

Análise dos movimentos oculares de adultos com estresse visual na leitura

Analysis of eye movements of adults with visual stress in reading

Análisis de los movimientos oculares de adultos con estrés visual en la lectura

Recebido: 04/03/2022 | Revisado: 12/03/2022 | Aceito: 17/03/2022 | Publicado: 25/03/2022

Valéria Prata Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9613-8140>

Universidade Federal de Minas Geras, Brasil

E-mail: valeriaprata05@yahoo.com.br

Douglas de Araújo Vilhena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2670-7963>

Laboratório de Pesquisa Aplicada à Neurociências da Visão, Brasil

E-mail: douglasvilhena@ufmg.br

Ricardo Queiroz Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7600-855X>

Hospital de Olhos de Minas Gerais – Dr. Ricardo Guimarães, Brasil

E-mail: rg2020@gmail.com

Márcia Reis Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5475-5375>

Hospital de Olhos de Minas Gerais – Dr. Ricardo Guimarães, Brasil

E-mail: marciag2020@gmail.com

Resumo

O presente estudo analítico controlado, prospectivo e com mascaramento duplo-cego, teve o objetivo de (1) verificar se adultos com estresse visual, avaliados por um rastreador ocular, quando comparados a um grupo controle, apresentam diferença nos movimentos oculares durante a leitura de textos e (2) prover fontes de evidências de validade da estrutura interna para o Questionário de Caracterização de Dificuldades Visuais e de Aprendizagem. Participaram adultos com estresse visual (GEV; $n = 16$) pareados com um grupo controle sem estresse visual (GC; $n = 24$). Para as análises do rastreador ocular com tecnologia de infravermelho, cada participante realizou a leitura de dezesseis textos, apresentados de forma randômica, tendo o GEV realizado 239 leituras e o GC 342 leituras. Para o estudo de validação do questionário, foram adicionados retrospectivamente os prontuários de 291 adultos atendidos consecutivamente. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os GEV e o GC com relação a: Fixação, Regressão, Duração da Fixação, Ataque Direcional, Taxa de leitura, Eficiência de leitura, Correlação cruzada, Anomalias de Fixação e Anomalias Binoculares. Esses resultados demonstram que o GEV, quando comparado ao GC, apresentou uma oculomotricidade menos eficiente, com pior correlação cruzada e maior número de Anomalias Binoculares, o que evidencia movimentos em direções opostas e dificuldade na coordenação binocular. O Questionário mostrou-se adequado na análise fatorial, o que adiciona evidências de validade da estrutura interna. Esses achados reforçam que os leitores com estresse visual apresentavam dificuldades oculomotoras na leitura.

Palavras-chave: Leitura; Distúrbios da leitura; Distúrbios da visão; Intervenção pedagógica; Movimentos oculares; Percepção visual; Remediação da leitura.

Abstract

The present controlled analytical, prospective, double-blind study aimed to (1) verify if adults with visual stress, assessed by an eye-tracker, when compared to a control group, show differences in eye-movements during reading texts and (2) provide evidences of internal structure validity for the Questionnaire for Characterization of Visual and Learning Difficulties. Participated adults with visual stress (GEV; $n = 16$) paired with a control group without visual stress (CG; $n = 24$). For the analysis of the eye-tracker with infrared technology, each participant read 16 texts, presented randomly, with the GEV performing 239 readings and the GC 342 readings. For the questionnaire validation study, the records of 291 consecutive adults were retrospectively added. The results showed significant differences between the GEV and the GC, namely: Fixation, Regression, Fixation Duration, Directional Attack, Reading Rate, Reading Efficiency, Cross-correlation, Fixation Anomalies, and Binocular Anomalies. These results demonstrate that the GEV, when compared to the GC, presented a less efficient oculomotricity, with worse cross-correlation and a greater number of Binocular Anomalies, which evidences movements in opposite directions and difficulty in binocular coordination. The Questionnaire for Characterization of Visual and Learning Difficulties proved to be adequate in the factor analysis, which adds evidence of internal structure validity. These findings reinforce that readers with visual stress had oculomotor difficulties in reading.

Keywords: Reading; Visual perception; Vision disorder; Reading disabilities; Eye movements; Remedial reading.

Resumen

Este estudio analítico controlado, prospectivo, doble ciego tuvo como objetivo (1) verificar si los adultos con estrés visual, evaluados por un eye-tracker, en comparación con un grupo de control, muestran diferencias en los movimientos oculares durante la lectura de textos y (2) proveer evidencia de validez de la estructura interna para el Cuestionario de Caracterización de Dificultades Visuales y de Aprendizaje. Participaron adultos con estrés visual (GEV; $n = 16$) emparejados con un grupo control sin estrés visual (GC; $n = 24$). Para el análisis del eye-tracker con tecnología infrarroja, cada participante realizó la lectura de dieciséis textos, presentados de forma aleatoria, realizando el GEV 239 lecturas y el GC 342 lecturas. Para el estudio de validación del cuestionario, se agregaron retrospectivamente los datos clínicos de 291 adultos consecutivos. Los resultados mostraron diferencias significativas entre el GEV y el GC, a saber: Fijación, Regresión, Duración de la fijación, Ataque direccional, Velocidad de lectura, Eficiencia de lectura, Correlación cruzada, Anomalías de fijación y Anomalías binoculares. Estos resultados demuestran que el GEV, en comparación con el GC, presentó una oculomotricidad menos eficiente, con peor correlación cruzada y mayor número de Anomalías Binoculares, lo que evidencia movimientos en direcciones opuestas y dificultad en la coordinación binocular. El Cuestionario se mostró adecuado en el análisis factorial, lo que añade evidencias de la validez de la estructura interna. Estos hallazgos refuerzan que los lectores con estrés visual tenían dificultades oculomotoras en la lectura.

Palabras clave: Lectura; Percepción visual; Trastornos de la visión; Trastornos de la lectura; Movimientos oculares; Remediación de la lectura.

1. Introdução

O estresse visual (EV), também referido como síndrome de Irlen, é um tipo de distúrbio do processamento visual caracterizado especificamente pela presença de (1) distorções visuoperceptuais do texto e (2) desconforto visual progressivo durante a leitura (Guimarães *et al.*, 2021). A meta-análise de Vilhena, Guimarães e Guimarães (2019) verificaram uma prevalência média de 18% de estresse visual na população geral, com os níveis de intensidade se encontrando dentro de um *continuum* que vai de leve a severo. Um recente estudo no interior de Minas Gerais verificou a prevalência de 12% ($n/N = 7/58$) de estresse visual severo entre participantes com dificuldade de leitura do 3º e 4º ano do ensino fundamental (7 a 10 anos) (Leão *et al.*, 2021). Já Garcia *et al.* (2017) identificaram o estresse visual em 13% dos participantes de uma amostra populacional de alunos ($n = 68$, 9 a 12 anos, 53% meninos) do 5º e 6º ano do Ensino Fundamental, em São Paulo, Brasil.

Foi identificada uma forte predisposição genética, com oito a cada dez crianças com estresse visual tendo um ou ambos os pais com os mesmos sintomas (Robinson *et al.*, 1996, 2000). Pessoas com estresse visual apresentaram anomalias bioquímicas, incluindo o metabolismo anormal de ácidos graxos essenciais (crucial para o funcionamento da retina e da via visual) (Robinson *et al.*, 2001), concentração de lipídios no sangue e aminoácidos e ácidos orgânicos na urina (Sparkes *et al.*, 2003), que podem indicar alteração do sistema imunológico.

Vilhena *et al.* (2020) realizaram uma revisão integrativa da literatura com 12 artigos sobre a intervenção nos parâmetros visuais e na habilidade de leitura em pessoas com estresse visual, com recorte de 2009 a 2019. Já Guimarães *et al.* (2021) complementaram essa revisão integrativa com a síntese dos principais resultados de 36 artigos, publicados entre 1980 a 2008. Ambas revisões verificaram que o estresse visual está associado às condições que apresentam alterações sensoriais e à hiperatividade cortical, sendo investigados o transtorno do espectro autista, síndrome de Tourette, acidente vascular cerebral, surdez, dislexia, esclerose múltipla, traumatismo crânio-encefálico e alteração no processamento auditivo temporal.

As queixas mais recorrentes são a percepção de que as palavras ou letras se movem, se sobrepõem, formam padrões ou sombras no texto (ex., “rios”), se destacam do papel, se desbotam ou escurecem (Evans *et al.*, 2017). Frequentemente, os esforços para compensar as dificuldades visuais durante a leitura levam a queixas de cansaço visual progressivo, fadiga visual, sonolência, fotofobia, astenopia, dor nos olhos, lacrimejamento, piscar excessivo e cefaleia (Guimarães, 2011; Irlen, 1991; Kriss & Evans, 2005; Scott *et al.*, 2002; Wilkins, 1995). Frequentemente, pessoas com estresse visual manifestam sinais de agitação motora e demanda por interrupções e paradas para descanso durante leituras que durem mais de quinze minutos, dependendo das características do texto, o que aumenta as repercussões negativas em tarefas de estudo ou de trabalho que

demandem atenção (Guimarães, 2011). Consequentemente, as dificuldades visuais podem levar à perda de compreensão, releituras, dificuldade de concentração e baixo-rendimento escolar (Lopes, 2017; Wilkins, 1994, 2002; Guimarães *et al.*, 2019).

Diferentes fatores influenciam no conforto visual durante tarefas de leitura, como a eficiência da movimentação sacádica dos olhos, a acuidade visual, a coordenação binocular, a acomodação visual e a convergência binocular. Guimarães *et al.* (2019) investigaram 323 participantes de 8 a 17 anos com estresse visual por meio de um rastreador ocular (*eye-tracker*). Foi identificado um alto número de fixações e de regressões oculares na linha de base desses participantes, em comparação às normas ($p < 0,001$). Esse resultado pode ser indicativo de movimentos oculares corretivos para verificar as palavras (ou grafemas) que não foram suficientemente atendidas, de ajuste a vergência e de rastreamento ineficiente das linhas. No entanto, O estudo de Guimarães *et al.* foi um estudo analítico comparativo retrospectivo, sendo importante que sejam realizados estudos analíticos controlados prospectivos. Como hipótese, os participantes com estresse visual apresentam dificuldades na oculomotricidade, expressa por um maior número de movimentos oculares em comparação ao grupo controle.

O objetivo principal deste estudo foi verificar se adultos com estresse visual, avaliados por um rastreador ocular (*eye-tracker*), quando comparados a um grupo controle sem estresse visual, apresentam diferença nos movimentos oculares durante a leitura de textos. Adicionalmente, este estudo objetiva prover fontes de evidências de validade da estrutura interna para o Questionário de Caracterização de Dificuldades Visuais e de Aprendizagem (QVA), por meio de análise fatorial.

2. Metodologia

2.1 Participantes

Todos os participantes forneceram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais aprovou todos os procedimentos do estudo, sob número de identificação CAAE: 55476015.7.0000.51490 e 49765115.0.0000.5149. A pesquisa foi realizada em total conformidade com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e do Código de Ética da *World Medical Association* (Declaração de Helsinque, 2008) para pesquisas envolvendo seres humanos.

Foi realizado um estudo analítico controlado, prospectivo e com mascaramento duplo-cego. Participaram deste estudo um grupo de adultos com estresse visual (GEV; $n = 16$, $M = 30,4$ anos $\pm 10,2$; 56% mulheres) pareados com um grupo controle sem estresse visual (GC; $n = 24$; $M = 31,3$ anos $\pm 10,5$; 50% mulheres). No GEV, dois participantes tinham ensino médio completo, nove ensino superior completo, e cinco pós-graduação. No GC, quatro participantes tinham ensino médio completo, quatro ensino superior incompleto, dez ensino superior completo, e seis pós-graduação. Todos os participantes são falantes nativos do português brasileiro, saudáveis no momento da avaliação.

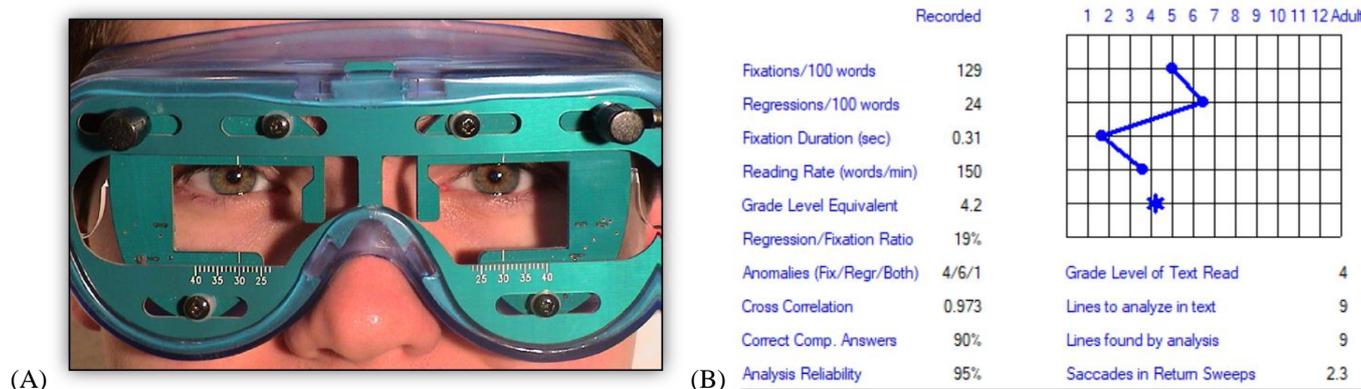
Para aumentar o poder das análises fatoriais do QVA, foram consultados retrospectivamente os questionários, devidamente preenchidos, arquivados nos prontuários de adultos ($n = 291$; 18 a 50 anos; $M = 28,0$ anos $\pm 9,5$; 54% mulheres) atendidos consecutivamente no Departamento de Neurovisão do Hospital de Olhos de Minas Gerais – Clínica Dr. Ricardo Guimarães, Belo Horizonte, Minas Gerais, totalizando 331 questionários analisados no estudo de validade da estrutura interna.

2.2 Instrumentos

O rastreador ocular *ReadAlyzer Eye-Movement Recording System* (Compevo AB, Stockholm, Sweden) foi utilizado para avaliar objetivamente os movimentos oculares durante a leitura de textos. O *ReadAlyzer* consiste de um *hardware*, que utiliza uma tecnologia de infravermelho acoplada a um par de óculos (Figura 1A), conectado a uma unidade de mensuração que, por sua vez, é ligada a um computador. Um *software* permitiu a avaliação dos movimentos oculares, simultaneamente, a sua gravação e conversão em parâmetros de leitura (Figura 1B). Foram avaliados os parâmetros Fixação, Regressão, Duração

da fixação, Alcance perceptual, Ataque direcional, Taxa de leitura, Eficiência de leitura, Correlação cruzada, Anomalias de Fixação, Anomalias de Regressão, e Anomalias Binoculares (Tabela 1).

Figura 1. (A) Rastreador ocular *ReadAlyzer Eye-Movement Recording System*. (B) Exemplo de tela de interface dos resultados com gráfico por anos de escolaridade.



Fonte: Compevo AB.

Tabela 1. Definições dos parâmetros avaliados pelo rastreador ocular *ReadAlyzer*.

Parâmetros	Definições
<i>Fixação</i>	Pausas da esquerda para direita a cada cem palavras lidas.
<i>Regressão</i>	Pausas da direita para esquerda a cada cem palavras lidas.
<i>Duração da Fixação</i>	Tempo total de leitura dividido pelo número de Fixações.
<i>Alcance perceptual</i>	Número de palavras lidas dividido pelo número de Fixações.
<i>Ataque direcional</i>	Regressões multiplicado por 100 e dividido pelo número de Fixações.
<i>Taxa de leitura</i>	Palavras lidas por minuto.
<i>Eficiência de leitura</i>	Razão entre taxa de leitura e o número de Fixações e Regressões.
<i>Correlação cruzada</i>	Porcentagem de movimentos binoculares na mesma direção.
<i>Anomalias</i>	Sacadas onde os olhos não se movem na mesma direção.
<i>Fixação</i>	Quando um olho está fazendo uma nova Fixação e o outro não.
<i>Regressão</i>	Quando um olho está fazendo uma Regressão e outro não se moveu.
<i>Binoculares</i>	Quando ambos os olhos estão se movendo em direções opostas.

Fonte: Elaboração própria.

O Questionário de Caracterização de Dificuldades Visuais e de Aprendizagem (QVA) (Fundação Holhos, 2010) foi utilizado para classificar os participantes com estresse visual na leitura (LOPES *et al.*, 2016). O QVA é composto por 128 questões dicotômicas (SIM/NÃO), divididas em 14 categorias (fatores): (1) Sensibilidade à luz (14 itens); (2) dificuldade de leitura (13 itens); (3) desconforto visual (10 itens); (4) cansaço ou cefaléia durante atividades de estudo ou de lazer (12 itens); (5) escrita à mão (5 itens); (6) copiar textos (8 itens); (7) fazer uma redação (5 itens); (8) situações que demandem atenção e concentração (8 itens); (9) dificuldades em matemática (6 itens); (10) música e leitura de partituras (8 itens); (11) dificuldades na percepção de profundidade (10 itens); (12) desempenho nos esportes (10 itens); (13) direção de veículos (9 itens); (14) situação de cansaço dentro de um carro (10 itens). Os participantes com pontuação total superior a 40 pontos foram considerados como tendo alta probabilidade de serem diagnosticados com o estresse visual. Os participantes com pontuação

total superior a 40 pontos foram considerados como tendo alta probabilidade de serem diagnosticados com o estresse visual e agrupados no GEV. Os participantes com pontuação total inferior 30 pontos foram alocados para o GC.

2.3 Procedimentos

A coleta de dados foi realizada em uma sala de experimentos no Laboratório de Pesquisa Aplicada à Neurociências da Visão (LAPAN-UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais. Cada participante preencheu o QVA, sendo posteriormente classificados com relação ao estresse visual sem o avaliador ou participante saber a pontuação no questionário. Para a análise dos movimentos dos olhos durante a leitura, os óculos do *eye-tracker* foram alinhados com cada pupila dos participantes e as correções refrativas usadas quando necessário. Os textos foram apresentados em português, disponibilizados pelo fabricante do sistema, e impressos em papel branco sulfite A4, fonte *Time News Roman*, tamanho 14, espaço interlinha de 1,5. Cada participante realizou a leitura de dezesseis textos, apresentados de forma randômica, para aumentar a quantidade e fidedignidade dos dados a serem analisados. Dessa forma, o GEV realizou 239 leituras e o GC 342 leituras.

2.4 Análise dos Dados

Para prover fontes de evidências de validade da estrutura interna para o Questionário de Caracterização de Dificuldades Visuais e de Aprendizagem, foi utilizada a análise fatorial exploratória para encontrar o melhor agrupamento dos itens. Analisou-se o teste de esfericidade de Bartlett com o objetivo de avaliar se a matriz de correlações era ou não uma matriz identidade. Em seguida, o teste de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) verificou a conformidade da análise fatorial com base na amostra. O índice KMO varia de 0 a 1 e deve ser interpretado do seguinte modo: acima de 0,80 é excelente; entre 0,70 e 0,80 está bom; entre 0,60 e 0,70 é medíocre; entre 0,50 e 0,60 é péssimo; abaixo de 0,50 é inaceitável (Hair *et al.*, 2009). Foram apresentadas as estatística descritiva (média e desvio padrão) de cada variável analisada pelo rastreador ocular. O tamanho do efeito (valor *d* de Cohen) determinou a diferença clínica, de modo que os resultados de 0,20 a 0,49 foram considerados de pequeno efeito, de 0,50 a 0,79 efeito moderado, e maiores do que 0,80 de grande efeito (Cohen, 1988). A diferença estatística entre os grupos foi determinada pelo Teste *T-Student*, com nível de significância de $p < 0,05$.

3. Resultados

Os participantes com estresse visual (GEV), avaliados por meio do rastreador ocular, quando comparados ao grupo controle (GC), apresentaram diferença significativa em nove dos onze parâmetros avaliados ($p < 0,05$) (Tabela 2). Para ler a mesma quantidade de palavras, os leitores do GEV apresentaram mais movimentos oculares do que o GC, com 39% a mais no número de fixações oculares ($p < 0,0001$; $d = 0,46$) e de 72% no número de regressões ($p < 0,0001$; $d = 0,53$).

Houve aumento de 22% na duração da Fixação ($p = 0,005$; $d = 0,22$) e de 9% no Ataque Direcional ($p < 0,010$; $d = 0,21$). Houve significativa diminuição de -23% na taxa de leitura ($p < 0,0001$; $d = 0,67$), de -31% na Eficiência de leitura ($p < 0,0001$; $d = 0,48$) e -22% na correlação cruzada ($p < 0,0001$; $d = 0,36$). Com relação às Anomalias oculares, foi encontrada uma redução de -21% na quantidade de Anomalias de Fixação ($p = 0,34$; $d = 0,18$) e um aumento de 52% nas Anomalias Binoculares ($p < 0,0001$; $d = 0,39$). Não houve diferença significativa no Alcance Perceptual e nas Anomalias de Regressão.

Tabela 2. Comparação dos parâmetros de movimento oculares na leitura entre o grupo com estresse visual e o grupo controle.

Oculomotricidade	Grupo Estresse Visual (239 leituras)		Grupo Controle (342 leituras)		Δ	Diferença entre grupos		
	Média	DP	Média	DP		t ($df = 580$)	p	d
<i>Fixações*</i>	262,83	189,49	189,47	125,35	39%	5,62	0,0001	0,46
<i>Regressões*</i>	100,48	97,93	58,51	53,27	72%	6,64	0,0001	0,53
<i>Duração da Fixação*</i>	0,33	0,35	0,27	0,15	22%	2,81	0,005	0,22
<i>Alcance perceptual</i>	0,74	0,72	0,83	0,59	-11%	-1,55	0,121	-0,14
<i>Ataque Direcional*</i>	28,96	13,27	26,47	9,92	9%	2,58	0,010	0,21
<i>Taxa de leitura*</i>	141,03	69,67	183,06	54,01	-23%	-8,18	0,0001	-0,67
<i>Eficiência de leitura*</i>	3,83	3,46	5,56	3,75	-31%	-5,65	0,0001	-0,48
<i>Correlação cruzada*</i>	46,98	41,63	60,47	33,61	-22%	-4,31	0,0001	-0,36
<i>Anomalias de Fixação*</i>	6,95	8,32	8,75	11,12	-21%	-2,13	0,034	-0,18
<i>Anomalias de Regressão</i>	5,86	7,01	6,84	8,95	-14%	-1,41	0,158	-0,12
<i>Anomalias Binoculares*</i>	68,58	70,81	45,22	47,26	52%	4,77	0,0001	0,39

Legenda – DP: Desvio Padrão. Δ : Diferente entre o GEV e o GC. df : degree of freedom. p : significância. *: significância abaixo de 0,05. Cohen d : tamanho de efeito de Cohen. Fonte: Elaboração própria.

Os participantes do GEV, avaliados por meio do QVA, quando comparados ao GC ($M = 13,6$ pontos; Intervalo de Confiança = 8,1 a 19,1; Mediana = 14; Desvio Padrão = 8,9), apresentaram uma pontuação significativamente maior de dificuldades visuais e de aprendizagem ($M = 57,8$ pontos; Intervalo de Confiança = 52,3 a 63,3; Mediana = 57; Desvio Padrão = 17,6) ($p < 0,0001$; $d = 3,17$).

Para a análise de validade da estrutura interna, as análises fatoriais do QVA demonstraram uma variância explicada de 63,6% com os 14 fatores propostos pelo questionário (Tabela 3). O teste de esfericidade de Bartlett ($\chi^2_{(8128)} = 29476,96$; $p < 0,001$) mostrou que a matriz de correlação não de identidade e, com isso, considerou que há correlação entre os itens. Em seguida, foi obtido um valor de 0,870 para o KMO, resultando em uma excelente adequação da análise fatorial.

Tabela 3. Análise fatorial de componentes principais soluções a quatorze fatores para o QVA ($n = 331$ participantes).

Fatores	Variância	% Variância
Fator 1	9,684	7,6%
Fator 2	8,831	6,9%
Fator 3	7,601	5,9%
Fator 4	6,406	5,0%
Fator 5	6,064	4,7%
Fator 6	5,91	4,6%
Fator 7	5,586	4,4%
Fator 8	5,133	4,0%
Fator 9	5,077	4,0%
Fator 10	4,781	3,7%
Fator 11	4,586	3,6%
Fator 12	4,504	3,5%
Fator 13	3,684	2,9%
Fator 14	3,574	2,8%
Comunalidade	81,42	63,6%

Fonte: Elaboração própria.

4. Discussão

O objetivo principal deste estudo foi verificar se adultos com estresse visual, avaliados por um rastreador ocular, quando comparados a um grupo controle sem estresse visual, apresentam diferença nos movimentos oculares durante a leitura de textos. Os resultados coletados pelo *eye-tracker* mostraram que os participantes do GEV, quando comparados ao GC, apresentam um comportamento ocular menos eficiente na leitura, com diferença significativa em nove dos onze parâmetros avaliados. Apenas o Alcance Perceptual e as Anomalias de Regressão não apresentaram diferença significativa.

Para ler 100 palavras, o GEV realizou 39% a mais no número de Fixações e 72% de Regressões, o que evidencia uma dificuldade oculomotora na leitura. O excesso de regressões dificultou em 9% o Ataque Direcional, o que prejudica a correta direção da leitura da esquerda para a direita. O aumento de 22% na Duração da Fixação pode estar associado à dificuldade no processamento cognitivo da palavra. A dificuldade do GEV na eficiente orientação da movimentação ocular impacta na fluência, evidenciada por uma Taxa de Leitura 23% mais lenta e uma Eficiência de Leitura (união dos parâmetros Fixação, Regressão e Taxa de Leitura) 31% pior. Uma diferença importante foi encontrada na coordenada movimentação binocular durante a leitura, com redução de 22% na correlação cruzada. A melhora das Anomalias de Fixação e o resultado não significativo das Anomalias de Regressão podem ser explicadas pelo aumento significativo de 52% nas Anomalias Binoculares.

Os movimentos dos olhos durante a leitura refletem o processamento contínuo da linguagem e permitem inferências dos processos envolvidos na sua análise. Um dos modelos mais influentes é o modelo E-Z Reader (Nilsson & Nivre, 2009), que pressupõe que o processamento cognitivo/lexical pode dirigir os olhos por meio do texto e que as palavras são identificadas em série, uma de cada vez. Os movimentos dos olhos refletem eventuais dificuldades sentidas pelo leitor durante o processamento da informação linguística. Se determinada estrutura ou condição causar maiores dificuldades ao leitor e/ou se houver sobrecarga cognitiva durante o processamento da informação, essas dificuldades serão refletidas em alterações dos padrões oculares.

Durante a leitura, os olhos não se movem suavemente por uma linha ou página de um texto. Ao contrário, os olhos

fazem uma série de movimentos de sacadas muito rápidos, intercalados com movimentos estacionários por breves períodos de tempo (*i.e.*, Fixações). A fixação ocular captura certo número de caracteres de uma ou mais palavras que estão dentro do campo visual. Muitas palavras também são “puladas” e ignoradas, o que, geralmente, envolve o seu comprimento, a sua frequência e previsibilidade, de modo que palavras mais frequentes, menores e mais previsíveis em uma língua são, frequentemente, são ignoradas pelos olhos.

Essas alterações se manifestam sob maior demanda de atenção visual, como durante uma leitura prolongada em papel branco e em displays eletrônicos (Lopes, 2017). Para algumas pessoas com estresse visual, as características físicas dos estímulos visuais, como o padrão de listras que formam o texto, cuja frequência espacial média varia de um texto para outro e com a distância de leitura, podem provocar e intensificar um estresse no sistema visual durante a leitura. O alto contraste entre Figura-Fundo, causada pela escrita com tinta preta em um papel branco, pode aumentar o estresse visual. Assim, a presença dos sintomas está relacionada, em parte, com o espaçamento horizontal das palavras relativo a um espaçamento vertical das linhas. Certos padrões desse tipo podem induzir a convulsões em indivíduos com epilepsia fotossensível ou serem julgados como desagradáveis por pessoas que sofrem de cefaleias e tensão ocular (Wilkins, 1995).

A dificuldade visual pode estar presente em pessoas com diagnóstico de Transtorno Específico de Aprendizagem com prejuízo na leitura. Vilhena *et al.* (2021) verificaram que o grupo com diagnóstico confirmado de dislexia do desenvolvimento ($n = 62$) apresentou desempenho inferior nas variáveis visuais temporais relacionadas à função visual magnocelular (*i.e.*, perimetria de frequência duplicada e habilidades motoras oculares), quando comparado ao grupo controle. Esses resultados consolidam a importância do processamento da informação visual como fonte (*input*) para a leitura, sendo importante a compreensão e investigação de sua função e disfunção.

Além desses resultados com o rastreador ocular, este estudo também objetivou prover fontes de evidências de validade da estrutura interna para o QVA, com um total de 311 questionários avaliados. O QVA explicou 63,6% da variância total das 14 categorias avaliadas, mostrando-se adequado na análise fatorial, com índice KMO acima de 0,80 (*i.e.*, 0,870) e com alta correlação entre os itens ($p < 0,05$). Esses resultados adicionam fontes de evidências de validade da estrutura interna para o QVA, o que justifica o seu uso na metodologia deste estudo.

Apesar de o português brasileiro ser fácil de se ler, com simplicidade da estrutura silábica e da transparência na correspondência grafema-fonema, muitos alunos não conseguem alcançar a proficiência em leitura (Pinheiro & Vilhena, 2022). Deve-se ter uma atenção à educação de pessoas com dificuldades visuais, como o estresse visual, oferecendo fatores de proteção ao escolar. O sucesso da educação de pessoas com deficiências visuais, parcial ou total, depende do empenho do professor, do aluno, dos familiares e gestores, que juntos deverão estar em permanente diálogo, para traçarem perspectivas e objetivos a cada conteúdo, atividade e avaliação (Carvalho *et al.*, 2022).

Como limitação, é importante realizar mais estudos prospectivos com diferentes amostras e critérios de seleção. O presente estudo classificou os participantes de acordo com o QVA. Apesar do QVA ter apresentado evidências de validade da estrutura interna satisfatória, é um instrumento de triagem e não de diagnóstico. Futuros estudos poderão aprofundar a relação dos movimentos oculares com a compreensão de texto, uma vez que é evidente que uma movimentação ocular mais eficiente irá permitir que recursos cognitivos sejam alocados para interpretação do conteúdo.

5. Considerações Finais

Este avaliou quarenta adultos saudáveis, alocados em grupos com queixas de estresse visual (GEV) e sem queixas relevantes (GC). Os resultados mostraram que o comportamento ocular na leitura de pessoas com estresse visual foi diferente em nove dos onze parâmetros avaliados (*i.e.*, Fixação, Regressão, Duração da Fixação, Ataque direcional, Taxa de leitura, Eficiência de leitura, Correlação cruzada, Anomalias de Fixação e Anomalias Binoculares). Alguns leitores variaram muito a

capacidade de ver e relatar uma visão única, o que pode ter sido acompanhado de quantidades variáveis de disparidade na retina ou na necessidade de restabelecer a fusão binocular em determinados intervalos. Esse comportamento ocular pode ser relevante em atividades educacionais, profissionais e/ou de lazer que demandem precisão de leitura. Estudos futuros poderão investigar amostras de participantes de diferentes idades, com outros critérios de inclusão e com outros instrumentos.

Referências

- Carvalho, A. S. M., Anchieta, G. O. S., Pereira, P. C., Oliveira, M. M., Conceição, J. L. M., Adaid-Castro, B. G., Oliveira, E. S. M., Seo, C. M. P., Lopes, V. A., & Carvalho, E. F. (2022). Reflexões sobre a inclusão de deficientes visuais no contexto universitário. *Research, Society and Development*, 11(1), e32411125062. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25062>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2a ed.), L. Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.
- Compevo AB (2014). ReadAlyzer User's Guide. Stockholm, Sweden.
- Declaração de Helsinki (World Medical Association) (2008). *7th Revision of the Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects*. 59th World Medical Association (WMA), General Assembly, Seoul, South Korea.
- Evans, B. J., Allen, P. M., & Wilkins, A. J. (2017). A Delphi study to develop practical diagnostic guidelines for visual stress (pattern-related visual stress). *J Optom*, 10(3), 161-168. <https://dx.doi.org/10.1016/j.optom.2016.08.002>
- Fundação Holhos (2010). Questionário de caracterização de dificuldades visuais e de aprendizagem (QVA). Belo Horizonte, Brasil.
- Garcia, A. C. O., Momensohn-Santos, T. M., & Vilhena, D. A. (2017). Effects of Spectral Overlays on Reading Performance of Brazilian Elementary School Children. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 69(5-6), 219-225. <https://dx.doi.org/10.1159/000484139>
- Garcia, A. C. O., Vilhena, D. A., Guimarães, M. R., Pinheiro, Â. M. V., & Momensohn-Santos, T. M. (2019). Association between auditory temporal and visual processing in reading skill. *Revista CEFAC*, 21(5), e6119. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-0216/20192156119>
- Guimarães, M. R. (2011). Síndrome de Irlen. *Revista Multidisciplinar de Desenvolvimento Humano*, 4, 41-49.
- Guimarães, M. R., Vilhena, D. A., Guimarães, R. Q., & Pinheiro, Â. M. V. (2021). Efeito das lâminas espectrais (overlays) em parâmetros visuais e na habilidade de leitura: revisão integrativa de 1980 a 2008. *Research, Society and Development*, 10(12), e251101220366. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20366>
- Guimarães, M. R., Vilhena, D. A., Loew, S. J., & Guimarães, R. Q. (2019). Spectral Overlays for Reading Difficulties: Oculomotor Function and Reading Efficiency Among Children and Adolescents With Visual Stress. *Perceptual and Motor Skills*, 127(2), 490-509. <https://doi.org/10.1177/0031512519889772>
- Hair, J. F., Tatham, R. L., Anderson, R. E., & Black, W. (2009). *Análise Multivariada de Dados*. Bookman, 597 p, (5a ed.).
- Irlen, H. (1991). *Reading by the colors*. New York, The Berkley Publishing Group.
- Kriss, I., & Evans, B. J. (2005). The relationship between dyslexia and Meares-Irlen Syndrome. *J Res Read*, 28(3), 350-364. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9817.2005.00274.x>
- Leão, D. M. P., Vilhena, D. A., Ottoni, P. C., Batista, M. R., Leão, J. P. P., Guimarães, M. R., & Ruginsk, S. G. (2021) Estresse visual associado à dificuldade de leitura: prevalência e intervenção em alunos do ensino fundamental. *Research, Society and Development*, 10(11), e430101119914, 1-13. <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19914>
- Lopes, V. P. (2017) Influência da Vibração de Corpo Inteiro e da Iluminação Artificial na Cinemática Ocular durante Atividades de Leitura realizadas em diferentes mídias e sob Estresse Visual: Estudo Preliminar. (Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Nilsson, M., & Nivre, J. (2009). Learning Where to Look: Modeling Eye Movements in Reading. Proceedings of the Thirteenth Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL). Association for Computational Linguistics, Boulder, Colorado, p. 93-101.
- Pinheiro, Â. M. V., & Vilhena, D. A. (2022). Teste de reconhecimento de palavras e pseudopalavras: validades de conteúdo e externa. *Signo*, 47(88), 145-161. <https://doi.org/10.17058/signo.v47i88.17396>
- Robinson, G. L., Foreman, P. J., & Dear, K. B. G. (1996). The familial incidence of symptoms of Scotopic Sensitivity/Irlen Syndrome. *Perceptual and Motor Skills*, 83(3), 1043-1055. <https://dx.doi.org/10.2466/pms.1996.83.3.1043>
- Robinson, G. L., Foreman, P. J., & Dear, K. B. G. (2000). The familial incidence of symptoms of Scotopic Sensitivity/Irlen Syndrome: comparison of referred and mass-screened groups. *Perceptual and Motor Skills*, 91(3), 707-724. <https://dx.doi.org/10.2466/pms.2000.91.3.707>
- Robinson, G. L., McGregor, N. R., Roberts, T. K., Dunstan, R. H., & Butt, H. (2001). A biochemical analysis of people with chronic fatigue who have Irlen Syndrome: speculation concerning immune system dysfunction. *Percept Mot Skills*, 93(2), 486-504. <https://dx.doi.org/10.2466/pms.2001.93.2.486>
- Scott, L., McWhinnie, H., Taylor, L., Stevenson, N., Irons, P., Lewis, E., & Wilkins, A. J. (2002). Coloured overlays in schools: orthoptic and optometric findings. *Ophthalmic Physiol Opt*, 22(2), 156-165. <https://dx.doi.org/10.1046/j.1475-1313.2002.00009.x>

Sparkes, D. L., Robinson, G. L., Dunstan, H., & Roberts, T. K. (2003). Plasma cholesterol levels and Irlen syndrome: preliminary study of 10- to 17-yr.-old students. *Percept Mot Skills*, 97(3 Pt 1), 743-752. <https://dx.doi.org/10.2466/pms.2003.97.3.743>

Vilhena, D. A., Guimarães, M. R., Guimarães, R. Q., & Pinheiro, Â. M. V. (2020). Efeito das lâminas espectrais (overlays) em parâmetros visuais e na habilidade de leitura: revisão integrativa. *Revista CEFAC*, 22(3), e17519. <https://doi.org/10.1590/1982-0216/202022317519>

Vilhena, D. A., Guimarães, M. R., Guimarães, R. Q., & Pinheiro, A. M. V. (2021). Magnocellular visual function in developmental dyslexia: deficit in frequency-doubling perimetry and ocular motor skills. *Arquivos Brasileiros De Oftalmologia*, 84(5), 442-448. <https://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.20210069>

Vilhena, D., Guimarães, M., & Guimarães, R. (2019). Melhora do desempenho de leitura com o uso de lâminas espectrais: revisão sistemática e meta-análise. *Psicologia Argumento*, 36(93), 343-361. <https://dx.doi.org/10.7213/psicolargum.36.93.AO05>

Wilkins, A. J. (1995). *Visual stress*. Oxford; New York: Oxford University Press.

Wilkins, A. J., Evans, B. J., Brown, J. A., Busby, A., Wingfield, A. E., Jeanes, R. J., & Bald, J. (1994). Double-masked placebo-controlled trial of precision spectral filters in children who use coloured overlays. *Ophthalmic Physiol Opt*, 14(4), 365-370. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.1994.tb00126.x>

Wilkins, A. J., Huang, J., & Cao, Y. (2007). Prevention of visual stress and migraine with precision spectral filters. *Drug Development Research*, 68(7), 469-475. <https://dx.doi.org/10.1002/ddr.20216>

Wilkins, A. J., Patel, R., Adjajian, P., & Evans, B. J. (2002). Tinted spectacles and visually sensitive migraine. *Cephalalgia : an international journal of headache*, 22(9), 711-719. <https://doi.org/10.1046/j.1468-2982.2002.00362.x>