

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N^o 66/1: 195-207
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ESCALAS DOS MAPAS DE SISTEMAS DE GUIA DE ROTA COMERCIAL

Map Scales for Commercial Route Guidance Systems

**Ana Paula Marques Ramos; Edmur Azevedo Pugliesi;
Mônica Modesta Santos Decanini & Renan Furlan Oliveira**

**Universidade Estadual Paulista – UNESP
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT / Departamento de Cartografia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC
Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 Presidente Prudente - SP - Brasil.
marques.engcart@gmail.com, {edmur, monca}@fct.unesp.br, renanfurlanoliveira@hotmail.com**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar e comparar a variação das escalas dos mapas de Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRAS) comerciais, bem como apontar os problemas de comunicação cartográfica destas representações. Três distintos SINGRAS comerciais foram avaliados em seis diferentes rotatórias. Os resultados revelam que a variação das escalas ocorre em função da distância restante até a manobra. Todavia, nos casos estudados, não se observou o uso de um conjunto fixo de escalas, tanto na comparação entre sistemas quanto entre manobras realizadas com um mesmo sistema. Nenhuma relação foi encontrada entre a variação das escalas e a complexidade das rotatórias, tal como número de vias de saída. Verificou-se que os mapas comunicam informações relevantes para apoiar os motoristas na tarefa de navegação. Porém, as escalas não são adequadas para a mídia de apresentação, resultando em problemas de legibilidade do tipo coalescência entre símbolos. Observou-se ainda que os sistemas não empregam processos de generalização cartográfica ao reduzirem a escala do mapa, mas apenas realizam a omissão de alguns elementos associados às feições geográficas como, por exemplo, a toponímia de vias. Conclui-se que os três sistemas comerciais avaliados apresentam um excesso de informação no mapa, o qual não é condizente ao limite de armazenamento da memória de trabalho humano, indicando que possa haver uma sobrecarga mental nos motoristas ao interagirem com tais ferramentas. Recomenda-se coletar medidas objetivas e subjetivas com um grupo de motoristas enquanto estes navegarem com tais sistemas para que usabilidade destes seja avaliada.

Palavras chaves: Sistema de Guia de Rota em Automóvel, Comunicação Cartográfica, Escala, Generalização Cartográfica.

ABSTRACT

This work aims to identify and compare variation of map scales for commercial In-Vehicle Route Guidance and Navigation Systems (RGNS), as well as to point out cartographic communication problems of these representations. A total of three different commercial RGNS was tested on field using six roundabouts. Results have revealed that the scales variation occurs based on the remaining distance to the maneuver. However, the three commercial systems do not have adopted a fixed set of scales both between maneuver and system comparisons. There has been found no relation between maneuver's complexity and scales variation. It has noted that maps showed relevant information to support the driver at navigation task. However, scale selection is not proper to small-screen displays adopted to information presentation resulting legibility problems on maps, such as coalescence among symbols. It has also noted that the systems have not

employed generalization process on the road database, but only the selective omission in some elements associated to map features, such as toponomy. This study concludes that the three evaluated commercial systems have presented too much information on maps which exceeds the limit of user's working memory capacity indicating an overload of the driver's processing system. It is recommended to take into account objective and subjective measures of a drivers' group while these navigate supported by those systems in order to evaluate the system's usability.

Keywords: In-vehicle Route Guidance System, Cartographic Communication, Scale, Cartographic Generalization.

1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRAs) são ferramentas importantes para auxiliar os motoristas nas tarefas de planejamento de rota (*route planning task*) e manutenção em rota (*route following task*), (WU & ZHANG, 2009; JENSEN *et al.*, 2010; DALTON *et al.*, 2013). Os benefícios que estes sistemas proporcionam ao motorista são destacados em duas vertentes. A primeira está relacionada com a redução da complexidade da viagem por oferecerem rotas alternativas, informações de pontos de interesse, estimativa de tempo da viagem, bem como por reduzirem os custos com o consumo de combustível e o desgaste do veículo (NYGARD, 1995; LO *et al.*, 2011). A segunda vertente está relacionada com a segurança no trânsito (BURNETT *et al.*, 2012) e com o desenvolvimento do mapa cognitivo humano (LABIALE, 2001; BURNETT & LEE, 2005; OLIVER & BURNETT, 2008; BINFENG *et al.*, 2012). Todavia, para propiciar tais benefícios, os SINGRAs devem ser cuidadosamente projetados e avaliados a fim de se minimizarem, ou evitarem, ruídos no processo de comunicação das informações que auxiliam nas tarefas de navegação (HWAN & JIN, 2010; LAVIE *et al.*, 2011; PUGLIESI *et al.*, 2013).

No que diz respeito à tarefa de manutenção em rota, os SINGRAs são utilizados com o automóvel em movimento, o que requer do motorista o processo de atenção dividida entre a via e o sistema (WICKENS *et al.*, 2004). Assim, problemas no processo de comunicação cartográfica podem sobrecarregar o sistema perceptivo e cognitivo do usuário interferindo na direção segura do automóvel (BURNETT, 1998; YOUNG & STANTON 2005; KABER *et al.*, 2012).

Para se projetar um mapa de sistema de navegação eficiente, a priori, é necessário com-

prender quais tarefas compõem a manutenção em rota e, a partir disso, selecionar as informações para apoiar cada uma dessas tarefas (AGRAWALA & STOLTE, 2001; MARQUES *et al.*, 2012). Dentre as tarefas de navegação em automóvel, deve-se ressaltar a tarefa tática por consistir na preparação para realizar a manobra (MICHON, 1985). A tarefa tática é considerada a de maior demanda perceptiva e cognitiva para os motoristas (BURNETT, 1998; KABER *et al.*, 2012) por duas razões. Primeiro, o motorista deve consultar o mapa para localizar a posição da manobra e identificar a direção que deve ser tomada na junção. Segundo, o motorista, simultaneamente a esta tarefa, deve realizar o controle da velocidade do automóvel para evitar a perda da manobra, bem como considerar os elementos externos ao automóvel, tais como pedestres e (ou) o fluxo de veículos (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; KABER *et al.*, 2012). Dessa maneira, apresentar informação que auxilie na tarefa tática se refere a um aspecto crítico para a usabilidade de SINGRA (BURNETT, 1998; KABER *et al.*, 2012).

O processo de comunicação da informação se torna mais complexo quando se trata da apresentação de instruções para apoiar a realização de manobras em rotatórias. Isso porque, tais junções têm características geométricas distintas em termos de forma, tamanho, número de pistas, número de vias de saída e de chegada, as quais podem influenciar na tomada de decisão do motorista (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001). Além disso, o uso de mídia de pequeno formato, inferior a sete polegadas (ULUGTEKIN *et al.*, 2004), o qual é uma tendência entre os SINGRAs comerciais (QUARESMA & MORAES, 2011; BINFENG *et al.*, 2012), eleva a complexidade do processo de comunicação da informação por restringir a quantidade de informação legível que pode

ser exibida nos mapas (CHEUNG *et al.*, 2009; DOGRU *et al.*, 2009). Esta questão de comunicar informação legível em mapas de SINGRA, os quais são exibidos em mídia de pequeno formato, vem sendo investigada particularmente quanto à seleção das escalas de representação (UANG & HWANG, 2003; HO & LI, 2004; LEE *et al.*, 2008; SHELEIBY *et al.*; 2008; DILLEMUTH, 2009; BINFENG *et al.*, 2012; MARQUES *et al.*, 2012). A escala tem influência direta no número de unidades de informação do mapa e no nível de detalhamento das feições geográficas (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009; SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY, 2005). A seleção de escalas apropriadas para mapas de SINGRA é fundamental para se obter representações legíveis (MARQUES *et al.*, 2012). A apresentação de mapas em escalas adequadas pode auxiliar o motorista a focar sua atenção nas informações relevantes para executar com rapidez e segurança as diferentes tarefas que compõem a manutenção em rota, incluindo a tática.

Os SINGRAs comerciais têm apresentado mapas em múltiplas escalas, sejam estas alteradas manualmente pelo usuário pelas operações de *zoom mais* ou *zoom menos*, ou automaticamente pelo próprio sistema. Todavia, não se tem conhecimento sobre quais são as escalas selecionadas por estes sistemas e qual(s) o(s) critério(s) empregado(s) na variação destas. Também, falta conhecimento sobre se as escalas selecionadas favorecem a obtenção de mapas legíveis para apoiar a realização da tarefa tática em manobras em rotatórias. Portanto, o trabalho que se segue tem por objetivo identificar e comparar a variação das escalas dos mapas de SINGRAs comerciais, bem como apontar os problemas de legibilidade destas representações para auxiliar na tarefa tática em rotatórias. As questões colocadas são: “Qual o critério adotado pelos sistemas para alterar a escala do mapa?”; “A complexidade da rotatória influencia na variação das escalas?”; “O mapa apresenta um número de unidades de informação adequado ao limite da capacidade de armazenamento da memória de trabalho humano?”; e “Há problemas de legibilidade nas representações que apoiam a realização da tarefa tática?”.

2. MÉTODO

2.1 Seleção dos sistemas de guia de rota comerciais

Para identificar a variação das escalas dos mapas, selecionou-se um total de três SINGRAs comerciais (Tabela 1). Os critérios utilizados consistiram em:

- Os sistemas deveriam apresentar mapas em múltiplas escalas automáticas. Alguns navegadores (ex.: *Destinator*) realizam a alteração da escala apenas pelo modo manual com as operações de *zoom in* e *out*;
- Exibir mapa com esquema de referência egocêntrico, pois favorece a busca visual pelas informações (DARKEN & CEVIK, 1999), o que pode facilitar a compreensão da direção da manobra (HO & LI, 2004; CRUNDALL *et al.*, 2011; RODES & GUGERTY, 2012). No esquema egocêntrico há congruência em orientação entre o mapa e o ponto de vista do motorista para o ambiente externo ao veículo (MENG, 2005; CRUNDALL *et al.*, 2011);
- Exibir mapa em projeção cilíndrica ortogonal (mapa 2D), pois permitem a determinação das escalas;
- Dispor de escala gráfica para facilitar o registro das distâncias apresentadas na barra de escala durante a tarefa de manutenção em rota; e
- Adotar monitores de tamanho similar para que o número de unidades de informação do mapa não fosse influenciado pela dimensão da mídia.

Tabela 1: Especificação dos sistemas

Descrição	Sistemas comerciais		
	<i>IGO My Way</i>	<i>Garmin Nüvi 1450</i>	<i>MioMap v 3.3</i>
Navegador	<i>NavTeq 2011</i>	<i>NavTeq 2010</i>	Tana 2008
Base Cartográfica	4,3"	5,0"	5,0"
Tela (em pol.)	480x272	480x272	480x272
Resolução (em pixel)			

2.2 Seleção das rotatórias

Para comparar a variação das escalas, fez-se o levantamento dos dados em campo

em seis distintas rotatórias (Tabela 2), as quais estão localizadas no encontro de avenidas em Presidente Prudente (SP) (Figura 1). A seleção destas manobras ocorreu com base em três critérios: adotar rotatórias com diferentes números de vias de saídas; tomar saídas diferentes em uma mesma rotatória e selecionar rotatórias formadas por variado número de pistas, tal com pista única ou pista dupla. Estes critérios se referem às características geométricas das rotatórias, os quais são utilizados para descrever o nível de complexidade deste tipo de manobra (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; ULUGTEKIN *et al.*, 2004; PUGLIESI *et al.*, 2009). Na abordagem de Labiale (2001), rotatórias simples possuem até três vias de saídas, e rotatórias complexas quatro ou mais saídas. Assim, duas, das seis rotatórias selecionadas para os testes em campo foram classificadas como rotatórias simples (Figuras 1a e 1b), e outras quatro classificadas como rotatórias complexas (Figuras 1c, 1d, 1e e 1f).

Conforme apresentado na Tabela 2, cada uma das seis rotatórias foi identificada com uma letra do alfabeto, seguida do número de vias saída (vs) que cada uma possui, e do número correspondente à saída de interesse. Por exemplo, a rotatória localizada no encontro da Rua Panamá com a Avenida Washington Luiz foi identificada como 'RotA-3vs-2^{as}', pois possui três vias de saída e a segunda saída foi selecionada como a saída de interesse. Quanto à Figura 1, tem-se a ilustração da forma das rotatórias, a qual apresenta parte do trecho de rota percorrido em campo (linha espessa em preto),

o sentido da navegação na rota (seta em preto), o número de cada saída da rotatória (números arábicos em cinza) e o número da saída que o automóvel tomou (em preto).

Rot = rotatória; vs = via de saída; s = saída de interesse; Lat. = latitude; Long. = Longitude.

2.3 Levantamento dos dados

O levantamento dos dados, em cada uma das seis rotatórias, ocorreu de maneira independente com cada um dos três sistemas. O procedimento de coleta foi realizado por duas pessoas: o primeiro e o quarto autor deste trabalho. Enquanto um dirigia o automóvel pelo trecho de rota por onde se encontra a rotatória, o outro registrava os dados que eram apresentados na tela dos sistemas. Os dados coletados consistiram em três elementos: distância gráfica, a qual foi medida na barra de escala gráfica com uma régua; distância correspondente no terreno (distância real), a qual é apresentada sobre a barra de escala gráfica; e distância que o automóvel se encontrava da manobra no momento de observação destes valores. Os dados foram registrados para cada instante em que o SINGRA alterou a escala do mapa até o ponto de entrada na rotatória, ou seja, a zero metro da rotatória. A partir da distância gráfica e da distância real, fez-se a determinação da escala numérica pela expressão: Escala = distância gráfica / distância real. As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os dados coletados referentes aos sistemas IGO, Garmin e MioMap, respectivamente. Enquanto na Figura 2, encontra-se a média de variação das escalas em função da distância até a manobra.

Tabela 2 – Descrição das rotatórias

Identificação da rotatória	Nº de saídas	Tipo de manobra	Saída de interesse	Nº de pistas	Localização descritiva	Localização geográfica
RotA-3vs-2 ^{as}	03	Simples	2 ^a	02	Av. Washington Luiz vs R. Panamá.	Lat = -22° 06' 55,11" Long = -51° 24' 25,98"
RotA-3vs-3 ^{as}			3 ^a			
RotB-4vs-3 ^{as}	04	Complexa	3 ^a	02	Av. Pres. JK vs Av. Antônio A. Carvalho.	Lat = -22° 05' 50,16" Long = -51° 25' 01,11"
RotC-4vs-3 ^{as}	04	Complexa	3 ^a	02	Av. Cel. Manoel Goulart vs R. Roberto Simonsen.	Lat = -22° 07' 05,32" Long = -51° 24' 12,15"
RotD-5vs-1 ^{as}	05	Complexa	1 ^a	01	Av. Cel. Manoel Goulart vs R. João G. Foz.	Lat = -22° 06' 58,67" Long = -51° 24' 40,11"
RotE-5vs-1 ^{as}	05	Complexa	1 ^a	02	Av. Pres. JK vs Av. Salim F. Maluf.	Lat = -22° 05' 56,34" Long = -51° 25' 29,51"
RotF-6vs-5 ^{as}	06	Complexa	5 ^a	02	Av. 11 de Maio vs Av. Cel. José S. Marcondes.	Lat = -22° 08' 10,89" Long = -51° 23' 45,26"
RotF-6vs-6 ^{as}			6 ^a			

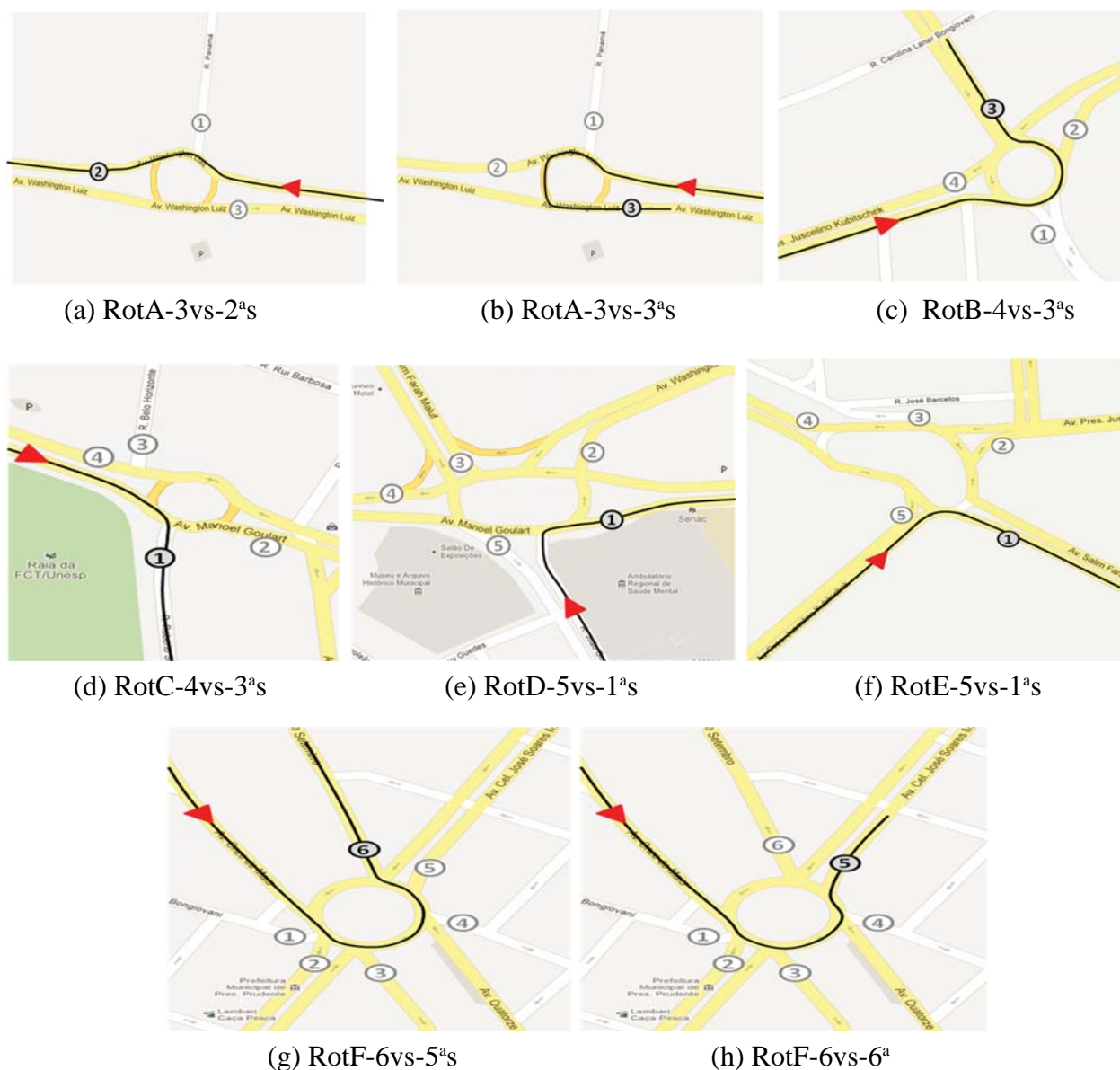


Fig. 1 – Ilustração das rotatórias.

Cabe ressaltar que a tarefa de navegação teve início na via onde se localiza a rotatória e nenhuma manobra esteve situada entre o ponto de início da rota e a rotatória. O início da tarefa táctica foi representado pelo primeiro disparo de *beep* executado pelo SINGRA antes da rotatória. O *beep* é um tipo de som abstrato (KRYGIER, 2008) usado para alertar o motorista quanto à proximidade da manobra (PUGLIESI *et al.*, 2009), e seu disparo é determinado automaticamente pelo sistema. Nos casos em estudo, notou-se que os sistemas dispararam o primeiro *beep* a mais de 600 m da rotatória. Todavia, devido o comprimento mínimo de trecho de rota percorrido até cada rotatória ter sido de 600 metros, considerou-se que a tarefa

táctica foi correspondente a este intervalo, ou seja, de 600m até a manobra. A navegação foi encerrada após a manobra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de três análises foi realizado considerando-se a tarefa táctica. A primeira trata da identificação e comparação da variação das escalas para responder às questões: “Qual o critério adotado pelos SINGRAS para alterar a escala do mapa?” e “A complexidade da rotatória influencia na variação das escalas?”. A segunda análise identifica as categorias de informação apresentadas nos mapas. Com isto, pode-se determinar a quantidade de unidades de informação destas representações e, assim,

responder à questão: “O mapa apresenta um número de unidades de informação adequado ao limite da capacidade de armazenamento da memória de trabalho humano?”. A terceira análise considera o projeto cartográfico dos mapas para responder à questão: “Há problemas de legibilidade nas representações que apoiam

a realização da tarefa tática?”. Estas três análises foram realizadas com base nos mapas correspondentes aos valores das escalas apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5. As Figuras 3, 4 e 5 exemplificam alguns destes mapas exibidos por cada um dos três sistemas comerciais para auxiliar a tarefa tática na rotatória RotF-6vs-6^{as}.

Tabela 3 – Sistema IGO: variação das escalas e distância até a manobra

RotA-3vs-2 ^{as} RotA-3vs-3 ^{as}	RotB-4vs-3 ^{as}	RotC-4vs-3 ^{as}	RotD-5vs-1 ^{as}	RotE-5vs-1 ^{as}	RotF-6vs-5 ^{as} RotF-6vs-6 ^{as}
1/40.000 a 690m	1/36.000 a 640m	1/33.000 a 700m	1/27.000 a 650m	1/40.000 a 810m	1/38.000 a 840m
1/32.000 a 600m	1/32.000 a 600m	1/27.000 a 500m	1/20.000 a 420m	1/33.000 a 570m	1/33.000 a 720m
1/27.000 a 500m	1/20.000 a 380m	1/25.000 a 400m	1/17.000 a 330m	1/27.000 a 490m	1/27.000 a 640m
1/20.000 a 320m	1/15.000 a 260m	1/17.000 a 260m	1/12.000 a 270m	1/17.000 a 280m	1/20.000 a 420m
1/12.000 a 240m	1/10.000 a 160m	1/10.000 a 170m	1/8.000 a 15m	1/12.000 a 190m	1/17.000 a 360m
1/10.000 a 200m	1/8.000 a 40m	1/8.000 a 33m	1/8.000 a 0m	1/8.000 a 100m	1/12.000 a 250m
1/8.000 a 100m	1/8.000 a 0m	1/8.000 a 0m	-	1/8.000 a 0m	1/8.000 a 100m
1/8.000 a 0m	-	-	-	-	1/8.000 a 0m

Tabela 4 – Sistema GARMIN: variação das escalas e distância até a manobra

RotA-3vs-2 ^{as} RotA-3vs-3 ^{as}	RotB-4vs-3 ^{as}	RotC-4vs-3 ^{as}	RotD-5vs-1 ^{as}	RotE-5vs-1 ^{as}	RotF-6vs-5 ^{as} RotF-6vs-6 ^{as}
1/10.000 a 800m	1/10.000 a 750m	1/10.000 a 650m	1/10.000 a 600m	1/10.000 a 800m	1/10.000 a 650m
1/9.000 a 90m	1/8.000 a 60m	1/9.000 a 80m	1/7.000 a 40m	1/6.000 a 70m	1/9.000 a 90m
1/8.000 a 25m	1/6.000 a 12m	1/8.000 a 60m	1/6.000 a 20m	1/6.000 a 0m	1/8.000 a 60m
1/6.000 a 0m	1/6.000 a 0m	1/6.000 a 0m	1/6.000 a 0m	-	1/6.000 a 0m

Tabela 5: Sistema MIOMAP: variação das escalas e distância até a manobra

RotC-4vs-3 ^{as}	RotD-5vs-1 ^{as}	RotE-5vs-1 ^{as}	RotF-6vs-5 ^{as}	RotF-6vs-6 ^{as}
1/4.000 a 650m	1/5.000 a 620m	1/5.000 a 790m	1/5.000 a 820m	1/5.000 a 820m
1/5.000 a 520m	1/4.000 a 300m	1/4.000 a 420m	1/2.500 a 70m	1/2.500 a 70m
1/4.000 a 100m	1/2.000 a 200m	1/2.500 a 180m	1/2.000 a 28m	1/2.000 a 28m
1/2.500 a 60m	1/1.000 a 100m	1/1.000 a 80m	1/2.000 a 28m	1/2.000 a 28m
1/2.000 a 0m	1/2.500 a 0m	1/2.000 a 0m	1/2.500 a 0m	1/2.000 a 0m

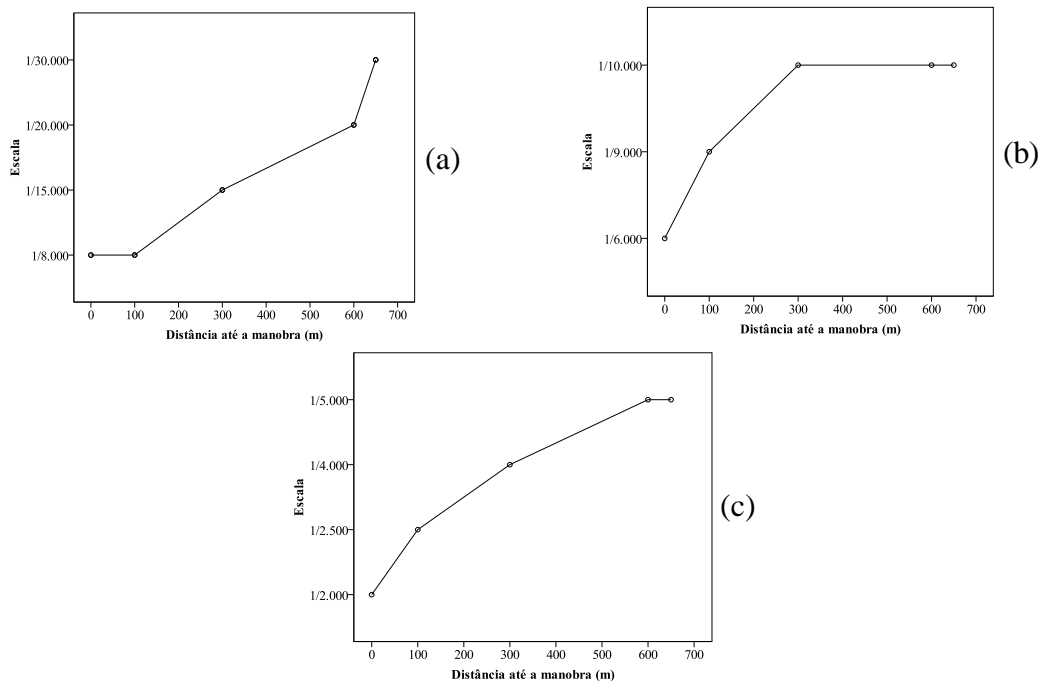


Fig. 2 – Média de variação das escalas nos sistemas IGO (a), Garmin (b) e MioMap (c) pela distância até a rotatória.



Fig. 3 - Sistema IGO: mapas nas escalas aproximadas de 1/28.000 (a) e 1/8.000 (b) determinadas na tela do sistema.

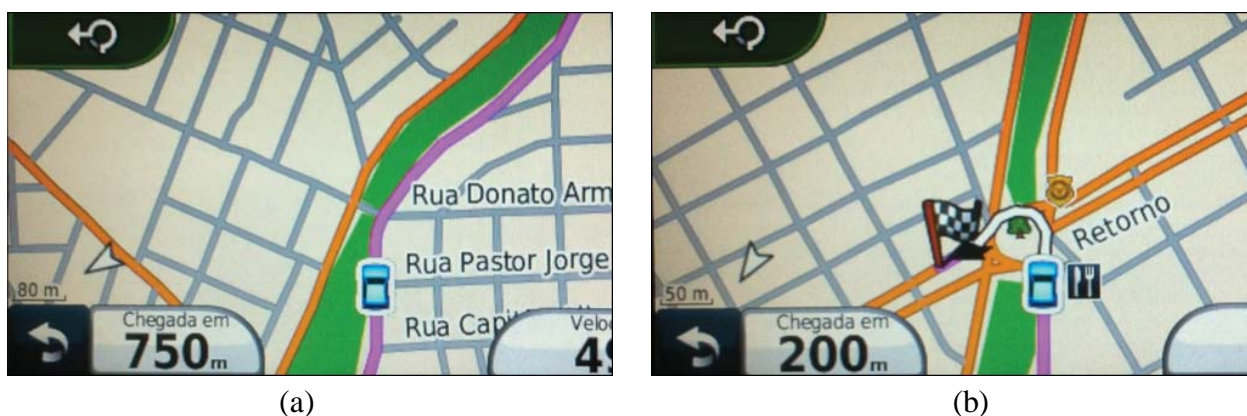


Fig. 4 – Sistema Garmin: mapas nas escalas aproximadas de 1/10.000 (a) e 1/6.000 (b) determinadas na tela do sistema.

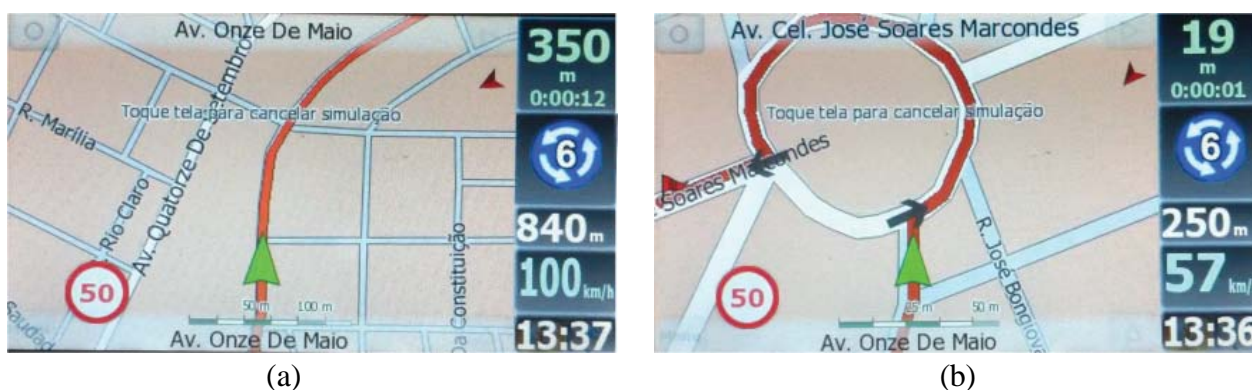


Fig. 5 – Sistema MioMap: mapas nas escalas aproximadas de 1/4.000 (a) e 1/2.000 (b) determinadas na tela do sistema.

3.1 Identificação e comparação da variação das escalas de representação

A partir dos resultados apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5, constatou-se que a distância entre a posição do automóvel na rota e a manobra (a rotatória) é o critério adotado pelos três SINGRAS comerciais para realizar a variação da escala do mapa. Contudo, observou-se que esta variação ocorre para intervalos de distância aleatórios até as rotatórias, isto tanto na

comparação entre sistemas quanto com o mesmo sistema. Estes resultados corroboram o trabalho de Dillemath (2007), o qual concluiu não haver um padrão de valores de escalas adotados pelos SINGRAS, ao avaliar seis sistemas comerciais, sendo estes diferentes dos considerados neste trabalho.

Na comparação entre os valores das escalas dos mapas (Figura 2), observou-se que os sistemas adotam valores diferentes, porém

as escalas são ampliadas com a aproximação da manobra. Esta característica dos mapas permite afirmar que os sistemas priorizam a preparação para a realização da manobra. Esta decisão de projeto é relevante (AGRAWALA & STOLE, 2001; LEE *et al.*, 2008; MARQUES *et al.*, 2012), pois o motorista é favorecido em dois aspectos ao consultar o mapa: primeiro, a estabelecer a relação de distância até a junção e, segundo, a perceber o tipo e a forma da manobra. Tais aspectos são importantes para apoiar o motorista no estágio da navegação denominado de identificação, o qual está relacionado à tarefa tática (BURNETT, 1998; MAY *et al.*, 2003).

Nos seis casos estudados (seis rotatórias), verificou-se que o sistema IGO é o que emprega uma maior amplitude de valores de escalas comparado ao Garmin e ao MioMap. O IGO (Tabela 3) exibe o mapa em, pelo menos, seis escalas diferentes, enquanto o Garmin (Tabela 4) e o MioMap (Tabela 5) adotam três escalas. A grande variação de escalas pode resultar em três aspectos negativos para o desempenho do motorista na tarefa de navegação. Primeiro, pode exigir uma maior demanda cognitiva do motorista para manter a leitura e compreensão do mapa (CHEUNG *et al.*, 2009), pois o motorista pode requerer mais tempo ou ter mais dificuldade para relacionar as informações dos mapas observados em diferentes escalas. Segundo, a variação de escala pode influenciar o contexto de direção do motorista gerando dúvidas, tais como “Estou mais próximo ou mais distante da manobra?” (HARRIE *et al.*, 2002). Terceiro, pode não permite associar a escala do mapa ao tipo de tarefa desenvolvida, pois o motorista não tem conhecimento sobre os trechos da rota em que irá receber mais ou menos detalhes da área geográfica (SRINIVASAN, 1999). Para a tarefa de planejamento de rota, Wu e Zhang (2009) concluíram que os usuários selecionam as escalas para os mapas de acordo com a tarefa que deveria ser realizada. Assim, relacionar a escala às diferentes tarefas que compõe a manutenção em rota pode ser uma alternativa para atender às diferentes demandas dos motoristas por informação enquanto navegam por uma rota (MARQUES *et al.*, 2012).

Quanto à relação entre a complexidade da rotatória e a variação das escalas, os resultados (Tabelas 3, 4 e 5) revelam que as escalas são

alteradas independentemente das características geométricas das rotatórias, tais como número de vias de saída, tomada de saídas diferentes em uma mesma rotatória ou quantidade de pistas que compõe a via onde o automóvel se encontra. O sistema IGO, por exemplo, manteve o mapa na escala 1/8.000 restando menos de 100 m até a manobra, tanto em rotatórias com igual número de vias de saída (ex.: RotB-4vs-3^{as} e RotC-4vs-3^{as}) quanto em rotatórias com número diferentes de saída (ex.: RotE-5vs-1^{as} e RotF-6vs-5^{as}). Além disso, a tomada de saídas distintas na mesma rotatória (ex.: RotA-3vs-2^{as} e RotA-3vs-3^{as}), bem como variação do número de pistas da via (ex.: RotD-5vs-1^{as} e RotE-5vs-1^{as}) não influenciaram na seleção das escalas. O mesmo se constatou para os sistemas Garmin e MioMap.

3.2 Categorias de informação para Sistemas de Guia de Rota e unidades de informação dos mapas

A partir da análise da interface dos mapas (ex.: Figuras 3, 4 e 5), observou-se que as categorias de informação selecionadas pelos SINGRAS para auxiliar na tarefa de navegação correspondem à: malha viária associada à toponímia de via, rota de percurso, posição do automóvel na rota e seta indicação de manobra. Estes elementos constituem o principal conjunto de informação requerido pelos motoristas para realizar a tarefa de manutenção em rota em áreas urbanas pouco ou não familiares (DINGUES & HULSE, 1993; BURNETT, 1998; MAY *et al.*, 2003; PUGLIESI *et al.*, 2009; WU & ZHANG, 2009). Sendo assim, pode-se afirmar que os sistemas comerciais avaliados comunicam informações relevantes para apoiar o motorista na tarefa de navegação em automóvel. No entanto, observou-se (ex.: Figuras 3, 4 e 5) que outras informações compõem os mapas dos SINGRAS. Por exemplo, o sistema MioMap indica no mapa o limite máximo de velocidade permitido na via, bem como a direção Norte por uma seta no matiz vermelho (ex.: Figura 5b). O sistema Garmin, além de exibir a direção Norte, mostra os pontos de referência, também conhecidos como pontos de interesse (ex.: restaurantes, posto policial), próximos à manobra e destaca áreas verdes, como a vegetação no canteiro central da via (ex.: Figura 4d). Enquanto o sistema IGO indica por uma seta, no matiz azul, o sentido da navegação

na via (ex.: Figura 3b). Observou-se, que os três SINGRAs representam a chegada ao destino (fim da rota) por um símbolo de uma bandeira (ex.: Figuras 3b, 4b e 5b).

Com base na identificação das categorias de informação selecionadas pelos SINGRAs, a questão que deve ser investigada é “O mapa apresenta um número de unidades de informação adequado ao limite da capacidade de armazenamento da memória de trabalho humano”, ou seja, “Os projetistas de sistemas de guia de rota em automóvel têm considerado a capacidade do sistema de processamento de informação do motorista ao projetar mapas para estes sistemas?”. A memória de trabalho ou memória de curta duração é responsável por um processo denominado de ‘reconhecimento de padrão’ (PETERSON, 1995), a partir do qual a informação recebida pelos órgãos sensoriais humano (ex.: os olhos) é classificada como conhecida, caso ocorra convergência entre os padrões comparados, ou desconhecida, caso nenhum padrão faça referência à informação armazenada na memória de longa duração (PETERSON, 1995; WICKENS *et al.*, 2004).

O limite da capacidade de armazenamento da memória de trabalho é de 7 ± 2 das unidades de informação (WICKENS *et al.*, 2004). Na abordagem de Liu (2001) uma unidade de informação representa cada elemento da representação visual. Neste trabalho, considerou-se cada categoria de informação do mapa um elemento de informação distinto. Vale ressaltar que a categoria ‘malha viária’ foi subdividida em duas unidades de informação, sendo as quais vias locais e vias principais (ex.: avenidas). Isso porque estas feições são segregadas nos mapas dos três SINGRAs pelo uso da variável visual cor-matiz, para o caso dos sistemas IGO e Garmin, ou pelo uso da variável visual valor, para no caso do sistema MioMap. A partir deste esquema de quantificação das unidades de informação, constatou-se que os três SINGRAs comerciais apresentam número de unidades de informação superior ao limite de armazenamento da memória de trabalho humano. Verificou-se que mapa exibido pelo sistema IGO (ex.: Figura 3b) apresenta um total de 10 unidades de informação. Enquanto nos mapas dos sistemas MioMap (ex.: Figura 5b) e Garmin (ex.: Figura 4b) este número é de 11 e 13 unidades respectivamente. Cabe

ressaltar que neste esquema de quantificação a toponímia de vias representou uma única unidade e que apenas as unidades pertencentes ao ‘corpo’ principal do mapa foram computadas. Assim, excluiu-se o conjunto de informações marginais dos mapas, tais como informação textual de distância até a manobra, velocidade de percurso na via, etc.

Em caso de se considerar cada toponímia de via (nome de logradouro) como uma unidade de informação distinta, o sistema IGO apresenta um número de unidades extremamente elevado comparado aos outros dois sistemas, e o MioMap passa a ser o sistema que exibe o menor número de unidades de informação no mapa. Todavia, independentemente da toponímia ser computada como várias unidades de informação ou como um conjunto único de unidades, tem-se que os três SINGRAs comerciais exibem mapas com mais de nove unidades, ultrapassando o limite da memória de trabalho humano. De acordo com Liu (2000), uma interface com mais de nove unidades é classificada como complexa para que o usuário possa processar suas informações. Burnett e Donkos (2012) concluem que uma interface de SINGRA não deveria apresentar mais que seis unidades de informação, pois a partir deste número há um aumento significativo da demanda visual do motorista. O excesso de informação exibido em mapas de sistema de guia de rota pode resultar no aumento da carga mental de trabalho do motorista comprometendo sua segurança no trânsito.

3.3 Problemas de legibilidade dos mapas

Embora os SINGRAs selecionem categorias de informações que apoiem o motorista na tarefa tática (item 3.1), constatou-se que os mapas apresentam um excesso de informação (item 3.2). Para avaliar se este excesso prejudica o processo de comunicação cartográfica, fez-se uma análise visual dos mapas apresentados por cada um dos três SINGRAs. Com isso, pode-se responder à seguinte questão: “Há problemas de legibilidade nas representações que apoiam a realização da tarefa tática?”.

Na comparação das interfaces (ex.: Figuras 3, 4 e 5), observou-se que o sistema MioMap é o que seleciona a escala de representação que mais favorece o realce da manobra no mapa, uma vez que a rotatória é representada em quase

toda a extensão da tela de cinco polegadas (ex.: Figura 4b). Esta decisão de projeto é positiva, pois pode evitar que o motorista se distraia com informações não relacionadas à manobra (UANG & HWANG, 2003; DILLEMUTH, 2005).

No entanto, verificou-se que os mapas dos três sistemas avaliados têm problemas de legibilidade, tais como sobreposição da manobra pela toponímia de via (ex: Figura 3a), coalescência entre a seta de manobra e os pontos de referência (ex: Figura 4b) e sobreposição da toponímia de via pela seta de manobra (ex.: Figura 5b). No sistema IGO, por exemplo, a escala do mapa não é apropriada para auxiliar a tarefa tática. Isto se confirma ao se considerar que nesta tarefa o motorista tem interesse em formar uma imagem mental da manobra (BURNETT, 1998), o que não é possível de se obter na escala adotada para a mídia de 4,3 polegadas (ex.: Figura 3b). Segundo Agrawala e Stolte (2001), as pessoas requerem mais receber informações sobre a manobra comparada às informações de manutenção em trecho de rota, ou seja, informações entre duas manobras. Portanto, deve ser reduzida a quantidade de informação que contextualiza a tarefa de manutenção em trecho de rota para que as informações relacionadas à tarefa tática sejam mais bem representadas e mais rapidamente obtidas no mapa.

Uma característica observada nos três SINGRAS, e que influencia diretamente na legibilidade do mapa, é que os sistemas não empregam o processo de generalização cartográfica ao reduzir a escala do mapa. Nos casos estudados, constatou-se que os SINGRAS realizam apenas a omissão da toponímia associada à malha viária e aplicam um *zoom* linear estático em função da aproximação ou distanciamento da manobra. O *zoom* linear estático é um tipo de operação utilizado para ampliar ou reduzir o mapa sem alterar seu conteúdo (BROW *et al.*, 2001). A falta de generalização, principalmente para os mapas exibidos em mídia de pequeno formato, resulta em problemas de comunicação cartográfica. Para contribuir com a legibilidade destas representações, sugere-se algumas adaptações aos projetos das interfaces dos SINGRAS avaliados. Primeiro, sugere-se simbolizar a malha viária pelo eixo central da via por meio da operação de generalização denominada de fusão

(*collapse line*), conforme propõem Marques, Decanini e Pugliesi (2012). Segundo, sugere-se omitir a toponímia de vias não relacionada à rota. Agrawala e Stolte (2001) ressaltam que a omissão da toponímia pode facilitar a leitura do mapa. Terceiro, sugere-se aplicar a operação de exagero para o nome da via que o automóvel se encontra (via atual) a fim de que a hierarquia visual estabelecida entre os nomes de logradouro facilite a percepção do nome da via atual. Por fim, sugere-se aplicar a operação de deslocamento para o nome da próxima via para evitar que ocorra uma coalescência com os elementos que caracterizam a direção a ser tomada, como a seta de manobra. Tais alterações poderão também reduzir o número de unidades de informação das interfaces de navegação favorecendo o desempenho da memória de trabalho humano.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho investigou a variação das escalas dos mapas de sistemas de guia de rota comerciais, bem como apontou os problemas de legibilidade destas representações cartográficas que têm a finalidade de auxiliar na realização da tarefa tática em rotatórias.

Nos casos de estudo, observou-se que a variação das escalas ocorre em função da distância do automóvel até a manobra. No entanto, não há relação entre a variação das escalas e a complexidade das rotatórias. Verificou-se que os sistemas não adotam valores de escala similares, porém que utilizam uma grande amplitude de valores, principalmente para o caso do sistema IGO. Tais evidências são indicações de que os sistemas não definem a seleção e a variação das escalas dos mapas em função das tarefas que compõe a manutenção em rota.

Conclui-se que os três sistemas avaliados apresentam um conjunto de informação fundamental para apoiar a tarefa de manutenção em rota. Contudo, os mapas não são generalizados com a redução da escala. Além disso, apresentam um número de unidades de informação não condizente com a capacidade de armazenamento da memória de trabalho humano. Evidenciou-se que a falta de generalização e o excesso de unidades de informação causam problemas de legibilidade no mapa, prejudicando o

desempenho da comunicação cartográfica.

Os testes em campo com os SINGRAS comerciais foram de suma relevância. Primeiro, por permitir identificar quais escalas são adotadas para os mapas que devem auxiliar o motorista na tarefa táctica. Segundo, por possibilitar identificar quais problemas de comunicação cartográfica ocorrem nestas representações exibidas em mídia de pequeno formato. Recomenda-se avaliar os sistemas com um grupo de motoristas para que sejam coletadas medidas objetivas e subjetivas destes usuários e, com isto, avaliada a usabilidade destes sistemas. Recomenda-se realizar outros testes em campo com os três SINGRAS comerciais, considerando-se manobras simples (ex.: 'Vire à direita') para que os valores das escalas e a variação destas sejam comparados com os resultados obtidos para as manobras em rotatórias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem aos proprietários dos sistemas comerciais por disponibilizarem os equipamentos para o levantamento dos dados em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWALA, M.; STOLTE, C. Rendering Effective Route Maps: Improving Usability Through Generalization. In: **SIGGRAPH '01 Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques**. New York, NY, USA, 2001. p. 241-249.

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.

BROWN, A.; EMMER, N.; VAN DEN WORM, J. Cartographic Design and Production in the Internet Era. **The Cartographic Journal**. v. 38, p. 61-72, 2001.

BURNETT, G. E. **Turn right at the King's Head: Drivers' requirements for route guidance information**. 1998. 341p. PhD Thesis (Doctorate em Philosophy) –Loughborough University, United King.

BURNETT, G. E.; LEE, K. The effect of vehicle navigation systems on the formation of cognitive maps. In: **International Conference of Traffic and Transport Psychology**. United Kingdom, 2005. p. 407-418. Elsevier. 2005.

BURNETT, G.; 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**. iFirst article, p.1-14. 2012.

BURNETT, G. E.; DONKOR, R. A. Evaluating the impact of Head-Up Display complexity on peripheral detection performance: a driving simulator study. **Advances in Transportation Studies an international Journal Section A** 28. p.5-16. 2012.

CHEUNG, Y. K.; LI, Z.; CHEN, W. Integration of Cognition-based Content Zooming and Progressive Visualization for Mobile-based Navigation. **The Cartographic Journal**. v. 46, n. 3, p. 268-272. 2009.

CRUNDALL, D.; CRUNDALL, E.; BURNETT, G.; SHALLOE, S.; SHARPLES, S. The impact of map orientation and generalization on congestion decisions: a comparison of schematic-egocentric and topographic-alloentric maps. **Ergonomics**. v. 54, n. 8, p. 700-715 2011.

DALTON, P.; AGARWAL, P.; FRAENKEL, N.; BAICHOO, J.; MASRY, A. Driving with navigational instructions: Investigating user behaviour and performance. **Accident Analysis and Prevention**. v. 50, p. 298-303. 2013.

DARKEN, R. P.; CEVIK, H. Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues. In: **Proceedings of IEEE Virtual Reality**. v. 99, p. 133-140. 1999.

DENT, B. D.; TORGUSON, J. S.; HODLER, T. W. **Cartography: Thematic Map Design**. 6nd ed. McGraw-Hill Science, 2009. 336p.

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

DILLEMUTH, J. Choosing the scale and extent of maps for navigation with mobile computing

- systems. **Journal of Location Based Services**. v. 1, n. 1, p. 46-61. 2007.
- DILLEMUTH, J. Navigation Tasks with Small-Display Maps: The Sum of the Parts Does Not Equal the Whole. **Cartographica**. v. 44, n. 3, p. 187-200. 2009.
- DOGRU, A. O. DUCHÊNÊ, C.; VAN DE WEGHE, N.; MUSTIÈRE, S.; ULUGTEKIN, N. Generalization Approaches for Car Navigation Systems. In: **First National Workshop on Generalization and Multiple Representations**. Iznik, Turkey, 2009. p. 12-13.
- HARRIE, L.; SARJAKOSKI, L. T.; LETHO, L. A Mapping Function for Variable-Scale Maps in Small-Display Cartography. **Journal of Geospatial Engineering**. v. 4, n. 2, p. 111-123. 2002.
- HO, A.; LI, Z. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. **The Cartographic Journal**. v. 41, n. 3, p. 265-270. 2004.
- HWAN, L. J.; JIN, J. S. Design Guidelines and Recommendations for In-Vehicle Navigation Systems. **Journal of Korean Society of Design Science**. v. 23, n. 3, p. 309-327. 2010.
- JENSEN, B. S.; SKOV, M. B.; THIRURAVICHANDRAN, N. Studying Driver Attention and Behaviour for Three Configurations of GPS Navigation in Real Traffic Driving. In: **CHI 2010 Driving, Interrupted**. Georgia, USA, 2010. p. 1271-1280.
- 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.
- KRYGIER, J. Making Maps with Sound. In: **MAKING MAPS: DIY CARTOGRAPHY Resources and Ideas for Making Maps**. University Park, PA. 2008. 11p. Disponível em <<http://makingmaps.net/2008/03/25/making-maps-with-sound/>>. Acessado em 25 jan. 2014.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. v. 20, n.3, p.149-158. 2001.
- LAVIE, T.; ORON-GILAD, T.; MEYER, J. Aesthetics and usability of in-vehicle navigation displays. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 69, p. 80-99. 2011.
- LEE, J.; FORLIZZI, J.; HUDSON, S. E. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 66, p. 198-215. 2008.
- LIN, C. T.; WU, H. C.; CHIEN, T. Y. 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.
- LIU, Y. C. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Displays**. v. 21, p. 161-168. 2000.
- LIU, Y. C. Comparative study of the effects of auditory, visual and multimodality displays on drivers' performance in advanced traveler information systems. **Ergonomics**. v. 44, n. 4, p. 425-442. 2001.
- LO, E-W. V.; GREEN, P. A.; FRANZBLAU, A. Where Do People Drive? Navigation System Use by Typical Drivers and Auto Experts. **The journal of navigation**. v. 64, p. 357-373. 2011.
- MARQUES, A. P. S.; DECANINI, M. M. S.; PUGLISEI, E. A. Sistema de Navegação e Guia de Rota áudio-dinâmico com múltiplas escalas automáticas. **Revista Brasileira de Cartografia**. v.1, n. 64. 2012.
- MAY, A. J.; ROSS, T.; BAYER, S. H. Drivers' Information Requirements when Navigating in an Urban Environment. **The journal of navigation**. v. 56, p. 89-100. 2003.
- MENG, L. Egocentric Design of Map-Based Mobile Services. **The Cartographic Journal**. v. 42, n. 1, p. 5-13. 2005.
- MICHON, J. A. A critical view of driver behaviour models. In: EVANS, L.; SCHWING, R. S. **Human behaviour and traffic safety**. University of Groningen, New York: Plenum Press, 1985. 42p.
- NYGARD, K. E. Computing and Modeling Issues in Wide-Area Advanced Traveler information

- Systems. **Great Britain: Mathl. Comput. Modelling**. v. 23, n. 4-7, p. 431- 437, 1995.
- OLIVER, K. J.; BURNETT, G. Learning-oriented Vehicle Navigation Systems: A Preliminary Investigation in a Driving Simulator. In: **MobileHCI**, 2008, Amsterdam, Netherlands. 119-126p.
- PETERSON, M. P. **Interactive and animated cartography**. 1.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 464p.
- 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.
- 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, 2013.
- QUARESMA, M. M. R.; MORAES, A. M. A usabilidade de tarefas típicas de seleção do destino em sistemas de navegação GPS automotivos. **Produção**. v. 21, n. 2, p.329-343. 2011.
- RODES, W.; GUGERTY, L. Effects of Electronic Map Displays and Individual Differences in Ability on Navigation Performance. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**. p.1-11. 2012.
- 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.
- SLOCUM, A. T.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3rd ed. Prentice Hall, 2009. 576p.
- SRINIVASAN, R. Overview of some Human Factors Design issues for In-Vehicle Navigation and Route Guidance Systems. **Journal of Transportation Research Record**. v. 1694. p. 20-29. 1999.
- SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. Topographic Maps: Maps Graphics and Generalization. **Cartographic Publication Series N° 17**, Zurich, Switzerland, 2005. 126p.
- UANG, S. T.; HWANG, S. L. Effects on driving behavior of congestion information and of scale of in-vehicle navigation systems. **Transportation Research Part**. v. 1, n.11, p.423-438. 2003.
- ULUGTEKIN, N. N.; DOGRU, A. O.; THOMSON, R. C. Modelling urban road networks integrating multiple representations of complex road and Junction structures. In: **Proceedings 12th International Conference on Geoinformatics**, 2004, University of Gävle, Sweden, June. p. 757-764.
- WICKENS, C. D.; LEE, J. D.; LIU, Y.; BECKER, S. G. **An Introduction to Human Factors Engineering**. 2. ed. California: Pearson Prentice Hall, 2004. 608p.
- WU, A.; ZHANG, X. Identifying Proper Scales on Digital Maps for In-Vehicle Navigation Systems. In: **HCI Part III**, San Diego, CA, 2009, p. 262-270.
- YONG, M. S.; STANTON, N. A. Mental Workload. In: STANTON, N. A; *et al.* **Handbook of Human Factor and Ergonomics Methods**. United States of America: CRC Press LLC, 2005, cap.39, p. 39.1-39-9.