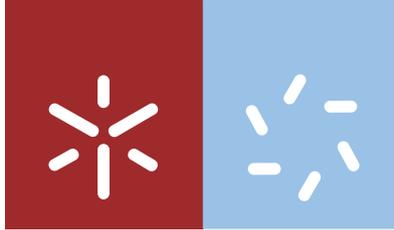


Universidade do Minho
Escola de Ciências

Nádia de Lurdes Machado da Silva

**Efeito de combinações de cor na
performance visual dos observadores**



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Nádia de Lurdes Machado da Silva

**Efeito de combinações de cor na
performance visual dos observadores**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Optometria Avançada

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor António Filipe Teixeira Macedo
e coorientação do
Professor António Manuel Gonçalves Baptista

janeiro de 2015

DECLARAÇÃO

Nome: Nádia de Lurdes Machado da Silva

Endereço eletrónico: nadiamachad@gmail.com

Número de Bilhete de Identidade: 13357739

Título: *Efeito de combinações de cor na performance visual dos observadores*

Orientador Principal: Professor Doutor António Filipe Teixeira Macedo

Ano de conclusão: 2015

Designação do mestrado: Mestrado em Optometria Avançada

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A
REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE

Universidade do Minho, 30/01/2015

Assinatura: Nádia Machado Silva

Agradecimentos:

Quero agradecer ao Professor Doutor António Filipe Macedo pela partilha da sua sabedoria e conhecimento. Fica aqui também o agradecimento ao Professor Doutor António Manuel Baptista.

Aos meus pais, em especial à minha mãe por estar sempre presente e me incentivar a querer ter sempre mais e mais. Ao meu irmão por acreditar em mim tanto pessoal como profissionalmente. Aos meus avós, em especial ao meu avô Machado por ser o meu orgulho e exemplo. Aos meus tios e primos, particularmente à minha tia Teresa, pelo seu perfeccionismo, à minha tia Cecília pelo carinho, ao Pedro e a Adriana.

Quero também agradecer a todos os meus amigos que estiveram presentes nesta fase da minha vida, menciono a Anita Costa, a Joana Rosa, a Sandra Dias, a Anabela Magalhães, a Fátima Sampaio, a Alexandra e o Pedro.

O meu agradecimento a todos os colaboradores onde eu passo a maioria do meu tempo, a Óptica Pacense, pela simpatia, compreensão e profissionalismo.

Título: Efeito de combinações de cor de ecrãs na performance visual dos observadores

Resumo:

Motivação: A massificação da tecnologia dos computadores, dos tablets e dos smartphones está a levar à massificação da leitura utilizando estes equipamentos. A forma como é feita a visualização da informação nestes equipamentos tem de ser otimizada pois caso contrário pode causar uma redução significativa da performance visual dos utilizadores.

Objetivo: O presente estudo teve como objetivo investigar a performance visual em diferentes condições de visibilidade. Foram utilizados os indicadores oculomotores para perceber de que forma as diferentes condições de visibilidade interferem com os movimentos oculares durante a leitura.

Métodos: Nesta experiência participaram 19 adultos estudantes universitários, com idades compreendidas entre os 20 e os 35 anos. A tarefa consistia em ler textos em quatro combinações de contraste e/ou polaridade do ecrã. Durante a leitura os movimentos oculares foram monitorizados com um sistema remoto de eyetracking, SMIRE250. Foram analisados os dados da velocidade de leitura, da duração e número de fixações e da amplitude dos sacádicos.

Resultados: Os resultados desta experiência mostram que a velocidade de leitura medida em palavras por minuto ou em caracteres por minuto se altera de acordo com as condições de visibilidade dos textos. Notou-se uma redução consistente na performance da leitura com fundo preto e letras brancas com contraste baixo ($F=30$, $p<0,001$). Este resultado foi explicado pelo aumento do rácio de fixações por 100 palavras ($F=16$, $p<0,001$) e pela menor amplitude dos sacádicos ($F=15$, $p<0,001$).

Conclusão: Este trabalho demonstrou que as alterações nos movimentos oculares estão ligadas a alterações da performance de leitura. Com isto demonstra-se que tanto quanto outros fatores como acomodação e/ou stress pupilar, as alterações oculomotoras podem explicar astenopias sentidas pelos indivíduos quando trabalham muitas horas em computadores.

Palavras – chave: movimentos oculares, visão, monitores, contraste, leitura, polaridade, visibilidade.

Title: The effect of color screen combination on the visual performance of the observers

Abstract:

Motivation: The massification of the computer technology, tablets and smartphones is leading to the massification of reading using this equipment. The way how information is visualized on this equipment has to be optimized; otherwise it can cause a significant reduction on the visual performance of the users.

Aim: The present study had aims to investigate the visual performance in different visibility conditions. It have been used the oculomotor indicators to understand in what way different visibility conditions interfere with ocular movements during reading.

Methods: On this experiment took part 19 adult university students with ages between 20 and 35. The task consisted on reading texts with four screen combination of contrast/polarity. While reading the ocular movements had been monitorized with the remote eyetracking system SMIRE250. It had been analyzed reading speed data length and fixations number, amplitude of saccadic movements.

Results: The experiment results show that reading speed measured in words per minute or characters per minute changes according to the text visibility conditions. We noticed a consistent reading performance reduction with a black background with low contrast white letters ($F=30$, $p<0,001$). This result had been explained by the increase of fixation ratio per 100 words ($F=16$, $p<0,001$) and by the minor saccadic amplitude ($F=15$, $p<0,001$).

Conclusion: This work shows that ocular movement changes are connected to reading performance changes. It is demonstrated that as much as other factors such as accommodation and/pupillary stress the oculomotor changes can explain asthenopia felt by the individuals when working many hours in computers.

Key-words: eye movements, vision, display, contrast, reading, polarity and visibility.

Índice

1. Introdução	1
1.1 A visão e a leitura	1
1.1.1 Contraste	2
1.1.2 Velocidade de leitura	4
1.2 Movimentos oculares na leitura	5
1.2.1 Avaliação dos movimentos oculares	6
1.2.2 O efeito da legibilidade e polaridade nos movimentos oculares	7
2. Objetivos e hipóteses de trabalho	8
2.1 Formulação do problema.....	8
2.2 Objetivos de estudo.....	8
2.3 Hipóteses de trabalho.....	8
3. Método	9
3.1 Descrição da amostra.....	9
3.2 Equipamento e <i>software</i>	10
3.3 Procedimento	13
4. Resultados	17
4.1 Análise da velocidade de leitura	19
4.1.1 Leitura em caracteres por minuto.....	20
4.1.2 Leitura em palavras por minuto.....	21
4.2 Análise de fixações.....	23
4.2.1 Rácio de fixações por 100 palavras	23
4.2.2 Duração de fixações	25
4.2.3 Diâmetro pupilar	26
4.3 Análise dos sacádicos.....	28
4.3.1 Amplitude de sacádicos	28
5. Discussão.....	31

6. Conclusão	33
7. Referências bibliográficas	34
8. Anexos	36
8.1 Anexo I – Folheto informativo	36
8.2 Anexo II – Consentimento informado	38
8.3 Anexo III – Estudo da normalidade.....	39

Índice de figuras

Figura 1.1: Exemplo de uma tarefa de leitura em que a dificuldade aumenta devido à diminuição de contraste entre as letras e o fundo: linha 1 apresenta contraste alto e linha 4 apresenta contraste baixo. Todas as linhas têm a mesma frequência espacial (Autoria do Professor Doutor António Filipe Macedo).	2
Figura 1.2: Gráfico que representa a luminância (L) em relação ao contraste. O contraste vai diminuindo ao longo do gráfico. Por exemplo, quando o limiar de contraste é de 100% a luminância é alta, quando o limiar de contraste é de 10% a luminância é baixa. Adaptado de De Valois, R.L. et al em 1974.	3
Figura 1.3: Demonstração do comportamento oculomotor durante a leitura. A figura representa uma frase de um texto tirado do IReST e que exemplifica os movimentos oculares realizados por um participante, nomeadamente a fixação e os sacádicos. A letra F representa uma fixação e a letra S representa um sacádico.....	5
Figura 1.4: Sistema eyetracker incorporado a um monitor de computador. Este aparelho tem como uma das funções a avaliação dos movimentos oculares durante a leitura.....	7
Figura 3.1: Apresentação de um ecrã de um computador e um eyetracker utilizado na experiência. O sistema de eyetracker analisa os respetivos movimentos oculares e está incorporado na parte inferior do monitor para cada participante fazer a leitura dos textos nas diferentes condições.....	10
Figura 3.2: Imagens ilustrativas das quatro condições. Os textos são baseados no Internacional Reading Speed Text com diferentes fundos e contrastes utilizados na leitura da parte experimental. A sequência mostra as condições PB-CA (99% contraste), PB-CB (29% contraste), BP-CA (99% contraste) e por fim, BP-CB (12% contraste).....	12
Figura 3.3: Estas imagens mostram o eyetracker incorporado a um ecrã e um participante sentado em frente monitor. Inicialmente ajustava-se a cadeira em relação ao monitor e o participante teria de se sentir confortável para quando iniciar a experiência tentar manter as mesmas condições do início ao fim. As imagens foram tiradas no laboratório onde se realizou a experiência.	14
Figura 3.4: Exemplo da folha de cálculo onde foram filtrados os dados. A coluna “incluir” assinala com 0 os sacádicos que não foram excluídos da análise após a segunda filtragem. Na variável dos sacádicos foram analisados a amplitude em graus de ângulo visual. O texto a negrito mostram os resultados da média da amplitude dos sacádicos após a segunda filtragem.	15

Figura 3.5: Exemplo da folha de dados dos resultados das fixações. A negrito estão os valores finais dos cálculos da média da duração das fixações, da média do diâmetro pupilar dos dois olhos, do número de fixações total e do cálculo do rácio de fixações por 100 palavras. Estes dados não estão apresentados na totalidade.....	16
Figura 4.1: Imagem do topo, condição de fundo preto e letras brancas em alto contraste (PB-CA), a segunda imagem a contar de cima, condição de fundo preto e letras brancas em baixo contraste (PB-CB), terceira imagem a contar de cima, condição de fundo branco com letras pretas em alto contraste (BP-CA) e imagem do inferior condição de fundo branco e letras pretas em baixo contraste (BP-CB). Resultados dos movimentos oculares de um paciente aleatório na experiência dos quatro textos lidos nas diferentes condições. Os círculos correspondem às fixações, o diâmetro é proporcional à duração de fixação (diâmetro não comparável entre condições), e as linhas/segmentos correspondem aos sacádicos.	18
Figura 4.2: Evolução temporal dos movimentos oculares durante a leitura de um participante, nomeadamente representação dos movimentos sacádicos e das fixações realizadas. As fixações correspondem ao símbolo mencionado na imagem pelo “*” e os sacádicos estão mencionados na imagem com um símbolo “+”. O gráfico não mostra a duração total de leitura mas apenas um período de menos de 10 segundos da amostra dos movimentos.	19
Figura 4.3: Apresentação de um gráfico de colunas da variação da velocidade de leitura em caracteres por minuto nas quatro condições em estudo. Cada coluna indica o valor médio e o intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa a combinação fundo preto com letras brancas em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa a combinação fundo preto com letras em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa a combinação fundo branco com letras pretas em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa a combinação fundo branco com letras brancas em contraste baixo (BP-CB).	20
Figura 4.4: Gráfico de colunas que representa a variação da velocidade de leitura em palavras por minuto em relação às condições em estudo. Cada coluna representa a média e o intervalo de confiança a 95%. A condição 1 representa fundo preto e letras brancas em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa fundo preto e letras brancas em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa fundo branco e letras pretas em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa fundo branco e letras pretas em contraste baixo (BP-CB).....	22
Figura 4.5: Gráfico de colunas das quatro condições em estudo do logaritmo do rácio de fixações por 100 palavras. Cada coluna corresponde a média e o intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa fundo preto em contraste alto (PB-CA), a	

condição 2 representa fundo preto em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa fundo branco em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa fundo branco em contraste baixo (BP-CB).....	24
Figura 4.6: Diagrama de caixa e bigodes da duração das fixações em relação às quatro condições em estudo. Apresentação das medianas, do 1º e 3º quartil e as barras verticais, designados bigodes, correspondem ao intervalo de confiança de 95%. Na condição 4 o círculo representa um outlier.	25
Figura 4.7: Gráfico de colunas do diâmetro pupilar em milímetros das quatro condições analisadas. Cada coluna representa a média e o intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa fundo preto em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa fundo preto em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa fundo branco em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa fundo branco em contraste baixo (BP-CB).	27
Figura 4.8: Gráfico da amplitude dos sacádicos nas quatro condições. As colunas correspondem à média e as barras ao intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa a combinação fundo preto com letras em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa a combinação fundo preto com letras em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa a combinação fundo branco com letras em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa a combinação fundo branco com letras em contraste baixo (BP-CB).	29
Figura 8.1: Gráficos que representam a normalidade nas quatro condições em estudo medido a velocidade de leitura através do número de caracteres por minuto (cpm). ..	39
Figura: 8.2: Gráficos que representam a normalidade das quatro condições em estudo medido através do número de palavras por minuto (ppm).	39
Figura 8.3: Histogramas da normalidade do rácio de fixações por 100 palavras dos quatro textos usados na experiência.....	40
Figura 8.4: Gráficos que representam a normalidade na análise do diâmetro pupilar nas quatro condições em estudo.	40
Figura 8.5: Representação da normalidade das quatro condições na análise da amplitude dos sacádicos.....	41

Índice de tabelas

Tabela 1.1: Valores da duração média das fixações em milissegundos e da amplitude dos sacádicos em graus de ângulo visual durante a realização de diferentes tarefas (adaptada de Rayner, 1998)	6
Tabela 3.1: Valores de luminância candela por metro quadrado (cd/m ²) dos quatro textos e respetivos fundos usados na leitura através de um ecrã de computador no estudo. Cálculo do contraste de Weber e do contraste de Michelson.	13
Tabela 4.1: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni da velocidade de leitura medida em número de caracteres por minuto nas quatro condições. Comparação fundo preto em contraste alto e baixo (PB-CA e PB-CB), comparação fundo preto com o fundo branco em contraste alto (PB-CA e BP-CA), comparação fundo preto em contraste alto com fundo branco em contraste baixo (PB-CA e BP-CB), comparação fundo preto em contraste baixo com fundo branco em contraste alto (PB-CB e BP-CA), comparação fundo preto com fundo branco em contraste baixo (PB-CB e BP-CB) e comparação fundo branco em contraste alto e baixo (BP-CA e BP-CB). Os números na tabela mostram a diferença média da velocidade em caracteres por minuto. Por exemplo na condição PB-CA os leitores são em média 158cpm mais rápidos do que na condição PB-CB.....	21
Tabela 4.2: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni da velocidade medida em palavras por minuto. Por exemplo na condição PB-CA os leitores são em média 21ppm mais rápidos do que na condição PB-CB.	22
Tabela 4.3: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni. Os números da tabela mostram a diferença média do rácio de fixações por 100 palavras. Por exemplo, na condição PB-CA os leitores realizam menos fixações por 100 palavras do que na condição PB-CB.	24
Tabela 4.4: Utilização do teste estatístico de Wilcoxon para comparação par a par das várias condições. Em cada comparação apresenta-se a diferença entre medianas das condições e significância da duração de fixações. Por exemplo na condição PB-CA os leitores são em média 41mseg mais rápidos do que na condição PB-CB.....	26
Tabela 4.5: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e o ajuste de Bonferroni do diâmetro pupilar. Os números da tabela mostram a diferença média do diâmetro pupilar em milímetros. Por exemplo, na condição PB-CA o diâmetro pupilar dos leitores são em média 1,5mm mais pequenos do que na condição PB-CB.....	27
Tabela 4.6: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni da diferença média da amplitude dos sacádicos.....	29

Abreviaturas

PB-CA: fundo preto e letras brancas em contraste alto;

PB-CB: fundo preto e letras brancas em contraste baixo;

BP-CA: fundo branco e letras pretas em contraste alto;

BP-CB: fundo branco e letras pretas em contraste baixo;

cpm: caracteres por minuto;

ppm: palavras por minuto.

1. Introdução

Neste capítulo serão abordados os processos de leitura relacionados com a visão e os movimentos oculares.

1.1 A visão e a leitura

A visão é um mecanismo complexo que é constituída por vários parâmetros, tais como, a acuidade visual, a resolução, a sensibilidade ao contraste, a visão cromática, entre outros. O campo visual é dividido em região foveal (local de alta resolução que engloba 2 graus no centro do campo visual), região parafoveal (estende-se até cerca de 5 graus de ângulo visual) e na periférica (toda a informação para além da parafovea). Na fóvea obtém-se o máximo de acuidade visual, na parafovea a acuidade visual reduz e na periferia a acuidade visual é pobre (Starr & Rayner, 2001). A acuidade visual é a capacidade de resolução espacial do sistema visual e expressa o tamanho angular do detalhe que pode ser resolvida pelo observador. A resolução é a capacidade da retina distinguir duas ou mais figuras entre si (Benjamin & Borish, 2006). Por outras palavras, a acuidade visual é a capacidade de distinguir detalhes de um objeto, reconhecer a sua forma e o seu limite de visibilidade. O reconhecimento (mínimo legível) refere-se à capacidade de discriminar letras, números ou formas. A capacidade de executar uma tarefa visual de forma segura, eficiente e confortável depende da sua visibilidade. A visibilidade consiste na capacidade que a retina tem em distinguir um sinal visual de um fundo uniforme (Benedetto, Draai-Zerbib, Pedrotti, Tissier & Baccino, 2013). Existem vários fatores que podem afetar a visibilidade tais como: tamanho e distância da tarefa, iluminação, brilho, contraste, cor e condições atmosféricas.

A leitura é um processo complexo que envolve os sistemas sensorial, motor e cognitivo. Várias são as explicações que podem ser responsáveis pelas dificuldades de leitura: patologia concomitante na visão periférica, propriedades da visão periférica anormal, sensibilidade ao contraste reduzida, deficits de atenção e problemas com o controle olho-movimento (Legge, Parish, Luebker & Wurm, 1990). Para esta tese interessa-nos saber o sensorial e motor e não o cognitivo. É importante saber como o

desempenho da leitura depende do número de caracteres (Legge, Pelli, Rubin & Schleske, 1985a).

1.1.1 Contraste

O contraste é uma variável que se define como a capacidade do sistema visual para detetar objetos nos diferentes níveis de iluminação do alvo, ou seja, deteta a diferença entre as partes do alvo mais brilhantes e mais escuras (Benjamin & Borish, 2006). A sensibilidade ao contraste identifica a sensibilidade do sistema visual que é o inverso do limiar. Um limiar de contraste é a menor quantidade de contraste, necessário para identificar um alvo. Por isso um indivíduo que precise de uma grande quantidade de contraste para ver um alvo tem uma sensibilidade ao contraste baixa. A acuidade visual em baixo contraste no caso de por exemplo, fundo branco e letras cinzentas, são utilizadas para identificar a sensibilidade ao contraste. A acuidade visual é mais pobre quando o contraste é menor (Benjamin & Borish, 2006). A Figura 1.1 mostra quatro linhas de letras com uma diminuição de contraste da linha 1 para a linha 4.



Figura 1.1: Exemplo de uma tarefa de leitura em que a dificuldade aumenta devido à diminuição de contraste entre as letras e o fundo: linha 1 apresenta contraste alto e linha 4 apresenta contraste baixo. Todas as linhas têm a mesma frequência espacial (Autoria do Professor Doutor António Filipe Macedo).

Para quantificar o contraste no ecrã entre o fundo e as letras calcula-se através do contraste de Weber ou do contraste de Michelson. O contraste de Weber mede as diferenças entre as duas luminâncias e esse valor dividido pela luminância do fundo; no contraste de Michelson mede a relação entre a propagação e a soma das duas

luminâncias. Em ambas as escalas, 0% indica a ausência de contraste, ou seja, objeto invisível (a luminância máxima é igual à luminância mínima) e 100% que indica o contraste máximo, ou seja, objeto negro (a luminância mínima é igual a zero) (Pelli & Bex, 2013). A Figura 1.2 representa a variação do contraste em função da luminância.

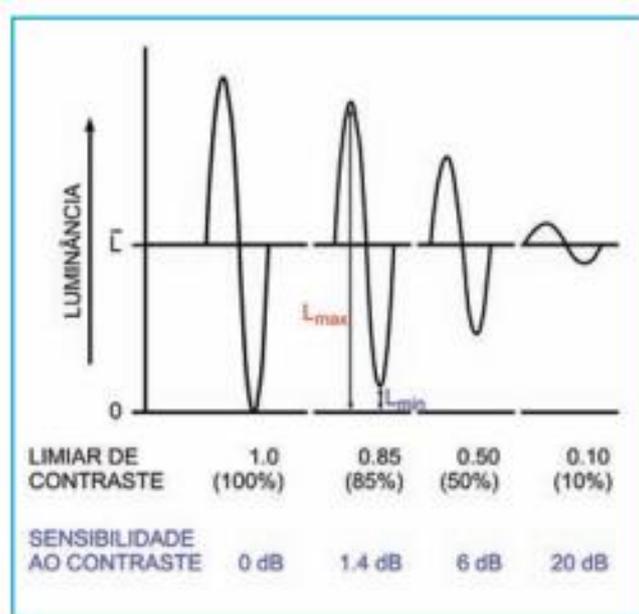


Figura 1.2: Gráfico que representa a luminância (L) em relação ao contraste. O contraste vai diminuindo ao longo do gráfico. Por exemplo, quando o limiar de contraste é de 100% a luminância é alta, quando o limiar de contraste é de 10% a luminância é baixa. Adaptado de De Valois, R.L. et al em 1974.

O efeito da polaridade e do contraste tem sido muito estudado na leitura a partir de um monitor. A apresentação de letras escuras no fundo claro é referido como contraste negativo (a luminância do texto é menor que a luminância do fundo) ou denominada por polaridade positiva. Quando as letras são claras no fundo escuro o contraste é positivo e a polaridade é negativa (Buchner, Mayr & Brandt, 2009).

Legge et al foram capazes de mostrar o desempenho da leitura através da polaridade de contrastes e descobriram que pacientes com baixa visão leem cerca de 50% mais rápido na polaridade invertida, ou seja, fundo preto e letras brancas (Rubin & Legge, 1989). Alguns observadores com visão reduzida preferem branco sobre fundo preto (Sloan, 1977). Em muitos casos esta preferência está provavelmente relacionado com a anormal dispersão de luz no olho (Legge, Rubin, Pelli & Schleske, 1985b).

Os estudos da sensibilidade ao contraste tornam-se úteis quando há redução de contraste nos problemas oculares tais como: cataratas, glaucoma, degeneração macular, pacientes com baixa visão, operação a laser (Benjamin & Borish, 2006).

1.1.2 Velocidade de leitura

Uma forma de avaliar a leitura é medir a velocidade com que é feita. A velocidade de leitura pode ser medida a partir do número de caracteres e/ou do número de palavras por minuto (Messias, Velasco e Cruz, Schallenmuller & Trauzettel-Klosinski, 2008). Para se controlar o efeito de fatores cognitivos e linguísticos na velocidade de leitura tem de utilizar instrumentos com textos que controlem essas variáveis. Existem alguns testes padronizados que permitem a avaliação da velocidade de leitura tendo em linha de conta maioritariamente fatores visuais, um exemplo desse teste é o Internacional Reading Speed Test (IReST). O IReST é uma ferramenta de textos tanto para o uso clínico como científico na medição da velocidade de leitura. As principais aplicações destes textos são em pacientes com baixa visão, maculopatias, após cirurgia refrativa de lentes intra-oculares multifocais, distúrbios de doenças neurológicas, dislexia e também em estudos com indivíduos sem patologias oculares associadas (Trauzettel-Klosinski, Dietz & Group, 2012).

A velocidade de leitura é moderadamente afetada quando há redução de contraste na tarefa realizada (Benjamin & Borish, 2006). Nos observadores normais quando a redução do contraste não é considerável, a velocidade de leitura também não altera, caso haja uma redução de contraste considerável, a leitura torna-se mais lenta. Legge et al consideram dois fatores importantes que limitam a velocidade de leitura dos textos em contraste alto: opacidade dos meios oculares e perda da visão central (Rubin & Legge, 1989).

A velocidade de leitura diminui quando o contraste de texto diminui de 100% para 10%. Uma possível explicação é que o número de caracteres reconhecidas em cada olhar, em inglês conhecido como visual span, reduz devido ao baixo contraste (Legge et al., 1990). Uma possível consequência da redução do número de caracteres visíveis em cada fixação é a necessidade de aumentar o número de fixações e consequentemente o número de sádicos durante a leitura. Isto é, redução do contraste tem um efeito no planeamento dos movimentos oculares (Legge, Ahn, Klitz & Luebker, 1997).

1.2 Movimentos oculares na leitura

Na leitura, os movimentos oculares são constituídos por sacádicos e fixações. Os sacádicos são movimentos voluntários dos olhos que orientam a fóvea na direção do objeto que se pretende observar. No caso da leitura, poder-se-á dizer que os sacádicos são os movimentos em que os olhos saltam de palavra-em-palavra. Em leitores experientes, o comprimento médio dos sacádicos é de 7 a 9 caracteres (Rayner, 1998). Os sacádicos designam-se progressivos quando a leitura é feita da esquerda para a direita e regressivos quando voltam para trás para verificar alguma informação em falta, dificuldade no texto ou mesmo incompreensão. Entre os sacádicos, os olhos realizam pequenas pausas designadas assim por fixações durante as quais os olhos permanecem relativamente estáveis (Starr & Rayner, 2001). As pausas entre sacádicos servem para absorver a informação visual e chamam-se as fixações. A duração das fixações depende da dificuldade de processamento do texto que sejam dificuldades de funções básicas como é a visão, quer sejam de funções superiores como é o caso do processamento linguístico ou cognitivo das palavras. A imagem da Figura 1.3 representa um excerto de um texto retirado do Internacional Reading Speed Test e que demonstra as fixações e os sacádicos realizados na leitura.

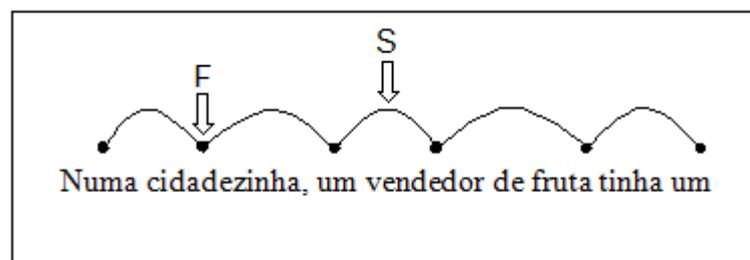


Figura 1.3: Demonstração do comportamento oculomotor durante a leitura. A figura representa uma frase de um texto tirado do IReST e que exemplifica os movimentos oculares realizados por um participante, nomeadamente a fixação e os sacádicos. A letra F representa uma fixação e a letra S representa um sacádico.

Os movimentos oculares são influenciados numa determinada tarefa. A duração das fixações variam de acordo com a dificuldade do texto, altera segundo a tarefa realizada e o participante. A localização espacial da fixação não é aleatória, o olhar tende a pousar entre o início e o meio das palavras. A Tabela 1.1 demonstra os

valores médios da duração das fixações (em milissegundos) e da amplitude dos sacádicos (em graus) nas diversas tarefas adaptadas de Rayner et al em 1998. A partir da tabela existe diferenças consideráveis da duração das fixações e do comprimento dos sacádicos (Starr & Rayner, 2001).

Tabela 1.1: Valores da duração média das fixações em milissegundos e da amplitude dos sacádicos em graus de ângulo visual durante a realização de diferentes tarefas (adaptada de Rayner, 1998)

Tarefa	Duração média das fixações (mseg)	Amplitude média dos sacádicos (graus)
Leitura silenciosa	225	2 (~ 8 caracteres)
Leitura em voz alta	275	1,5 (~ 6 caracteres)
Visualização de imagens	330	4 (~16 caracteres)

A duração das fixações, o comprimento dos sacádicos, a percentagem de regressões, são influenciados pela dificuldade da leitura do texto. Além disso, o tipo de leitura e o objetivo do leitor tem influências nestas medidas. Leitores menos especializados, iniciantes, pobres de leitura ou mesmo disléxicos normalmente realizam mais fixações, os sacádicos são mais curtos e fazem mais regressões (Rayner, 1998).

1.2.1 Avaliação dos movimentos oculares

Uma das formas de investigar os movimentos dos olhos é utilizar eyetracking através de equipamentos constituídos por câmaras de vídeo rápidas e algoritmos específicos para determinação da posição do olhar no espaço (http://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking). De um modo geral, os eyetrackeres usados para o estudo da leitura são aparelhos com monitor incorporado como se mostra na Figura 1.4. O eyetracker tem integrado um sistema de infravermelho que deteta a pupila do olho e examina os movimentos que o olho faz durante, por exemplo, a leitura. No capítulo 3, dos métodos utilizados nesta experiência, é descrito pormenorizadamente o sistema de eyetracker bem como as características deste aparelho.



Figura 1.4: Sistema eyetracker incorporado a um monitor de computador. Este aparelho tem como uma das funções a avaliação dos movimentos oculares durante a leitura.

1.2.2 O efeito da legibilidade e polaridade nos movimentos oculares

A visão, a leitura e os movimentos oculares estão interligados. Durante o uso de um ecrã de um computador, necessitamos de ter uma boa acuidade visual para ler um determinado texto e, durante a leitura, os olhos estão em constante movimento. Existem numerosos estudos que abordam as queixas visuais do ser humano no uso dos aparelhos eletrónicos. Benedetto et al estudaram os efeitos da tecnologia de um papel comum, de um LCD e do e-Ink sobre a fadiga visual dos utilizadores (Benedetto et al., 2013). Siegenthaler et al estudaram a fadiga e o stress visual na leitura no LCD e e-Ink (Siegenthaler, Bochud, Bergamin & Wurtz, 2012). De facto, muitos adultos passam mais de 8 horas diárias a usar ecrãs digitais e muitos apresentam queixas frequentes de fadiga ocular, dores de cabeça, desconforto ocular, olho seco, visão desfocada e até mesmo diplopia (Chu, Rosenfield & Portello, 2014).

A performance visual durante a leitura de um ecrã é de extrema importância. Até agora poucos estudos analisaram se parte das queixas que os leitores apresentam podem ser devido à interação entre visibilidade da tarefa e os requisitos oculomotores. Este efeito pode ser estudado, por exemplo, se for analisado os efeitos das alterações da cor do fundo do ecrã e na cor das letras dos textos (polaridade), e/ou do contraste do comportamento oculomotor. O próximo capítulo o objetivo principal e a hipótese deste estudo que se baseiam nas falhas do conhecimento e nos caminhos apontados no capítulo 1.

2. Objetivos e hipóteses de trabalho

2.1 Formulação do problema

A utilização massiva das novas tecnologias tanto profissionalmente como na vida pessoal e social causam maiores exigências no sistema visual. Por estas razões existe um maior número de queixas visuais por parte dos utilizadores. É necessário que os investigadores estudem os possíveis efeitos e arranjem a melhor solução da qualidade de imagem destes aparelhos para minimizar esse desconforto visual para todo o tipo de pessoas.

2.2 Objetivos de estudo

O presente estudo avaliou a performance visual durante a leitura num ecrã em diferentes condições de polaridade e contraste. O objetivo principal foi mostrar se existem alterações na performance visual quando as condições de leitura são modificadas e que a origem das alterações de performance pode ser explicada também por alterações oculomotoras.

2.3 Hipóteses de trabalho

A experiência realizada neste trabalho tem como principal hipótese:

As alterações na performance visual de leitura induzidas pelas manipulações da visibilidade podem ser explicadas por alterações oculomotoras.

3. Método

Neste capítulo será descrito todo o método e respetivos aparelhos utilizados na parte experimental deste estudo. Inicialmente, descreve-se a amostra onde será explicado todo o equipamento e software utilizado, bem como uma breve descrição dos aparelhos, o procedimento experimental, a descrição das variáveis e a análise estatística.

3.1 Descrição da amostra

Neste estudo participaram 19 indivíduos adultos, 10 do sexo feminino e 9 do sexo masculino, com idade compreendida entre os 20-35 anos sendo a idade média de 27,2 anos, estudantes ou investigadores da Universidade do Minho, Braga, Portugal. Os participantes cumpriam os seguintes critérios de inclusão:

- Acuidade visual 0.00logMAR ou superior com a melhor correção;
- Visão das cores normal (auto-reportada);
- Ausência de patologia ocular ou lesões oculares;
- Ausência de foria ou estrabismo assinalável avaliado qualitativamente pelo cover-teste;

Os critérios de exclusão foram, dificuldades de calibrar o eyetracker, dislexia ou outras anomalias que possam comprometer a performance de leitura. No entanto não foi necessário excluir nenhum dos participantes convidado para o estudo.

O estudo foi realizado de acordo com a declaração de Helsínquia. Os participantes foram informados do objetivo principal e o que seria pedido para realizar na experiência. Todos os participantes assinaram de livre vontade o consentimento informado. Tanto o documento da informação da experiência dada ao participante como o consentimento informado é apresentado em anexo I e anexo II, respetivamente.

3.2 Equipamento e software

O material utilizado apresenta-se no Laboratório de Reabilitação Visual da Universidade do Minho, onde decorreu a experiência. A avaliação da acuidade visual foi feita a partir de uma tabela de optótipos para comprovar se era melhor ou igual que 0.00logMAR. Os movimentos oculares foram avaliados através de um eyetracker, sistema remoto, com monitor de 22 polegadas incorporado. A resolução do monitor são 1680x1050 pixéis. O eyetracker apresenta uma taxa de amostragem de 250Hz e uma precisão de posição do olhar de 0,4 graus. O software utilizado para apresentação dos estímulos foi o Matlab (The MathWorks™, Inc). A distância do funcionamento do eyetracker incorporado ao monitor e o participante foi 70cm. O tamanho do pixel em graus de ângulo visual era de 0.0223 na horizontal e 0.0228 na vertical.



Figura 3.1: Apresentação de um ecrã de um computador e um eyetracker utilizado na experiência. O sistema de eyetracker analisa os respetivos movimentos oculares e está incorporado na parte inferior do monitor para cada participante fazer a leitura dos textos nas diferentes condições.

Os textos utilizados na leitura foram retirados do Internacional Reading Speed Text (IReST). Estes textos foram validados em dezassete línguas, nomeadamente na língua Portuguesa/Brasileira. Os textos têm 130 palavras aproximadamente e apresentam a mesma dificuldade e complexidade linguística (www.amd-read.net). Nesta experiência seleccionaram-se quatro desses textos na nossa língua, nomeadamente o texto 1 de nome “Ratos”, o texto 2 de nome “Castores”, o texto 3 de nome “Árvores” e o texto 4 de nome “Presas”. A escolha desses textos deve-se ao facto de numa experiência anterior do mesmo laboratório estes textos não apresentarem diferenças significativas na velocidade de leitura. O texto 1 apresenta 133 palavras e 800 caracteres, o texto 2 apresenta 140 palavras e 812 caracteres, o

texto 3 apresenta 132 palavras e 831 caracteres e, o texto 4 apresenta 131 palavras e 831 caracteres.

A Figura 3.2 representa as quatro condições usadas nesta experiência alterando a cor do fundo e do texto. O texto 1 foi alterado para fundo preto com letras brancas em alto contraste (PB-CA), o texto 2 alterado para fundo preto com letras brancas em baixo contraste (PB-CB), o texto 3 usou-se o fundo branco com letras pretas em alto contraste (BP-CA) e o texto 4 foi alterado para fundo branco com letras pretas em condições de baixo contraste (BP-CB). Todos os textos eram apresentados de forma aleatória, escritos em Times New Roman letra de tamanho 12, sendo o ângulo visual dos caracteres à distância a que foi lido o texto de 0,33 graus (0,36logMAR).

Numa cidadezinha, um vendedor de frutas tinha um mercadinho situado acima de um porão bem fundo. Todas as noites, bandos de ratinhos saíam do porão e invadiam a loja. Eles devoravam maçãs, pêras, uvas e nozes, sem nem mesmo deixar de lado os legumes e as batatas. Entre a meia-noite e o nascer do sol, nenhuma mercadoria que se encontrava no local estava a salvo dos roedores intrusos. À noite, enquanto havia barulho nas ruas e carros passando, os ratinhos ficavam quietos no porão. Mas, logo que soava a meia-noite e as ruas ficavam silenciosas, eles vinham em bandos, regalavam-se com frutas doces e celebravam verdadeiros banquetes. Ao entrar na loja de manhã, o comerciante encontrava os vestígios desses banquetes que o deixavam desesperado e tentava, em vão, proteger-se contra os ratinhos.

O castor é um nadador extraordinário. Na água, ele pode atingir uma velocidade de até dez quilômetros por hora. Sua pele consiste em milhares de pelos e de uma camada grossa de gordura, garantindo-lhe uma ótima protecção contra o frio. Devido ao seu grande pulmão, ele consegue permanecer facilmente vinte minutos embaixo de água. Além de ser um cortador de árvores muito habilidoso, ele também é um experiente construtor de barragens. Quando o castor derruba uma árvore, ele fica roendo o tronco de forma que a parte superior e a parte inferior permaneçam unidas somente em um único ponto. Quando o ponto de ligação fica estreito, o vento se encarrega do resto. O castor corta os galhos e os ramos finos e os empilha como provisão perto de sua toca. Ele selecciona os galhos grossos para a construção de barragens.

Árvores crescem praticamente em toda a parte, exceto no gelo constante, na neve eterna, nos cumes das montanhas altas e no deserto. Se um terreno vazio é abandonado por um período relativamente longo, ali crescem árvores depois de um tempo. Inicialmente, o solo se cobre de plantas rasteiras. Arbustos crescem mais tarde, em cuja sombra morre uma parte das plantas rasteiras que haviam surgido primeiro. Depois de mais algum tempo, árvores começam a crescer. Quando elas ficam maiores, uma parte dos arbustos é atingida por sua sombra e eles morrem. Desse modo, ao passar do tempo, forma-se uma floresta. A maioria das árvores cresce lentamente, algumas delas podem viver muitos anos. Quando as árvores velhas morrem, surgem novas ocupando o seu lugar. As florestas são espaços vitais que podem permanecer inalterados por longo tempo.

Todos os animais que se alimentam de outros enfrentam o problema de como conseguir sua presa. Muitos procuram sua presa para caçá-la, enquanto outros animais permanecem imóveis, sem se mexer, esperando que a vítima indefesa passe por perto deles. Uma possibilidade bastante comum de se conseguir alimento sem muito esforço é a construção de uma armadilha ou de uma teia. As aranhas são o exemplo mais conhecido de animais que apanham outros com o auxílio de uma teia. Elas tecem as suas teias aderentes tão finas, praticamente invisíveis, que os insetos normalmente somente as percebem depois que já caíram nela. Então, a aranha precisa somente correr para onde o inseto está preso. Ou ela vai logo devorando a presa ou envolve o inseto com os seus fios para saboreá-lo mais tarde.

Figura 3.2: Imagens ilustrativas das quatro condições. Os textos são baseados no Internacional Reading Speed Text com diferentes fundos e contrastes utilizados na leitura da parte experimental. A sequência mostra as condições PB-CA (99% contraste), PB-CB (29% contraste), BP-CA (99% contraste) e por fim, BP-CB (12% contraste).

A iluminação ambiente eram de 25lux. A Tabela 3.1 mostra as luminâncias em cd/m^2 dos textos e dos fundos e o respectivo contraste. O contraste de Weber é determinado pela fórmula $(L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / L_{\text{fundo}}$ e o contraste de Michelson é determinado pela fórmula $(L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / (L_{\text{max}} + L_{\text{min}})$, onde L_{max} corresponde à luminância máxima, L_{min} corresponde à luminância mínima, L_{fundo} corresponde à luminância do fundo (Pelli & Bex, 2013).

Tabela 3.1: Valores de luminância candela por metro quadrado (cd/m^2) dos quatro textos e respectivos fundos usados na leitura através de um ecrã de computador no estudo. Cálculo do contraste de Weber e do contraste de Michelson.

	Texto (cd/m^2)	Fundo (cd/m^2)	Weber	Michelson
Fundo preto/texto branco	162	0,63	256,14	0,99
Fundo preto/texto cinza	0,92	0,5	0,84	0,29
Fundo branco/texto preto	0,67	150	-1,00	-0,99
Fundo branco/texto cinza	117	150	-0,22	-0,12

As medições dos contrastes, através da fórmula do contraste de Weber e do contraste de Michelson, das diferentes condições fundo-texto demonstram que quando o fundo é preto, resultado final positivo em cd/m^2 , a polaridade é negativa. Por conseguinte, quando o fundo é branco, o resultado final dos contrastes é negativo, ou seja, a polaridade é positiva (Piepenbrock, Mayr, Mund & Buchner, 2013).

3.3 Procedimento

Os participantes sentaram-se numa cadeira imóvel a 70cm do ecrã do computador incorporado com o sistema de eyetracker. Inicialmente explicava-se ao participante a calibração do eyetracker, ou seja, pediu-se para olhar exclusivamente para um ponto que aparecia no monitor e fixá-lo sempre nas várias posições surgidas sem mexer a cabeça. A qualidade da calibração era verificada, se o desvio médio vertical e/ou horizontal fosse maior do que 0,75 graus a calibração era repetida. Após a calibração com sucesso, um sinal sonoro alertou para o início da experiência. Era requerido ao participante a fixação constante num quadrado de 40x40 pixéis no canto superior esquerdo (coincidente com a posição da primeira palavra do texto) durante 200mseg e só depois é que o texto foi apresentado. Assim assegurou-se que o ponto de partida para a leitura do texto foi sempre o mesmo. Quando o participante estava a olhar para esse mesmo quadrado o eyetracker assumia a posição fixa do olhar e iniciava-se a leitura de cada texto. Todos os participantes tinham de ler o texto em voz alta e a leitura era confirmada pelo experimentador. O início do tempo era determinado pela apresentação do texto no ecrã e o fim da leitura era determinado pelo investigador pressionando o botão esquerdo do rato. O intervalo entre o início e o fim da leitura foi considerado o cálculo da velocidade de leitura.



Figura 3.3: Estas imagens mostram o eyetracker incorporado a um ecrã e um participante sentado em frente monitor. Inicialmente ajustava-se a cadeira em relação ao monitor e o participante teria de se sentir confortável para quando iniciar a experiência tentar manter as mesmas condições do início ao fim. As imagens foram tiradas no laboratório onde se realizou a experiência.

3.4 Descrição das variáveis

Na leitura dos quatro textos nas diferentes condições de letra/fundo o eyetracker mediu os movimentos oculares de cada participante. Para além da velocidade de leitura foram analisadas as características dos sacádicos e das fixações. Para caracterizar a velocidade de leitura foi calculado o número de palavras por minuto (ppm) e do número de caracteres por minuto (cpm). O programa usado para extrair esta informação do ficheiro do eyetracker foi escrito em Matlab. Neste programa os sacádicos foram determinados quando a velocidade do olho foi maior que 30graus/seg e/ou aceleração maior que 8500 graus/segundo-quadrado. Os movimentos entre dois sacádicos foram considerados como fazendo parte das fixações.

Depois de determinados os sacádicos e as fixações pelos critérios referidos, foram eliminadas fixações com duração inferior a 16mseg. Foram também eliminados sacádicos com amplitude inferior a 0.5graus. Dos sacádicos resultantes desta filtragem foi calculada a média e o desvio padrão, os sacádicos com amplitude superior à amplitude média mais 1 desvio padrão foram eliminados. Esta segunda filtragem (ver Figura 3.4) teve como objetivo eliminar os sacádicos que correspondem às mudanças de linha (Schad, Nuthmann & Engbert, 2010).

amplitude	incluir	amplitude	velocidade máxima	duração	latência	texto	text_code	amplitude sac	numero sacádicos
1.161593574	1	1.161593574		63	44	68	11000	1.199855411	185
2.22129104	1	2.22129104		104	64	308	11000		
0.674352847	1	0.674352847		36	40	636	11000	média amplitude	1.810396802
0.522448027	1	0.522448027		39	24	1488	11000	desvio padrão	2.186285727
1.940363417	1	1.940363417		93	32	1528	11000	numero sacádicos	204
0.582218528	1	0.582218528		33	32	1792	11000		
2.057362705	1	2.057362705		94	84	2080	11000		
1.607874477	1	1.607874477		100	28	2280	11000		
0.852683167	1	0.852683167		95	12	2644	11000		
0.82621995	1	0.82621995		89	32	2956	11000		
8.963283956	0			258	52	3092	11000		
2.047791281	1	2.047791281		122	48	3556	11000		
0.604028859	1	0.604028859		53	40	4144	11000		
0.73660451	1	0.73660451		84	76	4200	11000		
1.231956139	1	1.231956139		87	24	4548	11000		
0.97763102	1	0.97763102		61	24	4976	11000		
1.065536462	1	1.065536462		191	60	5564	11000		
1.416714245	1	1.416714245		97	92	5648	11000		
10.88795963	0			332	100	5868	11000		
0.599230883	1	0.599230883		130	40	6004	11000		

Figura 3.4: Exemplo da folha de cálculo onde foram filtrados os dados. A coluna “incluir” assinala com 0 os sacádicos que não foram excluídos da análise após a segunda filtragem. Na variável dos sacádicos foram analisados a amplitude em graus de ângulo visual. O texto a negrito mostram os resultados da média da amplitude dos sacádicos após a segunda filtragem.

Na variável das fixações fez-se a análise de: rácio de fixações por 100 palavras, a duração das fixações e análise do diâmetro pupilar durante a leitura de cada texto. O rácio das fixações é obtido através da fórmula abaixo.

$$\text{rácio de fixações} = \frac{\text{número de palavras do texto}}{100 \text{ palavras}}$$

A duração da fixação em milissegundos e o diâmetro pupilar em milímetros são valores obtidos diretamente dos dados gravados pelo eyetracker são filtrados pelo programa Matlab e exportados para documentos em Excel, ver Figura 3.5.

duração fixações	diâmetro pupilar			text_code	fix_dur	dia_pup	texto	nfix	fix-per-100w	fix_dur
188	7,314583	7,314583	11000	11000	86	7,19	133	157	118,0451128	52
256	7,021538	7,021538	11000							
208	6,756604	6,756604	11000							
192	6,861224	6,861224	11000							
248	6,973016	6,973016	11000							
108	6,9	6,9	11000							
328	7,018072	7,018072	11000							
292	7,185135	7,185135	11000							
60	7,29375	7,29375	11000							
120	7,190323	7,190323	11000							
256	7,163077	7,163077	11000							
296	7,274667	7,274667	11000							
212	7,3	7,3	11000							
60	7,4875	7,4875	11000							
56	7,506667	7,506667	11000							
396	7,381	7,381	11000							
16	7,06	7,06	11000							
84	7,35	7,35	11000							
28	7,4	7,4	11000							
316	7,23	7,23	11000							

Figura 3.5: Exemplo da folha de dados dos resultados das fixações. A negrito estão os valores finais dos cálculos da média da duração das fixações, da média do diâmetro pupilar dos dois olhos, do número de fixações total e do cálculo do rácio de fixações por 100 palavras. Estes dados não estão apresentados na totalidade.

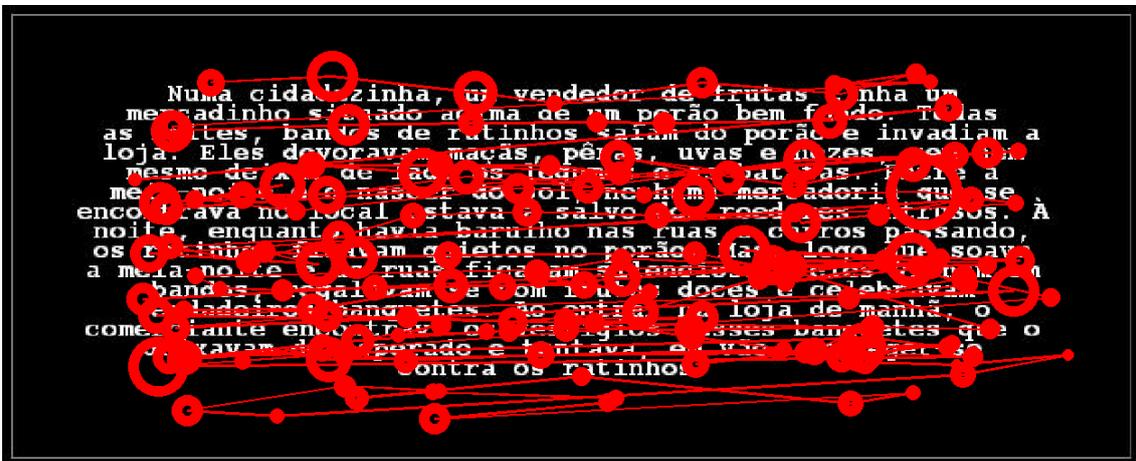
3.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada através do programa IBM SPSS Statistics 22. Inicialmente, para cada variável em estudo, fez-se uma análise descritiva através da verificação da média e do respetivo desvio-padrão. Posteriormente, analisou-se a normalidade de todas as variáveis através do teste de Kolmogorov-Smirnov. No anexo III apresento histogramas que demonstram a normalidade da velocidade de leitura e outras variáveis nas várias condições analisadas. Após a análise da normalidade aplicou-se o ANOVA de medidas repetidas para testar as várias condições entre si e analisar as que apresentam diferenças estatisticamente significativas. Usou-se o ajuste de Bonferroni para múltiplas comparações. Nos casos em que as variáveis tinham uma distribuição que se desviava da normalidade fez-se uma transformação logarítmica. Nos casos em que a distribuição continuava desviada da normalidade utilizou-se teste não paramétrico ANOVA Friedman e Wilcoxon na comparação par a par dos resultados para as diferentes condições.

4. Resultados

Os resultados foram obtidos para uma amostra de $n=19$ indivíduos e numa única sessão. Neste capítulo é descrito os resultados das variáveis em estudo, nomeadamente os resultados da velocidade de leitura, das fixações e dos sacádicos. Através destas variáveis vai-se analisar o comportamento dos movimentos oculares durante a leitura de diferentes condições de textos para assim avaliar a performance visual dos participantes.

Na Figura 4.1 apresentam-se os resultados de um participante escolhido aleatoriamente. Cada imagem representa uma diferente condição e mostra os movimentos oculares, as fixações representam-se pelos círculos e os sacádicos são segmentos que ligam os círculos. O diâmetro do círculo é proporcional à duração da fixação.



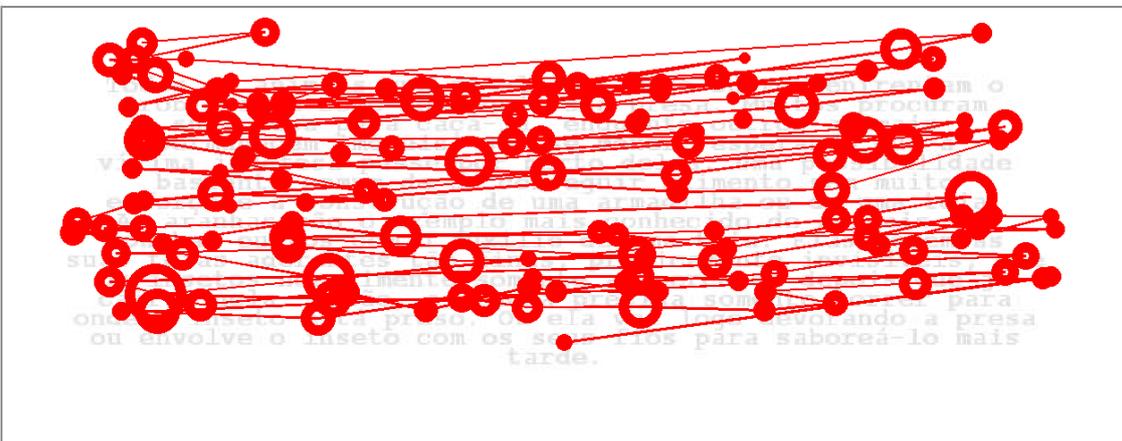
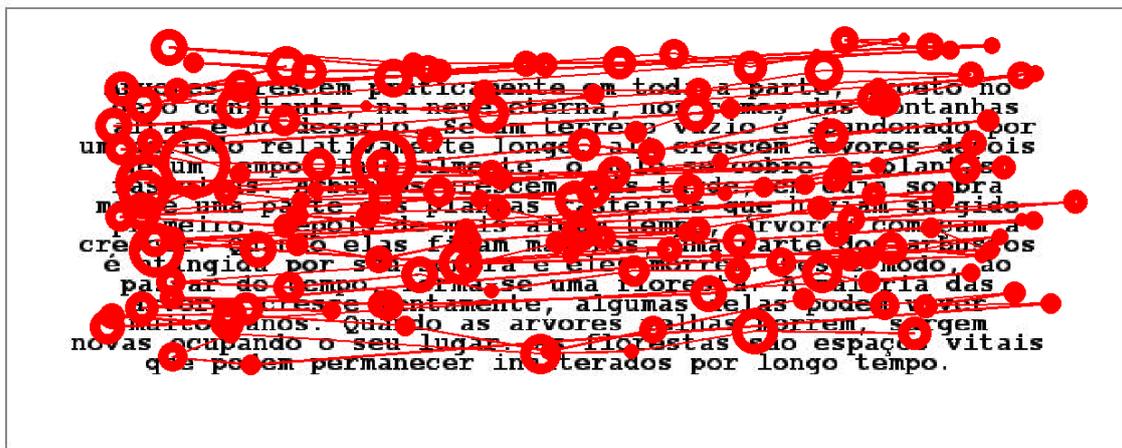
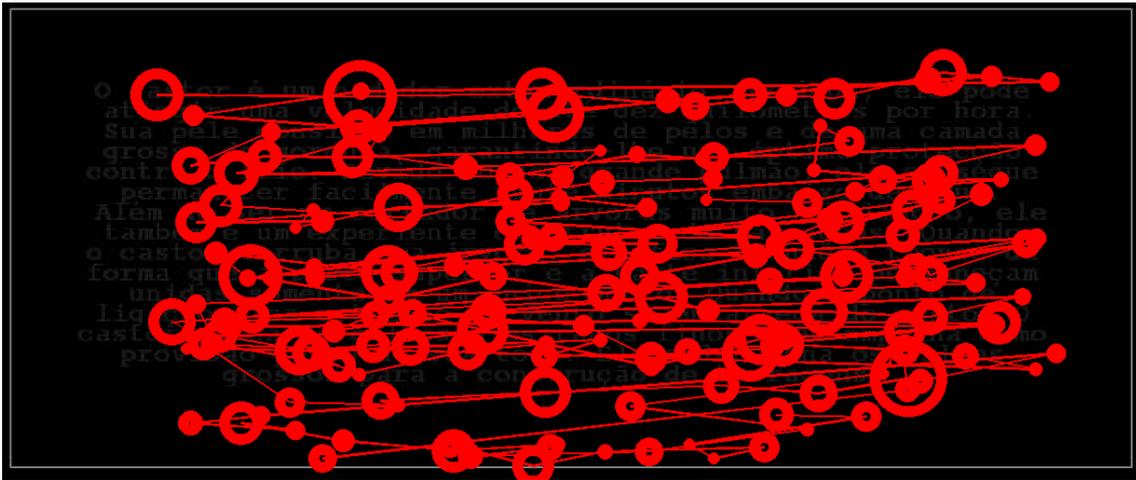


Figura 4.1: Imagem do topo, condição de fundo preto e letras brancas em alto contraste (PB-CA), a segunda imagem a contar de cima, condição de fundo preto e letras brancas em baixo contraste (PB-CB), terceira imagem a contar de cima, condição de fundo branco com letras pretas em alto contraste (BP-CA) e imagem do inferior condição de fundo branco e letras pretas em baixo contraste (BP-CB). Resultados dos movimentos oculares de um paciente aleatório na experiência dos quatro textos lidos nas diferentes condições. Os círculos correspondem às fixações, o diâmetro é proporcional à duração de fixação (diâmetro não comparável entre condições), e as linhas/segmentos correspondem aos sacádicos.

A Figura 4.2 representa uma evolução temporal dos movimentos oculares durante a leitura de um participante desta experiência. Nesta mesma figura, estão representados as fixações e os respetivos movimentos sacádicos e também as regressões que existiram na leitura do texto.

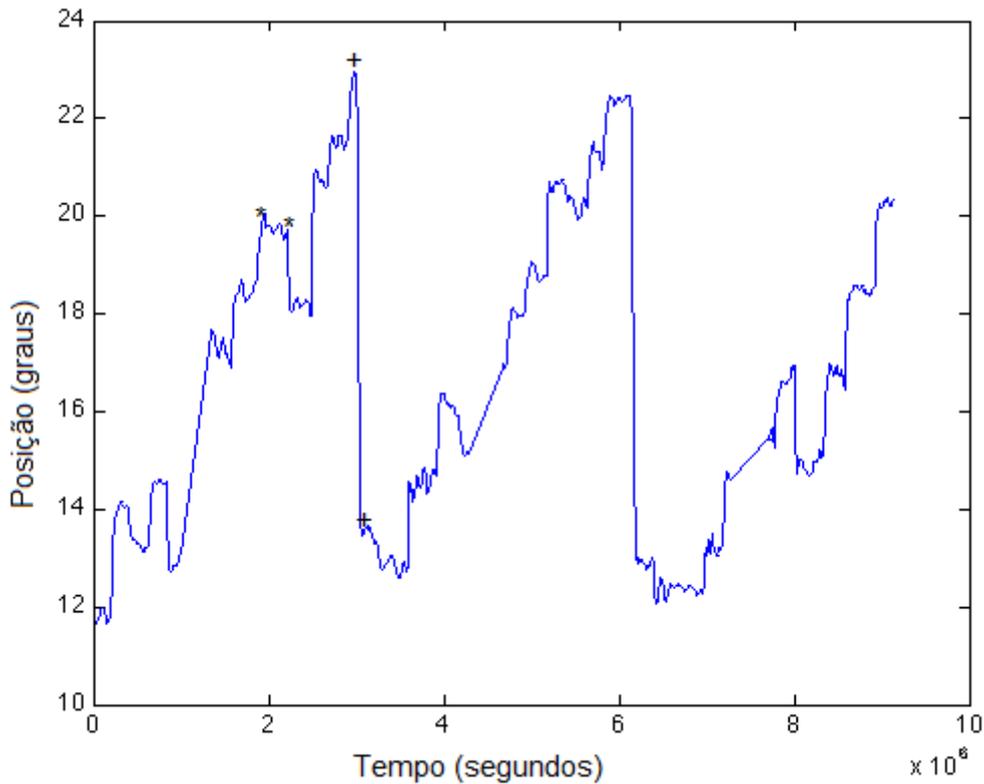


Figura 4.2: Evolução temporal dos movimentos oculares durante a leitura de um participante, nomeadamente representação dos movimentos sacádicos e das fixações realizadas. As fixações correspondem ao símbolo mencionado na imagem pelo “*” e os sacádicos estão mencionados na imagem com um símbolo “+”. O gráfico não mostra a duração total de leitura mas apenas um período de menos de 10 segundos da amostra dos movimentos.

4.1 Análise da velocidade de leitura

A velocidade de leitura foi analisada a partir dos valores obtidos do número de caracteres por minuto (cpm) e do número de palavras por minuto (ppm).

4.1.1 Leitura em caracteres por minuto

A Figura 4.3 representa os valores da velocidade de leitura medida através dos caracteres. Na condição 1, fundo preto com letras brancas em contraste alto, a média foi de 891cpm (IC95= 62), na condição 2, fundo preto com letras brancas em contraste baixo, a média foi de 733cpm (IC95= 76), no fundo branco com letras pretas em contraste alto, condição 3, a média foi de 949cpm (IC95= 56) e na condição 4, fundo branco com letras em contraste baixo, a média foi de 949cpm (IC= 47).

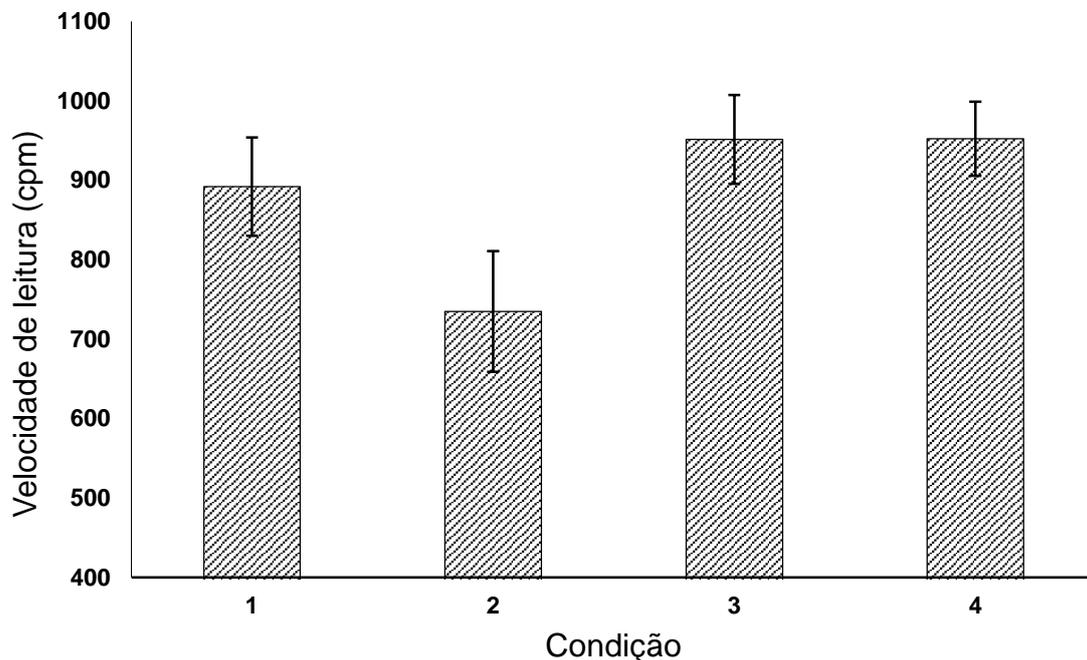


Figura 4.3: Apresentação de um gráfico de colunas da variação da velocidade de leitura em caracteres por minuto nas quatro condições em estudo. Cada coluna indica o valor médio e o intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa a combinação fundo preto com letras brancas em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa a combinação fundo preto com letras em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa a combinação fundo branco com letras pretas em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa a combinação fundo branco com letras brancas em contraste baixo (BP-CB).

A velocidade de leitura nas quatro condições em estudo apresentava uma distribuição normal, segundo o teste da normalidade Kolmogorov-Smirnov ($p=0,200$) e, como tal, aplicou-se o teste ANOVA de medidas repetidas. O teste de Mauchly's indicou que a hipótese de esfericidade foi violada ($X^2(5) = 23, p<0,001$). Assim, os graus de liberdade foram corrigidos usando as estimativas de esfericidade de Huynh-Feldt ($\epsilon = 0,59$). Os resultados mostraram que o número de caracteres por minuto foi significativamente afetada pela condição, $F(1,7\ 32) = 30, p<0,001$.

Tabela 4.1: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni da velocidade de leitura medida em número de caracteres por minuto nas quatro condições. Comparação fundo preto em contraste alto e baixo (PB-CA e PB-CB), comparação fundo preto com o fundo branco em contraste alto (PB-CA e BP-CA), comparação fundo preto em contraste alto com fundo branco em contraste baixo (PB-CA e BP-CB), comparação fundo preto em contraste baixo com fundo branco em contraste alto (PB-CB e BP-CA), comparação fundo preto com fundo branco em contraste baixo (PB-CB e BP-CB) e comparação fundo branco em contraste alto e baixo (BP-CA e BP-CB). Os números na tabela mostram a diferença média da velocidade em caracteres por minuto. Por exemplo na condição PB-CA os leitores são em média 158cpm mais rápidos do que na condição PB-CB.

	PB-CA	PB-CB	BP-CA	BP-CB
PB-CA		158***	-57**	-57*
PB-CB			-215***	-215***
BP-CA				0,32
BP-CB				

*p<0,05

**p<0,01

***p<0,001

Na condição PB-CB a velocidade de leitura foi significativamente mais baixa do que em todas as outras condições. Nas duas condições com fundo branco (BP-CA e BP-CB) a velocidade de leitura foi significativamente mais alta do que na PB-CA.

4.1.2 Leitura em palavras por minuto

Na Figura 4.4 mostra os resultados obtidos da velocidade de leitura medida em palavras por minuto. Na condição 1, fundo preto com letras brancas em contraste alto, a média foi de 148ppm (IC95= 10), na condição 2, fundo preto com letras brancas em contraste baixo, a média foi de 126ppm (IC95= 13), na condição 3, fundo branco com letras pretas em contraste alto, a média foi de 151ppm (IC95= 9) e na condição 4, fundo branco com letras pretas em contraste baixo, a média foi de 150ppm (IC95= 7).

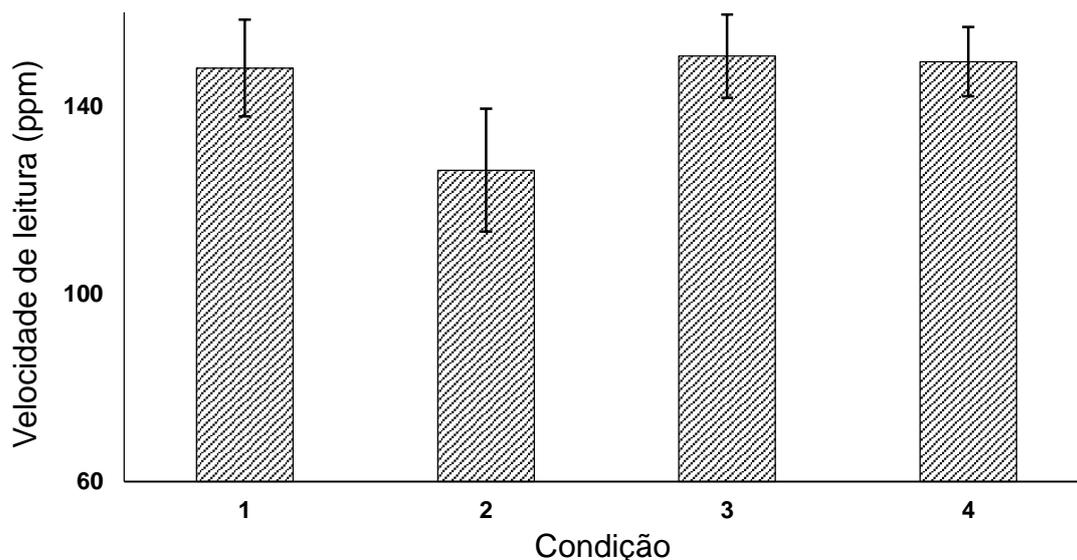


Figura 4.4: Gráfico de colunas que representa a variação da velocidade de leitura em palavras por minuto em relação às condições em estudo. Cada coluna representa a média e o intervalo de confiança a 95%. A condição 1 representa fundo preto e letras brancas em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa fundo preto e letras brancas em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa fundo branco e letras pretas em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa fundo branco e letras pretas em contraste baixo (BP-CB).

No estudo da normalidade através do teste de Kolmogorov-Smirnov, a variável apresentava uma distribuição normal ($p=0,200$), realiza-se um teste ANOVA de medidas repetidas para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as condições. O teste de Mauchly's indicou que a hipótese de esfericidade foi violada ($X^2(5) = 24, p < 0,001$) e os graus de liberdade foram corrigidos tal como na secção anterior. Os resultados mostram que o número de palavras por minuto foi significativamente afetada pela condição, $F(1,731) = 14, p < 0,001$.

Tabela 4.2: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni da velocidade medida em palavras por minuto. Por exemplo na condição PB-CA os leitores são em média 21ppm mais rápidos do que na condição PB-CB.

	PB-CA	PB-CB	BP-CA	BP-CB
PB-CA		21**	-2	-1
PB-CB			-24**	-23**
BP-CA				1
BP-CB				

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

A velocidade de leitura foi mais lenta na condição 2 (PB-CB) do que nas restantes condições.

4.2 Análise de fixações

Na variável do estudo das fixações foram analisadas os seguintes parâmetros: o rácio de fixações por 100 palavras, a duração das fixações e as alterações do diâmetro pupilar durante a leitura dos diferentes textos.

4.2.1 Rácio de fixações por 100 palavras

A Figura 4.5 representa o logaritmo do rácio de fixações por 100 palavras. A condição 1, fundo preto com letras em contraste alto, o rácio médio foi de 132 fixações por 100 palavras (IC95= 0,05). Na condição 2, fundo preto com letras brancas em contraste baixo, o rácio médio foi de 170 fixações por 100 palavras (IC95= 0,07), na condição 3, fundo branco com letras pretas em contraste alto, o rácio médio foi de 120 fixações por 100 palavras (IC95= 0,03) e na condição 4, fundo branco com letras pretas em contraste baixo, o rácio médio foi de 117 fixações por 100 palavras (IC95= 0,03).

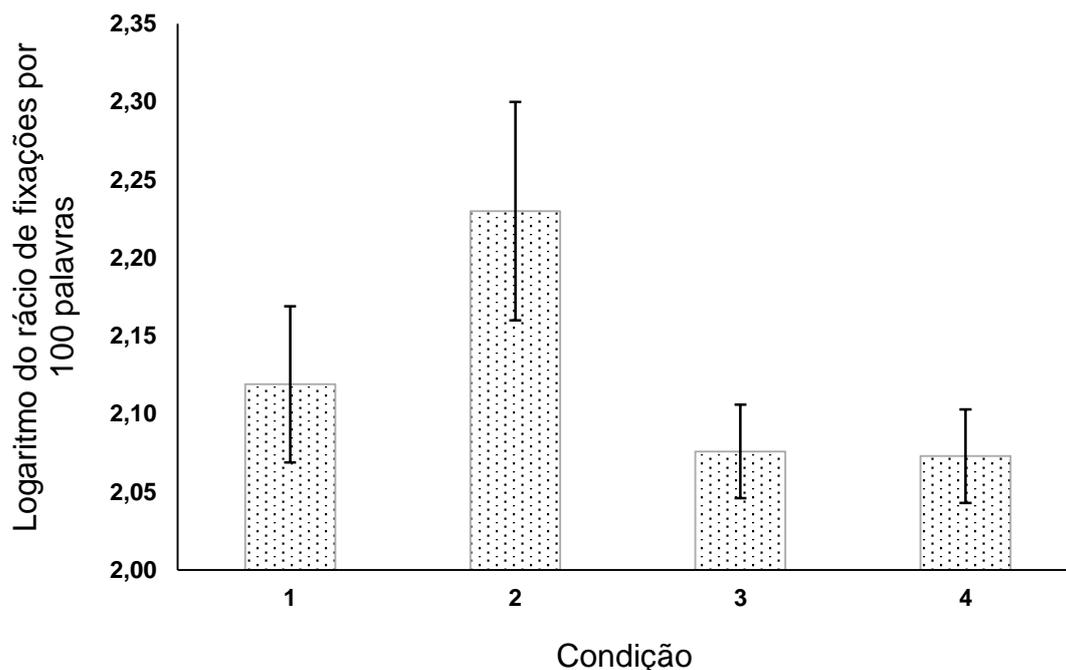


Figura 4.5: Gráfico de colunas das quatro condições em estudo do logaritmo do rácio de fixações por 100 palavras. Cada coluna corresponde a média e o intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa fundo preto em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa fundo preto em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa fundo branco em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa fundo branco em contraste baixo (BP-CB).

Devido a normalidade das condições convertidas em logaritmo, aplica-se a ANOVA de medidas repetidas com o ajuste de Bonferroni. O teste de Mauchly's indicou que a hipótese de esfericidade foi violada ($X^2(5) = 16, p < 0,01$) e por isso os graus de liberdade foram corrigidos. Os resultados mostram que o rácio de fixações por 100 palavras foi significativamente afetado pela condição, $F(2, 37) = 16, p < 0,001$.

Tabela 4.3: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni. Os números da tabela mostram a diferença média do rácio de fixações por 100 palavras. Por exemplo, na condição PB-CA os leitores realizam menos fixações por 100 palavras do que na condição PB-CB.

	PB-CA	PB-CB	BP-CA	BP-CB
PB-CA		-0,11**	0,04	0,05
PB-CB			0,15**	0,16***
BP-CA				0,004
BP-CB				

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

A condição (PB-CB) teve um rácio mais elevado de fixações por 100 palavras em comparação com as restantes condições.

4.2.2 Duração de fixações

A Figura 4.6 apresenta os valores da duração das fixações medida em milissegundos (mseg). Na condição 1, fundo preto com letras brancas em contraste alto, a duração teve uma mediana de 240ms (Intervalo IQ: min 172, máx 312), na condição 2, fundo preto com letras brancas em contraste baixo, a duração teve uma mediana de 209ms (Intervalo IQ: min 99, máx 270), na condição 3, fundo branco com letras pretas em contraste alto, a duração teve uma mediana de 274ms (Intervalo IQ: min 217, máx 294) e na condição 4, fundo branco com letras pretas em contraste baixo, a duração teve uma mediana de 308ms (Intervalo IQ: min 234, máx 308).

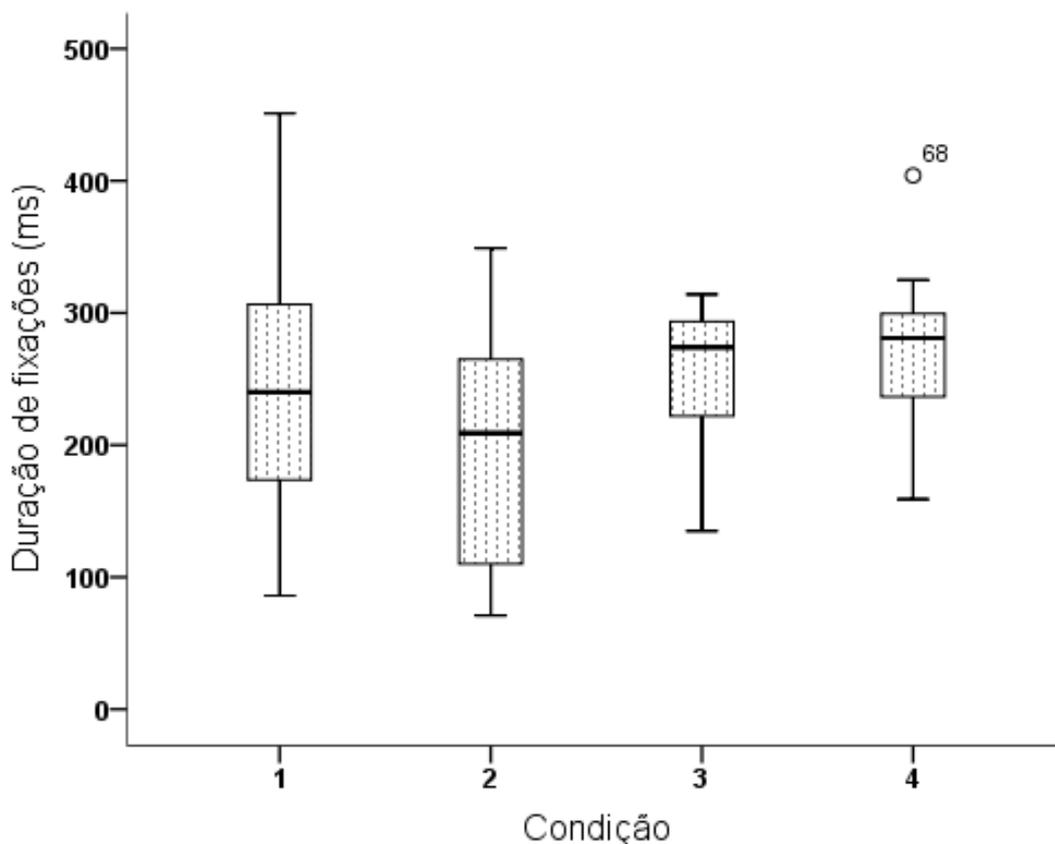


Figura 4.6: Diagrama de caixa e bigodes da duração das fixações em relação às quatro condições em estudo. Apresentação das medianas, do 1º e 3º quartil e as barras verticais, designados bigodes, correspondem ao intervalo de confiança de 95%. Na condição 4 o círculo representa um outlier.

No estudo da normalidade, através do teste de Kolmogorov-Smirnov, a condição 3 não apresenta distribuição normal, $p=0,015$, como tal utilizaram-se testes não paramétricos, o teste ANOVA Friedman. Verificou-se que existem diferenças estatisticamente significativas na duração das fixações nas diferentes condições em estudo, $X^2(3) = 12$, $p=0,006$. Numa análise post hoc com o teste Wilcoxon Signed Ranks foram analisadas as diferenças par-a-par.

Tabela 4.4: Utilização do teste estatístico de Wilcoxon para comparação par a par das várias condições. Em cada comparação apresenta-se a diferença entre medianas das condições e significância da duração de fixações. Por exemplo na condição PB-CA os leitores são em média 41mseg mais rápidos do que na condição PB-CB.

	PB-CA	PB-CA	BP-CA	BP-CB
PB-CA		41**	-18	-29
PB-CB			-59**	-70**
BP-CA				-11
BP-CB				

* $p<0,05$

** $p<0,01$

*** $p<0,001$

Na condição 2 ou PB-CB a duração de fixação foi menor do que em todas as outras condições.

4.2.3 Diâmetro pupilar

No gráfico da Figura 4.7 mostram-se os diâmetros pupilares observados nas diferentes condições. Na condição 1 o diâmetro médio foi de 5,4mm (IC95= 0,4), na condição 2 o diâmetro médio foi de 6,3mm (IC95= 0,3), na condição 3 o diâmetro médio foi de 3,5mm (IC95= 0,3) e na condição 4 o diâmetro médio foi de 3,5mm (IC95= 0,2).

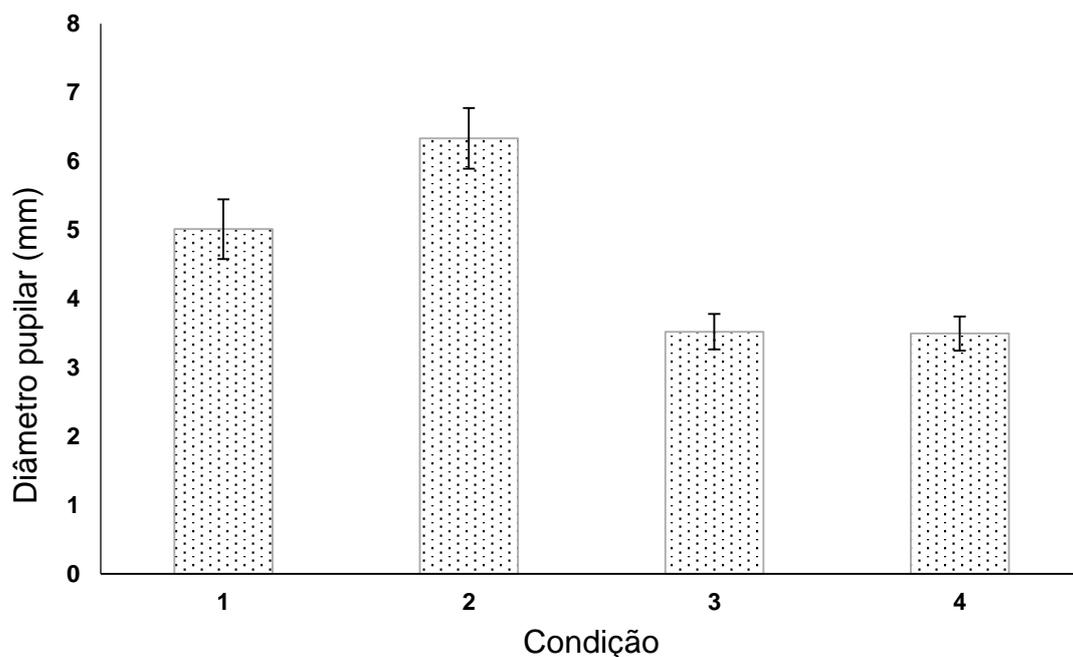


Figura 4.7: Gráfico de colunas do diâmetro pupilar em milímetros das quatro condições analisadas. Cada coluna representa a média e o intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa fundo preto em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa fundo preto em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa fundo branco em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa fundo branco em contraste baixo (BP-CB).

A variável apresentou uma distribuição normal e foi utilizado o teste ANOVA de medidas repetidas para comparar as quatro condições, as comparações múltiplas foram ajustadas pelo teste Bonferroni. O teste de Mauchly's indicou que a hipótese de esfericidade foi violada ($X^2(5) = 30$, $p < 0,001$) e, por isso, os graus de liberdade foram corrigidos. Os resultados mostram que o diâmetro pupilar foi significativamente afetado pela condição, $F(2, 42) = 316$, $p < 0,001$.

Tabela 4.5: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e o ajuste de Bonferroni do diâmetro pupilar. Os números da tabela mostram a diferença média do diâmetro pupilar em milímetros. Por exemplo, na condição PB-CA o diâmetro pupilar dos leitores são em média 1,5mm mais pequenos do que na condição PB-CB.

	PB-CA	PB-CB	BP-CA	BP-CB
PB-CA		-1,5***	1,5***	1,5***
PB-CB			2,8***	2,8***
BP-CA				0,03
BP-CB				

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

O diâmetro pupilar na condição 2 ou PB-CB foi significativamente maior do que nas restantes condições. Na condição 1 ou PB-CA o diâmetro pupilar foi maior do que nas condições BP-CA e BP-CB cerca de 1,5mm.

4.3 Análise dos sacádicos

Foram analisados os parâmetros dos sacádicos em cada uma das condições, nomeadamente: a amplitude de sacádicos (em graus) e o número de sacádicos.

4.3.1 Amplitude de sacádicos

A Figura 4.8 representa os resultados da amplitude dos sacádicos (em graus de ângulo visual). Na condição 1, combinação fundo preto em contraste alto, a média foi de 1,29graus (IC95: 0,02), na condição 2, fundo preto em contraste baixo, a média foi de 1,17graus (IC95: 0,02), na condição 3, fundo branco em contraste alto, a média foi de 1,32graus (IC95: 0,03) e na condição 4, fundo branco em contraste baixo, a média foi de 1,32graus (IC95: 0,03).

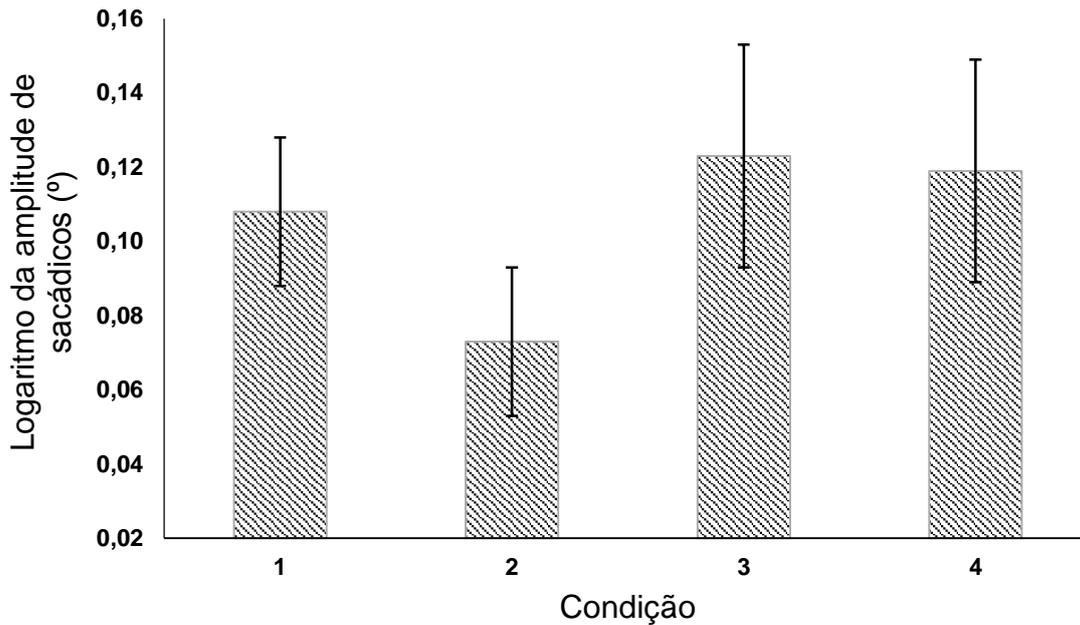


Figura 4.8: Gráfico da amplitude dos sacádicos nas quatro condições. As colunas correspondem à média e as barras ao intervalo de confiança de 95%. A condição 1 representa a combinação fundo preto com letras em contraste alto (PB-CA), a condição 2 representa a combinação fundo preto com letras em contraste baixo (PB-CB), a condição 3 representa a combinação fundo branco com letras em contraste alto (BP-CA) e a condição 4 representa a combinação fundo branco com letras em contraste baixo (BP-CB).

A variável em análise apresenta uma distribuição normal verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Usou-se ANOVA de medidas repetidas a um fator. O teste de Mauchly's confirmou a esfericidade, $X^2(5)=6$, $p>0,05$. Os resultados mostram que a amplitude dos sacádicos foi significativamente afetada pela condição $F(3, 52) = 15$, $p<0,001$.

Tabela 4.6: Comparação par a par da ANOVA de medidas repetidas e ajuste de Bonferroni da diferença média da amplitude dos sacádicos.

	PB-CA	PB-CB	BP-CA	BP-CB
PB-CA		0,035***	-0,015	-0,012
PB-CB			-0,050***	-0,046***
BP-CA				0,004
BP-CB				

* $p<0,05$ ** $p<0,01$ *** $p<0,001$

Na condição 2 ou PB-CB a amplitude foi significativamente mais pequena do que em todas as outras condições.

5. Discussão

Neste capítulo é realizada a discussão dos resultados obtidos na experiência. No presente estudo a leitura foi realizada em diferentes condições com alteração da cor do fundo e do texto de um monitor. O principal objetivo foi avaliar a performance visual da leitura quando as condições são alteradas e comprovar assim se os parâmetros oculomotores são influenciados.

Os resultados obtidos confirmam a hipótese da experiência, quando se modifica a cor do fundo e do texto de um ecrã de um computador, a velocidade de leitura altera-se e que tal pode ser explicados pelos parâmetros oculomotores.

Este estudo mostrou que ler com a combinação fundo branco e texto preto é a situação mais favorável e isto está de acordo com vários estudos. Do ponto de vista do sistema visual sabe-se que o preto é mais rapidamente processado do que o branco (Komban, Alonso & Zaidi, 2011). Um dos exemplos são os estudos publicados por Buchner et al. que comprovam que a polaridade positiva é sempre a mais vantajosa na leitura de um monitor e que há um maior desempenho de leitura nesta condição. As explicações deste estudo deve-se a legibilidade do texto apresentado no computador ser melhor quando a luminância é alta. Os possíveis reflexos num ecrã branco são menos visíveis e portanto menos perturbador do que num ecrã escuro (Buchner & Baumgartner, 2007). No estudo de Piepenbrock et al. o resultado mais importante deve-se à polaridade positiva ser sempre a mais vantajosa seja qual for a causa da diferença no tamanho do efeito da polaridade. Este estudo recomenda apresentar caracteres escuros no fundo claro de um monitor, independentemente da idade alvo (Piepenbrock et al., 2013).

Ler na condição fundo preto e letras brancas em contraste baixo (polaridade negativa) é a menos favorável aos participantes, a velocidade de leitura é mais lenta porque o número de caracteres visível diminui, realizam sacádicos mais curtos em vez de fixações prolongadas. A provável explicação deve-se ao facto de existir uma diminuição da visibilidade o que altera os parâmetros oculomotores (Legge et al., 1985a).

Para além disso ainda há que considerar o diâmetro pupilar que pode influenciar na leitura. O diâmetro pupilar altera consoante a luminância das diferentes combinações de polaridade e contraste do monitor. Neste estudo o diâmetro pupilar foi

maior no monitor fundo preto e letras em contraste baixo (polaridade negativa) do que o inverso (polaridade positiva). Nesta condição os participantes apresentam uma pupila mais dilatada pelo facto da redução de contraste da imagem e dificuldade na leitura. Estes resultados vão em conta com outros estudos, a luminância de uma superfície é um importante determinante do diâmetro pupilar. Taptagaporn e Saito em 1990 investigaram que o diâmetro pupilar é maior no escuro (20lux) do que quando o monitor é brilhante (1200lux). O diâmetro pupilar é maior quando a polaridade é negativa, o que aumenta o efeito das aberrações esféricas, diminui a profundidade de foco e resulta numa menor qualidade da imagem retiniana (Buchner et al., 2009).

Os resultados deste estudo podem ter implicações práticas para o design da resolução dos monitores para a leitura, tanto num ecrã de um computador como um tablet e um smartphone. Este estudo comprovou qual a condição mais favorável durante a leitura de um monitor. Outros estudos comparam vários tipos de aparelhos eletrónicos na performance visual da leitura. Siegenthaler et al. estudaram o comportamento da leitura do e-ink (monitor de papel eletrónico) e os conhecidos LCD's na fadiga e stress visual. Estes autores concluíram que não é a tecnologia em si, mas sim a qualidade de imagem parece crucial para a leitura. Mostraram assim que o LCD em condições especiais de luz artificial pode proporcionar melhor legibilidade que o e-ink (Siegenthaler et al., 2012).

6. Conclusão

Este estudo tinha como objetivo avaliar a performance visual durante a leitura num ecrã com modificação da cor do fundo e do texto. Os participantes leram em diferentes combinações de contraste e/ou polaridade no monitor. Esta experiência tinha como finalidade comprovar que a performance visual induzida pela manipulação da visibilidade é explicada por alterações oculomotoras.

Com o presente estudo conclui-se que os parâmetros oculomotores estão ligados às alterações na performance da leitura. Com este estudo podemos assim afirmar que as astenopias sentidas pela utilização massiva de computadores podem ser explicadas pelos processos oculomotores.

Como trabalho futuro seria interessante analisar a relação de fadiga e cansaço visual, medida assim por métodos subjetivos, como por exemplo através de um questionário feito no final da experiência a cada participante de modo a perceber a reação deles na alteração da cor de fundo e da alteração de contraste. Outro aspeto e talvez o mais interessante para mim, é estudar os efeitos dos processos oculomotores em participantes com baixa visão ou visão reduzida para assim perceber se as conclusões diferem comparativamente com os participantes usados neste estudo.

7. Referências bibliográficas

Benedetto, S., Drai-Zerbib, V., Pedrotti, M., Tissier, G., & Baccino, T. (2013). E-readers and visual fatigue. *PLoS One*, 8 (12), e83676.

Benjamin, W.J., & Borish, I.M. (2006). *Borish's clinical refraction*. (pp. xviii, 1694 p.). St. Louis Mo.: Butterworth Heinemann/Elsevier.

Buchner, A., & Baumgartner, N. (2007). Text - background polarity affects performance irrespective of ambient illumination and colour contrast. *Ergonomics*, 50 (7), 1036-1063.

Buchner, A., Mayr, S., & Brandt, M. (2009). The advantage of positive text-background polarity is due to high display luminance. *Ergonomics*, 52 (7), 882-886.

Chu, C.A., Rosenfield, M., & Portello, J.K. (2014). Blink patterns: reading from a computer screen versus hard copy. *Optom Vis Sci*, 91 (3), 297-302.

Komban, S.J., Alonso, J.M., & Zaidi, Q. (2011). Darks are processed faster than lights. *J Neurosci*, 31 (23), 8654-8658.

Legge, G.E., Ahn, S.J., Klitz, T.S., & Luebker, A. (1997). Psychophysics of reading--XVI. The visual span in normal and low vision. *Vision Res*, 37 (14), 1999-2010.

Legge, G.E., Parish, D.H., Luebker, A., & Wurm, L.H. (1990). Psychophysics of reading. XI. Comparing color contrast and luminance contrast. *J Opt Soc Am A*, 7 (10), 2002-2010.

Legge, G.E., Pelli, D.G., Rubin, G.S., & Schleske, M.M. (1985a). Psychophysics of reading--I. Normal vision. *Vision Res*, 25 (2), 239-252.

Legge, G.E., Rubin, G.S., Pelli, D.G., & Schleske, M.M. (1985b). Psychophysics of reading--II. Low vision. *Vision Res*, 25 (2), 253-265.

Messias, A., Velasco e Cruz, A.A., Schallenmuller, S.J., & Trauzettel-Klosinski, S. (2008). [New standardized texts in Brazilian Portuguese to assess reading speed--comparison with four European languages]. *Arq Bras Oftalmol*, 71 (4), 553-558.

Pelli, D.G., & Bex, P. (2013). Measuring contrast sensitivity. *Vision Res*, 90, 10-14.

Piepenbrock, C., Mayr, S., Mund, I., & Buchner, A. (2013). Positive display polarity is advantageous for both younger and older adults. *Ergonomics*, 56 (7), 1116-1124.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol Bull*, 124 (3), 372-422.

Rubin, G.S., & Legge, G.E. (1989). Psychophysics of reading. VI--The role of contrast in low vision. *Vision Res*, 29 (1), 79-91.

Schad, D.J., Nuthmann, A., & Engbert, R. (2010). Eye movements during reading of randomly shuffled text. *Vision Res*, 50 (23), 2600-2616.

Siegenthaler, E., Bochud, Y., Bergamin, P., & Wurtz, P. (2012). Reading on LCD vs e-Ink displays: effects on fatigue and visual strain. *Ophthalmic Physiol Opt*, 32 (5), 367-374.

Starr, M.S., & Rayner, K. (2001). Eye movements during reading: some current controversies. *Trends Cogn Sci*, 5 (4), 156-163.

Trauzettel-Klosinski, S., Dietz, K., & Group, I.R.S. (2012). Standardized assessment of reading performance: the New International Reading Speed Texts IReST. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 53 (9), 5452-5461.

8. Anexos

8.1 Anexo I – Folheto informativo

Título do estudo: Efeito de combinações de cor de ecrãs na performance visual dos observadores

Acrónimo: ECCEPVO

INFORMAÇÃO AO PARTICIPANTE

Por favor leia atentamente o seguinte texto. Se não o conseguir ler ou se não entender alguma informação, por favor pergunte a um dos membros desta investigação. Este texto dirige-se ao participante adulto. Está a ser convidado para participar num estudo, leve o tempo que necessitar a ler toda a informação e converse sobre este assunto com familiares e/ou amigos se desejar. Muito obrigado por ler!

Qual o propósito deste estudo?

Neste projeto pretende-se investigar a performance e a fadiga visual dos pacientes durante a leitura. Procura-se assim, chegar as melhores condições de leitura dos utilizadores. O utilizador terá de ler num ecrã de um computador com diferentes cores de fundos. Através do *eyetracker* será analisado a velocidade de leitura, as fixações e os sacádicos.

O que vai ser pedido no caso de participar?

Teste 1: Medição da acuidade visual

Neste teste o paciente terá que ler as letras de um quadro com a finalidade de verificar se o paciente tem acuidade visual igual ou superior a 1.0 em ambos os olhos (com ou sem correção).

Teste 2: Leitura de cinco textos

Neste teste o paciente terá de ler cinco textos através de um ecrã de computador. Esses textos estão apresentados com diferentes cores de ecrã.

Todos os testes são seguros, não invasivos e de utilização frequente em investigação e na prática clínica.

Onde decorrerão os testes

Todos os testes serão realizados na Universidade do Minho, Laboratório de Reabilitação Visual. Para realizar este teste será necessário o participante deslocar-se ao laboratório situado no Campus de Gualtar da Universidade do Minho, Edifício da Escola de Ciências, Sala 2100.

Que benefício terá a participação?

Os resultados deste estudo poderão vir a ser benéficos para determinar qual a melhor combinação de fundo de num ecrã de um computador. Espera-se informação útil para poder prever as melhores condições para utilizadores com boa visão e com visão reduzida.

O que vai acontecer aos resultados deste estudo?

Os resultados vão ser publicados como parte de uma tese e poderão também ser usados em conferências ou artigos científicos em revistas da especialidade. Os dados pessoais dos participantes nunca serão identificados em nenhuma publicação de resultados referentes a este estudo. Os resultados em cada um dos testes só serão do conhecimento do investigador e não serão revelados. Se desejar o participante pode obter os seus resultados requerendo-os ao investigador responsável.

A quem me devo dirigir se tiver alguma reclamação?

Deve dirigir-se Doutor António Filipe Macedo, telefone: 253 604 320, correio eletrónico: macedo@fisica.uminho.pt

Quem devo contactar para quaisquer informações?

Contacto preferencial: Dra. Nádia Silva; Tel. 918360749; Correio eletrónico: nadiamachad@gmail.com

Em caso de necessidade pode também contactar

Doutor António Filipe Macedo; Telefone: 253 604 320; Correio eletrónico: macedo@fisica.uminho.pt

8.2 Anexo II – Consentimento informado

Título do estudo: Efeito de combinações de cor de ecrãs na performance visual dos observadores

Acrónimo: ECCEPVO

Eu, _____

Contacto telefónico: _____

(coloque por favor uma rubrica ou as suas iniciais dentro de cada quadrado)

- a) Confirmo que li e compreendi o folheto informativo Versão 1, datado de 10 Julho de 2014 respeitante ao estudo acima mencionado e reproduzido em 2 páginas. Tive oportunidade de colocar questões e fui devidamente esclarecido.
- b) A minha participação é voluntária e livre de abandonar este estudo a qualquer altura e sem dar qualquer justificação.
- c) Aceito de livre vontade participar neste estudo.
- d) Autorizo que os dados recolhidos sejam usados de forma anónima, na literatura científica e em outros meios de divulgação adequados.

Assinatura do participante _____

Data:

Assinatura do investigador ou a pessoa que recolhe os dados

Data:

8.3 Anexo III – Estudo da normalidade

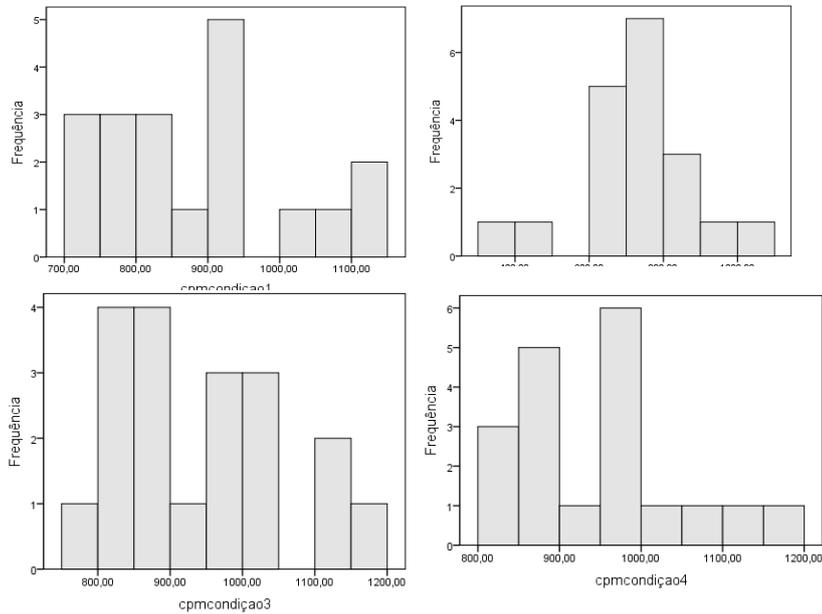


Figura 8.1: gráficos que representam a normalidade nas quatro condições em estudo medido a velocidade de leitura através do número de caracteres por minuto (cpm).

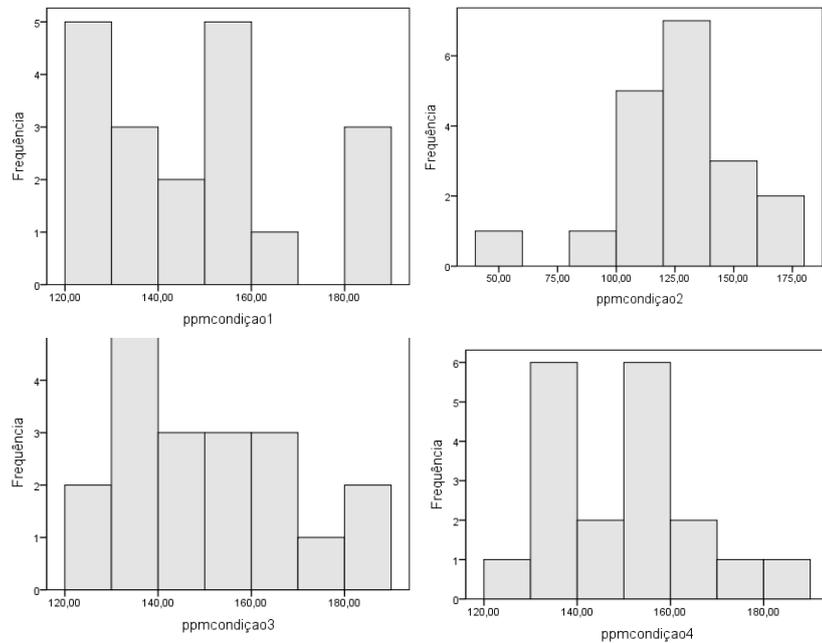


Figura: 8.2: gráficos que representam a normalidade das quatro condições em estudo medido através do número de palavras por minuto (ppm).

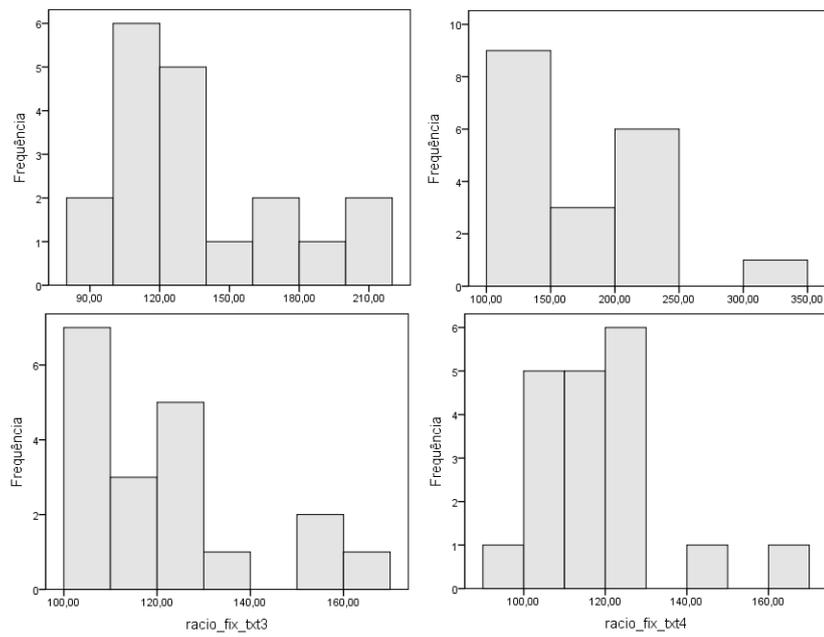


Figura 8.3: histogramas da normalidade do rácio de fixações por 100 palavras dos quatro textos usados na experiência.

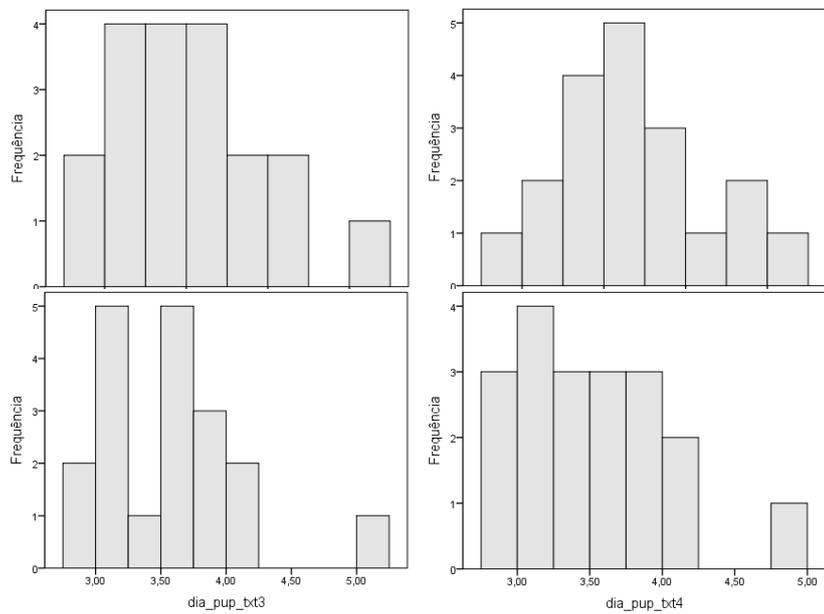


Figura 8.4: gráficos que representam a normalidade na análise do diâmetro pupilar nas quatro condições em estudo.

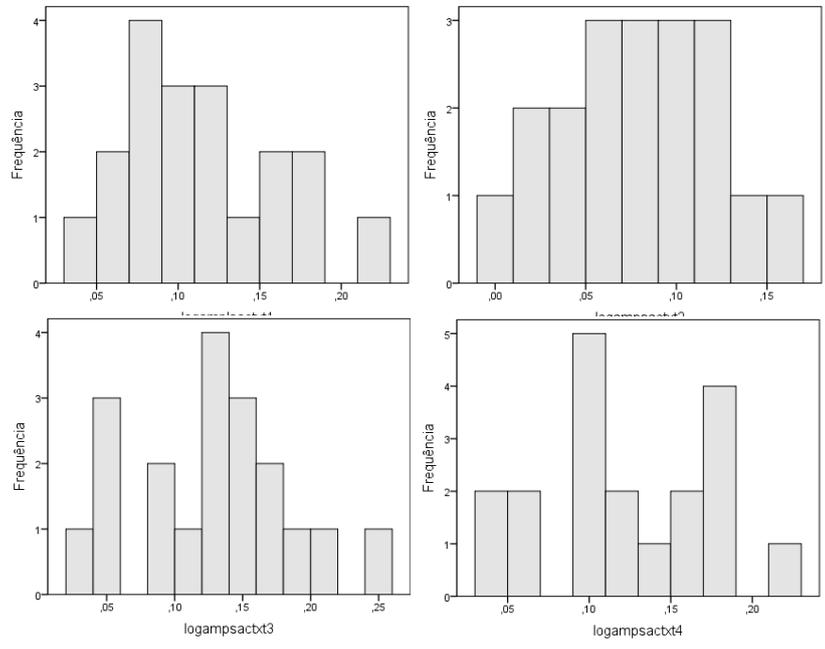


Figura 8.5: representação da normalidade das quatro condições na análise da amplitude dos sacádicos.