

Simulador de distorções visuais baseado na Síndrome de Mears Irlen: Uma aplicação de engenharia reversa para explicar seus efeitos.

Introdução

A síndrome de Meares-Irlen (SMI) pode ser definida como uma disfunção visual-perceptiva associada a uma deficiência na distribuição de cones e bastonetes na retina, que causa a desorganização das informações captadas pelos olhos, comprometendo principalmente a habilidade de leitura. Portadores desta síndrome relatam repentino estresse visual, dor nos olhos e lacrimejamento causado pela hipersensibilidade à luz, que impactam a leitura de textos com fundo branco (textos impressos ou exibidos na tela de um computador). As principais manifestações da síndrome no processo de leitura podem ser descritas como embaçamento das letras, sensação das letras em movimento e espaçamento irregular entre as palavras [1] [3].

Os exames oftalmológicos tradicionais não conseguem detectar a SMI, pois na maioria dos casos os sintomas são somativos a outros transtornos relacionados à leitura, como a Dislexia e o TDAH, dificultando um diagnóstico preciso. Ainda assim, estima-se que 45% das pessoas que possuem déficits de leitura, também possuem diagnóstico positivo para a SMI, e que essas pessoas representam cerca de 15% da população mundial [2]. No entanto, ainda não existe um método de diagnóstico automatizado ou que ao menos faça uma medição da distorção visual percebida pelo indivíduo. Atualmente o diagnóstico é realizado, principalmente, a partir do relato verbal dos próprios indivíduos [3].

Tendo em vista que há descrições semelhantes sobre as distorções visuais percebidas [3], e que a percepção visual é uma experiência singular, ou seja, apenas o próprio indivíduo pode enxergá-la, entende-se que o problema principal a ser resolvido está relacionado à mensuração da percepção visual em situações que causam essas distorções. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é simular tais distorções visuais para, por meio de um processo de engenharia reversa, detectar de forma automatizada os indivíduos portadores da SMI e o tipo de distorção visual que eles enxergam.

Mais especificamente, nesta pesquisa (A) foi desenvolvido um software para gerar estímulos artificiais que simulam distorções visuais percebidas por pessoas portadoras da SMI, (B) foi realizado um experimento com um equipamento de rastreamento ocular utilizando essas distorções visuais simuladas com o propósito de coletar sinal visual correspondente, (C) foi criada uma base de dados composta de imagens de padrões visuais de leitura extraídos do equipamento de rastreamento ocular em textos com tais distorções, e (D) foi implementado um arcabouço computacional inédito para reconhecer padrões visuais de leitura automaticamente[5].

Metodologia

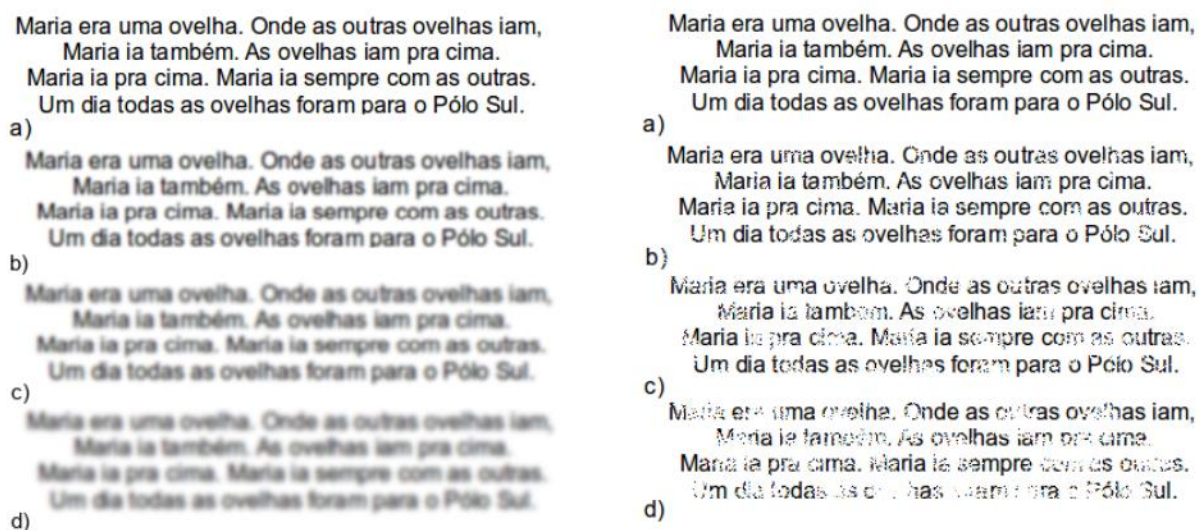
A) Simulador da SMI

A partir das distorções visuais que os portadores da SMI relatam ocorrer com mais frequência durante a leitura, como palavras borradas (efeito Blurry), embaçamento do texto (efeito Washout) e espaçamento entre as palavras (efeito Rivers), foi desenvolvido um software para simular tais efeitos a partir de textos e parâmetros inseridos pelo usuário.

Utilizando a plataforma aberta de processamento R Studio, juntamente com as bibliotecas também abertas, “Magick” para manipulação de imagens e “ggplot2” para manipulação de gifs, os textos inseridos são transformados em imagens no formato .jpeg para que posteriormente sejam organizadas em quadros (frames), produzindo um vídeo que simula um efeito dinâmico da SMI.

Um exemplo do efeito gerado pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Simulação dos efeitos da SMI



Na parte esquerda da figura, o texto simulado refere-se ao efeito “Blurry” que pode ser traduzido como “Borrado”. O item a) representa o texto original sem efeitos, o item b) o texto com efeito Blurry e parâmetro $\sigma = 1$, o item c) com $\sigma = 1.5$ e o item d) com $\sigma = 2$. Na parte direita da figura, o texto simulado refere-se ao efeito “Washout” que pode ser traduzido como “Embaçado”. O item a) representa o texto original sem efeitos, o item b) o texto com efeito Washout e $\sigma = 1$, o item c) $\sigma = 1.5$ e o item d) $\sigma = 2$.

A partir do parâmetro σ juntamente com o outro parâmetro denominado τ a distorção gerada se altera dinamicamente, se intensificando e retornando ao texto original gradativamente, com tempo de ciclo controlado pelo parâmetro τ . Os exemplos de

textos inseridos foram da literatura infantil brasileira, para que não houvesse alterações nos padrões oculares de leitura por razões que não fossem a intensificação dos efeitos no texto, como dificuldades sintáticas ou semânticas que pudessem ser causadas por outros tipos de textos.

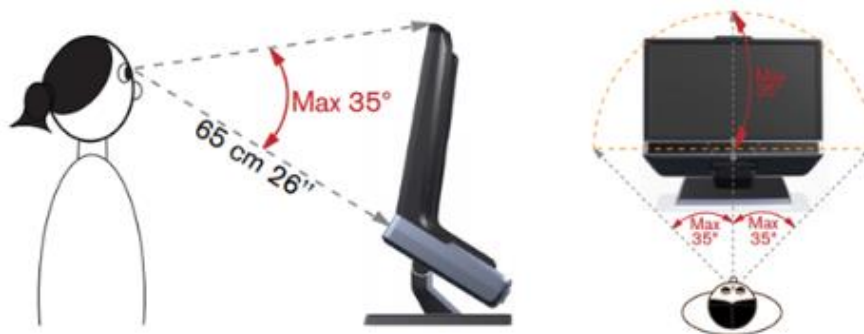
Uma versão inicial deste software foi implementada em uma aplicação web (<https://simuladordeirlen.shinyapps.io/AppSMI/>) e já pode ser utilizada para testes a partir de textos ou imagens escolhidas pelo usuário.

B) Experimento com equipamento de rastreamento ocular

Os textos simulados são exibidos na tela do equipamento de rastreamento ocular ou “Eye-Tracker” modelo Tobii TX300, o qual é conectado a um notebook com processador i7, 16 Gb de RAM, teclado comum (Padrão ABNT) e sistema operacional Windows 7, para que o software Tobii Studio seja utilizado durante a gravação do sinal de cada participante.

Previamente, os participantes do experimento foram orientados sobre as instruções do teste e foi realizada a calibração do equipamento, que incluem a acomodação e ajuste da tela do equipamento de rastreamento ocular conforme a posição do participante, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Calibração do equipamento de rastreamento ocular para aquisição do sinal.

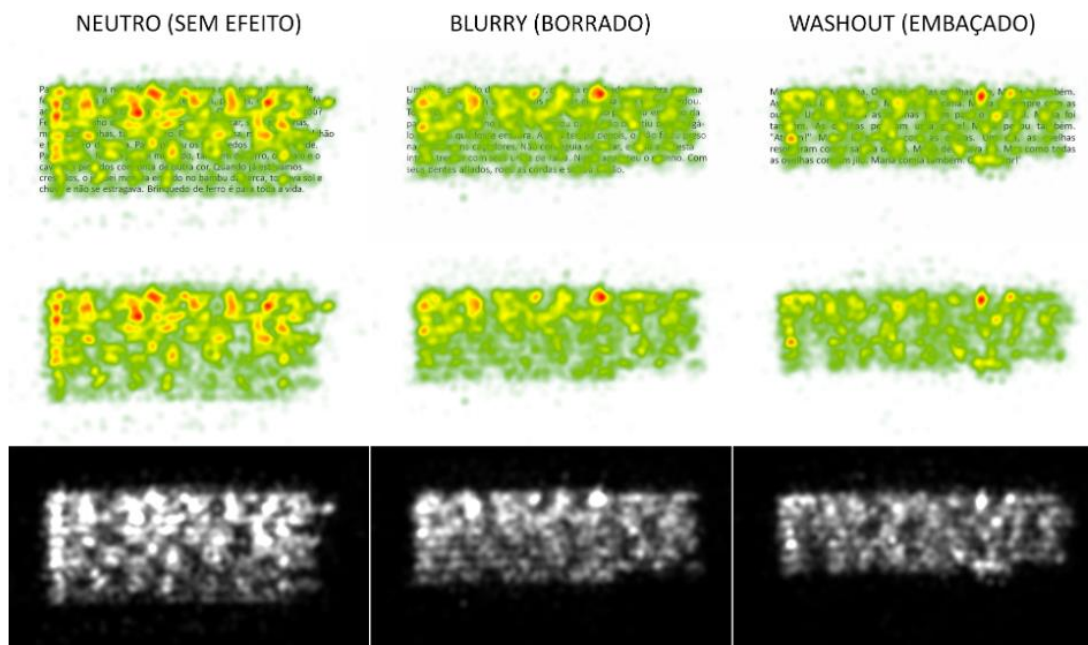


Posteriormente, os textos simulados foram exibidos com tempo de exposição de 30 segundos e uma pergunta de controle de compreensão referente a cada texto é realizada ao final de cada simulação. As perguntas são respondidas oralmente e é solicitado que o participante pressione qualquer tecla do teclado disposto à sua frente para que seja exibido o próximo texto com efeito simulado.

C) Padrões visuais de leitura

Após a realização do experimento, são gerados os mapas de atenção visual de cada participante contendo o padrão visual correspondente a cada tipo de efeito da SMI, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Pré-processamento do mapa de atenção visual



O mapa de atenção visual é obtido a partir da consolidação das fixações oculares em uma formatação gráfica do tipo mapa de calor, o qual leva em consideração duas medidas: 1) o limiar de espaço que indica área máxima em pixels para computar uma fixação e; 2) o limiar de tempo que indica o tempo mínimo para contabilizar cada fixação [7]. Neste trabalho esses limiares foram configurados com área de 40 pixels e tempo de 60ms, formatando uma máscara de pontos em que os dados de fixação são computados e acumulados para gerar as graduações do mapa de calor, que variam do vermelho (pontos de maior incidência) ao verde (pontos de menor incidência) [6].

Na etapa de pré-processamento, foi feita a separação do fundo da imagem (texto apresentado como estímulo) dos dados de fixação ocular (mapa de atenção visual), em seguida o mapa de calor foi convertido para mapa de opacidade, contendo apenas tons de cinza, conforme é apresentado nos três últimos quadros da Figura 3.

Todas as imagens geradas com o experimento possuem a mesma resolução (1280x720), orientação e intensidade de luminosidade, resultando em uma base de dados normalizada com 210 imagens de padrões visuais de leitura, sendo 70 imagens de cada padrão estudado (Neutro, Blurry e Washout).

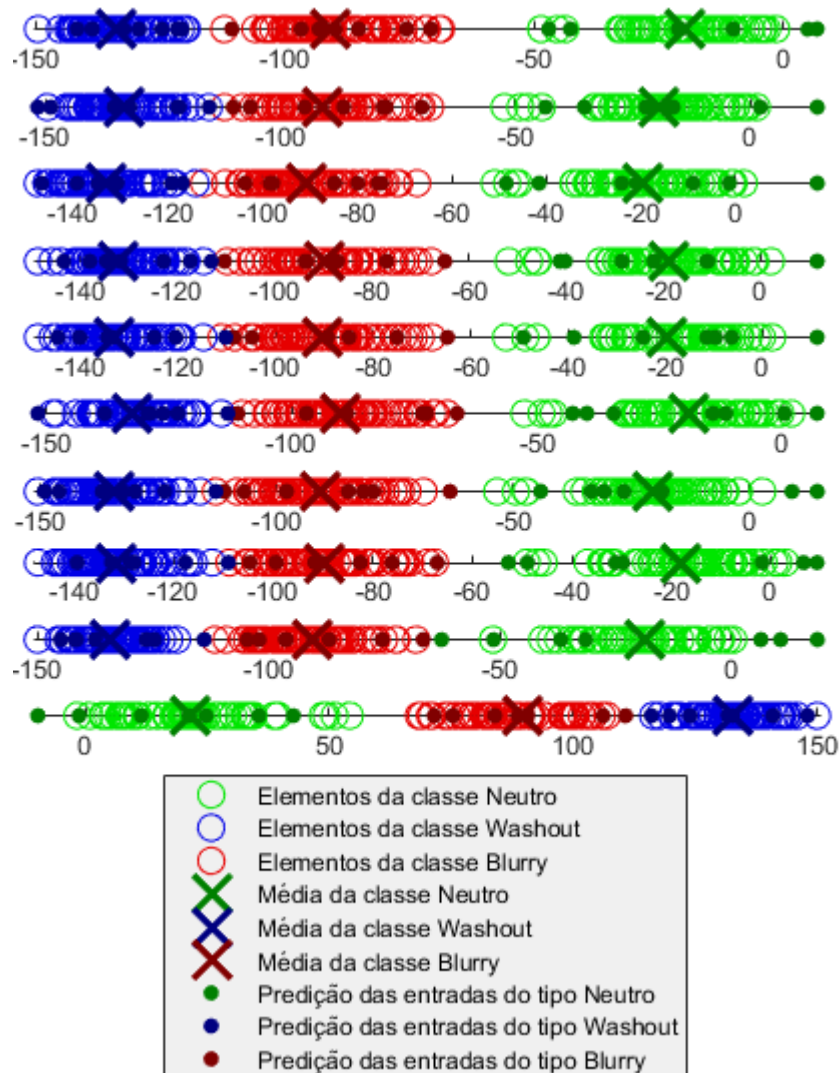
D) Arcabouço computacional para reconhecer padrões visuais de leitura

A partir da base de dados gerada, foi desenvolvido um modelo de aprendizagem estatística baseado em técnicas não supervisionada e supervisionada de extração de características e classificação de padrões visuais. Neste arcabouço foram utilizados dois métodos de extração de características: o primeiro para reduzir a dimensionalidade dos dados e extrair as características mais relevantes e o segundo para extrair as características mais discriminantes [5].

Resultados

Para avaliar o desempenho de classificação do arcabouço computacional proposto, foi adotado o método de validação cruzada **k-fold** [8]. Neste método a validação cruzada é feita dividindo um conjunto de dados em **k** subconjuntos exclusivos e de mesmo tamanho. A partir desta divisão, um subconjunto é separado para validação e os demais subconjuntos são utilizados para treinamento do classificador. Este processo é repetido **k** vezes, alterando o subconjunto de validação. Ao final das **k** iterações é obtida a acurácia do classificador apurando os erros encontrados e calculando a média aritmética dos acertos em cada teste. Os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 4 e na Tabela I.

Figura 4 – Teste de validação cruzada.



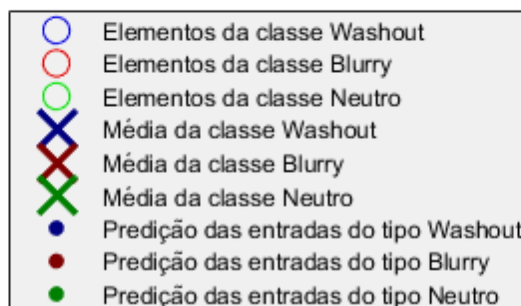
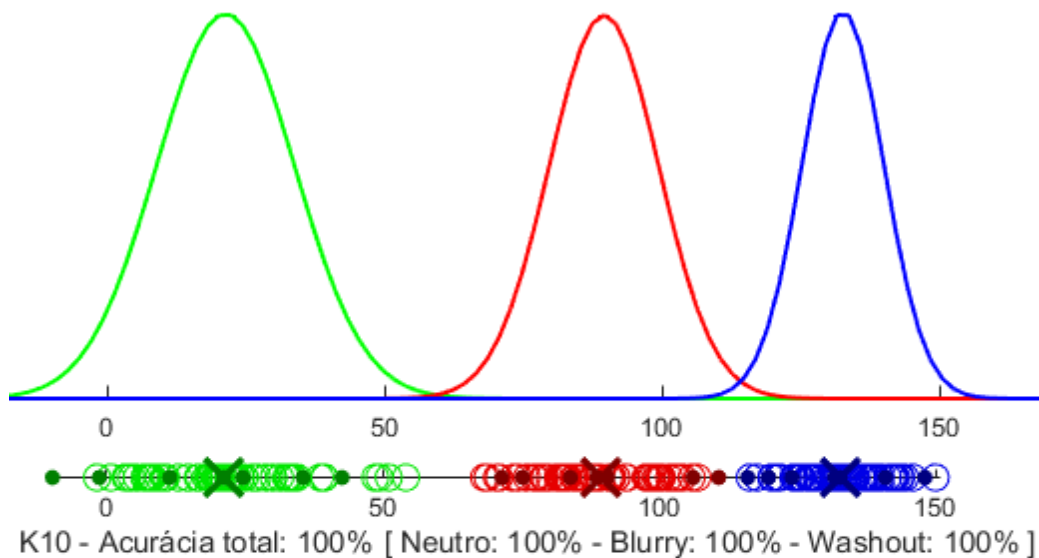
Na Figura 4, cada linha representa um teste de validação cruzada, em que é feito a projeção dos dados de treinamento no hiperplano discriminante e em seguida é calculado a distância euclidiana entre os dados de validação e os dados de treinamento.

Tabela I – Acurácia do teste de validação cruzada.

N	NEUTRO	BLURRY	WASHOUT	\tilde{X}
K1	100%	100%	100%	100%
K2	100%	100%	100%	100%
K3	100%	100%	100%	100%
K4	100%	100%	100%	100%
K5	100%	100%	85,71%	95,24%
K6	100%	100%	100%	100%
K7	100%	100%	100%	100%
K8	100%	100%	85,71%	95,24%
K9	85,71%	100%	100%	95,24%
K10	100%	100%	100%	100%
ACURÁCIA TOTAL				98,57%

Como apresentado na Tabela I, obtivemos um elevado índice de acertos com o classificador proposto (98,57%). Foram 207 acertos em 210 testes. O fator predominante para o êxito na tarefa de classificação foi a distribuição dos dados no hiperplano discriminante, pois, como pode ser visto na Figura 5, praticamente não houve sobreposição dos dados na maioria dos testes realizados, o que propicia uma boa separabilidade linear das classes e, conseqüentemente, uma boa precisão na projeção dos dados de validação.

Figura 5 – Exemplo de separação das classes em um dos testes de validação do classificador (teste k10).



Também pudemos constatar que a diferença entre as imagens é estatisticamente significativa, com **p-value** menor que 5% em todas as comparações.

- Neutro X Blurry: **p-value** = 6.3458e-65
- Neutro X Washout: **p-value** = 1.5456e-94
- Blurry X Washout: **p-value** = 4.5323e-55

Conclusão

Embora haja uma estimativa de que 15% da população mundial possua diagnóstico positivo para a SMI [2], ainda existem poucos trabalhos na literatura sobre esse assunto. Na verdade, ainda não se sabe se a SMI é uma deficiência que está associada às células receptoras dos olhos ou ao processamento cognitivo de interpretação das imagens. Ambas as hipóteses nos levam a problemas complexos devido a robustez dos órgãos envolvidos, pois aproximadamente 40% do córtex cerebral e cerca de 70% de todos os receptores sensitivos do corpo humano (presentes nos olhos) estão diretamente relacionados ao sentido da visão [9].

Os resultados experimentais desta pesquisa indicam que a extração e a classificação de padrões visuais de leitura, realizadas a partir do rastreamento ocular [5], é um método promissor para reconhecer, de forma automatizada, os indivíduos portadores da SMI e o tipo de distorção visual que eles enxergam.

Os trabalhos subsequentes desta pesquisa levarão a cabo novas experiências: com a criação de outros efeitos simulados da SMI (em desenvolvimento) e com a extração de padrão visual a partir do rastreamento ocular de indivíduos que já foram diagnosticados com a SMI.

Referências

- [1] M. R. Guimaraes and R. Guimaraes, “Por que ler pode ser tão difícil síndrome de irlen & distúrbios do processamento visual pela via magnocelular, ”XXVI Encontro Nacional de Professores do PROEPRE, 2013.
- [2] L F. Bicalho, M. Z. T. de ALMEIDA, M. R. Guimarães, J. R. G. Silva, and F. Fully, “Síndrome de irlen: Um olhar atendo sobre o funcionamento cerebral durante a leitura,”Acta Biomedica Brasiliensia, vol. 6, no. 1, pp. 35–44, 2015.
- [3] L. N. de Faria, “Frequência da síndrome de meares-irlen entre alunos com dificuldades de leitura observadas no contexto escolar, ”Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, 2011.
- [4] P. D. M. B. Tartarella, S. D. G. C. Vasconcelos, and T. D. F. Ejzenbaum, “Parecer da sociedade brasileira de oftalmologia pediátrica (sbop) sobre síndrome de irlen e a falta de evidência científica que recomende o uso de lentes ou filtros coloridos para essa situação,” São Paulo/Brasil, 2017.
- [5] ROMERA, João Vitor Macedo; ORSI, Rafael Nobre; MAIA, Rodrigo Filev; THOMAZ, Carlos Eduardo. Visual Patterns in Reading Tasks: An Eye-Tracking Analysis of Meares-Irlen Syndrome Simulation Effects. In: WORKSHOP DE VISÃO COMPUTACIONAL (WVC), 2019, São Bernardo do Campo. Anais do XV Workshop de Visão Computacional. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, sep. 2019. p. 131-136. ISSN 2177-9384. DOI: <https://doi.org/10.5753/wvc.2019.7641>.
- [6] L. Silva, “Um estudo sobre mapeamento cerebral e análise de movimentos oculares em jogadores de xadrez,” Master’s thesis, Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo - SP, Brazil, 2 2017, 65.f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2017.
- [7] A. T. Duchowski, Eye tracking methodology. Springer, 2017.
- [8] Bengio and Y. Grandvalet, “No unbiased estimator of the variance of k-fold cross-validation,”Journal of machine learning research, vol. 5, no. Sep, pp. 1089–1105, 2004.
- [9] E. N. Marieb, P. B. Wilhelm, and J. Mallat, Anatomia humana, 7th ed.São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.