

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326927795>

AValiação DE MÉTODOS FUZZY PARA CORREÇÃO DE DALTONISMO

Conference Paper · August 2011

CITATIONS

0

READS

258

2 authors:



Jinmi Lee

Universidade de Pernambuco

6 PUBLICATIONS 57 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Wellington Pinheiro Dos Santos

Federal University of Pernambuco

326 PUBLICATIONS 1,857 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Innovative Biomedical Instrumentation [View project](#)



A gamified m-training app for health professionals on protocols and participatory surveillance associated with Zika virus [View project](#)

AValiação de Métodos Fuzzy para Correção de DALTONISMO

J. Lee* e W. P. Santos**

* Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil

** Núcleo de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

e-mail: wellington.santos@ieee.org

Abstract: Despite the accelerated evolution of image processing techniques, it is not easy to find tools to reduce the effects of visual chromatic disturbances. In this work we propose a set of fuzzy-based methods to improve accessibility for color blind individuals. We developed two methods, named A and B, with variants based on the use of histogram equalization. Results were evaluated by a set of 40 volunteers using a web-based questionnaire and images generated by color blindness simulators. Method B with histogram equalization got the best results for 47.5% of cases. Results demonstrated that it is possible to aid color blind people to perceive different elements that were not distinguishable on the original images.

Palavras-chave: daltonismo, acessibilidade, sistemas de cores, métodos fuzzy.

Introdução

O sistema visual é considerado um dos mais importantes sistemas sensoriais do ser humano, dado o seu desenvolvimento, complexidade e capacidade de identificação de objetos e situações [1]. Porém, cerca de 8% da população masculina possui algum tipo de distúrbio cromático, como o daltonismo, por exemplo. Este se caracteriza por reduzir, parcialmente ou completamente, a capacidade de distinguir algumas cores. Com o aumento da interação do usuário através de interfaces gráficas, problemas relacionados à distinção das cores tornaram-se mais evidentes, muitas vezes, restringindo o uso de algumas aplicações [1].

A evolução da tecnologia de computação digital e o processamento digital de imagens têm possibilitado a melhora da qualidade visual de imagens digitais para pessoas que possuem algum tipo de perturbação da percepção das cores. Contudo, a maioria das aplicações que procuram diminuir os efeitos do daltonismo não considera que este distúrbio pode ocorrer em graus variados, diferenciando-se de pessoa para pessoa [2].

O objetivo deste artigo é o desenvolvimento de métodos computacionais para adaptabilidade de interfaces humano-máquina, proporcionando a inclusão dos indivíduos portadores de daltonismo e gerando mais soluções de acessibilidade.

Materiais e Métodos

Estudos demonstram que aproximadamente 8% da população masculina e 0,4% da feminina possuem algum tipo de deficiência em relação à percepção das cores. As deficiências para as cores são chamadas comumente de daltonismo [3][4].

Apenas para simplificar a notação e evitar transcrever o nome completo das anomalias cromáticas, ao longo deste artigo são adotados os termos *protan*, *deuteron* e *tritan* para as deficiências de sensibilidade às frequências do vermelho, do verde e do azul, respectivamente [5].

É crescente o empenho em gerar ferramentas computacionais voltadas para a acessibilidade dos portadores de distúrbios cromáticos visuais. Contudo, a maioria das aplicações não considera que esse distúrbio pode ocorrer em graus variados. O diferencial de se aplicar um filtro adaptativo está na utilização de uma abordagem que considere a incerteza associada ao problema, onde a Lógica Fuzzy se coloca como candidata natural para a resolução na adaptação ao usuário de acordo com seu grau de daltonismo [6].

Neste trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta de correção chamada DaltonCor que, através do processamento digital de imagens, propõe-se a melhorar a qualidade visual do portador de daltonismo, considerando que sua deficiência pode apresentar-se em diferentes graus. Dois métodos (A e B) foram desenvolvidos para integrar a ferramenta DaltonCor. Ambos os métodos procuram compensar a falta de sensibilidade para uma determinada cor com novos valores para as cores com percepção normal.

Método A

O Método A foi dividido em três módulos: Filtro, Fuzzy e Controle. Este último, além de interligar os outros dois módulos, comunica-se com a interface gráfica. A solução do Módulo Filtro baseia-se na percepção das cores nos casos absolutos de daltonismo. As equações a seguir representam a proposta de correção para o daltonismo do tipo protan [7].

Considere $f = (f_r, f_g, f_b)$, a imagem original seguida das suas três bandas de cor: r, g e b. Sua correção ocorre através de duas equações. A primeira

(1) trata de atribuir novos valores para as bandas de cor não afetadas pelo daltonismo. Para protans, essas bandas de cor são: f_g e f_b .

$$f' = (f_r, f_g', f_b'), \quad \begin{cases} f_g' = \frac{1}{2}(f_r + f_g) \\ f_b' = \frac{1}{2}(f_r + f_b) \end{cases} \quad (1)$$

Com o objetivo de aumentar a qualidade visual, a segunda equação (2) destina-se à melhora do contraste, onde a técnica escolhida foi equalização do histograma.

$$f_p = (f_r, f_g'', f_b''), \quad \begin{cases} f_g'' = \gamma(f_g') \\ f_b'' = \gamma(f_b') \end{cases} \quad (2)$$

As equações de correção para deuterans são similares às apresentadas nas equações (1) e (2), entretanto atribuem novos valores para as bandas de cor f_r e f_b .

O Módulo de Filtro retorna duas imagens corrigidas: f_p e f_d . O Módulo Fuzzy é o responsável pela customização e, baseando-se no resultado da ferramenta de teste, atribui um caráter fuzzy a esta correção. A partir de uma abordagem experimental foram propostas as seguintes regras:

$$x_p' = \beta \wedge \alpha_p, \quad (3)$$

onde x_p' é igual ao grau de daltonismo e o grau de protan.

$$x_d' = \beta \wedge \alpha_d, \quad (4)$$

onde x_d' é igual ao grau de daltonismo e o grau de deuteran.

$$x_n' = \alpha_n \wedge (\neg\beta), \quad (5)$$

onde x_n' é igual ao grau de normalidade e o não daltonismo.

A partir das grandezas obtidas das regras citadas, pode-se fazer um processo de *fuzzificação* sobre essas grandezas para obter os pesos expressos pelas seguintes equações:

$$x_p = \frac{x_p'}{x_p' + x_d' + x_n'}, \quad (6)$$

$$x_d = \frac{x_d'}{x_p' + x_d' + x_n'}, \quad (7)$$

$$x_n = \frac{x_n'}{x_p' + x_d' + x_n'}, \quad (8)$$

A imagem corrigida é uma média ponderada das imagens corrigidas para daltonismo do tipo protan, daltonismo do tipo deuteran e da imagem original, como fica representada na seguinte expressão:

$$f_c = x_p \cdot f_p + x_d \cdot f_d + x_n \cdot f \quad (9)$$

Método B

O Método B utiliza transformações lineares para corrigir adaptativamente os efeitos do distúrbio

cromático. Ao invés de utilizar os graus absolutos, foram considerados graus fuzzy de protan e deuteran. Portanto, este é um método de correção adaptativo.

Considere $f = (f_r, f_g, f_b)$ a imagem original. Esta imagem é corrigida através de uso de uma matriz transformadora que atua nos valores dos *pixels*, utilizando combinações lineares para sua correção. A expressão (10) representa a correção para o caso de protan. Para protans, as bandas de cor f_g and f_b são determinadas da seguinte forma:

$$f' = (f_r, f_g', f_b'), \quad \begin{cases} f_g' = \frac{\alpha_p}{2} f_r + \frac{(2-\alpha_p)}{2} f_g \\ f_b' = \frac{\alpha_p}{2} f_r + \frac{(2-\alpha_p)}{2} f_b \end{cases}; \quad (10)$$

para deuterans, a customização ocorre de forma similar, atribuindo novos valores para as bandas de cor f_r e f_b .

Visando abranger casos onde o indivíduo possui o distúrbio para o vermelho e para o verde ao mesmo tempo, os novos valores atribuídos para as bandas de cor f_r, f_g e f_b são determinados da forma a seguir:

$$f' = (f_r', f_g', f_b'), \quad \begin{cases} f_r' = \frac{(2-\alpha_d)}{2} f_r + \frac{\alpha_d}{2} f_g \\ f_g' = \frac{\alpha_p}{2} f_r + \frac{(2-\alpha_p)}{2} f_g \\ f_b' = \frac{\alpha_p}{4} f_r + \frac{\alpha_d}{4} f_g + \frac{(4-\alpha_p-\alpha_d)}{4} f_b \end{cases}. \quad (11)$$

Com base nos novos valores para três bandas de cor, r, g e b , foi possível desenvolver uma única matriz de transformação que atue na correção adaptativa (12):

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{\alpha_d}{2} & \frac{\alpha_d}{2} & 0 \\ \frac{\alpha_p}{2} & 1 - \frac{\alpha_p}{2} & 0 \\ \frac{\alpha_p}{4} & \frac{\alpha_d}{4} & 1 - \frac{(\alpha_p + \alpha_d)}{4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}. \quad (12)$$

O resultado da matriz de transformação é a imagem corrigida de acordo com os graus de protan e deuteran informados.

Resultados

Para analisar os resultados da Ferramenta de Correção proposta, foram utilizadas 10 imagens de formato bitmap 32 bits. Também foram analisadas todas as variações de correção: em RGB, LMS e com e sem equalização de histograma. Na Figura 2, pode ser observado o resultado de correção para um indivíduo 100% daltônico, 100% protan, 0% deuteran e 0% normal.

Considerando que a ocorrência do daltonismo não está relacionada a fatores que possam permitir uma separação clara entre os indivíduos daltônicos e o resto

da população, é bastante difícil montar um bom conjunto de teste para a ferramenta de correção de daltonismo proposta neste trabalho. Assim, um teste, baseado na web, foi desenvolvido para coletar informações de natureza subjetiva que pudessem ser úteis para diferenciar, do ponto de vista qualitativo, os métodos propostos. O teste foi baseado em um teste anterior baseado na avaliação de pranchas de Ishihara e realizado com um grupo de 4 voluntários daltônicos [7] [8].

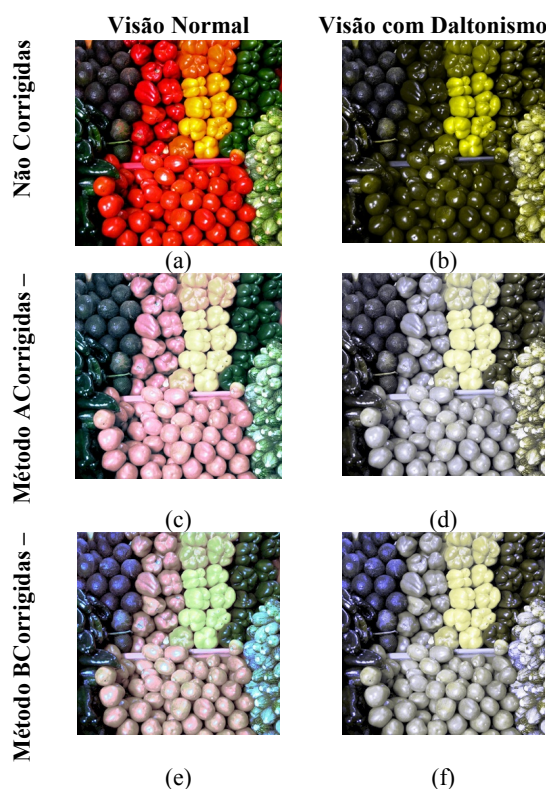


Figura 2: Resultado da correção da imagem utilizando os Métodos A e B em RGB com equalização de histograma. (a) Imagem Original. (b) Simulação para protan absoluto (c) Corrigida com Método A. (d) Corrigida com Método A e simulada para protan. (e) Corrigida com Método B. (f) Corrigida com Método B e simulada para protan.

Para construir a plataforma de teste web, foram utilizadas 10 imagens. Para cada uma dessas 10 imagens foram simuladas imagens para protan e deuteran usando o método de simulação proposto em [8], com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de daltonismo.

O questionário é composto de 90 questões, cada uma com 5 opções de resposta dispostas aleatoriamente. Dentre estas 5 opções, 4 são obtidas através dos métodos da ferramenta de correção e a quinta representa a ‘não melhora’ da imagem.

O questionário foi aplicado a um universo de 40 usuários sem daltonismo. Assim, as imagens foram visualizadas do ponto de vista de uma pessoa com daltonismo. Os resultados absolutos estão presentes na Figura 2. Uma vez que critérios subjetivos de estética

influenciaram parte dos resultados, que resultaram em 20,8% de escolhas da opção “Não houve melhora”, quando o esperado era de 11,1% (10 questões com 0% de daltonismo). A Figura 3 mostra os resultados sem a opção “Não houve melhora”.

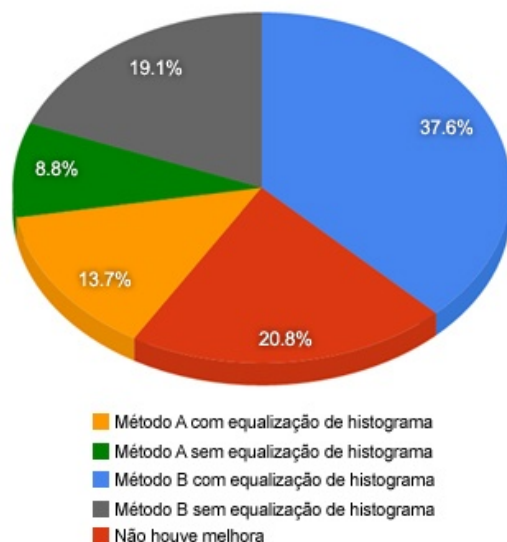


Figura 2: Resultados totais da pesquisa.

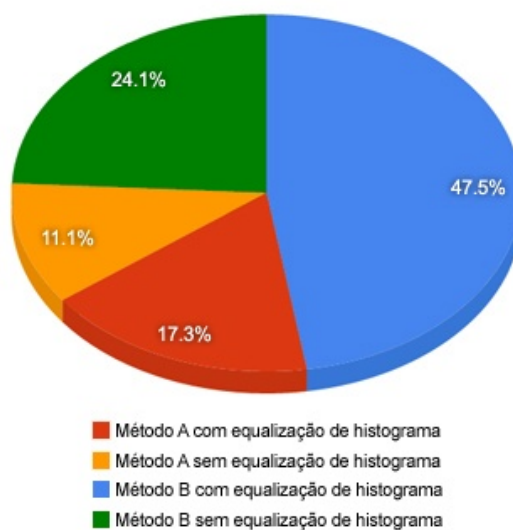


Figura 3: Resultados excluindo as respostas positivas para “Não houve melhora”.

Os resultados para daltonismo protan e deuteran distribuídos de acordo com o grau de daltonismo são exibidos nas figuras 4 e 5, respectivamente.

A Figura 4 mostra que o Método B com equalização de histograma recebeu o maior número de respostas positivas dos voluntários. O método B sem equalização de histograma também teve uma quantidade razoável de respostas positivas para todos os graus de daltonismo. O Método A, com e sem equalização de histograma, se mostra inferior ao Método B para 25%, 50% e 75%.

Entretanto, para o caso 100% protan, o método A com equalização de histograma consegue atingir um desempenho similar ao desempenho do Método B sem equalização de histograma. Apesar da melhora para casos 100% protan, o Método A sem equalização de histograma ainda é bastante inferior aos outros métodos.

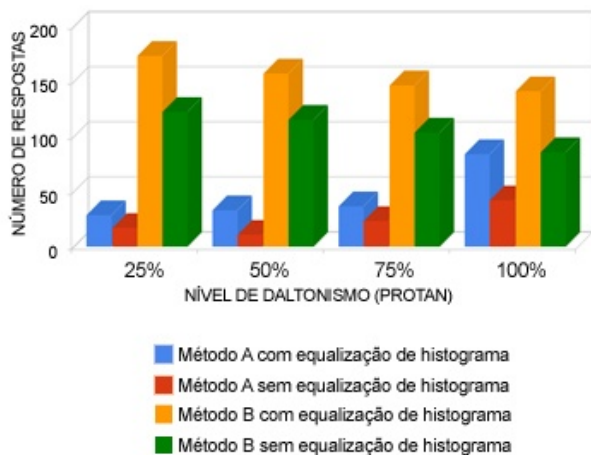


Figura 4: Resultados da pesquisa para protans, considerando todos os graus de daltonismo.

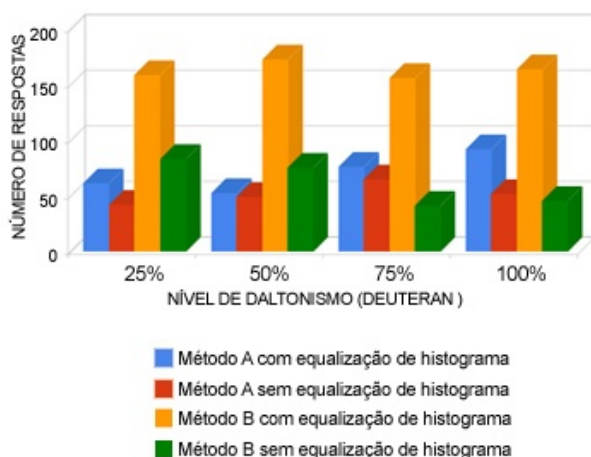


Figura 5: Resultados da pesquisa para deuterans, considerando todos os graus de daltonismo.

A Figura 5 mostra os resultados obtidos para o daltonismo deutan, considerando todos os graus de daltonismo. Os resultados obtidos com o Método B com equalização de histograma foram superiores aos obtidos pelos outros métodos. No entanto, a distância em relação ao Método B sem equalização de histograma aumentou.

O desempenho do Método A melhorou sensivelmente para 25%, 50% e 75% de daltonismo em relação aos casos protans, embora se mantenha bem inferior ao Método B com equalização de histograma, mas o comportamento para 100% de daltonismo foi semelhante. Ao contrário dos casos protan, o Método B sem equalização de histograma obteve o pior

desempenho dentre os 4 métodos para 75% de daltonismo.

Discussão e Conclusão

Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de um conjunto de métodos computacionais visando melhorar a acessibilidade e a qualidade visual de um portador de daltonismo.

Uma das maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento deste trabalho foi a relativa ausência na literatura de outros métodos matemáticos adaptáveis para compensação de daltonismo como o proposto.

Foram realizados testes extensivos com pessoas não portadoras do distúrbio utilizando simulações de daltonismo em diferentes graus e uma ferramenta de pesquisa baseada na web. Estes testes foram realizados com um grupo de 40 voluntários. Os resultados indicam que o Método B com equalização de histograma obteve melhores resultados para os tipos protan e deutan de daltonismo.

A ferramenta mostrou-se intuitiva e fácil de usar, o que proporciona uma melhor experiência do usuário e, consequentemente, seu uso habitual.

Referências

- [1] Pimentel Filho, C.A.F., Montalvão, J., Rehem Neto, A. (2006), "Um Estudo de Segmentação de Imagens Baseado em Textura", In: *III Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, Curitiba, v. 01, p. 12-12.
- [2] Gonzalez, R., Woods, R. (2000), *Processamento de Imagens Digitais*, São Paulo: Edgard Blücher.
- [3] Amabis, J.M., Martho, G.R. (2004), *Biologia dos Organismos: A diversidade dos seres vivos*, São Paulo: Moderna.
- [4] Viénot, F., Brettel H., Mollon, J. (1999), "Digital Video Colourmaps for Checking the Legibility of Displays by Dichromats", In: *COLOR Research and Application*, v. 24, n. 4, pp. 243-252 Aug.
- [5] Bruni, L.F., Cruz, A.A.V. (2006), "Chromatic sense: types of defects and clinical evaluation tests", In: *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, São Paulo, v. 69, n. 5.
- [6] Santos, W.P. (2003), *Análise de Imagens Digitais em Patologia Utilizando Morfologia Matemática e Lógica Nebulosa*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.
- [7] Lee, J., Santos, W.P. (2010), "An Adaptive Fuzzy-Based System to Evaluate Color Blindness", In: *17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing*, Rio de Janeiro, p. 211-214.
- [8] Lee, J., Santos, W.P. (2010), "Fuzzy-Based Simulation of Real Color Blindness", In: *32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Buenos Aires.