

DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE MAPAS VISUAIS PARA DALTÔNICOS EM UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE NAVEGAÇÃO EM AUTOMÓVEL

RENAN FURLAN DE OLIVEIRA¹
EDMUR AZEVEDO PUGLIESI²
ANA PAULA DA SILVA MARQUES³
MÔNICA MODESTA SANTOS DECANINI⁴

Universidade Estadual Paulista - Unesp
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT

¹ Graduação em Engenharia Cartográfica

³ Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

^{2,4} Departamento de Cartografia, Presidente Prudente - SP

¹{renanfurlanoliveira@hotmail.com}; ³{marques.engcart@gmail.com}
^{2,4}{edmur, monca}@fct.unesp.br

RESUMO - O Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) vem se estabelecendo como uma importante ferramenta para apoiar os motoristas nas tarefas de navegação em ambiente pouco ou totalmente desconhecido. Tais sistemas, em geral, comunicam as informações ao motorista por meio da modalidade visual ou áudio-visual, incluindo o mapa, sendo este associado ou não a seta de indicação da direção da manobra. Pesquisas mostram que as representações do tipo mapa, além de oferecer contexto de direção e favorecer o mapa cognitivo humano, são preferidas por parte dos motoristas. Entretanto, o projeto dos mapas visuais apresentados nesses sistemas não considera os usuários com deficiência na visão de cores – os daltônicos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é programar um módulo de mapas visuais para daltônicos, protanópes e deuteranópes, em um protótipo de SINGRA, o qual foi desenvolvido na FCT-UNESP, para pessoas portadoras de visão normal de cores. O desenvolvimento do presente trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira consiste do projeto e implementação da interface de seleção dos mapas para os dois tipos de daltonismo. Enquanto a segunda etapa refere-se à programação dos processos de transformação de cores no SINGRA. Pretende-se utilizar os resultados deste trabalho em futuras pesquisas que tratem da avaliação da usabilidade desses mapas visuais, junto a um grupo de motoristas daltônicos.

Palavras chave: Projeto Cartográfico, Visão de Cores, Daltonismo, Transformação de Cores.

ABSTRACT - The In-Car Route Guidance and Navigation Systems (RGNS) have established themselves as an important tool to help drivers with navigation tasks in completely unknown or little known urban environment. These systems generally present information to the driver through the visual or audio-visual modality, including the map, which might or might not be associated with the maneuver direction arrow. Researches show that besides they offer direction context and contribute to mental map formation, the visual representations, are preferred by drivers. However, the visual maps design presented in those systems have not been developed properly for being used by color-blind users. Here, the aim of this work is to program a module of visual maps for color-blind people, protanópes and deuteranópes, in a prototype of navigation system, which was developed locally, for normal color-vision. The stages to develop this proposal are divided in two parts. The first part consisted of design and implementation of selection interface of maps for the two types of color blindness in question. The second part consisted in implementing the color transformation processes in the system. It is intended to use the results of this work for future researches related to the usability evaluation of those maps, taking into account a group of color-blind people.

Key words: Cartographic Design, Color Vision; Color-Blind; Color Transformation.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) tem mostrado seu grau de importância para apoiar as tarefas de navegação em ambientes pouco ou totalmente desconhecidos (PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Tais sistemas, em geral, comunicam as informações ao motorista por meio da modalidade visual ou áudio-visual, incluindo o mapa, sendo este associado ou não a esquema de seta (BURNETT, 2000a; LABIALE, 2001; LIU, 2000).

As representações do tipo mapa, além de oferecer contexto de direção, o qual é importante para manter o usuário seguro e confiante ao longo da rota (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008), podem permitir a formação de uma imagem mental não ambígua do espaço, o que favorece o desenvolvimento do mapa cognitivo humano (ROSS et al., 1995; LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI, 2009b). Além disso, pesquisas têm indicado um interesse grande por parte dos motoristas em receber informação visua-espacial (LOOMIS et al, 2005).

Entretanto, a leitura de mapas dinâmicos, realizada em ambientes dinâmicos, dentro do automóvel em movimento, pode causar acidentes de trânsito por motivos de distração e atenção requerida pelo sistema (BURNETT, 2000a; GREEN, 2000a; TSIMHONI; GREEN, 2001). Esse fator torna-se ainda mais agravante caso os SINGRAs sejam utilizados por pessoas portadoras de deficiência na visão de cores, isso porque, diante de estímulos visuais coloridos, os daltônicos apresentam tempo de reação mais longo e cometem mais erros comparados às pessoas com visão normal de cores (ATCHISON; PEDERSEN, 2003).

O daltonismo representa uma deficiência no estímulo das células presentes na retina, as quais são denominadas de cones e são responsáveis pela discriminação das cores, de acordo com a teoria tricromática (YOUNG, 1801¹ apud SLOCUM, 2009; HELMHOLTZ, 1852² apud SLOCUM, 2009). Dentro do intervalo do visível, no espectro eletromagnético, uma parte dos cones tem pico de sensibilidade no azul, outra no vermelho e a terceira parte no verde. Quando esses três tipos de cones trabalham regularmente as pessoas apresentam a visão normal de cores e são denominadas de tricromáticas; todavia, classifica-se o indivíduo como tricromata anômalo diante de um deslocamento no pico de sensibilidade de algum dos três cones (POKORNY et al., 1979; RIGDEN, 1999).

Os dicromatas e monocromatas descrevem as outras duas classes de pessoas com deficiência na visão de cores (POKORNY et al., 1979; RIGDEN, 1999). No caso dos dicromatas o problema mais comum está em perceber os pigmentos vermelho, caracterizando os indivíduos protanópes, e verde, representando os

deuteranópes, uma vez que os problemas com a percepção do azul são mais raros. Pessoas monocromatas ou acromatas são aquelas que enxergam apenas tons de cinza, isto é, não tem a sensação de cor (RIGDEN, 1999).

Apesar disso, sabe-se, informalmente, que muitas pessoas que apresentam algum tipo de disfunção na visão de cores, possuem carteira de habilitação e dirigem automóvel. Quanto aos SINGRAs, observa-se que esses sistemas têm sido projetados e desenvolvidos com uma ampla 'riqueza' de cores (PUGLIESI; DECANINI, 2011), sem a preocupação de se adequar os mapas visuais às necessidades de pessoas com essas características perceptivas (MECEACHREN, 1995). Dessa forma, compreender determinadas informações exibidas visualmente por esses sistemas pode ser uma tarefa impossível para os motoristas daltônicos (PUGLIESI; DECANINI, 2011).

Em certos países do mundo, a questão do uso de SINGRA por daltônicos tem sido parcialmente 'resolvida' por meio da modalidade auditiva (BURNETT, 1998; LIU, 2000; REAGAN; BALDWIN, 2006; OLIVER, 2007; MARQUES, DECANINI; PUGLIESI, 2011). No entanto, devido à necessidade dos motoristas em receber a informação no formato de mapa, ressalta-se a importância de desenvolver interfaces de comunicação na modalidade visual, as quais sejam ergonômicas e que possam apresentar alto nível de usabilidade. Portanto, nessa fase de projeto e desenvolvimento de sistema, a adição de outras modalidades de comunicação ao sistema poderia causar 'interferência' nos símbolos cartográficos visuais requeridos pelos motoristas, e inviabilizar futuras etapas de avaliação do desempenho dessas representações visuais, em termos de usabilidade.

Além disso, as questões/problemas envolvidas no projeto e produção de mapas exclusivamente visuais, para auxiliar no contexto da navegação em automóvel, ainda continuam pouco conhecidas (PUGLIESI; DECANINI, 2011). Recentemente, Pugliesi e Decanini (2011) iniciaram estudos quanto à fase de projeto cartográfico de mapas visuais dinâmicos para daltônicos, e afirmaram ser possível filtrar ruídos e favorecer a legibilidade das representações por meio do emprego da técnica de transformações de cores. Contudo, tais soluções de projeto ainda requerem uma etapa de implementação em SINGRA para possibilitar a realização de testes futuros junto aos motoristas com tais características perceptivas, o que justifica a realização desse estudo.

Diante disso, a proposta deste trabalho consiste em desenvolver um módulo de mapas visuais, em um protótipo de sistema de navegação disponível na FCT-UNESP, para usuários daltônicos do tipo protanópe e deuteranópe. Pretende-se, com o desenvolvimento do módulo de transformação de cores, facilitar a realização de futuras pesquisas quanto à comparação visual dos mapas para tricromatas normais e daltônicos.

¹ YOUNG, T. On the theory of light and colors. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, p. 12-48. 1801.

² HELMHOLTZ, H. V. On the theory of compound colors. **Philosophical Magazine**, p. 519-534. 1852.

2 PROJETO DA INTERFACE GRÁFICA E PRODUÇÃO DOS MAPAS PARA DALTÔNICOS

O desenvolvimento do módulo de mapas para daltônicos proposto neste trabalho contemplou duas grandes etapas, o projeto e a implementação dos botões da interface gráfica, para a seleção dos mapas para motoristas protanópes e deuteranópes e, a implementação dos processos de transformação de cores entre os mapas.

2.1 Projeto e implementação da interface gráfica para a seleção dos mapas

O projeto da interface gráfica consistiu na locação de botões para a seleção dos mapas, para a visão normal de cores e também para as visões com cegueira total no vermelho (protanópe) e no verde (deuteranópe). O propósito desta etapa consiste em estruturar a interface do sistema, a fim de permitir que cada tipo de mapa seja facilmente acessado em futuras pesquisas referentes à avaliação da usabilidade da interface visual.

Para o projeto dos ícones, os quais representam os botões de seleção dos mapas, considerou-se duas importantes variáveis relacionadas ao projeto cartográfico, formato (mídia) de apresentação da informação e a definição das cores dos botões. O tamanho da mídia é relevante, pois limita a dimensão dos símbolos gráficos (botões) apresentados ao usuário e que, por conseguinte, influencia na legibilidade do mapa, a qual está diretamente relacionada à eficiência e eficácia do produto gerado (DENT, 1999; DOGRU et al., 2009; DOGRU; ULUGTEKIN, 2004; 2006).

Dentro disso, os botões foram projetados para apresentação em um monitor de navegação, modelo XENARC, de pequeno formato (sete polegadas), o qual vem sendo utilizado como mídia de avaliação da usabilidade de interfaces de SINGRA para usuários não daltônicos (PUGLIESI; DECANINI, 2009a). A determinação do tamanho dos botões foi realizada com base na projeção das feições na tela do monitor, de maneira que os símbolos não fossem apenas visíveis, mas pudessem ser facilmente detectados, discriminados e interpretados (MARQUES; DECANINI; PUGLIESI, 2012). Quanto à forma selecionada, os botões foram representados por símbolos alfanuméricos, uma vez que o intuito foi associar o nome de cada tipo de mapa à disfunção visual do motorista.

Um total de três botões foi projetado e produzido, o primeiro simbolizado pela letra 'N', em preto, indica acesso ao módulo projetado para os motoristas com visão normal de cores, o segundo, descrito pela letra 'P', em vermelho, representa os mapas para os usuários protanópes e, o terceiro, na letra 'D', em verde, a opção de mapa para os usuários deuteranópes. A decisão pelas cores, vermelha e verde, ocorreu no sentido de favorecer a associação das opções de mapa, por parte dos tricromatas, às características perceptivas dos usuários protanópes e deuteranópes, de maneira similar à realizada na seleção dos símbolos.

A partir do projeto gráfico estabelecido, os botões foram adicionados à barra vertical de ferramentas da interface do protótipo de SINGRA desenvolvido por Pugliesi (2007) e aperfeiçoado por Marques (2011), conforme é apresentada na Figura 1.

Vale lembrar que esse conjunto de botões é apresentado ao usuário no momento em que o sistema está desconectado do GPS, e no instante que os mapas são selecionados, a barra de ferramentas é omitida a fim de se aumentar a área de exibição do mapa, local onde as informações são apresentadas ao usuário.

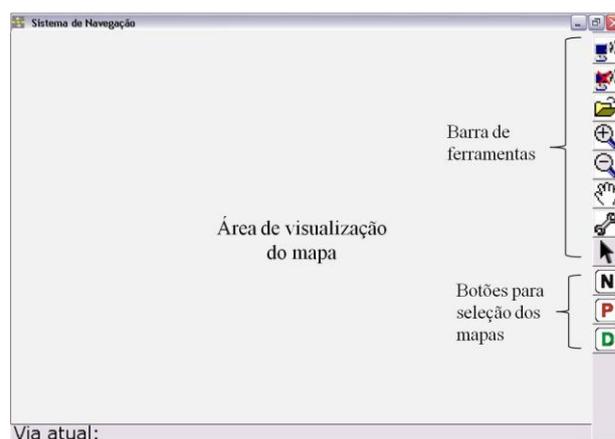


Figura 1 – Interface visual do SINGRA com módulo para usuários daltônicos.

2.2 Implementação do módulo de transformação de cores entre os mapas dinâmicos

Esta etapa consistiu no desenvolvimento do módulo que possibilita a mudança de um tipo de mapa para outro, de acordo com os botões projetados e produzidos na etapa anterior. Cabe ressaltar que o projeto de mapas visuais proposto por Pugliesi e Decanini (2011) foi utilizado como base para a programação dos procedimentos de transformação de cores. Este projeto foi elaborado a partir de uma base cartográfica vetorial de vias na escala 1:1.000, referente a uma cidade localizada no oeste do estado de São Paulo.

Para realizar a alteração das cores dos mapas entre a visão normal e a visão dicromata, desenvolveu-se um total de três procedimentos envolvendo seis transformações, sendo os quais, mapas (1) da visão normal para a protanópe (botão P); (2) da visão protanópe para a visão normal (botão N); (3) da visão normal para a deuteranópe (botão D); (4) da visão deuteranópe para a visão normal (botão N); (5) da visão protanópe para a deuteranópe (botão D) e (6) da visão deuteranópe para a protanópe (botão P). Os códigos foram escritos no compilador Microsoft Visual Basic 6.0, com o auxílio da biblioteca ESRI MapObjects 2.1, a qual permite a manipulação de dados geográficos por meio de um controlador *ActiveX* denominado *Map*.

Os procedimentos verificam o tipo de botão selecionado na interface gráfica do SINGRA e, na sequência, executam as transformações das cores em função do projeto gráfico proposto por Pugliesi e

Decanini (2011), o qual utilizou paletas de cores específicas para protanópes e deuteranópes (BTEXACT TECHNOLOGIES, 2002).

O resultado da transformação entre mapa para a visão normal de cores e visão dicromática, do tipo protanópe e deuteranópe é apresentado na Figura 2.

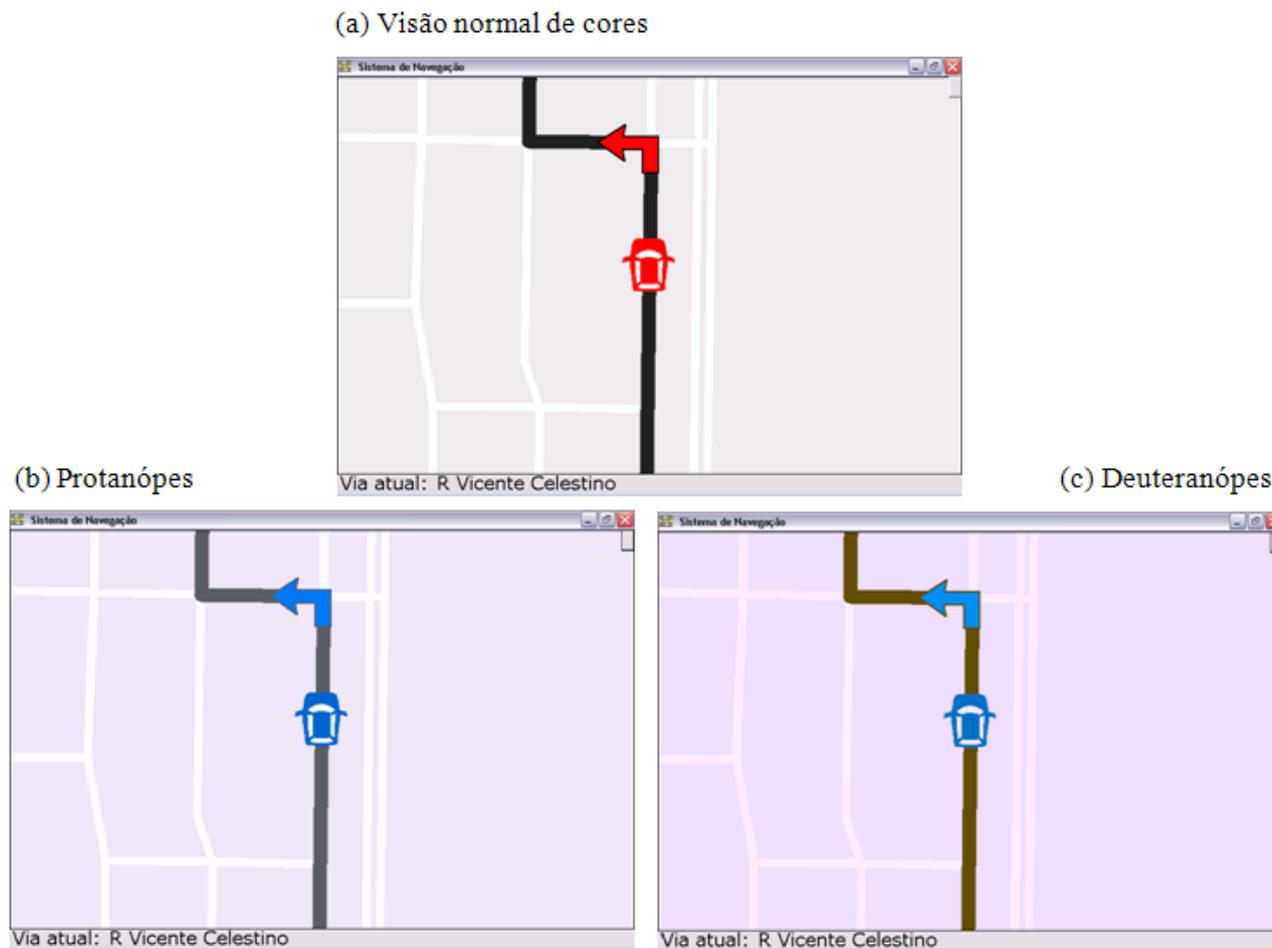


Figura 2 – Resultado da transformação de cores da visão normal de cores (a) para protanópe (b) e para deuteranópe (c).

4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou os resultados do desenvolvimento de um módulo de mapas visuais para daltônicos, os quais foram projetados por meio do emprego de técnicas visuais abordadas por Pugliesi e Decanini (2011). O desenvolvimento do módulo de transformação de cores de mapas visuais oferece aos usuários protanópes e deuteranópes a possibilidade de utilizarem uma interface provavelmente legível para apoio à navegação, para auxiliar na navegação em ambientes pouco ou não familiares.

O presente módulo de transformação de cores, implementado no protótipo de SINGRA, permite a adaptação das cores dos mapas às disfunções perceptivas dos usuários e, além disso, possibilita a realização de futuros experimentos relacionados à avaliação do desempenho da interface visual do sistema para os motoristas com 'cegueira' no vermelho e no verde.

Pode-se verificar que os resultados obtidos tanto para a visão protanópe (Figura 2b), quanto deuteranópe (Figura 2c), apresentam perda de contraste entre os elementos do mapa. Entretanto, esta redução do contraste

é ainda mais acentuada no caso da representação cartográfica produzida para usuários com a visão deuteranópe (Figura 2c). Essa característica, quando desconsiderada da fase de projeto, pode ser um fator limitante para a eficiência da comunicação da informação em SINGRA, uma vez que o contraste consiste em um dos recursos visuais mais relevantes (DENT, 1999), pois tem a capacidade de intensificar o significado presente na mensagem visual e, por conseguinte, de simplificar a comunicação (DONDIS, 2003).

Novas propostas de representação cartográfica se fazem necessárias, por meio do emprego das técnicas de intensificação da legibilidade das representações, como o contraste de cor, brilho, forma e escala (PUGLIESI; DECANINI, 2011). Essa sugestão implica na determinação de novos conjuntos de mapas para daltônicos, os quais sejam construídos ora com ênfase no contraste de matiz e brilho, ora no contraste de forma, ora no contraste de escala. Com isso, requerem-se futuras investigações sobre o desempenho da comunicação cartográfica do sistema para determinar a usabilidade de cada tipo de representação.

Recomenda-se que a avaliação dos mapas visuais seja realizada sem a presença da modalidade sonora no formato de instrução de voz, a fim de focar a atenção sobre o impacto das representações visuais. Propõe-se ainda, o projeto e a implementação de um módulo para atender a disfunção no pigmento azul. Por fim, uma investigação sobre os processos cognitivos é de relevante importância para determinar a necessidade dos motoristas daltônicos por informação de navegação e guia de rota e, conseqüentemente, aprimorar o atual projeto cartográfico.

REFERÊNCIAS

- ATCHISON, D. A.; PENDERSEN, C.; DAIN, S.; WOOD, J. M. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. **Human Factors**, 45(3), p. 495–503. 2003.
- BURNETT, G. E. "Turn right at the King's Head": Drivers' requirements for route guidance information. PhD Thesis, Loughborough University, UK. 1998.
- BURNETT, G.E. Usable vehicle navigation systems: Are we there yet? In: **Vehicle Electronic Systems 2000 - European conference and exhibition**, ERA Technology Ltd 29-30, ISBN 0 7008 0695 4, p. 3.1.1-3.1.11. June. 2000a.
- BTEXACT TECHNOLOGIES. 2002. **Safe Web Colours for colour-deficient vision: Palette Files**. Disponível em: <http://more.btexact.com/people/rigden/colours/Transf.htm>. Acesso em: Junho de 2004.
- DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**. 3rd ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1999.
- DOGRU, A. O.; ULUGTEKIN, N. N. Car Navigation Map Design In Terms Of Multiple Representations. **XXXV Congress ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Istanbul, Turkey. p.12-23. Jul 2004.
- DOGRU, A. O.; ULUGTEKIN, N. N. Car Navigation Map Design In Terms Of Multiple Representations. **First International Conference On Cartography & GIS**. Borovets, Bulgaria. p. 25–28. Jan. 2006.
- DOGRU, A. O.; et al. Generalization Approaches for Car Navigation Systems. **First National Workshop on Generalization and Multiple Representations**. Iznik, Turkey. p.12–13. Sept. 2009.
- DONDIS, D. A. **Sintaxe da linguagem visual**. São Paulo: Martins Fontes, 2003 (edição inglesa: 1973).
- GREEN, P. Crashes are induced by driver navigation systems and what can be done to reduce. (SAE paper 2000-01-C008). **Convergence 2000 Conference Proceedings** (SAE publication P-360). Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, p. 26-36. 2000a.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis. n° 3, vol. 20, p. 149-158. May 2001.
- LEE, J.; FORLIZZI, J.; HUDSON, S. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. **International Journal of Human-Computer Studies**. USA. vol. 66. p.198–215. Feb. 2008.
- LIU, Y. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Displays: Elsevier Science**. p. 161-168. 2000.
- LOOMIS, J. M.; MARSTON, J. R.; GOLLEDGE, R. G.; KLATZKY, R. L. Personal guidance system for visually impaired people: Comparison of spatial displays for route guidance. **J. Vis. Impairment Blindness**, 99, 4, p. 219-232. 2005.
- MACEACHREN, A. M. **How maps work: Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press. 1995.
- MARQUES, A. P. S. **Generalização Cartográfica para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel áudio-dinâmico com múltiplas escalas**. 2011. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- MARQUES, A. P. S.; DECANINI, M. M. S.; PUGLIESI, E. A. Sistema de Navegação e Guia de Rota áudio-dinâmico com múltiplas escalas automáticas. **Revista Brasileira de Cartografia**. V. 1, N° 64, Maio. 2012.
- OLIVER, K. **Cognitive Map Development and Driver Distraction: The Role of Vehicle Navigation Systems**. 2007. 79p. M.Sc. in Interactive Systems Design – School of Computer Science and Information Technology University of Nottingham.
- POKORNY, J.V.C. SMITH; VERRIEST, G.; PINKERS, A.J.L. **Congenital and Acquired Color Vision Defects**. Grune and Stratton, New York, 1979.
- PUGLIESI, E. A. **Avaliação da Comunicação Cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel**. 2007. 292p. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 2007.
- PUGLIESI, E.A., DECANINI, M.M.S. TACHIBANA, V.M. Evaluation of the Cartographic Communication Performance of a Route Guidance and Navigation

System. **Cartography and Geographic Information Science**. n° 2, vol. 36, p.193- 207. Apr. 2009.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Construção e validação de simulador de baixo custo para avaliar a usabilidade de sistemas de navegação. **Revista Brasileira de Cartografia**. n° 61/1, Abril de 2009a.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Information for In-Car Route Guidance and Navigation Systems: Selection, Presentation and Evaluation. **24th International Cartography Conference**, Chile, Nov. 2009b.

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.

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

REAGAN, I; BALDWIN, C. L. Facilitating Route Memory with Auditory Route Guidance Systems. **Journal of Environmental Psychology**, vol. 26, p. 146–155. 2006.

RIGDEN, C. **The eye of the beholder – Designing for colour-blind users**. **British Telecommunications Engineering**, vol. 17. 1999. Disponível em: <<http://more.btexact.com/people/rigdence/colours/index.htm>>. Acesso em: Junho de 2004.

ROSS, T., VAUGHAN, G., ENGERT, A., PETERS, H., BURNETT, G.E., May, A.J. **Human factors guidelines for information presentation by route guidance and navigation systems** (DRIVE II V2008 HARDIE, Deliverable 19). Loughborough, UK: HUSAT Research Institute. 1995.

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

TSIMHONI, O.; GREEN, P. Visual Demand of Driving and the Execution of Display-Intensive, In-Vehicle Tasks. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society** 45th Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society, CD-ROM. 2001.