SIMULADOR DE VISÃO DE CORES PARA APLICAÇÃO NA CARTOGRAFIA: DA VISÃO TRICROMATA NORMAL PARA A VISÃO DO DALTÔNICO DICROMATA

RENAN FURLAN DE OLIVEIRA ¹ EDMUR AZEVEDO PUGLIESI ² ANA PAULA MARQUES RAMOS ³ MÔNICA MODESTA SANTOS DECANINI ⁴

Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT)

1, 3 Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC

2, 4 Departamento de Cartografia

1 {renanfurlanoliveira@hotmail.com}; 2 {edmur@fct.unesp.br}

3 {marques.engcart@gmail.com}; 4 {monca@fct.unesp.br}

RESUMO – O uso de um simulador de visão de cores inadequado pode causar ruídos no resultado do processo de transformação de cores e prejudicar o processo de comunicação visual por parte do daltônico. O objetivo deste trabalho é selecionar um simulador de visão de cores que melhor represente a visão do daltônico dicromata a fim de apoiar projetos de mapas destinados a usuários daltônicos. A partir de uma imagem que representa as cores do espectro visível, vistas por pessoas com visão normal de cores, foram utilizados diferentes simuladores para verificar como os dicromatas veem as cores. Utilizaram-se os simuladores: *Web-Safe Palette, Vischeck, Color Oracle* e *Chromatic Vision Simulator*. Nenhuma referência sobre a qualidade resultante de cada simulador foi encontrada na literatura. A partir das imagens resultantes do procedimento de simulação obtidas com cada um dos simuladores, observou-se que o *Color Oracle* é o que melhor possibilita uma transição suave e contínua entre as cores do espectro visível, sem a presença de ruídos e borrões que prejudicam a visualização das imagens. Assim, para os casos estudados, conclui-se que o *Color Oracle* é o aplicativo que simula de maneira mais adequada as visões dicromata, e, por isso, é recomendado em projetos destinados a daltônicos.

ABSTRACT – Inappropriate use of a color vision simulator may cause noises in results of the colors transformation process and impair the visual communication process by the color vision deficients. This work aims to select a colors vision simulator which better represents the dichromatic vision of a colorblind in order to support map designs for colorblind users. Four different simulators were used to check out how colors are seen by dichromats users. These simulators were applied on an image representing the colors of visible spectrum, as they are seen people without color vision deficiency. The following simulators were used *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle* and *Chromatic Vision Simulator*. There are no findings have presented in the literature review about the quality of each these simulators. We noted that the *Color Oracle* simulator is the best option to enable a smooth and continuous transition among colors of the visible spectrum since it eliminates the noises and the blurs presence which impair the image viewing. In the studied cases, we conclude that the *Color Oracle* simulator consists of an application that simulates more adequately the dichromatic vision. Therefore, it is recommended to apply this simulator in projects to attend to color vision deficients, i.e, colorblind users.

1 INTRODUÇÃO

As questões envolvidas com a sensibilidade cromática são importantes para a compreensão da percepção visual de cores, a qual é utilizada em diversos contextos e tarefas do dia a dia. De acordo com a teoria tricromática, a percepção de cor consiste de uma função da estimulação relativa dos três tipos de cones presentes na retina (MOLLON, 2003; SLOCUM, 2009). Os cones podem ser diferenciados conforme a sensibilidade a diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético no intervalo visível. Assim, os cones sensíveis aos comprimentos de onda longo, médio e curto estão associados, respectivamente as percepções das cores vermelha, verde e azul (WADE; SWANSTON, 1991; MACEACHREN, 1995). A percepção de outras cores é uma função da quantidade relativa de estimulação. Se somente um tipo de cone é estimulado, então apenas aquela cor correspondente é percebida (WADE; SWANSTON, 1991; MACEACHREN, 1995).

A compreensão do processo de percepção visual de cores é importante não somente entre indivíduos com visão normal de cores, mas, principalmente, entre aqueles que possuem deficiência nesta característica perceptiva, ou seja, os daltônicos. A deficiência na visão de cores está associada à dificuldade de um indivíduo em identificar ou distinguir uma cor entre as demais (SARDEGNA et al., 2002).

Os indivíduos em termos de visão de cores podem ser classificados em tricromatas, dicromatas e monocromatas (POKORNY et al., 1979; SHARPE et al., 1999; SARDEGNA et al., 2002). Pessoas com visão normal de cores, também denominadas tricromatas normais, apresentam funcionamento regular nos três tipos de cones presentes na retina. Por outro lado, tricromatas anômalos, dicromatas e monocromatas são classes de indivíduos com deficiência na visão de cores (POKORNY et al., 1979; SHARPE et al., 1999; BRUNI; CRUZ, 2006). Caso os três tipos de cones funcionem, porém algum deles apresente um deslocamento no pico de sensibilidade retinal, o que caracteriza uma deficiência na visão de cores de grau leve ou moderado, este indivíduo é classificado como tricromata anômalo. Se um dos pigmentos falha, a pessoa é dicromata e, quando o indivíduo apresenta incapacidade de reconhecer qualquer cor, este pertence à classe dos monocromatas ou acromatas (SHARPE et al., 1999; SARDEGNA et al., 2002). Os dicromatas podem ser classificados também conforme a deficiência em determinado cone e, quando comparados com os tricromatas anômalos, são considerados como a classe de daltônicos que apresentam maior grau de severidade na deficiência de visão de cores. Os dicromatas com deficiência no vermelho são denominados protanopes, aqueles com deficiência no verde, deuteranopes e para aqueles que apresentam deficiência no azul, tritanopes. Por outro lado, os tricromatas anômalos podem ser classificados em protanômalos (deficiência no vermelho), deuteranômalos (deficiência no verde) e tritanômalos (deficiência no azul) (SHARPE et al., 1999; SARDEGNA et al., 2002).

Pelo fato do gene que afeta a visão de cores ser de caráter recessivo, ligado ao cromossoma X, a incidência do daltonismo em homens (cerca de 8%) é muito maior do que em mulheres (cerca de 0,4%). Da população de dicromatas, tem-se que 1% são protanopes, 1,1% deuteranopes e 0,001% tritanopes; enquanto que da população de tricromata anômalos, tem-se que 1% são protanômalos, 4,9 % deuteranômalos e 0,001% tritanômalos (POKORNY et al., 1979; RIGDEN, 1999; SHARPE et al., 1999).

A importância da visão e, sobretudo, da cor pode ser demonstrada em diversos contextos, por exemplo, no contexto da cartografia (DENT, 2009, SLOCUM, 2009). A visão é responsável por captar cerca de 80% das informações recebidas pelo ser humano diariamente, das quais 40% são referentes à cor (KÜPPERS, 1996). O elemento cor se torna especialmente relevante em se tratando dos daltônicos, visto que estes apresentam tempos de reação mais longos e cometem mais erros que as pessoas com visão normal de cores quando respondem a sinais coloridos (ATCHISON et al., 2003). Segundo Atchison et al. (2003), os daltônicos dicromatas do tipo deuteranope têm, ainda, a percepção mais prejudicada em relação aos daltônicos dicromatas do tipo protanope.

O conhecimento sobre o funcionamento dos cones é de grande relevância para auxiliar em projetos de mapas coloridos (MACEACHREN, 1995). Diversos estudos elaboraram projetos que visam à acomodação da visão de usuários daltônicos (OLSON; BREWER, 1997; PUGLESI; DECANINI, 2011; CULP, 2012; OLIVEIRA et al., 2012). Entretanto, antes de se projetar e construir mapas destinados a usuários com deficiência na visão de cores, os projetistas devem entender como os daltônicos veem as cores. Nesse sentido, vêm sendo empregadas algumas técnicas de simulação de visão de cores, também conhecidas como transformação de cores (RIGDEN, 1999). Algumas dessas técnicas utilizam algoritmos computacionais baseados em linhas de confusão, como a proposta apresentada por Brettel, Viénot e Mollon (1997), enquanto outras técnicas são baseadas em aplicações de paletas de cores (RIGDEN, 1999). As técnicas em questão são utilizadas em diferentes simuladores de visão de cores, os quais têm como finalidade simular a visão do daltônico dicromata. O procedimento de simulação de visão de cores permite verificar como as pessoas com deficiência na visão de cores veem uma composição visual elaborada para tricromatas normais. Os resultados dessas simulações podem fornecer importantes indicações para auxiliar na seleção de cores visando à representação de feições nos mapas e o estabelecimento de hierarquias visuais entre as diferentes representações cartográficas quando necessário.

Atualmente, existem diversos simuladores que permitem verificar como os daltônicos dicromatas veem uma composição visual. No entanto, não foi encontrada na literatura nenhuma referência a respeito da qualidade resultante de cada simulador. Vale ressaltar que o uso de um simulador inadequado pode causar ruídos no resultado do processo de transformação de cores e, consequentemente, prejudicar o processo de comunicação visual, por parte do daltônico. A partir disso, este trabalho tem como objetivo selecionar um simulador de visão de cores que melhor represente a visão do daltônico dicromata e tenha potencial para apoiar projetos de mapas para daltônicos. As questões investigadas são: "Qual simulador melhor representa a visão dicromata, e por quê?" e; "Como os dicromatas veem as cores do espectro eletromagnético no intervalo do visível?".

2 SIMULAÇÃO DA VISÃO DE CORES DO DALTÔNICO DICROMATA

O presente trabalho é composto de duas etapas. A primeira consistiu no estudo e na seleção preliminar dos simuladores de visão de cores encontrados, tanto em trabalhos de aplicação científica quanto em trabalhos de aplicação técnica. A segunda etapa consistiu na realização das simulações da visão do daltônico dicromata com diferentes simuladores, a partir do uso de uma imagem que representa as cores do espectro visível vistas por tricromatas normais.

2.1 Simuladores de visão de cores

Fez-se um estudo sobre quatro diferentes simuladores de visão de cores: *Chromatic Vision Simulator*, *Color Oracle*, *Vischeck* e *Web-Safe Palette*. Estes simuladores permitem verificar como os daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope veem as cores de uma composição visual elaborada para pessoas com visão normal de cores. Os aplicativos foram encontrados em trabalhos de natureza técnica e científica.

O *Chromatic Vision Simulator* foi desenvolvido por Kazunori Asada (2012) e se encontra disponível em ambiente *web* desde o ano de 2012 (http://asada.tukusi.ne.jp/webCVS/). Para simular a visão de cores do dicromata, o aplicativo utiliza o algoritmo baseado em linhas de confusão, o qual foi desenvolvido por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Além disso, este simulador é utilizado como uma ferramenta opcional de acessibilidade para usuários daltônicos no *software* de edição de imagens *Adobe Photoshop*, desde a versão CS4, o qual permite a simulação da visão de cores dos daltônicos dicromatas dos tipos protanope e deuteranope (ADOBE SYSTEMS INCORPORATED, 2008, p. 148).

O *Color Oracle* foi desenvolvido por Bernhard Jenny, a partir de contribuições, ideias e testes de Nathaniel Vaughn Kelso (http://colororacle.org/index.html). Este simulador de visão de cores também utiliza o algoritmo desenvolvido por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Jenny e Kelso (2007a, 2007b) utilizaram o simulador de visão de cores *Color Oracle* para verificar como as cores de um determinado mapa são vistas por usuários daltônicos dicromatas. Estes autores apontam que o *Color Oracle* auxilia no projeto e na elaboração de mapas quando se tem a finalidade de contribuir com a acessibilidade de pessoas com visão normal de cores e aquelas com deficiência na visão de cores.

O aplicativo *Vischeck* (http://www.vischeck.com/) foi desenvolvido por Bob Dougherty e Alex Wade (2002) e, da mesma forma que os simuladores citados anteriormente, utiliza o algoritmo proposto por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Este simulador pode ser utilizado em ambiente *web* e também nos *softwares Photoshop* e *Matlab*. Por exemplo, no *Matlab* o usuário dispõe de alguns esquemas de cores elaborados para acomodar a visão dos daltônicos conforme os princípios adotados pelo simulador de visão de cores *Vischeck* (http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/screenshots/5614/original.jpg).

Cabe ressaltar que diferentemente dos simuladores de visão de cores supracitados, o *Web-Safe Palette* foi desenvolvido por uma empresa, a HCI Resources Network (1998). Além disso, o processo de transformação de cores aplicado por este simulador não considera a matemática complexa de alguns algoritmos existentes na literatura, como é o caso do algoritmo desenvolvido por Brettel, Viénot e Mollon (1997). Para fazer uso das paletas de cores do *Web-Safe Palette* é preciso utilizar algum *software* de edição de imagens, como o *Paint Shop Pro*. Assim, a aplicação das paletas de cores, de maneira separada ou individual, pode ser realizada sobre qualquer imagem para simular a visão de cores do daltônico dicromata para os tipos protanope, deuteranope e tritanope, conforme o interesse do usuário (RIGDEN, 1999).

2.2 Simulação das visões de cores

Para realizar as simulações da visão do daltônico dicromata com diferentes simuladores, inicialmente, foi selecionada uma imagem que representa as cores do espectro eletromagnético no intervalo do visível (Figura 1). Esta imagem foi obtida do *Microsoft Word* e apresenta as cores do espectro visível, as quais são vistas por pessoas com visão normal de cores. A escolha desta imagem se deu pelo fato de apresentar os principais matizes percebidos pelo olho humano, bem como a transição contínua de um matiz para o outro. A partir da verificação da qualidade da imagem obtida em cada simulador de visão de cores, pode-se compreender como os daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope veem as cores vermelha, laranja, amarela, verde, ciano, azul e violeta, e suas variações de matiz e saturação. Dessa forma, cada um dos simuladores de visão de cores foi aplicado separadamente nos procedimentos de simulação, na seguinte sequência: *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle* e *Chromatic Vision Simulator*.

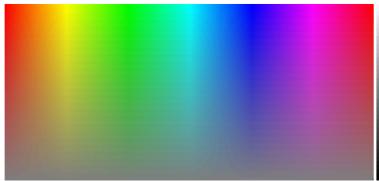


Figura 1 – Imagem que representa as cores do espectro visível vistas por tricromatas normais.

Dando início aos procedimentos de simulação, primeiramente, foram aplicadas as paletas de cores do *Web-Safe Palette* sobre a imagem da Figura 1, por meio do *software Paint Shop Pro*. A simulação ocorreu da visão de cores do tricromata normal para as visões do dicromata protanope, deuteranope e tritanope. Conforme o resultado apresentado na Figura 2 nota-se alguns problemas relacionados ao simulador em questão. As imagens resultantes da simulação com as paletas de cores do *Web-Safe Palette* apresentam ruídos decorrentes da interpolação de cores de um matiz para o outro, bem como do mesmo matiz, mas com diferentes níveis de saturação. Esses ruídos podem ser identificados visualmente (Figura 2) e consistem na transição abrupta de uma cor para outra. Tais problemas podem ter ocorrido, provavelmente, por causa da limitação da quantidade de cores que as paletas apresentam, totalizando apenas 216.

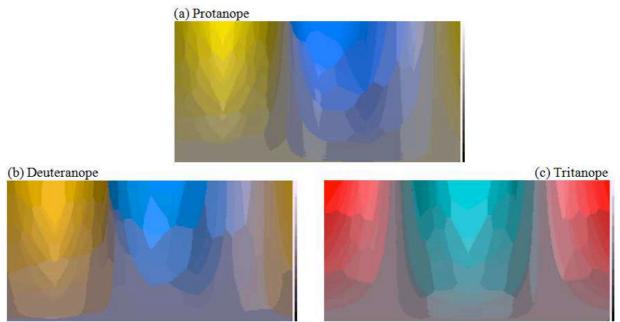


Figura 2 – Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Web-Safe Palette*.

Em seguida, o procedimento de simulação da visão de cores dos tricromatas normais para a visão de cores dos daltônicos dicromatas foi realizado por meio do simulador *Vischeck*. O resultado obtido a partir da simulação com base na imagem apresentada na Figura 1 pode ser verificado nas imagens exibidas na Figura 3. Conforme o resultado do procedimento de simulação para protanopes, deuteranopes e tritanopes, nota-se a presença de um borrão nas três imagens na transição do matiz azul para o ciano, e do ciano para o matiz violeta. Além disso, observa-se que este borrão apresenta variação de dimensão no matiz azul de uma visão de cor para a outra. Devido ao ruído existente, a visualização da imagem é prejudicada por não apresentar uma transição suave e contínua de um matiz para outro.

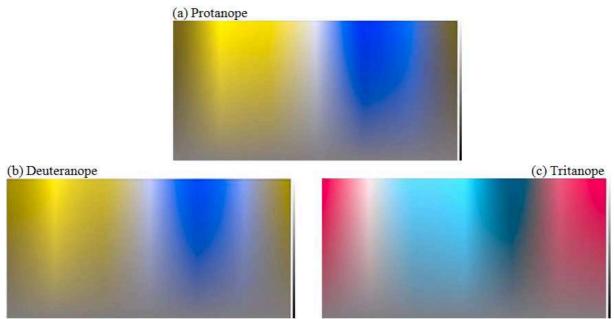


Figura 3 – Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Vischeck*.

Na sequência, a simulação da visão de cores foi realizada no aplicativo *Color Oracle*. O resultado desse procedimento é apresentado na Figura 4. O resultado obtido mostra que o aplicativo não apresenta problemas de transição abrupta de um matiz para o outro, bem como não ocorre a formação de borrões. As cores do espectro visível são apresentadas de maneira suave e contínua para os três tipos de visão de cores. Além disso, verifica-se que as variações de cores como o verde escuro, marrom, laranja e vermelho escuro aparecem como tons quase indistinguíveis para os protanopes e deuteranopes; assim como as variações de azul saturado e roxo manifestam-se como tons azulados quase idênticos.

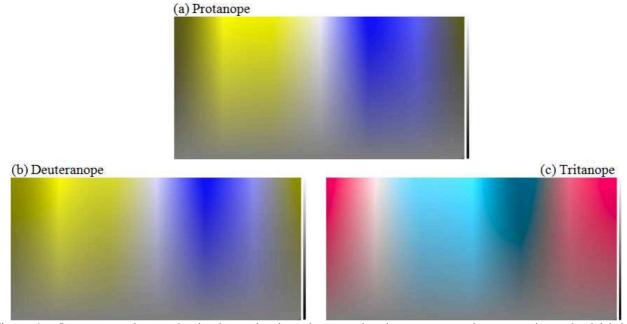


Figura 4 – Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Color Oracle*.

Por fim, o processo de simulação de visão de cores foi feito por meio do aplicativo *Chromatic Vision Simulator*. A Figura 5 apresenta o resultado desta simulação. Verificaram-se alguns problemas decorrentes do simulador utilizado. Os ruídos mais evidentes nas imagens foram percebidos na transição do matiz azul para os matizes ciano e violeta. Similar ao *Vischeck*, nota-se a existência de um borrão que prejudica a visualização da imagem, em termos de

R. F. Oliveira, E. A. Pugliesi, A. P. M. Ramos, M. M. S. Decanini

continuidade e suavidade. Outro ponto a ser destacado, refere-se ao borrão que abrange uma região de maior extensão comparada aos resultados obtidos pelo uso do simulador *Vischeck*.

Diferentemente do observado nos resultados obtidos pelo uso dos simuladores *Web-Safe Palette*, *Vischeck*, *Color Oracle*, o *Chromatic Vision Simulator*, para o caso da visão protanope e deuteranope, transformou o matiz azul em magenta, enquanto que a borda resultante da transição do azul para o ciano, e do ciano para o violeta, foi transformada para ciano. Adicionalmente, o *Chromatic Vision Simulator* mostra que os indivíduos protanopes e deuteranopes não veem a cor azul.

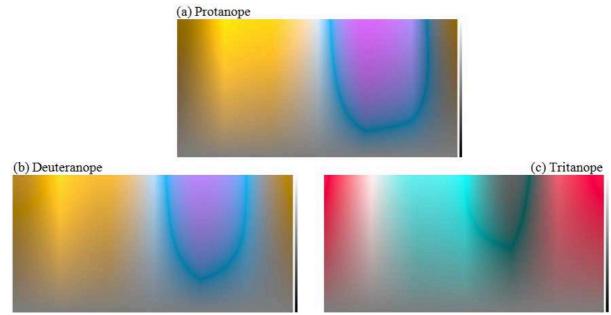


Figura 5 - Imagens resultantes da simulação da visão de cores do tricromata normal para as visões do daltônico dicromata (a) protanope, (b) deuteranope e (c) tritanope, utilizando o *Chromatic Vision Simulator*.

3 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresenta o primeiro relato sobre a seleção de um simulador de visão de cores para aplicação em projetos gráficos que sejam destinados a usuários daltônicos. A partir dos resultados obtidos por meio de cada simulador, as pessoas com visão normal de cores podem compreender como os daltônicos dicromatas dos tipos protanope, deuteranope e tritanope veem as cores de uma composição visual. Isto é de relevante importância no processo de elaboração de projetos gráficos que sejam acessíveis para usuários com essa deficiência perceptiva.

Dentre os simuladores de visão de cores avaliados neste trabalho, pode-se concluir que o *Color Oracle* é o que melhor simula a visão do daltônico dicromata. Diferentemente dos demais simuladores, o aplicativo em questão é o único que apresenta transição suave e contínua de uma cor para a outra, para todos os matizes exibidos na imagem que representa o espectro visível. Após a simulação das visões dos dicromatas protanope e deuteranope, a cor azul é preservada pelo *Color Oracle*, da mesma maneira como no *Web Safe-Palette* e o *Vischeck*. A partir dos casos estudados, conclui-se que os dicromatas protanopes, deuteranopes e tritanopes veem as cores do espectro do visível conforme é apresentado na Figura 4. No que diz respeito à área da cartografia, o *Color Oracle* pode ser utilizado para compreender como as pessoas com deficiência na visão de cores veem mapas de qualquer natureza. Uma vez que a linguagem cartográfica implica na determinação de aspectos como o nível de medida, natureza do fenômeno espacial, dimensão espacial e as variáveis visuais (SLOCUM, 2009), o simulador em questão pode contribuir com a elaboração de projetos cartográficos para usuários daltônicos. Futuras pesquisas deveriam utilizar o *Color Oracle* como uma ferramenta de apoio para verificar se os aspectos da linguagem cartográfica de mapas temáticos são preservados ou não quando vistos por pessoas com deficiência na visão de cores. Além disso, recomenda-se que novos trabalhos utilizem o *Color Oracle* no projeto e produção de representações cartográficas para usuários daltônicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. Utilização do ADOBE PHOTOSHOP CS4. 2008.

ASADA, k. 2012. **Chromatic Vision Simulator**. Disponível em: http://asada.tukusi.ne.jp/webCVS/>. Acesso em: Janeiro de 2014.

R. F. Oliveira, E. A. Pugliesi, A. P. M. Ramos, M. M. S. Decanini

ATCHISON, D. A.; PENDERSEN, C.; DAIN, S.; WOOD, J. M. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color–vision deficients. **Human Factors**, 45(3), p. 495–503, 2003.

BRETTEL, H.; VIÉNOT, F.; MOLLON, J. Computerized simulation of color appearance for dichromats. **Journal of the Optical Society of America** A 14, 10, oct. 1997.

BRUNI, L. F; CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 69(5):766-75. 2006.

CULP. G. M. Increasing Accessibility for Map Readers with Acquired and Inherited Colour Vision Deficiencies: A Re-Colouring Algorithm for Maps. **The Cartographic Journal** Vol. 49 No. 4 pp.302–311. 2012.

DENT, B. D. Cartography: Thematic Map Design. 6° ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 2009.

DOUGHERTY, B.; WADE, A. 2002. **Vischeck**. Disponível em: http://vischeck.com/vischeck/vischeck/mage.php>. Acesso em: Janeiro de 2014.

HCI RESOURCES NETWORK. **Colour Vision Deficiencies**. Retrieved May 1998 from the World Wide. Disponível em: http://www.hcirn.com/atoz/atozc/coldef.html>. Acesso em: Junho de 2012.

JENNY, B.; KELSO, N. V. Color Design for the Color Vision Impaired. Cartographic Perspectives, 58, p. 61-67, 2007a.

JENNY, B.; KELSO, N. V. Designing maps for the colour-vision impaired. **Bulletin of the Society of Cartographers** SoC, 41, p. 9-12, 2007b.

KÜPPERS, B. O. **The context-dependence of biological information**. In: KORNWACHS, K.; JACOBY, K. (Ed.).Information. New questions to a multidisciplinary concept. P. 137-145. Berlin: Akademie, 1996.

MACEACHREN, A. M. How maps work: Representation, Visualization and Design. London: The Guilford Press. 1995.

MOLLON, J. D. Introduction. In: Mollon JD, Pokorny J, Knoblauch K, editors. **Colour and defective colour vision**. New York: Oxford University Press, 2003.

OLIVEIRA, R. F.; PUGLIESI, E. A.; MARQUES, A. P. S.; DECANINI, M. M. S. Desenvolvimento de um módulo de mapas visuais para daltônicos em um protótipo de Sistema de Navegação em Automóvel. **In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Geomática**, Presidente Prudente – SP, 26-28 de julho de 2012, v.1, 2012.

OLSON, J. M.; BREWER, C. A. An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments. **Annals of the Association of American Geographers**. Published by: Taylor & Francis, n. 1, v. 87, p. 103-134, Mar., 1997.

POKORNY, J.; SMITH, V. C.; VERRIEST, G.; PINKERS, A. J. L G. Congenital and Acquired Color Vision Defects. Grune and Stratton, New York, 1979.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Cartographic Design of In-car Route Guidance for Color-Blind Users. In: **International Cartographic Conference**. Enlightened view on Cartography and GIS. Paris. 2011.

RIGDEN, C. The eye of the beholder – Designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, vol. 17. 1999.

SARDEGNA, J.; SHELLY, S.; RUTZEN, A. R.; STEIDL, S. M. The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment. 2 ed, New York: Facts On File, 2002.

SHARPE, L.T.; STOCKMAN, A.; JÄGLE, H.; NATHANS, J. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. **Color Vision - From genes to perception**. Cambridge University Press, p. 3-51, 1999.

SLOCUM, T. A. Thematic Cartography and Geovisualization. Upper-Saddle River, 3a ed. NJ: Prentice-Hal, 2009.

WADE, N. J.; SWANSTON, M. Visual Perception: An Introduction. Routledge, 1991.