leitura máxima, o tamanho crítico do carácter e a acuidade leitura.

Após a descrição sumária dos dados, aplicou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para verificar se estes seguiam uma distribuição normal ou não para determinação do tipo de

estatística a aplicar. Dado todos os dados permitirem a aplicação de testes paramétricos (55), aplicou-se a ANOVA de medidas repetidas para testar as várias condições óticas entre si e perceber quais apresentavam diferenças estatisticamente significativas.

3.2 - Metodologia da experiência I a)

A experiência I deste estudo tinha como objetivo validar as cartas constituídas por parágrafos aleatórios para visão de longe e verificar o efeito da inversão do contraste entre letras e fundo em condições de foco e em condições de desfocagem.

Para isso foram avaliados 16 participantes (8 homens e 8 mulheres) com uma média de idades de 25.0 ± 6.2 anos.

Antes do início da leitura dos parágrafos foi projetado um parágrafo de teste com dois objetivos: o primeiro era fotografar o tamanho da pupila real do indivíduo nas condições de iluminação do teste para determinação do seu tamanho e o segundo familiarizá-lo com o procedimento experimental.

A pupila do olho direito de cada participante foi fotografada e posteriormente foi medido o seu diâmetro com recurso a software desenvolvido em MATLAB. O objetivo desta medida foi garantir que a pupila de cada participante durante o período experimental era superior à pupila artificial de 3.0mm colocada no óculo de prova. A escolha desta pupila artificial de 3.0mm deve-se ao facto de a melhor qualidade ótica do olho ser obtida com uma pupila entre 2 e 3 mm. (56) Uma vez que também foi usada noutros estudos, permite ainda comparações com resultados prévios.

Foram avaliadas quatro condições óticas (de forma aleatória) nas condições de fundo branco e fundo preto. Os indivíduos foram divididos em dois grupos, sendo que um grupo começou por ler as condições em fundo branco e o outro em fundo preto. Na figura 3.4 está representado um exemplo do esquema experimental da experiência I.

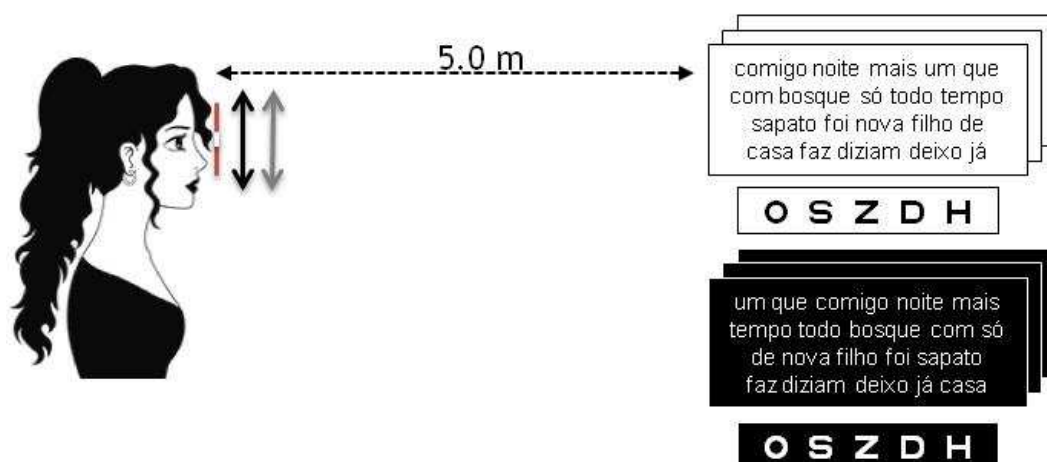


Figura 3.4 - Esquema exemplificativo da experiência I. Em frente do observador as linhas a vermelho, preto e cinza representam a pupila artificial de 3.0mm, a refração subjetiva e a desfocagem induzida, respetivamente.

Para além da condição de base, ou seja, sem desfocagem, cada participante leu com as desfocagens de +1.50 D, +3.00x180 e +3.00x90. Estas condições foram selecionadas porque em termos de equivalente esférico são iguais (Equação 9). (57) Contudo, como se trata de desfocagem esférica e cilíndrica permite-nos avaliar se existem diferenças no desempenho visual entre diferentes tipos de desfocagens e também entre diferentes eixos do astigmatismo.

$$M = S + \frac{C}{2} \quad (9)$$

Uma vez que a variável em estudo era a inversão de contraste entre letras e fundo e o objetivo era também validar os parágrafos, foram apenas construídas 4 cartas (designadas por 1A, 2A, 3A e 4A) com parágrafos aleatórios diferentes (uma para cada condição ótica avaliada). Para evitar o fenómeno de memorização ao repetir as quatro cartas no segundo fundo, optou-se por construir um segundo conjunto de cartas (designadas por 1B, 2B, 3B e 4 B), modificando a ordem das palavras dentro de cada parágrafo do primeiro conjunto de cartas. Este procedimento fez com que a dificuldade de leitura associada às palavras de cada parágrafo fosse igual. A figura 3.5 mostra um exemplo de um parágrafo nas duas versões utilizadas.

Carta 1A - AV=1.1 logMAR	Carta 1B - AV=1.1 logMAR
comigo noite mais um que com bosque só todo tempo sapato foi nova filho de casa faz diziam deixo já	um que comigo noite mais tempo todo bosque com só de nova filho foi sapato faz diziam deixo já casa

Figura 3.5 - Aleatorização das palavras de um parágrafo ao passar de uma cor de fundo para outra

Nesta primeira experiência, em termos estatísticos foram comparados os dados obtidos em fundo branco e em fundo preto de forma a analisar se existiam diferenças significativas através de testes de medidas repetidas. Calculou-se também o valor do coeficiente de correlação de Pearson de forma a verificar a intensidade da relação entre fundos para cada variável. Verificou-se ainda o coeficiente de correlação de Pearson para a relação da acuidade visual com a acuidade de leitura para cada cor de fundo.

Uma forma de verificar a repetibilidade de uma ferramenta de medida é através dos gráficos de Bland-Altman. Assim, construíram-se os gráficos de Bland-Altman para cada variável em cada condição ótica através das diferenças entre os valores obtidos em fundo branco e em fundo preto.

3.2.1 - Experiência I b)

Para avaliação do efeito da variação da luminância na medida da AV selecionou-se uma amostra de 15 indivíduos (9 homens e 6 mulheres) com média de idades de 28.5 ± 5.8 anos. Cada indivíduo foi emetropizado nas mesmas condições da experiência anterior e foi testado o seu nível de AV de forma aleatória em fundo branco e em fundo preto sob quatro condições de luminância diferentes. As variações de luminância foram induzidas através da colocação de filtros de densidade neutra de 1.0, 2.0 e 3.0 em frente ao projetor.

Sendo o valor máximo de luminância do projetor em fundo branco de 816.3 cd/m^2 , verificou-se que a colocação do filtro de densidade neutra de 1 apenas deixou passar 10% deste valor, o filtro de 2 apenas 1% e por fim o filtro de 3 permitiu apenas uma passagem de 0,1% da luz inicial. Esta redução verifica-se para o fundo branco e para o fundo preto na mesma proporção, o que leva a que apesar da menor quantidade de luz, o contraste se mantenha constante ao longo de todo o teste.

Os valores encontrados foram testados sob a ANOVA de medidas repetidas a dois factores (fundo e luminância) e as diferentes luminâncias foram comparadas entre fundos através do T-test de amostras emparelhadas.

3.3 - Metodologia da experiência II

Na segunda experiência foi avaliada uma amostra de 32 participantes (15 homens e 17 mulheres) com média de idades de 23.4 ± 4.6 anos, com o objetivo de analisar o nível de degradação no desempenho visual causado pelo aumento da desfocagem induzida (esférica e cilíndrica).

Uma vez que se verificou a igualdade de performance de leitura entre os dois fundos, nesta segunda experiência optou-se pelo uso do fundo preto para maior controlo do tamanho pupilar dos participantes.

De forma a avaliar a degradação da performance visual com o aumento da desfocagem foram utilizadas desfocagens esféricas de +1.00 a +3.00 D em passos de 1.00 dioptria. Usaram-se também os mesmos valores para os cilindros, orientando cada uma das potências a 180° , 45° e

90°. Todas as condições foram testadas de forma aleatória e divididas por dois dias, como se observa no exemplo da figura 3.6, para que o cansaço não influenciasse os resultados.

Para além destas 12 condições óticas de desfocagem, cada participante leu quatro cartas sem desfocagem (2 em cada dia). Isto para que as 16 cartas diferentes utilizadas fossem lidas sem desfocagem permitindo assim avaliar a sua homogeneidade.

Dia 1		Dia 2	
Condição óptica	Carta	Condição óptica	Carta
Sem desfocagem	1	+2.00x180°	3
+1.00x45°	6	+3.00x45°	8
+2.00x90°	11	Sem desfocagem	9
+3.00	16	+1.00	14
+1.00x180°	2	+3.00x180°	4
+2.00x45°	7	Sem desfocagem	5
+3.00x90°	12	+1.00x90°	10
Sem desfocagem	13	+2.00	15

Figura 3.6 - Exemplo de aleatorização das condições óticas lidas pelos participantes

Para a experiência II em cada eixo do cilindro e para as condições esféricas foi calculado o declive da reta formada pelos valores de cada variável para cada quantidade de desfocagem de forma a obter o valor da degradação por dioptria de desfocagem. Determinou-se ainda, em termos de percentagem, a diminuição da performance visual com o incremento da desfocagem ótica.

Foram também comparados os resultados de cada desfocagem entre si através das medidas repetidas para determinação das diferenças estatisticamente significativas entre as várias desfocagens.

3.4 - Metodologia da experiência III

Para avaliação do efeito da variação do eixo do astigmatismo em intervalos de 15° realizou-se uma experiência psicofísica, com um número reduzido de observadores mas com repetição das medições para cada indivíduo. Para isso avaliaram-se 3 indivíduos (2 homens e 1 mulher) com média de idades de 32.0 ± 8.5 anos (SFM - 23 anos, PMS - 34 anos, FMF - 40 anos).

O efeito da variação do eixo do astigmatismo foi testado com as potências de +0.50 e de +2.00 entre 0° e 90° em passos de 15° e sem desfocagem, utilizando letras brancas sobre

fundo preto. As medições foram repetidas cinco vezes para cada observador em dias diferentes, com pelo menos 24h de intervalo.

Foram utilizadas 14 das 16 cartas da experiência III visto serem 14 condições óticas diferentes para o dia 1. Para o dia 2 aleatorizou-se a ordem dos parágrafos (por exemplo, o parágrafo lido com uma AV de 1.1 logMAR passou para uma AV de 0.5 logMAR) dentro de cada carta, para o dia 3 aleatorizou-se novamente a ordem e assim sucessivamente. Isto permitiu eliminar efeitos de memorização de sequência dos parágrafos e manter a mesma dificuldade em cada carta.

Nesta experiência, antes da realização da refração subjetiva, os indivíduos foram analisados em termos de refração objetiva com recurso ao aberrómetro I-profile CarlZeiss Meditec Germany, obtendo-se uma média de três medições objetivas para uma pupila de 3.0mm. Uma vez que estas medidas foram realizadas com uma precisão de 0.12 D, a refração subjetiva também foi ajustada ao oitavo de dioptria em termos de esfera e de cilindro.

Por fim, para a experiência III aplicou-se o teste ANOVA one-way para análise das várias medidas para cada observador individual. Para verificação da existência de diferenças entre as várias orientações do astigmatismo aplicou-se o teste *post-hoc* de Tukey. As medidas foram realizadas de forma independente para a desfocagem de +0.50 e para a de +2.00 D.

Capítulo IV - Resultados

4.1 - Experiência I a)

A experiência I teve como objetivo verificar a igualdade de performance de leitura e acuidade visual em condições de inversão do contraste entre letras e fundo. Assim tinha-se como hipótese nula (H_0) o seguinte:

**H_0 : Não existe interação da inversão de contraste entre letras e fundo
na performance de leitura e AV**

Dado que se optou pelo uso de cartas constituídas por palavras aleatórias, foi necessário verificar a igualdade das diferentes cartas de leitura construídas. Para cumprir este propósito os participantes leram diferentes parágrafos com desfocagens induzidas e sem desfocagem em condições de contraste normal (letras pretas em fundo branco) e em contraste invertido.

4.1.1 - Tamanho pupilar

Uma vez que se queria garantir que todos os participantes estavam com uma pupila superior a 3.0mm, foi realizada a medição da sua pupila natural nos dois tipos de contraste testados no início, a meio e no fim dos testes no dia 1 e no dia 2. Os valores médios e respetivo desvio-padrão encontram-se na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Média e desvio-padrão do tamanho da pupila em mm dos observadores durante a realização dos testes. Medidas no início, durante e fim da experiência para o dia 1 e dia 2.

	Dia 1		Dia 2	
	Fundo branco	Fundo preto	Fundo branco	Fundo preto
Início	5.36±0.25	6.75±0.45	5.23±0.33	6.63±0.63
Meio	5.25±0.10	6.86±0.64	5.58±0.51	6.69±0.42
Fim	5.63±0.06	6.64±0.53	5.58±0.75	6.79±0.35

Através dos valores anteriores concluiu-se que todos os participantes apresentavam um tamanho pupilar superior ao valor da pupila artificial de 3.0mm ao longo de todo o teste.

4.1.2 - Performance de leitura

Após o ajuste dos dados obtidos através da função de decaimento exponencial, obtiveram-se os seguintes resultados, em termos de média e desvio-padrão para as cinco variáveis em estudo, que se resumem na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Valores médios e desvios-padrão obtidos em cada condição ótica e fundo testado. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$) e \blacklozenge ($p < 0.01$) representam as condições óticas cujos dados não seguem distribuição normal.

		Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (logMAR)	Acuidade de leitura (logMAR)	Acuidade visual (logMAR)
Fundo branco	± 0.00	125.39 \pm 22.75	2.63 \pm 0.21	0.15 \pm 0.17	0.03 \pm 0.11	-0.04 \pm 0.08
	+1.50	109.44 \pm 20.40	2.00 \pm 0.29	0.43 \pm 0.18	0.32 \pm 0.14	0.21 \pm 0.14
	+3.00x180	110.78 \pm 20.77	2.08 \pm 0.28	0.43 \pm 0.22	0.30 \pm 0.14	0.19 \pm 0.12
	+3.00x90	101.48 \pm 22.49	1.50 \pm 0.36	0.69 \pm 0.24	0.56 \pm 0.19	0.35 \pm 0.18 \blacklozenge
Fundo preto	± 0.00	125.79 \pm 19.09	2.58 \pm 0.19	0.17 \pm 0.18	0.06 \pm 0.10	0.06 \pm 0.10
	+1.50	112.82 \pm 16.84	2.06 \pm 0.24	0.41 \pm 0.16	0.31 \pm 0.13	0.20 \pm 0.12
	+3.00x180	116.09 \pm 27.01	2.17 \pm 0.34 \blacklozenge	0.44 \pm 0.24	0.26 \pm 0.17	0.17 \pm 0.15
	+3.00x90	104.29 \pm 21.76	1.59 \pm 0.38	0.64 \pm 0.21	0.51 \pm 0.19	0.37 \pm 0.19

A aplicação do teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados apresentou um nível de significância (valor-p) superior a 0.05 para todas as variáveis, exceto para o valor da área abaixo da curva com a condição de +3.00x180 em fundo preto ($p=0.001$) e para a AV na condição de +3.00x90 em fundo branco ($p=0.043$), ou seja, apenas estes valores não seguiam uma distribuição normal.

Apesar de existirem alguns valores que não seguiam distribuição normal, Maroco J. citando estudos de Kline de 1998 afirma que no caso da assimetria e o achatamento apresentarem valores absolutos inferiores a 3 e 7 respetivamente, não é problemática a aplicação da estatística paramétrica (58), tendo sido adotado este pressuposto em todas as situações semelhantes ao longo deste trabalho.

Na figura 4.1 encontram-se os gráficos de Bland-Altman para cada variável em cada condição ótica através das diferenças entre o fundo branco e o fundo preto.

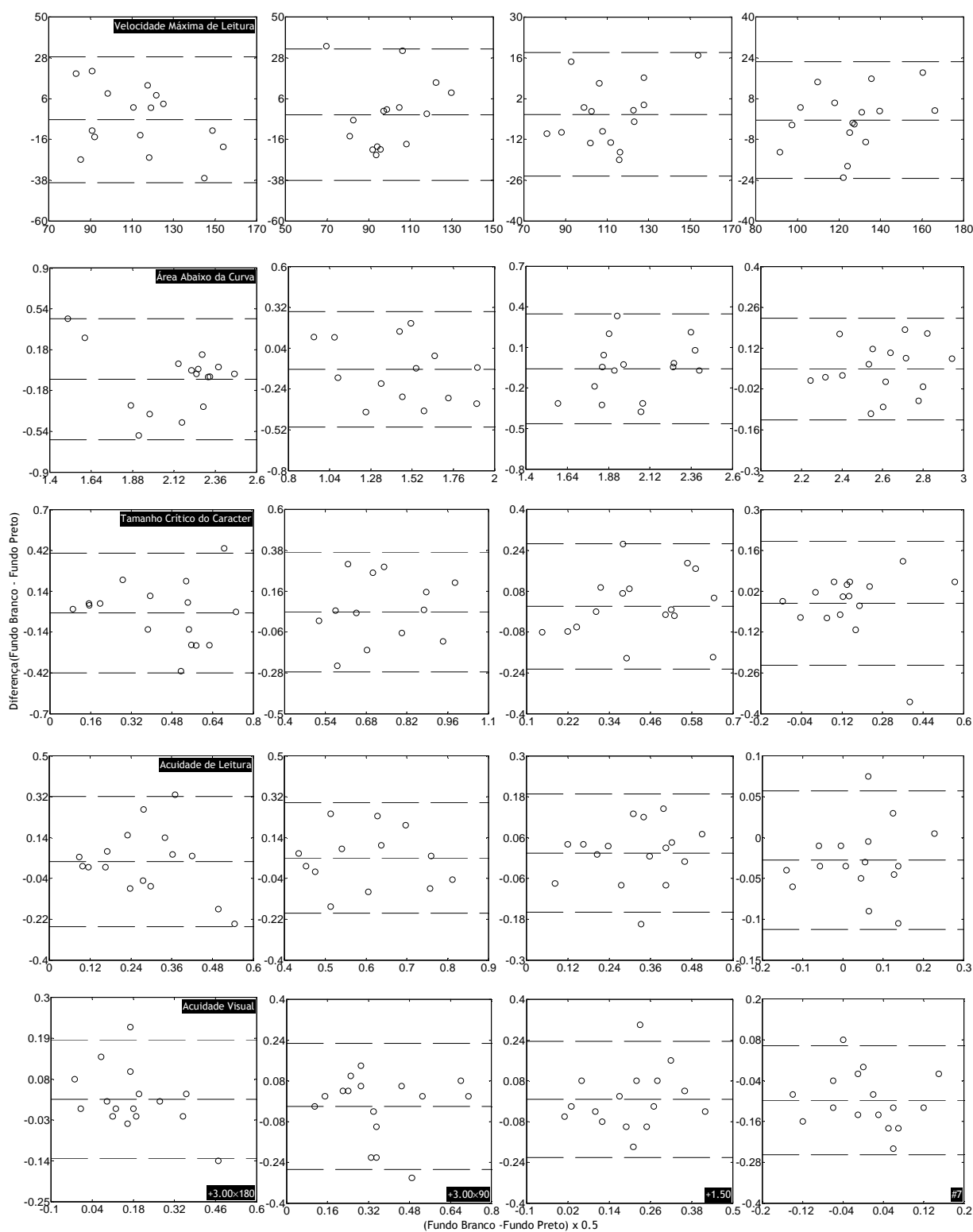


Figura 4.1 - Gráficos de Bland-Altman com distribuição das diferenças entre fundo branco e fundo preto e respetivo intervalo de confiança. A linha tracejada central representa o valor de zero, onde se observam os pontos cuja diferença no valor das duas medidas é zero. Os segmentos de reta superior e inferior representam a amplitude do intervalo de confiança. Os círculos indicam as diferenças entre fundo branco e fundo preto para cada observador.

Por observação dos gráficos verificou-se que praticamente todos os valores se encontram dentro dos respectivos intervalos de confiança, o que é o esperado para uma distribuição normal dos dados. Na tabela 4.3 encontram-se calculados os valores do intervalo de confiança a 95%, do coeficiente de correlação R^2 e o valor da diferença (diferença = fundo branco - fundo preto) verificada entre os dois fundos para cada uma das variáveis sob as diferentes condições óticas.

Tabela 4.3 - Intervalo de confiança (IC), o coeficiente de correlação (R^2) e a diferença média entres os dois fundos (Dif) de cada variável para cada condição ótica.

		Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (logMAR)	Acuidade de leitura (logMAR)	Acuidade visual (logMAR)
± 0.00	IC	22.91	0.18	0.21	0.09	0.16
	R^2	0.74	0.81	0.66	0.84	0.35
	Dif	-0.41	0.05	-0.02	-0.03	-0.10
+1.50	IC	21.22	0.41	0.25	0.17	0.23
	R^2	0.72	0.50	0.52	0.61	0.38
	Dif	-3.38	-0.06	0.02	0.01	0.01
+3.00x180	IC	33.95	0.54	0.41	0.29	0.16
	R^2	0.59	0.38	0.34	0.33	0.72
	Dif	-5.31	-0.08	-0.01	0.04	0.03
+3.00x90	IC	35.48	0.40	0.32	0.24	0.25
	R^2	0.44	0.72	0.56	0.62	0.58
	Dif	-2.82	-0.11	0.05	0.05	-0.02

O cálculo das diferenças entre os dois fundos apresentou valores próximos de zero em todas as variáveis sob as várias condições óticas testadas, o que à partida indica uma ausência de diferenças entre a performance de leitura e acuidade visual quando se inverte o contraste entre letras e fundo. Para verificação deste pressuposto aplicou-se um teste de medidas repetidas (ANOVA) a dois fatores - fundo e condição ótica. Na tabela 4.4 observam-se os valores estatísticos obtidos para as interações entre fundos, entre fundo e condição ótica e entre condições óticas.

Tabela 4.4 - Estatística de teste (F) e valores-p da ANOVA de medidas repetidas a 2 fatores (fundo e condição)

	Velocidade máxima de leitura	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter	Acuidade de leitura	Acuidade visual
Fundo	F(1.15)=2.518 p=0.133	F(1.15)=1.536 p=0.234	F(1.15)=1.002 p=0.333	F(1.15)=0.444 p=0.515	F(1.15)=3.098 p=0.099
Condição ótica	F(3.45)=12.458 p=0.000	F(1.87;27.99)=63.573 p<0.001	F(1.88;28.16)=56.126 p<0.001	F(3.45)=32.165 p<0.001	F(1.84;27.534)=34.463 p<0.001
Fundo vs condição ótica	F(3.45)=0.299 p=0.826	F(3.45)=1.851 p=0.152	F(3.45)=2.060 p=0.119	F(3.45)=0.545 p=0.654	F(3.45)=4.219 p=0.010

Considerando a tabela 4.4, observa-se que a interação entre fundo branco e fundo preto não apresenta diferenças estatisticamente significativas para nenhuma das variáveis em estudo. Isto demonstra que a inversão do contraste entre letras e fundo não apresenta efeitos significativos nos parâmetros de leitura nem acuidade visual.

Na interação entre fundo e condição ótica, isto é, avaliando o efeito da inversão de contraste em cada uma das condições óticas utilizadas observa-se que o valor-p é superior a 0.05 para todas as variáveis associadas à performance de leitura. Este valor permite concluir que estas variáveis, em cada uma das condições óticas testadas, não são afetadas pela inversão do contraste.

Contudo, para a acuidade visual encontrou-se um valor-p inferior a 0.05, o que indica que em alguma das condições óticas existe influência da inversão do contraste.

Através de um T-teste de amostras emparelhadas, verificou-se qual ou quais das condições óticas apresentavam diferenças entre os valores de acuidade visual. As comparações entre fundos para a condição de +3.00x180, +3.00x90 e +1.50 apresentaram níveis de significância de 0.217, 0.537 e 0.800, respetivamente. Por outro lado, na condição de foco o valor-p obtido foi de 0.00, o que indica que neste caso as diferenças são estatisticamente significativas, ou seja, o fundo interage com a condição ótica.

Na comparação entre condições óticas, sem considerar a influência do fundo, verificou-se a existência de diferenças estatisticamente significativas para todas as variáveis de leitura e acuidade visual. Isto significa que as várias condições óticas afetam de forma diferente a performance visual.

Assim, através de comparações a pares entre estas para cada uma das variáveis de leitura e acuidade visual obtiveram-se as diferenças estatisticamente significativas ($p < 0.05$) para as condições assinaladas nos *boxplots* seguintes (figura 4.2 a 4.6) relativos a cada uma das variáveis. Em cada *boxplot* as condições estatisticamente significativas estão assinaladas com

os símbolos \blacklozenge , \blackspade e \blackstar , consoante o nível de significância obtido tenha sido <0.05 , <0.01 e <0.001 , respetivamente.

Na figura 4.2, observa-se para a velocidade máxima de leitura que a condição de foco apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação a todas as condições de desfocagem. Mas por outro lado, as condições de desfocagem não apresentaram diferenças entre si.

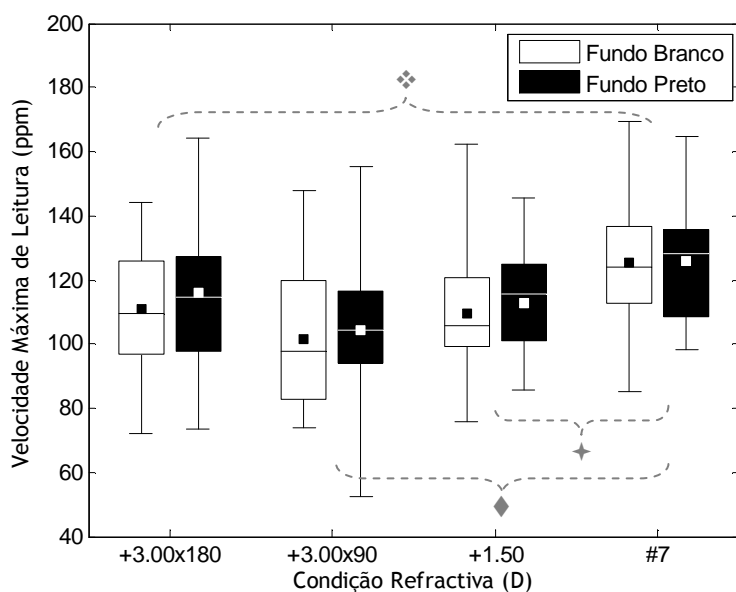


Figura 4.2 - *Boxplot* da velocidade máxima de leitura nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Os símbolos \blacksquare e — representam a média e a mediana, respetivamente. As barras verticais correspondem ao desvio-padrão da mediana. Os símbolos \blacklozenge ($p<0.05$), \blackspade ($p<0.01$) e \blackstar ($p<0.001$) representam as diferenças estatisticamente significativas entre condições óticas.

Na figura 4.3 observa-se que para a área abaixo da curva verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre todas as condições óticas exceto entre o +3.00x180 e o +1.50 D. Ou seja, verifica-se um nível de performance em geral semelhante entre estas duas condições. Esta semelhança observa-se através da comparação entre os respetivos *boxplots* que se apresentam praticamente ao mesmo nível, ou seja, com uma distribuição de valores próxima.

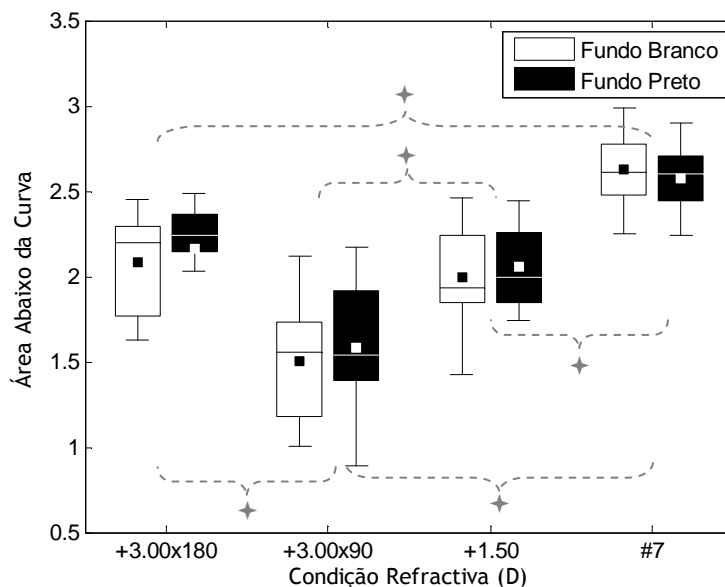


Figura 4.3 - *Boxplot* da área abaixo da curva nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda semelhante à da figura 4.2.

Para o tamanho crítico do carácter, na figura 4.4, verifica-se um padrão semelhante ao da área abaixo da curva, onde as diferenças encontradas são exatamente entre as mesmas condições óticas que anteriormente. Também o mesmo se verifica para os valores da acuidade de leitura apresentados na figura 4.5.

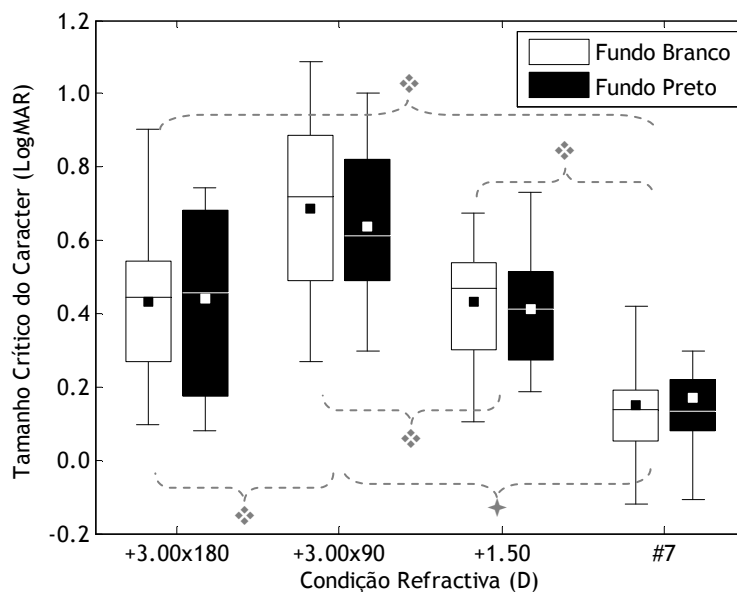


Figura 4.4 - *Boxplot* do tamanho crítico do carácter nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda semelhante à da figura 4.2.

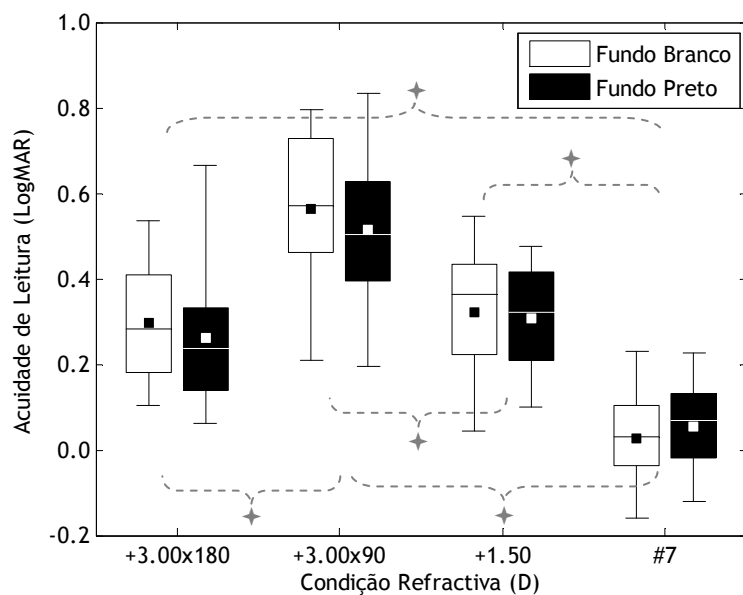


Figura 4.5 - *Boxplot* da acuidade de leitura nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda semelhante à da figura 4.2.

Por último, apesar de a acuidade visual não ser uma variável de leitura, o comportamento das condições óticas mantém-se. Na figura 4.6 observam-se diferenças estatisticamente significativas entre todas as condições óticas exceto entre o +3.00x180 e a esfera de +1.50D.

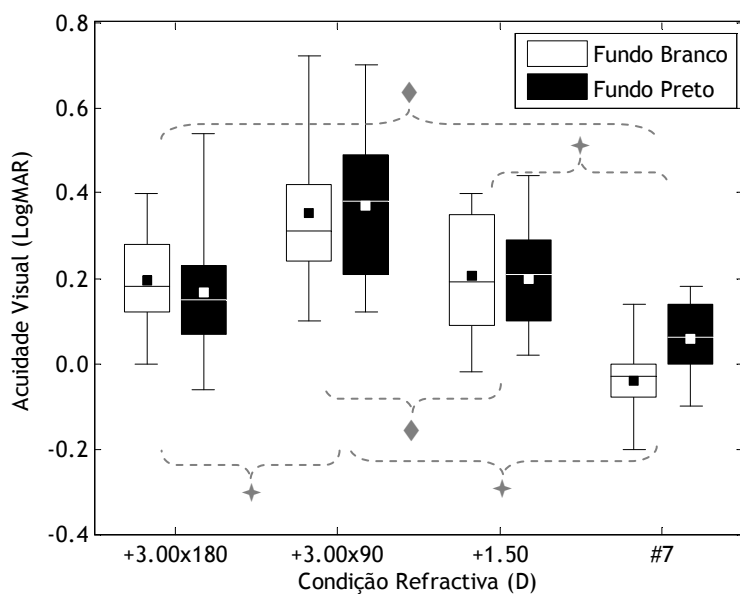


Figura 4.6 - *Boxplot* da acuidade visual nas várias condições refrativas em fundo branco e fundo preto. Legenda semelhante à da figura 4.2.

A existência de uma diferença estatisticamente significativa na acuidade visual obtida em fundo branco e em fundo preto em condições de foco, veio contradizer os valores obtidos por Whesteimer, onde este verificou não existir diferenças significativas da AV entre fundos. Para clarificar os valores obtidos foi realizada uma experiência adicional por forma a avaliar o efeito da luminância na AV, uma vez que Whesteimer não faz referência aos valores de luminância utilizados. Contudo, Johnson já tinha verificado existir alguma variação na AV com a utilização de diferentes luminâncias. Contudo, Johnson trabalhou com valores de luminância bastante inferiores aos desta experiência (75; 7.5; 0.75 e 0.075 cd/m²). (12,9)

4.1.3 - Experiência I b)

De forma a avaliar o impacto causado pela variação da luminância, os valores de acuidade visual foram calculados com uma precisão de 0.02 logMar, visto cada linha ser composta por 5 letras em passos de 0.10 logMar. Assim, o valor médio de acuidade visual obtido para cada fundo e para cada um dos filtros utilizados encontra-se na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Valores médios e desvios-padrão de acuidade visual em fundo branco e em fundo preto.

Condição de luminância	AV em fundo branco (logMAR)	AV em fundo preto (logMAR)
Sem filtro	-0.09±0.08	-0.03±0.08
Filtro DN=1	-0.08±0.08	-0.09±0.06
Filtro DN=2	-0.04±0.10	-0.03±0.11
Filtro DN=3	0.11±0.13	0.16±0.16

Observou-se uma relação direta entre a diminuição da luminância e a capacidade de discriminação do detalhe (AV) para ambos os fundos testados. Verificou-se ainda que a AV tende a igualar-se em ambos os fundos com a diminuição da luminância com filtros de densidade neutra de 1.0 e 2.0, o que vai de encontro aos achados de estudos como os de Whesteimer, mas começa novamente a distanciar-se com o filtro de densidade neutra de 3.0. O teste de Shapiro-Wilk apresentou um nível de significância superior a 0.05 para todas as condições, exceto para o fundo branco na presença do filtro de densidade neutra de 1.0 onde o valor-p foi de 0.034. Contudo, como a assimetria e o achatamento apresentaram valores de 0.58 e 1.121 respetivamente, os valores obtidos foram analisados com recurso a testes paramétricos.

A aplicação da ANOVA de medidas repetidas a 2 factores (fundo e luminância) apresentou os valores da tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Estatística de teste (F) e valores-p da ANOVA de medidas repetidas a 2 fatores (fundo e luminância)

Acuidade visual	
Fundo	F(1,14)=7.916 p=0.014
Luminância	F(3,42)=49.180 p<0.001
Fundo vs Luminância	F(3,42)=3.486 p=0.054

Os resultados indicam que existe influência da variação do fundo na AV assim como existe influência da variação da luminância. Por outro lado, não existem interações significativas entre os níveis de luminância e os dois fundos testados. Contudo a proximidade do valor-p do significado estatístico ($p<0.05$) indica que algum dos fundos se apresenta diferente para um determinado nível de luminância.

Para determinação do efeito do fundo em cada um dos diferentes níveis de luminância, aplicou-se um *T-test* de amostras emparelhadas que apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p<0.05$) apenas para a condição de luminância máxima, tal como já havia sido obtido nos dados anteriores. A tabela 4.6 apresenta os níveis de significância obtidos para cada condição de luminosidade testada.

Tabela 4.7 - Nível de significância obtido no T-test de amostras emparelhadas para cada condição de luminância

Condição de luminância	Valor-p
Sem filtro	0.003
Filtro DN=1.0	0.683
Filtro DN=2.0	0.830
Filtro DN=3.0	0.109

A figura 4.7 apresenta os *boxplots* com os valores médios e medianos obtidos para cada fundo com as diferentes luminâncias. Observa-se a nítida separação entre os valores na condição de luminância máxima com quase uma linha de AV de diferença. Por outro lado, verifica-se a igualdade de AV com os filtros de DN de 1.0 e 2.0. Contudo, apesar de com o filtro de densidade neutra de 3.0 os valores não apresentarem diferenças estatisticamente

significativas, verifica-se um ligeiro afastamento destes com um aumento do desvio-padrão em ambos os fundos.

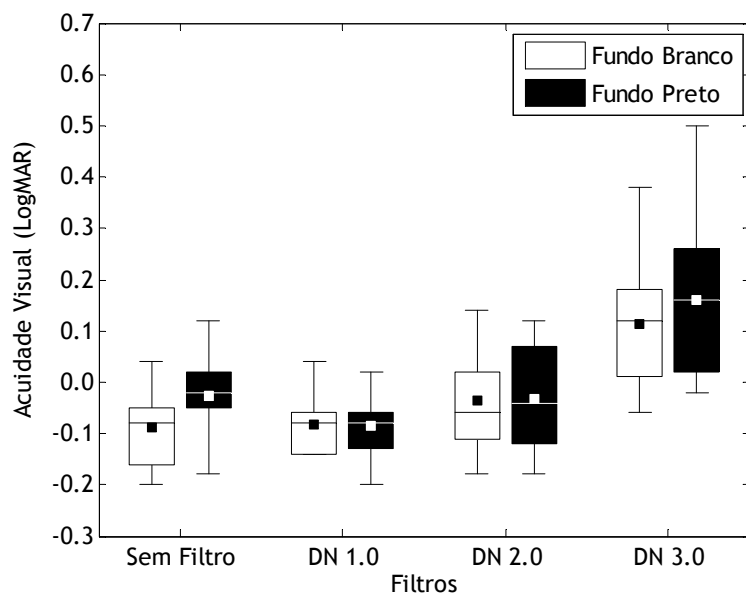


Figura 4.7 - *Boxplot* da acuidade visual obtida com cada filtro de densidade neutra em fundo branco e fundo preto. Os símbolos ■ e □ representam a média e a mediana, respetivamente. As barras verticais correspondem ao desvio-padrão da mediana.

Os dados estatísticos assim como a observação direta do *boxplot* mostraram que a AV medida com inversão de contraste é influenciada pelo nível de luminância quando este é elevado. Estes dados justificam assim as diferenças obtidas na experiência I e que aparentemente contradiziam estudos prévios. Verificou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os dois fundos apenas para o nível mais elevado de luminância. Ao reduzir-se o valor desta, os valores obtidos entre dos dois fundos igualaram-se mostrando-se de acordo com o obtido por Whesteimer na sua experiência realizada em visão próxima. (12)

4.2 - Experiência II

Uma vez que na experiência I se verificaram diferenças entre as diferentes desfocagens induzidas, a experiência II teve como objetivo quantificar o impacto (quantidade de degradação provocada) causado pelo aumento da desfocagem esférica e astigmática na performance de leitura e AV. Apresentou-se como hipótese nula o seguinte pressuposto:

H₀: A quantidade de degradação ótica provocada pelo aumento da desfocagem é diferente para desfocagem esférica e astigmática

Para este propósito os participantes foram testados de forma aleatória em condições de foco, isto é, com a sua melhor correção, com desfocagem esférica de +1.00, +2.00 e +3.00 e com desfocagem astigmática nas mesmas quantidades dióptricas, sendo cada uma delas orientada a 180, 45 e 90.

Uma vez que cada participante leu quatro cartas na condição de foco, duas em cada sessão, verificou-se através do teste de Shapiro-Wilk a normalidade dos dados e em seguida aplicou-se um teste de medidas repetidas para verificação da existência ou não de diferenças estatisticamente significativas entre as várias cartas utilizadas nesta experiência lidas sem desfocagem. Na tabela 4.8 encontram-se as médias e desvios-padrão de cada uma das medidas para cada variável de leitura e AV.

Tabela 4.8 - Médias e desvios-padrão das quatro medidas em condições de foco

Medida	Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (logMAR)	Acuidade de leitura (logMAR)	Acuidade visual (logMAR)
1	127.07±20.49	2.61±0.16	0.13±0.09	0.06±0.08	0.00±0.05
2	120.85±23.03	2.61±0.17	0.12±0.08	0.03±0.07	0.01±0.06
3	120.82±20.63	2.62±0.17	0.11±0.07	0.02±0.07	0.00±0.05
4	125.01±21.82	2.61±0.18	0.12±0.09	0.04±0.08	0.01±0.07

Para determinação da degradação causada pelo aumento dióptrico da desfocagem, quer esférica quer astigmática, é necessário ter um valor de *baseline*, ou seja, é necessário saber a melhor performance obtida pelos indivíduos para perceber a degradação provocada.

Uma vez que cada participante leu 4 cartas sem desfocagem, compararam-se as medidas duas a duas para cada variável e verificou-se não existirem diferenças estatisticamente significativas para nenhuma delas. Assim, para os restantes cálculos e efeitos de comparações

com as condições de desfocagem, foi determinada a média das quatro medidas para cada variável e foi escolhida o valor mais próximo da média como *baseline*.

Na tabela 4.9 encontram-se os valores obtidos para cada variável em condições de desfocagem e a condição de foco resultante do cálculo médio anterior.

Tabela 4.9 - Média e desvio-parão para cada variável com as diferentes condições refrativas

Condição óptica		Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (logMAR)	Acuidade de leitura (logMAR)	Acuidade visual (logMAR)
Foco	±0.00	125.01±21.82	2.61±0.16	0.12±0.09	0.04±0.08	0.01±0.06
Esfera	+1.00	114.62±17.84	2.39±0.16	0.19±0.09	0.13±0.08	0.08±0.09
	+2.00	102.32±19.47	2.03±0.28	0.39±0.17	0.28±0.14	0.20±0.15
	+3.00	98.77±29.70	1.57±0.35	0.64±0.29	0.54±0.21	0.34±0.20
180	+1.00	118.67±21.56	2.49±0.22	0.18±0.11	0.09±0.10	0.04±0.06
	+2.00	113.61±20.75	2.36±0.21	0.22±0.11	0.15±0.10	0.09±0.07
	+3.00	97.30±20.17	2.19±0.25	0.31±0.16	0.23±0.14	0.14±0.11
Cilindro 90	+1.00	114.68±19.19	2.34±0.17	0.21±0.08	0.14±0.08	0.07±0.07
	+2.00	108.78±17.45	1.92±0.28	0.44±0.19	0.36±0.15	0.24±0.14
	+3.00	107.52±30.80	1.67±0.32	0.62±0.27	0.48±0.17	0.35±0.14
45	+1.00	122.36±17.47	2.40±0.20	0.21±0.10	0.15±0.10	0.12±0.09
	+2.00	109.24±21.09	2.13±0.20	0.34±0.14	0.27±0.11	0.19±0.12
	+3.00	101.08±22.19	1.92±0.35	0.48±0.23	0.36±0.17	0.21±0.14

O teste de verificação de normalidade de Shapiro-Wilk apresentou um nível de significância superior a 0.05 para todas as condições óticas ao nível da velocidade de leitura. Para o tamanho crítico do caracter o valor-p foi superior a 0.05 para todas as condições exceto para +1.00x180 ($p=0.029$) e para +1.00x45 ($p=0.004$). A acuidade de leitura apresentou-se como não paramétrica para as condições +2.00x180 ($p=0.026$) e +2.00 ($p=0.015$). A área abaixo da curva apresentou um valor-p inferior a 0.05 apenas para a condição esférica de +2.00 D ($p=0.001$).

Por fim, a acuidade visual apresentou um nível de significância superior a 0.05 para todas as condições óticas.

Contudo, analisando os valores absolutos de assimetria das variáveis que não seguem distribuição normal, foi possível aplicar, no seu conjunto, estatística paramétrica, nomeadamente a ANOVA.

De forma a quantificar a degradação visual causada pelo aumento da potência dióptrica da desfocagem e pela variação do eixo do astigmatismo, determinou-se o declive da reta de ajuste aos pontos obtidos para cada condição ótica em cada indivíduo, como se observa no

exemplo da figura 4.8. A média dos declives obtidos para os 32 observadores encontra-se na tabela 4.10.

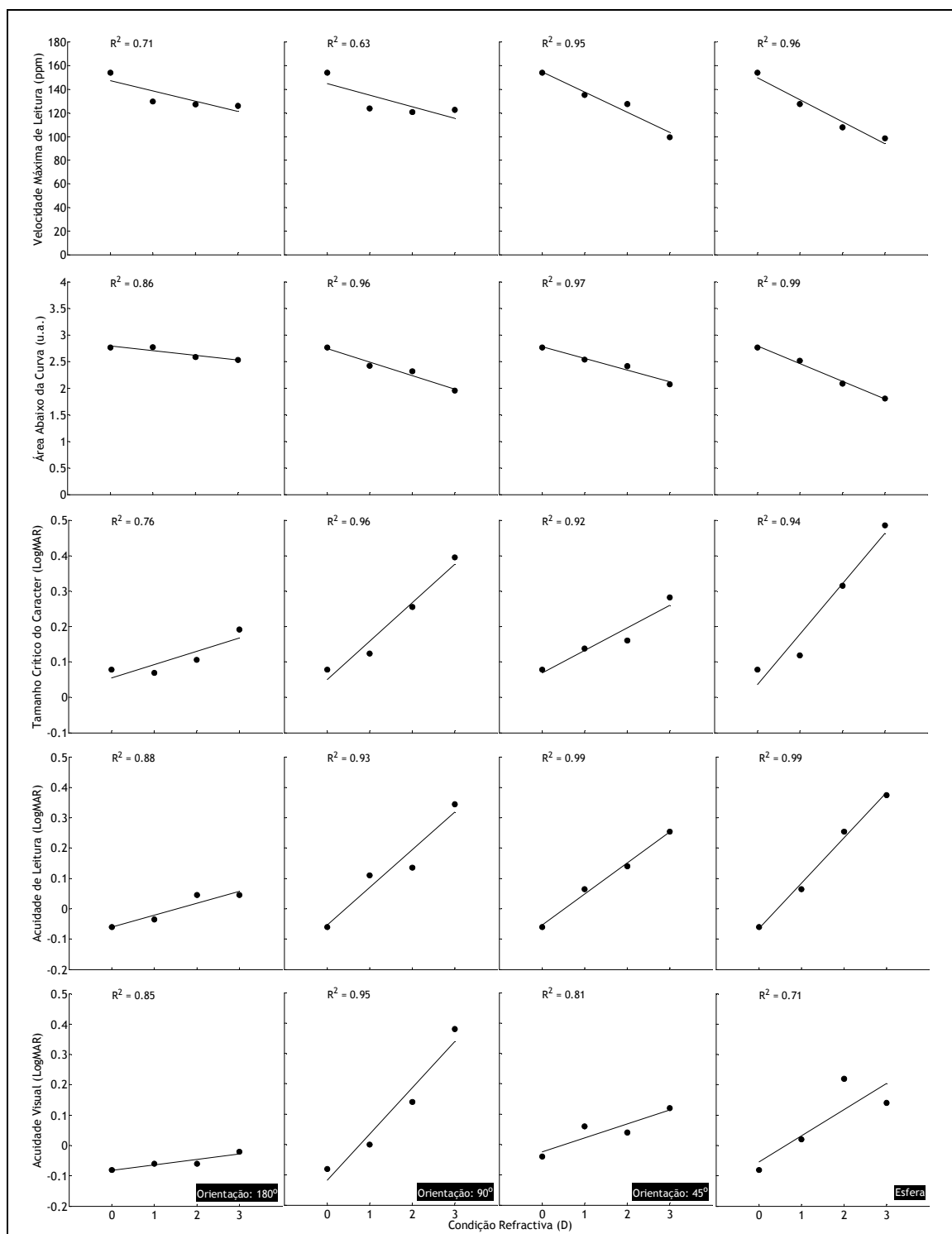


Figura 4.8 - Exemplo da degradação ótica provocada pelas diferentes condições refrativas induzidas. Valores obtidos para cada variável com as várias condições óticas, para o observador n°22, com a reta de ajuste e respetivo coeficiente de correlação R^2 .

Tabela 4.10 - Médias e desvios-padrão dos declives das retas de ajuste de cada observador aos valores das várias condições óticas

Condição refractiva	Velocidade máxima de leitura (ppm/D)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (logMar/D)	Acuidade de leitura (logMar/D)	Acuidade visual (logMar/D)
Esfera	-9.10±7.90	-0.35±0.14	0.18±0.11	0.17±0.08	0.12±0.07
Cilindro	180	-8.82±5.44	-0.14±0.07	0.06±0.06	0.07±0.05
	45	-5.84±7.90	-0.32±0.12	0.17±0.10	0.15±0.06
	90	-8.26±6.26	-0.19±0.26	0.14±0.15	0.14±0.18

Observou-se que todos os declives apresentam um valor negativo para a velocidade máxima de leitura, portanto significa que esta diminui à medida de se aumenta a potência dióptrica tanto em esfera como em astigmatismo.

Relativamente à performance visual, medida de forma mais específica pelo tamanho crítico do caracter e de forma mais geral pela área abaixo da curva, verificou-se que o primeiro apresentou um declive positivo assim como a acuidade de leitura e a acuidade visual. Uma vez que são variáveis classificadas numa escala LogMAR, o declive positivo traduz uma redução dos limiares destas variáveis, sugerindo uma degradação da performance visual.

A área abaixo da curva apresentou um declive negativo que indica uma diminuição da performance visual com o aumento da desfocagem, isto porque se trata de uma variável adimensional. Logo, um declive negativo traduz um decréscimo de qualidade na performance.

Em termos estatísticos, a ANOVA de medidas repetidas não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os declives da velocidade máxima de leitura nas várias condições óticas. Este facto permite concluir que a velocidade máxima de leitura é afetada de forma semelhante com o incremento de desfocagem seja qual for a sua característica (esférica ou astigmática) e é independente da orientação do eixo do astigmatismo.

Para o tamanho crítico do carater verificou-se que a degradação provocada pela orientação de 180 é diferente da orientação de 45 ($p=0.019$), da de 90 ($p<0.001$) e da desfocagem esférica ($p<0.001$).

A área abaixo da curva apresentou diferenças entre os declives de 180 quando comparado com o 90 e com o da esfera, com $p<0.001$ em ambas as comparações. A orientação de 45 apresentou um declive diferente do da orientação de 90 e da esfera, com $p=0.033$ e $p=0.021$, respetivamente.

Por último, a acuidade de leitura e a acuidade visual apresentaram o mesmo comportamento, tendo-se verificado que o declive da orientação de 180 apresentou diferenças com o declive

da orientação de 90 e da esfera, sendo $p < 0.001$ em ambas as comparações, tanto na acuidade de leitura como na acuidade visual.

Em termos de percentagem, na tabela 4.11 encontram-se os valores de degradação da performance visual em relação à condição de foco. Isto é, quanto é que a visão piora com cada uma das desfocagens induzidas em relação à melhor performance do indivíduo (sem desfocagem).

Tabela 4.11 - Percentagem de degradação da performance visual provocado pelas várias condições óticas em relação à condição de foco.

Tipo de lente		Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (logMAR)	Acuidade de leitura (logMAR)	Acuidade visual (logMAR)	
Esfera	+1.00	8.31%	8.78%	35.10%	71.74%	63.00%	
	+2.00	18.15%	22.45%	69.24%	87.24%	164.50%	
	+3.00	20.99%	40.04%	81.30%	93.28%	272.50%	
Cilindro	180	+1.00	5.08%	4.79%	33.90%	61.92%	30.50%
		+2.00	9.12%	9.61%	45.37%	76.07%	71.50%
		+3.00	22.17%	16.09%	61.06%	84.63%	109.00%
	90	+1.00	8.26%	10.56%	41.92%	73.71%	59.00%
		+2.00	12.98%	26.60%	72.33%	89.95%	196.00%
		+3.00	13.99%	35.95%	80.42%	92.44%	280.50%
	45	+1.00	2.12%	8.24%	42.87%	75.94%	96.00%
		+2.00	12.61%	18.68%	64.95%	86.55%	152.00%
		+3.00	19.15%	26.51%	74.67%	89.90%	165.50%

4.3 - Experiência III

A última experiência tinha como objetivo verificar a influência da variação da orientação do astigmatismo em intervalos mais pequenos, nomeadamente, em passos de 15 graus, entre os valores de 180 e 90. Uma vez que se encontraram diferenças entre as orientações de 180, 45 e 90, assumiu-se como hipótese nula a existência de diferenças em intervalos mais pequenos.

H₀: A variação de 15° no eixo provoca alterações significativas na performance de leitura

De forma a detetar todas as diferenças existentes foi realizada a refração objetiva e subjetiva com uma precisão de 0.12D, sendo os valores encontrados os que se observam na tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Refração objetiva, subjetiva e respetiva acuidade visual para cada participante

Observador	Refracção objectiva	Refracção subjectiva	AV (logMAR)
SFM	OE: -1.79-0.12x72°	OE: -1.75-0.25x70°	-0.18
PMS	OE: -3.79-1.49x177°	OE: -3.75-1.12x177°	-0.24
FMF	OD: -0.64-0.32x178°	OD: -0.50-0.62x170°	-0.10

Para cada observador após ter sido testado nas condições de +0.50 e +2.00 D e de forma aleatória pelas diferentes orientações do eixo e durante 5 sessões em dias diferentes, encontraram-se os valores médios das variáveis da performance de leitura e AV representados nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15.

4.3.1 - Observador SFM

Os valores médios obtidos pelo observador SFM encontram-se na tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Média e desvio-padrão de cada variável com a variação do eixo do cilindro para o observador SFM. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$) e \blacklozenge ($p < 0.01$) representam as condições óticas cujos dados não seguem distribuição normal.

Potência (DC)	Orientação (°)	Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (LogMAR)	Acuidade de leitura (LogMAR)	Acuidade visual (LogMAR)
	Foco	218.59±4.81	3.01±0.08 \blacklozenge	0.12±0.01	-0.05±0.04	-0.05±0.03
+0.50	180°	197.88±17.42	2.66±0.10	0.20±0.06	0.10±0.04 \blacklozenge	0.08±0.08
	15°	190.46±17.61	2.58±0.07	0.24±0.05	0.13±0.01	0.09±0.06 \blacklozenge
	30°	195.85±15.47	2.66±0.14	0.19±0.10	0.11±0.06	0.06±0.05
	45°	189.18±16.09	2.64±0.12	0.17±0.09	0.11±0.05	0.08±0.06
	60°	193.52±13.17	2.62±0.14	0.21±0.15	0.12±0.05	0.08±0.05
	75°	191.15±14.02	2.64±0.08	0.17±0.04	0.11±0.03	0.09±0.05
	90°	190.75±22.29	2.58±0.09	0.22±0.10	0.14±0.03	0.14±0.05
+2.00	180°	171.00±21.18	2.29±0.12	0.42±0.07	0.29±0.05 \blacklozenge	0.16±0.03
	15°	177.86±13.39	2.17±0.13	0.49±0.08	0.33±0.05	0.22±0.05
	30°	170.18±24.34	2.10±0.10	0.51±0.07	0.35±0.03	0.24±0.08
	45°	168.04±14.69	2.10±0.20	0.47±0.09	0.35±0.08	0.26±0.10
	60°	180.80±20.40	2.00±0.11	0.60±0.09	0.39±0.05	0.28±0.04
	75°	166.43±26.05	2.00±0.12	0.51±0.03	0.38±0.05	0.29±0.08
	90°	167.06±15.25	1.94±0.14	0.51±0.03	0.40±0.05	0.32±0.06

Os dados obtidos para o observador SFM analisados através do teste de Shapiro-Wilk apresentaram um nível de significância superior a 0.05 para as variáveis tamanho crítico do caracter e velocidade máxima de leitura em todas as condições óticas. Para a área abaixo da curva as condições óticas de +0.50x30 ($p=0.026$) e “foco” ($p=0.006$) são as únicas cujo valor-p foi inferior a 0.05.

Em relação à acuidade de leitura apenas a condição ótica de +2.00x180 ($p=0.004$) e +0.50x180 ($p=0.04$) mostraram não seguir uma distribuição normal.

Por fim, na acuidade visual a condição de +0.50x30 apresentou um valor-p de 0.03.

Para verificação da existência de diferenças estatisticamente significativas entre as várias orientações do eixo do astigmatismo aplicou-se o teste ANOVA one-way com as comparações entre os pares de orientações analisadas através do teste *post-hoc* de Tukey.

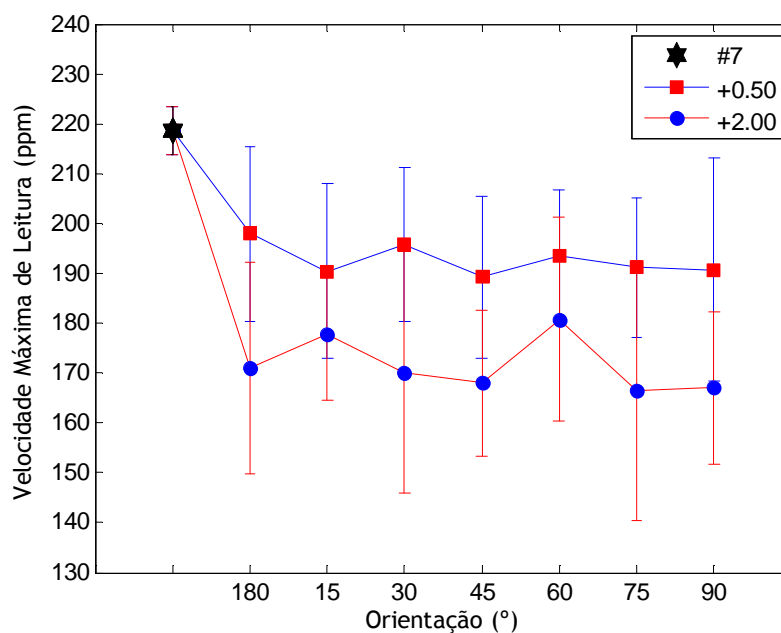


Figura 4.9 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da velocidade máxima de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. O símbolo * refere-se à condição de foco, o ■ representa a condição de +0.50 D e o ● a condição de +2.00 D.

Através da figura 4.9 observa-se a ausência de oscilações acentuadas entre as diferentes orientações do eixo do astigmatismo. Estatisticamente, a comparação múltipla de médias com a correção de Tukey mostrou que para a velocidade máxima de leitura sob a condição de +0.50 D não existem diferenças estatisticamente significativas entre nenhuma das orientações, assim como para a condição de +2.00 D.

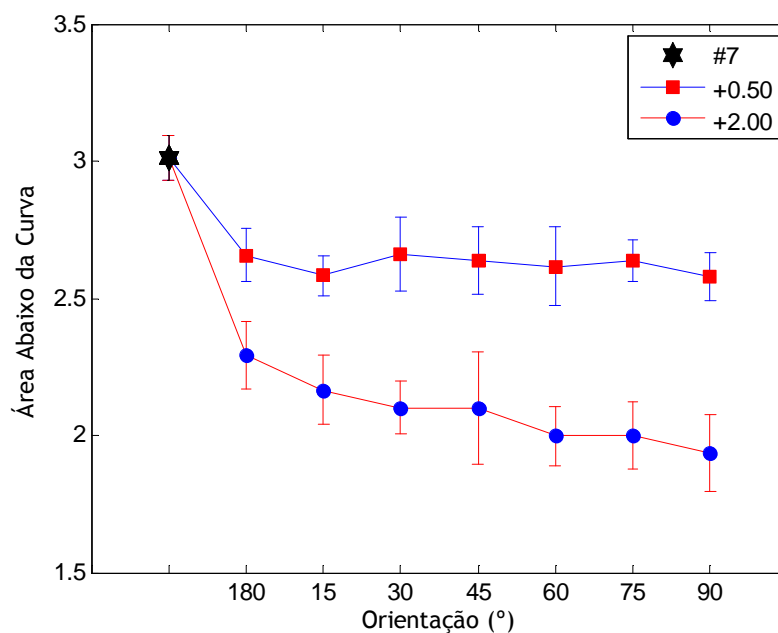


Figura 4.10 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da área abaixo da curva em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.

Na área abaixo da curva, a comparação entre as várias orientações não apresentou diferenças estatisticamente significativas para a desfocagem de +0.50 D.

Por outro lado, a desfocagem de +2.00 D mostrou ser diferente entre as condições de 180 e 60 ($p=0.026$), nas condições de 180 e 75 ($p=0.026$) e entre as condições de 180 e 90 ($p=0.004$).

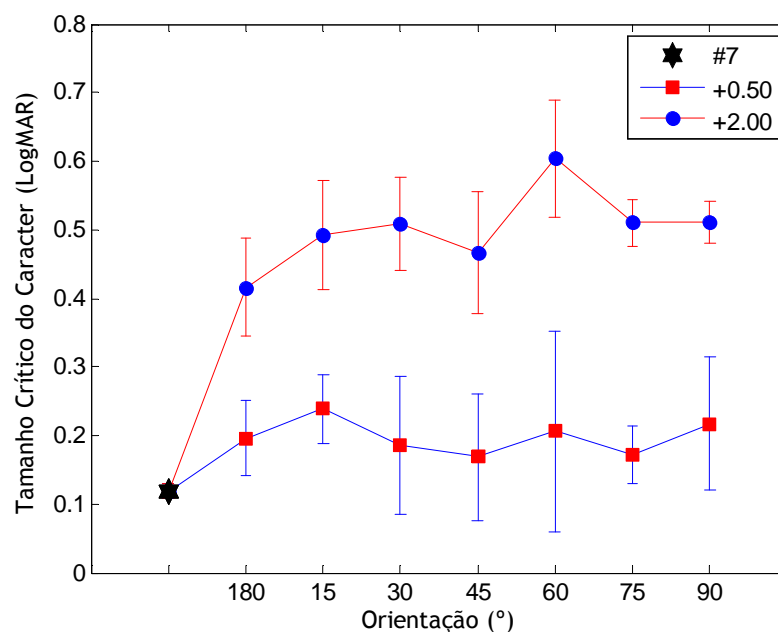


Figura 4.11 - Valores médios e respectivos desvios-padrão do tamanho crítico do caracter em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.

O tamanho crítico do carácter não se mostrou sensível à orientação do eixo com a desfocagem de +0.50, não se tendo encontrado nenhuma diferença estatisticamente significativa.

A desfocagem de +2.00 D mostrou ser diferente apenas entre as desfocagens de 180 e 60 ($p=0.003$).

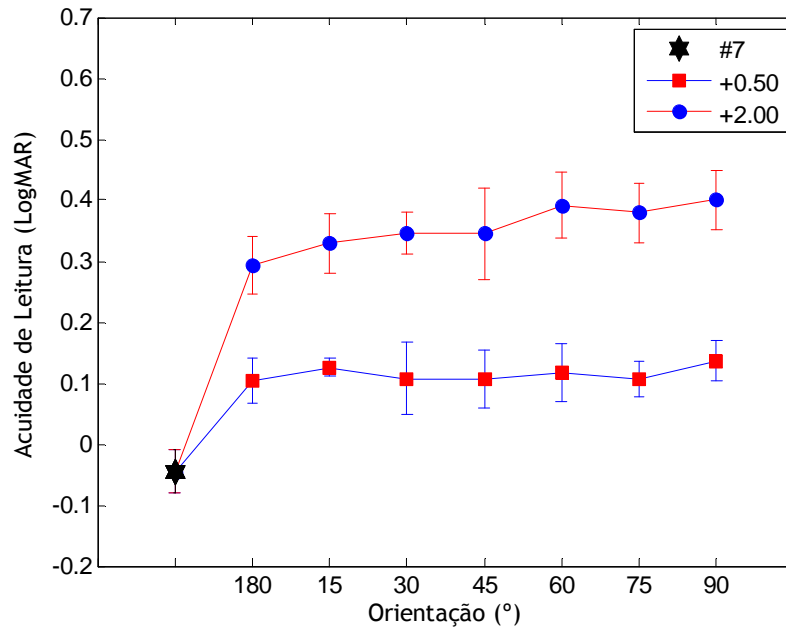


Figura 4.12 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.

A acuidade de leitura apenas apresentou uma diferença estatisticamente significativa entre as orientações de 180 e 90 ($p=0.041$) na desfocagem de +2.00 D.

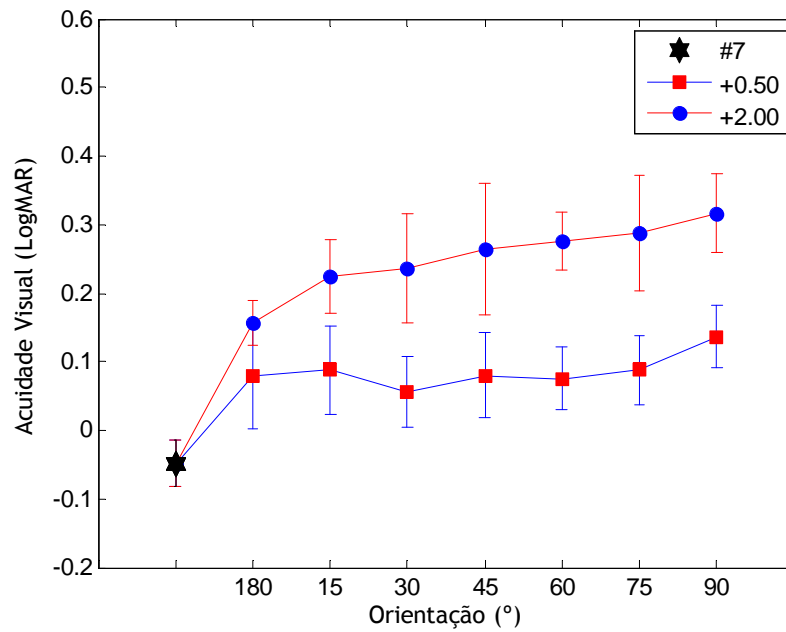


Figura 4.13 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da acuidade visual em cada orientação do astigmatismo para o observador SFM. Legenda igual à da figura 4.9.

Tal como na acuidade de leitura, a acuidade visual apresentou apenas diferenças estatisticamente significativas entre as orientações de 180 e 90 ($p=0.012$) com a condição de +2.00 D.

4.3.2 - Observador PMS

Tal como para o observador SFM, o observador PMS foi testado durante 5 sessões e os valores médios das 5 medidas encontram-se na tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Média e desvio-padrão de cada variável com a variação do eixo do cilindro para o observador PMS. Os símbolos \blacklozenge ($p < 0.05$) e \blacklozenge ($p < 0.01$) representam as condições ópticas cujos dados não seguem distribuição normal.

Potência (DC)	Orientação (°)	Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do carácter (LogMAR)	Acuidade de leitura (LogMAR)	Acuidade visual (LogMAR)
	Foco	144.62±5.57	2.76±0.04	0.18±0.04	0.01±0.02	-0.01±0.07
+0.50	180°	140.25±8.37	2.74±0.03	0.21±0.07	0.00±0.02	0.03±0.04
	15°	129.37±4.62	2.71±0.05	0.16±0.07	0.02±0.03	0.01±0.05
	30°	137.96±10.97	2.67±0.08	0.24±0.09	0.05±0.05	0.07±0.05
	45°	133.79±7.30	2.67±0.11	0.18±0.03	0.05±0.05	0.05±0.05
	60°	131.96±10.93	2.63±0.10	0.16±0.08	0.05±0.06	0.07±0.02
	75°	134.81±3.36	2.63±0.08	0.19±0.07	0.05±0.03	0.04±0.05
	90°	134.76±2.23	2.65±0.04	0.25±0.06	0.07±0.01 \blacklozenge	0.03±0.04 \blacklozenge
	+2.00	180°	133.67±15.64	2.49±0.09	0.21±0.07	0.17±0.03
15°		126.41±6.78	2.41±0.06 \blacklozenge	0.16±0.07	0.18±0.04	0.09±0.09
30°		116.43±6.04	2.29±0.10	0.24±0.09 \blacklozenge	0.23±0.05	0.12±0.11
45°		123.34±8.27	2.45±0.04	0.18±0.03	0.16±0.03	0.08±0.04
60°		120.97±12.71	2.37±0.09	0.16±0.08	0.19±0.06	0.09±0.06
75°		119.29±11.12	2.10±0.16	0.19±0.07	0.30±0.07	0.21±0.06
90°		129.24±15.33	2.16±0.10	0.25±0.06	0.31±0.06	0.26±0.10

Para o observador PMS apenas quatro condições ópticas apresentaram um valor-p inferior a 0.05, isto é, apenas estas não seguiam uma distribuição normal.

A área abaixo da curva na condição de +2.00x15° ($p=0.041$), o tamanho crítico do carácter na condição de +2.00x30° ($p=0.034$) e por fim, a acuidade de leitura e a acuidade visual mostraram um comportamento semelhante na condição de +0.50x90° ($p=0.033$ e $P=0.023$, respetivamente).

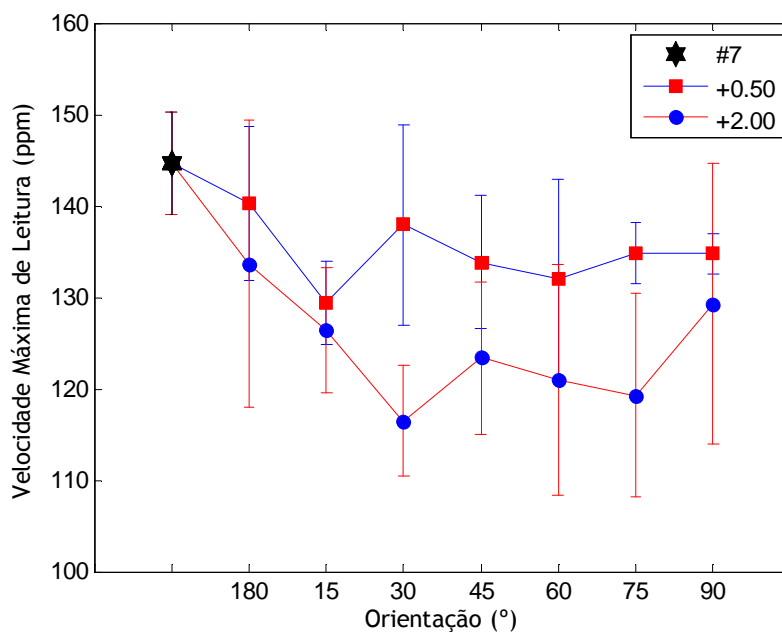


Figura 4.14 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da velocidade máxima de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. O símbolo * refere-se à condição de foco, o ■ representa a condição de +0.50 D e o ● a condição de +2.00 D.

Apesar de graficamente se observarem algumas oscilações no valor médio da velocidade máxima de leitura, quer com a desfocagem de +0.50 quer com a de +2.00 D, essas oscilações foram acompanhadas de desvios-padrão maiores, o que estatisticamente fez com que estas diferenças não apresentassem significado ($p > 0.05$).

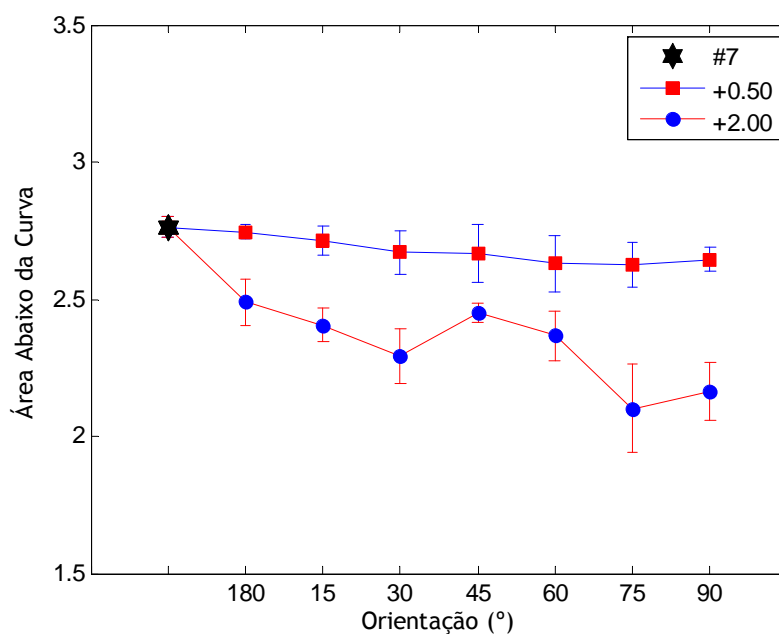


Figura 4.15 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da área abaixo da curva em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.

Como se observa na figura 4.15, os valores obtidos para a área abaixo da curva com a desfocagem de +0.50 D aparentam ser muito semelhantes. Estatisticamente, não foram detetadas quaisquer diferenças entre as várias orientações.

Para a desfocagem de +2.00 D encontraram-se diferenças quando comparada a orientação de 180 com a de 30, 75 e 90 ($p=0.044$; $p=0.000$ e $p=0.000$), entre a orientação de 15 com as de 75 e 90 ($p=0.001$ e $p=0.008$), entre a orientação de 45 com as de 75 e 90 ($p=0.000$ e $p=0.001$) e ainda entre a orientação de 60 e as de 75 e 90 ($p=0.003$ e $p=0.037$).

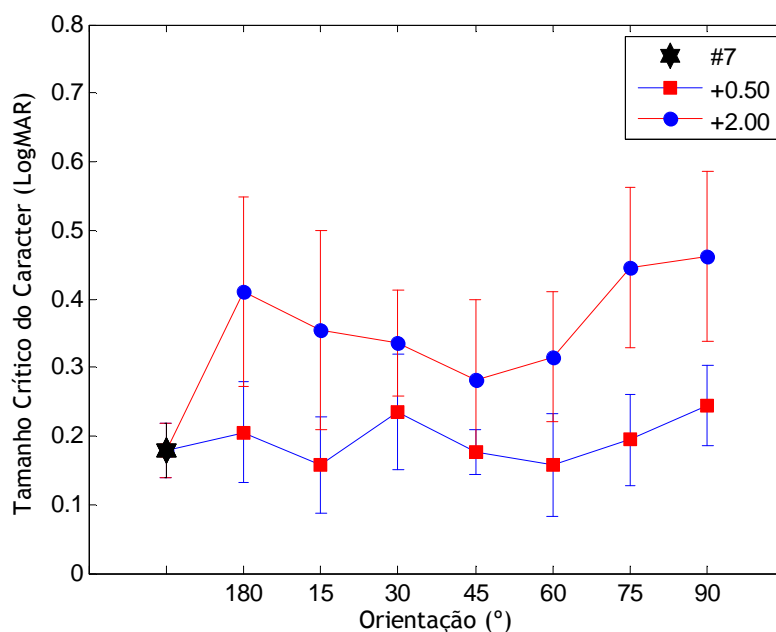


Figura 4.16 - Valores médios e respectivos desvios-padrão do tamanho crítico do caracter em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.

O tamanho crítico do caracter não mostrou ser afetado de forma estatisticamente significativa quando comparadas as várias orientações em qualquer das condições de desfocagem.

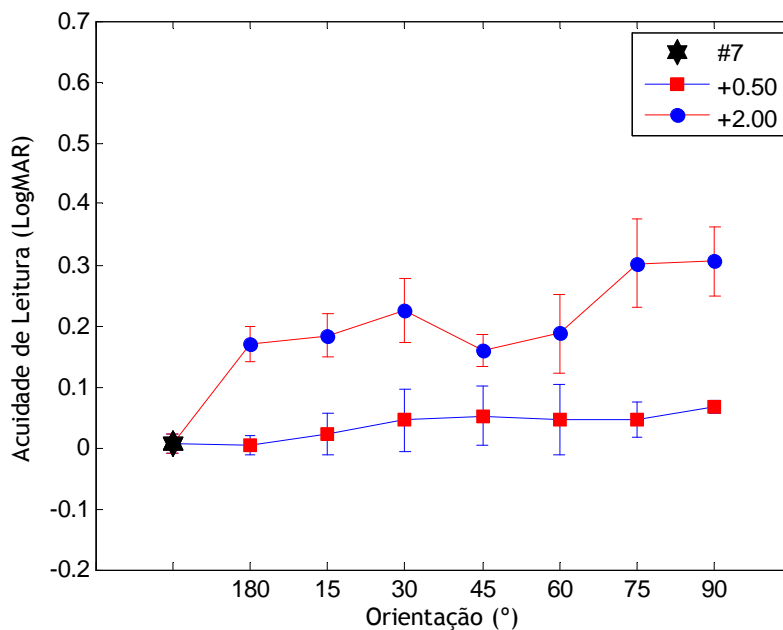


Figura 4.17 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da acuidade de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.

A acuidade de leitura apenas apresentou diferenças estatisticamente significativas na condição de desfocagem de +2.00 D. Aqui a orientação de 75 mostrou-se diferente da de 180 (0.005), 15 (p=0.015), 45 (p=0.002) e 60 (p=0.019), assim como a orientação a 90 que apresentou diferenças comparativamente com a de 180 (p=0.004), 15 (p=0.011), 45 (p=0.001) e 60 (p=0.014).

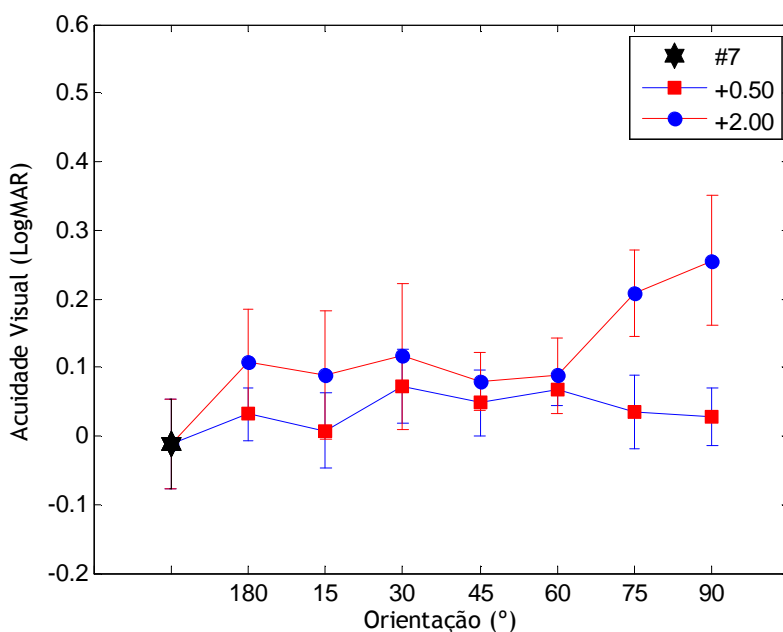


Figura 4.18 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da acuidade visual em cada orientação do astigmatismo para o observador PMS. Legenda igual à da figura 4.14.

A acuidade visual não foi afetada pela orientação do eixo na condição de desfocagem de +0.50 D. Com a desfocagem de +2.00 D apenas a orientação de 90 quando comparada com as de 15 ($p=0.033$), 45 ($p=0.023$) e 60 ($p=0.033$) mostrou ser diferente destas.

4.3.3 - Observador FMF

Os valores médios obtidos para o observador FMF no conjunto das 5 sessões encontram-se na tabela 4.15 com os respetivos desvios-padrão.

Tabela 4.15 - Média e desvio-padrão de cada variável com a variação do eixo do cilindro para o observador FMF. Os símbolos \blacklozenge ($p<0.05$) e \blacklozenge ($p<0.01$) representam as condições ópticas cujos dados não seguem distribuição normal.

Potência (DC)	Orientação (°)	Velocidade máxima de leitura (ppm)	Área abaixo da curva	Tamanho crítico do caracter (LogMAR)	Acuidade de leitura (LogMAR)	Acuidade visual (LogMAR)
	Foco	139.57±7.39	2.81±0.04	0.08±0.04	-0.01±0.02	-0.07±0.01 \blacklozenge
+0.50	180°	142.48±6.86	2.72±0.06	0.15±0.03	0.05±0.03	0.02±0.02 \blacklozenge
	15°	130.97±6.40	2.67±0.08 \blacklozenge	0.15±0.06	0.06±0.03 \blacklozenge	0.02±0.04
	30°	136.45±6.94	2.57±0.11	0.22±0.04	0.14±0.05	-0.02±0.02
	45°	135.09±14.37	2.67±0.02	0.16±0.03	0.09±0.02	0.01±0.02
	60°	140.87±14.75	2.63±0.09	0.17±0.04	0.10±0.03	-0.01±0.03
	75°	135.03±6.69	2.64±0.08	0.16±0.03	0.08±0.03	-0.01±0.04
	90°	131.74±7.91	2.61±0.11	0.19±0.07	0.11±0.05 \blacklozenge	-0.02±0.03
+2.00	180°	122.76±5.94	2.43±0.13	0.37±0.15	0.24±0.05	0.06±0.07
	15°	119.72±7.19 \blacklozenge	2.27±0.15	0.33±0.14	0.27±0.12	0.08±0.05
	30°	123.16±20.48	1.97±0.08	0.51±0.14	0.41±0.05 \blacklozenge	0.14±0.01
	45°	117.96±10.27	1.99±0.16	0.47±0.10	0.39±0.10	0.14±0.04
	60°	118.15±9.89	1.90±0.10	0.49±0.03	0.44±0.03	0.19±0.10
	75°	115.68±12.98	1.72±0.05	0.54±0.09	0.50±0.02	0.28±0.04
	90°	123.21±10.61	1.81±0.11	0.53±0.08	0.46±0.04	0.29±0.09

O teste de Shapiro-Wilk apresentou para a variável velocidade máxima de leitura apenas a condição de +2.00x15° ($p=0.012$) como não paramétrica.

Também na área abaixo da curva apenas a condição de +0.50x15° ($p=0.014$).

A acuidade de leitura apresentou 3 condições que não seguiam uma distribuição normal - $+0.50 \times 15^\circ$ ($p=0.032$), $+0.50 \times 90^\circ$ ($p=0.018$) e $+2.00 \times 30^\circ$ ($p=0.001$).

Por outro lado, na acuidade visual foram as condições de “foco” e de $+0.50 \times 180^\circ$ que não verificaram a condição de normalidade, ambas com $p=0.006$.

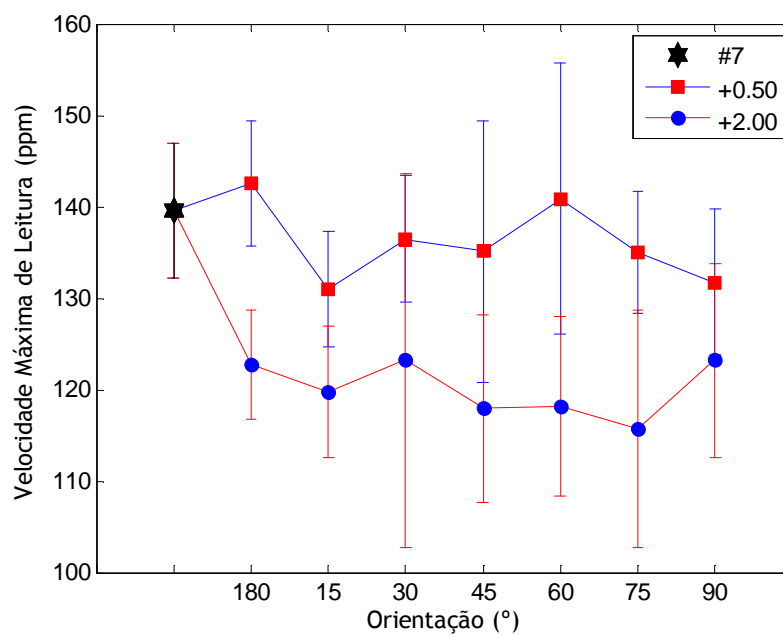


Figura 4.19 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da velocidade máxima de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. O símbolo * refere-se à condição de foco, o ■ representa a condição de +0.50 D e o ● a condição de +2.00 D.

Na velocidade máxima de leitura, as comparações entre as várias orientações não indicaram diferenças estatisticamente significativas para nenhum par quer na desfocagem de +0.50 quer na de +2.00 D.

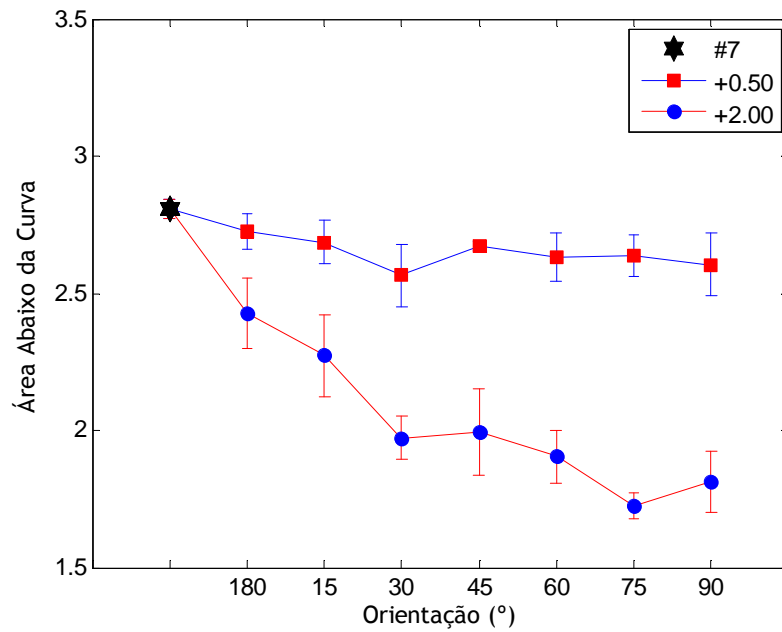


Figura 4.20 - Valores médios e respectivos desvios-padrão da área abaixo da curva em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.

Tal como para os observadores SFM e PMS, com a desfocagem de +0.50 D não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as várias orientações.

Por sua vez, a desfocagem de +2.00 D mostrou que a orientação de 180 é diferente das orientações de 30, 45, 60, 75 e 90 ($p=0.000$). A orientação de 15 apresentou diferenças quando comparada com a de 30 ($p=0.005$), 45 (0.011), 60, 75 e 90 ($p=0.000$) e por fim a orientação de 75 deu diferenças estatisticamente significativas com a de 30 ($p=0.029$) e a de 45 ($p=0.014$).

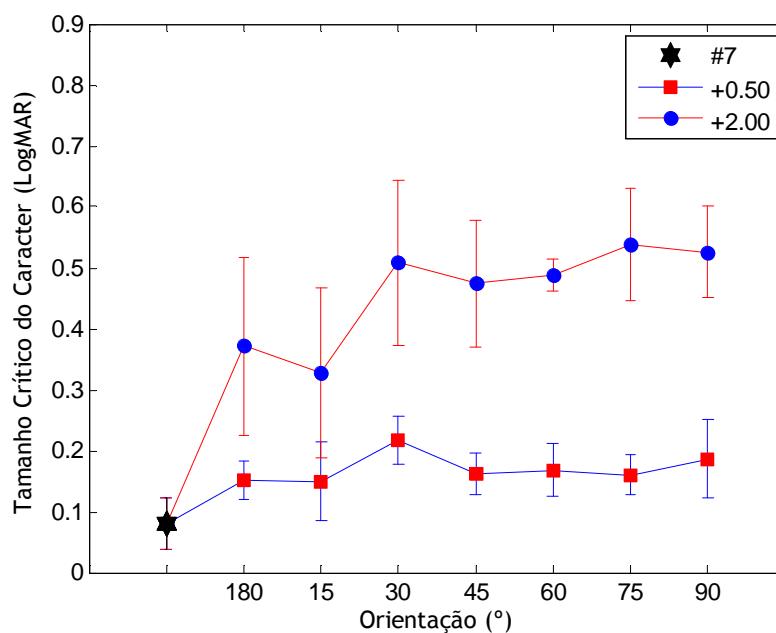


Figura 4.21 - Valores médios e respetivos desvios-padrão do tamanho crítico do caracter em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.

O tamanho crítico do caracter, tal como a velocidade máxima de leitura, para o observador FMF não apresentou diferenças estatisticamente significativas em nenhuma das comparações entre orientações.

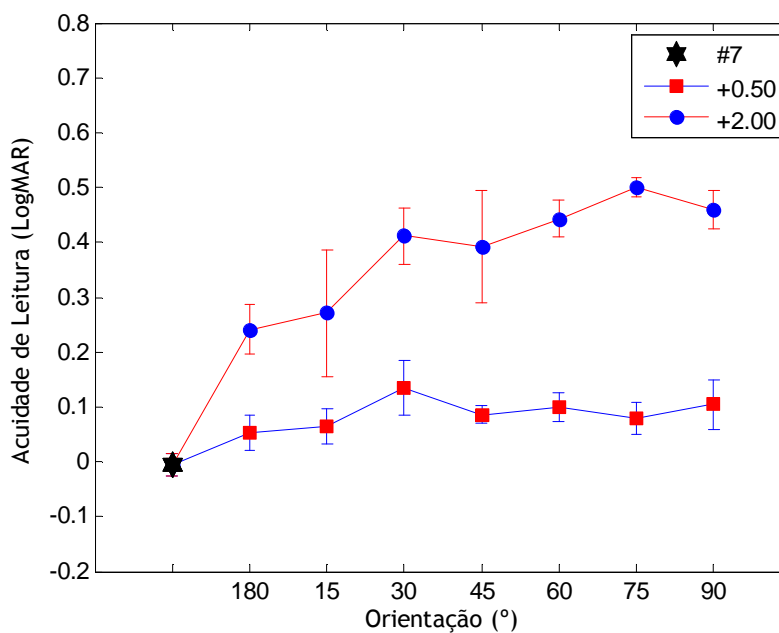


Figura 4.22 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade de leitura em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.

A acuidade de leitura na presença de desfocagem de +0.50 D mostrou ser diferente entre as orientações de 180 e 30 ($p=0.013$) e entre as orientações de 15 e 30 ($p=0.042$).

Com a desfocagem de +2.00 D a orientação de 180 apresentou diferenças com as orientações de 30 ($p=0.006$), 45 ($p=0.019$), 60 ($p=0.001$), 75 ($p=0.000$) e 90 ($p=0.000$). Por sua vez, a orientação de 15 mostrou-se diferente da de 30 ($p=0.033$), 60 ($p=0.005$), 75 ($p=0.000$) e 90 ($p=0.002$).

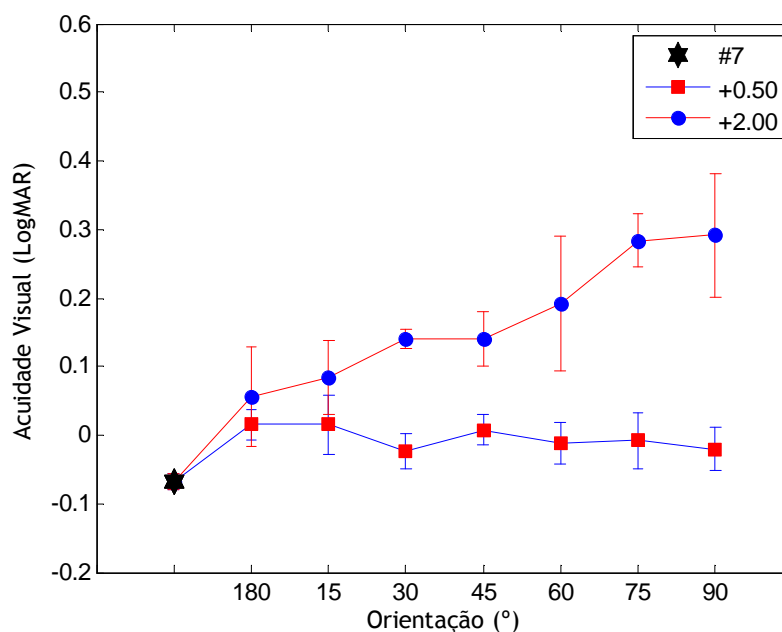


Figura 4.23 - Valores médios e respetivos desvios-padrão da acuidade visual em cada orientação do astigmatismo para o observador FMF. Legenda igual à da figura 4.19.

A acuidade visual medida com a desfocagem de +0.50 D não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes orientações do eixo do astigmatismo.

Como mostra a figura 4.23, a desfocagem de +2.00 D tende a apresentar valores diferentes nas várias orientações. Estatisticamente, encontraram-se diferenças significativas entre a orientação de 75 e as de 180 ($p=0.000$), 15 ($p=0.001$), 30 ($p=0.022$) e 45 ($p=0.022$). Detetaram-se ainda diferenças entre as orientações de 90 e 180 ($p=0.000$), 15 ($p=0.000$), 30 ($p=0.014$) e 45 ($p=0.014$). E por fim entre as orientações de 180 e 60 ($p=0.035$).

Capítulo V - Discussão/Conclusões

5.1 - Experiência I

Os resultados obtidos na experiência I confirmaram a hipótese nula proposta, isto é, confirmaram a ausência de interação do fundo com a performance de leitura. Estes dados vão de encontro ao sugerido por Legge et al em 1985. Este verificou numa experiência com uma pequena amostra de observadores que não existiam diferenças significativas entre os dados obtidos em fundo branco e em fundo preto quando se tratava de observadores com níveis de AV normais. (15)

Por outro lado, a AV medida em condições de foco apresentou diferenças (0.1 LogMAR) quando medida em fundo branco e fundo preto. Este resultado aparentemente veio contrariar o que havia sido referido por Westheimer em 2003, quando no seu estudo apresentou valores semelhantes obtidos nos dois tipos de fundo. (12)

Contudo, anteriormente Legge, citando Tinker (1963), referiu existirem pequenas vantagens na leitura de letras pretas em fundo branco para observadores com visão normal quando se trata de letras pequenas. Esta diferença era justificada com base no nível de iluminação, e, citando Wilcox, no seu estudo da mínima separação de barras, verificou uma maior dependência da luminância para as barras pretas em fundo branco. (15)

Com base nestes pressupostos, a experiência realizada neste estudo para explicar os diferentes valores de AV baseou-se na variação da luminância e respetiva comparação dos valores obtidos em cada fundo. Tal como sugerido pelos vários autores, a luminância influencia a medição de AV quando se comparam os dois fundos, tendo-se verificado a igualdade dos valores e redução de ambos com a redução do valor desta para cerca de 80 cd/m², que foram valores também apresentados por Jonhson. (9)

Com esta experiência I pôde concluir-se que é possível medir na prática clínica a AV tanto em fundo preto como em fundo branco, contudo é necessário ter em conta o tipo de paciente, pois pacientes com baixa visão por opacidades dos meios tendem a apresentar melhor performance em fundo preto, e ainda ter em conta os níveis de luminância do teste, pois mesmo em pacientes com visão normal verificou-se existir em média 0.1 LogMAR de diferença, sendo a melhor performance obtida em fundo branco. Em relação à performance de leitura, não foram detetadas diferenças para os indivíduos com visão normal, mas uma vez que os resultados obtidos no geral são concordantes com a medida de AV, nomeadamente ao nível da acuidade de leitura que é a medida que diretamente se compara com a AV, deverá ter-se em conta o nível de luminância para obtenção de resultados fiáveis.

Quantitativamente, a acuidade de leitura apresenta piores níveis do que a AV tanto em condições de foco como em condições de desfocagem, tal deve-se à complexidade da tarefa

de ler uma palavra inteira comparativamente à identificação de letras espaçadas entre si. A diferença é de aproximadamente 0.10 a 0.15 LogMAR para todas as condições óticas testadas. Esta diferença constante em todas as condições óticas e em ambos os fundos demonstra uma boa fiabilidade da medida, isto é, mostra que é um procedimento que pode ser utilizado como forma de deteção das dificuldades reais sentidas por um individuo com um erro refrativo não compensado.

5.2 - Experiência II

A experiência II mostrou que a degradação ótica causada pela desfocagem esférica é diferente da provocada pela desfocagem astigmática, e esta última ainda é variável consoante a orientação do eixo do astigmatismo. Verificou-se um pior desempenho com a desfocagem esférica, seguido do astigmatismo a 45, 90 e por fim o de 180 com os menores níveis de degradação.

Em 2007, Chung et al conduziram um estudo semelhante utilizado apenas desfocagem esférica entre +0.50 e +3.00 D. Tal como encontrado por Chung, neste estudo observou-se pouco impacto na velocidade máxima de leitura até +2.00 D mas um impacto acentuado com +3.00 D de desfocagem, tendo-se verificado com o valor mais elevado de desfocagem uma degradação de 21% em relação à condição de foco, semelhante aos 23% referidos por Chung et al. (16)

Não se encontra ainda explicado o motivo da diminuição do valor da velocidade máxima de leitura na presença de desfocagem dado que o seu valor corresponde a uma assíntota no gráfico da velocidade de leitura, isto é, uma zona onde a velocidade é constante e não depende do tamanho do carácter. Contudo, Chung avançou refere que este efeito pode estar relacionado com as reversões provocadas pela desfocagem na modulação que levam a que as letras sejam percebidas com alguma distorção, levando assim ao aumento do tempo necessário à leitura.

Ao nível da desfocagem astigmática, Wolffsohn em 2011 verificou que a velocidade de leitura diminui apenas para valores de desfocagem superiores a +3.00 DC. Contudo, neste estudo verificou-se que existe uma diminuição desta, mesmo com +1.00 DC de desfocagem induzida. Em termos médios verificou ainda que a acuidade visual e a acuidade de leitura diminuem cerca de uma linha e meia (0.15 e 0.13 LogMAR, respetivamente) por cada dioptria de desfocagem incrementada. (45) Os valores obtidos neste estudo estão de acordo com os obtidos por Wolffsohn, sendo que a acuidade de leitura apresenta valores médios de maior degradação por dioptria do que a acuidade visual, 0.12 e 0.09 LogMAR, respetivamente. Esta inversão nos resultados deve-se provavelmente ao facto de terem sido usadas palavras aleatórias neste estudo, que leva a que não exista nenhum efeito de “ajuda” na leitura dos parágrafos, contrariamente ao que acontece quando se lêem parágrafos com sentido.

Por outro lado, Wills J et al verificaram que mesmo quantidades mais baixas de astigmatismo (+1.00 DC) provocam alterações na performance visual, tal como encontrado neste trabalho. (46)

Mais recentemente (2012), Kobashi et al realizaram uma experiência semelhante à realizada neste estudo, mas com o uso da carta MNRead Japonesa. Estes verificaram tanto a performance de leitura como a acuidade visual são afetadas pelo aumento de desfocagem dióptrica como pela orientação do eixo. Apesar das diferenças entre a carta MNRead inglesa usada na maioria dos estudos e a carta MNRead Japonesa, os resultados obtidos foram semelhantes, sendo que a única diferença encontrada foi a ausência de diferenças significativas entre os eixos de 180 e 90 na carta Japonesa, mantendo a pior performance na orientação oblíqua do eixo em ambas as cartas. Esta diferença é explicada pelos autores com base nas diferenças linguísticas e de escrita entre as duas línguas, pois enquanto na língua inglesa se escreve na horizontal e com letras constituídas maioritariamente por símbolos verticais, na língua Japonesa escreve-se na vertical e os caracteres são constituídos por traços verticais, horizontais e oblíquos numa quantidade mais homogénea. (7)

Dado que a língua Portuguesa em termos de caracteres e de forma de escrita se assemelha mais à língua Inglesa, podemos concluir que existe uma concordância entre os dados obtidos neste estudo e os dados obtidos pelos outros autores.

Os valores da degradação visual causada por erros refrativos não corrigidos devem ser tidos em conta na prática clínica de Optometria, pois um indivíduo com a mesma quantidade dióptrica não corrigida pode estar apto ou não para determinadas tarefas. Entre essas tarefas salientam-se as condições legais para condução que exigem uma AV mínima de 5/10 binocularmente para condutores de veículos ligeiros. (decreto de lei nº 313/2009 de 27 de outubro) Este valor corresponde a uma AV de 0.30 LogMAR, o que significa que um indivíduo com um erro de +3.00 D ou +3.00x90, com AVs de 0.34 e 0.35 LogMAR respetivamente, se encontra fora dos limites legais para condução, enquanto que um indivíduo com +3.00x180, com uma AV média de 0.14 LogMAR, pode conduzir de forma “legal” sem correcção.

5.3 - Experiência III

A última experiência serviu para testar o impacto da variação do eixo do astigmatismo em intervalos de 15 graus numa quantidade mínima de desfocagem (+0.50 DC) e numa quantidade mais elevada (+2.00 DC). A desfocagem mais baixa foi escolhida por ser um valor comum nas refrações efetuadas na prática clínica e por ser um valor que nem sempre é corrigido através de lentes de contacto ou óculos.

Com base neste pressuposto de valores comuns no dia-a-dia de prática clínica, Atchison testou o efeito de cilindros cruzados de baixa magnitude no valor da AV. Com esta experiência o autor verificou que a melhor AV era obtida com o cilindro orientado a 165° e a

pior na orientação de 60°. (10) Por outro lado, Remón et al num estudo semelhante mas apenas analisando os eixos entre 0° e 90° não detetaram diferenças estatisticamente significativas entre as várias orientações. (44) Este estudo vem assim contradizer vários estudos e inclusivamente este trabalho onde foram detetadas diferenças entre as orientações de 180, 45 e 90.

Nesta experiência em concreto observaram-se comportamentos diferentes entre os 3 observadores, o que vai de encontro ao afirmado por Remón et al quando refere que as diferenças encontradas entre as várias orientações do astigmatismo são muito menores quando comparadas com o efeito provocado pela mesma desfocagem induzida em diferentes olhos. (44) Verificou-se que o observador SFM tende a apresentar pior desempenho a 60° (tamanho crítico do carácter e acuidade de leitura) e a 90° (acuidade de leitura e AV), o observador PMS tende a ter pior desempenho na orientação de 90° e por fim o observador FMF segue a tendência do observador PMS mas apresenta também decréscimo visual a 30° (tamanho crítico do carácter e acuidade de leitura).

Comparando as orientações onde se verificaram piores performances visuais com a orientação do astigmatismo habitual de cada observador, verifica-se que apenas o observador SFM apresenta pior performance nas orientações próximas do seu eixo habitual (-1.75-0.25x70).

Esta experiência mostra-nos que existe de fato diferenças entre as várias orientações do astigmatismo mas mostra também que é necessário ter em conta cada indivíduo em particular e que não se pode generalizar o impacto causado por um astigmatismo, em orientações com intervalos mais específicos (15 graus), não corrigido apenas com base nos valores médios da população.

5.4 - Limitações

Uma vez que este trabalho se baseou na utilização de desfocagens induzidas a principal limitação prende-se com alguma possível adaptação às desfocagens induzidas. Contudo, uma vez que o procedimento começou sempre pela leitura dos parágrafos e acuidade visual no fim, o impacto da adaptação à desfocagem é semelhante em todas as condições testadas. De forma a tentar minimizar este efeito, houve o cuidado de aleatorizar as condições óticas testadas.

Para além da adaptação à desfocagem induzida, os indivíduos foram apenas emetropizados, isto é, foram corrigidas as aberrações de baixa ordem. Dado que todo o conjunto de aberrações de um sistema ótico, nomeadamente do olho humano, afeta a imagem que atinge a retina, é possível que as desfocagens induzidas não se apresentassem nas retinas dos indivíduos de forma exatamente igual, embora estas diferenças sejam pequenas quando comparadas com as quantidades de desfocagem induzida.

Por forma a ser um estudo totalmente comparável com outros, faltou a aplicação de cicloplegia aos pacientes para garantir total relaxamento da acomodação e evitar flutuações no sistema visual. Dado este procedimento não ser possível de efetuar, trabalhou-se a uma distância de 5 metros, contrariamente aos estudos prévios, para tentar manter ao máximo a acomodação relaxada.

Ao nível da experiência III faltou testar as orientações entre 90 e 180 de forma a comparar os valores com as orientações entre 0 e 90 e verificar se seriam condizentes com os achados de Atchison.

5.5 - Futuras linhas de investigação

Visto que vários autores sugerem que o avançar da idade leva a que a acuidade visual apresente melhor valor quando medida em fundo preto, pretende-se comparar de forma mais alargada um grupo de jovens com um grupo de idosos, comparando neste último grupo indivíduos com e sem opacidades mais acentuadas dos meios. Dado que os dados já publicados em poster (poster apresentado em Madrid - em anexo) obtidos por comparação de jovens com indivíduos mais velhos sem opacidades não apresentou diferenças significativas nos valores da AV medidas em ambos os fundos.

Como o observador SFM apresenta pior performance nas orientações próximas do seu eixo habitual, dado que o mesmo não se verifica para os restantes observadores (pior performance no eixo oposto ao seu astigmatismo) e uma vez que apenas o observador SFM não tem este astigmatismo corrigido na graduação que usa no dia-a-dia, poderá estar aqui exposta uma adaptação à desfocagem. Contudo, dado ser uma experiência psicofísica com pouco observadores será necessário de futuro avaliar um grupo de indivíduos com astigmatismo não corrigido em comparação com um grupo de indivíduos com a correção total do seu erro refrativo para se retirarem conclusões.

Bibliografia

- (1) Bailey IL. Visual Acuity. In: Benjamin WJ, editor. Borish's Clinical Refraction. 2nd ed. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinmann Elsevier; 2006. p. 237-9
- (2) Mansfield JS, Legge GE, Luebker A, Cunningham K. MNREAD acuity charts - Continuous-text reading-acuity charts for normal and low vision. 1994. [citado 2012 Fev 27] Disponível em: URL: http://gandalf.psych.umn.edu/groups/gellab/MNREAD/set_up.html
- (3) Alabdulkader B, Leat SJ. Reading in children with low vision. J Optom 2010;3(2):68-73
- (4) Garzia RP, Franzel AS. Refractive status, binocular vision, and reading achievement. In: Garzia RP, editor. Vision and reading. St Louis: Mosby; 1996. p. 111
- (5) Legge GE, Ross JA, Luebker A, Lamay J. Psychophysics of Reading: VIII. The Minnesota Low-Vision Reading Test. Optometry Vision Sci 1989;66:843-853
- (6) Serra PM, Cox MJ, Chisholm CM, Mateus SF, Ferreira FM. Repeatability of the portuguese MNRead chart. VIII Iberoamerican Optics Meeting & XI Latinamerican Meeting on Optics, Lasers and Applications. Conference Booklet. Costa MF (ed.); 2013, 22-26 July; University of Porto, Portugal. 2013. Paper RIA100-513
- (7) Kobashi H, Kamiya K, Shimizu K, Kawamorita T, Uozato H. Effect of axis orientation on visual performance in astigmatic eyes. J Cataract Refract Surg 2012 Aug; 38:1352-59
- (8) Optical Society of America. Whestheimer G. Visual Acuity and Hiperacuity. In: Bass M, editor. Handbook of optics. China: The McGraw-Hill Companies; 2010. (Vision and vision optics; vol 3)
- (9) Johnson CA, Casson EJ. Effect of luminance, contrast, and blur on visual acuity. Optometry Vision Sci 1995;72(12):864-9
- (10) Atchison DA, Mathur A. Visual acuity with astigmatic blur. Optom Vis Sci 2011 Jul; 88(7):798-805
- (11) Westheimer G. Visual acuity with reversed-contrast charts: I. Theoretical and psychophysical investigations. Optometry and Vision Science. 2003. 80(11):p.745-8
- (12) Westheimer G, Chu P, Huang W, Tran T, Dister R. Visual acuity with reversed-contrast charts: II. Clinical investigation. Optometry and Vision Science. 2003. 80(11):p.749-52

- (13) DeCarlo DK, Woo S, Woo GC. Patients with low vision. In: Benjamin WJ, editor. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinemann Elsevier; 2006. p. 1594-7
- (14) Rosenthal BP. The function-based low vision evaluation. In: Rosenthal BP, editor. *Functional assessment of low vision*. St Louis: Mosby; 1996. p.2-5
- (15) Legge GE, Pelli DG, Rubin GS, Schleske MM. Psychophysics of reading I: Normal Vision. *Vision Research*. 1985. 25(2):239-52
- (16) Chung STL, Jarvis SH, Cheung SH. The effect of dioptric blur on reading performance. *Vision Res* 2007;47:1584-94
- (17) Rubin GS, Legge GE. Psychophysics of Reading: VI. The Role of Contrast in Low Vision. *Vision Res* 1989;29(1):79-91
- (18) Legge GE, Rubin GS, Luebker A. Psychophysics of Reading: V. The Role of Contrast in Normal Vision. *Vision Res* 1987;27(7):1165-77
- (19) Rubin GS, Legge GE. Psychophysics of reading VI: The role of contrast in low vision. *Vision Research*. 1989. 29(1):79-91
- (20) Legge GE, Rubin GS, Pelli DG, Schleske MM. Psychophysics of reading II: Low Vision. *Vision Research*. 1985. 25(2):253-66
- (21) Castro CTM, Kallie CS, Salomão SR. Elaboração e validação de tabela MNREAD para o idioma português. *Arq Bras Oftalmol* 2005;68(6):777-83
- (22) Virigili G, Cordaro C, Bigoni A, Crovato S, Cecchini P, Menchini U. Reading acuity in children: Evaluation and reliability using MNREAD charts. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45(9):3349-54
- (23) Mataftsi A et al. Development and validation of the Greek version of the MNRead acuity chart. *Clin Exp Optom* 2013 Jan;96(1):25-31
- (24) İDİL SA, Çalişkan D, İDİL NB. Development and validation of the Turkish version of the MNREAD visual acuity charts. *Turk J Med Sci* 2011;41(4):565-70
- (25) Mansfield JS, Legge GE. The MNREAD acuity chart. In: Legge GE, editor. *Psychophysics of reading in normal and low vision*. New Jersey (EUA): Lawrence Erlbaum Associates, Inc; 2007. p. 167-170

- (26) Radner W, Obermayer W, Richter-Mueksch S, Willinger U, Velikay-Parel M, Eisenwort B. The validity and reliability of short German sentences for measuring reading speed. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002;240:461-67
- (27) Sifter E et al. Reliability of a standardized reading chart system: variance component analysis, test-retest and inter-chart reliability. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004;242:31-39
- (28) Maaijwee K, Mulder P, Radner W, Meurs JCV. Reliability testing of the Dutch version of the Radner Reading Charts. *Optom Vis Sci* 2008 May;85(5):353-58
- (29) Hahn GA et al. New standardised texts for assessing reading performance in four European languages. *Br J Ophthalmol* 2006;90:480-4
- (30) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986 Feb 8;1(8476):307-10
- (31) Bland JM, Altman DG. Statistics notes: Measurement error. *BMJ* 1996;343:744-53
- (32) Subramanian A, Pardhan S. The Repeatability of MNREAD Acuity Charts and Variability at Different Test Distances. *Optom Vis Sci* 2006 Ago;83(8):752-76
- (33) Subramanian A, Pardhan S. Repeatability of reading ability indices in subjects with impaired vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:3643-7
- (34) Patel PJ, Chen FK, Cruz L, Rubin GS, Tufail A. Test-retest variability of Reading performance metrics using MNREAD in patients with age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011 May; 52(6):3854-59
- (35) Lang GK. Optics and refractive errors. In: Lang GK, editor. *Ophthalmology - A pocket textbook atlas*. 2nd ed. Stuttgart (Germany): Thieme; 2006. p.451
- (36) Rosenfield M. Refractive status of the eye. In: Benjamin WJ, editor. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinmann Elsevier; 2006. p. 11-2
- (37) Newman JM. Analysis, interpretation & description for the ametropias & heterophorias. In: Benjamin WJ, editor. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinmann Elsevier; 2006. p. 992-1000
- (38) Farbrother JE, Welsby JW, Guggenheim JA. Astigmatic axis is related to the level of spherical ametropia. *Optom Vis Sci* 2004 Jan;81(1):18-26
- (39) Goss DA. Development of the ametropias. In: Benjamin WJ, editor. *Borish's Clinical Refraction*. 2nd ed. St. Louis, Missouri: Butterworth-Heinmann Elsevier; 2006. p. 75, 80-4

- (40) Dobson V, Fulton AB, Sebris AL. Cycloplegic refractions of infants and young children: the axis of astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984 Jan;25:83-87
- (41) Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R, Peixoto-de-Matos SC, Méijome JMG, Cerviño A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2009 Jan; 35:70-75
- (42) Garzia RP, Franzel AS. Refractive status, binocular vision, and reading achievement. In: Garzia RP, editor. *Vision and reading*. St Louis: Mosby; 1996. p. 114-15
- (43) Reich LN, Ekabutr M. The effect of optical defocus on the legibility of the tumbling-E and Landolt-C. *Optom Vis Sci* 2002 Jun;79(6):389-193
- (44) Remón L, Tornel M, Furlan WD. Visual acuity in simple myopic astigmatism: influence of cylinder axis. *Optom Vis Sci* 2006 May;83(5):311-15
- (45) Wolffson JS, Bhogal G, Shah S. Effect of uncorrected astigmatism on vision. *J Cataract Refract Surg* 2011 Mar; 37:454-60
- (46) Wills J et al. Effect of simulated astigmatic refractive error on reading performance in the young. *Optom Vis Sci* 2012 Mar;89(3):1-5
- (47) Sawides L, Marcos S, Ravikumar S, Thibos L, Bradley A, Webster M. Adaptation to astigmatic blur. *J Vision* 2010 Oct;10(12):1-15
- (48) Khan KA, Dawson K, Mankowska A, Cufflin MP, Mallen EAH. The time course of blur in emmetropes and myopes. *Ophthalmic Physiol Opt* 2013;33:305-10
- (49) Mon-williams M, Tresilian JR, Strang NC, Kochhar P, Wann JP. Improving vision: neural compensation for optical defocus. *Proc R Soc Lond B* 1998;265:71-7
- (50) Webster MA, Webster SM, MacDonald J, Bahradwadj SR. Adaptation to blur. In: Rogowitz B, Pappas T, editors. *Human vision and electronic imaging VI - SPIE Proceedings* 2001. p. 4299-05
- (51) Poulere E, Moschandreas J, Kontadakis GA, Pallikaris IG, Plainis S. Effect of blur and subsequent adaptation on visual acuity using letter and Landolt C charts: differences between emmetropes and myopes. *Ophthalmic Physiol Opt* 2013;33:130-7
- (52) Valle-Inclán F, Blanco MJ, Soto D, Leirós L. A new method to assess eye dominance. *Psicológica* 2008;29:55-64
- (53) Whitakker SG, Lovie-Kitchin J. Visual requirements for reading. *Optom Vis Sci* 1993;70(1):54-65

- (54) Cheung SH, Kallie CS, Legge GE, Cheong AMY. Nonlinear Mixed-Effects Modeling of MNREAD Data. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008 Feb;49(2):828-35
- (55) Marôco J. Análise estatística com o SPSS Statistics. 5ª ed. Pero Pinheiro (Portugal): Report Number; 2011. p. 187
- (56) Campbel FW, Green DG. Optical and retinal factors affecting visual resolution. J Physiol 1965;181:576-93
- (57) Thibos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: An application of Fourier Analysis to the description and statistical analysis of refractive error. Optometry and Vision Science. 1997. 74(6): p.367-375
- (58) Marôco J. Análise estatística com o SPSS Statistics. 5ª ed. Pero Pinheiro (Portugal): Report Number; 2011. p. 22

Anexos

1. Parecer da Comissão de Ética
2. Trabalhos apresentados no âmbito da dissertação

Anexo 1 - Parecer de aprovação da Comissão de Ética



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PARECER

Processo: CE-FCS-2012-025

Data entrega processo: 27/10/2012

Data conclusão processo: 06/02/2013

Tema Projecto/Proponente: “O efeito da desfocagem esférica e astigmática na velocidade de leitura” – Exma. Sra. Sofia Filipa Cruz Mateus

Exmo. Sr. Presidente da Faculdade de Ciências da Saúde

Apreciado o pedido referente ao processo acima mencionado esta Comissão não detectou matéria que ofenda os princípios éticos.

Covilhã, 6 Fevereiro 2013

O Presidente da Comissão de Ética
Prof. Doutor José Martinez de Oliveira



O Vice-Presidente da Comissão de Ética
Prof. Doutor Joaquim Viana

Anexo 2 - Trabalhos apresentados no âmbito da dissertação

- Poster: “Letter Discrimination and Reading Performance under Spherical and Astigmatic Blur, using “Roman” Alphabet”

Poster apresentado no meeting anual da Academia Europeia de Optometria e Óptica (EAOO) em Málaga (19 a 21 de Abril de 2013). Trabalho distinguido com o prémio New Researcher Prize.

- Poster: “Reading with astigmatism; does blur orientation matter?”

Poster apresentado na VIII Iberoamerican Optics Meeting & XI Latinamerican Meeting on Optics, Lasers and Applications no Porto (22 a 26 de Julho de 2013).

- Comunicação Oral nas Conferências Abertas de Optometria da APLO

Comunicação oral na conferência anual da Associação de Profissionais Licenciados em Optometria realizada em Coimbra (17 e 18 de Novembro de 2013).

- Poster: “Variación de la agudeza visual de lejos com la luminância utilizando cartas polaridade inversa”

Poster apresentado no 23º Congresso Internacional de Optometria, Contactología y Óptica Oftálmica em Madrid (4 a 6 de Abril de 2014).

- Poster: “Changes in Reading Performance with Astigmatic Axis”

Poster apresentado no encontro anual da Academia Europeia de Optometria e Óptica (EAOO) em Varsóvia (15 a 18 de Maio de 2014).

Letter Discrimination and Reading Performance under Spherical and Astigmatic Blur, using "Roman" Alphabet

S. Mateus¹, F. M. Ferreira¹, P. M. Serra^{1,2}
 ☐ sofiah_23@hotmail.com

¹University of Beira Interior; Physics Department; Remote Sensing Unit; Covilhã, PT
²Bradford School of Optometry and Vision Science; University of Bradford; UK



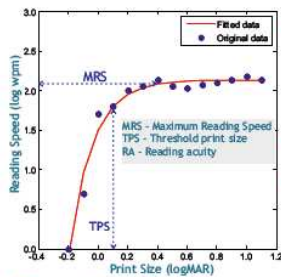
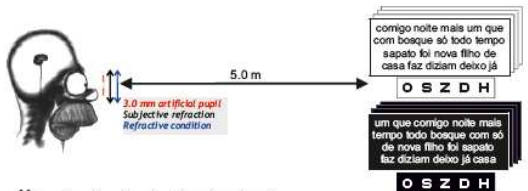
Introduction

Under astigmatic blur, visual performance assessed as visual acuity or as reading ability is degraded differently depending on the level of blur as well as blur orientation^{1,2}. Also, other common daily tasks such as mobile phone viewing show dependency on the magnitude and orientation of the astigmatic blur³. The blur effect on these tasks, is intrinsically dependent on the interaction between object characteristics and blur pattern on the retina. In occidental culture where Roman alphabet prevails and sentences are written horizontally, it can be hypothesized that visual performance is dependent on the astigmatic axis.

This work evaluated the effect of astigmatic axis orientation and the combined effect of blur and letter contrast using a standard clinical technique, distance visual acuity (VA) and a distance reading task.

Methods

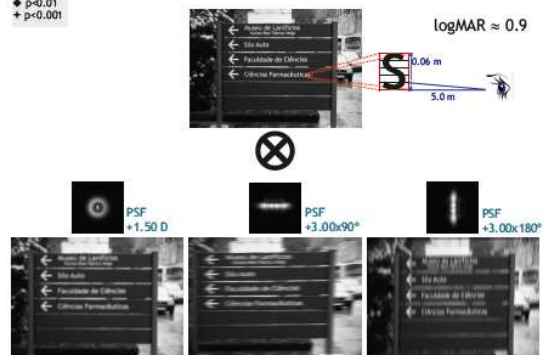
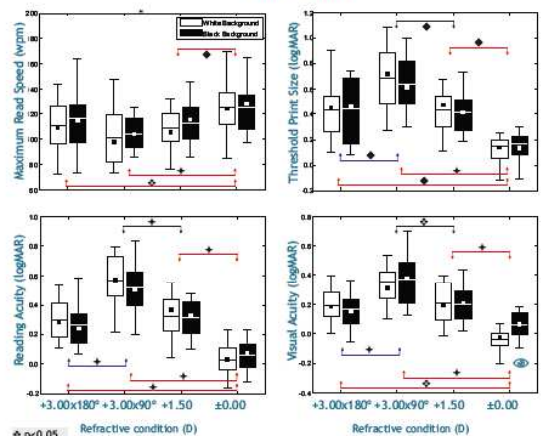
- 16 participants [20-39, median = 22 y/o]
- Best distance correction front of the director eye (Miles test)
- VA and reading performance were measured with ETDRS and MNREAD charts, respectively [range: 1.1 to -0.2 logMAR]
- 2 types of contrast
- 4 refractive conditions - Cylinder: +3.00x180° (WTR) and +3.00x90° (ATR), sphere: +1.50 D, In focus: ±0.00



- Reading was recorded in audio format for determining the time and errors
- $RA = (\text{sentences} \times 0.1) + (\text{errors} \times 0.01)$
- Statistical analysis: [PASW Statistics 18] ANOVA (repeated measures)

Results

- The results showed no differences between the type of contrast used for reading metrics and VA.
- The refractive conditions were statistically different for MRS, TPS, RA and VA. ($p < 0.001$)
- In-focus provided the highest VA and reading performance
- WTR astigmatism and spherical defocus showed similar levels of visual degradation.
- ATR showed the worst degradation.
- For VA there was a significant interaction between contrast and refractive condition (\otimes) ($p = 0.01$)



Conclusions

- For in-focus condition reading performance was not affected by contrast reversal^[4] however, VA measured using black letters on white background was higher (≈ 0.1 logMAR) than using its contrast reversal^[5].
- Contrast reversal does not affect reading performance nor VA in conditions of optical defocus.
- Although the refractive power vector strength is similar for both astigmatic conditions [$\vec{p} = 2.12$ D \rightarrow +3.00 DC]^[6], visual performance was statistical different for both astigmatic conditions.

References

1. Kobashi H, Kameyama K, Shimizu K, Kawamori T, Uozato H. Effect of axis orientation on visual performance in astigmatic eyes. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2012; 38: p. 1352-59
2. Willis J et al. Effect of simulated astigmatic refractive error on reading performance in young. *Optometry and Vision Science*. 2012. 89(3): p. 1-6
3. Wolfson J, S, G, Bhogal, and S. Shah, Effect of uncorrected astigmatism on vision. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2011. 37(3): p. 45-60.
4. Legge GE, Peil DG, Rubin GS, Schleske MM. Psychophysics of reading I: Normal Vision. *Vision Research*. 1985. 25(2): p. 239-252
5. Westheimer G. Visual acuity with reversed-contrast charts. I. Theoretical and psychophysical investigations. *Optometry and Vision Science*. 2003. 80(11): p. 745-748
6. Tibboos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: An application of Fourier Analysis to the description and statistical analysis of refractive error. *Optometry and Vision Science*. 1997. 74(6): p. 367-375

Reading with astigmatism; does blur orientation matter?

S. Mateus¹, P. M. Serra^{1,2}, M.J. Cox², C.M. Chisholm², F.M. Ferreira¹
 ☐ sofiah_23@hotmail.com

¹University of Beira Interior; Physics Department; Remote Sensing Unit; Covilhã, PT
²Bradford School of Optometry and Vision Science; University of Bradford; UK



Introduction

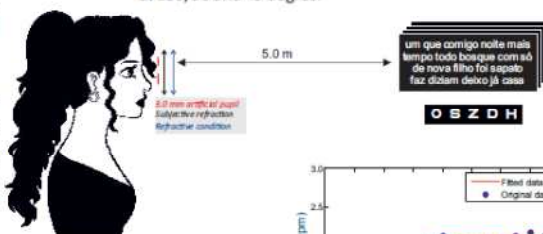
Lately, considerable interest has been given to the effects of astigmatism on visual performance, measured as the ability to discriminate isolated letters (Remon et al 2006) or reading (Kobashi et al 2013). Reasons for this might be related with the prevalence of astigmatic refractive errors and relation between astigmatism with pseudoaccommodation.

It is widely accepted that the level of visual performance is dependent on the interaction between blur pattern on the image plane and the in-focus object spatial characteristics. In the case of astigmatism, an optical aberration with meridional dependency (astigmatic axis orientation), it is possible to anticipate that visual performance will be dependent on the blur direction.

Up to date the effect of astigmatic axis orientation remains uncertain and deserves further investigation, in particular for visual tasks involving the Roman alphabet which is one of the most widely used alphabets. In this work the effect of astigmatic and spherical blur was investigated independently, by varying the blur strength and the blur orientation.

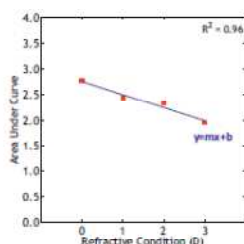
Methods

- 32 participants [mean = 23.4±4.6 y/o; range: 18-32]
- Best distance correction front of the director eye (Miles test)
- Reading performance was assessed using a MNREAD chart composed of unrelated paragraphs [range: 1.1 to -0.2 logMAR]
- The letters were white on a black background (Michelson contrast = 96%)
- Reading in conditions of:
 - Focus
 - Spherical defocus: +1.00, +2.00 and +3.00 D
 - Astigmatic defocus: +1.00, +2.00 and +3.00 DC oriented at 180, 90 and 45 degrees.



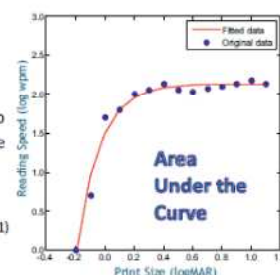
Results

- The effects of defocus were analysed in terms of degradation (magnitude variation per dioptre of defocus)



- Reading was recorded in audio format for determining the time and errors

• RA = (sentences x 0.1) + (errors x 0.01)



- Reading performance decreased with increasing spherical and astigmatic blur.
- The overall reading performance given by the AUC, indicated that spherical blur produced the strongest degradation (0.350 DS⁻¹).
- For the astigmatic conditions 90 degrees (0.324 DC⁻¹) showed the strongest effect.
- Similar trends were found for RA.

	Magnitude variation per dioptre of defocus (mean±SD)			
	Sphere	180°	90°	45°
AUC	-0.35±0.14	-0.13±0.07	-0.32±0.12	-0.18±0.26
RA	0.17±0.07	0.07±0.05	0.15±0.06	0.14±0.18

Conclusions

- In the presence of astigmatic refractive error, reading ability for distance viewing is affected differently depending on the astigmatic axis orientation.
- Against-the-rule astigmatism degraded reading performance similarly to spherical defocus, whereas with-the-rule astigmatism produced half the degradation.

References

REMON, L., TORNEL, M. & FURLAN, W. D. 2006. Visual acuity in simple myopic astigmatism: influence of cylinder axis. *Optometry and Vision Science*, 83, 311-5.
 KOBASHI, H., KAMIYA, K., SHIMIZU, K., KAWAMORITA, T. & UOZATO, H. 2012. Effect of axis orientation on visual performance in astigmatic eyes. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 38, 1352-9.

Resumo da apresentação

Título: O Efeito da Desfocagem Esférica e Astigmática na Velocidade de Leitura

Autores: Mateus SF ¹, Serra PM ¹, Ferreira FM ¹

¹ Universidade da Beira Interior, Covilhã

“Será que a acuidade visual medida habitualmente em prática clínica traduz as condições reais do dia-a-dia? De que modo será esta medida tradutora da realidade visual de pacientes com erros refractivos não corrigidos?

Surge assim este trabalho com o objectivo de verificar qual o impacto provocado por erros refractivos induzidos na performance de leitura e na acuidade visual.

Para este estudo foram utilizadas cartas de leitura com palavras aleatórias construídas com base nos critérios das cartas de leitura MNRead e foram realizadas duas experiências diferentes. Em ambas foi avaliado o impacto causado na visão de longe quer por desfocagem esférica quer por desfocagem astigmática com a variação do eixo nas variáveis associadas à performance de leitura (velocidade máxima de leitura, acuidade de leitura, área abaixo da curva e tamanho crítico do carácter) e ainda a acuidade visual.

Na experiência I avaliou-se o efeito da inversão do contraste (entre letras e fundo) na presença de erros refractivos induzidos (+1.50 D; +3.00 DC x180; + 3.00 DC x90).

Na experiência II avaliou-se o efeito provocado pelo aumento da potência dióptrica de desfocagem. Para isso testou-se o efeito de +1.00, +2.00 e +3.00 dioptrias esféricas e as mesmas condições em cilindro orientados a 180, 90 e 45.

Na experiência I verificou-se a ausência de efeitos provocados pela inversão do contraste, mas verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre a desfocagem esférica e astigmática e ainda entre os dois eixos de astigmatismo testados.

Quanto à experiência II verificou-se que a degradação provocada pelo aumento da potência dióptrica varia consoante o tipo de erro refractivo (esférico ou astigmático) e ao nível dos erros astigmáticos verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre as 3 orientações testadas.

Verificou-se ainda que o impacto causado na AV não é tão elevado quanto o causado na performance de leitura embora os resultados sejam coerentes em ambas as métricas.

Conclui-se assim que se deve interpretar não só os valores numéricos de acuidade visual mas também o tipo de erro refractivo não corrigido presente em cada paciente.”

Variación de la agudeza visual de lejos con la luminancia utilizando cartas polaridad inversa

P. M. Serra¹, F. M. Ferreira², S. F. Mateus²
 email: pmserra@ubi.pt



1. Facultad de Ciências de Salud, Universidad de la Beira Interior, 6200 Covilhã, PT
 2. Facultad de Ciências, Departamento de Física, Universidad de la Beira Interior, 6200 Covilhã, PT

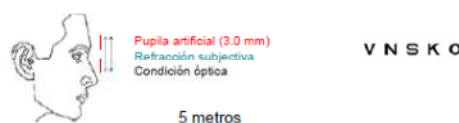
Introducción

La agudeza visual (AV) evaluada con cartas de diferente polaridad (letras blancas en fondo negro y viceversa) varía dependiendo de la edad¹, bien como la AV disminuye con la edad². En el día a día hay varias situaciones en las que el reconocimiento de símbolos se realiza en objetos con diferente polaridad (ejemplo, señales de tráfico), en diferentes condiciones de iluminación (ejemplo: día y noche)³ y en la presencia de error refractivo. Este estudio evalúa la AV de dos grupos de sujetos (jóvenes y mayores) utilizando cartas de AV de polaridad invertida, en diferentes niveles de luminancia y simulando diferentes niveles de desenfoque.

Métodos

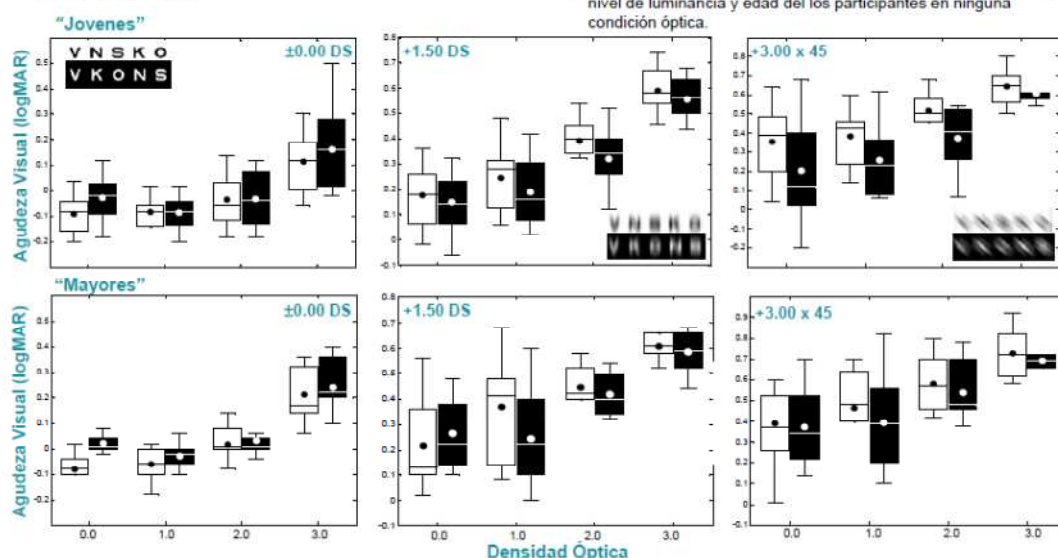
- 2 grupos de participantes: "jóvenes": n=15, edad: 28.5 ± 5.8 años; "mayores": n=10, edad: 66.3 ± 5.8 años.
- AV medida con cartas ETDRS generadas con Psychophysical Toolbox (Matlab), intervalo: 1.0 a -0.2 logMAR, proyectadas a 5 metros
- 2 tipos de contraste (Polaridad Invertida: AV e AV)
- Diferentes niveles de luminancia (L) producidos con filtros de densidad neutra (DN) [Densidad óptica (DO): DO=0.0, DO=1.0, DO=2.0 e DO=3.0]

- Contraste de Michelson constante (~98%); Lmax: 816.3 cd.m⁻² y Lmin: 7.6 cd.m⁻² (con DO=0.0)
- 3 condiciones ópticas: enfoque (±0.00 DS), desenfoque esférico (+1.50 DS) y desenfoque astigmático (+3.00x45)



Resultados

- La inversión del contraste produce efectos diferentes en la AV ($p < 0.004$), y es dependiente de la condición óptica.
- La AV fue peor con letras blancas en fondo negro en la ausencia de desenfoque ($p < 0.001$), y mejor en las dos condiciones de desenfoque ($p < 0.004$).
- Como esperado, los resultados muestran una reducción de la AV con la luminancia, en las 3 condiciones ópticas ($p < 0.001$).
- La AV dependió de la combinación entre la polaridad de la carta y el nivel de luminancia en las condiciones de enfoque ($p = 0.010$) y desenfoque esférico ($p = 0.016$).
- No se observaron interacciones entre la polaridad de las cartas, nivel de luminancia y edad de los participantes en ninguna condición óptica.



Conclusiones

- La polaridad de las cartas de AV de igual contraste es un factor importante en la caracterización de la AV, la cual es dependiente de la luminosidad y del error refractivo.
- El factor edad parece no ser un diferenciador de la AV con cartas de polaridad invertida cuando la transparencia de los medios es mantenida.

Referencias

1. Westheimer G. Visual acuity with reversed-contrast charts: I. Theoretical and psychophysical investigations. *Optometry and Vision Science*. 2005; 80(11):p.745-748
2. Westheimer G., P. Chu, et al. (2005). "Visual acuity with reversed-contrast charts: II. Clinical investigation." *Optometry and Vision Science* 80(11): 749-752.
3. Johnson, C. A. and E. J. Casson (1995). "Effects of luminance, contrast, and blur on visual acuity." *Optometry and Vision Science* 72(12): 864-869.

Changes in Reading Performance with Astigmatic Axis

F. M. Ferreira^{1,3}, S. Mateus², P. M. Serra^{2,3}

✉ fbrardo@ubi.pt

¹Faculty of Science, University of Beira Interior, Portugal Remote Sensing Unit, Covilhã, PT

²Faculty of Health Sciences, University of Beira Interior, Portugal

³Remote Sensing Unit, University of Beira Interior, Portugal

Introduction

Clinical practice reveals that in presence of astigmatism refractive error, visual performance, such as reading ability or visual acuity, is dependent on the interaction between blur pattern on the image plane and the object-spatial characteristics.

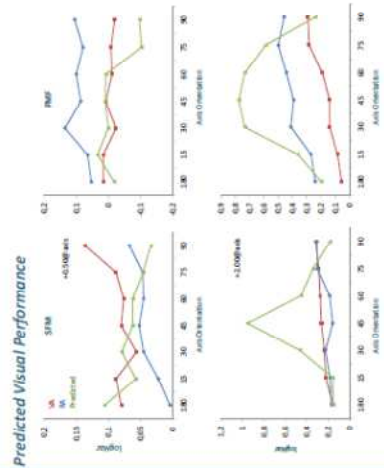
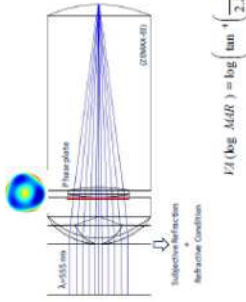
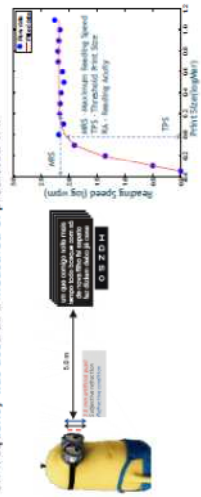
Particularly, for astigmatism an optical defocus with axis dependency, it is acceptable that visual performance will change with the blur direction.

However, the extent and direction of the astigmatic blur is not completely established, particularly for the effect of the cylinder axis orientation on visual performance.

The aim of this study was to evaluate the effect of astigmatic axis orientation in a reading task and investigate the predictability of reading performance using optical modeling approach.

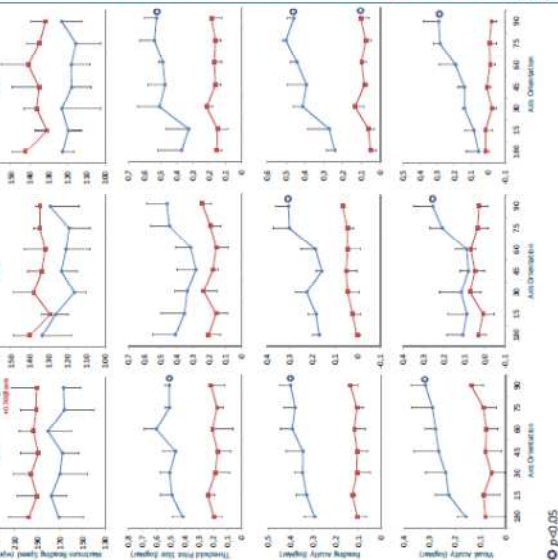
Methods

- Three participants [SFM: 23, PMS: 33 and FMF: 40 y/o]
- For each participant, VA and RS were assessed 5 times per refractive condition over 5 testing sessions.
- Best distance correction in front of the director eye
- VA and RS (reading speed) were measured with ETDRS and MNREAD charts, respectively [range: 1.1 to -0.2 logMAR]
- Two astigmatic defocus conditions +0.50 and +2.00 with axis orientation turned [0 to 90] in 15 degrees steps.
- Ocular aberrations were measured using a Hartman-Shack aberrometer, and individual wavefront resized for the artificial pupil size.
- The MTF's were calculated by ray-tracing using the individual aberrations, subjective refraction and the refractive condition. The cut-off frequency was used as a measured of predicted VA.



Results

Subjective Visual Performance



Conclusion

- Reading performance and VA were not significantly influenced by axis orientation when +0.50DC was used, however statistically significant differences in RA and VA were found for the +2.00DC conditions.
- RA and VA were less degraded when cylinder was oriented horizontally.
- TPS showed a similar behaviour to RA and VA but without statistical difference between orientations. The MRS was constant across the various orientations.
- Predicted VA, based on sagittal and tangential MTF cut-off was not a good predictor of subjective discrimination.

Reading performance is affected by axis orientation, with word discrimination threshold (RA) being the most affected parameter, concurring with VA findings. Participants maintained their maximum reading rate independently of the cylinder axis.

Acknowledgment

Supports from University of Beira Interior and FCT (F-Endeço para a Ciência e a Tecnologia)/P Est-OE-FIS/00524/2014 (Projecto Estratégico-UE4-2014) are acknowledged

© p=0.05

