

Influência da variação da escala na demanda visual por mapas de Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel

Ana Paula Marques Ramos¹
Mônica Modesta Santos Decanini²
Edmur Azevedo Pugliesi³
Vilma Mayumi Tachibana⁴

^{1, 2, 3, 4} Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT)
Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 - Presidente Prudente – SP, Brasil
¹marques.engcart@gmail.com; ^{2,3,4}{monca, edmur, vilma}@fct.unesp.br

Abstract. This work aims evaluate drivers' visual demand for maps at different scales used In-Vehicle Route Guidance and Navigation System (RGNS) and compares the visual demand values with thresholds recommended by literature. An experiment was performed with 52 drivers (26 males and 26 females) in a driving simulator. Drivers were required to navigate using maps at two scales 1:3,000 and 1:6,000. Visual demand was quantified using the number of glances, minimum, mean and maximum duration of glances, and sum of glances. Results show that maps at 1:3,000 require a more number of glances and sum of glances when compared to maps at 1:6,000. However, maps at 1:6,000 require minimum duration of glance higher than maps at 1:3,000. Maps at both scales presented similar performance in relation to the mean and maximum duration of glances. Results also show that values obtained from each visual demand variable are adjusted according to the thresholds suggested by literature which corroborate the maps' efficiency to support in-vehicle navigation task. We conclude that the level of detail of maps has influence on drivers' performance and that some scales have the potential to improve navigation task. In studied cases, it can be concluded that both scales are efficient for maps of RGNS, although should be considered that the drivers' visual distraction was reduced when these systems presented more generalized maps. Other usability measures should be combined with visual demand variable to quantify effectiveness of maps as well as the drivers' preference about these cartographic representations.

Palavras-chave: route guidance systems, navigation task, maps in different scales, visual demand, usability.

1. Introdução

Aproximadamente 29 milhões de unidades de dispositivos de navegação portáteis foram vendidos no mundo em 2007, com crescimento da taxa anual previsto para 22,5% (Gallen, 2007). A empresa de pesquisa de mercado *Berg Insight* mostrou que o número de pessoas que utilizam sistemas de navegação, pelo menos uma vez por mês, cresceu de 105 milhões em 2011 para 150 milhões em 2012 (Malm, 2013). Ao mesmo tempo em que os sistemas de navegação, ou de entretenimento, utilizados em automóvel oferecem maior mobilidade aos motoristas, esses sistemas também têm o potencial de aumentar a distração visual dos usuários por introduzirem uma carga de trabalho adicional à tarefa de direção (JAMA, 2004; AAM, 2006; NHTSA, 2012). Executar uma tarefa secundária (ex.: uso de celular, mapa) durante a realização de uma tarefa primária (ex.: dirigir um automóvel) pode reduzir o desempenho do indivíduo na realização da tarefa primária (Tsimhoni et al. 1999; Ranney et al. 2013). Os Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) são alguns desses sistemas que requerem demanda visual associada à tarefa de dirigir um veículo, a qual é classificada como uma tarefa visualmente exigente (Rockwell, 1972; Kaber et al. 2012).

A demanda visual refere-se à complexidade de estímulos visuais que requerem respostas; ou seja, consiste na interferência visual associada à execução de uma tarefa secundária (Yee et al. 2007). Alguns autores a definem como a ação necessária para se obter informação em uma interface de comunicação, e associam a demanda visual ao “custo visual” do sistema (Rockwell, 1972, Pugliesi et al. 2013). No entanto, à medida que a demanda visual aumenta, o desempenho na tarefa primária diminui (Tsimhoni e Green, 2001; Perez et al. 2013). Uma relação entre a demanda visual e o risco de acidente no trânsito é estabelecida por Green (1998) da seguinte forma: “o tempo gasto com os olhos em uma interface visual é o tempo

não gasto com os olhos na via”. Nesse contexto, a análise de demanda visual tem sido usada como uma medida de eficiência para avaliar a usabilidade de interfaces de SINGRA e compreender as implicações que o uso destes sistemas gera no desempenho da tarefa primária (Labiale, 2001; Lee et al. 2008; Pugliesi et al. 2009; Ching-Torng et al. 2010). A usabilidade de interfaces de sistemas de navegação e guia de rota tem sido investigada a partir de diferentes vertentes de pesquisa, e uma de destaque refere-se à seleção de escalas para representar as informações de navegação nos mapas usados concomitantes à tarefa de direção de um automóvel (Uang e Hwang, 2003; Ho e Li, 2004; Lee et al. 2008; Sheleiby et al. 2008; Binfeng et al. 2012; Marques et al. 2012).

Ainda que as pesquisas na área de Interação Homem-Máquina (HCI - *Human Computer Interaction*) recomendem produzir interfaces de navegação que tenham alta eficiência (ex.: baixa demanda visual), até o momento, não há investigações que mostrem a influência da variação da escala do mapa de SINGRA na demanda visual do motorista, sendo estas representações produzidas com base nos princípios da comunicação cartográfica. Também se desconhece investigações que analisem a eficiência dos mapas de SINGRA, em termos de demanda visual, em função dos limiares recomendados pela literatura. Sendo assim, este trabalho propõe a avaliação da demanda visual de mapas em diferentes escalas para sistemas de navegação e guia de rota em automóvel e a comparação dos valores de demanda visual com os limiares da literatura. As questões investigadas são: “A variação da escala influencia na demanda visual dos motoristas?”; e “A eficiência dos mapas exibidos em diferentes escalas está de acordo com os limiares de demanda visual recomendados pela literatura?”.

2. Método

2.1 Seleção dos participantes e rota experimental

Um grupo de 52 motoristas (26 homens e 26 mulheres) com menos de 40 anos de idade participou de um experimento em um simulador de direção. A seleção dos participantes foi realizada com base nos seguintes critérios: apresentar carteira de habilitação; ter experiência na direção de automóvel por mínimo de dois anos; ter visão normal de cores; e não possuir familiaridade com a rota experimental. Um questionário foi aplicado em forma de entrevista semiestruturada para caracterizar os participantes.

A rota experimental está localizada na cidade de Álvares Machado-SP e é composta por um total de 13 manobras. Para reproduzir a rota no simulador, esta foi filmada em campo, com uma câmara na resolução *full HD*, e suas coordenadas registradas, com um GPS de navegação Garmin 12 XL. Ambas, a filmagem e a coleta das coordenadas, foram simultâneas.

2.2 Ambiente de teste

O processo de avaliação de demanda visual de interfaces de navegação ao motorista tem sido conduzido em simulador de direção ou diretamente em campo (Pugliesi et al. 2013). Por razões de segurança no trânsito, este trabalho optou por utilizar um simulador de direção. O simulador utilizado pertence à FCT/UNESP e é baixo custo, sendo composto por uma série de aparatos, como um recorte de cabina de automóvel para ser usado como veículo no teste. O simulador sincroniza a reprodução do vídeo da rota experimental com o deslocamento do automóvel por esta rota. O deslocamento do automóvel pela rota é simulado por um protótipo de SINGRA, o qual está em desenvolvimento e aprimoramento na FCT/UNESP (Pugliesi et al. 2009; Marques et al. 2012; Ramos et al. 2014c). Os dados de movimento dos olhos do motorista são coletados por uma câmara posicionada dentro do automóvel. Os mapas do protótipo do SINGRA são exibidos em um monitor de sete polegadas localizado na parte central do painel do automóvel, de maneira a estar voltado para a face do motorista sem obstruir seu campo de visão (JAMA, 2004; Burnett et al. 2013).

2.3 Seleção das escalas e produção das representações cartográficas

Duas escalas foram selecionadas para os mapas do protótipo de SINGRA, 1:3.000 e 1:6.000. Tais valores foram definidos com base em pesquisas recentes (Marques et al. 2012; Ramos et al. 2014a), bem como visando favorecer a identificação da direção da manobra no mapa e a manutenção do contexto espacial do motorista na rota. As representações cartográficas foram produzidas no *ArcGIS ArcInfo* 10.0 na resolução de 1024x768 *pixels*.

O projeto gráfico dos mapas foi realizado com base na proposta de projeto de sistemas de guia de rota apresentada por Pugliesi et al. (2009), assim como nos resultados recentes obtidos por Ramos et al. (2014b) quanto à preferência subjetiva de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA, e nos princípios de comunicação cartográfica de organização perceptual sobre agrupamento perceptivo e segregação de figura e fundo sugeridos por Maceachren (1995), Gomes Filho (2002), Dent et al. (2009) e Slocum et al. (2009). Para inserir as representações no protótipo de SINGRA foi utilizado o compilador *Microsoft Visual Basic* 6.0 e a biblioteca *ESRI Mapobjects* 2.1. A Figura 1 mostra alguns dos mapas exibidos nas escalas 1:3.000 e 1:6.000, porém em tamanho reduzido.

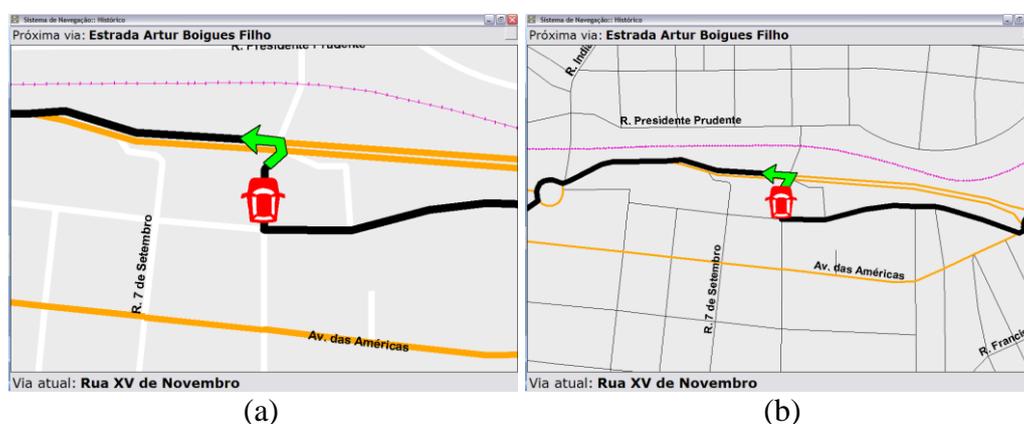


Figura 1. Representação de mapas em diferentes escalas. Em (a) 1:3.000 e, em (b) 1:6.000.

2.4 Procedimento no simulador de direção

Para evitar influências nos resultados de demanda visual em razão da ordem de exibição dos mapas em diferentes escalas, os motoristas foram separados em dois grupos de 13 homens e 13 mulheres. O primeiro grupo iniciou a tarefa de navegação pela rota visualizando os mapas na escala 1:3.000 (manobras de 1 a 6) e a finalizou com mapas na escala 1:6.000 (manobras de 7 a 13). O segundo grupo experienciou a ordem inversa; primeiro mapas na escala 1:6.000 (manobras de 1 a 6) e, depois, mapas na escala 1:3.000 (manobras de 7 a 13).

Antes de iniciar a tarefa de simulação da direção do automóvel, o motorista recebeu do experimentador uma breve explanação da pesquisa, foi familiarizado com o ambiente de teste e, por fim, convidado a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Além disso, o motorista foi orientado a executar duas tarefas distintas durante a simulação da direção do automóvel: uma tarefa principal e uma tarefa secundária. A principal seria prestar a máxima atenção no vídeo da rota, como se o motorista estivesse dirigindo o automóvel no mundo real para evitar riscos de acidente no trânsito. Enquanto a tarefa secundária seria consultar o monitor de navegação, preferencialmente, depois de ouvir um *beep*, no intuito de obter a informação de direção de manobra exibida no mapa do protótipo de SINGRA. O *beep* foi disparado quando o automóvel se encontrava a aproximadamente 100 metros da manobra, representando o início da tarefa tática. Adotou-se o *beep* para marcar o início da tarefa tática, em razão desta requerer maior processamento mental do motorista (Kaber et al. 2012) por estar relacionada ao processo de preparação para realizar a manobra (Burnett, 1998; Labiale, 2001). A tarefa de simulação foi iniciada com o motorista afirmando estar pronto.

2.5 Extração dos dados de demanda visual

A demanda visual requerida por sistema de guia de rota vem sendo quantificada a partir da análise de um conjunto de variáveis, podendo-se destacar o número de olhadas, a duração da olhada e a soma da duração da olhada (Green et al. 1993; Tsimhoni et al. 1999; Klauer et al. 2006; Pugliesi et al. 2013). O ‘Número de olhadas’ consiste na quantidade de vezes que o usuário consulta uma interface durante a realização de uma tarefa primária (Tsimhoni e Green, 2001; Klauer et al. 2006). A ‘Soma das olhadas’ é o tempo total gasto com os olhos fora da via devido à interação com a interface (Tsimhoni e Green, 2001; Klauer et al. 2006; Pugliesi et al. 2013). Enquanto a ‘duração da olhada’ é o intervalo de tempo entre o momento em que os olhos do motorista deixam de olhar para a via e iniciam um movimento em direção à tela do monitor de navegação, observando-o por algum tempo, e retornando até se fixarem novamente na via (SAE, 2004; Pugliesi et al. 2009).

Wikman *et al.* (1998) classificam a duração da olhada em três categorias: duração curta ($< 0,5$ segundos), duração média ($0,5 \leq \text{duração} < 2,0$ segundos) e duração longa ($\geq 2,0$ segundos). A partir desta classificação, optou-se por subdividir a duração da olhada em três componentes: ‘duração mínima’, ‘duração média’ e ‘duração máxima’ de cada olhada considerando o conjunto de olhadas realizadas em cada tarefa tática por cada motorista. O objetivo é comparar o valor destas três componentes com os limiares propostas por Wikman et al. (1998). A ‘duração mínima’ da olhada foi definida como o menor tempo despedido pelo motorista para consultar o mapa antes de manobra. A duração média da olhada foi definida como a soma das olhadas dividida pelo número de olhadas, conforme feito por Tsimhoni et al. (1999). A duração média da olhada representa o tempo médio requerido pelo motorista para consultar o mapa antes de cada manobra. A ‘duração máxima’ da olhada representa o maior tempo despedido pelo motorista para consultar o mapa de SINGRA antes de cada manobra.

O método utilizado por Pugliesi et al. (2009) e Ching-Torng et al. (2010) foi utilizado para extrair os dados de demanda visual em termos do número de olhada, duração de cada olhada (mínima, média e máxima) e soma das olhadas. O método consiste em analisar o movimento dos olhos dos motoristas ‘quadro a quadro’ sobre cada imagem gravada usando o *Microsoft Windows Movie Maker*. O menor tempo de duração da tarefa tática foi adotado para comparar a demanda visual entre os mapas nas diferentes escalas. Na rota experimental, o este tempo correspondeu a 11 segundos. Assim, para cada um dos 52 motoristas, nas 13 manobras da rota, a demanda visual foi analisada apenas nos 11 segundos restantes até a manobra.

3. Resultados e discussão

3.1 Demanda visual e a influência da variação da escala do mapa

As análises foram realizadas aplicando testes estatísticos paramétrico e não-paramétrico (Conover, 1999), em função da distribuição de probabilidade dos dados de cada uma das cinco variáveis de demanda visual, quais sejam número de olhadas, duração mínima da olhada, duração máxima da olhada, duração média da olhada e soma das durações das olhadas. Sobre os dados com distribuição normal, aplicou-se o teste paramétrico ‘t para duas amostras dependentes’; enquanto sobre os dados com distribuição desconhecida, aplicou-se o teste não-paramétrico ‘Wilcoxon para duas amostras dependentes’. Os resultados das análises encontram-se na Tabela 1, e o gráfico da Figura 2 mostra a distribuição da demanda visual em cada uma das cinco variáveis para cada escala de representação adotada, 1:3.000 e 1:6.000. As análises foram realizadas no *software* SPSS 16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*), e o intervalo de confiabilidade fixado em maior ou igual a 95% ($p\text{-valor} \leq 5\%$).

Com base nos resultados da Tabela 1 e da Figura 2, pode-se afirmar que os mapas nas duas diferentes escalas são igualmente eficientes em termos de duração média da olhada e de duração máxima da olhada. Todavia, os motoristas consultaram um maior número de vezes

(‘número de olhadas’) e permaneceram mais tempo com os olhos fora da via (‘soma das olhadas’) ao navegarem auxiliados pelo mapa mais detalhado (1:3.000). Pode-se inferir também que há uma forte tendência ($p = 0,126$) dos motoristas consultarem mais rapidamente o mapa na menor escala (1:6.000) ao que refere à duração mínima da olhada.

O aumento no número de olhadas associado ao mapa em 1:3.000 pode ser explicado em razão desta escala enfatizar o trecho em que o automóvel se encontra, porém limitar as informações referentes aos trechos seguintes da rota. Na manutenção em rota, os motoristas requerem identificar as características da rota para, sobretudo, identificar as manobras que ainda faltam ser realizadas (Burnett, 1998; May et al. 2003; Lee et al. 2008). Um mapa que limita a visualização de informações de contexto espacial pode induzir o motorista a olhar com maior frequência para a interface durante a direção do automóvel. Em consequência deste aumento no número de olhadas, há um aumento no tempo total que o motorista desvia a atenção de sua tarefa principal para consultar o mapa.

Embora os resultados apontem que o mapa na escala 1:6.000 está associado a um menor número de olhadas, os motoristas demoraram mais tempo para ler este mapa comparado ao mapa na escala 1:3.000, e isto se deve ao fato do mapa em 1:6.000 exibir uma maior quantidade de informação não diretamente relacionada à manobra. Assim, tem-se que o tempo requerido pelo motorista para filtrar as informações relacionadas à próxima manobra é superior quando o mapa é exibido na escala 1:6.000 comparado ao mapa na escala 1:3.000. A literatura recomenda que informações não relacionadas à manobra devam ser evitadas em mapas que sejam utilizados com o automóvel em movimento a fim de minimizar a distração do motorista em sua tarefa principal (Uang e Hwang, 2003; Dillemuth, 2005). A partir dessas constatações e dos resultados da Tabela 1 e da Figura 2, tem-se que a variação da escala do mapa influencia na demanda visual dos motoristas, especialmente ao que se refere ao número de vezes em que a interface é consultada durante a manutenção em rota.

Tabela 1. Desempenho dos mapas em função da variação da escala.

Wilcoxon para duas amostras dependentes (soma dos <i>ranks</i>)					
Demanda visual 1:3.000 x 1:6.000	Primeira	Segunda	Z	p-valor	melhor desempenho
Número de olhadas	382,5	892,5	-2,462	0,014	1:6.000
Duração mínima	500	826	-1,528	0,126	1:3.000
Duração média	712,5	665,5	-0,214	0,830	-
Duração máxima	752	574	-0,834	0,404	-
Teste t para duas amostras dependentes					
Demanda visual 1:3.000 x 1:6.000	Média	Desvio-padrão	t	p-valor	melhor desempenho
Soma das olhadas	3,55 x 3,20	1,11 x 1,07	2,230	0,030	1:6.000

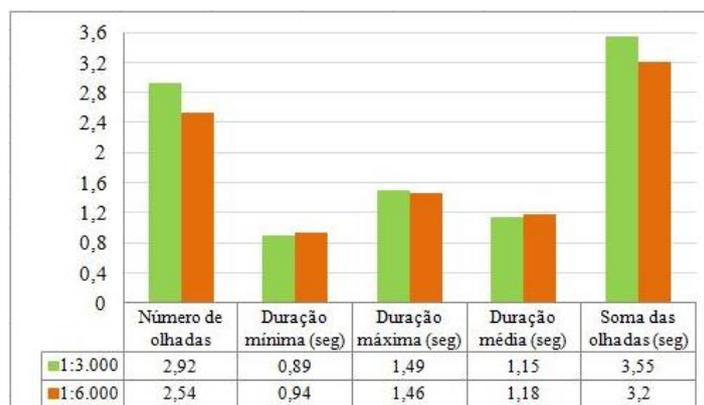


Figura 2 – Demanda visual por escala de representação.

3.2 Demanda visual e os limiares recomendados pela literatura

A comparação da demanda visual mostrou que o desempenho dos mapas é dependente da variação da escala de representação. Assim, a análise seguinte tem o intuito de avaliar se a eficiência destes mapas está de acordo com os limiares de demanda visual recomendados pela literatura. Cada variável de demanda visual foi analisada separadamente.

O número de olhadas tem sido associado ao processo de busca visual, de modo que um grande número de olhadas representa problemas de projeto da interface, caracterizando-a como subotimizada (Goldberg e Kotval, 1999; Jacob e Karn, 2003). O Instituto Britânico de Padrões (*British Standards Institute* – BSI) estabelece um número máximo de quatro olhadas como o valor aceitável para o motorista consultar uma interface enquanto dirige (Green, 1998). Ao comparar este limiar com o número de olhadas realizado pelos motoristas em cada tarefa táctica (Figura 2), tem-se que os mapas nas duas diferentes escalas são igualmente eficientes. Para os casos estudados, observou-se que a média de consulta dos motoristas foi de três olhadas, número que dentro do limiar recomendado pela literatura.

Os mapas nas diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000) também são eficientes em termos da soma das olhadas. As recomendações da literatura são de que a soma das olhadas não ultrapasse a 8 segundos (JAMA, 2004), a 12 segundos (NHTSA, 2012) ou 20 segundos em 85% dos casos analisados (AAM, 2006). Ao comparar estes limiares com o tempo total que os motoristas permaneceram com os olhos fora da via, verifica-se pela Figura 2 que a média da soma das olhadas foi abaixo de 4 segundos. A soma das olhadas é uma variável importante para caracterizar a demanda visual, pois permite quantificar o quanto o motorista permaneceu com os olhos fora da via, especificamente, durante a tarefa táctica (Pugliesi et al. 2013).

A duração das olhadas tem sido associada ao tempo de processamento despendido para compreender o objeto que está sendo fixado pelos olhos (Poole e Ball, 2005). As olhadas de durações longas caracterizam interfaces complexas, pois seu conteúdo é difícil de ser interpretado, o que resulta em um demorado processo de extração da informação, ou seja, uma demorada busca visual (Poole e Ball, 2005). Ao analisar a duração das olhadas em termos de seu valor médio, Green (1998) afirma que os motoristas gastam entre 1,2 e 1,5 segundos para consultar os controles de um veículo e sugere que a duração média da olhada para uma interface visual não ultrapasse ao limiar de 1,5 segundos. Para os casos estudados, a duração média da olhada não ultrapassou a este limiar conforme mostra a Figura 2, corroborando a eficiência dos mapas nas duas diferentes escalas. Pela Figura 2, tem-se que, na média, a duração média da olhada foi inferior a 1,2 segundos. Isso mostra que tais valores também estão de acordo com os valores fixados por Wikman et al. (1998), isto é, a duração média está dentro do intervalo de $0,5 \leq \text{duração} < 2,0$ segundos utilizado por estes autores para caracterizar uma olhada de média duração.

Quanto à duração mínima, nos casos estudados, observou-se que os valores estão acima dos valores recomendados por Wikman *et al.* (1998). Estes autores classificam um intervalo de curta duração como sendo menor que 0,5 segundos, e conforme mostra a Figura 2, o valor médio da duração mínima da olhada foi superior a 0,8 segundos, tanto para o mapa na escala 1:3.000 quanto 1:6.000. A ‘duração mínima’ da olhada é uma variável que pode caracterizar a eficiência no processo de comunicação cartográfica, pois quanto menor o tempo de leitura do mapa, maior a eficiência na interpretação do seu conteúdo. Assim, pode-se inferir que os mapas nas duas diferentes escalas têm problemas de usabilidade em termos do tempo mínimo requerido para sua leitura durante a direção de um automóvel.

Os resultados da Figura 2 mostram também que os mapas são eficientes em termos da duração máxima da olhada, independentemente da escala de representação. Há um consenso na literatura de que a duração máxima da olhada não deve exceder a 2 segundos e, por isso, este tem sido o limiar adotado como o tempo máximo para o motorista manter os olhos fora da via (AAM, 2006; NHTSA, 2012). Para os casos estudados, pode-se inferir que ambas as

escalas selecionadas para os mapas de SINGRA são eficientes para auxiliar os motoristas ao que se refere ao risco de dirigir e ler o mapa de navegação.

O número e a duração máxima da olhada são indicadores para se verificar perigo em potencial no trânsito, em termos de segurança na tarefa de direção (Labiale, 2001; Pugliesi et al. 2013). Ching-Torng et al. (2010) afirmam que uma interface que requer olhadas de durações longas e um grande número de olhadas indica um produto de alto nível de distração para o motorista. A JAMA (2004) sugere que uma interface usada durante a tarefa de direção de um automóvel deve possibilitar que o motorista assimile a informação com poucas olhadas e estas devem ser de duração breve para minimizar o impacto negativo no trânsito.

4. Conclusão e recomendações

Este trabalho realizou uma avaliação da influência da variação da escala do mapa na demanda visual dos motoristas ao navegarem auxiliados por sistema de guia de rota em automóvel. O trabalho atende ao objetivo, responde ao conjunto de questões investigadas, bem como apresenta uma investigação original a respeito da comparação da eficiência de mapas, em termos de demanda visual, com os limiares recomendados pela literatura.

Para os casos estudados, conclui-se que o desempenho dos motoristas na tarefa táctica é dependente da escala selecionada para os mapas de SINGRA. Além disso, conclui-se que a caracterização da demanda visual a partir de diferentes variáveis permite avaliar a eficiência dos mapas tanto em função dos aspectos de leitura do mapa durante a direção do automóvel, quanto em função da eficiência no processo de comunicação cartográfica nos mapas. Os mapas exibidos nas diferentes escalas mostraram-se eficientes, pois os valores de demanda visual obtidos na experimentação, em sua maioria, foram compatíveis com os limiares recomendados. Deve-se ressaltar que nas duas escalas, 1:3.000 ou 1:6.000, os mapas apresentaram desempenho similar e dentro do recomendado para o número de olhadas, soma das olhadas, duração máxima da olhada e duração média da olhada. Todavia, nas diferentes escalas, os mapas apresentam problemas de usabilidade quanto ao tempo mínimo de leitura.

Com exceção dos resultados observados para a variável de demanda visual 'duração mínima', tem-se evidências de que as representações cartográficas investigadas neste trabalho podem auxiliar com segurança os motoristas na realização da tarefa de manutenção em rota, sobretudo quando desenvolvida em áreas pouco familiares. Embora a eficiência seja uma importante variável na caracterização da usabilidade de uma interface, recomenda-se avaliar a influência da variação da escala do mapa em função da eficácia (ex.: erro navegacional) e da satisfação dos motoristas (ex.: questionário SUS - *System Usability Scale*), pois estas são outras duas classes de medidas usadas para qualificar e quantificar a usabilidade de um produto. Sugere-se investigar a relação entre demanda visual e complexidade da manobra, e avaliar a relação entre demanda visual e gênero do motoristas, ou outras características de grupos, tais como a habilidade espacial e o nível de experiência com sistema de guia de rota.

5. Referências

Alliance of Automobile Manufacturers - AAM. **Statement of principles, criteria and verification procedures on driver interactions with advanced in-vehicle information and communication systems.** Washington, DC. 2006. 90 p.

Binfeng, L.; Zhu, K.; Zhang, W.; Wu, A.; Zhang, X. A comparative study of two wayfinding aids for simulated driving tasks – single-scale and dual-scale GPS aids. **Behaviour & Information Technology.** iFirst article, p.1-11, 2012.

Burnett, G.E. **"Turn right at the King's Head": Drivers' requirements for route guidance information.** 1998. 341 p. PhD Thesis (Doctor of Philosophy) - Loughborough University, United Kingdom. 1998.

Burnett, G.E.; Lawson, G.; Millen, L.; Pickering, C.; Webber, E. Designing touchpad user-interfaces for right-hand drive vehicles: an investigation into where the touchpad should be located. **Behaviour & Information Technology**. v. 32, n. 9, p.1-14, 2013.

Conover, W.J. Practical nonparametric statistics. New York: J. Wiley, 1999. 592 p.

Ching-Torng, L.; Hsin-Chieh, W.; Ting-Yen, C. Effects of e-map format and sub-windows on driving performance and glance behavior when using an in-vehicle navigation system. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 40, p. 330–336, 2010.

Dillemath, J. Map Design Evaluation for Mobile Display. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 32, n. 4, p. 285-301, 2005.

Gallen, C. Navigation device shipments to show 22.5% compound annual growth to 2012 Singapore. **ABI Research**, 2007. Disponível em: <<http://www.businesswire.com/news/>>. Acesso em: 08.jul.2014.

Goldberg, J.H.; Kotval, X.P. Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 24, p. 631-645, 1999.

Green, P. Hoekstra, E.; Williams, M.; Wen, C.; George, K. **Examination of a Videotape-Based Method to Evaluate the Usability of Route Guidance and Traffic Information Systems**. Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute. 1993. 90 p. (Technical report UMTRI 93-31).

Green, P. **Visual and task demands of driver information systems**. Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute. 1998. 119 p. (Technical report UMTRI 98-16).

Ho, A.; Li, Z. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. **The Cartographic Journal**. v. 41, n. 3, p. 265–270, 2004.

Jacob, R.J.K.; Karn, K.S. Eye tracking in Human-Computer Interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In: Hyönä, J.; Radach, R.; Deubel, H. **The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research**. Amsterdam: Elsevier, 2003. cap. 4, p. 573-605.

Japanese Automobile Manufacturers Association – JAMA. **Guidelines for in-vehicle display systems**. Japan. 2004. 15 p. (Version 3.0).

Kaber, D.B.; Liang, Y.; Zhang, Y.; Rogers, M.L.; Gangakhedkar, S. Driver performance effects of simultaneous visual and cognitive distraction and adaptation behavior. **Transportation Research Part F**. v. 15, p.491-501, 2012.

Klauer, S.G.; Dingus, T.A.; Neale, V.L.; Sudweeks, J.D. **The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data**. Washington: National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA. 2006. 224 p. (DOT HS 810 594).

Labiale, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis. v. 20, n. 3, p.149-158, 2001.

Lee, J.; Forlizzi, J.; Hudson, S. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 66, p.198–215. 2008.

Malm, A. PND shipments declined to 28 million units in 2012 as competition from navigation apps intensified. **Berg Insight**, 2013. Disponível em: <<http://www.directionsmag.com/pressreleases/>>. Acesso em: 08.jul.2014.

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, p. 57-68, 2012.

May, A.J.; Ross, T. Bayer, S.H. Drivers' Information Requirements when Navigating in an Urban Environment. **The Journal of Navigation**. United Kingdom: The Royal Institute of Navigation. v. 56, p. 89-100, 2003.

National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA. **Visual-Manual NHTSA Driver Distraction**

Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices. Washington. 2012. 177 p. (NHTSA 2010-0053).

Perez, M.; Hulse, M.; Angell, L. **Support for NHTSA Visual-Manual Guidelines: Expert review of the visual occlusion method and how it compares to driver eye-glance behavior. Technical report.** Washington: National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA. 2013. (DOT HS 811 763).

Poole, A.; Ball, L. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future. In: Ghaoui, C. **Encyclopedia of Human-Computer Interaction.** Pennsylvania, USA: Idea Group, 2005.

Pugliesi, E.A.; Decanini, M.M.S.; Ramos, A.P.M.; Tsuchiya, I. Métodos para Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Navegação e Guia de Rota. **Revista Brasileira de Cartografia.** v. 5, n. 65, p. 571-589, 2013.

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.** v. 36, n. 2, p.193-207, 2009.

Ramos, A.P.M.; Pugliesi, E.A.; Decanini, M.M.S.; Oliveira, R.F. Escalas dos mapas de sistemas de guia de rota comercial. **Revista Brasileira de Cartografia.** v.1, n. 66. p.195-207, 2014a.

Ramos, A.P.M.; Pugliesi, E.A.; Decanini, M.M.S. Tachibana, V.M. Estudo preliminar da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de sistemas de guia de rota. **Boletim de Ciências Geodésicas.** v. 20, n. 2, p. 317-333, 2014b.

Ramos, A.P.M.; Pugliesi, E.A.; Decanini, M.M.S.; Oliveira, R.F.; Tachibana, V.M. Avaliação de erros navegacionais em sistema de navegação e guia de rota em automóvel com mapas em diferentes escalas. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia (CBC) V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Expositiva, 2014c, Gramado, **Anais..**Gramado: FAURGS, 2014. Artigos, p. 1-10. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbc/anais_listagem_3_cartografia-e-geointeligencia.html>. Acesso em: 10.out.2014.

Ranney, T.A.; Baldwin, G.H.S.; Smith, L.A. **Driver behavior during visual-manual secondary task performance: occlusion method versus simulated driving.** Washington: National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA. 2013. 92 p. (DOT HS 811 726).

Rockwell, T.H. Eye movement analysis of visual information acquisition in driving - An overview. In: 6th Conference of the Australian Road Research Board, 1972, Melbourne: Australian Road Research Board. **Proceedings...**v. 6, Articles, p. 316-331.

Society of Automotive Engineers - SAE. **Navigation and Route Guidance Function Accessibility While Driving.** Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers. 2004. 13 p. (SAE Recommended Practice J2364).

Sheleiby, M.; Malek, M.R.; Alesheikh, A.; Amirian, P. Automatic Map Scaling in Car Navigation Systems Using Context-aware Computing. **World Applied Sciences Journal.** v. 3, p. 101-106, 2008.

Tsimhoni, O.; Yoo, W.; Green, P. **Effects of Workload and Task Complexity on Driving and Task Performance for In-Vehicle displays as Assessed by visual occlusion.** Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute. 1999. 70 p. (Technical report UMTRI-99-37).

Tsimhoni, O.; Green, P. Visual demand of driving and the execution of display-intensive in-vehicle tasks. In: Human factors and ergonomics society 45th annual meeting, 2001, Santa Barbara, CA. **Proceedings...**Articles, p. 1586-1590.

Uang, S.T.; Hwang, S. L. Effects on driving behavior of congestion information and of scale of in-vehicle navigation systems. **Transportation Research Part F.** v. 1, n.11, p.423-438, 2003.

Yee, S.; Nguyen, L.; Green, P.; Oberholtzer, J.; Miller, B. **Visual, Auditory, Cognitive, and Psychomotor Demands of Real In-Vehicle Tasks.** Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute. 2007. 110 p. (Technical report UMTRI-2006-20).

Wikman, A.-S.; Nieminen, T.; Summala, H. Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. **Ergonomics.** v. 41, n. 3, p.358-372, 1998.