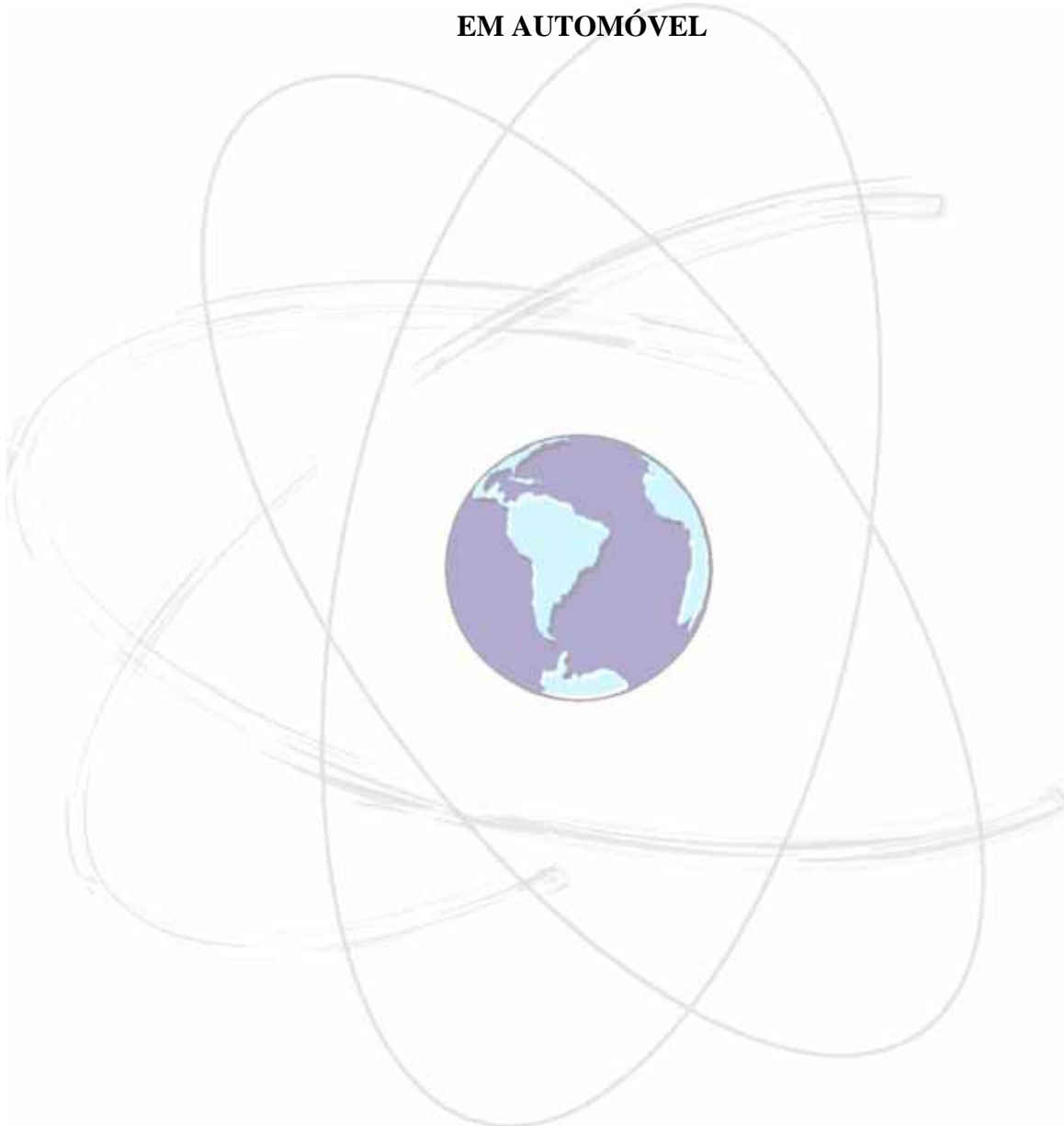


**ANA PAULA MARQUES RAMOS**

**AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM  
DIFERENTES ESCALAS PARA SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA  
EM AUTOMÓVEL**



**Presidente Prudente  
2015**

**ANA PAULA MARQUES RAMOS**

**AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM  
DIFERENTES ESCALAS PARA SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA  
EM AUTOMÓVEL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas,  
da Faculdade de Ciências e Tecnologia, campus de Presidente Prudente/SP.  
Área de concentração: Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica M. S. Decanini  
Co-orientador: Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi  
Co-orientadora: Dra.: Vilma Mayumi Tachibana.

**Presidente Prudente**  
2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ramos, Ana Paula Marques.

R141a Avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para sistema de navegação e guia de rota em automóvel / Ana Paula Marques Ramos. - Presidente Prudente : [s.n.], 2015

278 f.

Orientadora: Mônica Modesta Santos Decanini

Coorientadores: Edmur Azevedo Pugliesi, Vilma Mayumi Tachibana

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

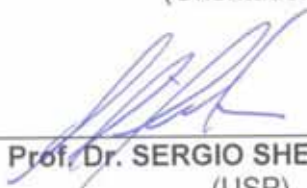
Inclui bibliografia

1. Sistema de navegação e guia de rota. 2. Projeto cartográfico. 3. Produção de mapas. 4. Carga mental de trabalho. 5. Usabilidade. I. Decanini, Mônica Modesta Santos. II. Pugliesi, Edmur Azevedo. III. Tachibana, Vilma Mayumi. IV. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. V. Título.

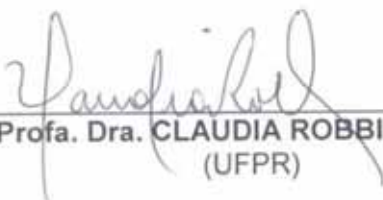
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. MONICA MODESTA DECANINI  
(Orientadora)



Prof. Dr. SERGIO SHEIJI FIKUSIMA  
(USP)



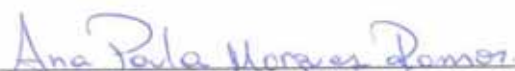
Prof. Dra. CLAUDIA ROBBI SLUTER  
(UFPR)



Prof. Dr. EDILSON FERREIRA FLORES  
(UNESP/FCT)



Prof. Dr. MILTON HIROKAZU SHIMABUKURO  
(UNESP/FCT)



ANA PAULA MARQUES RAMOS

Presidente Prudente (SP), 23 de abril de 2015.

Resultado: Aprovada

Dedico este trabalho ao meu marido Juliano,  
à minha mãe Silvana e aos meus irmãos,  
Paulo César e Gabriel.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, a melhor e mais certa de todas as minhas escolhas, ontem, hoje e sempre!

À minha mãe Silvana, por me ensinar que não importa o tamanho da dificuldade, mas a dedicação e a fé em Deus para superá-la.

Ao meu marido Juliano, por não somente compreender a tamanha dedicação aos estudos, mas também, incondicionalmente, apoiar, saber esperar e torcer para que este esforço se concretizasse.

Aos meus irmãos, Paulo César e Gabriel, por sempre estarem junto de mim e me fazerem sentir a sensação de plenitude em cada partilha nossa.

Aos meus amigos, por toda ausência compreendida e pelo contínuo incentivo a não desanimar.

Aos meus orientadores e amigos, Mônica Decanini e Edmur Pugliesi, por enxergarem meu potencial para a pesquisa, e me fazerem acreditar que eu seria capaz de vencer os desafios dessa escolha.

À UNESP, por todos esses anos me permitir receber uma qualificação profissional de alto nível.

Ao Dr. Marco Aurélio Marangoni, por me ensinar que o importante na vida não é o lugar onde chegamos, mas o caminho que percorremos e as relações que estabelecemos ao longo dele.

*“... que o meu lado humano nunca se esqueça do Divino que há em mim.”*

## RESUMO

A questão da segurança do motorista enquanto dirige e interage com interfaces de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) é uma das temáticas de pesquisa mais relevantes na área de Interação Homem-Máquina. A necessidade de estudos que apontem formas eficientes e eficazes para apresentar a informação ao usuário é cada vez maior, sobretudo, se considerado que os motoristas estão cada dia mais dependentes deste tipo de sistema, em razão dos benefícios que oferecem em termos de mobilidade. Sabe-se que os ruídos no processo de comunicação da informação nas interfaces de SINGRA têm sobrecarregado o sistema de processamento cognitivo do motorista e maximizado as chances de acidentes no trânsito. Assim, favorecer o desenvolvimento da tarefa de navegação, sem acarretar prejuízos à tarefa de direção do automóvel, tem sido foco de investigações em diferentes partes do mundo. Dentre as tentativas empregadas para minimizar esses ruídos no processo de comunicação da informação, destaca-se a definição da escala para os mapas. Um mapa em escala apropriada à demanda do usuário pode favorecer a rápida compreensão da informação, durante a tarefa de navegação, e essa facilidade de leitura do mapa pode ser traduzida em menos distração do motorista na via. No entanto, tem-se observado que as propostas de mapas em diferentes escalas para SINGRA não tratam a definição da escala em função dos diferentes estágios que compõe a fase de manutenção em rota, tampouco adotam a configuração de mapa áudio-dinâmico, com esquema de referência egocêntrico, para exibir as instruções de navegação ao motorista. Sendo assim, formula-se a seguinte questão: 'Em que medida a escala de representação influencia a usabilidade de mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, quando os motoristas realizam a tarefa táctica em áreas urbanas?'. O objetivo desse trabalho é avaliar a usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas, no contexto de um protótipo de sistema de navegação e guia de rota em automóvel. O problema de pesquisa foi tratado mediante a realização de vários experimentos com motoristas, incluindo-se um experimento em simulador de direção. O projeto dos mapas, em diferentes escalas, foi elaborado com base no princípios da comunicação cartográfica, tais como agrupamento perceptivo e segregação de figura-fundo, bem como em função das necessidades dos motoristas na fase de manutenção em rota, sobretudo, ao que se refere à realização da tarefa táctica. Um grupo de 52 motoristas (26 homens e 26 mulheres) participou de um experimento em um simulador de direção. Para o teste no simulador, projetaram-se mapas em duas diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000), e essas representações foram implementadas em um protótipo de sistema de guia de rota. Os mapas representam uma rota em área urbana composta por 13 manobras, classificadas em simples e complexas. A tarefa do motorista foi supor que estaria dirigindo e, por isso, deveria prestar a máxima atenção no vídeo da rota e, depois de ouvir um *beep*, informar, em voz alta, qual a direção de manobra compreendeu no mapa. A face e as respostas dos motoristas foram gravadas em vídeo e áudio. Para a avaliação da usabilidade dos mapas, fez-se a quantificação da carga mental de trabalho do motorista, em termos de demanda visual, erro navegacional, índice de carga mental subjetiva e preferência. Os resultados revelam que a variação da escala do mapa influencia na usabilidade dessas representações, e que isto tem relação com o grau de complexidade da manobra. Os mapas se apresentaram igualmente eficientes, eficazes e preferidos para apoiar a realização de manobra simples. Entretanto, mapas menos generalizados foram mais eficazes e preferidos para apoiar a realização de manobra complexa, como rotatórias. Os resultados mostram que o gênero é um fator de influência na demanda visual, e tais resultados são discutidos, em termos de habilidade espacial. Os resultados indicam relação entre a carga mental de trabalho e as características individuais, tal como a experiência com mapas. Maiores implicações são apresentadas e discutidas. Essa pesquisa contribui para o desenvolvimento de SINGRA, quanto à usabilidade das representações cartográficas exibidas nesses sistemas, e pode apoiar às indústrias que os desenvolvem. Além disso, vale ressaltar a importância desse estudo para a Cartografia, no que se refere ao uso de interfaces em contexto dinâmico, como é o caso da direção de automóvel.

**Palavras-chave:** Sistema de navegação e guia de rota; projeto cartográfico; produção de mapas; carga mental de trabalho; usabilidade.



## ABSTRACT

Driver safety issue related to interaction with in-vehicle Route Guidance and Navigation Systems (RGNS) refers to one of the most relevant concern at the Human-Machine Interaction area. Researches which determine efficient and effective ways to present navigation information for drivers are becoming more necessary recently. This is mainly because route guidance systems have been adopted more often by drivers due to the mobility they offer. It is known that noises in the information communication process in interfaces of route guidance systems has overloaded drivers' cognitive processing system and maximized the traffic accidents chances. Thus facilitate the navigation task development and do not cause risks to driving task have been the aim of several investigations in different parts of the world. Among efforts to solve these noises in communication information process it should be highlighted map scale selection. Map scale selection according to user's demand may favour the information comprehension quickly, and this may imply less distraction of drivers on road. However, have been noted that, to select scales for maps of RGNS, it has not been considered both the different stages involved in navigation task and the use of audio-dynamic map in heading-up orientation (egocentric view) to present information for drivers. Therefore, the following question is addressed: "To what extent does scale interferes on usability of audio-dynamic maps, in heading-up orientation, when drivers perform the tactical task in urban areas?". The aim of this research is to evaluate usability of cartographic representations at different scales for a prototype of route guidance and navigation system. Several experiments were performed with drivers to treat this research problem including a driving simulator experiment. The design of maps, at different scales, was based on cartographic communication principles, such as perceptive grouping and figure-ground segregation, as well as drivers requirements while they perform the tactical task. A total of 52 subjects (26 males and 26 females) participated of an experiment performed in driving simulator. For the driving simulator experiment, maps were designed at two different scales 1:3,000 and 1:6,000 and then implemented in a RGNS prototype. These maps describe an urban route composed of 13 junctions classified into simple and complex maneuvers. Drivers task was to suppose they were driving, for that reason they should pay the maximum attention on the movie of route, and then after heard a beep, they should speak up the maneuver direction understood from the map. Drivers' face and answers were recorded into audio and movie format. To evaluate usability of maps, drivers' mental workload was measured in terms of visual demand, navigational error, subjective index of mental workload and preference. Results reveal that usability of maps is influenced by map scale variation, and this is related to maneuver complexity. Maps were equally efficient, effectives and preferred to support performing of simples maneuver. However, less generalized maps were more effectives and preferred to support performing of complex maneuver, like roundabouts. Results show association between visual demand and gender, and these results is discussed in terms of spatial ability variation. Results point out association between mental workload and individual characteristics, such as experience with maps. More implications are presented and discussed. This research contributes to development of RGNS as regards to usability of maps presented by these interfaces, and can support industries which develop this kind of system. Additionally, it should be highlighted the importance of this study to Cartography as regards to the interaction with interfaces in a dynamic context, such as consists driving a car.

**Keywords:** In-car Route Guidance and Navigation System; cartographic design; map production; mental workload; usability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais tópicos investigados no tema apresentação da informação.....	17
Figura 2 – Componentes do processo da navegação em automóvel: relação entre as fases, tarefas, questões e estágios. ....	25
Figura 3 - Correspondência entre os estágios e as tarefas que compõe a fase de manutenção. ....	27
Figura 4 - Sistema de processamento da informação humano. ....	32
Figura 5 – Mapa de Londres detalhado (a) e mapa do metrô de Londres (b) após o processo de generalização cartográfica.....	44
Figura 6 – Exemplo de rotas planejadas no sistema LineDrive, parte superior da Figura, e em um sistema convencional denominado MapBlast, parte inferior da Figura. ....	46
Figura 7 – Representação gráfica da rota experimental na cidade de Álvares Machado. ....	53
Figura 8 – Trecho da filmagem da rota experimental. ....	55
Figura 9 – Representação na escala de 1/10.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de colapso na malha viária.....	64
Figura 10 – Representação na escala de 1/6.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de exagero na rota e nas vias principais da malha viária. ....	65
Figura 11 – Representação na escala de 1/6.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de agregação e simbolização na seta de manobra. ....	65
Figura 12 – Representação na escala de 1/6.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de simbolização na seta de manobra.....	66
Figura 13 – Representação na escala 1:6.000 antes (a) e após (b) à aplicação dos operadores ‘deslocamento’, na linha férrea, e ‘abreviatura’ e ‘omissão’, na toponímia. ....	67
Figura 14 – Configuração do ambiente de teste.....	74
Figura 15 - Exemplo de erro de confusão das direções direita com esquerda no teste PT/SOT.....	78
Figura 16 – Gráfico de dispersão para as variáveis SBSOD e PT/SOT.....	85
Figura 17 – Gráfico de dispersão para as variáveis do teste PT/SOT.....	86
Figura 18 – Média da demanda visual em função da escala do mapa e do tipo de manobra.....	93
Figura 19 - Demanda visual para motoristas do gênero masculino (à esquerda) e feminino (à direita) 99	
Figura 20 – Relação entre o ‘Número de olhadas’ e a ‘Habilidade espacial’. ....	102
Figura 21 – Relação entre o ‘Formação educacional’ e as características individuais.....	109
Figura 22 – Relação entre o ‘Experiência com mapas’ e as características individuais. ....	115
Figura 23 – Gráfico de dispersão entre o ‘Número de olhadas’ e a ‘Habilidade espacial’. ....	116
Figura 24 – Relação entre o ‘Soma de olhadas’ e a ‘Experiência com mapas’.....	117
Fonte: Produção do próprio autor.....	117
Figura 25 – Relação entre o ‘Soma de olhadas’ e a ‘Formação educacional’.....	117
Figura 26 – Relação entre o ‘Número de olhadas’ e a ‘Formação educacional’.....	117
Figura 27 – Distribuição dos erros por manobra, em função da escala do mapa.....	119
Figura 28 – Diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Número de erro navegacional’ e ‘Duração máxima das olhadas’, para navegação em manobra complexa. ....	120
Figura 29 – Representação de manobra de número 12 em mapas em diferentes escalas.....	122

Figura 30 – Representação de manobra em rotatória em mapas em diferentes escalas. ....	126
Figura 31 – Mediana das componentes do NASA TLX e do índice de CMT global por escala.....	131
Figura 32 – Diagrama de dispersão entre ‘Nível de Frustração’ e ‘Nível de Satisfação.....	131
Figura 33 – Diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Nível de Frustração’ e ‘Nível de Esforço’, em função do gênero, para a navegação realizada com o mapa na escala 1:6.000. ....	133
Figura 34 – Diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Nível de Frustração’, ‘Nível de Esforço’ e ‘Nível de satisfação’, para a navegação com o mapa na escala 1:6.000. ....	134
Figura 35 – Preferência por mapas de SINGRA em diferentes escalas. ....	141
Figura 36 – Exemplo de manobra simples ortogonal.....	142
Figura 37 – Exemplo de manobra simples diagonal. ....	142
Figura 38 – Exemplo de manobra complexa.....	142
Figura 39 – Exemplo da tarefa de tarefa de manutenção em trecho de rota. ....	143
Figura 40 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 1’.....	143
Figura 41 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 2’.....	143
Figura 42 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 3’.....	143
Figura 42 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 3’.....	144
Figura 43 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 4’.....	144
Figura 44 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 5’.....	144

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação do processamento da informação e as tarefas de navegação. ....	34
Quadro 2 – Escalas multidimensionais da técnica NASA TLX.....	41
Quadro 3 – Trabalhos relacionados com a produção de mapas em múltiplas escalas para SINGRA... 48	
Quadro 4 - Atributos das 13 manobras da rota experimental.....	54
Quadro 5 – Categorias de informação selecionadas para os mapas de SINGRA.....	56
Quadro 6 – Projeto gráfico para os mapas de SINGRA.....	61
Quadro 7 – Operadores de generalização cartográfica utilizados para a produção dos mapas .....	63
Quadro 8 – Questões formuladas a partir da relação entre as variáveis dependentes e independentes. 71	
Quadro 9 – Categorias de informação para a organização dos dados de preferência. ....	80
Quadro 10 – Informações sobre a direção da manobra fornecida pelos motoristas. ....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos comentários dos 54 motoristas sobre a cor da rota.....	62
Tabela 2 – Síntese dos comentários dos 54 motoristas sobre a cor da seta.....	63
Tabela 3 – Caracterização dos participantes em função da idade e do gênero.....	82
Tabela 4 – Caracterização dos participantes em função das características individuais.....	83
Tabela 5 – Estatística para os dados de habilidade espacial coletados pelo teste SBSOD.....	84
Tabela 6 – Estatística para os dados de habilidade espacial coletados pelo teste PT/SOT.....	84
Tabela 7 - Relação do gênero e do grupo com a habilidade espacial avaliada pelo SBSOD.....	87
Tabela 8 - Relação do gênero e do grupo com a habilidade espacial avaliada pelo PT/SOT.....	87
Tabela 9 – Estatística descritiva e teste de normalidade para os dados de demanda visual.....	90
Tabela 10 - Influência da complexidade da manobra e da variação da escala do mapa na demanda visual dos motoristas.....	92
Tabela 11 – Demanda visual em relação a motoristas de diferentes gêneros.....	97
Tabela 12 – Demanda visual para motoristas de mesmo gênero.....	99
Tabela 13 - Influência da habilidade espacial (teste SBSOD) no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	101
Tabela 14 - Influência da habilidade espacial (teste PT/SOT) no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	102
Tabela 15 - Influência da habilidade espacial no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.....	103
Tabela 16 - Influência da habilidade espacial no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.....	104
Tabela 17 - Influência da habilidade espacial no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.....	104
Tabela 18 - Influência da habilidade espacial (teste SBSOD) na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	105
Tabela 19 - Influência da habilidade espacial (teste PT/SOT) na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	105
Tabela 20 - Influência da formação educacional no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	106
Tabela 21 - Influência da formação educacional no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.....	107
Tabela 22 - Influência da formação educacional no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.....	107
Tabela 23 - Influência da formação educacional no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.....	107
Tabela 24 - Influência da formação educacional na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	108
Tabela 25 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.....	110

Tabela 26 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	110
Tabela 27 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	111
Tabela 28 - Influência da ‘Experiência com SINGRA no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	111
Tabela 29 - Influência da ‘Experiência com SINGRA na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	111
Tabela 30 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	113
Tabela 31 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	113
Tabela 32 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	113
Tabela 33 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	114
Tabela 34 - Influência da ‘Experiência com mapas’ na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas. ....	114
Tabela 35 – Associação entre as características individuais e a demanda visual. ....	116
Tabela 37 – Estatística descritiva e teste de normalidade para os dados de erro navegacional. ....	119
Tabela 38 - Influência da complexidade da manobra e da variação da escala do mapa na ocorrência de erros navegacionais. ....	119
Tabela 39 - Relação do erro navegacional e as características individuais dos motoristas. ....	128
Tabela 40 – Estatística descritiva e teste de normalidade para o índice de CMT subjetiva. ....	129
Tabela 41 - Índice de CMT global para mapas em diferentes escalas. ....	130
Tabela 42 - CMT entre mapas em diferentes escalas para as seis componentes do NASA. ....	130
Tabela 43 - Estatística descritiva do índice de CMT global para mapas em diferentes escalas em função do gênero. ....	132
Tabela 44 - Índice de CMT global para mapas em diferentes escalas em função do gênero. ....	132
Tabela 45 - CMT entre mapas em diferentes escalas para as seis componentes do NASA. ....	134
Tabela 46 - Influência da ‘Formação educacional’ no índice de carga mental de trabalho. ....	135
Tabela 47 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no índice de carga mental de trabalho. ....	136
Tabela 48 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no índice de carga mental de trabalho. ....	138
Tabela 49 - Influência da ‘Habilidade espacial’ (SBSOD) no índice de carga mental. ....	138
Tabela 50 - Influência da ‘Habilidade espacial’ (PT/SOT) no índice de carga mental. ....	139
Tabela 51 - Preferência por mapas de SINGRA em diferentes escalas. ....	141
Tabela 52 - Preferência pelos mapas em diferentes escalas e a influência do gênero. ....	146
Tabela 53 - Relação entre preferência e características individuais. ....	148
Tabela 54 - Relação entre preferência e experiência com mapas, em função do gênero. ....	149

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	16
1.1	Contextualização da pesquisa.....	16
1.2	Enunciado do problema.....	18
2	FATORES HUMANOS PARA A APRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL.....	21
2.1	Navegação, mapa cognitivo e habilidade espacial .....	21
2.2	Componentes do processo da tarefa de navegação em automóvel.....	23
2.2.1	Modelo hierárquico para a tarefa de navegação .....	24
2.2.1.1	Estágios da fase de manutenção em rota .....	25
2.2.2	Categorias de informação para mapas de SINGRA .....	28
2.3	Sistema de processamento da informação.....	28
2.3.1	Modelo de processamento da informação visual .....	29
2.3.1.1	Memória icônica.....	29
2.3.1.2	Memória de trabalho .....	30
2.3.1.3	Memória de longa duração.....	32
2.3.2	Atenção .....	33
2.3.3	Tarefa de navegação e os níveis de processamento da informação.....	33
2.4	Ergonomia, usabilidade e carga mental de trabalho.....	35
2.4.1	Medidas de avaliação da carga mental de trabalho .....	36
2.4.1.1	Demanda visual .....	37
2.4.1.2	Erro navegacional.....	38
2.4.1.3	Preferência.....	39
2.4.1.4	Índice de carga mental de trabalho subjetiva .....	40
2.5	Generalização cartográfica e mapas de SINGRA em múltiplas escalas .....	42
2.5.1	Operadores de generalização e mapas de navegação .....	42
2.5.2	Mapas de SINGRA em múltiplas escalas.....	46
3	PRODUÇÃO DE MAPAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SINGRA.....	50
3.1	Materiais.....	50
3.2	Projeto cartográfico.....	51
3.2.1	Projeto de concepção geral.....	52
3.2.1.1	Seleção da área de estudo e rota experimental .....	52
3.2.1.1.1	Levantamento dos dados .....	54
3.2.1.2	Seleção e organização das informações .....	55
3.2.1.3	Formato de apresentação dos mapas .....	57
3.2.1.4	Definição das escalas de representação.....	57
3.2.2	Projeto gráfico .....	60
3.2.2.1	Avaliação da preferência de cor para a rota e seta de manobra em mapas de SINGRA .....	61
3.3	Produção das representações em diferentes escalas .....	63

3.4	Teste de preferência pelas representações em diferentes escalas .....	67
3.5	Implementação das representações cartográficas em um protótipo de SINGRA.....	68
4	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE MAPAS EM DIFERENTES ESCALAS	69
4.1	Seleção dos participantes .....	70
4.2	Seleção das variáveis dependentes e independentes .....	70
4.3	Elaboração dos documentos do teste.....	71
4.4	Preparação do ambiente de teste .....	73
4.5	Procedimento de teste.....	74
4.6	Extração e organização dos dados.....	76
4.7	Seleção dos testes estatísticos .....	81
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	82
5.1	Caracterização dos participantes .....	82
5.1.1	Avaliação da habilidade espacial .....	84
5.2	Demanda visual.....	89
5.2.1	Demanda visual e a influência do gênero.....	95
5.2.1.1	Demanda visual em relação a motoristas de diferentes gêneros .....	96
5.2.1.2	Demanda visual em relação a motoristas de mesmo gênero .....	98
5.2.2	Demanda visual e a influência das características individuais.....	100
5.2.2.1	Habilidade espacial e a relação com a demanda visual.....	100
5.2.2.2	Formação educacional e a relação com a demanda visual .....	105
5.2.2.3	Experiência com SINGRA e a relação com a demanda visual .....	109
5.2.2.4	Experiência com mapas e a relação com a demanda visual .....	112
5.3	Erro navegacional.....	118
5.3.1	Erro navegacional e a influência do gênero e das características individuais .....	126
5.4	Índice de carga mental de trabalho subjetiva .....	128
5.4.1	Índice de carga mental de trabalho subjetiva e a influência do gênero .....	131
5.4.2	Índice de carga mental subjetiva e a influência das características individuais .....	135
5.5	Preferência.....	140
5.5.1	Preferência pelos mapas e a influência do gênero e das características individuais .....	146
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	149
6.1	Conclusão e recomendações.....	149
6.2	Produção científica.....	154
	REFERÊNCIAS .....	155
	ANEXOS.....	164
	APÊNDICES.....	186



# 1 INTRODUÇÃO

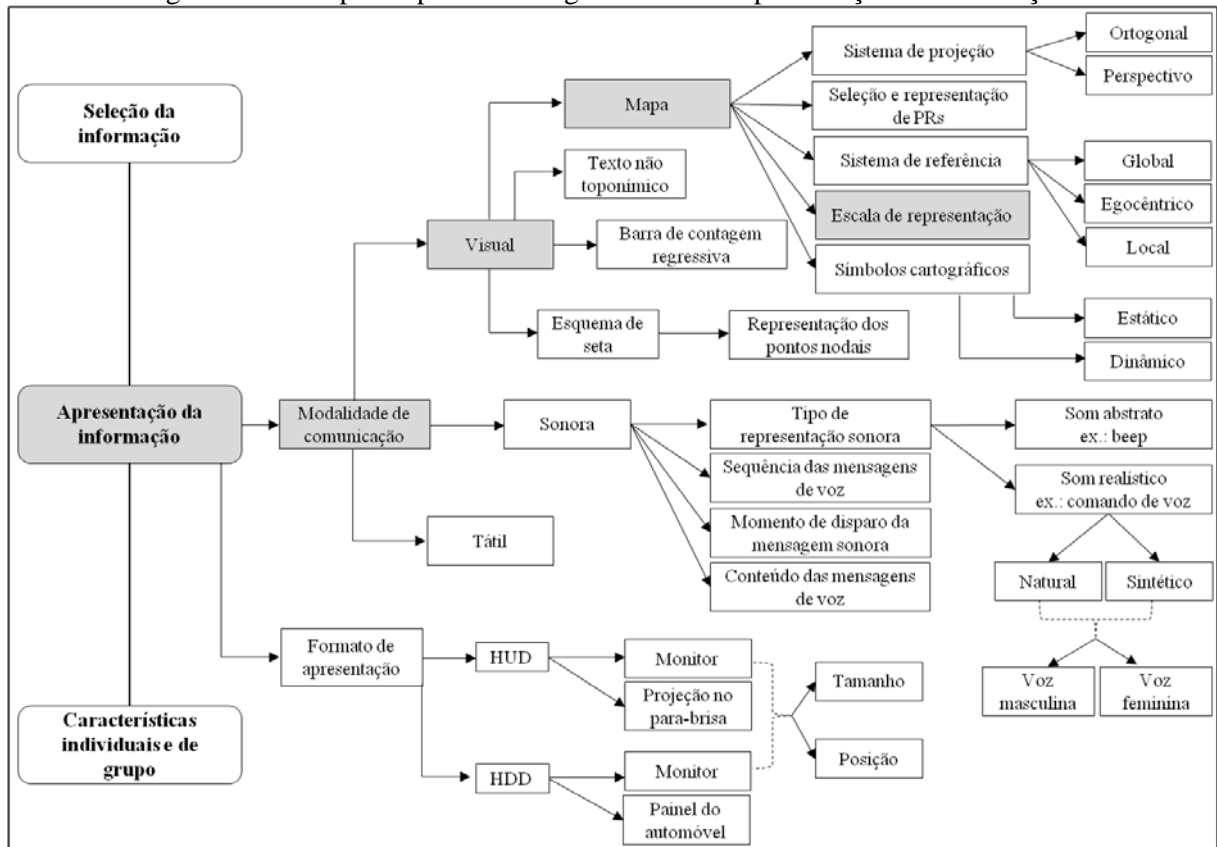
## 1.1 Contextualização da pesquisa

A principal finalidade de um ‘Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel’ (SINGRA) é oferecer maior mobilidade aos motoristas na tarefa de navegação, seja realizada em locais desconhecidos ou conhecidos. A tarefa de navegação compreende duas grandes fases: planejamento de rota e manutenção em rota (GOLLEDGE, 1999). A primeira fase é de natureza estática e a segunda de natureza dinâmica, por ser realizada com o automóvel em movimento. Os SINGRA possuem módulos específicos para auxiliar em cada uma dessas fases da navegação. Na manutenção em rota, a função do sistema é orientar o motorista em diferentes tarefas, mas a principal consiste na tarefa tática (PUGLIESI *et al.* 2013), por compreender a preparação para a realização de manobras (MICHON, 1985). Manobra é um termo utilizado para a indicação da mudança de via na malha viária.

Os sistemas de guia de rota começaram a ser inseridos nos automóveis, sobretudo, a partir dos anos 90, principalmente, no Japão e nos Estados Unidos. Pouco tempo depois, esses sistemas se disseminaram em cidades europeias e na maior parte dos países (AKAMATSU *et al.* 2013). No Brasil, a liberação legal para uso de sistema de guia de rota, com o automóvel em movimento, ocorreu somente em 2007, por determinação da resolução 242 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2007). Atualmente, algumas indústrias automobilísticas (ex.: *Peugeot*, *Honda*) têm inserido os SINGRA como item de série em seus veículos, na categoria de automóvel de passeio. No entanto, a maior parte ainda consiste em sistemas portáteis, os quais são fixados no para-brisa do automóvel ou instalados no painel do veículo.

As pesquisas sobre fatores humanos e ergonômicos vêm investigando a concepção de interfaces para SINGRA a partir de três grandes temas: seleção da informação, apresentação da informação e características individuais e de grupo dos motoristas (BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.* 2013). Entretanto, por trazer implicações diretas à segurança no trânsito, a temática sobre a ‘apresentação da informação’, para auxiliar na fase de manutenção em rota, tem sido tratada como uma das questões mais importantes na área de Interação Homem-Máquina (*Human Computer Interaction - HCI*), nos últimos anos (JAMA, 2004; AAM, 2006; EC, 2009; NHTSA, 2012; BOYLE *et al.* 2013). Para ilustrar quais são os principais tópicos dessa temática e como estão inter-relacionados, apresenta-se um esquema na Figura 1. Os tópicos de interesse da presente tese estão destacados em cinza nesta figura.

Figura 1 – Principais tópicos investigados no tema apresentação da informação.



Fonte: Produção do próprio autor.

Se por um lado os sistemas de navegação e guia de rota têm o potencial de oferecer diversos benefícios ao motorista, como apresentação de informações sobre as condições do trânsito e estimativa do tempo de viagem, por outro o uso deste tipo de sistema pode aumentar a distração do motorista, por introduzir uma carga de trabalho adicional à tarefa de direção do automóvel. A consequência dessa maior demanda perceptiva e cognitiva pode ser a ocorrência de acidentes de trânsito (JAMA, 2004; AAM, 2006; EC, 2009; NHTSA, 2012). Segundo Ranney *et al.* (2013), o desenvolvimento de uma tarefa secundária concomitantemente à realização de uma tarefa primária pode reduzir o desempenho do indivíduo na tarefa primária. Na navegação em automóvel, a tarefa de direção do veículo se constitui na tarefa primária do motorista, enquanto a tarefa de interação com um SINGRA, como a busca por informação na interface, constitui-se na tarefa secundária (PUGLIESI *et al.* 2013).

No intuito tanto de mitigar os riscos no processo de dividir a atenção entre a direção do automóvel e a interface de um SINGRA, quanto de prover diretrizes às indústrias que desenvolvem esse tipo de sistema, as questões de usabilidade dessas interfaces vêm sendo assunto recorrente nas investigações científicas (LABIALE, 2001; LIU, 2001; UANG; HWANG, 2003; HO; LI, 2004; LEE *et al.* 2008; SHELEIBY *et al.* 2008; PUGLIESI *et al.*

2009; LI *et al.* 2012; LAVIE; ORON-GILAD, 2013). A usabilidade de interfaces de sistema de guia de rota tem sido avaliada em termos da quantificação da Carga Mental de Trabalho (CMT) do motorista estimada por meio do uso de medidas de desempenho, psicofisiológicas e de satisfação, em função do tipo de tarefa executada (PUGLIESI *et al.* 2013).

Do ponto de vista da segurança no trânsito, a tarefa táctica é a mais crítica, pois requer que o motorista manipule, em poucos segundos, grande quantidade de informação para se preparar para a realização da manobra (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; KABER *et al.* 2012). Wickens *et al.* (2004) afirmam que a manipulação de um conjunto de elementos em um curto espaço de tempo exige maior processamento mental. Ao realizar tarefas, nas quais há uma demanda que excede sua capacidade de processamento, o indivíduo ajusta suas estratégias, para suprir as metas da tarefa, ou reduz seu desempenho na tarefa, como forma de compensação do esforço exigido (DINGUS; HULSE, 1993, YOUNG; STANTON, 2005b, 2006). Pugliesi *et al.* (2013) ressaltam que a sobrecarga no sistema de processamento humano pode ser intensificada quando o indivíduo encontra dificuldades em interpretar uma interface. Na Cartografia, a dificuldade de leitura de um produto é denominada de ruídos no processo de comunicação cartográfica. Nesse sentido, a mensuração da carga mental de trabalho do motorista, ao dirigir apoiado por um SINGRA, constitui-se em um problema central na avaliação da usabilidade dessas interfaces de navegação.

## **1.2 Enunciado do problema**

Apesar de existir um considerável número de pesquisas em cada uma das três grandes áreas de investigação sobre a concepção de interfaces para SINGRA, e mesmo que diversas diretrizes (ROSS *et al.* 1995; GREEN *et al.* 1995; BSI, 1996; JAMA, 2004; SAE, 2004; AAM, 2006; EC, 2009; NHTSA, 2012) vêm sendo publicadas em diferentes partes do mundo (EUA, Europa e Japão) visando orientar o projeto e a avaliação dessas interfaces, os problemas de usabilidade dos SINGRA ainda são recorrentes. Os problemas se relacionam tanto ao módulo de apoio à tarefa de planejamento de rota (NOWAKOWSKI *et al.* 2003; NOEL *et al.* 2005; QUARESMA; MORAES, 2011; PEI-CHUN; SHANG-I, 2013) quanto ao módulo de apoio à tarefa de manutenção em rota (NOWAKOWSKI *et al.* 2003; NOEL *et al.* 2005; DILLEMUTH, 2007; CHING-TORNG *et al.* 2010; PEI-CHUN; SHANG-I, 2013).

No contexto da comunicação da informação para auxiliar na manutenção em rota, a literatura aponta que a falta de associação do nível de detalhe do mapa às demandas do

motorista nas diferentes tarefas de navegação, bem como os problemas de legibilidade que esses mapas apresentam, sobretudo, quando exibidos em mídia de pequeno formato, são os principais fatores que incorrem na baixa usabilidade das interfaces de SINGRA (DOGRU *et al.* 2009; LEE; JUN, 2010; LAVIE *et al.* 2011; LAVIE; ORON-GILAD, 2013). Dentre as tentativas empregadas para minimizar esses ruídos no processo de comunicação da informação, destaca-se a definição da escala para os mapas (UANG; HWANG, 2003; HO; LI, 2004; DILLEMUTH *et al.* 2007; LEE *et al.* 2008; SHELEIBY *et al.* 2008; DILLEMUTH, 2009; LI *et al.* 2012; MARQUES *et al.* 2012). A escala é uma variável fundamental no processo de comunicação da informação, pois determina a seleção, generalização e representação das feições (DENT *et al.* 2009). Se por um lado uma escala apropriada ao propósito do mapa pode favorecer a rápida compreensão da informação, por outro um mapa em escala inapropriada pode aumentar a carga mental do usuário, por dificuldades de extração e interpretação da informação de interesse. Na tarefa de navegação em automóvel, essa dificuldade pode ser traduzida em distração do motorista na via.

As proposições de mapas em diferentes escalas para SINGRA, encontradas até o momento, não tratam a definição da escala em função dos diferentes estágios que compõe a fase de manutenção em rota, tampouco no que diz respeito à tarefa tática, na qual o motorista requer maior apoio do sistema. Além disso, os estudos não consideram a configuração de mapa áudio-dinâmico, com esquema de referência egocêntrico, para exibir as instruções de navegação ao motorista. Representações áudio-dinâmicas reduzem a carga mental de trabalho do motorista (BURNETT, 2000; LABIALE, 2001; LIU, 2000, 2001), e mapa egocêntrico favorece o processo de busca visual (DARKEN; CEVIK, 1999), por não exigir que o usuário realize rotação mental para que haja congruência, em orientação, entre o mapa e o ambiente de navegação (DINGUS; HULSE, 1993; GREEN *et al.* 1995). O único trabalho encontrado na literatura que apresenta uma proposta preliminar de mapas de SINGRA com essas características é o de Marques *et al.* (2012). Todavia, as proposições de projeto não foram submetidas a um processo de avaliação junto a um grupo de motoristas.

As implicações que os problemas de usabilidade das interfaces de SINGRA podem trazer à segurança no trânsito evidencia a importância das decisões relacionadas com a apresentação da informação nesses sistemas. Se o excesso de informação em uma interface pode promover o aumento da CMT do motorista, a falta de informação ou as deficiências no projeto gráfico dessas interfaces podem dificultar a extração das informações de navegação. Isto caracteriza a particularidade do problema de apresentação da informação em sistemas de guia de rota, e aponta para a necessidade de investigações a respeito da determinação das

escalas apropriadas para os mapas desses sistemas. Entende-se que as investigações devem preencher várias lacunas, de maneira a responder questões do tipo: ‘É possível minimizar o tempo de leitura do mapa quando se adéqua a escala ao tipo de tarefa de navegação desenvolvida?’, ‘O número de erros de manobra cometido pelos motoristas pode ser reduzido com a manipulação da escala do mapa?’, ‘O nível de detalhamento do mapa influencia na satisfação do usuário pelo sistema?’ ou, em síntese, ‘Mapas legíveis, exibidos em escalas apropriadas para atender a demanda do motorista, contribuem para a redução da carga mental de trabalho do motorista e, conseqüentemente, minimizam as implicações que o uso de SINGRA traz à segurança no trânsito?’. As respostas para essas questões são dependentes de um processo de avaliação da usabilidade de mapas em diferentes escalas, os quais visam auxiliar os motoristas nas tarefas de navegação.

Sendo assim, formula-se a seguinte questão para investigação nessa pesquisa: ‘Em que medida a escala de representação influencia a usabilidade de mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, quando os motoristas realizam a tarefa tática em áreas urbanas?’. Como hipótese, tem-se que o nível de simplificação dos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, influencia tanto na satisfação quanto no desempenho dos motoristas na tarefa tática, e isso tem relação com a complexidade da manobra. Portanto, o objetivo central é avaliar a usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas, no contexto de um protótipo de sistema de navegação e guia de rota em automóvel. Como objetivos específicos, tem-se: investigar a eficiência e a eficácia dos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, exibidos em diferentes escalas; avaliar o nível de satisfação dos motoristas por essas representações cartográficas; verificar se os motoristas apresentam índice similar de carga mental de trabalho subjetiva, ao navegarem com mapas em diferentes escalas; e determinar se há influência das características individuais e de grupo na carga mental de trabalho dos motoristas, ao navegarem auxiliados por representações cartográficas em diferentes escalas.

A tese está dividida em seis capítulos. O Capítulo 02 aborda a fundamentação teórica sobre os fatores humanos para a apresentação da informação em sistema de guia de rota. O Capítulo 03 apresenta a produção dos mapas em diferentes escalas para um protótipo de SINGRA. O Capítulo 04 relata o método para a avaliação da usabilidade das representações em diferentes escalas. O Capítulo 05 trata da análise e discussões dos resultados. O Capítulo 06 apresenta as considerações finais, subdivididas em conclusão e recomendações e produção científica no período da tese.

## **2 FATORES HUMANOS PARA A APRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO EM SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL**

O protótipo de sistema de guia de rota em automóvel desenvolvido nessa tese trata da apresentação da informação de navegação por meio de mapas em diferentes escalas, para auxiliar os motoristas na tarefa de manutenção em rota. A concepção e avaliação de mapas para este tipo de sistema envolvem uma série de fatores humanos e ergonômicos, e aqueles que fundamentam o desenvolvimento dessa pesquisa são tratados neste capítulo. O capítulo está estruturado em cinco seções. A primeira compreende o princípio da navegação humana, o conceito de mapa cognitivo e de habilidade espacial. A segunda seção aborda os componentes envolvidos no processo da navegação em automóvel, por meio do estudo de fases, tarefas, questões e estágios. A terceira aborda o funcionamento do sistema de processamento da informação humano e sua relação com as tarefas de navegação em automóvel. A quarta trata do conceito de ergonomia, usabilidade e carga mental de trabalho, bem como os métodos e medidas utilizados na sua quantificação, para a avaliação da usabilidade de interfaces. A quinta seção aborda o uso da generalização cartográfica no contexto da compilação de mapas de navegação, seguida do estado da arte sobre mapas de SINGRA em diferentes escalas.

### **2.1 Navegação, mapa cognitivo e habilidade espacial**

O conceito ‘navegação’ é definido como o processo de localização e deslocamento no espaço, e um dos propósitos de uso da informação espacial é o de facilitar o movimento de um lugar para outro (GOLLEDGE *et al.* 2000). O conhecimento que se adquire pelo processo da navegação, ou seja, a percepção e cognição do espaço, promove o desenvolvimento e o aperfeiçoamento do mapa cognitivo humano (GOLLEDGE; GÄRLING, 2004; DOWNS; STEA, 2005). A percepção está relacionada ao uso dos sentidos para apreender um objeto, e ocorre no instante de interação com o objeto. A cognição é o acúmulo de percepções e, para ocorrer, não depende da interação direta com o objeto; a cognição relaciona o espaço com um intervalo de tempo, portanto, envolve o uso da memória (DOWNS; STEA, 2005).

Segundo Downs e Stea (2005), o resultado da percepção e da cognição espacial é o registro de um espaço distorcido, uma vez que não coincide com a realidade concreta, mas também um registro único, construído pela experiência individual. Este registro recebe o nome de mapa cognitivo, e é entendido como o resultado da interação espacial determinada por percepções subjetivas decorrentes das necessidades individuais. Downs e Stea (2005)

apresentam uma definição formal para ‘mapa cognitivo’ como sendo um processo composto por uma série de transformações psicológicas pelas quais o indivíduo adquire, codifica, armazena, recupera e decodifica a informação sobre a posição relativa de objetos localizados no espaço à sua volta. Golledge e Gärling (2004) sintetizam o conceito de mapa cognitivo como sendo o conhecimento espacial armazenado na memória de longa duração do indivíduo, e afirmam ser essas representações retidas na memória que permitem o indivíduo, por exemplo, determinar sua localização no espaço, saber onde estão posicionados objetos, identificar como ir de um local a outro e mesmo comunicar informações a outros indivíduos.

Assim como os mapas cognitivos são subjetivos e dependem da interação repetitiva com o espaço, há também evidências que existem diferenças comportamentais na habilidade das pessoas em aprender a navegar por um ambiente (GOLLEDGE *et al.* 2000), isto é, há evidências de que a habilidade espacial seja uma característica individual (HEGART *et al.* 2002; HEGARTY; WALLER, 2004). A habilidade espacial refere-se à capacidade de um indivíduo de produzir, representar, transformar e recuperar a informação espacial em sua memória de longa duração (GOLLEDGE *et al.* 2000; COLUCCIA; LOUSE, 2004).

Golledge *et al.* (2000) afirmam que as pessoas ao navegarem por um ambiente não se comportam todas da mesma maneira, em parte devido às diferenças no nível de conhecimento que possuem desse ambiente, em parte devido aos distintos objetivos que traçam ao navegar pelo ambiente, e em parte devido às diferenças em habilidade espacial que possuem. Golledge *et al.* (2000) consideram a habilidade espacial uma componente essencial no desenvolvimento e uso dos mapas cognitivos, portanto, uma componente fundamental para o processo da navegação por um ambiente.

A habilidade espacial é caracterizada em diferentes domínios, de acordo com os processos requeridos na solução de tarefas, e um dos domínios diretamente relacionados ao uso de mapas refere-se à habilidade de orientação (GOLLEDGE *et al.* 2000). A orientação espacial é a capacidade de se reter a orientação de objetos com relação a diferentes perspectivas, isto é, trata-se da habilidade de imaginar uma mesma cena a partir de diferentes pontos de vistas (HEGARTY; WALLER, 2004). Segundo estes autores, a orientação espacial sempre envolve um ambiente, implica em movimento nesse ambiente, seja decorrente da navegação real ou simulada, por exemplo, pelo uso de um mapa, e envolve a aquisição de informação sobre os arredores desse ambiente por onde se navega.

Há diferentes testes para se determinar a habilidade espacial de um indivíduo em termos de sua habilidade de orientação, incluindo-se testes subjetivos, como a ‘Escala de Senso de Direção de Santa Bárbara’ (*Santa Barbara Sense of Direction Scale -SBSOD*) de

Hegarty *et al.* (2002), e testes não subjetivos, como a ‘Tomada de Perspectiva/Orientação Espacial’ (*Perspective Taking/Spatial Orientation Test* - PT/SOT) usado por Hegarty e Waller<sup>1</sup> (2004), ambos desenvolvidos na Universidade de Santa Bárbara, Estados Unidos. Esses testes têm sido empregados com frequência no contexto da avaliação de mapas para sistemas de guia de rota (DILLEMUTH, 2005; 2009; LI *et al.* 2012).

O teste ‘Escala de Senso de Direção de Santa Bárbara’ é um questionário composto por 15 afirmações a respeito da habilidade de um indivíduo de encontrar direções em um ambiente, e inclui questões sobre o uso de mapas. A tarefa do indivíduo é indicar, a partir de uma escala multidimensional, quanto concorda ou discorda com cada afirmação apresentada (HEGARTY *et al.* 2002). O teste PT/SOT é composto por 12 questões relacionadas à orientação relativa entre ‘n’ objetos em uma cena. A tarefa do indivíduo é imaginar-se de pé, em frente a um objeto da cena, olhando para um segundo objeto e desenhar uma seta que indique a direção de um terceiro objeto. Este teste é recomendado para avaliar a habilidade espacial relacionada a tarefas que envolvem a manipulação mapas (HEGARTY; WALLER, 2004). Os testes encontram-se nos Anexos A e B, respectivamente.

A investigação da relação entre o nível de habilidade espacial do motorista e seu desempenho na tarefa de navegação apoiada por SINGRA consiste em um aspecto necessário, sobretudo, quando o intuito é aumentar a usabilidade dos mapas exibidos nesse tipo de sistema. A influência das diferenças em habilidade espacial, principalmente, em se tratando da realização de tarefas com característica visuo-espacial, como é a interação com mapas, já foram constatadas por alguns trabalhos, como o de Dabbs *et al.* (1998), Montello *et al.* (1999), Dillemuth (2005) e Coluccia *et al.* (2007).

## **2.2 Componentes do processo da tarefa de navegação em automóvel**

Para compreender como ocorre o processo da navegação em automóvel, primeiro é necessário fazer distinção entre ‘direção’ e ‘navegação’. ‘Direção’ é um termo utilizado para fazer referência aos aspectos de controle do automóvel, como acelerar ou frear o veículo, girar o volante, trocar de marchas, usar os sinalizadores para indicar mudança de direção. ‘Navegação’ é um termo empregado para fazer referência ao processo cognitivo desenvolvido para se deslocar no espaço (PETCHENIK, 1989; GOLLEDGE, 1999), isto é, refere-se ao processo sobre como saber ir de um lugar a outro, de maneira a se manter orientado antes,

---

<sup>1</sup> *Perspective Taking/Spatial Orientation Test* - PT/SOT foi desenvolvido por Hegarty, M.; Koszhevnikov, M.; Waller, D.



durante e depois do trajeto (PETCHENIK, 1989). Segundo Petchenik (1989), a direção de um automóvel é uma atividade essencialmente motora que envolve cognição, enquanto a navegação é um processo essencialmente cognitivo, mas que também envolve atividade motora para que as ações previamente planejadas possam ser executadas. Sendo assim, navegar de um ponto a outro no espaço dirigindo um automóvel é uma tarefa perceptiva e cognitiva complexa, por exigir a realização simultânea de atividade cognitivo-motora (PETCHENIK, 1989). Esta tarefa torna-se ainda mais complexa ao ser desenvolvida em ambientes não familiares (BURNETT, 1998) ou pouco familiares (EI-WEN LO *et al.* 2011).

Morita (1993) afirma que os principais componentes da tarefa de navegação são o usuário, a informação e o sistema de processamento da informação. Isto põe em evidência que, para apresentar instruções de navegação em um sistema de guia de rota em automóvel, a priori, deve-se compreender como o processo da navegação se desenvolve, e quais são os elementos importantes para apoiar cada etapa dessa tarefa.

### 2.2.1 Modelo hierárquico para a tarefa de navegação

Várias abordagens são encontradas na literatura para explicar o desenvolvimento do processo da navegação, particularmente quando realizada em automóvel. Algumas dessas abordagens descrevem a navegação por meio de fases (SHEMYAKIN<sup>2</sup>, 1962 apud BOARD, 1978), outras por meio de tarefas (MICHON, 1985), questões (MORITA, 1993) ou estágios (BURNETT, 1998). Em uma estrutura hierárquica, a navegação é dividida em três fases: seleção da rota, manutenção em rota e chegada ao destino (SHEMYAKIN, 1962 apud BOARD, 1978), de maneira que se identifica em cada uma destas fases a realização de distintas tarefas (MICHON, 1985), cognitiva e motora (PETCHENIK, 1989), nas quais diferentes questões são respondidas (MORITA, 1993). A relação entre as diferentes fases, tarefas, questões e estágios que descrevem o processo da navegação está ilustrada na Figura 2.

A seleção da rota é a primeira fase do processo da navegação e está relacionada com o planejamento sobre qual caminho selecionar, entre uma origem e um destino, dentre os vários caminhos possíveis (GOLLEDGE, 1999; LOVELACE *et al.* 1999). Esta fase representa um componente cognitivo do processo da navegação, sem envolver nenhum tipo de movimento, isto é, locomoção no espaço (GOLLEDGE, 1999). Para Michon (1985), a fase de seleção da rota consiste em uma ‘tarefa estratégica’, o momento anterior à tarefa de direção.

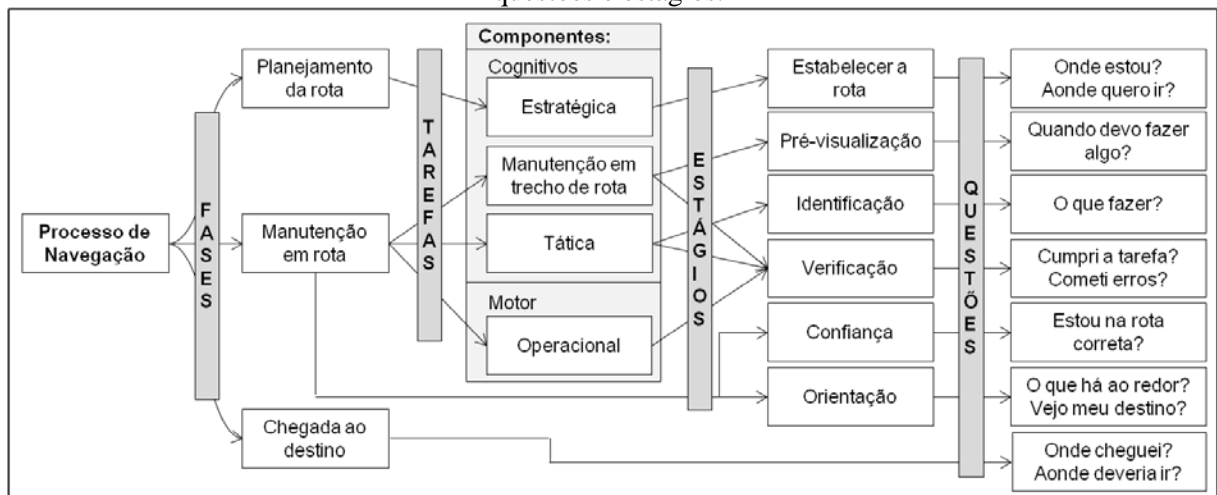
---

<sup>2</sup> SHEMYAKIN, F. N. Orientation in Space. In: ANANYEV, B. G.; *et al.* **Psychological Science in U.S.R.R.** USA: Office of Technical Services. 1962. v. 1. p. 186-225.

Morita (1993) afirma que as questões pertinentes a esta fase são ‘Onde estou?’ e ‘Aonde pretendo ir?’. Para realizar a seleção da rota, o motorista requer um conjunto de informações, incluindo-se informações sobre as condições de trânsito, tempo estimado da viagem, disponibilidade de estacionamento, dentre outras (MICHON, 1985; BURNETT, 1998).

A chegada ao destino é a terceira fase do processo da navegação e refere-se à análise a respeito se o destino pretendido foi alcançado com sucesso, sem erros (SHEMYAKIN, 1962 apud BOARD, 1978). As questões pertinentes a esta fase são “Como cheguei até aqui?”, “Aonde eu deveria ir?” e “Onde eu estive?” (MORITA, 1993). Entre a seleção da rota e chegada ao destino, tem-se a fase de manutenção em rota, a qual é apresentada a seguir.

Figura 2 – Componentes do processo da navegação em automóvel: relação entre as fases, tarefas, questões e estágios.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 2.2.1.1 Estágios da fase de manutenção em rota

A fase de manutenção em rota ocorre depois que a rota foi planejada, e sua execução compreende a realização de atividade cognitiva e motora para que a chegada ao destino aconteça devidamente (SHEMYAKIN, 1962 apud BOARD, 1978). Na abordagem de Michon (1985), também descrita por Burnett (1998), a manutenção em rota compreende dois tipos distintos de tarefas de navegação: a tarefa tática e a tarefa operacional. A tarefa tática consiste nas ações de preparação para a realização de manobras (MICHON, 1985). Assim, ações como virar à esquerda, virar à direita são planejadas nesta tarefa (BURNETT, 1998). As questões pertinentes à tarefa tática são “Quando devo fazer algo?” e “O que fazer?” (MORITA, 1993). A tarefa operacional consiste na execução das manobras, portanto, envolve atividade motora

relacionada ao controle do automóvel, como utilizar sinalizadores do automóvel, acelerar, girar o volante, frear (BURNETT, 1998).

No contexto de uso de SINGRA, o início da tarefa tática tem sido informado ao motorista por meio do uso de um sinal de *beep* (LABIALE, 2001; PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012). O *beep* é um tipo de som abstrato recomendado para situações nas quais o propósito é o de chamar a atenção do motorista (GREEN *et al.* 1995). Nesse sentido, a tarefa tática é caracterizada como o intervalo de tempo decorrido entre o disparo do *beep* e o início da tarefa de realização da manobra (BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.* 2009). O intervalo de tempo entre o término da tarefa operacional (fim da realização da manobra) e o início da tarefa tática (início da preparação para a manobra), Pugliesi *et al.* (2009) denominam de tarefa de manutenção em trecho de rota, isto é, o trecho de rota entre duas manobras.

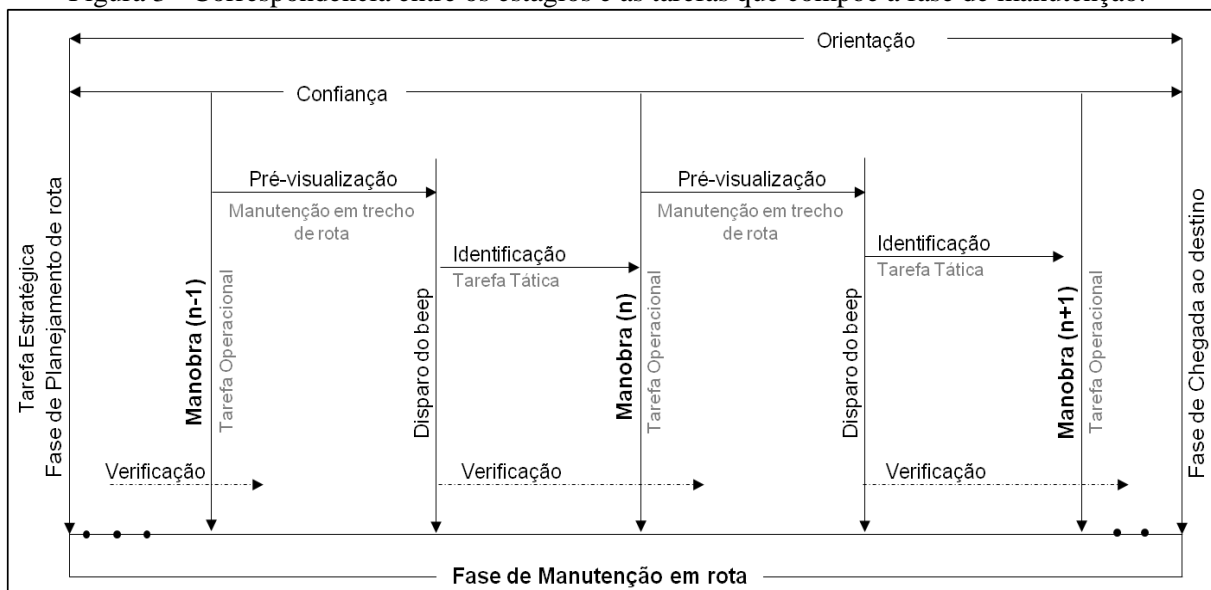
Com a finalidade de identificar as informações importantes para apoiar o motorista na fase de manutenção em rota, Burnett (1998) a fragmenta em cinco estágios, quais sejam pré-visualização, identificação, verificação, confiança e orientação. O estágio de pré-visualização é associado à tarefa de manutenção em trecho de rota, pois corresponde ao intervalo de tempo entre a tarefa tática e a tarefa operacional. Segundo Burnett (1998), as metas do motorista neste estágio são obter uma percepção de tempo ou distância restante até a manobra, formar uma imagem mental do leiaute da manobra, bem como identificar em qual pista se posicionar para facilitar a realização da manobra. As informações que podem auxiliar o motorista nesse estágio de pré-visualização são ‘Mantenha-se na pista da esquerda’, ‘Vire à esquerda, em 100m’ (MAY *et al.* 2003). Burnett (1998) afirma que, ao receber informações que contribuam para o cumprimento de suas metas no estágio de pré-visualização, o motorista pode não somente tomar as decisões relacionadas ao próximo estágio da navegação com maior rapidez e segurança, mas também manter o bom desempenho na tarefa de direção, como evitar a redução repentina da velocidade do automóvel, o uso errôneo dos sinalizadores.

O estágio de identificação refere-se ao momento no qual o motorista reconhece a direção que deve ser tomada na junção (BURNETT, 1998), portanto este estágio corresponde à tarefa tática. Em termos de demanda perceptiva e cognitiva, a tarefa tática é o estágio mais crítico da navegação (BURNETT, 1998; KABER *et al.* 2012), pois o motorista deve dividir a atenção entre a tarefa motora de dirigir o veículo e a atividade perceptiva e cognitiva de compreender a direção da manobra exibida na interface de SINGRA (BURNETT, 1998). May *et al.* (2003) sugerem que informações do tipo ‘Vire à esquerda’, ‘Pegue a segunda saída na rotatória’ podem auxiliar o motorista no estágio de identificação. Burnett (1998) afirma que é nesse estágio da navegação que o motorista requer maior apoio de um sistema de guia de rota.

O estágio de verificação representa o momento no qual o motorista se certifica de que compreendeu corretamente a localização e a direção da manobra na rota e de que erros não foram cometidos na manobra (ex.: virou à direita ao invés de à esquerda) (BURNETT, 1998). Sendo assim, este estágio corresponde à transição entre as tarefas tática, operacional e de manutenção em trecho de rota. Os estágios de confiança e de orientação são desenvolvidos durante toda a manutenção em rota. No primeiro, a meta do motorista é se assegurar que a rota planejada está sendo devidamente percorrida. No segundo, estágio de orientação, a meta do motorista é obter uma percepção do ambiente, de maneira a relacionar sua posição na rota com outros elementos do espaço, como o ponto de destino, para qualquer instante de interesse durante a navegação pela rota (BURNETT, 1998). A correspondência entre os estágios e as tarefas da fase de manutenção em rota está ilustrada em um esquema na Figura 3.

A seleção de escalas apropriadas para os mapas de sistemas de guia de rota pode ser uma alternativa para favorecer o processo de comunicação da informação nos diferentes estágios da navegação e, com isso, contribuir para o aumento da usabilidade desses sistemas. Embora a navegação compreenda diferentes estágios, a proposta dessa tese é avaliar a usabilidade de mapas em diferentes escalas ao auxiliarem o motorista nas tarefas tática e de manutenção em trecho de rota. A razão por se desconsiderar a tarefa operacional é com base na constatação de Labiale (2001) de que, na realização da manobra, o motorista se preocupa apenas em executar as ações de controle do veículo, ignorando a interface de navegação.

Figura 3 - Correspondência entre os estágios e as tarefas que compõe a fase de manutenção.



Fonte: Adaptado de Burnett (1998).

### 2.2.2 Categorias de informação para mapas de SINGRA

A informação que se apresenta ao usuário é um dos três principais componentes que compõe o processo da navegação, conforme Morita (1993). Sendo assim, ao produzir mapas para sistema de guia de rota, os projetistas deveriam selecionar um conjunto de informação que auxilie na tarefa de navegação, mas que não sobrecarregue o sistema de processamento cognitivo do motorista. A literatura afirma que a maneira mais eficiente para se identificar as categorias de informação que os mapas de SINGRA devem conter é a investigação dos mapas cognitivos dos motoristas, uma vez que essas representações internas contêm as informações que os motoristas selecionam do ambiente para realizarem a tarefa de navegação, incluindo-se a navegação em automóvel (ALM, 1990; OBATA *et al.* 1993; BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.* 2014).

Os resultados das investigações científicas revelam que as representações internas dos motoristas estruturam o ambiente urbano, principalmente, a partir de elementos: vias, marcos e pontos nodais (ALM, 1990; OBATA *et al.* 1993; BURNETT, 1998; DAIMON *et al.* 2000; PUGLIESI *et al.* 2014). Lynch (1997) argumenta que vias, marcos e pontos nodais, juntamente com limites e bairros, constituem-se nos cinco elementos urbanos utilizados pelas pessoas para formar uma imagem mental das cidades, e denomina tais elementos de componentes do mapa cognitivo humano. Diante disso, estudos recomendam que os mapas de SINGRA, ao apoiar a tarefa de navegação, sobretudo, em ambientes urbanos desconhecidos, devem apresentar as seguintes categorias de informação: direção e distância até a manobra, rota de navegação, posição do motorista na rota e informações de contexto espacial (GREEN *et al.* 1995; ROSS *et al.* 1996; BURNETT, 1998; MAY *et al.* 2003; OLIVER, 2007). O conjunto de feições que tem sido selecionado para comunicar essas categorias de informação nos mapas de SINGRA são malha viária, pontos de referência, seta sobre o ponto de manobra para a indicação da direção da manobra, símbolo pictórico ou geométrico para a indicação da posição do automóvel na rota, toponímia de vias e pontos de interesse (UANG; HWANG, 2003; HO; LI, 2004; LEE *et al.* 2008; PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012).

### 2.3 Sistema de processamento da informação

A manutenção em rota é realizada com o automóvel em movimento. Portanto, ao realizar a navegação auxiliada por um SINGRA, o motorista deve dividir a atenção entre sua tarefa principal, que é a direção do veículo, e sua tarefa secundária, que é a interação com a

interface do sistema (PUGLIESI *et al.* 2013). Em resposta a este processo de atenção dividida, pode haver uma sobrecarga no sistema perceptivo e cognitivo do motorista (WICKENS *et al.* 2004). Essa sobrecarga pode se intensificar quando o motorista encontra dificuldades em interpretar a interface, ou seja, quando há ruídos no processo de comunicação da informação (PUGLIESI *et al.* 2013). As consequências desses ruídos pode consistir em distração da via e, conseqüentemente, aumento no risco de acidentes de trânsito.

O sistema de processamento da informação humano é um componente essencial no processo da navegação (MORITA, 1993), sobretudo, porque tem capacidade de processamento limitada (PUGLIESI *et al.* 2013). Diante disso, compreender o funcionamento desse sistema, bem como o nível de processamento exigido pelas tarefas de navegação são etapas necessárias no projeto de mapas para SINGRA. Essa compreensão pode auxiliar a estabelecer o projeto cartográfico em função das capacidades e das limitações perceptivas e cognitivas do motorista e, com isso, minimizar a sobrecarga mental resultante do processo de dividir a atenção entre a via e a interface de um SINGRA.

### 2.3.1 Modelo de processamento da informação visual

Para compreender o funcionamento do sistema de processamento da informação, é necessário entender os conceitos relacionados à memória humana. Os fatores relacionados à memória humana são investigados por meio da compreensão de modelos de processamento da informação (PUGLIESI *et al.* 2013). O modelo de etapas, ou de estágios, proposto por Klatzky<sup>3</sup>, descreve o processamento da informação por meio do uso de distintas memórias, as quais possuem diferentes capacidades de processamento, armazenamento e tempo de retenção da informação. As três principais estruturas descritas no modelo de etapas são memória icônica ou registro sensorio, memória de trabalho ou memória recente (ou Memória de Curta Duração - MCD) e memória permanente ou repositório (ou Memória de Longa Duração - MLD) (EASTMAN, 1985; PETERSON, 1987, 1995; WICKENS *et al.* 2004).

#### 2.3.1.1 Memória icônica

A memória icônica é responsável por receber os estímulos, sejam visuais, sonoros, captados pelos órgãos sensoriais humano, como o olho, ouvido, e encaminhar esses estímulos

---

<sup>3</sup> KLATZKY, R. **Human memory: Structures and processes**. San Francisco: Freeman, 1975.

para uma estrutura de processamento que realiza o reconhecimento de padrões (EASTMAN, 1985; PETERSON, 1987, 1995; WICKENS *et al.* 2004; CYBIS *et al.* 2010). Parte da informação recebida na memória icônica é perdida até que se inicie o processo de reconhecimento de padrões (EASTMAN, 1985; PETERSON, 1995). Essa perda é devido ao tempo decorrido até o armazenamento da informação e (ou) em razão de uma sobrecarga no sistema de processamento do indivíduo (IIDA, 2005). A complexidade do padrão a ser reconhecido é outro fator responsável pela perda de informação na memória icônica (PETERSON, 1987, 1995).

O tempo que a informação é mantida ativa na memória icônica depende da natureza do estímulo percebido (CYBIS *et al.* 2010). No caso da percepção de um estímulo visual, o tempo necessário para iniciar o processo de reconhecimento da informação é da ordem de 500 milissegundos (PETERSON, 1987, 1995). No caso da percepção de um estímulo sonoro, a informação é mantida ativa na memória por cerca de dois segundos, sem que haja o processo de reconhecimento da mesma, e é esta característica da memória icônica que explica o fato de uma pessoa lembrar-se de algo que ‘acabou’ de ouvir, no instante em que coloca sua atenção em outra tarefa (CYBIS *et al.* 2010). Os estímulos visuais e sonoros ainda são os mais usados para comunicar a informação em mapas de sistema de guia de rota (PUGLIESI *et al.* 2013).

Em termos do processamento da informação visual, a memória icônica representa a memória visual, isto é, a ‘primeira impressão’ que se forma de uma cena (PETERSON, 1995). Quando se observa uma cadeira, por exemplo, é a memória icônica a responsável por reter as informações primárias da cadeira, como a quantidade de pés, o tipo de estofado, cor, tamanho (PETERSON, 1995) para, na sequência, encaminhar essas informações à estrutura que realiza o processo de reconhecimento de padrões (CYBIS *et al.* 2010). A função da memória icônica é facilitar a extração e análise das características da informação percebida, de maneira que as informações, cujas características são condizentes ao interesse do observador, ou que atraiam sua atenção, sejam selecionadas para serem processadas em uma estrutura de memória mais elaborada, denominada de memória de trabalho (CYBIS *et al.* 2010).

#### 2.3.1.2 Memória de trabalho

A memória de trabalho é conceituada como um conjunto de registros especializados que manipulam informações de natureza distintas, como visual, sonora, tátil. Estes registros são coordenados por um processador ou executor central que atua como um sistema de controle da atenção (EASTMAN, 1985; WICKENS *et al.*; 2004; CYBIS *et al.* 2010).

A função da memória de trabalho é confrontar as informações recebidas da memória icônica com as informações contidas na memória de longa duração do indivíduo (EASTMAN, 1985; WICKENS *et al.*; 2004). A este processo, dá-se o nome de reconhecimento de padrões (PETERSON, 1987, 1995). O indivíduo classifica uma informação como conhecida caso ocorra convergência dos padrões comparados; caso contrário, isto é, se nenhum padrão retido na memória de longa duração do indivíduo corresponde à informação de entrada, o indivíduo a classifica como uma informação desconhecida (PETERSON, 1995; WICKENS *et al.* 2004).

A memória de trabalho é limitada em ambos, na capacidade de armazenamento das unidades de informação e no tempo de retenção dessas unidades (EASTMAN, 1985; WICKENS *et al.* 2004; IIDA, 2005). Uma unidade de informação (*chunks*) são estruturas do tipo letras, palavras, símbolos, números, lugares, as quais estão armazenadas na memória de longa duração e têm significado para o indivíduo (EASTMAN, 1985; WICKENS *et al.* 2004).

O limite armazenamento da memória de trabalho são  $7 \pm 2$  unidades de informação (EASTMAN, 1985; WICKENS *et al.* 2004), isto é, o executor central tem a capacidade de integrar uma média de sete itens de informação ao mesmo tempo, e as experiências do indivíduo, bem como o contexto de realização da tarefa influenciam nesse processo (CYBIS *et al.* 2010). Por esta razão, duas pessoas podem armazenar na memória um mesmo código, porém de maneira distinta, a qual depende do contexto em que interagem com o código ou do conhecimento que possui sobre seu significado (CYBIS *et al.* 2010). Por exemplo, pessoas familiares com os aparelhos de telefone da fabricante Nokia podem facilmente memorizar o código 'LUMIA 710', pois, para elas, este código representa o modelo ('LUMIA') e a série ('710') do telefone, resultando somente em duas unidades de informação: LUMIA e 710. Por outro lado, pessoas não familiares com os aparelhos desse fabricante podem armazenar o mesmo código, como sendo seis unidades de informação, cinco unidades referentes às letras da 'LUMIA', e uma unidade referente ao número '710'.

O tempo de retenção das unidades de informação é a segunda limitação da memória de trabalho. Cybis *et al.* (2010) afirmam que, embora a recuperação da informação na memória de trabalho seja rápida, a informação pode ser esquecida em poucos segundos, dependendo das situações de distração no contexto de uso. As unidades de informação são retidas na memória de trabalho entre cinco e 30 segundos (IIDA, 2005), ou até que se ative o registro fonológico (WICKENS *et al.* 2004). A ativação do registro fonológico ocorre, por exemplo, quando, verbalmente ou mentalmente, realiza-se o processo de repetição periódica de um nome (ex.: de pessoa, livro, lugar), de um número (ex.: de telefone, CPF, RG, conta

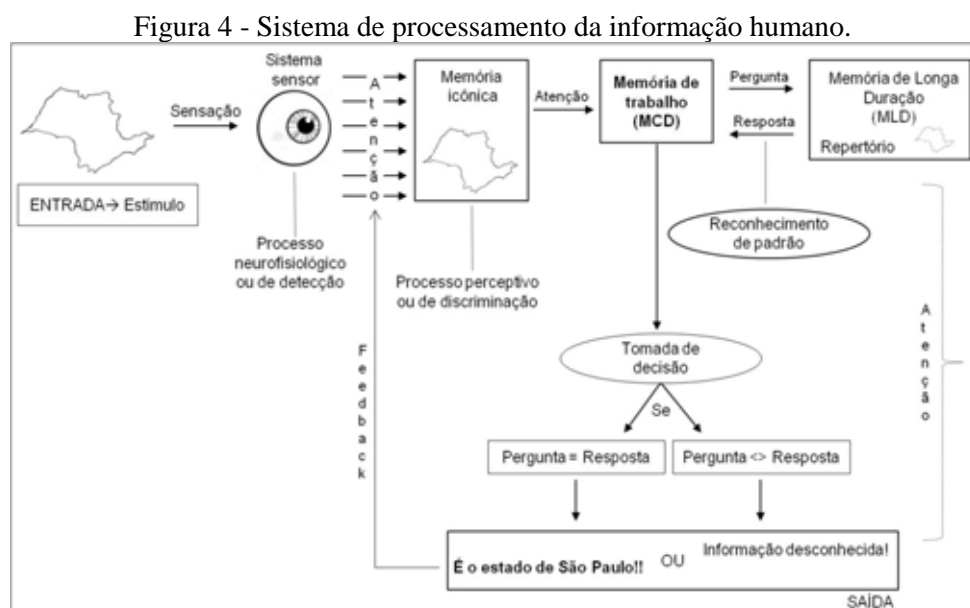


bancária, senha) até que a informação seja registrada em uma agenda ou algo similar (WICKENS *et al.* 2004; IIDA, 2005; PUGLIESI *et al.* 2013).

### 2.3.1.3 Memória de longa duração

A memória de longa duração é caracterizada como a terceira estrutura no modelo de etapas, e consiste no repertório do indivíduo, o qual é ativado várias vezes na memória de trabalho com a finalidade de uso imediato (WICKENS *et al.* 2004; CYBIS *et al.* 2010). Na memória de longa duração é onde estão armazenadas as experiências, o conhecimento de um indivíduo (EASTMAN, 1985).

A capacidade de armazenamento da memória de longa duração é grande, e o tempo de retenção da informação é de muitos anos (IIDA, 2005). O armazenamento das informações nesta memória ocorre por meio da formação de redes de proposições conceituais (WICKENS *et al.* 2004; CYBIS *et al.* 2010). As unidades de informações não são retidas na memória de longa duração como itens aleatórios, desconexos, mas inter-relacionados, e são estas conexões que favorecem a recuperação imediata dos elementos armazenados (EASTMAN, 1985; WICKENS *et al.* 2004; IIDA, 2005). No exemplo do código ‘LUMIA 710’, os indivíduos familiares aos aparelhos da Nokia fazem a associação desse código com os demais aparelhos da fabricante e, facilmente, concluem que se trata de um modelo ‘LUMIA’, da série ‘710’. Para exemplificar o funcionamento do sistema de processamento da informação visual com base no modelo de etapas é apresentado um esquema na Figura 4.



Fonte: Adaptado de EASTMAN (1985), PETERSON (1987,1995) e WICKENS *et al.* (2004).

### 2.3.2 Atenção

Independentemente do tipo de estímulo que será percebido, processado e armazenado nas diferentes estruturas de memória, um elemento essencial no sistema de processamento da informação é a atenção (MACEACHREN, 1995; WICKENS *et al.* 2004). Alguns autores (EASTMAN, 1985; PETERSON, 1995) enfatizam que a atenção é requerida apenas na transferência da informação da memória icônica para a memória de trabalho. No entanto, Wickens *et al.* (2004) apontam que cada estrutura de memória requer atenção para processar a informação, pois a atenção é responsável pelo processo de resposta a um estímulo. A atenção é responsável por desencadear a concentração de processos cognitivos para a realização de tarefas, como dirigir um automóvel, localizar um som (CYBIS *et al.* 2010).

Na etapa de detecção e discriminação de um estímulo visual, isto é, na percepção de um estímulo visual, a atenção é o elemento que determina a decisão do indivíduo em focar ou não determinado(s) objeto(s) em uma cena e desprezar os demais que a constitui (WICKENS *et al.* 2004). Diante disso, assume-se que não há percepção se não houver atenção. A atenção é classificada em seletiva e dividida (MACEACHREN, 1995; WICKENS *et al.* 2004). A atenção seletiva é caracterizada por priorizar um estímulo e ignorar os demais, como ocorre ao assistir TV e não ouvir o telefone tocar (MACEACHREN, 1995; WICKENS *et al.* 2004). A atenção dividida é caracterizada por priorizar dois ou mais estímulos ao mesmo tempo, os estímulos são processados em paralelo (MACEACHREN, 1995; CYBIS *et al.* 2010), como ocorre ao falar ao telefone e digitar um texto no computador, estudar ouvindo música. Portanto, a interação com sistema de guia de rota, durante a tarefa de direção de um automóvel, requer do motorista a realização do processo de atenção dividida.

### 2.3.3 Tarefa de navegação e os níveis de processamento da informação

Burnett (1998) afirma que o nível de processamento exigido pela tarefa de navegação em suas distintas fases, planejamento de rota (tarefa estratégica) e manutenção em rota (tarefa tática e tarefa operacional), pode ser compreendido a partir do modelo de Rasmussen (1986<sup>4</sup>). Este modelo aborda três níveis de processamento da informação (Quadro 1): baseado em habilidades, em regras e em conhecimento. O processamento baseado em habilidades é essencialmente sensório-motor, e é ativado na realização de tarefas rotineiras. Para executá-

---

<sup>4</sup> Rasmussen, J. Information processing and human-machine interaction: An approach to cognitive engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 215p. 1986.

las, o indivíduo requer o mínimo de recursos cognitivos e recorre aos padrões armazenados na memória de longa duração (BURNETT, 1998). Tarefas rotineiras são aquelas consideradas ‘automáticas’ pelo indivíduo, devido sua grande repetição (CYBIS *et al.* 2010). No contexto da navegação, exemplos de tarefas rotineiras são planejar a rota entre casa e o trabalho, planejar uma viagem para uma cidade já visitada outras vezes (BURNETT, 1998).

O processamento baseado em regras é acionado para atender a situações familiares, como dirigir o veículo de um amigo, navegar pelas instruções de um passageiro (BURNETT, 1998). Em tarefas familiares, o indivíduo recorre ao seu ‘*know how*’, ou seja, a uma sequência de ações memorizadas por experiência (CYBIS *et al.* 2010). O processamento baseado em regras é classificado como sendo de nível médio em termos de demanda cognitiva, na escala de um a três, isto representa dois.

O processamento baseado em conhecimento é ativado para a realização de tarefas inéditas, não familiares ao indivíduo, tal como navegar por uma rota desconhecida ou utilizar um SINGRA pela primeira vez (BURNETT, 1998). Trata-se do nível de processamento de maior exigência cognitiva, pois está relacionado ao planejamento de ações para a resolução de problemas (BURNETT, 1998; CYBIS *et al.* 2010). Diante de tarefas não familiares, o indivíduo recorre a conhecimentos obtidos em situações anteriores, e realiza um processo de inferência na tentativa de solucionar os problemas (CYBIS *et al.* 2010). Burnett (1998) afirma que a navegação por áreas pouco ou não familiares é uma tarefa que requer essencialmente o processamento baseado em regras e em conhecimento.

Quadro 1 – Relação do processamento da informação e as tarefas de navegação.

Nível de processamento da informação	Tarefa de navegação		
	Estratégica	Tática	Operacional
Processamento baseado em habilidades	Planejar a rota para ir de casa até o trabalho.	Realizar manobras em locais conhecidos.	Manipular os controles do veículo para a realização das manobras (ex.: girar o volante, acelerar, frear).
Processamento baseado em regras	Escolher entre duas rotas familiares.	Navegar auxiliado por instruções de um passageiro.	Dirigir um veículo não familiar (ex.: carro novo ou emprestado).
Processamento baseado em conhecimento	Planejar uma rota para uma viagem em local desconhecido.	Navegar auxiliado por um mapa em local desconhecido.	Manipular controles do veículo pela primeira vez (ex.: sistema de refrigeração, som, computador de bordo).

Fonte: Adaptado de Burnett (1998).

## 2.4 Ergonomia, usabilidade e carga mental de trabalho

A Associação Internacional de Ergonomia (*International Ergonomics Association – IEA*<sup>5</sup>) define ergonomia (ou fatores humanos) como uma disciplina científica dedicada ao entendimento da interação entre o homem e um sistema, bem como à aplicação de teorias e métodos no projeto de interfaces para o aperfeiçoamento dessa interação, em termos do bem estar humano e do desempenho global do sistema. A palavra ergonomia deriva do grego ‘Ergon’ que significa ‘trabalho’, e ‘Nomos’ que significa ‘normas, leis e regras’. Assim, diz-se que a ergonomia trata da adaptação do trabalho ao homem, e isto significa que seu objetivo é garantir que sistemas sejam adaptados às capacidades, limitações e necessidades do usuário, para que proporcionem usabilidade (IIDA, 2005; CYBIS *et al.* 2010).

Usabilidade é a qualidade que caracteriza a interação com um sistema (CYBIS *et al.* 2010); um termo frequentemente empregado para referenciar, mais precisamente, os atributos de um produto que o torna mais fácil de usar (NBR 9241-11, 2002). A ISO 9241-11 (1998) define usabilidade como sendo a medida na qual um sistema pode ser utilizado por usuários específicos, para alcançar objetivos específicos, com eficiência, eficácia e satisfação, em um dado contexto de uso. Segundo Cybis *et al.* (2010), a usabilidade não pode ser compreendida como uma qualidade intrínseca de um sistema, mas dependente de um acordo entre as características do usuário, da tarefa, da interface que apoia a execução da tarefa, e do ambiente no qual se realiza a tarefa.

A ISO 9241-11 (1998) afirma que a especificação ou a avaliação da usabilidade de uma interface deve ocorrer em termos de medidas de desempenho e satisfação do usuário, e que eficiência, eficácia e satisfação são as métricas de usabilidade. Portanto, ao se quantificar a eficiência, a eficácia e a satisfação de uso por uma interface, diz-se medir a usabilidade da interface. A ISO 9241-11 (1998) também ressalta que, embora a usabilidade de um sistema seja avaliada pela eficácia, eficiência e satisfação do usuário, a particularidade do contexto de uso de cada sistema é o que conduz a escolha de métodos e medidas apropriados de avaliação. No contexto de uso de sistema de guia de rota em automóvel, Pugliesi *et al.* (2013) afirmam que a usabilidade dessas interfaces é avaliada a partir da quantificação da carga mental de trabalho gerada no motorista, em decorrência da interação com esse tipo de sistema durante o desenvolvimento da tarefa de direção de um automóvel.

Uma definição simples de carga mental de trabalho é a demanda física e (ou)

---

<sup>5</sup> <http://www.iea.cc/>

cognitiva que uma tarefa gera no indivíduo (DE WAARD, 1996). No entanto, esta definição atribui a CMT somente a fatores externos, isto é, à tarefa que se realiza, desconsiderando fatores que também podem influenciar nos recursos cognitivos requeridos pela tarefa, como as características individuais (ex.: experiência) e de grupo (ex.: gênero) do indivíduo, seu estado físico e (ou) psíquico (ex.: motivação) ou, ainda, fatores relacionados com o ambiente onde se desenvolve a tarefa (ex.: condições de iluminação) (DE WAARD, 1996; YOUNG; STANTON, 2005b, 2006). Os recursos cognitivos correspondem ao uso da memória e das regras relacionadas à tarefa, as quais são importantes nas tomadas de decisões (PUGLIESI *et al.* 2013). Por essa razão, a carga mental de trabalho tem sido compreendida em termos de carga experimentada e, neste caso, três conceitos se destacam: demanda da tarefa, carga de trabalho e esforço (DE WAARD, 1996; PUGLIESI *et al.* 2013). A demanda é as metas a serem cumpridas na tarefa; a carga de trabalho é a proporção de recursos cognitivos e físicos requeridos para atender a essa demanda, e o esforço é a mobilização do indivíduo para reagir à demanda da tarefa (DE WAARD, 1996; YOUNG; STANTON, 2005b, 2006).

A complexidade da tarefa está diretamente relacionada com a demanda exigida do indivíduo. Isto significa que uma tarefa, ao gerar um alto índice de carga mental, será classificada como mais complexa comparada a uma tarefa que resulte em um baixo índice (PUGLIESI *et al.* 2013). Wickens *et al.* (2004) afirmam que à medida que a demanda de processamento aumenta, a complexidade da tarefa é maior e o índice de carga mental de trabalho cresce. A mensuração da CMT permite especificar o quanto da capacidade do sistema de processamento da informação humano é exigido pela tarefa (DE WAARD, 1996). Nessa quantificação, a memória de trabalho é uma estrutura importante, visto que o indivíduo toma as decisões somente depois de confrontar as informações recebidas pela memória icônica com os padrões retidos em sua memória permanente (WICKENS *et al.* 2004). Sendo assim, a mensuração da carga mental de trabalho do motorista, ao navegar auxiliado por um SINGRA, constitui-se em um problema central, quando o intuito é aumentar a usabilidade dessas interfaces, visando minimizar os riscos que seu uso podem causar no trânsito.

#### 2.4.1 Medidas de avaliação da carga mental de trabalho

A carga mental de trabalho pode ser determinada por meio do emprego de diferentes métodos de fatores humanos ou ergonômicos para a avaliação da usabilidade de uma interface (YOUNG; STANTON, 2005b). Todavia, no contexto de sistemas de guia de rota, os métodos mais utilizados são os cognitivos e comportamentais associados aos métodos psicofisiológicos

(PUGLIESI *et al.* 2013). Os métodos cognitivos e comportamentais são subdivididos em quatro grupos, dos quais se destacam os métodos de avaliação geral e os métodos de estimativa do índice de carga mental de trabalho subjetiva (STANTON, 2005b). Cada método emprega uma ou mais medidas de avaliação da CMT, e técnicas específicas são aplicadas na estimativa dessas medidas. As principais técnicas adotadas nos métodos de avaliação geral são a técnica de observação, análise de protocolo verbal e a aplicação de entrevistas. A técnica de entrevista é também a adotada no método de estimativa do índice de carga mental de trabalho subjetiva (STANTON, 2005b; PUGLIESI *et al.* 2013).

As medidas empregadas nos métodos de determinação da carga mental de trabalho podem ser agrupadas em três grandes classes: medidas de desempenho da tarefa (primária e secundária), medidas subjetivas e medidas psicofisiológicas (WICKENS *et al.* 2004; YOUNG; STANTON, 2005b; PUGLIESI *et al.* 2013). As medidas de desempenho da tarefa e as medidas subjetivas pertencem ao grupo de métodos cognitivos e comportamentais; a terceira classe de medida pertence aos métodos psicofisiológicos (PUGLIESI *et al.* 2013). Pode-se dizer então que, para a avaliação da usabilidade de uma interface, a carga mental de trabalho é quantificada por um conjunto de medidas objetivas e subjetivas.

A avaliação da usabilidade de interfaces de SINGRA, em termos de eficiência, eficácia e de nível de satisfação do motorista, tem sido realizada pelo seguinte conjunto de medidas: demanda visual (medida de eficiência), erro navegacional (medida de eficácia), preferência (medida do nível de satisfação) e índice de carga mental de trabalho subjetiva (medida subjetiva de desempenho) (BURNETT, 2000; PUGLIESI *et al.* 2013). Tais medidas são coletadas em função do tipo de tarefa de navegação desenvolvida durante a direção do automóvel, para que, dessa forma, se possa correlacionar o desempenho e a satisfação do motorista aos aspectos de segurança no trânsito. As interfaces de SINGRA têm sido avaliadas, sobretudo, considerando a fase de manutenção em rota, em virtude de consistir em uma tarefa que pode trazer implicações negativas para a segurança na direção, por requer do motorista um processo de atenção dividida (PUGLIESI *et al.* 2013).

#### 2.4.1.1 Demanda visual

A demanda visual refere-se a uma medida objetiva pertencente ao grupo de métodos psicofisiológicos (PUGLIESI *et al.* 2013). Quantifica-se a demanda visual do usuário para se avaliar a eficiência de uma interface (POOLE; BALL, 2005). No uso de SINGRA, a demanda visual é utilizada para avaliar as implicações que a leitura dessa interface gera no desempenho

do motorista na tarefa de direção (LABIALE, 2001; PUGLIESI *et al.* 2013). A demanda visual é definida como a ação necessária para a obtenção de informação em uma interface, sendo associada ao ‘custo visual’ do sistema (PARKES, 1991; PUGLIESI *et al.* 2013). Green (1999) estabelece a seguinte relação entre demanda visual e risco de acidente no trânsito: “o tempo gasto com os olhos em uma interface é o tempo não gasto com os olhos na via”.

A análise do movimento dos olhos é um método tradicionalmente aceito para quantificar a demanda visual e, com isso, mensurar a carga mental de trabalho para se estudar os problemas de usabilidade no contexto da Interação Homem-Máquina (TSIMHONI *et al.* 1999; POOLE; BALL, 2005). A literatura aponta um conjunto de cinco variáveis para a caracterização da demanda visual: número de olhadas, duração mínima da olhada, duração máxima da olhada, duração média da olhada e soma das olhadas (TSIMHONI *et al.* 1999; KLAUER *et al.* 2006; PUGLIESI *et al.* 2013). O ‘Número de olhadas’ é a quantidade de vezes que uma interface é consultada durante a realização de uma tarefa (TSIMHONI; GREEN, 2001; KLAUER *et al.* 2006).

A ‘Soma das olhadas’ é o tempo total gasto com os olhos fora da via para consultar uma interface (TSIMHONI; GREEN, 2001; KLAUER *et al.* 2006). A ‘Duração mínima’ da olhada refere-se ao menor tempo despedido para consultar a informação em uma interface (PUGLIESI *et al.* 2013). A ‘Duração média’ da olhada é a soma das olhadas dividida pelo número de olhadas (TSIMHONI *et al.* 1999), e representa o tempo médio requerido pelo usuário para consultar uma interface. A ‘Duração máxima’ da olhada refere-se à olhada de maior tempo de duração, no conjunto de olhadas realizadas para consultar uma interface.

A técnica de observação é a adotada para coletar os dados de movimento dos olhos do motorista durante a realização da tarefa de direção (PUGLIESI *et al.* 2013). Esta técnica é considerada apropriada, pois seu princípio é observar o indivíduo no momento em que realiza uma tarefa (tarefa principal) e, simultaneamente, interage com um produto (tarefa secundária) (STANTON *et al.* 2005b). A extração dos dados de demanda visual, em termos dessas cinco variáveis, pode ocorrer pela análise, ‘quadro a quadro’, dos vídeos de movimento dos olhos do motorista, a partir do uso de reprodutor de vídeo, como o *Microsoft Windows Movie Make*, o *Microsoft Windows Media Player* (CHING-TORNG *et al.* 2010; PUGLIESI *et al.* 2009).

#### 2.4.1.2 Erro navegacional

O erro navegacional é uma medida objetiva de desempenho na tarefa que pertence ao grupo de métodos cognitivos e comportamentais. Quantifica-se o número de erro

navegacional cometido pelo motorista, ao dirigir e utilizar um SINGRA, para se avaliar a eficácia dessa interface (PUGLIESI *et al.* 2013). O termo ‘erro navegacional’ representa o erro de direção cometido na realização de uma manobra (UANG; HWANG, 2003; PUGLIESI *et al.* 2013). Esse erro pode estar relacionado à perda da manobra, por exemplo, o motorista deixa de realizar a manobra, ou à tomada de direção errada na junção, por exemplo, o motorista manobra à esquerda ao invés de à direita (BURNETT, 1998; LIN *et al.* 2010).

Diferentes técnicas podem ser aplicadas para a determinação dos dados de erro navegacional, seja a navegação realizada em simulador de direção ou diretamente em campo (PUGLIESI *et al.* 2013). Uma técnica é a análise de protocolo verbal (OBATA *et al.* 1993), a qual tem por princípio solicitar que o indivíduo verbalize todo seu pensamento (ex.: opiniões, estratégias) durante a realização da tarefa (WALKER, 2005). Outra possibilidade é solicitar que o motorista responda, em voz alta, qual direção de manobra interpretou a partir da informação exibida no mapa, e gravar sua resposta para posterior análise (LIN *et al.* 2010). Outra técnica de coleta de dados de erro navegacional é a observação (PUGLIESI *et al.* 2013).

#### 2.4.1.3 Preferência

A preferência refere-se também a uma medida do grupo de métodos cognitivos e comportamentais, porém relacionada à classe de medidas subjetivas. Quantifica-se a preferência do indivíduo para avaliar seu nível de satisfação com um produto (PUGLIESI *et al.* 2013). Burnett (2000) e Wickens *et al.* (2004) caracterizam a preferência como as experiências relatadas pelo operador da tarefa.

As técnicas empregadas no levantamento de dados subjetivos, são os questionários e as entrevistas (PUGLIESI *et al.* 2013). Segundo Young e Stanton (2005a), uma entrevista pode ser de diferentes naturezas: não estruturada (apenas com questões abertas), semiestruturada (com questões abertas e fechadas) e estruturada (apenas com questões fechadas). A técnica de entrevista é um meio importante para se obter informação, geral ou específica, devido sua validade ecológica, isto é, “se você deseja descobrir o que uma pessoa pensa a respeito de um produto, simplesmente pergunte a ela” (YOUNG; STANTON, 2005a). Um questionário pode ser considerado uma entrevista de natureza estruturada.

A determinação da preferência por meio da aplicação de questionários é uma técnica simples e de baixo custo, que propicia correlacionar dados subjetivos com dados quantitativos de variáveis, como demanda visual e erro navegacional (PUGLIESI *et al.* 2013). Por serem de fácil coleta e estarem relacionados com a aceitabilidade do produto, os dados de preferência



podem atuar como um filtro na fase de projeto de mapas para SINGRA. Na etapa de seleção das escalas, por exemplo, o relato dos motoristas pode ser utilizado para reduzir o conjunto de mapas que será produzido para, então, terem sua usabilidade avaliada. Desta forma, apenas um subgrupo dos mapas inicialmente construídos, sejam os com maior ou menor aceitação entre os motoristas, será submetido ao processo completo de avaliação da usabilidade. Uma estratégia que pode reduzir o tempo e o custo da avaliação.

#### 2.4.1.4 Índice de carga mental de trabalho subjetiva

O índice de carga mental de trabalho é uma medida subjetiva que pertence ao grupo de métodos cognitivos e comportamentais (STANTON, 2005b). Este índice é resultado da autoavaliação que o próprio operador faz sobre seu desempenho na tarefa (BURNETT, 1998), isto é, trata-se de um índice subjetivo que faz referência ao desempenho do indivíduo em uma tarefa (BRUNEAU, 2006).

A estimativa do índice de CMT subjetiva pode ocorrer por medidas unidimensionais, multidimensionais ou pelo relato do operador da tarefa (BRUNEAU, 2006; PUGLIESI *et al.* 2013). Para obter o relato do operador, pode-se recorrer à técnica de entrevista estruturada (PUGLIESI *et al.* 2013), adotar esquemas próprios (LIU, 2000) ou adaptar técnicas existentes (OLIVER, 2007). No caso das medidas unidimensionais e multidimensionais, estas são obtidas a partir de escalas simples e múltiplas, respectivamente, sendo essas escalas exibidas em forma de questionário para o operador (BRUNEAU, 2006; YONG; STANTON, 2006).

As medidas unidimensionais são simples de serem obtidas, por adotarem apenas uma escala para quantificar a carga mental de trabalho subjetiva; porém, a desvantagem é que o resultado consiste em um único índice global de CMT. As medidas multidimensionais são consideradas mais complexas, por adotarem várias escalas para quantificar a carga mental de trabalho. Todavia, tais medidas têm a vantagem de permitir que as escalas sejam interpretadas tanto como um índice global de CMT, pela média aritmética das escalas, quanto como um índice específico de CMT, pela interpretação individual de cada escala, possibilitando identificar a provável origem da carga mental de trabalho subjetiva. (BURNETT, 1998; YONG; STANTON, 2006; PUGLIESI *et al.* 2013).

A decisão sobre qual tipo de medida adotar, se unidimensional ou multidimensional, depende de qual informação é necessária (DE WAARD, 1996; PUGLIEISI *et al.* 2013). Na estimativa da quantidade de carga colocada no sistema cognitivo humano, em virtude da realização da tarefa de direção auxiliada por SINGRA, a carga mental dos motoristas tem sido

avaliada pelo emprego de medidas multidimensionais e, neste caso, uma técnica de destaque é o NASA-TLX (*National Aeronautics and Space Administration – Task Load Index*) (DE WAARD, 1996; BURNETT, 1998; WICKENS *et al.* 2004; YOUNG; STANTON, 2005b, 2006; BRUNEAU, 2006; OLIVER, 2007; PUGLIESI *et al.* 2013). O NASA-TLX é uma técnica desenvolvida por Hart e Staveland, em 1988, para a mensuração da CMT do indivíduo no desempenho de uma tarefa, e se consistiu em um conjunto de seis escalas: Exigência Mental (EM), Exigência Física (EF), Exigência Temporal (ET), Nível de Esforço (NE), Nível de Satisfação (NS) e Nível de Frustração (NF). A definição dessas escalas está no Quadro 2.

As diferentes medidas empregadas pelos distintos métodos de fatores humanos nem sempre condicionarão com resultados similares de carga mental de trabalho (WICKENS *et al.* 2004). Por exemplo, uma interface com baixa demanda visual, baixo índice de CMT subjetiva e pouco erro navegacional pode não ser a interface preferida entre os usuários. Isto evidencia a importância de se combinar distintas medidas na quantificação da carga mental de trabalho para a avaliação da usabilidade da interface de um sistema (PUGLIESI *et al.* 2013).

Quadro 2 – Escalas multidimensionais da técnica NASA TLX.

Escala	Limite	Descrição das escalas	Exemplo de aplicação para a tarefa de navegação em automóvel
Exigência mental	Baixo - Alto	Quanto de atividade perceptiva e cognitiva, como olhar e raciocinar, são exigidas pela tarefa?	O quanto as tarefa de dirigir e consultar um mapa são perceptiva e mentalmente exigentes?
Exigência física	Baixo - Alto	Quanto de atividade física, como girar, puxar, empurrar, é exigida pela tarefa?	O quanto as tarefa de dirigir e consultar um mapa são fisicamente exigentes?
Exigência temporal	Baixo - Alto	Quanto de pressão de tempo é sentida na realização da tarefa, devido à quantidade de informação recebida e a velocidade com que a tarefa ocorre?	O quanto a tarefa de dirigir se torna rápida por ter que consultar um mapa, para obter as instruções de navegação?
Nível de esforço	Baixo - Alto	Quanto de esforço mental e físico são necessários para manter o desempenho na tarefa?	O quanto de esforço mental e físico são necessários para consultar um mapa e dirigir com segurança?
Nível de satisfação	Baixo - Alto	Quanto de satisfação é sentida ao realizar a tarefa? O desempenho na tarefa é considerado satisfatório?	Quanta satisfação é sentida ao dirigir e consultar um mapa?
Nível de frustração	Baixo - Alto	Quanto de insegurança e de estresse são sentidos ao realizar a tarefa? A tarefa gera incômodo e irritação?	O quanto de insegurança e estresse são sentidos ao dirigir e consultar um mapa?

Fonte: Adaptado de Hart e Staveland (1988), Burnett (1998) e Oliver (2007).

## 2.5 Generalização cartográfica e mapas de SINGRA em múltiplas escalas

Mapas são representações gráficas de uma realidade tridimensional rica em detalhes, e podem ser compreendidos como modelos da realidade. A concepção de mapas é uma tarefa complexa, porque envolve o processo de abstração da realidade, isto é, todo mapa é produzido com base em um processo de abstração cartográfica. A abstração é a tarefa de mapeamento na qual o cartógrafo transforma dados não mapeados em forma de mapa, ou seja, seleciona, organiza e representa as informações necessárias para atender à demanda do usuário (DENT *et al.* 2009). As duas transformações cognitivas mais importantes envolvidas no processo de abstração são generalização cartográfica e simbolização (MENEZES; FERNANDES, 2013).

A Associação Cartográfica Internacional define generalização como “a seleção e representação simplificada de detalhes apropriados à escala e (ou) ao propósito do mapa” (ICA<sup>6</sup>, 1973, p. 186). Trata-se de um processo de redução da quantidade de informação do mapa (SLOCUM *et al.* 2009), para a obtenção de uma imagem simples que possa ser eficientemente estruturada na memória de longa duração do usuário (DENT *et al.* 2009). O objetivo da generalização é a produção de mapas legíveis (SCC, 2005), isto é, a compilação de um produto que contenha informação suficiente para atender às necessidades do usuário (DENT *et al.* 2009). Portanto, a generalização é parte do processo de abstração cartográfica, o qual é desenvolvido na concepção de mapas.

### 2.5.1 Operadores de generalização e mapas de navegação

Shea e McMaster (1992) afirmam que o processo de generalização cartográfica envolve três domínios: conceitual (por que generalizar?), cartométrico (quando generalizar?) e operacional (como generalizar?). No domínio operacional (‘como generalizar?’), a literatura descreve vários tipos de operadores que podem ser empregados para desenvolver o processo de generalização (KEATES, 1989; SHEA; MCMASTER, 1992; MONMONIER, 1996; DENT *et al.* 2009; SLOCUM *et al.* 2009). A coletânea completa desses operadores pode ser encontrada em Issmael (2003). A função dos operadores de generalização se resume na omissão das feições classificadas como irrelevantes ao propósito do mapa, e na alteração das características das feições selecionadas, de modo a representá-las com legibilidade na escala definida para o mapa (MONMONIER, 1996; ISSMAEL, 2003).

---

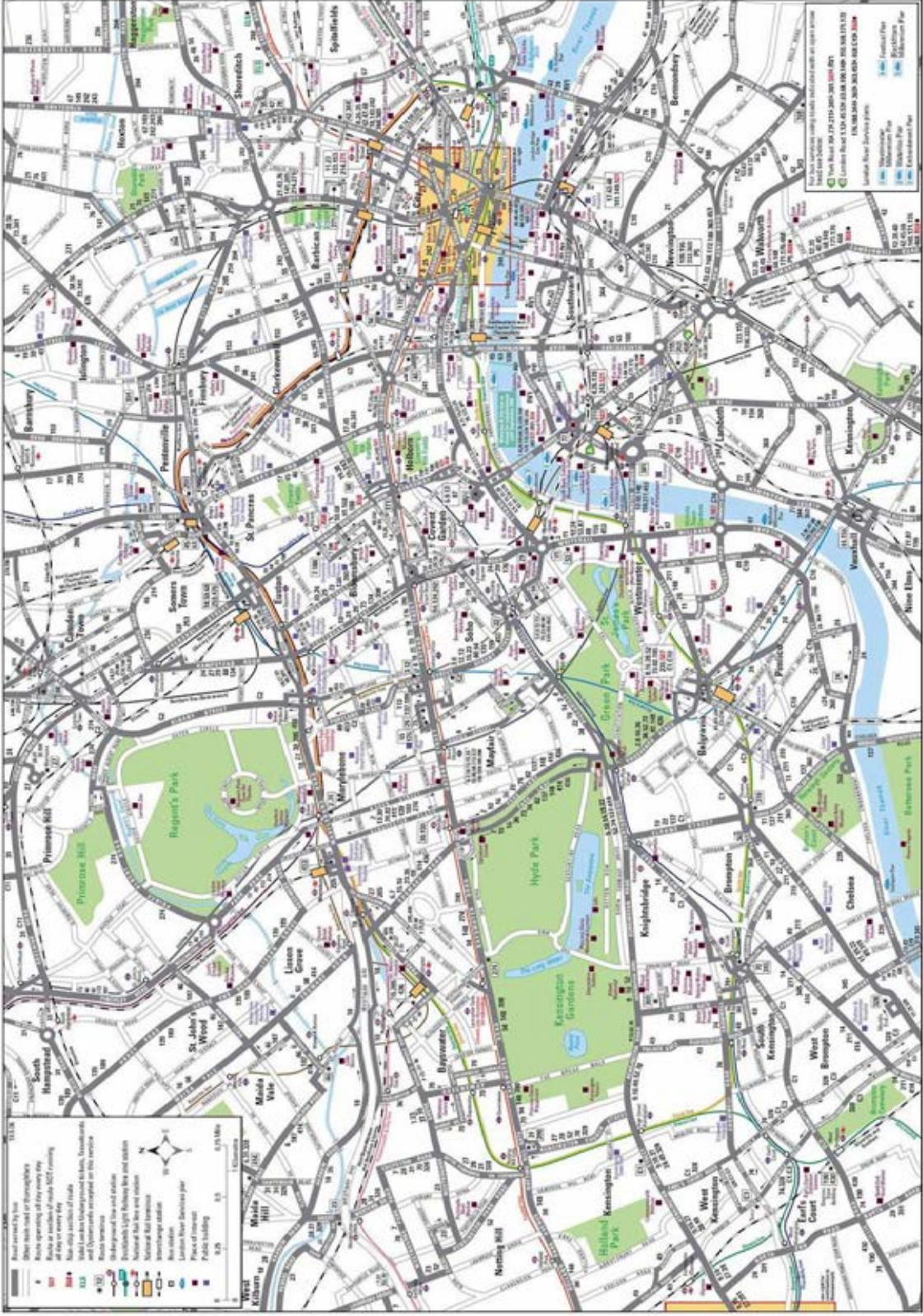
<sup>6</sup> INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION. (<http://icaci.org/>)

No contexto de mapas de navegação, tem-se observado principalmente o uso de cinco operadores: seleção, simplificação, suavização, deslocamento, e exagero. A seleção é um operador utilizado para definir as feições que o mapa deve ou não conter para atender à demanda do usuário (MONMONIER, 1996; ISSMAEL, 2003). No caso de mapas para SINGRA, isto significa estabelecer as categorias de informações que são importantes para apoiar o motorista nos distintos estágios da fase de manutenção em rota.

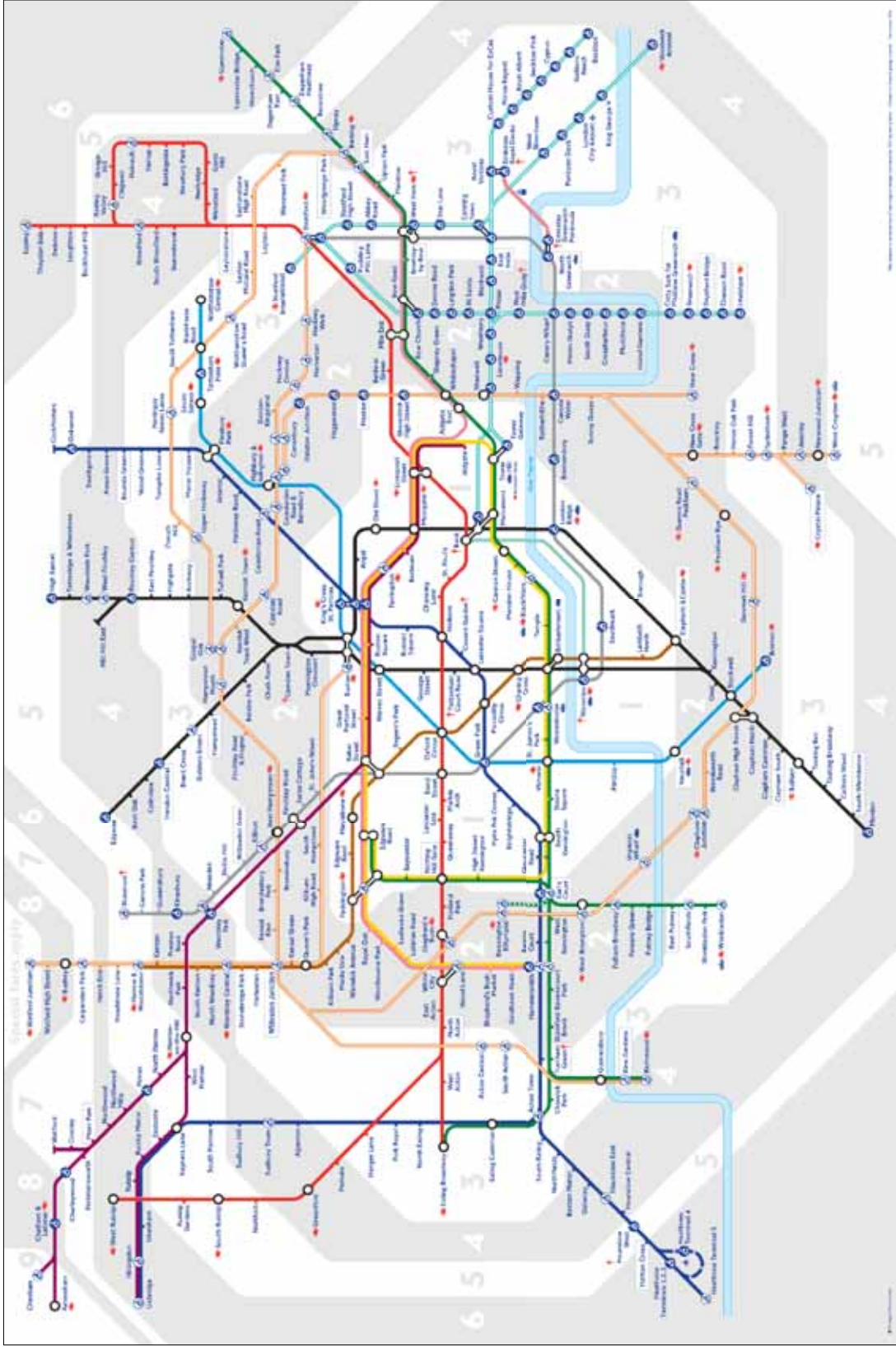
O operador de simplificação atua na eliminação de detalhes das feições (DENT *et al.* 2009), mantendo-se apenas as características julgadas necessárias para atender ao propósito do mapa (SLOCUM *et al.* 2009). Este operador age na redução da quantidade de pontos que caracterizam uma feição, sem modificar as coordenadas dos pontos mantidos (ISSMAEL, 2003). A suavização pode ser compreendida como um tipo de operador de simplificação, porém a diferença é que, ao suavizar uma feição, há a alteração na posição de todos os pontos que constitui a feição (ISSMAEL, 2003; SLOCUM *et al.* 2009). O resultado da suavização é a redução da angularidade das linhas que compõe a feição, pois há a eliminação de quebras abruptas dos segmentos que a compõe (ISSMAEL, 2003). O operador de deslocamento atua na mudança da posição de uma feição, para evitar sua coalescência com outras feições do mapa. Quanto ao operador de exagero, este aumenta o tamanho da feição para que esta seja mantida no mapa mesmo com a redução da escala (ISSMAEL, 2003; SLOCUM *et al.* 2009).

O mapa do metrô de Londres exemplifica como a generalização cartográfica pode melhorar a legibilidade de um mapa. O mapa exibido na Figura 5a representa, com grande quantidade de detalhes, parte da cidade de Londres, incluindo-se sua rede de metrô. Uma versão generalizada dessa rede de metrô é exibida na Figura 5b. Nota-se que algumas das linhas de metrô são simplificadas, por meio da remoção de pontos que as compõem, e que outras linhas são suavizadas, por meio da remoção da angularidade de seus segmentos. O resultado é eliminação dos detalhes da rede, sem descaracterizar sua geometria. Ao representar a rede de metrô com menos detalhes, o mapa possibilita o usuário identificar mais facilmente, por exemplo, a quantidade de linhas de metrô que há em Londres e qual a relação topológica entre essas linhas. O sistema de planejamento de rota 'LineDrive', desenvolvido por Agrawala (2001), consiste em outro exemplo de como os operadores de generalização podem ser aplicados para a compilação de mapas de navegação. Agrawala (2001) afirma que, em comparação a um sistema convencional de planejamento de rota (ex.: MapBlast), as rotas planejadas no sistema LineDrive (Figura 6) são simplificadas, e alguns de seus segmentos exagerados, para enfatizar determinados trechos de interesse ao motorista. O resultado é a obtenção de uma representação esquemática da rota que realça seus os detalhes relevantes.

Figura 5 – Mapa de Londres detalhado (a) e mapa do metrô de Londres (b) após o processo de generalização cartográfica.



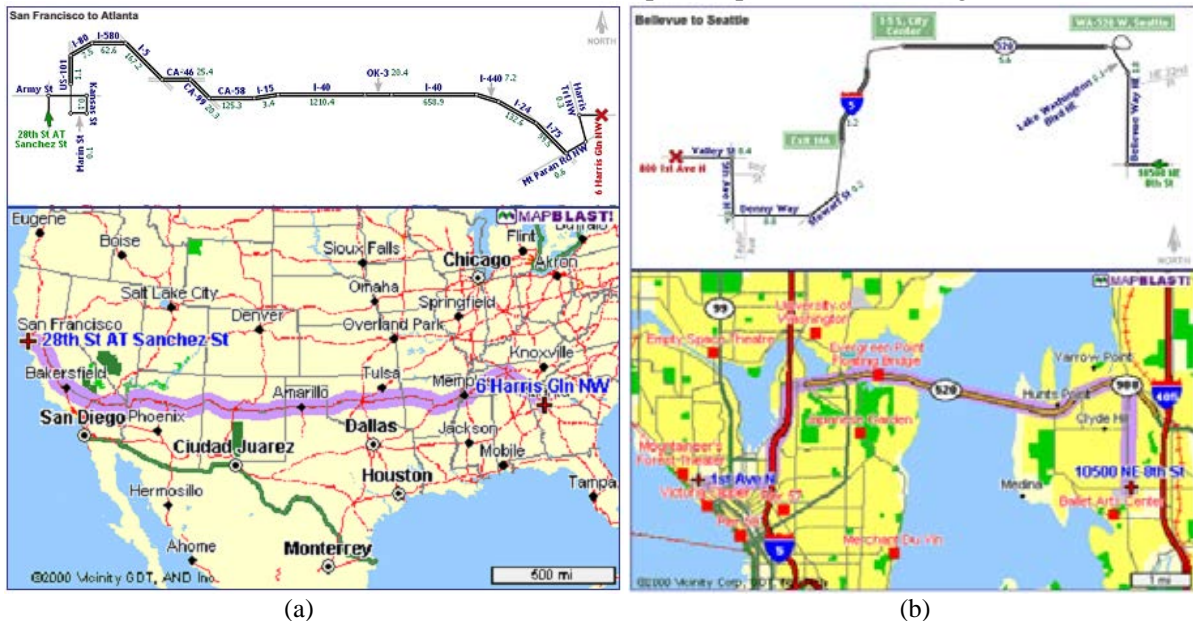
(a)



(b)

Fonte: <http://www.tfl.gov.uk/maps/track/tube>.

Figura 6 – Exemplo de rotas planejadas no sistema LineDrive, parte superior da Figura, e em um sistema convencional denominado MapBlast, parte inferior da Figura.



Em (a), planejamento da rota entre São Francisco e Atlanta e, em (b), planejamento da rota entre Bellevue e Seattle. Fonte: Agrawala (2001).

## 2.5.2 Mapas de SINGRA em múltiplas escalas

A ênfase dessa seção é apresentar o estado da arte relacionado à concepção de mapas em diferentes escalas para sistema de navegação e guia de rota em automóvel. Os trabalhos encontrados na literatura foram organizados conforme mostra o Quadro 3, e as representações cartográficas propostas por tais trabalhos estão apresentadas no Anexo C.

Um total de cinco trabalhos foi encontrado, até o momento, a respeito da produção de mapas em múltiplas escalas para SINGRA, sendo apenas um desses trabalhos realizado no Brasil. Nota-se (Quadro 3) que a informação de navegação tem sido comunicada ao motorista pelo uso da modalidade visual e do tipo mapa. A única exceção é a proposta de Marques (2011), a qual associa mensagens sonoras e seta de manobra ao mapa. De acordo com a teoria da aprendizagem multimídia, o aprendizado é favorecido pela combinação apropriada de diferentes modalidades (MORETT *et al.* 2009). A combinação de modalidade sonora e visual tem contribuído, positivamente, para o processo de comunicação da informação em SINGRA. Pesquisas apontam que, comparado ao uso da modalidade visual, as representações áudio-dinâmicas favorecem o aumento do desempenho do motorista na tarefa de navegação, em termos de redução da demanda visual, do número de erros navegacionais, do índice de carga mental de trabalho subjetiva e do aumento da preferência pelo sistema (LABIALE, 1990; LIU, 2001; JENSEN *et al.* 2010; DALTON *et al.* 2013). A principal vantagem de se associar

a modalidade sonora aos mapas de navegação é o fato do motorista reduzir o tempo de permanência dos olhos fora da via, por utilizar o som para confirmar a informação visual recebida (DINGUS; HULSE, 1993; BURNETT, 2000).

Quanto ao sistema de projeção, observa-se (Quadro 3) que os mapas de SINGRA têm sido exibidos em vista ortogonal, também denominado de mapa 2D. Testes de usabilidade mostram que os mapas em projeção perspectiva, ou mapa '3D', aumentam a demanda visual do motorista comparado aos mapas em vista ortogonal (GREEN; WILLIAMS, 1992; LIN *et al.* 2010; PEI-CHUN; SHANG-I, 2013). Embora o mapa 3D permita a visualização da área de navegação em uma perspectiva tridimensional, isto é, o mapa simula a visão que o motorista tem do mundo real, Ching-Torng *et al.* (2010) e Pei-Chun e Shang-I (2013) afirmam que há problemas de legibilidade nos mapas 3D, e argumentam que o projeto dessas representações requer aprimoramentos. As principais vantagens da navegação com mapas em vista ortogonal são possibilitar ao motorista a estimativa, com maior precisão, da sua posição na rota, da distância restante até a manobra e das distâncias entre cruzamentos de vias. Essas informações auxiliam o motorista a se manter confiante em cada trecho da rota (CHING-TORNG *et al.* 2010; SHANG-HWA *et al.* 2012; PEI-CHUN; SHANG-I, 2013).

Outra característica dos trabalhos descritos no Quadro 3 é o tipo de sistema de referência adotado para os mapas. Marques (2011) é o único que propõe mapas em múltiplas escalas com esquema de referência egocêntrico. No sistema egocêntrico, o mapa é orientado para a mesma visão que o motorista tem da via enquanto navega no veículo, ou seja, o mapa orienta as feições com base na posição do motorista na rota. No sistema de referência global, o mapa é orientado para a direção do Norte (ALM, 1990; DINGUS; HULSE, 1993). Estudos mostram que mapa egocêntrico reduz a demanda visual do usuário e minimiza o tempo de processamento da informação comparado a mapas em sistema de referência global (DINGUS; HULSE, 1993; DARKEN; CEVIK, 1999). A principal vantagem do esquema de referência egocêntrico é não exigir que o usuário realize a rotação mental para que haja congruência, em orientação, entre o mapa e o ambiente de navegação (DINGUS; HULSE, 1993; GREEN *et al.* 1995). Por favorecer o processo de busca visual, o mapa egocêntrico tem-se apresentado mais eficiente para auxiliar na tarefa de manutenção em rota (DARKEN; CEVIK, 1999).



Quadro 3 – Trabalhos relacionados com a produção de mapas em múltiplas escalas para SINGRA.

Autor - Localidade	Modalidade de comunicação	Tipo de representação	Formato de apresentação	Sistema de projeção	Sistema de referência	Mídia e escala(s) de representação	Critério(s) para seleção das escalas	Critério(s) para a mudança das escalas
Uang e Hwang (2003) - Taiwan	Visual	Mapa	Monitor de 14 polegadas	Mapa na projeção ortogonal	Sistema global: mapa orientado para a direção do Norte.	Duas escalas. Mapa na escala menor exibe até quatro quadras no monitor de 14", e mapa na escala maior exibe até duas quadras.	Tamanho da mídia de apresentação.	-
Ho e Li (2004) - Hong Kong	Visual	Mapa	Monitor <i>desktop</i>	Mapa na projeção ortogonal	Sistema global: mapa orientado para a direção do Norte.	Três escalas: 1/2.500 1/5.000 1/10.000	Sistema de classificação de vias do departamento de transporte de Hong Kong.	Posição do motorista no trecho de rota.
Lee <i>et al.</i> (2008) – EUA	Visual	Mapa	-	Mapa na projeção ortogonal	Sistema global: mapa orientado para a direção do Norte.	Duas escalas. Mapa na escala maior para o trecho de rota no qual o veículo se encontra, e mapa na escala menor para os demais trechos que compõe a rota.	Posição do motorista no trecho de rota.	Posição do motorista no trecho de rota.
Sheleiby <i>et al.</i> (2008) – Iran	Visual	Mapa	Monitor de sete polegadas	Mapa na projeção ortogonal	Sistema global: mapa orientado para a direção do Norte.	Mídia de 7". Três escalas: 1/2.000 1/5.000 1/10.000	Tamanho da mídia de apresentação.	Velocidade do automóvel na via.
Marques (2011) - Brasil	Áudio-visual	Mapa com esquema de seta	Monitor de sete polegadas	Mapa na projeção ortogonal	Sistema egocêntrico: mapa orientado para o ponto de vista do motorista na rota.	Mídia de 7". Quatro escalas: 1/1.000 1/2.500 1/5.000 1/10.000	Tamanho da mídia de apresentação e tipo de tarefa de navegação desenvolvida.	Tipo de tarefa de navegação e velocidade do automóvel na via.

Fonte: Produção do próprio autor.

Em relação à mídia selecionada para apresentação dos mapas de SINGRA, o Quadro 3 mostra que os trabalhos têm projetado os mapas para mídias de pequeno formato, com dimensão de aproximadamente sete polegadas, e que as escalas selecionadas para esses mapas têm variado entre 1:1.000 e 1:10.000. Os critérios usados na seleção dos valores de escalas têm consistido no tamanho da mídia (UANG; HWANG, 2003; LEE *et al.* 2008; SHELEIBY *et al.* 2008) e no tipo de tarefa de navegação realizada pelo motorista (MARQUES, 2011). Quanto aos critérios utilizados para definir o instante de mudança de uma escala para outra, estes têm consistido na posição do motorista na rota (LEE *et al.* 2008), na velocidade do automóvel na via (SHELEIBY *et al.* 2008; MARQUES, 2011) e no tipo tarefa de navegação (MARQUES, 2011). Na abordagem de Marques (2011), para apoiar o motorista na tarefa de manutenção em trecho de rota, são propostos mapas em duas diferentes escalas 1:10.000 e 1:5.000, e estas são alteradas em função da velocidade do automóvel no trecho de rota. Para apoiar o motorista na tarefa tática, Marques (2011) propõem mapas em outras duas escalas 1:2.500 e 1:1.000, as quais são alteradas em função da extensão do comprimento do trecho de rota visando manter a legibilidade do mapa.

A apresentação da informação por meio de mapas em múltiplas escalas tem a vantagem de possibilitar a adequação do nível de detalhamento do mapa ao contexto de direção do motorista. Marques *et al.* (2012) afirmam que um SINGRA pode exibir mapas em uma escala maior, para apoiar nas tarefas de preparação e realização de manobras, e mapas em uma escala menor, para apoiar na tarefa de manutenção em trecho de rota. Todavia, Srinivasan (1999) ressalta que a interação com mapas em diferentes escalas pode ser um fator de distração para o motorista durante a direção de um automóvel. Isto ocorre em razão de três aspectos. Primeiro, o mapa requer que o motorista relacione a mesma informação exibida em diferentes escalas, e a realização desse tipo de tarefa concomitantemente à tarefa de direção pode resultar em uma sobrecarga cognitiva no motorista (WAKABAYASHI, 2011). Segundo, a variação da escala pode exigir maior processamento cognitivo para que seja mantido a compreensão do mapa, induzindo o motorista a ter dúvidas do tipo “Estou mais próximo ou mais distante da manobra?” (HARRIE *et al.* 2002). Terceiro, a variação da escala, dissociada do tipo de tarefa de navegação, pode dificultar o motorista reconhecer os instantes em que irá receber mais ou menos detalhes da área por onde navega (SRINIVASAN, 1999). Wu e Zhang (2009), assim como Wakabayashi (2011), concluíram em um estudo sobre a tarefa de planejamento de rota, que os motoristas selecionam as escalas para os mapas de navegação de acordo com a tarefa que dever ser realizada.

Por esses motivos, tanto a seleção quanto a variação das escalas dos mapas de SINGRA devem ser realizadas em função de critérios bem estabelecidos considerando, por exemplo, as necessidades do motorista ao longo da tarefa de navegação, bem como suas capacidades perceptivas e cognitivas para a leitura de mapas. A associação do nível de detalhamento do mapa com os distintos estágios da tarefa de navegação pode ser uma decisão de projeto que promova o aumento da usabilidade de mapas SINGRA. Essa hipótese é ainda mais fortalecida se considerado a afirmação de Burnett (1998) de que, em cada estágio da navegação, o motorista estabelece metas distintas e demanda de diferentes informações para cumprir essas metas.

### **3 PRODUÇÃO DE MAPAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SINGRA**

Este capítulo trata da produção dos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, em diferentes escalas de representação, para um protótipo de SINGRA, que será avaliado em um simulador de direção. O procedimento de teste com um grupo de motoristas, no simulador, será descrito no capítulo seguinte. A produção dos mapas foi subdividida em quatro etapas: projeto cartográfico; produção das representações em diferentes escalas; teste de preferência por essas representações e implementação dos mapas no protótipo de SINGRA. Além dessas etapas, este capítulo apresenta os materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

#### **3.1 Materiais**

O conjunto de materiais se constituiu de um GPS (*Global Positioning System*) Garmin 12 XL, para a coleta de dados em campo; um *tablet* Asus ME371MG, tela de sete polegadas e resolução de vídeo de 1024 x 768 *pixels*, para a realização de testes em campo e no simulador; um telefone celular *Iphone* 4S, para a filmagem da rota em resolução *Full HD* (1280 x 720 *pixels*); uma base cartográfica, para a preparação dos mapas em diferentes escalas; e um simulador de direção, para a avaliação da usabilidade dos mapas. Quanto ao uso de *softwares*, estes consistiram em: *ArcGIS ArcInfo* 10.0, *Microsoft Windows Movie Maker*, *Windows Media Player*, *Microsoft Visual Basic* 6.0, biblioteca *ESRI MapObjects* 2.1 e *SPSS* 16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

O simulador de direção utilizado nessa pesquisa consiste em um simulador de baixo custo, com base fixa, localizado no Laboratório de Mapeamento Móvel da FCT/UNESP. Este

simulador vem sendo construído com recursos financiados pela UNESP e CAPES (Pugliesi *et al.* 2009), pela FAPESP (Processo nº. 04/15476-1) e pelo CNPq (Processo nº 159674/2012-3). O simulador é composto por uma série de equipamentos e materiais, dentre os quais: recorte de cabina de automóvel (*Renault Clio/1991*), para ser utilizado como veículo no teste de simulação; projetor multimídia e tela de projeção, para a reprodução de vídeos gravados em campo; câmaras, para a coleta dos dados de demanda visual; protótipo de SINGRA; monitor de navegação (Xenarc MDT X7000), de tela de sete polegadas e resolução de vídeo de 1024 x 768 *pixels*, para a apresentação dos mapas do protótipo; computadores com caixas de som e cabos (VGA de 15 pinos, HDMI/VGA e de áudio P2/P2), para a sincronização desse aparato.

### 3.2 Projeto cartográfico

O projeto de mapa temático é o conjunto de todo o processo mental que condiciona para soluções na fase da abstração cartográfica, de modo que o melhor projeto é aquele que propõe a solução mais eficiente e eficaz, dentre as soluções possíveis, para organizar funcionalmente os elementos no mapa (DENT *et al.* 2009). A atividade de leitura de mapa é uma tarefa complexa, porque envolve identificação, análise e interpretação de padrões (DENT *et al.* 2009), e dificuldades nesse processo pode sobrecarregar o sistema de processamento de informação humano. Uma das principais contribuições da Cartografia nos últimos 40 anos é o fato de reconhecer que os usuários são diferentes entre si, e que utilizam suas experiências e habilidades cognitivas no processo de leitura de mapa (DENT *et al.* 2009). No intuito de reduzir a demanda cognitiva e o tempo de leitura exigidos do usuário, uma alternativa é desenvolver proposições de projeto cartográfico em função tanto do propósito do mapa quanto das habilidades dos usuários. Um projeto centrado no uso, adaptado às necessidades e características dos usuários, pode facilitar o processo de recuperação das informações retidas na memória de longa duração, e minimizar o nível de processamento exigido da memória de trabalho ao realizar o processo de reconhecimento de padrões (CYBIS *et al.* 2010).

Com o intuito de conceber mapas legíveis, que atendam às necessidades do motorista na realização da tarefa de navegação, o projeto dos mapas em diferentes escalas foi dividido em duas fases: projeto de composição geral e projeto gráfico. Na primeira, fez-se a especificação das variáveis interdependentes em função das demandas do motorista na tarefa de navegação. As variáveis interdependentes consistiram na seleção da área de estudo, seleção e organização das informações de navegação, definição da mídia de apresentação e seleção das escalas de representação. Na segunda fase, fez-se a definição da simbologia e o leiaute

dos mapas. Essas duas fases foram interligadas por um processo de retroalimentação, o qual compreendeu a prototipagem e avaliação preliminar dos mapas, para a verificação de possíveis refinamentos ou reformulações no projeto cartográfico, com a finalidade de favorecer a comunicação da informação aos motoristas. No desenvolvimento de ambos, projeto de composição geral e projeto gráfico, consideraram-se as recomendações de Keates (1989), Dent *et al.* (2009) e Slocum *et al.* (2009), bem como os resultados obtidos por Pugliesi (2007) e Marques (2011) relacionados ao projeto de mapas para um protótipo de sistema de guia de rota em automóvel.

### 3.2.1 Projeto de concepção geral

#### 3.2.1.1 Seleção da área de estudo e rota experimental

O estudo de caso selecionado para este trabalho é a cidade de Álvares Machado, a qual está localizada na região de Presidente Prudente, oeste do estado de São Paulo. A seleção dessa área de estudo se justifica por quatro razões. Primeiro, por apresentar uma malha viária com uma diversidade no tipo de vias, em termos de geometria e pontos nodais, possibilitando reproduzir as situações que os motoristas enfrentam no dia a dia, ao navegarem por ambiente urbano com automóvel. Segundo, por consistir em uma cidade com o potencial de ser pouco conhecida pelos participantes do teste com o protótipo de sistema de guia de rota. A recomendação da literatura (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; PUGLIESI *et al.* 2009) é avaliar a interface de SINGRA ao apoiar a tarefa de navegação em áreas pouco familiares. A familiaridade com a área de navegação influencia na forma como os motoristas interagem com SINGRA (EI-WEN LO *et al.* 2011). Terceiro, por Álvares Machado ceder uma base cartográfica de vias<sup>7</sup>, com precisão adequada para a navegação. Quarto, por ser uma área próxima (8km) à cidade de Presidente Prudente, sede da pesquisa, viabilizando o levantamento dos dados em campo.

A rota experimental selecionada na cidade de Álvares Machado possui uma extensão de 3,4 km e é composta por um total de 13 manobras, das quais oito foram classificadas como manobras simples, e cinco como manobras complexas. Manobras simples são junções onde o motorista possui somente a opção de virar à direita, à esquerda ou de seguir em frente ao

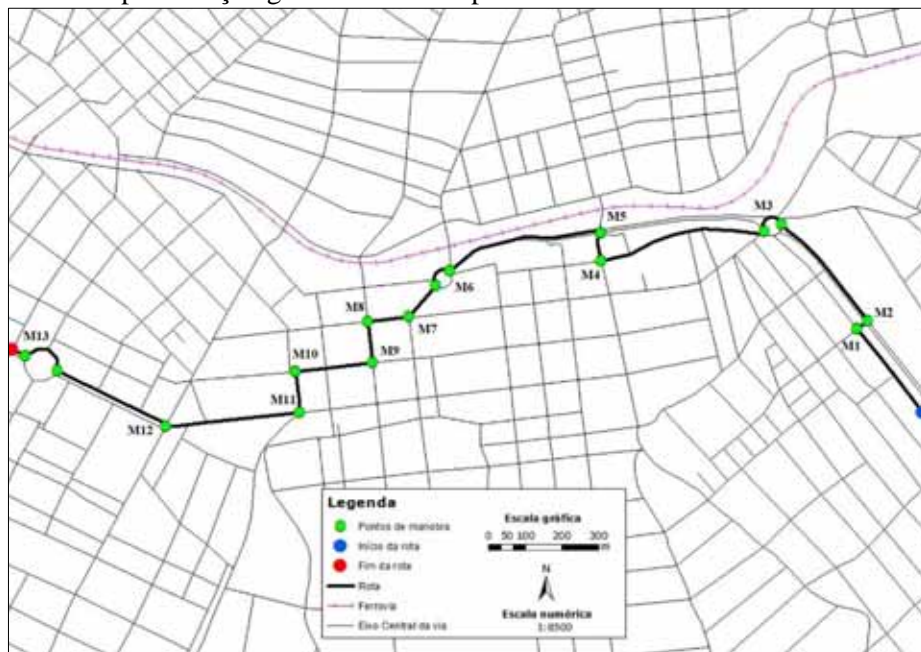
---

<sup>7</sup> A base cartográfica de vias foi disponibilizada pela prefeitura de Álvares Machado na escala 1:1.000. Esta base foi obtida a partir de um levantamento geodésico no sistema de referência WGS84 e sistema de projeção UTM.

chegar ao encontro das vias (LABIALE, 2001; PUGLIEISI *et al.* 2009). Manobras complexas são junções que oferecerem várias possibilidades de vias de saída ou que apresentam trechos sinuosos antes ou após a junção, os quais podem dificultar o processo de decisão sobre qual via tomar (GREEN *et al.* 1995; BURNETT, 1998; LABIALE, 2001). Um exemplo de manobras complexas são as rotatórias (BURNETT, 2000). A rota experimental possui três manobras em rotatória, com diferentes números de vias de saída em cada uma.

A seleção da rota é uma decisão importante na avaliação de interfaces de sistemas de guia de rota, pois influencia diretamente quantidade e qualidade de informações envolvidas no projeto dos mapas (BURNETT, 1998; PUGLIESI, 2007). Diante disso, dois critérios foram utilizados na seleção da rota experimental: a variação no nível de complexidade da manobra e a variação no comprimento dos trechos que compõe a rota. Uma rota formada por manobras simples e complexas, bem como por trechos curtos e longos, possibilita avaliar a usabilidade dos mapas nos diferentes contextos da navegação; seja na tarefa tática relacionada a manobras com distintos níveis de complexidade; seja na tarefa de manutenção em trecho de rota relacionada a trechos curtos e longos, os quais são caracterizados por possuir manobras mais próximas entre si e mais distantes umas das outras, respectivamente. A partir da análise do leiaute das vias da malha viária da cidade de Álvares Machado, definiu-se que um trecho de rota curto possui extensão inferior a 300 metros de comprimento. A representação gráfica da rota experimental, com destaque para os 13 pontos de manobra, está apresentada na Figura 7. A descrição dos atributos dessas manobras, encontra-se no Quadro 4.

Figura 7 – Representação gráfica da rota experimental na cidade de Álvares Machado.



Fonte: Produção do próprio autor.

Quadro 4 - Atributos das 13 manobras da rota experimental.

Nome da manobra	Tipo de ponto de decisão	Número de vias de saídas	Direção da manobra	Complexidade da manobra
M1	Cruzamento em X	Três vias de saída	À direita	Simplex
M2	Cruzamento em T	Duas vias de saída	À esquerda	Simplex
M3	Rotatória	Sete vias de saída	4ª saída na rotatória	Complexa
M4	Cruzamento em X	Três vias de saída	À direita	Simplex
M5	Cruzamento sinuoso	Três vias de saída	À esquerda, após o cruzamento sinuoso	Complexa
M6	Rotatória	Cinco vias de saída	3ª saída na rotatória	Complexa
M7	Intersecção	Três vias de saída	À direita	Simplex
M8	Cruzamento em X	Duas vias de saída	À esquerda	Simplex
M9	Cruzamento em X	Três vias de saída	À direita	Simplex
M10	Cruzamento em X	Duas vias de saída	À esquerda	Simplex
M11	Intersecção	Três vias de saída	1ª saída à direita	Simplex
M12	Intersecção	Três vias de saída	Direita e, em seguida, esquerda	Complexa
M13	Rotatória	Quatro vias de saída	2ª saída na rotatória	Complexa

Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.2.1.1.1 Levantamento dos dados

Para a realização do teste no simulador de direção se fez necessário a coleta de dados em campo. Os dados coletados consistiram na filmagem da rota experimental e no registro do posicionamento do automóvel nesse trajeto. O levantamento ocorreu no dia 11 de maio de 2013, por volta do meio-dia, com o sol próximo ao zênite. Fez-se a filmagem em dia ensolarado, para se obter um vídeo com o mínimo de sombras, seja das feições naturais ou das construções urbanas, o que garantiu boa qualidade de apresentação das imagens (Figura 8).

Para o levantamento dos dados, utilizou-se um automóvel, o aparelho de telefone celular *iPhone 4S* e o GPS *Garmin 12 XL*. O automóvel percorreu a rota, respeitando a velocidade máxima permitida na via, e os vidros do veículo foram mantidos abertos, para possibilitar tanto a gravação dos sons do motor quanto do ambiente externo. Esses cuidados foram tomados no intuito de aumentar a sensação do participante de estar envolvido na tarefa de navegação, durante a etapa de experimentação no simulador de direção.

O telefone celular foi utilizado na filmagem da rota (resolução *Full HD*), e o GPS *Garmin 12 XL* no registro do deslocamento do automóvel pela rota (coordenadas e velocidade de deslocamento). Esse registro ocorreu de maneira sincronizada com a filmagem da rota. Para gravar o vídeo com a mesma orientação do ponto de vista do motorista na direção do automóvel, o celular foi fixado no para-brisa do veículo, usando um suporte convencional, e sua câmara direcionada para o centro da via, no modo de paisagem. Para coletar os dados com

o GPS Garmin 12 XL, utilizou-se o formato NMEA 2.0, pois é o formato usado no protótipo de SINGRA. O NMEA<sup>8</sup> (*National Marine Electronics Association*) é um conjunto de especificações de dados, para a comunicação de dispositivos de navegação (NMEA, 2014).

Figura 8 – Trecho da filmagem da rota experimental.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.2.1.2 Seleção e organização das informações

O conjunto de informações selecionado para os mapas em diferentes escalas está apresentado no Quadro 5. A seleção dessas informações segue as recomendações da literatura a respeito das categorias de informações que os mapas de SINGRA devem conter, para apoiar o motorista na tarefa de navegação, conforme descrito na seção 2.2.2. Fez-se a organização das categorias de informação em função dos elementos de informação, do nível de medida, da dimensão espacial dos elementos e do nível de hierarquia visual, esta no intuito de auxiliar a etapa de projeto gráfico, quanto às decisões de formação de figura-fundo.

O elemento de informação ‘automóvel’ é apresentado em mapas de SINGRA com a finalidade de informar a localização do motorista em cada trecho da manutenção em rota (PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012). Essa categoria de informação pode auxiliar o motorista em dois estágios da navegação: confiança e orientação. Isto porque, a partir do reconhecimento de sua posição na rota, o motorista pode avaliar se percorre a rota planejada, bem como relacionar sua posição atual com outros elementos da rota, como o destino final.

---

<sup>8</sup> <http://www.nmea.org/>



A seta de manobra é um elemento com a função de enfatizar a posição e a direção da manobra na rota (PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012), e isto pode auxiliar o motorista no estágio de identificação, no qual a meta é compreender a direção da manobra. Além disso, a relação entre a posição do automóvel e a localização da seta possibilita a comunicação da informação de distância até a manobra, uma informação que pode apoiar no estágio de pré-visualização. Ambos, seta de manobra e automóvel, são representados em mapas de SINGRA como elementos pontuais, e a diferenciação entre tais elementos tem ocorrido pelo uso da variável visual forma (PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012).

Quadro 5 – Categorias de informação selecionadas para os mapas de SINGRA.

Categoria de informação	Elemento de informação	Nível de medida	Dimensão espacial	Hierarquia visual
Localização na rota	Automóvel	Nominal	Ponto	1 <sup>a</sup>
Posição e direção da manobra	Seta de manobra			1 <sup>a</sup>
Indicação do trajeto na malha viária	Rota	Ordinal	Linha	2 <sup>a</sup>
Contexto espacial	*Malha viária: Vias principais Vias secundárias		Linha	3 <sup>a</sup>
	Quadras		Classe única	Área
	Linha férrea	Classe única	Linha	4 <sup>a</sup>

Obs.: A malha viária foi subdividida em vias principais (ex.: avenidas) e vias secundárias (ex.: vias locais).

Fonte: Produção do próprio autor.

O elemento de informação ‘rota’ é representado para descrever o trajeto entre o ponto de origem e de destino (PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012). Ao se destacar a rota na malha viária, pode-se auxiliar o motorista no estágio de confiança, por facilitar a percepção do trajeto em desenvolvimento. O realce da rota nos mapas de SINGRA tem sido realizado a partir da criação de uma hierarquia visual com os elementos da malha viária, por meio do uso de variáveis visuais como valor, cor-valor e (ou) tamanho (HO; LI, 2004; PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012).

As quadras, malha viária e linha férrea foram elementos selecionados com a função de oferecer contexto de direção aos motoristas, assim como a toponímia de vias. Segundo Pugliesi *et al.* 2014, a toponímia é um tipo de informação que os motoristas esperam obter em mapas de SINGRA. Dey (2001) define ‘contexto de direção’ como as informações do ambiente que são importantes para auxiliar o motorista na navegação. Cabe ressaltar que, em Álvares Machado, a ‘linha férrea’ é uma importante feição geográfica para a cidade, porque a divide em duas grandes regiões, região a leste da linha férrea e região a oeste da linha.

Por se tratar de representações áudio-dinâmicas, a informação sonora selecionada para os mapas de SINGRA consistiu em um som de *beep*. O *beep* foi utilizado como uma forma de manipular o sentido auditivo do motorista, para apreender sua atenção para o mapa no início da tarefa táctica, de modo que as informações relacionadas à próxima manobra fossem recebidas. O disparo do *beep* ocorreu em sincronia com a exibição dos mapas dinâmicos, quando o automóvel se encontrava a 100 metros ou menos da manobra, conforme abordagens de Pugliesi (2007) e Marques (2011). Optou-se por não utilizar mensagens de voz (ex.: ‘Vire à esquerda’), para que se pudesse avaliar a carga mental de trabalho dos motoristas somente relacionada à interação com as representações visuais em diferentes escalas.

### 3.2.1.3 Formato de apresentação dos mapas

As representações cartográficas foram produzidas para uma mídia de sete polegadas, na resolução de 1024 por 768 *pixels*. Optou-se por selecionar uma mídia nessa dimensão, pois as mídias de pequeno formato, variando de três a sete polegadas, vêm sendo o padrão adotado para os sistemas de guia de rota, e dentre as razões estão o tamanho adequado para uso dentro dos automóveis e a redução dos custos do sistema (QUARESMA; MORAES, 2011; LI *et al.* 2012). As especificações técnicas da mídia selecionada estão apresentadas no Anexo D.

### 3.2.1.4 Definição das escalas de representação

No processo de concepção de mapas, uma das variáveis interdependentes que mais traz consequências ao potencial do mapa enquanto meio de comunicação é a definição da escala (DENT *et al.* 2009; SLOCUM *et al.* 2009). A escala, ou proporção de redução dos detalhes do mundo real, é um fator crítico no projeto de mapas porque determina a seleção, generalização e representação das feições (DENT *et al.* 2009). Dentre os fatores que controlam a definição da escala, pode-se destacar o propósito do mapa, isto é, ‘qual a necessidade do usuário ao interagir com o mapa?’, o formato da mídia de apresentação e o nível de detalhamento da informação para atender a demanda do usuário (SSC, 2005; DENT *et al.* 2009). Portanto, a escala apropriada será a que permite representar, com legibilidade, na mídia selecionada, as informações relevantes para atender às demandas do usuário do mapa.

O propósito dos mapas de SINGRA é auxiliar o motorista desenvolver a manutenção em rota em áreas urbanas pouco ou não conhecidas. Assim, a necessidade do usuário está em compreender as informações apresentadas pelo sistema, de maneira a realizar com eficiência e

eficácia cada tarefa que compõe a fase de manutenção em rota, especialmente a tarefa tática, a qual tem o efeito de sobrecarregar o sistema de processamento da informação humano.

Segundo Lavie *et al.* (2011), os mapas de sistemas de guia de rota, em geral, contêm informações irrelevantes à tarefa de navegação, e isto dificulta o motorista compreender as informações essenciais para a manutenção em rota. Quanto maior a densidade de informação em uma interface, maior é a carga mental gerada no motorista e, conseqüentemente, menor é a usabilidade do sistema (BURNETT; DONKOR, 2012; LAVIE; ORON-GILAD, 2013). Além da densidade de informação, Quaresma e Moraes (2011) apontam que o tamanho reduzido da mídia é outro fator que contribui para a ocorrência de problemas de usabilidade nas interfaces de SINGRA. Para que uma interface visual possa ser eficiente, uma importante característica é que a interface seja equilibrada, isto é, o mapa não deve apresentar excesso e tampouco falta de informação (HO; LI, 2004; MARQUES *et al.* 2012). Outro aspecto é evitar a produção de mapas complexos, e isto corresponde a representações que dificultam a compreensão do conteúdo de interesse, seja por não estarem adequadas às necessidades dos usuários ou por apresentarem projetos gráficos inadequados (PUGLIESI *et al.* 2013).

Sendo assim, no intuito de produzir mapas eficiente e eficazes para atender às demandas dos motoristas na manutenção em rota, fez-se a seleção das escalas para os mapas do protótipo de SINGRA em duas grandes etapas. Na primeira, o objetivo foi responder a seguinte questão: ‘Os mapas exibidos pelos sistemas de guia de rota disponíveis no Brasil são apresentados em quais escalas, e o nível de detalhe dos mapas pode ser considerado apropriado para auxiliar o motorista na tarefa de maior demanda cognitiva, a tarefa tática?’. Na segunda etapa, o objetivo foi realizar uma análise visual de mapas projetados em diferentes escalas, em função dos diferentes estágios da fase de manutenção em rota, para identificar se o nível de generalização estabelecido ao mapa auxilia o motorista a cumprir as metas que possui em cada um desses estágios.

Para responder a questão da primeira etapa, realizou-se um teste em campo um conjunto de três sistemas de guia de rota vendidos no Brasil. O teste foi realizado pelo experimentador da pesquisa, a partir da navegação em automóvel por rotas urbanas, com cada sistema selecionado. Os sistemas utilizados exibem mapas em mídia de pequeno formato, com dimensão entre 4,3” e 5”. Os resultados revelam que os sistemas não selecionam valores similares de escala para os mapas, ainda que a mídia seja de tamanho similar, mas sim adotam uma grande amplitude de valores, variando entre 1:2.000 e 1:15.000, nos 300 metros finais até a manobra. Os resultados também apontam que os sistemas alteram a escala do mapa em função da distância do automóvel até a manobra, sem considerar o tipo de tarefa de navegação

realizada ou o nível de complexidade da manobra. Outro aspecto é o fato dos mapas não serem generalizados com a redução da escala, o que se constatou foi apenas a omissão de alguns elementos associados às feições do mapa como, por exemplo, a toponímia de vias. A partir da identificação do conjunto de informações que os mapas exibem, associada a falta de generalização que apresentam, concluiu-se que os sistemas apresentam mapas com baixa legibilidade ao instruir o motorista na tarefa de navegação. Além disso, constatou-se que o excesso de informação nos mapas não é condizente ao limite de armazenamento da memória de trabalho humano. Os resultados obtidos nesse teste oferecem indícios de que o uso de SINGRA comerciais, exibindo mapas em diferentes escalas, possa estar sobrecarregando o sistema de processamento do motorista, e isso pode trazer implicações negativas no trânsito. A descrição completa dos procedimentos desse teste, a análise e discussões dos resultados estão apresentadas no Apêndice A, em forma de artigo. Este artigo foi submetido, aceito e publicado no periódico 'Revista Brasileira de Cartografia' (v.1, n. 66. p- 195-207, 2014).

Para realizar a segunda etapa, fez-se a projeção das quadras da cidade de Álvares Machado, na tela do monitor de 7", considerando os valores de escalas identificados na etapa anterior, mas apenas para os valores variando de 1:2.000 a 1:15.000, os quais corresponderam ao automóvel localizado a 300 metros ou menos da manobra (Apêndice A). Fez-se a projeção das 13 manobras da rota experimental nas diferentes escalas, para três instantes da navegação: o automóvel posicionado a mais de 100 m da manobra, representando a tarefa de manutenção em trecho de rota, o automóvel posicionado a 100 m ou menos da manobra, representando o início da tarefa tática, e o automóvel posicionado imediatamente depois da manobra, representando o fim da tarefa operacional. Optou-se por representar o início da tarefa tática por ser a tarefa de maior demanda cognitiva para o motorista, portanto, crítica para a usabilidade de mapas de SINGRA. Deve-se ressaltar que o projeto cartográfico adotado para os mapas na realização dessa análise visual é o proposto por Marques (2011), pois se trata de um projeto construído com base nos princípios da comunicação cartográfica. Os resultados obtidos na análise visual (Apêndice B), sugerem que mapas exibidos na mídia de 7" em escala maior que 1:3.000 podem não ser eficientes para auxiliar no estágio de pré-visualização, pois o mapa não favorece o motorista formar uma imagem mental do leiaute da próxima manobra. Por outro lado, mapas exibidos em escala menor que 1:6.000 podem não ser eficientes para auxiliar no estágio de identificação, por prejudicar a relação de distância até a manobra, a qual é estabelecida entre a posição automóvel na rota e a posição da manobra na via. Além disso, mapas exibidos em escala menor que 1:6.000, na mídia de 7", apresentam problemas de legibilidade, por ocorrer coalescência entre alguns símbolos do mapa, como entre a seta de

manobra e o automóvel, o que pode dificultar a compreensão da direção da manobra. Para corroborar os apontamentos dessa análise visual, bem como adotar escalas similares às empregadas para os mapas de SINGRA comerciais, optou-se por pré-selecionar quatro escalas para os mapas do protótipo de SINGRA, quais sejam 1:1.000, 1:3.000, 1:6.000 e 1:10.000.

### 3.2.2 Projeto gráfico



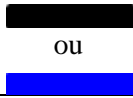
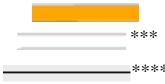


Um mapa temático é um instrumento de comunicação visual, e os elementos que o constitui são denominados de elementos visuais. Para facilitar a comunicação da informação, esses elementos devem ser organizados em uma composição funcional, isto é, sob a perspectiva do propósito do mapa e das características do usuário (DENT *et al.* 2009). Dent *et al.* (2009) afirmam que a eficiência e a eficácia de um projeto gráfico são dependentes da capacidade de organização hierárquica que se impõe aos elementos do mapa, para atender às necessidades de usuários.

O projeto gráfico dos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, em diferentes escalas é baseado no projeto de um protótipo de SINGRA em desenvolvimento na FCT-UNESP desde 2007, por Pugliesi (2007) e Marques (2011). Neste protótipo, a representação gráfica dos elementos visuais é realizada com base nos princípios de agrupamento perceptivo e de segregação de figura e fundo, por meio do uso da técnica de contraste aplicada às variáveis visuais (ex.: matiz da cor). Tais princípios são recomendados por MacEachren (1995), Dent *et al.* (2009) e Slocum *et al.* (2009). Uma versão preliminar do projeto gráfico se encontra no Quadro 6. É importante ressaltar que o tamanho dos elementos, como rota, seta de manobra e automóvel, foi alterado de acordo com as escalas pré-definidas (1:1.000, 1:3.000, 1:6.000 e 1:10.000), isto para manter a legibilidade dos símbolos na mídia de sete polegadas. O leiaute da interface do protótipo de SINGRA foi mantido similar neste trabalho e está no Anexo E.

O projeto gráfico dos elementos ‘malha viária’, ‘automóvel’ e ‘linha férrea’ é similar ao projeto de Marques (2011). Para a criação de uma ordem visual entre a rota e a malha viária (vias principais e secundárias), utilizou-se a variável visual tamanho. A diferenciação e ordenação entre as vias principais e secundárias foi estabelecida pelo uso da variável visual cor-valor, associada à variável tamanho. Green *et al.* (1995) recomendam diferenciar as classes de vias no mapa e, para isto, sugerem variar a espessura das linhas, de modo que as vias simbolizadas com maior espessura representem as de maior importância na cidade (ex.: de maior largura, velocidade ou maior fluxo).

Quanto ao projeto gráfico dos elementos seta de manobra e rota, conforme mostra o Quadro 6, fez-se a pré-seleção de dois matizes, o verde e o vermelho, para a representação da seta de manobra, e o preto e o matiz azul, para a representação da rota. O objetivo de pré-selecionar diferentes cores para esses elementos foi aprimorar o projeto gráfico do protótipo de SINGRA apresentado por Pugliesi (2007) e Marques (2011), quanto à cor selecionada para esses elementos. O aprimoramento do projeto ocorreu por meio de um teste de preferência, com um grupo de motoristas. O procedimento de avaliação está descrito na seção seguinte.

Quadro 6 – Projeto gráfico para os mapas de SINGRA.

Elementos de informação	Variável visual	Variável visual cor no sistema R-red, G-green, B-blue	Representação gráfica
Automóvel	Forma	(255, 0, 99)	
Seta de manobra		(0, 255, 0) ou (255, 0, 0)*	
Rota	Tamanho	(0, 0, 0)** ou (0, 0, 255)	
Malha viária: Vias principais Vias secundárias		(255, 166, 0) (255, 255, 255) ou (0, 0, 0)	
Quadras: Preenchimento Contorno	-	(240, 240, 240) (255, 255, 255)	
Linha férrea	-	(230, 0, 200)	

\* Matiz da cor selecionada para representar a seta de manobra no protótipo de SINGRA de Pugliesi (2007) e Marques (2011).  
\*\*Representação da rota no protótipo de SINGRA de Pugliesi (2007) e Marques (2011). \*\*\*Representação das vias para o mapa nas escala1:3.000 e 1:1.000. \*\*\*\*Representação das vias para o mapa nas escalas 1:10.000 ou 1:6.000.

Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.2.2.1 Avaliação da preferência de cor para a rota e seta de manobra em mapas de SINGRA

Optou-se por aprimorar os símbolos dos elementos de informação rota e seta de manobra com relação ao uso da variável visual cor por três razões. Primeiro, porque os resultados do estudo com os SINGRA comerciais (Apêndice A) revelaram que esses sistemas adotam diferentes projetos gráficos para os mapas. Segundo, porque tanto a rota quanto a seta de manobra consistem em importantes elementos de informação em mapas de SINGRA (PUGLIESI *et al.* 2009; MARQUES *et al.* 2012). Terceiro, porque a cor é uma das variáveis visuais mais importantes para a comunicação visual, devido sua alta capacidade seletiva para criação e separação de grupos distintos (DENT *et al.* 2009; SLOCUM *et al.* 2009; MATINELLI, 2011).

Um total de 54 motoristas (27 homens e 27 mulheres) participou de um experimento realizado em um automóvel estacionado. Os mapas apresentados aos motoristas foram preparados no *ArcGIS*. A exibição dos mapas ocorreu em forma de apresentação no *Power Point*. Para auxiliar o processo de avaliação, uma série de documentos foram elaborados, os quais se encontram no Apêndice C. A descrição completa dos procedimentos de teste, dos resultados obtidos e das discussões e conclusões realizadas estão apresentadas no Apêndice D, em forma de artigo. Este artigo foi submetido, aceito e publicado no periódico *Boletim de Ciências Geodésicas* (v.20, n. 2. P- 317-333, 2014).

Os resultados do teste de preferência indicam que 78% dos motoristas preferiram visualizar a rota em preto, e 93% a seta de manobra no matiz verde. A preferência não foi influenciada pelo gênero do motorista, isto é, homens e mulheres apresentaram preferência similar, seja pela cor da rota ou da seta de manobra. As justificativas pela preferência, para ambos os elementos, rota e seta, encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Concluiu-se que a preferência dos motoristas foi influenciada por fatores como agrupamento perceptivo por cor, forma e proximidade, associação subjetiva ou convencional, e pelo nível de contraste entre as feições do mapa. A partir dos resultados obtidos no teste, definiu-se que os mapas em diferentes escalas seriam exibidos no protótipo de SINGRA representando rota de navegação em preto e seta de manobra no matiz verde (RGB = 0,255,0).

Tabela 1 – Síntese dos comentários dos 54 motoristas sobre a cor da rota.

Rota	Comentários	Interpretação dos comentários	Frequência dos comentários
Preto	Se associa com a cor do asfalto; faz referência ao trajeto que percorri e ainda devo percorrer.	Fortalece a relação entre o referente e o significante.	8 (15%)
	Apresenta-se realçada no mapa; mais forte; chama mais a atenção; mais nítida; maior contraste com o fundo do mapa.	Favorece a segregação de figura e fundo, por aumentar o contraste no mapa.	23 (43%)
Matiz azul	Se destaca mais no mapa	Aumenta o contraste com as vias urbanas do mapa.	13 (24%)
	Azul se associa a água; confunde com o rio.	Relação equivocada entre o referente e o significante.	31 (57%)

Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 2 – Síntese dos comentários dos 54 motoristas sobre a cor da seta.

Seta	Comentários	Interpretação dos comentários	Frequência dos comentários
Verde	Se destaca mais no mapa; se destaca mais em relação à rota em preto e as vias em laranja; chama mais atenção para a manobra.	Favorece a segregação de figura e fundo, por aumentar o contraste no mapa.	41 (76%)
	Remete a instrução de autorização para prosseguir; passagem livre; siga em frente; trânsito livre; se associa à luz verde dos semáforos.	Favorece a associação com diversos tipos de sinais de trânsito.	10 (19%)
Vermelha	Se associa à instrução de pare; remete a instrução de direção errada, proibido; perigo.	Favorece a associação com sinais de natureza similar.	8 (15%)
	Confunde com a cor do automóvel; carro e seta na mesma cor tira o foco da seta.	Desfavorece a segregação entre seta e automóvel.	14 (26%)
	Mantém relação com o automóvel	Favorece o agrupamento por cor entre seta e automóvel.	1 (2%)
	Identifica melhor a manobra; mais fácil de ver; chama mais a atenção.	Aumenta o contraste da manobra em relação aos demais elementos do mapa.	3 (6%)

Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.3 Produção das representações em diferentes escalas

A etapa de produção dos mapas de SINGRA compreendeu a aplicação das operações de generalização na base cartográfica na escala 1:1.000, para a elaboração das representações nas menores escalas (1:3.000, 1:6.000 e 1:10.000), bem como a aplicação do projeto gráfico nos elementos de informação selecionados para essas representações. As operações de generalização foram aplicadas pelo método manual, usando o *ArcGIS* 10.0, e os operadores utilizados estão apresentados no Quadro 7. O propósito e a legibilidade do mapa foram os critérios utilizados na seleção desses operadores.

Quadro 7 – Operadores de generalização cartográfica utilizados para a produção dos mapas

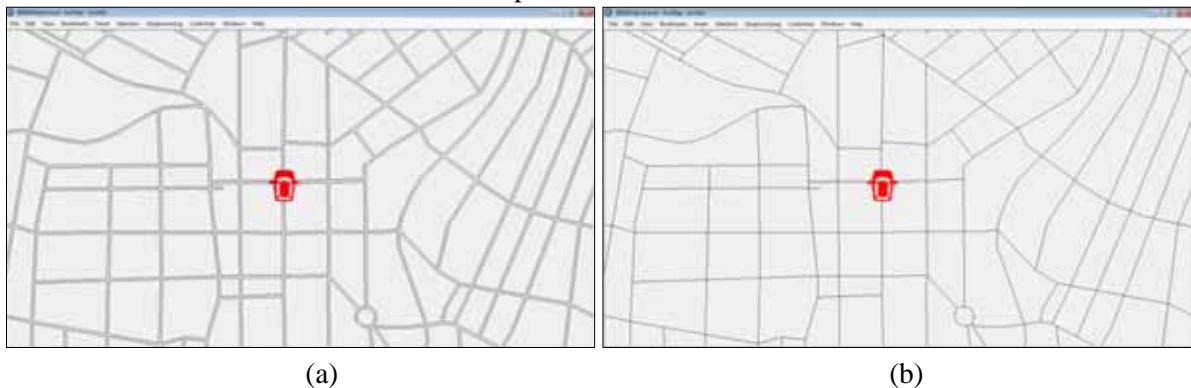
Elemento de informação	Operador de generalização cartográfica					
	Abreviatura	Agregação	Colapso	Deslocamento	Exagero	Simbolização
Seta de manobra		x				x
Rota					x	
Vias principais			x		x	x
Vias secundárias			x			x
Linha férrea				x		
Toponímia	x					

Fonte: Produção do próprio autor.



Ao projetar a base de vias na mídia de sete polegadas, observou-se que ao reduzir a escala de 1:1.000 para as escalas de visualização 1:6.000 e 1:10.000 houve uma perda da clareza do mapa, em razão do aumento do número de quadras que é exibido nessas menores escalas. Assim, para manter a legibilidade das representações na mídia de 7", aplicou-se o operador 'colapso' e, em seguida, o operador 'simbolização'. O colapso permite a junção de duas linhas próximas ou paralelas em uma única linha, reduzindo a quantidade de detalhes do mapa, porém, após a sua aplicação, faz-se necessário aplicar operador de simbolização, para que uma nova simbologia seja atribuída ao elemento generalizado (ISSMAEL, 2003). Portanto, a malha viária, inicialmente representada pelas margens da via, foi transformada em uma linha única, denominada de eixo central da via (Figura 9), quando visualizada nos mapas nas menores escalas (1:6.000 e 1:10.000). Para os mapas exibidos em 1:1.000 e 1:3.000, optou-se por manter a malha viária representada pelas margens da via. A representação da malha viária pelo eixo central da via é uma decisão adotada por outros trabalhos relacionados ao projeto de mapas para sistemas de guia de rota, tais como Ho e Li (2004), Marques *et al.* (2012) e Sheleiby *et al.* (2008).

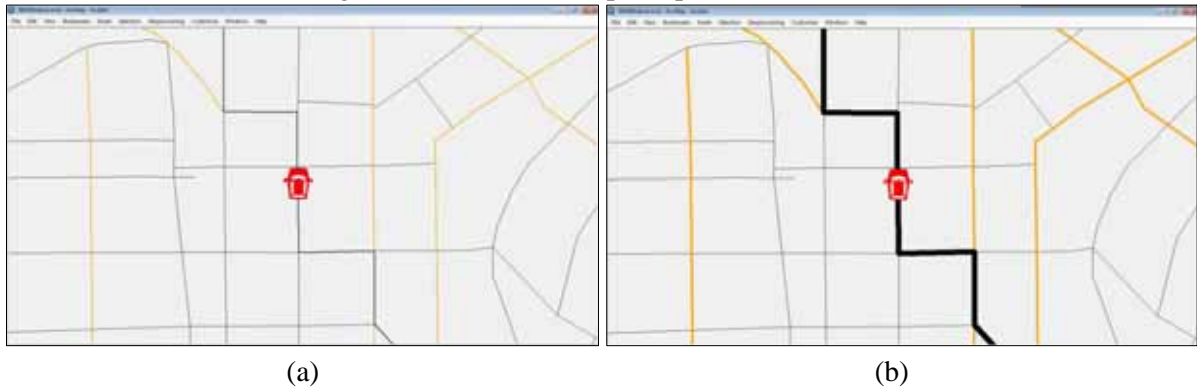
Figura 9 – Representação na escala de 1/10.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de colapso na malha viária.



Fonte: Produção do próprio autor.

No intuito de facilitar a discriminação da rota de navegação na malha viária, assim como a identificação das vias principais, aplicou-se o operador de exagero nesses elementos de informação. No caso das vias principais, este operador foi utilizado somente quando o mapa foi exibido nas escalas de 1:6.000 e 1:10.000. Para os mapas nas maiores escalas (1:1.000 e 1:3.000), fez-se o realce das vias principais apenas pelo uso da variável visual cor. Um exemplo de aplicação do operador de exagero na rota e nas vias principais da malha viária, para as representações exibidas na escala de 1/6.000, encontra-se na Figura 10.

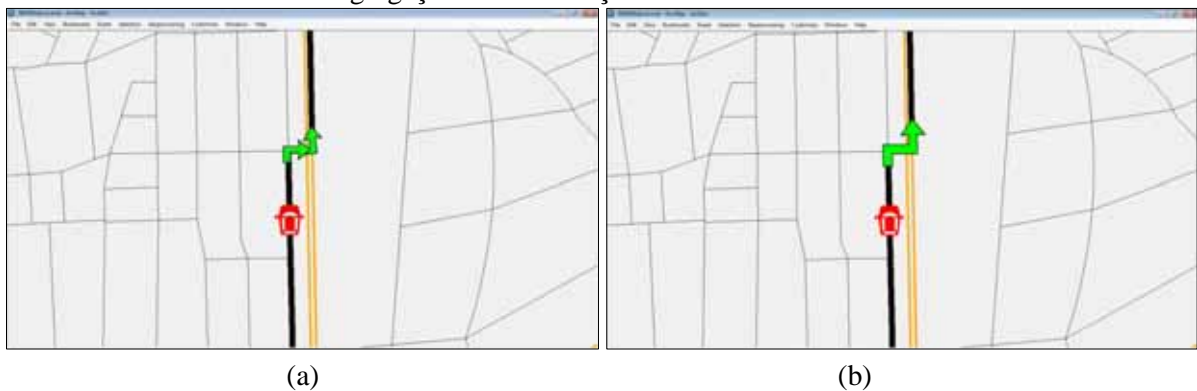
Figura 10 – Representação na escala de 1/6.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de exagero na rota e nas vias principais da malha viária.



Fonte: Produção do próprio autor.

No projeto gráfico das setas de manobra, aplicaram-se as recomendações de Green *et al.* (1995), os quais sugerem que as setas de direção apresentem ângulos de  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  ou  $135^\circ$ , ou tenham formato similar à forma da manobra no mundo real. Entretanto, para trechos curtos da rota experimental, os mapas nas escalas 1:6.000 e 1:10.000 apresentaram problemas de legibilidade nos pontos de manobra, em razão da coalescência entre duas setas próximas (Figuras 11a). A coalescência entre símbolos pode dificultar a compreensão da direção da manobra. Sendo assim, para resolver esse ruído visual no mapa, dois operadores foram aplicados, agregação de pontos e simbolização. A agregação de pontos realiza a substituição de um conjunto de pontos por um novo símbolo proporcional à quantidade de pontos substituídos e, após sua aplicação, faz-se necessário a aplicação do operador de simbolização (ISSMAEL, 2003). O resultado do uso do operador agregação e de simbolização na seta de manobra, para o mapa exibido na escala 1:6.000, encontra-se na Figura 11.

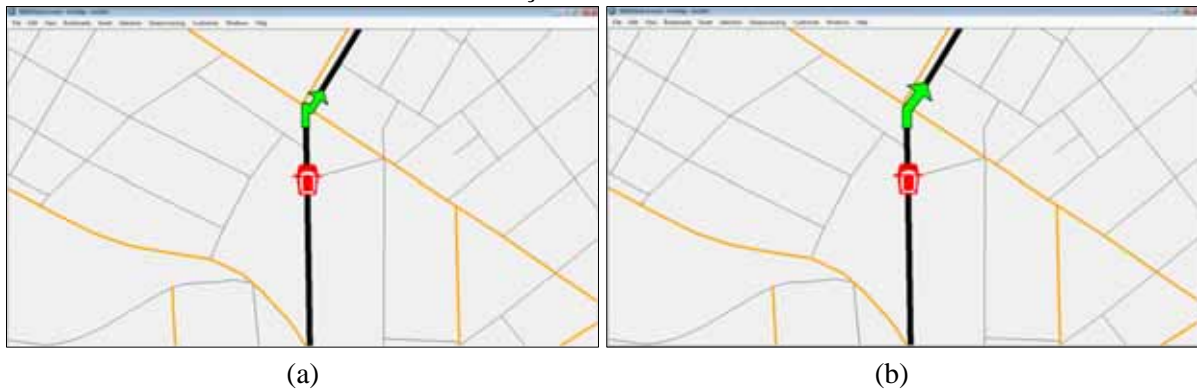
Figura 11 – Representação na escala de 1/6.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de agregação e simbolização na seta de manobra.



Fonte: Produção do próprio autor.

O operador de simbolização também foi aplicado de forma independente para representar as setas de manobra visualizadas nos mapas em 1:6.000 e 1:10.000, isso para os casos em que as manobras foram formadas pela junção de três ou mais vias, sendo uma dessas vias de trecho curto (Figura 12a). Nestes casos, a redução das unidades compositivas<sup>9</sup> da seta contribuiu para a legibilidade da representação da manobra no mapa. Issmael (2003) afirma que a simbolização possui características próprias que justificam sua existência como um operador de generalização independente. Um exemplo de simplificação da seta de manobra, visualizada na escala 1:6.000, pode ser observado na Figura 12b.

Figura 12 – Representação na escala de 1/6.000, antes (a) e após (b) a aplicação do operador de simbolização na seta de manobra.



Fonte: Produção do próprio autor.

A seleção da linha férrea e da toponímia de vias para os mapas de SINGRA teve a função de aumentar o contexto de direção do motorista. Todavia, ao projetar a linha férrea na mídia de 7", considerando os mapas em 1:6.000 e 1:10.000, observou-se uma coalescência entre a linha férrea e a rota de navegação (Figura 13a). Este conflito gráfico foi solucionado pelo emprego do operador de deslocamento na linha férrea (Figura 13b). Quanto à toponímia de vias, essa informação foi representada nos mapas, nas diferentes escalas (1:1.000, 1:3.000, 1:6.000 e 1:10.000), considerando a recomendação de Green *et al.* (1995). Esses autores sugerem exibir textos somente na direção horizontal, para reduzir o tempo de leitura do mapa, pois afirmam que o tempo de leitura de um texto aumenta em função do seu ângulo de inclinação em relação à direção horizontal. Outro aspecto considerado na apresentação da toponímia consistiu em exibir um número reduzido de texto no mapa, para evitar uma sobrecarga no sistema de processamento do motorista. Optou-se por exibir apenas a toponímia das vias principais e das vias secundárias próximas à rota de navegação, sendo o texto

<sup>9</sup> Cada uma das partes da seta é denominada de unidade compositiva da seta (PUGLIESI, 2007).

disposto na horizontal, ou próxima da direção horizontal. Além disso, aplicou-se o operador de abreviatura na representação da toponímia de vias, aumentando a legibilidade dos mapas (Figuras 13a e 13b). Este operador possibilita a escrita de uma informação textual de forma reduzida, afirma Issmael (2003).

Figura 13 – Representação na escala 1:6.000 antes (a) e após (b) à aplicação dos operadores ‘deslocamento’, na linha férrea, e ‘abreviatura’ e ‘omissão’, na toponímia.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 3.4 Teste de preferência pelas representações em diferentes escalas

A terceira etapa deste capítulo compreende um teste de preferência com um grupo de motoristas, a respeito dos mapas projetados nas diferentes escalas pré-selecionadas: 1:1.000, 1:3.000, 1:6.000 e 1:10.000. Embora a usabilidade de uma interface seja avaliada usando métricas objetivas e subjetivas, Pugliesi *et al.* (2013) sugerem iniciar o procedimento de avaliação de mapas para SINGRA pela determinação do nível de aceitação dos usuários por essas representações, em razão de se tratar de um procedimento rápido e de baixo custo. Portanto, visando desenvolver um estágio de retroalimentação no projeto dos mapas, ao que se refere à seleção das escalas, optou-se por avaliar o nível de satisfação dos motoristas por essas representações. Um total de 54 motoristas (26 homens e 26 mulheres), com idade entre 20 e 38 anos, participou de um experimento realizado em um automóvel estacionado.

Fez-se a construção dos mapas no *ArcGIS 10.0*, para as quatro diferentes escalas, considerando as 13 manobras da rota experimental. Os mapas foram exibidos aos motoristas em forma de apresentação no *Power Point*, em uma tela de sete polegadas (1024 x 768 *pixels*). Para realizar o processo de avaliação, uma série de documentos foi elaborada, os quais se encontram no Apêndice E. A descrição completa dos procedimentos de teste, dos resultados e discussões estão apresentados no Apêndice F, em forma de manuscrito. Este

manuscrito foi submetido e aceito para publicação no periódico *Cartography and Geographic Information Sciences* (CAGIS), e se encontra em fase de edição para publicação.

Os resultados indicam que os mapas projetados nas escalas intermediárias (1:3.000 e 1:6.000) foram os preferidos pelos motoristas, em comparação aos mapas em escala grande (1:1.000) ou escala pequena (1:10.000). Nenhuma relação significativa foi encontrada entre a preferência e o gênero do motorista. Infere-se que esses resultados decorram do fato de que o mapa em escala maior que 1:3.000 (ex.: 1:1.000) não auxilia o motorista no estágio de pré-visualização, uma vez que o mapa não possibilita analisar o leiaute da manobra para o automóvel localizado a mais de 100 metros da junção. Em contrapartida, o mapa em escala menor que 1:6.000 (ex.: 1:10.000) apresenta problemas de legibilidade, ao ser exibido na mídia de 7", e isso desfavorece o motorista no estágio de identificação.

Segundo relatos dos motoristas, um mapa de SINGRA deve auxiliar na rápida compreensão da direção da manobra, bem como possibilitar se manter orientado durante toda a rota. Se por um lado a vantagem de um mapa com maior nível de detalhe é realçar a localização e a direção da manobra ao chegar ao ponto de manobra, por outro a vantagem de um mapa em escala pequena é possibilitar obter informações relacionadas à posição do automóvel ao longo da rota. Na opinião dos motoristas, ambos os tipos de informação podem ser mais facilmente obtidos nos mapas projetados nas escalas intermediárias, 1:3.000 e 1:6.000. Concluiu-se que esse estudo traz evidências de que os motoristas preferem mapas em escalas que favoreçam, sobretudo, os estágios de identificação e de orientação. Além disso, concluiu-se que a preferência é uma importante medida para o projeto de mapas para SINGRA, uma vez que a opinião dos motoristas pode, não somente apontar problemas de comunicação nos mapas, mas também revelar quais informações os motoristas requerem receber durante a tarefa de navegação. Assim, a partir dos resultados desse teste, definiu-se que o protótipo de SINGRA exibiria mapas em duas diferentes escalas, 1:3.000 e 1:6.000. Essas representações foram submetidas a um novo processo de avaliação, porém usando métricas subjetivas e objetivas de caracterização da usabilidade, em um simulador de direção.

### **3.5 Implementação das representações cartográficas em um protótipo de SINGRA**

Cabe contextualizar que o protótipo de SINGRA existente na FCT/UNESP exibe mapas em projeção cilíndrica ortogonal e esquema de referência egocêntrico, isto é, os mapas são orientados para a mesma visão que o motorista tem da via enquanto navega no veículo. A finalidade do protótipo é reproduzir o deslocamento do automóvel por uma rota, a partir da

leitura de um arquivo de histórico no formato NMEA. Esse processo de simulação de rota é utilizado na avaliação das representações cartográficas que auxiliam na tarefa de navegação.

O protótipo existente na FCT/UNESP foi inicialmente desenvolvido por Pugliesi (2007), apresentando mapas em escala única (ANEXO C – Figura C.5) e, posteriormente, por Marques (2011), apresentando mapas áudio-dinâmicos em diferentes escalas, por meio da aplicação de generalização cartográfica (ANEXO F). Para o presente trabalho, dois outros módulos independentes foram inseridos no protótipo: um para exibir a rota experimental na escala 1:3.000, e outro para exibir a rota na escala 1:6.000. A implementação desses módulos segue a abordagem utilizada por Pugliesi (2007) e Marques (2011). O processo de implementação consiste em carregar, no compilador *Microsoft Visual Basic* usando a biblioteca *MapObjets*, os arquivos de dados vetoriais (formato *shapefile*) e sonoros (formato *wave*). O acesso a biblioteca *MapObjets*, composta por 50 objetos, ocorre por meio do controlador ActiveX, a partir da manipulação de suas propriedades, métodos e eventos.

Nos Apêndices G e H, encontram-se, respectivamente, os mapas nas escalas 1:3.000 e 1:6.000, exibidos pelo protótipo de SINGRA para apoiar a navegação pelas 13 manobras da rota experimental. Este é o conjunto de representações visualizado pelos motoristas no teste no simulador de direção que foi submetido ao processo de avaliação da usabilidade.

#### **4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE MAPAS EM DIFERENTES ESCALAS**

Este capítulo descreve a abordagem de coleta e organização dos dados, para avaliar a usabilidade dos mapas em diferentes escalas, produzidos para o protótipo de sistema de guia de rota. A usabilidade das representações foi determinada por meio da quantificação da carga mental de trabalho gerada no motorista, ao navegar pela rota experimental auxiliado pelo protótipo de SINGRA. Quantificou-se a carga mental em termos de demanda visual, erro navegacional, índice de CMT subjetiva e preferência. Os testes foram realizados com um grupo de 52 motoristas, em um simulador de direção de baixo custo. Este capítulo está organizado nas seguintes etapas: seleção dos participantes; definição das variáveis dependentes e independentes; elaboração dos documentos do teste; preparação do ambiente de teste; aplicação do teste; extração e organização dos dados e definição dos testes estatísticos para a análise dos resultados.

#### 4.1 Seleção dos participantes

A seleção dos participantes foi realizada com base em quatro critérios. Primeiro, os motoristas deveriam possuir Carteira Nacional de Habilitação (CNH) e ter experiência com a direção de automóvel por pelo menos dois anos, pois isto os caracteriza como motoristas que dirigem regularmente (BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.* 2009). Segundo, os motoristas não deveriam apresentar disfunção na visão de cores, pois símbolos coloridos podem não ser detectados por pessoas com tal deficiência (MACEACHREN, 1995; RIGDEN, 1999). Terceiro, os motoristas deveriam apresentar pouca ou nenhuma familiaridade com a cidade de estudo de caso (Álvares Machado). Quarto, os motoristas deveriam ter idade até 40 anos, pois os efeitos da idade prejudicam o processo de acomodação focal (SEKULER; SEKULER, 2000) e interferem no desempenho na tarefa de direção (LIU, 2000). O olho humano perde gradativamente a sensibilidade ao contraste nos comprimentos de onda longo (ex.: vermelho) e médio (ex.: verde), a partir dos 30 anos de idade (SEKULER; SEKULER, 2000). Esses critérios utilizados na seleção dos participantes seguem abordagens de estudos relacionados à avaliação de interfaces de sistemas de guia de rota, tais como Labiale (2001), Pugliesi *et al.* (2009) e Ching-Torng *et al.* (2010).

As técnicas utilizadas para recrutar os candidatos consistiram em abordagem pessoal, na qual se realizou um esclarecimento breve sobre a pesquisa, e na divulgação da pesquisa por correio eletrônico, através de *e-mail* aos alunos, docentes e funcionários da FCT/UNESP, bem como às pessoas conhecidas pelo pesquisador ou pelo grupo de pesquisa. Ao mostrar interesse pelo teste, o candidato forneceu dia e horário de maior disponibilidade para realizá-lo.

#### 4.2 Seleção das variáveis dependentes e independentes

As variáveis dependentes consistem nas medidas objetivas (demanda visual e erro navegacional) e subjetivas (preferência e índice de CMT) utilizadas na quantificação da carga mental de trabalho gerada no motorista, por interagir com o protótipo de SINGRA durante a tarefa de direção. As variáveis independentes constituem-se da escala adotada para os mapas, do nível de complexidade da manobra e das características individuais e de grupo dos motoristas. As questões estabelecidas entre essas variáveis dependentes e independentes estão apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Questões formuladas a partir da relação entre as variáveis dependentes e independentes.

Variável		Questões
Dependente	Independente	
Demanda visual	Escala do mapa	Os motoristas mantêm um nível similar de demanda visual, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Complexidade da manobra	A complexidade da manobra influencia na demanda visual dos motoristas, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Características individuais	Os motoristas com características individuais distintas apresentam demanda visual similar, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Característica de grupo (gênero)	Os motoristas do gênero masculino e feminino apresentam demanda visual similar, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
Erro navegacional	Escala do mapa	Os motoristas cometem um número de erro navegacional similar ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Complexidade da manobra	A complexidade da manobra influencia no número de erro navegacional cometido pelos motoristas, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Características individuais	Os motoristas com características individuais distintas cometem número de erro navegacional similar, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Característica de grupo (gênero)	Os motoristas do gênero masculino e feminino cometem número de erro navegacional similar, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
Preferência	Escala do mapa	Mapas exibidos em diferentes escalas são igualmente preferidos pelos motoristas?
	Complexidade da manobra	A complexidade da manobra influencia no nível de satisfação dos motoristas pelos mapas em diferentes escalas?
	Características individuais	Mapas exibidos em diferentes escalas são igualmente preferidos por motoristas com características individuais distintas?
	Característica de grupo (gênero)	Mapas exibidos em diferentes escalas são igualmente preferidos por motoristas do gênero masculino e feminino?
Índice de CMT subjetiva	Escala do mapa	Os motoristas se autoavaliam com índice similar de carga mental de trabalho, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Características individuais	Os motoristas com características individuais distintas se autoavaliam com índice similar de carga mental de trabalho, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?
	Característica de grupo (gênero)	Os motoristas do gênero masculino e feminino se autoavaliam com índice similar de carga mental de trabalho, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?

Fonte: Produção do próprio autor.

### 4.3 Elaboração dos documentos do teste

Para realizar o teste, elaboraram-se os seguintes documentos: questionário de caracterização individual (Apêndice I); roteiro do teste (Apêndice J); termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice K); manual de símbolos do protótipo de SINGRA (Apêndice L); formulário de coleta dos dados de erro navegacional (Apêndice M); questionário de índice de carga mental de trabalho subjetiva (Apêndice N); formulário de coleta dos dados de preferência (Apêndice O) e material para a aplicação do teste de preferência (Apêndice P).



Tais documentos foram enviados ao Comitê de Ética em Pesquisa, através da Plataforma Brasil<sup>10</sup>, de acordo com as normas da Resolução CNS 466/12<sup>11</sup>, e foram aprovados sob o processo de número 16604413.6.0000.5402.

O questionário de caracterização individual foi elaborado com o propósito de apoiar tanto a etapa de seleção dos candidatos, quanto a etapa de investigação da associação entre as características individuais e de grupo do motorista e seu desempenho na tarefa de navegação. Dentre os dados coletados na caracterização dos candidatos, destaca-se: gênero, experiência com mapas e com sistemas de guia de rota, formação educacional, tempo de habilitação e características oftalmológicas (Apêndice I). A experiência com SINGRA foi coletada mediante a aplicação da seguinte questão: “Com que frequência você utiliza GPS de navegação para dirigir?”. As opções oferecidas foram: ‘frequentemente’ (uma ou mais vezes por semana); ‘ocasionalmente’ (no máximo uma vez por mês); ‘raramente’ (uma ou duas vezes por ano); e ‘nunca’. O questionário de caracterização individual foi aplicado em forma de entrevista semiestruturada, conforme recomendam Young e Stanton (2005a).

O roteiro do teste foi preparado no intuito de descrever as etapas, bem como as tarefas do participante durante o teste (Apêndice J). O termo de consentimento livre e esclarecido foi elaborado com a função de enfatizar o objetivo da pesquisa, e de registrar a aceitação formal do candidato em participar do teste (Apêndice K).

Quanto ao manual de símbolos do SINGRA (Apêndice L), este foi preparado com o objetivo de familiarizar o participante com os mapas que seriam exibidos pelo protótipo, para apoiar a realização tanto da tarefa de manutenção em trecho de rota quanto da tarefa tática. As representações do manual de símbolos foram produzidas no *ArcGIS 10.0* e transferidas para o *Microsoft Power Point*, uma vez que foram exibidas aos motoristas em forma de apresentação no monitor de 7”. Rótulos explicativos foram adicionados aos símbolos dos mapas no manual.

O formulário de coleta dos dados de erro navegacional foi elaborado com o propósito de apoiar o experimentador na etapa de registro dos erros de manobra, os quais o motorista poderia cometer ao interpretar a direção da manobra nos mapas. Este formulário se encontra no Apêndice M. O questionário de carga mental de trabalho subjetiva (Apêndice N) foi preparado para apoiar a coleta do índice de CMT do motorista após interagir com o protótipo de SINGRA. Para isto, adotou-se a técnica NASA-TLX, a qual permite a estimativa do índice

---

<sup>10</sup> A Plataforma Brasil (<http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil/login.jsf>) é uma base nacional e unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos para todo o sistema CEP/Conep. De acordo com a Resolução CNS 466/12, toda pesquisa envolvendo seres humanos deverá ser submetida à apreciação de um Comitê de Ética em Pesquisa (<http://www.fct.unesp.br/#!/administracao/secao-tecnica-academica/comite-de-etica-em-pesquisa/duvidas-frequentes---cep/>).

<sup>11</sup><http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>

de CMT subjetiva usando um conjunto de seis escalas (componentes). Essas escalas podem tanto serem interpretadas como um índice global de CMT quanto um índice específico, pela análise individual de cada escala.

O formulário de coleta dos dados de preferência (Apêndice O) foi preparado para apoiar o experimentador na etapa de registro da preferência do motorista pelas representações em diferentes escalas. O teste de preferência é composto por cinco questões: três relacionadas com a preferência pela escala do mapa para apoiar a realização da tarefa tática, em manobra simples e complexa; uma questão relacionada com a preferência pela escala para apoiar a realização da tarefa de manutenção em trecho de rota; e uma questão sobre a preferência pela escala do mapa para realizar a tarefa de navegação de forma geral (Apêndice O). O material do teste de preferência (Apêndice P) foi preparado com o propósito de recordar o motorista sobre as representações em diferentes escalas visualizadas durante a simulação da navegação.

#### **4.4 Preparação do ambiente de teste**

Os testes para avaliar a usabilidade de interfaces de sistemas de guia de rota têm sido conduzidos em simulador de direção ou diretamente em campo (PUGLIESI *et al.* 2013). Por razões de segurança no trânsito, esta pesquisa optou por utilizar um simulador de direção de baixo custo, disponível na FCT/UNESP. O ambiente de teste está ilustrado na Figura 14.

Para simular a viagem por uma rota, o simulador sincroniza a reprodução do vídeo dessa rota percorrida em campo com a simulação do deslocamento do automóvel pela rota. O deslocamento do automóvel pela rota é realizado pelo protótipo de SINGRA. O vídeo da rota é apresentado em tela de projeção de 1,8 metros de altura por 2,4 metros de comprimento, localizada a 2,5 metros de distância da cabine do automóvel. Os mapas do protótipo de SINGRA são exibidos na tela de um monitor de sete polegadas, posicionado na parte central e superior do painel do automóvel, e voltado para a face do motorista em um ângulo de aproximadamente 25°, entre o centro do monitor e o centro da via. Esta posição evita que o motorista gire a cabeça para fazer a leitura do mapa (PUGLIESI, 2007), bem como permite o motorista realizar o processo de busca visual pelos elementos do mapa em menor tempo (BURNETT *et al.*, 2012; WITTMANN *et al.*, 2006). A conexão dos computadores com os dispositivos de apresentação de imagem (tela de projeção e monitor de navegação) ocorre por meio de cabos VGA, de 15 pinos, e cabos VGA/HDMI. Para a reprodução do som do automóvel registrado em campo, bem como do *beep*, cada computador é conectado a um par

de caixas de som, por meio de cabos de áudio P2/P2. As caixas de som estão posicionadas na parte interna do automóvel, atrás dos bancos dianteiros. Os dados de movimento dos olhos do motorista são coletados por uma câmara, a qual é posicionada, dentro do automóvel, atrás do monitor de sete polegadas.

Figura 14 – Configuração do ambiente de teste.



Fonte: Produção do próprio autor.

#### 4.5 Procedimento de teste

O grupo de 52 motoristas foi dividido em dois subgrupos similares, de 13 homens e 13 mulheres, para a aplicação do teste de usabilidade dos mapas em diferentes escalas, no simulador de direção. O primeiro grupo (grupo 1) iniciou a tarefa de navegação auxiliados por mapas na escala 1:3.000 (manobras de 1 a 6), e finalizou esta tarefa auxiliados por mapas na escala 1:6.000 (manobras de 7 a 13). O segundo grupo (grupo 2) utilizou os mesmos mapas, porém na ordem inversa, isto é, iniciou a tarefa de navegação auxiliados por mapas na escala 1:6.000 (manobras de 1 a 6) e a finalizou usando mapas na escala 1:3.000 (manobras de 7 a 13). Optou-se por variar a ordem de exibição dos mapas no intuito de eliminar influências nos resultados, em decorrência da ordem de visualização das escalas de representação.

Após a entrada do participante no laboratório de simulação, o experimentador iniciou o procedimento de teste com uma explanação breve sobre o objetivo da pesquisa e o porquê de se utilizar um simulador de direção. Na sequência, o motorista foi convidado a ler e assinar

o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice K), preencher o questionário de caracterização individual (Apêndice I) e realizar os testes de habilidade espacial, o teste SBSOD (Anexo A) e o teste PT/SOT (Anexo B). Optou-se por aplicar estes dois testes para avaliar a habilidade espacial dos motoristas tanto por meio de um teste qualitativo (SBSOD), quanto por meio de um teste quantitativo (PT/SOT), e realizar a correlação desses resultados.

Posteriormente, o participante foi familiarizado com o *beep* e com as representações nas duas diferentes escalas, por meio da apresentação do manual de símbolos do SINGRA (Apêndice L). Para a familiarização do motorista com o veículo utilizado no simulador, o motorista foi convidado a entrar no automóvel, por o sinto de segurança, regular retrovisores e encosto do banco, assim como a manusear os controles de direção, como volante, câmbio de marchas e sinalizadores de indicação de mudança de direção. Todavia, o experimentador ressaltou que as ações nos controles do veículo não implicariam em qualquer mudança no cenário de simulação.

Na sequência, o experimentador fez a apresentação do roteiro do teste ao motorista (Apêndice J). Além de preparar o participante para a realização de uma suposta viagem por uma rota desconhecida, na qual um SINGRA apoiaria a realização das manobras, o roteiro do teste orientou o motorista a realizar duas tarefas: uma principal e uma secundária. A tarefa principal consistiu em prestar a máxima atenção no vídeo da rota, como se estivesse dirigindo o automóvel no mundo real, para evitar riscos de acidente no trânsito. A tarefa secundária esteve relacionada ao tempo de consulta ao monitor de navegação para obter as informações de direção de manobra. O motorista foi orientado a consultar o monitor de modo rápido e, preferencialmente, depois de ouvir o *beep*, o qual seria disparado pelo protótipo de SINGRA quando o automóvel se encontrava a 100 metros ou menos da manobra. Além dessas duas tarefas, o motorista foi solicitado a, após ouvir o *beep*, informar em voz alta a direção da manobra compreendida no mapa. O motorista foi orientado a corrigir a resposta fornecida, caso julgasse necessário, mas isso imediatamente após sua primeira resposta. O procedimento de solicitar que o motorista informasse a direção da manobra possibilitou a coleta dos dados de erro navegacional (Apêndice M). Após o motorista afirmar que a tarefa de navegação poderia ser iniciada, o experimentador fez a reprodução do vídeo da rota, usando o *Microsoft Windows Media Player*, em sincronia com a reprodução do deslocamento do automóvel pela rota, usando o protótipo de SINGRA. O tempo de duração da tarefa de navegação foi de aproximadamente oito minutos, e a face do motorista foi filmada durante todo esse intervalo.

Imediatamente após o término da tarefa de navegação, o motorista foi convidado a preencher o questionário de carga mental de trabalho subjetiva (Apêndice N). Pugliesi *et al.*

(2013) sugerem a quantificação do índice de CMT instantes depois da realização da tarefa, para que as informações que possam indicar situações de alta carga mental não sejam esquecidas pelo indivíduo. No preenchimento do questionário NASA-TLX, o motorista foi orientado a marcar uma das graduações, em cada uma das seis escalas (EM, EF, ET, NE, NS e NF) desse teste. Cada escala contém um total de 10 graduações, fracionadas de meio em meio, sem a presença de números. Para o preenchimento do questionário, o motorista leu o texto explicativo dessas escalas, o qual detalhou cada uma para o contexto da tarefa de navegação realizada. Além disso, o motorista foi orientado a tirar dúvidas com o experimentador, caso julgasse necessário. Os motoristas do grupo 1 concederam notas somente para os mapas exibidos na escala 1:6.000, pois foram as representações visualizadas por último na tarefa de navegação (manobras 7 a 13). Por esta mesma razão, os motoristas do grupo 2 utilizaram a ordem inversa, isto é, concederam notas apenas para os mapas exibidos na escala 1:3.000.

Para finalizar o processo de avaliação, o experimentador apresentou o material do teste de preferência (Apêndice P) e aplicou o teste em seguida, determinando o nível de aceitação dos motoristas pelas representações de SINGRA exibidas nas diferentes escalas. Vale ressaltar que, enquanto o motorista desenvolveu a tarefa de navegação, o experimentador permaneceu próximo ao automóvel, porém fora do campo de visão do motorista. Isto permitiu o preenchimento do formulário de coleta dos dados de erro navegacional, sem que a presença do experimentador causasse algum tipo de incômodo ao motorista. Para a aplicação do questionário de índice de CMT subjetiva e do teste de preferência, o experimentador permaneceu sentado no banco de passageiro do automóvel. A duração do teste foi 40 minutos.

#### **4.6 Extração e organização dos dados**

A extração dos dados foi realizada para cada variável dependente e independente (Quadro 8). Após extraídos, os dados foram organizados em função das variáveis independentes, para a realização da análise dos resultados.

##### ✓ Características individuais e de grupo

Os dados referentes às características individuais e de grupo foram extraídos do questionário de caracterização (Apêndice I) respondido pelos motoristas antes de iniciarem o teste no simulador. Os dados a respeito da ‘Formação Educacional’ dos motoristas foram organizados em duas categorias: ‘Habilitados a produzir mapas’, a qual compreendeu os

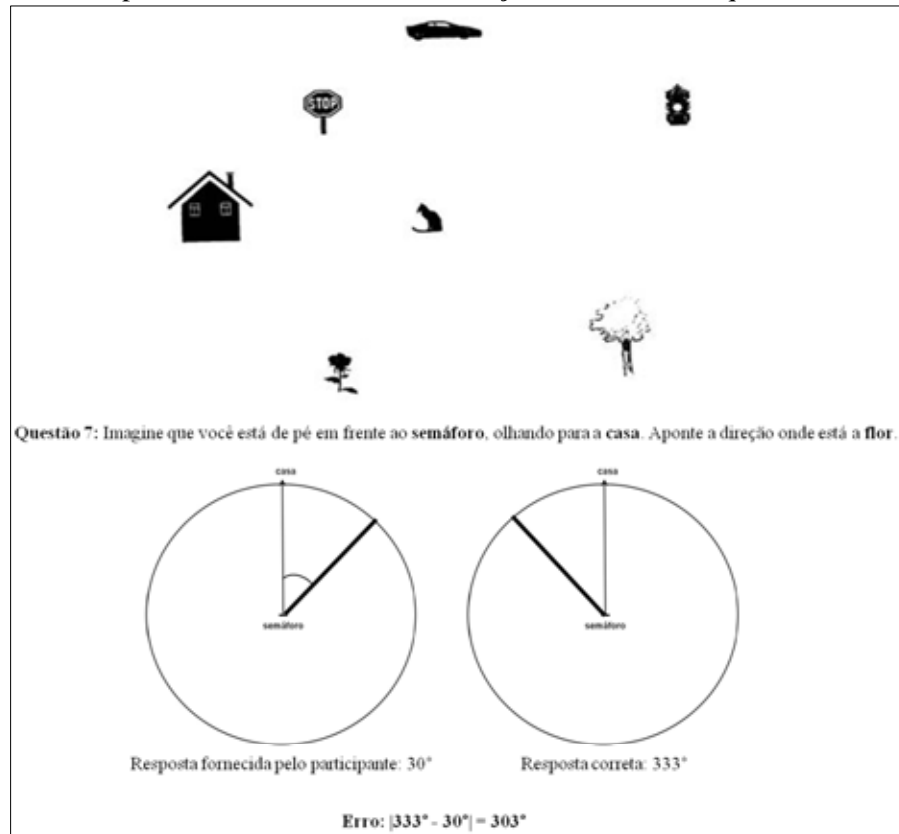
sujeitos com formação profissional que os habilita a produzir e interpretar mapas, tais como engenheiro cartógrafo ou ambiental, geógrafo, geólogo e arquiteto, e ‘Não habilitados a produzir mapas’, a qual compreendeu os sujeitos sem esta habilitação profissional ou com formação apenas de nível médio. Os dados sobre a ‘experiência com SINGRA’ e ‘experiência com mapas’ foram organizados da seguinte forma: agruparam-se as opções ‘frequentemente’ e ‘ocasionalmente’ na subclasse ‘Pelo menos uma vez por mês’, e as opções ‘raramente’ e ‘nunca’ na subclasse ‘Até duas vezes por ano’. A característica ‘Tempo de habilitação’ foi organizada nas categorias: ‘Igual ou acima da média’ e ‘Abaixo da média’, sendo esta média o valor encontrado para o grupo de 52 motoristas.

Quanto aos dados de ‘habilidade espacial’, para o caso do teste SBSOD (Anexo A), primeiro, fez-se a extração da média aritmética das notas fornecidas pelos motoristas, para as 15 afirmações que compõem o teste. Em seguida, organizaram-se os dados em duas categorias: ‘Alto senso de direção’ e ‘Baixo senso de direção’. Os motoristas foram classificados com ‘Alto senso de direção’ ao apresentarem média das notas acima ou igual ao valor da média do grupo de 52 motoristas, a qual foi de 5,8 ( $\pm 2,3$ ), variando de 0 a 10. Enquanto que foram classificados com ‘Baixo senso de direção’, os motoristas que apresentarem média das notas abaixo da média do grupo. Os dados coletados e organizados se encontram no Apêndice Q.

Para o caso dos dados obtidos pelo teste PT/SOT (Anexo B), estes foram extraídos em função de três variáveis: número de questões respondidas dentro do tempo estipulado de 5 minutos; número de vezes que o motorista confundiu direita com esquerda (vice-versa), ao indicar a direção de um objeto na cena; e erro (em graus) cometido na estimativa do ângulo formado entre duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos da cena. Na Figura 15 é ilustrado uma situação em que o motorista confundiu direita com esquerda, ao indicar a direção de um objeto na cena de interesse. A organização dos dados do erro cometido na estimativa do ângulo foi realizada em duas categorias: ‘Alta habilidade de orientação espacial’ e ‘Baixa habilidade de orientação espacial’. Os motoristas foram classificados com ‘Alta habilidade de orientação espacial’ ao apresentarem média de erro abaixo do valor da mediana do erro do grupo de 52 motoristas, a qual foi de 30°, e classificados com ‘Baixa habilidade de orientação espacial’ ao apresentarem média de erro acima ou igual ao valor da mediana. Utilizou-se a mediana para definir as categorias, pois os dados não apresentam distribuição normal, ao nível de significância de 5% ( $p < 0,0001$ ). Com a finalidade de comparar os resultados do teste PT/SOT com os obtidos no teste de

SBSOD, fez-se a transformação do valor do erro, em graus, para o intervalo de 0 a 10. Os dados coletados e organizados estão no Apêndice R.

Figura 15 - Exemplo de erro de confusão das direções direita com esquerda no teste PT/SOT.



Fonte: Produção do próprio autor.

#### ✓ Extração da demanda visual

Fez-se a extração da demanda visual em função de cinco variáveis: número de olhadas, duração mínima da olhada, duração máxima da olhada, duração média da olhada e soma das olhadas. Isso porque este é conjunto de variáveis recomendado no processo de quantificação da demanda visual do usuário por uma interface (TSIMHONI *et al.* 1999; KLAUER *et al.* 2006; PUGLIESI *et al.* 2013).

A técnica de observação foi a técnica adotada para a coleta dos dados de movimento dos olhos do motorista na realização da tarefa de navegação. O procedimento empregado na extração dos dados de demanda visual é similar ao utilizado por Pugliesi *et al.* (2009) e Ching-Torng *et al.* (2010), o qual consiste em reproduzir, ‘quadro a quadro’, o vídeo gravado no teste. A extração dos dados ocorreu apenas para o intervalo de tempo correspondente à duração da tarefa tática, por ser a tarefa de maior demanda visual para o motorista

(LABIALE, 2001; PUGLIESI *et al.* 2009). Assim, para cada um dos 52 motoristas, fez-se a extração da demanda visual no intervalo de 11 segundos restantes até cada manobra da rota. Adotou-se o tempo de 11 segundos, pois este correspondeu ao menor tempo comum de duração da tarefa tática para as 13 manobras da rota experimental. A descrição do procedimento de extração dos dados encontra-se no Apêndice S.

Após a extração, fez-se a organização dos dados referente aos 52 vídeos gravados (um para cada participante) contendo as 13 manobras da rota. A partir dos instantes de início e fim de cada olhada, pode-se determinar o tempo de duração máxima, mínima e média das olhadas, a soma das olhadas, e o número de olhadas para o monitor em cada manobra. No Apêndice T, encontra-se a organização dos dados de análise do movimento dos olhos de um participante, para a quantificação da demanda visual em termos dessas 5 variáveis.

✓ Extração do erro navegacional

O método adotado para a coleta dos dados de erro navegacional é o mesmo utilizado por Lin *et al.* (2010), o qual consiste em solicitar que o motorista responda, em voz alta, a direção de manobra que interpretou no mapa, e gravar sua resposta para posterior análise. Portanto, a extração dos dados de erro navegacional, consistiu na análise do formulário de erro (Apêndice M) e na reprodução dos arquivos de áudio gravados durante o teste. Os arquivos de áudio foram reproduzidos no *Windows Media Player*, e as respostas dos motoristas confrontadas com as transcritas pelo experimentador no formulário.

Os arquivos de áudio foram importantes, sobretudo, para auxiliar em situações nas quais o motorista ofereceu mais de uma resposta para a mesma manobra. Por exemplo, em um primeiro momento, o motorista afirmou ser uma manobra à direita, porém, instantes depois, se corrigiu e afirmou ser uma manobra à esquerda. As respostas fornecidas pelos motoristas para a direção das 13 manobras da rota estão transcritas no Apêndice U. A organização dessas respostas em função da escala de representação do mapa se encontra no Apêndice V.

✓ Extração do índice de carga mental de trabalho subjetiva

Os dados de índice de carga mental foram coletados por meio da técnica NASA-TLX (Apêndice N). Assim, a extração dos dados consistiu em interpretar as notas concedidas para os mapas em diferentes escalas, em cada uma das seis componentes do teste. Os dados foram organizados como mostra o Apêndice W.



✓ Preferência

A extração dos dados sobre o nível de aceitação dos motoristas pelas representações em diferentes escalas ocorreu por meio da análise do formulário de preferência (Apêndice O), bem como dos arquivos de áudio gravados no teste. As gravações foram reproduzidas no *Windows Media Player* e auxiliaram na transcrição dos comentários dos motoristas (Apêndice X), assim como na interpretação das justificativas pela preferência por cada representação.

As justificativas dos motoristas, para cada uma das cinco questões aplicadas no teste, foram analisadas, em detalhes, e organizadas em cinco categorias de informação: ‘Direção da Próxima Manobra’ (DPM); ‘Localização na Rota’ (LR); ‘Distância até a Manobra’ (DM); ‘Informação sobre as Manobras Seguintes’ (IMS) e ‘Informação sobre a Área ao entorno da Rota’ (IAR). Definiu-se tais categorias com base no esquema de categorização da informação proposto por Burnett (1998), também utilizado por May *et al.* (2003). A organização dos dados a partir dessas categorias favoreceu compreender o tipo de informação que o motorista requer receber de um mapa, para o desenvolvimento da tarefa de navegação em automóvel.

A descrição das cinco categorias de informação (DPM, LR, DM, IMS e IAR) e exemplos de comentários que são classificados em cada categoria estão apresentados no Quadro 9. A organização dos dados em função dessas categorias, para cada uma das cinco questões aplicadas no teste de preferência, encontra-se no Apêndice Y.

Quadro 9 – Categorias de informação para a organização dos dados de preferência.

Categoria	Descrição	Exemplos de comentários para cada categoria
DPM	Direção da Próxima Manobra	Mapa detalha bem a manobra. Mapa fornece claramente a direção da manobra.
LR	Localização na Rota	Mapa facilita a localização na rota. Mapa facilita a identificar a posição do veículo na via atual.
DM	Distância até a Manobra	Mapa possibilita ver a manobra com antecedência. Mapa auxilia a estabelecer a noção de distância até a manobra.
IMS	Informação sobre as Manobras Seguintes	Mapa auxilia identificar o que há após a manobra. Mapa possibilita ver detalhes das manobras depois da próxima manobra.
IAR	Informação sobre a Área ao entorno da Rota	Mapa oferece uma visão abrangente da área de navegação. Mapa auxilia no senso de direção.

Fonte: Produção do próprio autor.

#### 4.7 Seleção dos testes estatísticos

Para o desenvolvimento de análises em conjunto de dados de natureza quantitativa, a seleção dos testes estatísticos é iniciada com a aplicação de estatística descritiva e o teste de normalidade nos dados. Na análise descritiva, faz-se a caracterização dos dados por meio da determinação de medidas de locação (ex.: média, valor mínimo e máximo) e medidas de dispersão (ex.: desvio-padrão, variância). No teste de normalidade, verifica-se a hipótese dos dados terem distribuição de probabilidade normal (SIEGEL; CASTELAN JUNIOR, 2006). Neste trabalho, o teste de normalidade aplicado foi *Shapiro-Wilk*, conforme sugerido por Razali e Wah (2011). Todavia, em razão dessa pesquisa coletar dados não somente de natureza quantitativa, mas também de natureza qualitativa, a ocorrência de diferenças significativas nos dados, das variáveis dependentes e independentes, foi analisada a partir de teste estatístico paramétrico e não-paramétrico, seguindo recomendações de Siegel e Castelan Junior (2006). Os testes paramétricos (ex.: teste t pareado, independente) foram aplicados na análise de dados quantitativos e com distribuição de probabilidade normal. Neste tipo de probabilidade, a distribuição é totalmente caracterizada por sua média e desvio-padrão. Os testes não-paramétricos (ex.: teste Binomial, teste Qui-Quadrado para uma ou mais amostras, teste de Fisher, teste de Wilcoxon, teste de *Mann-Whitney*) foram aplicados na análise de dados qualitativos ou dados quantitativos com distribuição de probabilidade desconhecida.

Para o caso dos dados qualitativos, aplicaram-se os testes considerando a Frequência Esperada ( $F_e$ ) em cada grupo avaliado. Grupos com  $F_e$  inferior a cinco elementos foram avaliados pelas provas Binomial (caso de uma amostra) ou de Fisher (caso de duas amostras). Grupos com  $F_e$  superior ou igual a cinco elementos foram avaliados pelo Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ), caso de uma ou duas amostras não relacionadas (amostras independentes). O processamento dos dados foi realizado no *software* SPSS 16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*), disponível na FCT/UNESP. Em todas as análises formulou-se a hipótese nula ( $H_0$ ) da seguinte forma: ‘Não existe diferença entre os grupos avaliados.’; contra a hipótese alternativa ( $H_1$ ): ‘Há diferença significativa entre os grupos’. Siegel e Castelan Junior (2006) afirmam que a hipótese nula ( $H_0$ ) é formulada com o propósito de ser rejeitada; ou seja, a negação do ponto (‘efeito’) que se tenta confirmar. Assim, uma vez que  $H_0$  é rejeitada,  $H_1$ , a hipótese alternativa, é confirmada, porém, trata-se de uma afirmação probabilística; ou seja, há uma probabilidade associada às hipóteses testadas. Essa probabilidade é denominada de nível de significância ( $\alpha$ ), sendo os valores comuns iguais a 0,05 (5%) ou 0,10 (10%). Diz-se que  $\alpha$  representa a probabilidade de errar ou de falsamente rejeitar  $H_0$ , e isso representa erro do Tipo I.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados foi dividida em cinco etapas. A primeira consistiu na caracterização dos participantes, para a posterior avaliação da influência dessas características no desempenho do motorista na tarefa de navegação. A segunda etapa consistiu na avaliação da demanda visual dos motoristas, para a determinação da eficiência dos mapas exibidos em diferentes escalas. A terceira compreendeu a avaliação do erro navegacional, para a determinação da eficácia dessas representações. A quarta etapa consistiu na avaliação do índice de carga mental de trabalho subjetiva, para a identificação se a variação da escala do mapa induziu o aumento do índice de CMT dos motoristas. A quinta etapa compreendeu a avaliação da preferência, para a determinação do nível de satisfação dos motoristas pelos mapas em diferentes escalas. Os resultados dessas etapas possibilitaram a quantificação e interpretação da carga mental de trabalho dos motoristas, ao navegarem com mapas de SINGRA exibidos em diferentes escalas de representação.

### 5.1 Caracterização dos participantes

Um total de 52 motoristas, 26 homens e 26 mulheres, participou voluntariamente do teste no simulador de direção. A caracterização desses participantes, em função da idade e do gênero (características de grupo), está apresentada na Tabela 3. A caracterização desses participantes, em função das características individuais como formação educacional, experiência com SINGRA, experiência com mapas, tempo de habilitação e habilidade espacial (testes SBSOD e PR/SOT), encontra-se apresentada na Tabela 4.

Tabela 3 – Caracterização dos participantes em função da idade e do gênero.

Gênero	Idade (anos)				Total
	Mínima	Máxima	Média	Desvio-padrão	
Masculino	21	37	27,5	4,83	26
Feminino	22	38	28,6	4,41	26
Média	21,5	37,5	28,05	4,62	Total = 52

Tabela 4 – Caracterização dos participantes em função das características individuais.

Características individuais	Características de grupo - Gênero		Total
	Masculino	Feminino	
Formação educacional			
Habilitados a produzir mapas	8	6	14 (27%)
Não habilitados a produzir mapas	18	20	38 (73%)
Experiência com SINGRA			
Pelo menos uma vez por mês	10	11	21 (40%)
Até duas vezes por ano	16	15	31 (60%)
Experiência com mapas			
Pelo menos uma vez por mês	19	19	38 (73%)
Até duas vezes por ano	7	7	14 (27%)
Tempo de habilitação*			
Igual ou acima da média	16	15	31 (60%)
Abaixo da média	10	11	21 (40%)
Habilidade espacial – teste SBSOD**			
Alto senso de direção	14	11	25 (48%)
Baixo senso de direção	12	15	27 (52%)
Habilidade espacial – teste PT/SOT***			
Alta habilidade de orientação espacial	16	10	26 (50%)
Baixa habilidade de orientação espacial	10	16	26 (50%)

\*\*A média do tempo de habilitação foi de 8,37 anos ( $\pm$  4,55). \*\*A média da habilidade espacial obtida pelo teste SBSOD foi de 5,8 ( $\pm$  2,3). \*\*\*A mediana da habilidade espacial obtida pelo teste PT/SOT foi de 30°.

Nota-se (Tabela 4) que a amostra selecionada é heterogênea, o que possibilitou formar grupos de motoristas com características distintas, e realizar comparações de desempenho entre os grupos. A média de idade dos participantes foi de aproximadamente 28 anos, sendo a média de tempo de habilitação de 8,3 anos, o que evidencia que a amostra selecionada pode ser caracterizada experiente na tarefa de direção de automóvel. Embora, mais de 70% dos participantes declararam não serem habilitados a produzir mapas, a amostra pode ser considerada experiente no uso de mapas, visto que 73% dos participantes afirmaram utilizá-los pelo menos uma vez por mês. Outro aspecto da amostra consistiu na experiência com o uso de SINGRA, 40% dos motoristas declararam utilizar este tipo de sistema pelo menos uma vez por mês. A amostra também possui a característica de ser heterogênea no aspecto de habilidade espacial. Pelo teste SBSOD, verificou-se que 48% dos motoristas foram classificados com alto senso de direção. Pelo teste PT/SOT, este número é de 50%, uma vez que se utilizou a mediana para dividir os grupos (alta e baixa habilidade de orientação espacial). Análises adicionais a respeito da habilidade espacial são apresentadas a seguir.

### 5.1.1 Avaliação da habilidade espacial

Os dados de habilidade espacial foram analisados considerando os 52 motoristas uma única amostra e duas amostras independentes, uma classificada por gênero (masculino x feminino) e outra por grupo (grupo 1 x grupo 2). A divisão por grupo refere-se à divisão utilizada na aplicação do teste no simulador de direção. Nas Tabelas 5 e 6, encontram-se as análises de estatística descritiva e o teste de normalidade aplicado aos dados coletados pelos testes SBSOD e PT/SOT, respectivamente. Para o caso do teste SBSOD, observa-se que a distribuição normal pode ser assumida para os dados de todas as variáveis independentes (Tabela 5). Desta forma, adotaram-se testes paramétricos no procedimento de análise desses dados. Para o caso do teste PT/SOT, os dados não apresentam normalidade (Tabela 6), tanto se considerado os 52 motoristas como uma única amostra, quanto duas amostras distintas. Portanto, fez-se as análises desses dados utilizando testes não-paramétricos.

Tabela 5 – Estatística para os dados de habilidade espacial coletados pelo teste SBSOD.

Variável independente	Mínimo	Máximo	Média e desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
<b>Gênero</b>					
Masculino	5,10	6,90	5,84 ± 0,45	5,90	0,692
Feminino	5,00	6,70	5,83 ± 0,49	5,75	0,434
<b>Grupo de motoristas</b>					
Grupo 1	5,10	6,90	5,87 ± 0,45	5,85	0,909
Grupo 2	5,00	6,70	5,80 ± 0,49	5,70	0,447
*Total	5,00	6,90	5,84 ± 0,47	5,80	0,449

\*Total é a habilidade espacial considerando os 52 motoristas. <sup>(i)</sup>p-valor (ou p) superior a 0,05 implica que a distribuição normal pode ser assumida para o conjunto de dados a um nível de significância de 5%.

Tabela 6 – Estatística para os dados de habilidade espacial coletados pelo teste PT/SOT.

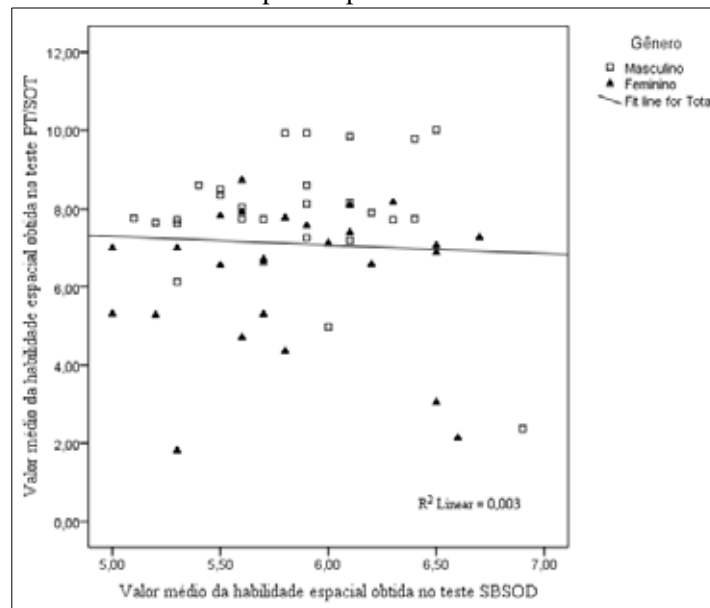
Teste PT/SOT e Shapiro-Wilk (p-valor)	Variável independente				*Total
	Gênero		Grupo de motoristas		
	Masculino	Feminino	Grupo 1	Grupo 2	
Número médio de questões respondidas dentro do tempo estipulado de 5 minutos	9,19 p = 0,001	7,42 p = 0,043	8 p = 0,008	8 p = 0,036	8,31 p = 0,001
Número médio de vezes que se confundiu a direção esquerda e direita	1,12 p < 0,0001	1,96 p = 0,001	1,62 p < 0,0001	1,46 p < 0,0001	1,54 p < 0,0001
Erro médio (0 a 10) e desvio-padrão	8,64 ± 1,73 p = 0,001	6,90 ± 2,92 p = 0,004	7,59 ± 2,54 p = 0,012	7,96 ± 2,56 p = 0,003	7,77 ± 2,53 < 0,0001
Erro médio e desvio-padrão (em graus) cometido na estimativa do ângulo formado entre duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos.	32,5° ± 31° < 0,0001	64° ± 53° 0,001	51,5° ± 46° < 0,0001	45° ± 46° < 0,0001	48,3° ± 46° < 0,0001

<sup>(i)</sup>p > 0,05, assume-se distribuição normal para o conjunto de dados a um nível de significância de 5%.

Dois análises foram desenvolvidas com os dados de habilidade espacial. A primeira consistiu em verificar a correlação entre os dados obtidos nos diferentes testes, o SBSOD e o PT/SOT. A segunda consistiu em investigar se os motoristas de diferentes gêneros, e de diferentes grupos (grupo 1 x grupo 2), apresentaram nível similar de habilidade espacial, em cada um dos testes aplicados (SBSOD e PT/SOT).

No conjunto de 52 motoristas, a média de habilidade espacial foi de 5,84 ( $\pm 0,47$ ) para o caso dos dados obtidos no teste SBSOD, e de 7,77 ( $\pm 2,53$ ) para caso dos dados coletados no teste PT/SOT. A média de 7,77 corresponde ao erro médio transformado para o intervalo 0 a 10. O comportamento desses dados de habilidade espacial (SBSOD e PT/SOT) foi analisado através do diagrama de dispersão (Figura 16), e a associação entre tais dados foi medida pelo coeficiente de correlação de *Spearman*. Este coeficiente equivale ao coeficiente de correlação de Pearson, porém aplicado na análise de variáveis em que pelo menos uma variável não apresenta dados com distribuição normal (SIEGEL; CASTELAN JUNIOR, 2006), como é o caso dos dados obtidos no teste PT/SOT.

Figura 16 – Gráfico de dispersão para as variáveis SBSOD e PT/SOT.



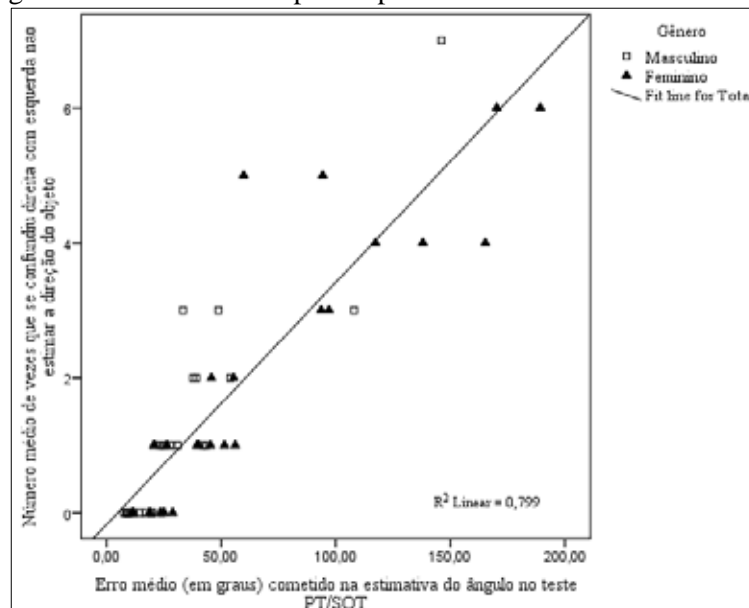
Fonte: Produção do próprio autor.

Os resultados revelam que os dados obtidos nos dois testes (SBSOD e PT/SOT) não são correlacionados ( $r=0,134$ ;  $p=0,343$ ) ao nível de significância de 5%. Esta baixa correlação sugere que tais testes podem ser considerados complementares na avaliação da habilidade espacial de indivíduos. O teste SBSOD se constitui de uma autoavaliação do indivíduo sobre seu senso de direção, enfatizando sua habilidade de se locomover em um ambiente (HEGART

*et al.* 2002). O teste PT/SOT, além de não ser subjetivo, está mais relacionado com as tarefas de navegação com mapas, nas quais o indivíduo requer estimar a direção de objetos ou mesmo reter a orientação de objetos com relação a diferentes pontos de vista (HEGART; WALLER, 2004). Assim, considera-se que o uso desses dois distintos testes de habilidade foi uma decisão importante na avaliação da usabilidade dos mapas, uma vez que nem sempre um indivíduo que se autoavaliou com alto senso de direção apresentou alta habilidade de orientação espacial, ao imaginar uma cena a partir de diferentes perspectivas.

O coeficiente de correlação de *Spearman* também foi calculado para medir o grau de associação entre duas variáveis de quantificação da habilidade espacial pelo teste PT/SOT: ‘número de vezes que o motorista confundiu direita com esquerda (vice-versa), ao indicar a direção de um objeto na cena’ e ‘erro (em graus) cometido na estimativa do ângulo formado entre duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos da cena’. O diagrama de dispersão para essas duas variáveis se encontra na Figura 17. Constatou-se uma correlação significativa ( $r = 0,900$ ;  $p < 0,0001$ ) entre o número de vezes que o motorista confundiu direita e esquerda e o erro médio cometido na estimativa do ângulo. Isto permite afirmar que os motoristas que cometeram maior erro na estimativa do ângulo formado entre os objetos da cena foram aqueles que confundiram um maior número de vezes as direções direita com esquerda (vice-versa). Os resultados oferecem indicações de que a maior dificuldade do motorista não foi estimar o valor do ângulo entre os objetos, mas se orientar espacialmente para apontar a direção de um objeto, a partir da direção formada por outros dois objetos da cena.

Figura 17 – Gráfico de dispersão para as variáveis do teste PT/SOT.



Fonte: Produção do próprio autor.

A segunda análise desenvolvida com os dados de habilidade espacial investiga se os motoristas de diferentes gêneros e de diferentes grupos (grupo 1 x grupo 2) apresentaram nível similar de habilidade espacial. Para o caso do teste SBSOD, a habilidade em função do gênero e em função do grupo foi quantificada por meio do teste paramétrico t, para duas amostras independentes (Tabela 7). Para o caso do teste PT/SOT, a mesma comparação foi realizada, porém com o teste não-paramétrico de *Mann-Whitney* (Tabela 8). Os resultados mostram que os dois grupos de motoristas (grupo 1 x grupo 2) apresentaram nível similar de habilidade nos dois testes aplicados, SBSOD ( $p=0,599$ ) e PT/SOT ( $p = 0,481$ ). A partir disso, pode-se afirmar que o desempenho dos grupos de motoristas na tarefa de navegação não foi influenciado pela diferença de habilidade espacial entre esses grupos.

Tabela 7 - Relação do gênero e do grupo com a habilidade espacial avaliada pelo SBSOD.

Habilidade espacial	Teste <i>Levene</i> para a igualdade das variâncias		Teste t para duas amostras independentes	
	F	*Significância	t	**p-valor
<b>Gênero</b>				
Igualdade entre as variâncias	0,191	0,664	0,059	0,953
Desigualdade entre as variâncias			0,059	0,953
<b>Grupo de motoristas</b>				
Igualdade entre as variâncias	0,289	0,593	0,530	0,599
Desigualdade entre as variâncias			0,530	0,599

\*Assume-se igualdade de variâncias para valor de 'Significância' maior que 0,05, ao nível de confiabilidade de 95%. \*\* $p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável de independente (ex.: gênero) ao nível de significância de 5%.

Tabela 8 - Relação do gênero e do grupo com a habilidade espacial avaliada pelo PT/SOT.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
Erro médio (em graus) cometido na estimativa do ângulo formado duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos da cena	Grupo		Z	p-valor
	Grupo 1	Grupo 2		
	27,98	25,02	-0,705	0,481
Erro médio (em graus) cometido na estimativa do ângulo formado duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos da cena	Gênero		Z	p-valor
	Masculino	Feminino		
	20,73	32,27	-2,745	0,006
Número médio de questões respondidas dentro do tempo estipulado de 5 minutos	Gênero		Z	p-valor
	Masculino	Feminino		
	31,54	21,46	-2,426	0,015
Número médio de vezes que se confundiu a direção esquerda e direita	Gênero		Z	p-valor
	Masculino	Feminino		
	23,00	30,00	-1,731	**0,083

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável independente a um nível de significância de 5%.

\*\*Estatisticamente significativo ao nível de confiabilidade de 90%.

Quanto à comparação em função do gênero, não se observou associação significativa ( $p=0,953$ ) entre a habilidade espacial e o gênero do motorista, para o caso do teste SBSOD (Tabela 7). Isto sugere que os motoristas do gênero feminino e masculino se autoavaliaram de



forma similar, em termos do senso de direção que julgam possuir. Contudo, para o caso do teste PT/SOT, os resultados (Tabela 8) evidenciam que os homens demonstraram melhor desempenho ( $p = 0,006$ ) que as mulheres ao estimarem o ângulo formado entre duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos da cena. Além disso, os resultados mostram que os homens responderam um número maior de questões ( $p = 0,015$ ) comparado às mulheres, bem como confundiram um menor número de vezes ( $p = 0,083$ ) as direções direita e esquerda (Tabela 8).

As diferenças de habilidade espacial entre indivíduos de diferentes gêneros têm sido explicadas a partir de perspectivas distintas como pela fisiologia, psicologia e perspectiva evolucionária (MONTELLO *et al.* 1999). Jones *et al.* (2003) e Coluccia e Louse (2004) apresentam uma revisão sobre uma série de estudos que apontam diferenças cognitivas entre homens e mulheres, particularmente a respeito das diferenças em habilidade espacial. Pela perspectiva evolucionária, as diferenças de habilidade espacial são explicadas com base na divisão pré-histórica do trabalho, na qual homens e mulheres desenvolveram diferentes habilidades de acordo com suas respectivas necessidades reprodutivas (JONES *et al.* 2003).

Do ponto de vista da fisiologia, as diferenças de habilidade espacial têm sido explicada com base nos níveis dos diferentes hormônios presentes no organismo humano. Estudos sugerem que há uma relação direta entre habilidade espacial e o nível de testosterona do indivíduo (JONES *et al.* 2003; HOOVEN *et al.* 2004). Hooven *et al.* (2004) afirmam que os níveis mais altos de testosterona presentes em homens contribuem para a sua vantagem, sobre as mulheres, em testes de habilidade espacial. No caso das mulheres, a habilidade espacial também é correlacionada ao nível de estrogênio presente no organismo feminino, porém, trata-se de uma relação inversa, isto é, maiores níveis de estrogênio são associados a um menor nível de habilidade espacial (JONES *et al.* 2003).

Do ponto de vista da psicologia, estudos apontam que os homens são mais confiantes que as mulheres sobre seu próprio senso de direção e sua habilidade em explorar novos caminhos (LAWTON, 1994; MONTELLO *et al.* 1999; COLUCCIA; LOUSE, 2004). Embora as diferenças nos resultados do teste SBSOD não se mostraram significativas, ainda assim, nota-se que, comparado às mulheres, os homens se autoavaliaram com maior senso de direção (Tabela 7). Lawton (1994) afirma que as mulheres são mais ansiosas que os homens ao navegarem por um ambiente. Essa maior ansiedade espacial ou ‘o medo de se perder’ (LAWTON, 1994) sentido pelas mulheres pode reduzir sua habilidade em concentrar atenção nos elementos do ambiente que auxiliam na manutenção da orientação espacial (COLUCCIA; LOUSE, 2004). A ansiedade espacial das mulheres também pode explicar o fato de utilizarem

estratégias diferentes dos homens ao desenvolverem tarefas de navegação (LAWTON, 1994; WAKABAYASHI, 2011). Se por um lado os homens preferem a estratégia de navegação euclidiana, a qual utiliza informações de distâncias e orientações, a partir dos pontos cardeais (BURNETT, 1998; DABBS *et al.* 1998), por outro as mulheres preferem navegar auxiliadas por um maior número marcos (ex.: semáforos) e utilizar mais orientações egocêntricas, do tipo direita e esquerda (BURNETT, 1998; PUGLIESI *et al.* 2014).

## 5.2 Demanda visual

Para a determinação da eficiência dos mapas exibidos em diferentes escalas, inicialmente fez-se a análise de estatística descritiva e a aplicação do teste de normalidade nos dados de cada uma das cinco variáveis utilizadas na caracterização da demanda visual: Número de olhadas (NumOlhadas), Duração Mínima das olhadas (DurMin), Duração Média das olhadas (DurMedia), Duração Máxima das olhadas (DurMax) e Soma das olhadas (SomaOlhadas). Deve-se ressaltar que, na análise de cada uma dessas variáveis de demanda visual, considerou-se um total de seis casos, os quais foram denominados de acordo com a escala do mapa e a complexidade da manobra. Tais casos foram: ‘Mapa\_1:3.000’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_simples’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_complexa’, ‘Mapa\_1:6.000’, ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_simples’ e ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_complexa’. Assim, por exemplo, nos casos ‘Mapa\_1:3.000’ e ‘Mapa\_1:6.000’, consideraram-se os dados de demanda visual referentes as 11 manobras da rota<sup>12</sup> (manobra simples e complexa), realizadas com o mapa em 1:3.000 e 1:6.000, respectivamente. Nos casos ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_simples’ e ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_complexa’, consideraram-se os dados de demanda visual referentes à navegação com o mapa na escala 1:3.000, apenas em manobra simples e manobra complexa, respectivamente. O mesmo foi considerado nos casos ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_simples’ e ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_complexa’, porém, para o mapa exibido na escala 1:6.000.

Os resultados da análise de estatística descritiva e do teste de normalidade, considerando o grupo de 52 motoristas, estão descritos na Tabela 9. O teste de *Shapiro-Wilk* mostra que algumas das variáveis de demanda visual apresentam dados com distribuição normal, enquanto outras não. Portanto, as análises foram desenvolvidas pela aplicação de

---

<sup>12</sup> Embora a rota experimental seja formada por 13 manobras (8 simples e 5 complexas), os dados de demanda visual relacionados à primeira e à segunda manobra, ambas manobras simples, foram desconsiderados das análises, por estas manobras terem sido utilizadas como uma etapa de treinamento do motorista com o SINGRA.

testes tanto paramétricos (teste t para duas amostras) quanto não-paramétricos (teste de Wilcoxon).

Tabela 9 – Estatística descritiva e teste de normalidade para os dados de demanda visual.

NÚMERO DE OLHADAS					
Representação (casos)	Mínimo	Máximo	Média ± desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
Mapa_1:3.000	1	6	2,92 ± 1	2,73	0,221
Mapa_1:6.000	1	5	2,63 ± 1	2,59	0,018
Mapa_1:3.000_manobra_simples	1	6	2,72 ± 1	2,60	0,001
Mapa_1:6.000_manobra_simples	1	5	2,53 ± 1	2,48	0,001
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	1	6	3,22 ± 1	3,16	0,121
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	1	4	2,67 ± 1	2,58	0,137
DURAÇÃO MÍNIMA DAS OLHADAS (em segundos)					
Representação	Mínimo	Máximo	Média ± desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
Mapa_1:3.000	0,57	2,25	0,93 ± 0,27	0,89	<0,0001
Mapa_1:6.000	0,65	2,29	0,95 ± 0,31	0,94	<0,0001
Mapa_1:3.000_manobra_simples	0,48	1,76	0,85 ± 0,25	0,80	<0,0001
Mapa_1:6.000_manobra_simples	0,48	2,48	0,87 ± 0,31	0,80	<0,0001
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	0,40	3,40	2,07 ± 1,23	1,96	<0,0001
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	0,58	2,68	1,09 ± 0,38	1,04	<0,0001
DURAÇÃO MÁXIMA DAS OLHADAS (em segundos)					
Representação	Mínimo	Máximo	Média ± desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
Mapa_1:3.000	0,88	2,62	1,59 ± 0,40	1,49	0,007
Mapa_1:6.000	0,94	3,38	1,56 ± 0,47	1,46	<0,0001
Mapa_1:3.000_manobra_simples	0,64	2,37	1,30 ± 0,40	1,24	0,012
Mapa_1:6.000_manobra_simples	0,72	2,53	1,30 ± 0,45	1,20	<0,0001
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	0,88	5,33	1,93 ± 0,59	1,84	0,070
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	0,88	4,11	1,75 ± 0,60	1,62	<0,0001
DURAÇÃO MÉDIA DAS OLHADAS (em segundos)					
Representação	Mínimo	Máximo	Média ± desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
Mapa_1:3.000	0,75	2,30	1,23 ± 0,29	1,15	0,001
Mapa_1:6.000	0,81	2,67	1,25 ± 0,35	1,18	<0,0001
Mapa_1:3.000_manobra_simples	0,59	1,79	1,05 ± 0,29	1,03	0,001
Mapa_1:6.000_manobra_simples	0,68	2,48	1,07 ± 0,32	0,97	<0,0001
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	0,74	2,66	1,44 ± 0,42	1,32	<0,0001
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	0,81	3,17	1,40 ± 0,42	1,31	<0,0001
SOMA DAS OLHADAS (em segundos)					
Representação	Mínimo	Máximo	Média ± desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
Mapa_1:3.000	1,32	6,51	3,55 ± 1,11	3,40	0,069
Mapa_1:6.000	1,32	5,98	3,20 ± 1,07	3,15	0,050
Mapa_1:3.000_manobra_simples	0,64	6,78	2,81 ± 1,37	2,52	0,002
Mapa_1:6.000_manobra_simples	0,80	5,86	2,67 ± 1,20	2,36	0,003
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	1,44	6,92	4,41 ± 1,36	4,41	0,500
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	1,44	6,46	3,58 ± 1,40	3,41	0,013

<sup>(ii)</sup>p > 0,05, assume-se distribuição normal para o conjunto de dados a um nível de significância de 5%.

Os resultados apresentados na Tabela 10 evidenciam que a variação da escala não influenciou no tempo médio (DurMedia) requerido pelos motoristas para a leitura dos mapas ( $p=0,830$ ), independentemente do tipo de manobra a ser realizada, se simples ( $p=0,774$ ) ou complexa ( $p=0,456$ ). Porém, verificou-se que os motoristas olham mais vezes (NumOlhadas) ( $p=0,014$ ) e permanecem mais tempo com os olhos fora da via (SomaOlhadas) ( $p=0,030$ ) ao navegarem auxiliados pelo mapa na escala 1:3.000 em comparação ao mapa em 1:6.000.

A complexidade da manobra consistiu em outro fator de influência na demanda visual. Em manobra complexa, os motoristas não somente olharam menos vezes para o mapa na escala 1:6.000 ( $p<0,0001$ ), como também reduziram o tempo de duração mínima ( $p<0,0001$ ) e máxima ( $p=0,033$ ) da olhada comparado ao mapa mais detalhado (Tabela 10).

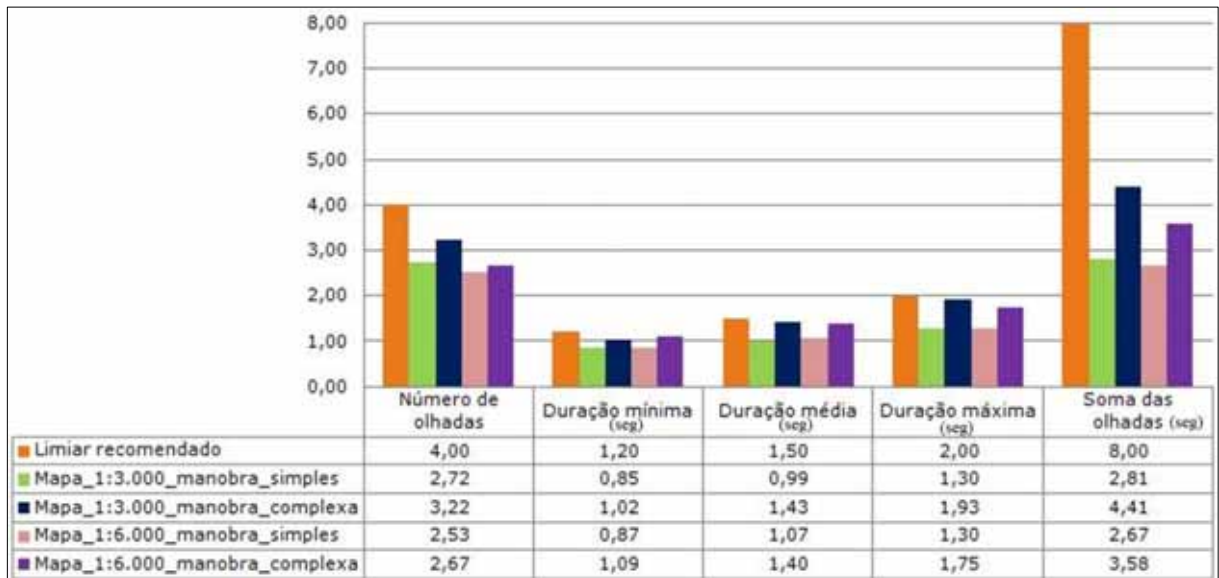
A partir dos casos estudados, pode-se afirmar que a variação da escala do mapa e o grau de complexidade da manobra são fatores que influenciam na demanda visual, ou seja, os motoristas não mantêm nível similar de demanda visual ao navegarem com mapas em diferentes escalas, para realizarem manobras simples e complexa. Se por um lado os mapas em diferentes escalas são igualmente eficientes para apoiar a realização de manobra simples, por outro os mapas mais generalizados (ex.: escala 1:6.000) são mais eficientes para apoiar a realização de manobra complexa. A distribuição média da demanda visual, em função da variação da escala do mapa e da complexidade da manobra, encontra-se na Figura 18.

Tabela 10 - Influência da complexidade da manobra e da variação da escala do mapa na demanda visual dos motoristas.

NÚMERO DE OLHADAS					
Comparação: primeira x segunda	Wilcoxon (média dos <i>ranks</i> )				Melhor eficiência
	Primeira	Segunda	Z	p-valor	
Mapa_1:3.000 x Mapa_1:6.000	20,13	28,79	-2,462	0,014	Mapa em 1:6.000
Mapa_1:3.000_manobra_simples x Mapa_1:6.000_manobra_simples	24,78	27,00	-0,874	0,382	-
Mapa_1:3.000_manobra_complexa x Mapa_1:6.000_manobra_complexa	Teste t para duas amostras pareadas				Melhor eficiência
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor	
	3,22 x 2,67	0,955 x 0,871	4,437	<0,0001	Mapa em 1:6.000
DURAÇÃO MÍNIMA DAS OLHADAS (em segundos)					
Comparação: primeira x segunda	Wilcoxon (média dos <i>ranks</i> )				Melhor eficiência
	Primeira	Segunda	Z	p-valor	
Mapa_1:3.000 x Mapa_1:6.000	28,48	22,73	-1,528	0,126	-
Mapa_1:3.000_manobra_simples x Mapa_1:6.000_manobra_simples	23,08	31,55	-0,241	0,809	-
Mapa_1:3.000_manobra_complexa x Mapa_1:6.000_manobra_complexa	15,80	30,84	-4,117	<0,0001	Mapa em 1:6.000
DURAÇÃO MÁXIMA DAS OLHADAS (em segundos)					
Comparação: primeira x segunda	Wilcoxon (média dos <i>ranks</i> )				Melhor eficiência
	Primeira	Segunda	Z	p-valor	
Mapa_1:3.000 x Mapa_1:6.000	27,33	25,07	-0,834	0,404	-
Mapa_1:3.000_manobra_simples x Mapa_1:6.000_manobra_simples	30,13	22,66	-0,628	0,530	-
Mapa_1:3.000_manobra_complexa x Mapa_1:6.000_manobra_complexa	24,22	26,97	-2,218	0,033	Mapa em 1:6.000
DURAÇÃO MÉDIA DAS OLHADAS (em segundos)					
Comparação: primeira x segunda	Wilcoxon (média dos <i>ranks</i> )				Melhor eficiência
	Primeira	Segunda	Z	p-valor	
Mapa_1:3.000 x Mapa_1:6.000	27,40	25,60	-0,214	0,830	-
Mapa_1:3.000_manobra_simples x Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,40	25,73	-0,287	0,774	-
Mapa_1:3.000_manobra_complexa x Mapa_1:6.000_manobra_complexa	22,44	29,70	-0,745	0,456	-
SOMA DAS OLHADAS (em segundos)					
Comparação: primeira x segunda	Wilcoxon (média dos <i>ranks</i> )				Melhor eficiência
	Primeira	Segunda	Z	p-valor	
Mapa_1:3.000_manobra_simples x Mapa_1:6.000_manobra_simples	22,48	31,19	-0,542	0,588	-
Mapa_1:3.000_manobra_complexa x Mapa_1:6.000_manobra_complexa	18,43	29,15	-3,623	<0,0001	Mapa em 1:6.000
Mapa_1:3.000 x Mapa_1:6.000	Teste t para duas amostras pareadas				Melhor eficiência
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor	
	3,55 x 3,20	1,11 x 1,07	2,230	0,030	Mapa em 1:6.000

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a representação (ex.: 'Mapa\_1:3.000') e a variável dependente (demanda visual) a um nível de significância de 5%.

Figura 18 – Média da demanda visual em função da escala do mapa e do tipo de manobra.



Fonte: Produção do próprio autor.

A avaliação da eficiência dos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, em diferentes escalas mostrou (Tabela 10 e Figura 18) que a demanda visual é dependente da variação da escala do mapa e da complexidade da tarefa a ser realizada (manobra simples x complexa). Diante disso, a análise seguinte teve o intuito de avaliar se a eficiência apresentada por cada representação está de acordo com os limiares de demanda visual recomendados pela literatura. Cada variável de caracterização da demanda visual foi analisada separadamente.

O número de olhadas tem sido associado ao processo de busca visual, de maneira que um elevado número de olhadas representa problemas no projeto da interface (GOLDBERG; KOTVAL, 1999; JACOB; KARN, 2003). Segundo Green (1999), para o caso da tarefa de navegação apoiada por sistema de guia de rota, o limiar que tem sido adotado é de no máximo quatro olhadas para a interface, durante a realização de uma determinada tarefa. Nos casos estudados, a tarefa consiste na tarefa tática para cada manobra da rota. Portanto, ao comparar o limiar de quatro olhadas com o número de olhadas realizado pelos motoristas na tarefa tática, pode-se afirmar que as representações nas escalas 1:3.000 e 1:6.000 são igualmente eficientes. A média de consulta dos motoristas foi de aproximadamente três olhadas, invariante à escala do mapa ou ao tipo de manobra (Figura 18).

As representações em diferentes escalas também são eficientes em termos da soma das olhadas. As recomendações da literatura são de que o tempo total gasto com os olhos em uma interface, entre o momento de início e fim de uma tarefa, não deve exceder a 8 segundos (JAMA, 2004), 12 segundos (NHTSA, 2012) ou 20 segundos (AAM, 2006). Ao comparar esses limiares com a soma das olhadas dos motoristas, verifica-se que a média de tempo total

gasto com os olhos nos mapas foi abaixo de 4,5 segundos, para todos os casos analisados (Figura 18). 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, na realização da tarefa tática, seja esta relacionada à manobra simples ou à manobra com maior grau de complexidade (PUGLIESI *et al.* 2013).

A duração das olhadas tem sido associada ao tempo de processamento requerido pelo indivíduo para compreender um objeto apreendido pelos olhos (POOLE; BALL, 2005). Olhadas de durações longas caracterizam interfaces complexas, pois seu conteúdo é difícil de ser interpretado, resultando em um demorado processo de extração da informação (WIKMAN *et al.* 1998; POOLE; BALL, 2005). Ao analisar a duração das olhadas, em termos de seu valor médio (DurMedia), Green (1999) afirma que os motoristas gastam entre 1,2 e 1,5 s para consultar os controles de um veículo e, por este motivo, recomenda que a duração média da olhada para uma interface não ultrapasse ao limiar de 1,5 segundos. Wikman *et al.* (1998) classificam uma olhada de duração média dentro do intervalo de 0,5 até 2,0 segundos. A *Alliance of Automobile Manufacturers* (AAM, 2006) sugere que a duração média da olhada não ultrapasse 2,0 segundos, em 85% das amostras analisadas. Nos casos estudados (Figura 18), observa-se que a duração média das olhadas dos motoristas não ultrapassou ao limiar 1,5 segundos sugerido por Green (1999), tampouco os limiares fixados por Wikman *et al.* (1998) ou pela AAM (2006), corroborando a eficiência dos mapas nas duas diferentes escalas.

Quanto ao tempo de duração mínima da olhada para uma interface, Wikman *et al.* (1998) fixam o limiar em menor que 0,5 segundos, porém reconhecem que olhadas de duração menores que este limiar são muito curtas para que o motorista possa extrair a informação na interface, durante a tarefa de navegação. Pelos resultados na Figura 18, verifica-se que os motoristas apresentaram tempo de duração mínima da olhada acima de 0,5 s, isso ao navegarem com mapas nas escalas 1:3.000 e 1:6.000 e realizarem manobras simples e complexas. A duração mínima da olhada é uma variável que pode caracterizar a eficiência do processo de comunicação cartográfica, pois se pode assumir que quanto menor o tempo de leitura do mapa, maior a eficiência na interpretação do seu conteúdo. Nesse sentido, pode-se afirmar que os mapas, nas diferentes escalas, são eficientes para auxiliar na interpretação da direção da manobra, uma vez que a duração mínima da olhada foi abaixo de 1,1 segundos, para todos os casos analisados (Figura 18).

Ainda com base nos resultados da Figura 18, pode-se afirmar que as representações são eficientes, em termos da duração máxima da olhada, tanto ao se considerar o mapa exibido na escala 1:3.000 quanto em 1:6.000, para representar manobra simples ou complexa.

Há um consenso na literatura de que a duração máxima da olhada para uma interface não deve exceder a 2 segundos, durante a tarefa de direção de um automóvel. Portanto, este tem sido o limiar adotado como o tempo máximo permitido para se manter os olhos fora da via, enquanto se dirige um veículo (GREEN, 1999; WIKMAN *et al.* 1998; AAM, 2006; NHTSA, 2012). Em nenhum dos casos estudados (Figura 18), os motoristas apresentaram demanda visual acima do limiar de dois segundos, quando se trata do valor da duração máxima da olhada.

As variáveis ‘Número de olhadas’ e ‘Duração máxima da olhada’ têm sido os indicadores adotados para verificar o potencial de risco que a interação com interfaces visuais traz à segurança no trânsito (WIKMAN *et al.* 1998; LABIALE, 2001; CHING-TORNG *et al.* 2010; PUGLIESI *et al.* 2009; 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 na segurança da tarefa de direção. Nesse sentido, com base nos casos investigados, constata-se que os mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, produzidos nas duas diferentes escalas de representação (1:3.000 e 1:6.000) são eficientes, em termos de segurança no trânsito, para auxiliar os motoristas na tarefa de navegação em automóvel.

### 5.2.1 Demanda visual e a influência do gênero

Duas análises foram conduzidas para comparar a demanda visual dos motoristas em relação aos mapas exibidos nas escalas 1:3.000 e 1:6.000. A primeira compara a demanda visual entre motoristas de diferentes gêneros, masculino *versus* feminino. A partir disso, pode-se responder à seguinte questão: “Os motoristas do gênero masculino apresentam demanda visual similar aos motoristas do gênero feminino ao utilizarem mapas em diferentes escalas, para realizarem manobras simples e complexa?”. A segunda análise compara a demanda visual entre motoristas de mesmo gênero, para avaliar se a variação da escala do mapa tem maior influência sobre o desempenho dos homens ou das mulheres, na realização da tarefa táctica em manobra simples e complexa. A partir desta segunda análise, pode-se responder a outras duas questões: “A demanda visual gerada no grupo dos homens ou das mulheres está relacionada com a variação da escala do mapa?” e “A demanda visual gerada no grupo dos homens ou das mulheres está relacionada com a variação da complexidade da manobra exibida em mapas com diferentes níveis de simplificação?”.



### 5.2.1.1 Demanda visual em relação a motoristas de diferentes gêneros

A comparação da demanda visual em função do gênero (Tabela 11) mostra que, em se tratando de manobra simples (Caso A e Caso C), as mulheres realizaram um maior número de olhadas para o mapa exibido tanto na escala 1:3.000 ( $p= 0,008$ ) quanto na escala 1:6.000 ( $p= 0,071$ ), quando comparadas aos homens. Há também uma indicação ( $p=0,146$ ), porém não significativa, das mulheres apresentarem maior demanda visual, em termos da ‘Soma das olhadas’, ao navegarem com o mapa na escala 1:3.000. Isso aponta que motoristas do gênero feminino podem despende mais tempo com os olhos fora da via, ao buscarem por informação no mapa, se comparados aos motoristas do gênero masculino. Por outro lado, na consulta ao mapa com maior nível de detalhe (1:3.000), os homens demonstraram uma indicação de requererem tempo de duração mínima ( $p=0,125$ ) e de duração média ( $p = 0,187$ ) das olhadas superior ao tempo requerido pelas mulheres, na realização de manobra simples (Caso A).

Com base nas evidências encontradas, afirmar-se que, comparado aos motoristas do gênero masculino, os motoristas do gênero feminino interpretam mais rapidamente a informação de manobra simples no mapa. Todavia, as mulheres consultam o mapa um maior número de vezes do que os homens e, por esse motivo, passam mais tempo com os olhos fora da via. Este maior número de olhadas reflete a ansiedade espacial das mulheres ao navegar apoiadas por mapas. O maior tempo de interpretação do mapa requerido pelos homens pode ser explicado em função do menor número de vezes (NumOlhadas) que estes consultam o mapa em relação às mulheres.

Em se tratando de manobra complexa, nenhuma relação foi encontrada entre a demanda visual e o gênero do motorista, quando o mapa foi exibido na escala 1:3.000 (Caso B) (Tabela 11). Assim, homens e mulheres apresentaram nível similar de demanda visual ao realizarem manobra complexa, auxiliados por mapas menos generalizados (ex.: 1:3.000). Há apenas uma indicação ( $p = 0,129$ ), embora não significativa, dos homens apresentarem tempo de duração máxima da olhada superior ao das mulheres quando utilizam mapas mais generalizados (ex.: 1:6.000) (Caso D).

Diferentemente do observado para o caso de manobra simples, visualizada em mapa mais detalhado (1:3.000), para o caso de manobra complexa, também visualizada nesta escala, não houve discrepância na demanda visual, em termos do número de olhadas, entre motoristas de diferentes gêneros. Esse comportamento pode ser explicado com base no aumento da complexidade da manobra, pois, diante de junções mais complexas, os homens passam a consultar mais vezes o mapa, no intuito de compreender a direção que deve ser tomada na

manobra. Isto se confirma ao considerar que o número médio de olhadas realizado pelos homens foi de 2,28 (mediana 2,0), no caso de manobra simples, e este número subiu para 3,09 (mediana = 3,0), no caso de manobra complexa, um aumento equivalente a 35,5%. Essa mesma comparação para o caso das mulheres revela que o número médio de olhadas subiu de 3,16 (mediana = 3,0) para 3,35 (mediana = 3,33), o que equivale a apenas 6% de aumento.

Tabela 11 – Demanda visual em relação a motoristas de diferentes gêneros.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO					
Representação	Variável de demanda visual	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
		Gênero		Z	p-valor
		Masculino	Feminino		
Caso A: Mapa_1:3.000_manobra_simples	NumOlhadas	20,94	32,06	-2,6559	0,008 <sup>a</sup>
	DurMin	29,71	23,29	-1,533	0,125 <sup>c</sup>
	DurMax	27,77	25,23	-0,605	0,545
	DurMedia	29,27	23,73	-1,318	0,187 <sup>c</sup>
	SomaOlhadas	23,44	29,56	-1,455	0,146 <sup>c</sup>
Caso B: Mapa_1:3.000_manobra_complexa	DurMin	24,46	28,54	-0,971	0,331
	DurMax	26,40	26,60	-0,046	0,963
	DurMedia	27,77	25,23	-0,604	0,546
Caso C: Mapa_1:6.000_manobra_simples	NumOlhadas	22,79	30,21	-1,807	0,071 <sup>b</sup>
	DurMin	27,75	25,25	-0,596	0,551
	DurMax	26,52	26,48	-,009	0,993
	DurMedia	27,38	25,62	-0,421	0,674
	SomaOlhadas	23,92	29,08	-1,226	0,220
Caso D: Mapa_1:6.000_manobra_complexa	DurMin	24,71	28,29	-0,852	0,694
	DurMax	29,69	23,31	-1,520	0,129 <sup>c</sup>
	DurMedia	28,13	24,87	-0,778	0,437
	SomaOlhadas	27,35	25,65	-0,403	0,687
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO					
NÚMERO DE OLHADAS					
Comparação: Masculino x Feminino		**Teste t para amostras independentes			
		Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Caso B: Mapa_1:3.000_manobra_complexa		3,09 x 3,35	1,075 x 0,820	-0,965	0,339
Caso D: Mapa_1:6.000_manobra_complexa		2,67 x 2,67	0,939 x 0,817	0,25	0,980
SOMA DAS OLHADAS					
Comparação: Masculino x Feminino		**Teste t para amostras independentes			
		Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Caso B: Mapa_1:3.000_manobra_complexa		4,26 x 4,55	1,32 x 1,42	-0,785	0,436

<sup>a</sup> Significativo a um nível de significância de 1%, <sup>b</sup> Significativo a um nível de significância de a 10% e <sup>c</sup> Significativo a um nível de significância de 20%. \*\* Teste t calculado assumindo-se variâncias iguais.

### 5.2.1.2 Demanda visual em relação a motoristas de mesmo gênero

Na Tabela 12 e na Figura 19, apresentam-se os resultados obtidos na comparação da demanda visual entre os motoristas de mesmo gênero. Para o caso de manobra simples, realizada com o mapa na escala 1:3.000 e 1:6.000, a variação da escala não influenciou a demanda visual dos motoristas, seja do gênero masculino ou feminino (Figura 19). O tempo mínimo, médio e máximo requeridos para interpretar o mapa, bem como o número de vezes que o mapa é consultado e o tempo total despendido com os olhos fora da via devido essas consultas foram similares entre os homens e entre as mulheres. Assim, tem-se que ambas as escalas são eficientes para auxiliar motoristas de diferentes grupos a realizarem manobra simples. Para o caso de manobra complexa, também realizada com o mapa na escala 1:3.000 e 1:6.000, a variação da escala do mapa influenciou significativamente na demanda visual dos motoristas, seja do gênero masculino ou feminino (Tabela 12). Nota-se que, em pelo menos três variáveis de demanda visual (número de olhadas, duração mínima de olhadas e soma das olhadas), o mapa na escala 1:6.000 foi o mais eficiente, seja entre os homens ou as mulheres.

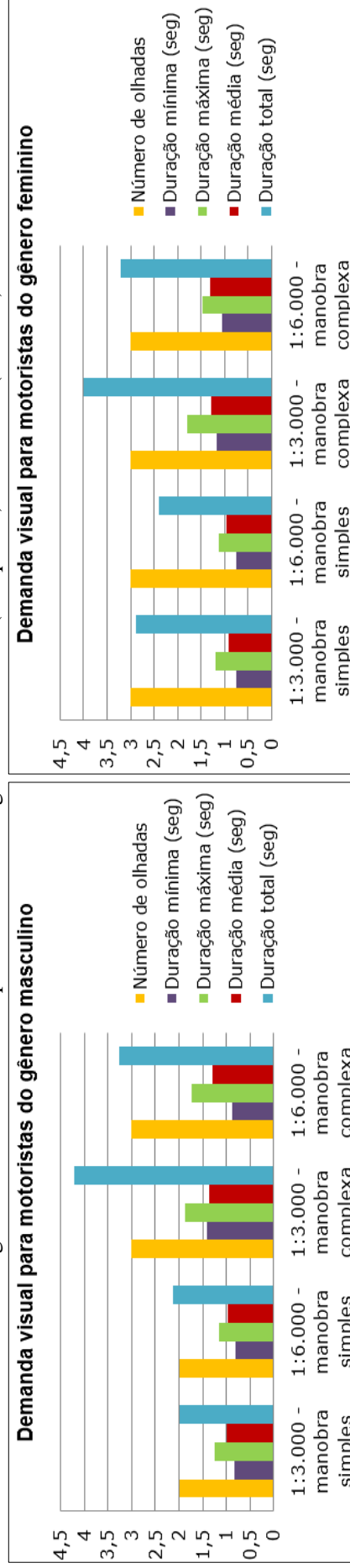
Quanto à análise da demanda visual gerada no grupo dos homens e das mulheres, em decorrência da variação da complexidade da manobra (simples x complexa), os resultados mostram que, independentemente da escala do mapa (1:3.000 ou 1:6.000), ambos grupos de motoristas apresentaram menor demanda visual ao consultarem o mapa para a realização de manobra simples. Portanto, a variação da complexidade da manobra influencia na demanda visual, tanto se considerado apenas motoristas do gênero masculino quanto apenas motoristas do gênero feminino, e isto é invariante ao nível de simplificação do mapa (Tabela 12).

Tabela 12 – Demanda visual para motoristas de mesmo gênero.

Demanda visual (p-valor)	Variação da escala						Variação da complexidade da manobra					
	Manobra simples (1:3.000 x 1:6.000)			Manobra complexa (1:3.000 x 1:6.000)			1:3.000 (MS x MC)			1:6.000 (MS x MC)		
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Número de olhadas	Igual * p=0,840	Igual * p=0,158	1:6.000 ** p=0,017 <sup>b</sup>	1:6.000 ** p=0,001 <sup>a</sup>	MS * p=0,001 <sup>a</sup>	Igual * p=0,258	Igual * p=0,126	Igual * p=0,622	Igual * p=0,201	Igual * p=0,0001 <sup>a</sup>	Igual * p=0,0001 <sup>a</sup>	Igual * p=0,041 <sup>b</sup>
Duração mínima	Igual * p=0,819	Igual * p=0,542	1:6.000 * p=0,005 <sup>a</sup>	1:6.000 * p=0,002 <sup>a</sup>	MS * p=0,001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	Igual * p=0,201	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>
Duração máxima	Igual * p=0,367	Igual * p=0,957	1:6.000 ** p=0,393	1:6.000 * p=0,014 <sup>b</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,041 <sup>b</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,002 <sup>a</sup>	MS * p=0,002 <sup>a</sup>
Duração média	Igual * p=0,195	Igual * p=0,298	1:6.000 * p=0,882	1:6.000 * p=0,374	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,002 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,002 <sup>a</sup>	MS * p=0,002 <sup>a</sup>
Soma das olhadas	Igual * p=0,929	Igual * p=0,501	1:6.000 * p=0,011 <sup>b</sup>	1:6.000 * p=0,005 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p<0,0001 <sup>a</sup>	MS * p=0,0069 <sup>c</sup>	MS * p=0,0069 <sup>c</sup>

Fatores de manobra (MS = Manobra Simples; MC = Manobra Complexa). \* p-valor foi estimado usando o teste não-paramétrico de Wilcoxon. \*\* p-valor foi estimado usando o teste paramétrico teste t para duas amostras relacionadas. <sup>a</sup> Estatisticamente significativo ao nível de significância de 1%. <sup>b</sup> Estatisticamente significativo ao nível de significância de 5%. <sup>c</sup> Estatisticamente significativo ao nível de significância de 10%. Obs.: Apresenta-se nas células da tabela o mapa (1:3.000 ou 1:6.000) com melhor eficiência, e o melhor desempenho nas manobras (MS ou MC).

Figura 19 - Demanda visual para motoristas do gênero masculino (à esquerda) e feminino (à direita)



Fonte: Produção do próprio autor.

### 5.2.2 Demanda visual e a influência das características individuais

Essa seção apresenta a análise da influência das características individuais dos motoristas na demanda visual pelos mapas, exibidos em diferentes escalas. Desta forma, pode-se responder à seguinte questão: ‘Os motoristas com características individuais distintas apresentam demanda visual similar, ao navegarem com mapas em diferentes escalas?’. A análise foi desenvolvida para as cinco variáveis de demanda visual, considerando os seis diferentes casos (Tabela 9): ‘Mapa\_1:3.000’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_simples’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_complexa’, ‘Mapa\_1:6.000’, ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_simples’ e ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_complexa’, isso para cada uma das características individuais ‘Habilidade espacial’ (testes SBSOD e PT/SOT), ‘Formação educacional’, ‘Experiência com SINGRA’ e ‘Experiência com mapas’. Os dados com distribuição normal foram analisados pelo teste paramétrico t, para duas amostras independentes, enquanto aqueles com distribuição desconhecida foram analisados pelo teste não-paramétrico de *Mann-Whitney*. Os resultados são apresentados nas seções que seguem.

#### 5.2.2.1 Habilidade espacial e a relação com a demanda visual

Na análise da relação entre a habilidade espacial do motorista e sua demanda visual, em termos do número de olhadas, consideraram-se os seis casos (Tabela 9), isso para a habilidade espacial mensurada pelo teste SBSOD e pelo teste PT/SOT. No primeiro teste, em nenhum dos casos constatou-se relação entre a habilidade espacial do motorista e seu nível de demanda visual (Tabela 13), ao nível de significância de 5%. Enquanto no segundo teste, PT/SOT (Tabela 14), esses resultados se repetem em cinco dos seis casos analisados.

A exceção é o caso ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_complexa’, isto é, quando da navegação em somente manobra complexa, apoiada por mapa na escala 1:3.000. Verificou-se que os motoristas com alta habilidade de orientação espacial consultaram menos vezes o mapa nesta escala, comparado aos motoristas com baixa habilidade. Os resultados indicam que, no grupo de motoristas com alta habilidade de orientação (total de 26), 65,4% realizaram número de olhadas abaixo da média do grupo (3,22), enquanto que, entre os motoristas com baixa habilidade (total de 26), esta proporção é inversa (Figura 20a). Ao nível de significância de 10%, estes resultados se repetem, em se tratando de manobra simples (Tabela 14), bem como para a habilidade, em termos do senso de direção (SBSOD) (Tabela 13). Os motoristas que se julgam com alto senso de direção consultaram menos vezes os mapas mais detalhados

comparado aos motoristas que se julgam com baixo senso de direção (Figura 20b). O fato dos motoristas com menor habilidade espacial terem consultado mais vezes o mapa em 1:3.000 pode não estar relacionado à quantidade de informação do mapa, mas ao fato de que, ao ser exibido em uma escala maior, o mapa representa uma menor porção de área, e isso pode ter contribuído para a perda do senso de direção do motorista, a qual se mostrou mais evidente no caso de motoristas com menor habilidade espacial.

Essas evidências permitem afirmar que a habilidade espacial é uma característica que interfere no desempenho dos motoristas na tarefa de navegação com SINGRA, isso, principalmente, tratando-se da realização de manobras com maior grau de complexidade, com o apoio de mapas menos generalizados. Se por um lado o melhor desempenho na tarefa foi correlacionado aos motoristas com alta habilidade espacial, por outro o pior desempenho foi associado aos motoristas com baixa habilidade. Esses resultados corroboram os obtidos por Dabbs *et al.* (1998) e Dillemath (2005), os quais concluíram que pessoas com maior habilidade espacial tiveram melhor desempenho com mapas comparado às pessoas com menor habilidade.

Tabela 13 - Influência da habilidade espacial (teste SBSOD) no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial - SBSOD		Z	p-valor
	Alto senso de direção	Baixo senso de direção		
Mapa_1:6.000	24,30	28,54	-1,010	0,313
Mapa_1:3.000_manobra_simples	22,72	30,00	-1,740	*0,082
Mapa_1:6.000_manobra_simples	23,38	29,39	-1,462	0,144
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Comparação: 'Alto senso de direção' x 'Baixo senso de direção'	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	2,69 x 3,13	0,77 x 0,95	-1,822	*0,074
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	3,16 x 3,27	1,09 x 0,82	-0,420	0,676
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	2,66 x 2,68	0,91 x 0,85	-0,079	0,937

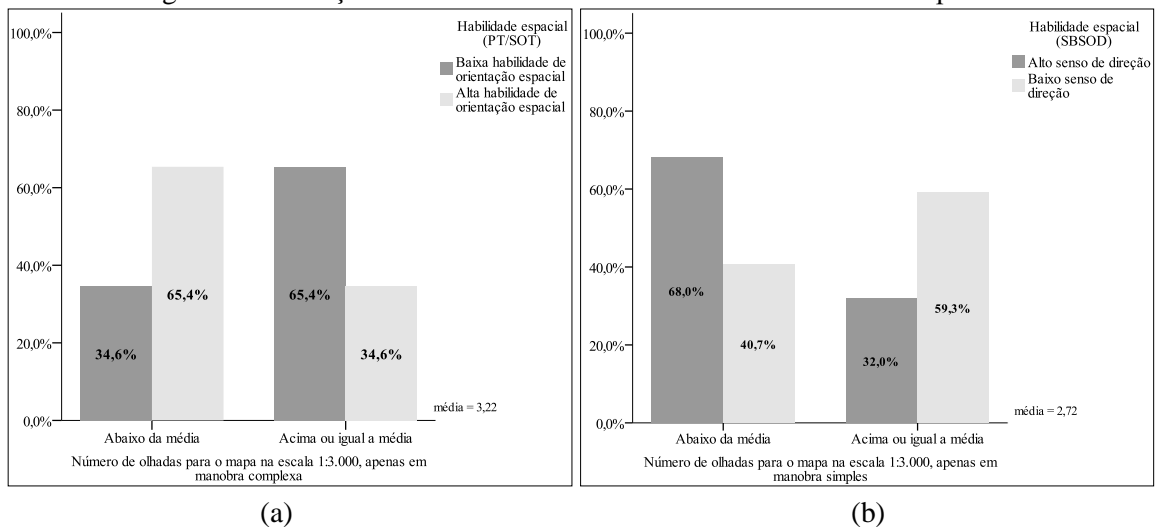
$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade espacial e a variável dependente (número de olhadas), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo a um nível de confiabilidade de 90%. \*\* Teste t calculado assumindo-se variâncias iguais.

Tabela 14 - Influência da habilidade espacial (teste PT/SOT) no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos ranks)			
	Habilidade espacial – PT/SOT		Z	p-valor
	Alta habilidade de orientação espacial	Baixa habilidade de orientação espacial		
Mapa_1:6.000	25,10	29,70	-0,670	0,503
Mapa_1:3.000_manobra_simples	24,52	28,48	-0,948	0,343
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,69	25,31	-0,580	0,562
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Comparação: ‘Alta habilidade de orientação espacial’ x ‘Baixa habilidade de orientação espacial’	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	2,70 x 3,14	0,80 x 0,94	1,777	*0,082
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	2,85 x 3,58	0,91 x 0,87	2,959	0,005
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	2,59 x 2,75	0,88 x 0,87	0,661	0,511

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável dependente (número de olhadas), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo a um nível de confiabilidade de 90%. \*\* Teste t calculado assumindo-se variâncias iguais.

Figura 20 – Relação entre o ‘Número de olhadas’ e a ‘Habilidade espacial’.



Em (a) habilidade espacial mensurada pelo teste PT/SOT e, em (b), pelo teste SBSOD.

Fonte: Produção do próprio autor.

Na análise da relação entre a habilidade espacial e a demanda visual, em termos da duração mínima das olhadas, duração máxima, duração média e somada das olhadas, aplicou-se o mesmo procedimento utilizado para o número de olhadas. A um nível de significância de 5%, os casos analisados não revelam qualquer relação entre a habilidade espacial e a demanda visual. Isso para a habilidade espacial, em termos dos testes, SBSOD e PT/SOD, e a demanda visual, em termos da duração mínima da olhadas (Tabela 15), duração máxima (Tabela 16), duração média (Tabela 17) e somada das olhadas (Tabelas 18 e 19).

Nesse sentido, pode-se afirmar que o nível de simplificação dos mapas, seja exibidos na escala 1:3.000 ou na escala 1:6.000, foi eficiente para auxiliar tanto os motoristas com maior quanto os com menor habilidade espacial, no tempo de leitura dos mapas, durante a direção do automóvel. Trata-se de uma importante evidência, pois se espera que um produto, tal como um mapa de SINGRA, seja apropriado para atender aos usuários com ambas as características, alta e baixa habilidade espacial. Infere-se que, comparado às pessoas com alta habilidade espacial, pessoas com menor habilidade se beneficiam mais ao navegarem com esse tipo de ferramenta. Isso porque a capacidade de representar, transformar e recuperar a informação espacial na memória de longa duração é menos desenvolvida nas pessoas com menor habilidade espacial (GOLLEDGE *et al.* 2000; COLUCCIA; LOUSE, 2004), e isto pode ser interpretado como indivíduos que são mais dependentes do sistema quando desejam navegar de um local a outro no espaço.

Tabela 15 - Influência da habilidade espacial no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÍNIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial - SBSOD		Z	p-valor
	Alto senso de direção	Baixo senso de direção		
Mapa_1:3.000	27,98	25,13	-0,678	0,498
Mapa_1:6.000	30,02	23,24	-1,613	0,107
Mapa_1:3.000_manobra_simples	27,30	25,76	-0,367	0,713
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,98	25,13	-0,679	0,497
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	28,68	24,48	-1,000	0,318
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	31,76	29,63	-2,411	0,116
Representação	Habilidade espacial – PT/SOT			
	Alta habilidade de orientação espacial	Baixa habilidade de orientação espacial	Z	p-valor
Mapa_1:3.000	27,83	25,17	-0,632	0,527
Mapa_1:6.000	26,21	29,79	-0,137	0,891
Mapa_1:3.000_manobra_simples	26,00	27,00	-0,239	0,811
Mapa_1:6.000_manobra_simples	25,90	27,10	-0,284	0,776
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	29,79	23,21	-1,567	0,117
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	27,23	25,71	-0,376	0,707

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável dependente (duração mínima), ao nível de significância de 5%.



Tabela 16 - Influência da habilidade espacial no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÁXIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial - SBSOD		Z	p-valor
	Alto senso de direção	Baixo senso de direção		
Mapa_1:3.000	28,12	25,00	-0,742	0,458
Mapa_1:6.000	27,00	26,04	-0,229	0,819
Mapa_1:3.000_manobra_simples	26,66	26,35	-0,073	0,942
Mapa_1:6.000_manobra_simples	26,30	26,69	-0,092	0,927
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	28,22	24,91	-0,788	0,431
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	26,58	26,43	-0,037	0,971
Representação	Habilidade espacial – PT/SOT		Z	p-valor
	Alta habilidade de orientação espacial	Baixa habilidade de orientação espacial		
	Mapa_1:3.000	28,88	24,12	-1,135
Mapa_1:6.000	27,54	25,46	-0,494	0,621
Mapa_1:3.000_manobra_simples	25,75	27,25	-0,357	0,721
Mapa_1:6.000_manobra_simples	29,23	23,77	-1,301	0,193
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	27,83	25,17	-0,632	0,528
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	26,54	26,46	-0,018	0,985

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável dependente (duração máxima), ao nível de significância de 5%.

Tabela 17 - Influência da habilidade espacial no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÉDIA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial - SBSOD		Z	p-valor
	Alto senso de direção	Baixo senso de direção		
Mapa_1:3.000	28,36	24,78	-0,852	0,394
Mapa_1:6.000	27,82	25,28	-0,605	0,545
Mapa_1:3.000_manobra_simples	26,46	26,54	-0,018	0,985
Mapa_1:6.000_manobra_simples	26,20	26,78	-0,137	0,891
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	29,12	24,07	-1,200	0,230
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	29,02	24,17	-1,154	0,248
Representação	Habilidade espacial – PT/SOT		Z	p-valor
	Alta habilidade de orientação espacial	Baixa habilidade de orientação espacial		
	Mapa_1:3.000	28,65	24,35	-1,025
Mapa_1:6.000	27,21	25,79	-0,339	0,735
Mapa_1:3.000_manobra_simples	25,87	27,13	-0,302	0,763
Mapa_1:6.000_manobra_simples	28,21	24,79	-0,815	0,415
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	29,12	23,88	-1,245	0,213
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	27,44	25,56	-0,449	0,654

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável dependente (duração média), ao nível de significância de 5%.

Tabela 18 - Influência da habilidade espacial (teste SBSOD) na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial - SBSOD		Z	p-valor
	Alto senso de direção	Baixo senso de direção		
Mapa_1:3.000_manobra_simples	24,28	28,56	-1,017	0,309
Mapa_1:6.000_manobra_simples	2384	28,96	-1,218	0,223
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	26,08	26,89	-0,192	0,847
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Comparação: ‘Alto senso de direção’ x ‘Baixo senso de direção’	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,35 x 3,37	0,84 x 1,30	-1,258	0,214
Mapa_1:6.000	3,14 x 3,26	1,06 x 1,11	-0,377	0,708
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	4,58 x 4,24	1,40 x 1,33	0,906	0,369

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável dependente (soma das olhadas), ao nível de significância de 5%. \*\* Teste t calculado assumindo variâncias iguais.

Tabela 19 - Influência da habilidade espacial (teste PT/SOT) na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial – PT/SOT		Z	p-valor
	Alta habilidade de orientação espacial	Baixa habilidade de orientação espacial		
Mapa_1:3.000_manobra_simples	24,54	28,46	-0,934	0,350
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,50	25,50	-0,476	0,634
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	24,65	28,35	-0,879	0,380
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Comparação: ‘Alta habilidade de orientação espacial’ x ‘Baixa habilidade de orientação espacial’	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,48 x 3,63	1,09 x 1,14	0,502	0,618
Mapa_1:6.000	3,24 x 1,16	1,04 x 1,23	-0,262	0,794
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	4,10 x 4,72	1,07 x 1,57	1,666	0,102

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a habilidade e a variável dependente (soma da olhadas), ao nível de significância de 5%. \*\* Teste t calculado assumindo variâncias iguais.

### 5.2.2.2 Formação educacional e a relação com a demanda visual

Na análise da relação entre a ‘Formação educacional’ e a demanda visual, em termos do número de olhadas, também se considerou o conjunto de seis casos: ‘Mapa\_1:3.000’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_simples’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_complexa’, ‘Mapa\_1:6.000’, ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_simples’ e ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_complexa’. Os resultados

encontram-se na Tabela 20. A um nível de significância de 5%, pode-se afirmar que os motoristas habilitados a produzir mapas apresentaram maior demanda visual comparado aos motoristas não habilitados, em todos dos casos analisados (Tabela 20).

Essas mesmas análises foram aplicadas para as variáveis de demanda visual ‘duração mínima das olhadas’, ‘duração máxima das olhadas’ e ‘duração média das olhadas’. Os resultados revelam que os motoristas habilitados e não habilitados a produzir mapas não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no tempo de duração mínima (Tabela 21), de duração média (Tabela 22) e de duração máxima (Tabela 23) das olhadas realizadas para os mapas em maior (1:3.000) ou menor (1:6.000) nível de detalhe. Deve-se ressaltar que, ao fixar o nível de significância em 10%, os motoristas com habilitação na produção de mapas apresentaram uma redução no tempo de duração mínima da olhada ( $p = 0,065$ ), quando se compara aos motoristas não habilitados, ao realizarem manobra complexa apoiada pelo mapa na escala 1:6.000 (Tabela 21).

Na análise da relação entre a ‘Formação educacional’ e demanda visual, em termos da soma das olhadas, pode-se afirmar, a um nível de significância de 5%, que o tempo total gasto com os olhos nos mapas exibidos na escala 1:3.000 e 1:6.000 é significativamente maior entre o grupo de motoristas com habilitação na produção de mapas, comparado ao grupo sem esta habilitação. Os resultados encontram-se na Tabela 24.

Tabela 20 - Influência da formação educacional no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Mapa_1:6.000	35,11	23,33	-2,492	0,013
Mapa_1:3.000_manobra_simples	33,29	24,00	-1,971	0,049
Mapa_1:6.000_manobra_simples	35,82	23,07	-2,755	0,006
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Comparação: ‘Habilitados a produzir mapas’ x ‘Não habilitados a produzir mapas’	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,38 x 2,75	1,05 x 0,78	-2,358	0,022
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	3,70 x 3,04	1,14 x 0,83	-2,311	0,025
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	3,07 x 2,52	0,96 x 0,80	-2,081	0,043

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a formação educacional e a variável dependente (número), ao nível de significância de 5%. \* Teste t calculado assumindo-se variâncias iguais.

Tabela 21 - Influência da formação educacional no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÍNIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Mapa_1:3.000	23,50	27,61	-0,867	0,386
Mapa_1:6.000	22,75	27,88	-1,084	0,279
Mapa_1:3.000_manobra_simples	26,54	26,49	-0,010	0,992
Mapa_1:6.000_manobra_simples	25,54	26,86	-0,279	0,780
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	23,54	27,59	-0,857	0,391
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	20,11	28,86	-1,848	*0,065

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a formação educacional e a variável dependente (duração mínima), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo a um nível de confiabilidade de 90%.

Tabela 22 - Influência da formação educacional no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÁXIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Mapa_1:3.000	31,14	24,79	-1,341	0,180
Mapa_1:6.000	31,21	24,76	-1,362	0,173
Mapa_1:3.000_manobra_simples	28,43	25,79	-0,558	0,577
Mapa_1:6.000_manobra_simples	29,79	25,29	-0,950	0,342
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	30,46	25,04	-1,146	0,252
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	28,96	25,59	-0,712	0,476

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a formação educacional e a variável dependente (duração máxima), ao nível de significância de 5%.

Tabela 23 - Influência da formação educacional no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÉDIA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Mapa_1:3.000	26,00	26,68	-0,144	0,885
Mapa_1:6.000	27,61	26,09	-0,320	0,749
Mapa_1:3.000_manobra_simples	27,18	26,25	-0,196	0,845
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,61	26,09	-0,320	0,749
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	26,50	26,50	0,000	1,000
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	23,57	27,58	-0,846	0,397

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a formação educacional e a variável dependente (duração média), ao nível de significância de 5%.

Tabela 24 - Influência da formação educacional na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Mapa_1:3.000_manobra_simples	34,00	23,74	-2,167	0,030
Mapa_1:6.000_manobra_simples	35,82	23,07	-2,693	0,007
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	31,57	24,63	-1,465	0,143
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Comparação: 'Habilitados a produzir mapas' x 'Não habilitados a produzir mapas'	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	4,12 x 3,35	1,03 x 1,07	-2,333	0,024
Mapa_1:6.000	3,81 x 2,98	1,14 x 0,97	-2,618	0,012
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	4,89 x 4,22	1,65 x 1,40	-1,580	0,120

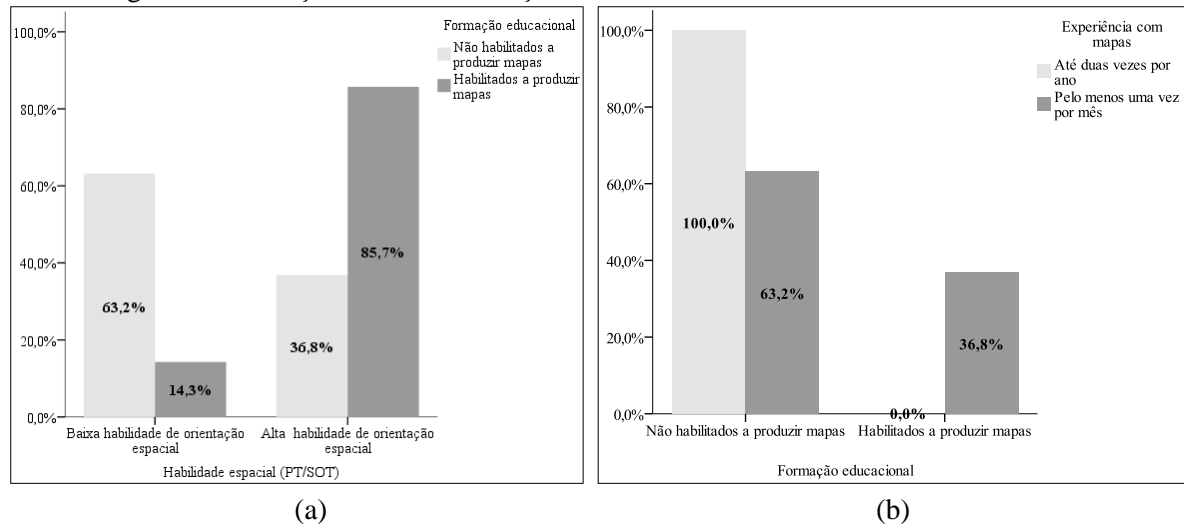
$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a formação educacional e a variável dependente (soma), ao nível de significância de 5%. \*Teste t calculado assumindo variâncias iguais.

O fato dos motoristas habilitados a produzir mapa terem tido maior demanda visual, em termos do número de olhadas e soma das olhadas, não foi decorrente do nível de habilidade espacial que possuem. Isso porque, no teste PT/SOT, os resultados indicam que, no grupo de motoristas com habilitação na produção de mapas (total de 14), 85,7% foram classificados com alta habilidade de orientação espacial, enquanto que esta proporção é 36,8% no grupo de motoristas sem habilitação na produção de mapas (total de 38) (Figura 21a). O coeficiente de contingência de Pearson foi aplicado para avaliar a correlação entre a 'Formação educacional' do motorista e seu nível de habilidade espacial (teste PT/SOT), e obteve-se uma correlação de 0,398 ( $p = 0,002$ ). O teste do Qui-Quadrado, aplicado para duas amostras não relacionadas, confirma, ao nível de significância de 5%, que os motoristas habilitados a produzir mapas apresentaram habilidade espacial maior ( $p=0,002$ ) em relação aos não habilitados.

Também não se pode atribuir a maior demanda visual dos motoristas habilitados a produzir mapas à sua falta de experiência com mapas, visto que 100% dos motoristas com essa habilitação (total de 14) afirmaram utilizar mapas 'Pelo menos uma vez por mês'. Entre os motoristas sem essa habilitação (total de 38), apenas 63,2% declaram utilizar mapas 'Pelo menos uma vez por mês' (Figura 21b). Um fato a ser destacado é que somente 50% dos motoristas com formação educacional, que os habilita a produzir mapas, declarou utilizar sistema de guia de rota 'Pelo menos uma vez por mês'. Todavia, no grupo de motoristas sem

habilitação na produção de mapas (total de 38), este número foi ainda menor, 36,8%. Sendo assim, não se pode atribuir a maior demanda visual dos motoristas habilitados a produzir mapas à baixa experiência com o uso de sistema de guia de rota em automóvel.

Figura 21 – Relação entre o ‘Formação educacional’ e as características individuais.



Em (a) relação com a ‘Habilidade espacial (teste PT/SOT)’ e, em (b), relação com a ‘Experiência com mapas’. Fonte: Produção do próprio autor.

### 5.2.2.3 Experiência com SINGRA e a relação com a demanda visual

Para a análise da relação entre a característica individual ‘Experiência com SINGRA’ e demanda visual, em termos do número de olhadas, duração mínima das olhadas, duração máxima das olhadas, duração média das olhadas e soma das olhadas, os seis casos foram considerados: ‘Mapa\_1:3.000’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_simples’, ‘Mapa\_1:3.000\_manobra\_complexa’, ‘Mapa\_1:6.000’, ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_simples’ e ‘Mapa\_1:6.000\_manobra\_complexa’. Ao nível de significância de 5%, não se constatou relação significativa entre a demanda visual do motorista e sua ‘Experiência com SINGRA’, seja para a demanda visual analisada em função do número de olhadas (Tabela 25), duração mínima das olhadas (Tabela 26), duração máxima das olhadas (Tabela 27), duração média das olhadas (Tabela 28) e soma das olhadas (Tabela 29).

Esses resultados indicam que os motoristas menos experientes no uso SINGRA (‘Até duas vezes por ano’) apresentaram demanda visual similar aos motoristas mais experientes (‘Pelo menos uma vez por mês’), seja para a navegação realizada com mapa mais (1:6.000) ou menos (1:3.000) generalizado, independentemente do tipo de manobra, se simples ou complexa. Sendo assim, pode-se afirmar que as proposições de projeto estabelecidas para os

mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, exibidos em diferentes escalas, foram eficientes para atender usuários com maior, menor ou mesmo sem familiaridade com esse tipo de sistema.

Tabela 25 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:6.000	27,02	26,15	-0,206	0,837
Mapa_1:3.000_manobra_simples	28,76	24,97	-0,891	0,373
Mapa_1:6.000_manobra_simples	28,29	25,29	-0,716	0,474
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Comparação: ‘Pelo menos uma vez por mês’ x ‘Até duas vezes por ano’	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,06 x 2,82	0,99 x 0,81	-0,955	0,344
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	3,35 x 3,13	1,05 x 0,89	-0,812	0,421
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	2,69 x 2,65	0,93 x 0,84	-0,141	0,888

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com SINGRA’ e a variável dependente (número), ao nível de significância de 5%. \* Teste t calculado assumindo-se variâncias iguais.

Tabela 26 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÍNIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000	25,12	27,44	-0,541	0,588
Mapa_1:6.000	24,55	27,82	-0,765	0,444
Mapa_1:3.000_manobra_simples	22,81	29,00	-1,450	0,147
Mapa_1:6.000_manobra_simples	24,57	27,81	-0,756	0,449
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	29,52	24,45	-1,186	0,236
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	24,76	27,68	-0,681	0,496

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com SINGRA’ e a variável dependente (duração mínima), ao nível de significância de 5%.

Tabela 27 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÁXIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000	24,07	28,15	-0,951	0,341
Mapa_1:6.000	27,12	26,08	-0,243	0,808
Mapa_1:3.000_manobra_simples	25,07	27,47	-0,560	0,575
Mapa_1:6.000_manobra_simples	28,95	24,84	-0,961	0,336
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	22,36	29,31	-1,624	0,104
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	25,52	27,16	-0,382	0,702

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com SINGRA’ e a variável dependente (duração máxima), ao nível de significância de 5%.

Tabela 28 - Influência da ‘Experiência com SINGRA no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÉDIA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000	23,86	28,29	-1,036	0,300
Mapa_1:6.000	26,86	26,26	-0,140	0,889
Mapa_1:3.000_manobra_simples	23,14	28,77	-1,315	0,188
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,07	26,11	-0,224	0,823
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	22,83	28,98	-1,437	0,151
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	26,38	26,58	-0,047	0,963

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre ‘Experiência com SINGRA’ e a variável dependente (duração média), ao nível de significância de 5%.

Tabela 29 - Influência da ‘Experiência com SINGRA na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000_manobra_simples	26,90	26,23	-0,159	0,874
Mapa_1:6.000_manobra_simples	28,33	25,26	-0,718	0,473
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	26,69	26,37	-0,075	0,941
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Comparação: ‘Pelo menos uma vez por mês’ x ‘Até duas vezes por ano’	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,59 x 3,53	1,23 x 1,03	-0,170	0,866
Mapa_1:6.000	3,28 x 3,15	1,15 x 1,04	-0,456	0,651
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	4,37 x 4,43	1,52 x 1,27	0,162	0,872

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com SINGRA’ e a variável dependente (soma), ao nível de significância de 5%. \*\* Teste t calculado assumindo variâncias iguais.



#### 5.2.2.4 Experiência com mapas e a relação com a demanda visual

Na análise da relação entre a ‘Experiência com mapas’ e a demanda visual, em termos do número de olhadas, consideraram-se os seis casos (Tabela 9), e os resultados estão apresentados na Tabela 30. Em nenhum dos casos de análise, constatou-se haver relação entre a experiência no uso de mapas e a demanda visual, ao nível de significância de 5%. Todavia, ao nível de significância de 10% (Tabela 30), pode-se afirmar que os motoristas experientes no uso de mapa (‘Pelo menos uma vez por mês’) consultaram o mapa na escala 1:6.000 mais vezes do que os motoristas menos experientes (‘Até duas vezes por ano’).

Quanto à análise entre ‘Experiência com mapas’ e demanda visual, em termos da duração mínima (Tabela 31) e duração média (Tabela 33) das olhadas, não foi encontrada relação significativa, ao nível de significância de 5%. Contudo, para a variável ‘duração máxima das olhadas’ (Tabela 32), ao nível de confiabilidade superior a 90%, tem-se que os motoristas que utilizam mapas ‘Pelo menos uma vez por mês’ apresentaram demanda visual superior aos motoristas que utilizam mapas ‘Até duas vezes por ano’, quando navegaram auxiliados pelo mapa na escala 1:3.000 e 1:6.000, para realizarem manobra simples.

Para a análise considerando a ‘Experiência com mapas’ e demanda visual, em termos da soma das olhadas (Tabela 34), pode-se afirmar, ao nível de significância de 5%, que o tempo total gasto com os olhos no mapa na escala 1:6.000 é maior entre os motoristas experientes no uso de mapas comparado aos menos experientes. Este resultado se repete, ao nível de significância de 10%, para a navegação com o mapa na escala 1:3.000 (Tabela 34).

Tabela 30 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no número de olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:6.000	28,74	20,43	-1,758	*0,079
Mapa_1:3.000_manobra_simples	27,80	22,96	-1,027	0,304
Mapa_1:6.000_manobra_simples	28,34	21,50	-1,478	0,140
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: NÚMERO DE OLHADAS				
Comparação: ‘Pelo menos uma vez por mês’ x ‘Até duas vezes por ano’	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,00 x 2,70	0,93 x 0,75	-1,069	0,290
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	3,30 x 2,99	0,97 x 0,89	-1,058	0,295
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	2,78 x 2,38	0,86 x 0,85	-1,469	0,148

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com mapas’ e a variável dependente (número de olhadas), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo ao nível de confiabilidade de 90%. \*\*Teste t calculado assumindo-se variâncias iguais.

Tabela 31 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no tempo de duração mínima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÍNIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000	27,46	23,89	-0,754	0,455
Mapa_1:6.000	26,28	27,11	-0,175	0,861
Mapa_1:3.000_manobra_simples	27,75	23,11	-0,983	0,326
Mapa_1:6.000_manobra_simples	26,70	25,96	-0,155	0,877
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	25,12	30,25	-1,085	0,278
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	25,08	30,36	-1,115	0,265

$p \leq 0,05$  é significativa a relação entre a ‘Experiência com mapas’ e a variável dependente (duração mínima), ao nível de significância de 5%.

Tabela 32 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no tempo de duração máxima da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÁXIMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000	28,32	21,57	-1,424	0,155
Mapa_1:6.000	28,84	20,14	-1,837	*0,066
Mapa_1:3.000_manobra_simples	29,18	19,21	-2,107	0,035
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,86	22,82	-1,603	0,288
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	27,45	23,93	-0,743	0,457
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	28,20	21,89	-1,331	0,183

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com mapas’ e a variável dependente (duração máxima), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo com nível de confiabilidade de 90%.

Tabela 33 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no tempo de duração média da olhada para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: DURAÇÃO MÉDIA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000	28,09	22,18	-1,249	0,212
Mapa_1:6.000	28,47	21,14	-1,548	0,122
Mapa_1:3.000_manobra_simples	28,53	21,00	-1,589	0,112
Mapa_1:6.000_manobra_simples	27,62	23,46	-0,877	0,380
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	28,04	22,32	-1,207	0,227
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	27,04	25,04	-0,423	0,672

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre ‘Experiência com mapas’ e a variável dependente (duração média), ao nível de significância de 5%.

Tabela 34 - Influência da ‘Experiência com mapas’ na soma das olhadas para mapas exibidos em diferentes escalas.

TESTE ESTATÍSTICO NÃO-PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Mapa_1:3.000_manobra_simples	28,83	20,18	-1,826	*0,068
Mapa_1:6.000_manobra_simples	28,28	21,68	-1,393	0,164
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	28,54	20,96	-1,599	0,110

TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: SOMA DAS OLHADAS				
Comparação: ‘Pelo menos uma vez por mês’ x ‘Até duas vezes por ano’	**Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Mapa_1:3.000	3,72 x 3,10	1,16 x 0,84	-1,836	*0,072
Mapa_1:6.000	3,96 x 2,68	1,06 x 0,95	-2,219	0,031
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	4,58 x 3,92	1,39 x 1,20	-1,573	0,122

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a ‘Experiência com mapas’ e a variável dependente (soma), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo a um nível de confiabilidade de 90%. \*\* Teste t calculado assumindo variâncias iguais.

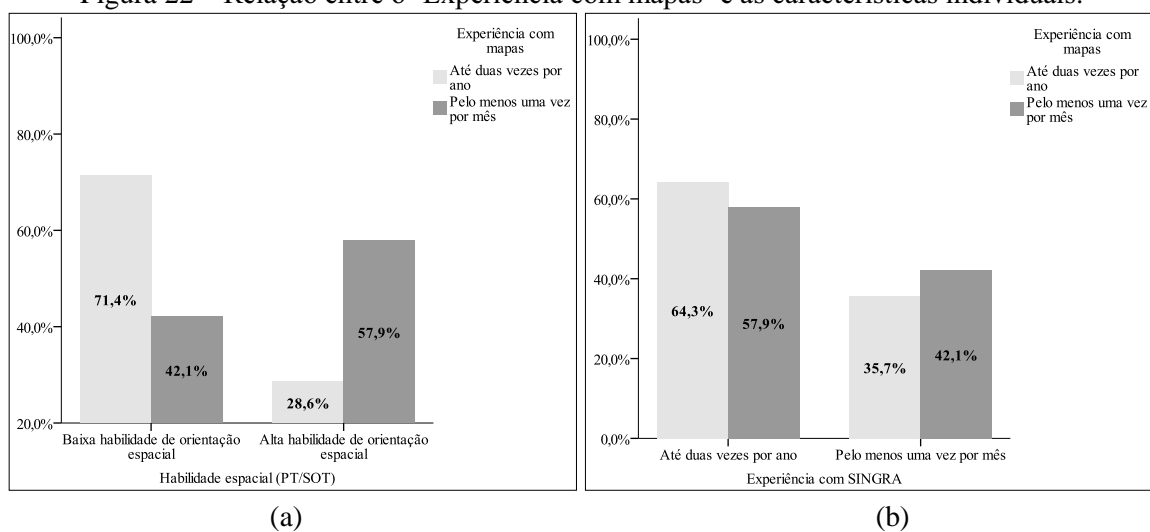
Com o intuito de compreender e mesmo explicar esse comportamento dos motoristas mais experientes com mapas, determinou-se a correlação entre a característica ‘Experiência com mapas’ e a ‘Habilidade espacial’ (teste PT/SOT). Além disso, determinou-se a correlação entre a ‘Experiência com mapas’ e a ‘Experiência com SINGRA’. No caso da habilidade espacial, os resultados indicam que, no grupo de motoristas experientes no uso de mapas (‘Pelo mesmo uma vez por mês’) (total de 38), 57,9% foram classificados com alta habilidade de orientação espacial, enquanto que esta proporção é de apenas 28,6% no grupo de motoristas menos experientes (‘Até duas vezes por ano’) (total de 14) (Figura 22a). O coeficiente de contingência de Pearson para este caso é de 0,252 ( $p = 0,061$ ), isto é, as pessoas

com alta ou baixa experiência com mapas possuem nível similar de habilidade de orientação.

No caso da ‘Experiência com SINGRA’, os resultados mostram que, considerando o grupo de motoristas experientes no uso de mapas (total de 38), 42,1% foram classificados experientes no uso de SINGRA (‘Pelo mesmo uma vez por mês’). Entre os motoristas pouco experientes no uso de SINGRA (‘Pelo menos uma vez por mês’), apenas 35,7% declaram utilizar SINGRA ‘Pelo menos uma vez por mês’ (Figura 22b). O coeficiente de contingência de Pearson é de 0,058 ( $p = 0,677$ ), ou seja, é baixa a correlação entre a experiência com SINGRA e a experiência com mapas, isso significa que as pessoas com alta ou baixa experiência com mapas possuem similar experiência no uso de SINGRA. Portanto, pode-se afirmar que a habilidade espacial tampouco a experiência no uso de SINGRA são características individuais que explicam a maior demanda visual apresentada pelos motoristas mais experientes no uso de mapas, quando comparados aos motoristas menos experientes.

Esse padrão de comportamento, quanto à demanda visual dos motoristas experientes com mapas, também foi constatado por Pugliesi (2007), o qual ressalta que os motoristas, com maior experiência, podem buscar por mais elementos de informação no mapa. Assim, o aumento da demanda visual pode estar associado não a dificuldades de compreensão do mapa, mas à característica dos motoristas de explorar mais detalhadamente esse tipo de produto. Dondis (2003) aponta que um dos fatores que pode influenciar a busca por informação em uma cena é o conhecimento do usuário.

Figura 22 – Relação entre o ‘Experiência com mapas’ e as características individuais.



Em (a) relação com a ‘Habilidade espacial (teste PT/SOT)’ e, em (b), relação com a ‘Experiência com SINGRA’. Fonte: Produção do próprio autor.

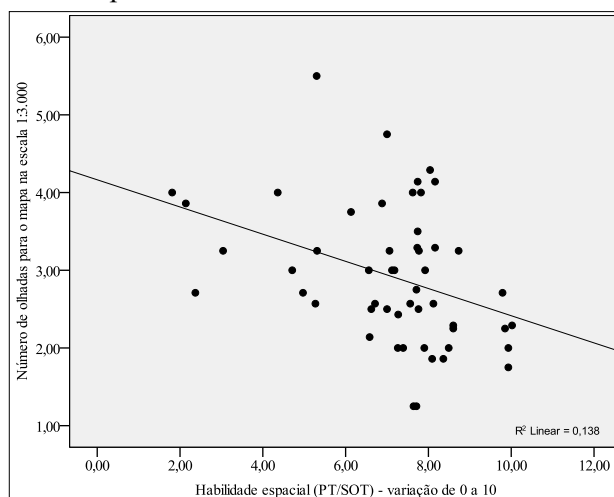
Na Tabela 35, encontra-se a correlação determinada entre cada variável de demanda visual (NumOlhadas, DurMin, DurMedia, DurMax e SomaOlhadas) e as variáveis de caracterização individual ('Habilidade espacial (teste PT/SOT)', 'Formação educacional', 'Experiência com SINGRA' e 'Experiência com mapas'), isso para o mapa na escala 1:3.000 ('Mapa\_1:3.000') e na escala 1:6.000 ('Mapa\_1:6.000'). Para as associações significativas, ao nível de significância de 5%, fez-se o gráfico de dispersão (Figura 23) ou gráfico de barras (Figuras 24 a 26).

Tabela 35 – Associação entre as características individuais e a demanda visual.

Característica individual	Demanda visual				
	NumOlhadas	DurMin	DurMedia	DurMax	SomaOlhadas
Habilidade espacial (teste PT/SOT)	A: -0,357 (p = 0,009)	A: 0,004 (p = 0,976)	A: 0,073 (p = 0,607)	A: 0,081 (p = 0,568)	A: -0,158 (p = 0,263)
	B: 0,021 (p = 0,885)	B: -0,080 (p = 0,571)	B: -0,044 (p = 0,758)	B: -0,091 (p = 0,521)	B: -0,073 (p = 0,610)
Formação educacional	*A: 0,316	A: 0,078	A: 0,076	A: 0,157	*A: 0,313
	*B: 0,392	B: 0,174	B: 0,050	B: 0,104	*B: 0,347
Experiência com SINGRA	A: 0,134	A: 0,140	A: 0,197	A: 0,200	A: 0,024
	B: 0,076	B: 0,052	B: 0,018	B: 0,033	B: 0,064
Experiência com mapas	A: 0,150	A: 0,098	B: 0,100	A: 0,64	A: 0,251
	B: 0,254	B: 0,004	A: 0,167	B: 0,167	*B: 0,299

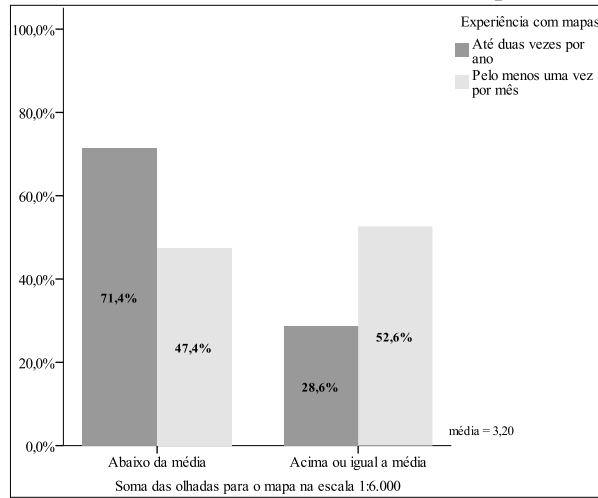
$p \leq 0,05$  implica associação significativa entre as variáveis de interesse a um nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo a um nível de confiabilidade de 95%. A associação entre a habilidade espacial e demanda visual foi calculada utilizando o coeficiente *Spearman*. A associação entre as demais características individuais e a demanda visual foi calculada utilizando o coeficiente *Eta*, o qual é o recomendado para as medidas de associação entre variáveis qualitativa e quantitativa (SIEGEL; CASTELAN JUNIOR, 2006). Fatores: A = Mapa\_1:3.000; B = Mapa\_1:6.000.

Figura 23 – Gráfico de dispersão entre o 'Número de olhadas' e a 'Habilidade espacial'.



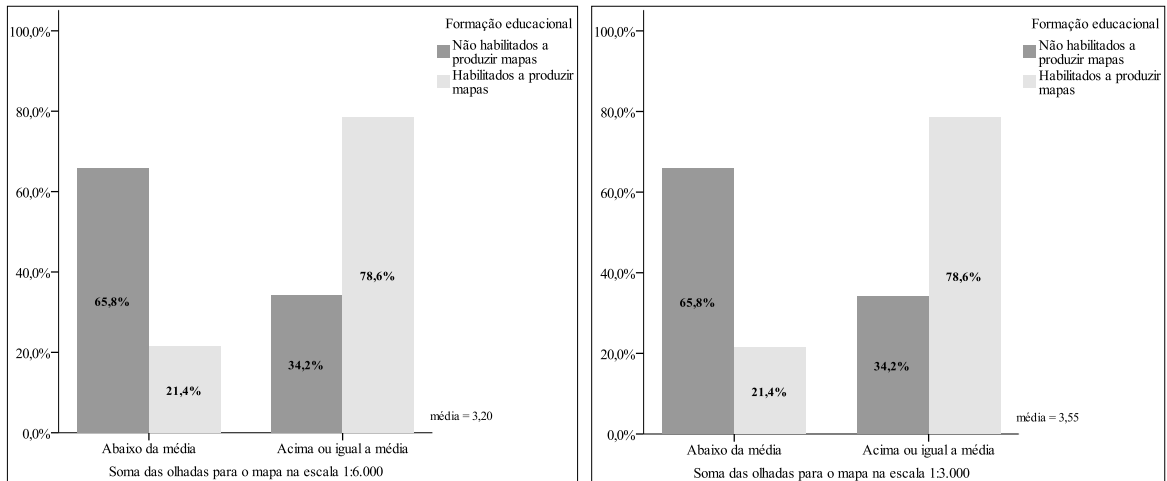
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 24 – Relação entre o ‘Soma de olhadas’ e a ‘Experiência com mapas’.



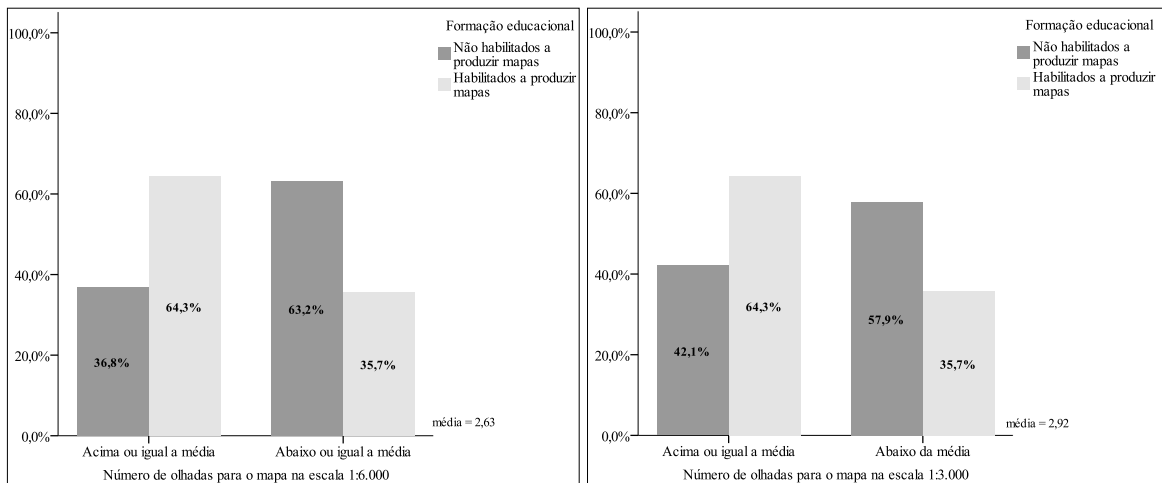
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 25 – Relação entre o ‘Soma de olhadas’ e a ‘Formação educacional’.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 26 – Relação entre o ‘Número de olhadas’ e a ‘Formação educacional’.



Fonte: Produção do próprio autor.

### 5.3 Erro navegacional

Para determinar a eficácia dos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, a avaliação do erro navegacional consistiu de três etapas. A primeira realiza a estatística descritiva e o teste de normalidade nos dados coletados, para os mapas exibidos na escala 1:3.000 e 1:6.000. A segunda etapa determina a frequência de erros cometidos na navegação com estes mapas. A terceira verifica se a complexidade da manobra influencia no número de erro navegacional. A estatística descritiva e o resultado do teste de normalidade estão apresentados na Tabela 37. Pelo teste de *Shapiro-Wilk*, identifica-se que os dados não seguem distribuição normal, em nenhuma das variáveis independentes de interesse. Diante disso, as análises foram realizadas com o teste não-paramétrico de Wilcoxon para duas amostras dependentes.

Os resultados mostram que os motoristas cometeram um baixo número de erro independentemente da escala selecionada para o mapa (Tabela 37). Verificou-se a ocorrência de 45 erros, quando da navegação auxiliada pelo mapa na escala 1:3.000, e isto corresponde a 16% do número total de erros possíveis na rota com 11 manobras<sup>13</sup>. Na navegação auxiliada pelo mapa na escala 1:6.000, o número de erros aumentou para 57, o equivalente a 20% do total de erros possíveis na rota. Essas constatações oferecem evidências de que os motoristas mantiveram um nível similar de desempenho na tarefa de navegação ao serem auxiliados pelos mapas nas duas diferentes escalas de representação.

Para identificar se motoristas tiveram maior dificuldade em interpretar a direção de determinadas manobras em detrimento de outras, fez-se a distribuição dos erros por manobra (Figura 27). Constatou-se que os erros não ocorreram uniformemente nas 11 manobras da rota. O histograma de frequência (Figura 27) evidencia que nenhum erro ocorreu para o caso da realização de manobra simples, sendo a incidência de erros totalmente relacionada com a realização de manobra complexa (M3, M6, M12 e M13). O número de erros neste tipo de manobra foi de 35%, no caso do mapa na escala 1:3.000, e de 44%, no caso do mapa na escala 1:6.000, considerando-se o total de erros possíveis nesse tipo de manobra (Tabela 37). Para verificar se essa diferença é significativa, aplicou-se o teste de Wilcoxon. Ao nível de significância de 5%, os resultados indicam que os motoristas cometem maior número de erros navegacionais quando realizam manobra complexa auxiliados pelo mapa na escala 1:6.000, se comparado ao mapa em 1:3.000 (Tabela 38). Assim, há evidências de que o erro navegacional é influenciado pelo nível de complexidade da manobra associado à escala dos mapas.

---

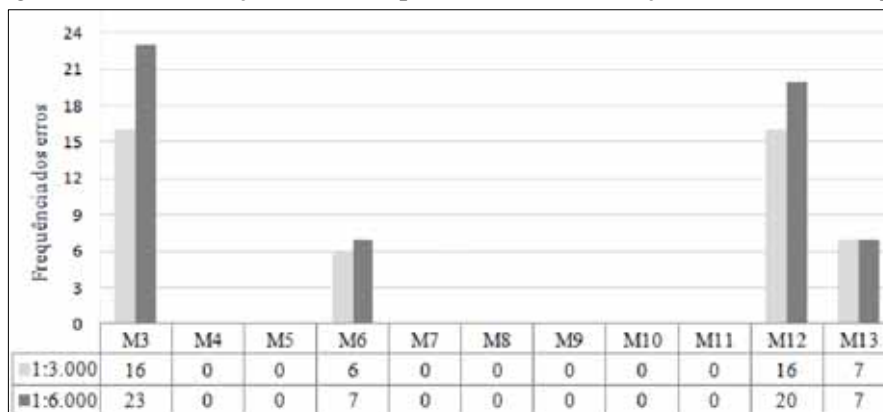
<sup>13</sup> Os erros navegacionais foram computados somente para 11 das 13 manobras da rota experimental, pois a primeira e a segunda manobra foram consideradas manobras de treinamento do motorista com o SINGRA.

Tabela 37 – Estatística descritiva e teste de normalidade para os dados de erro navegacional.

Representação	Número mínimo de erros por motorista	Número máximo de erros por motorista	Média / Desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk p-valor	Soma dos erros	Porcentagem de erros em relação ao *total de erros possíveis
*Mapa_escala_1:3.000	0	2	0,87 ±0,79	1,00	<0,0001	45	45/286 = 16%
Mapa_escala_1:6.000	0	2	1,10 ±0,66	1,00	<0,0001	57	57/286 = 20%
Manobra_simples_MapaEscala1:3.000	0	0	0,00 ±0,00	0,00	<0,0001	0	0/156 = 0%
Manobra_simples_MapaEscala1:6.000	0	0	0,00 ±0,00	0,00	<0,0001	0	0/156 = 0%
Manobra_complexa_MapaEscala1:3.000	0	2	0,87 ±0,79	1,00	<0,0001	45	45/130 = 35%
Manobra_complexa_MapaEscala1:6.000	0	2	1,10 ±0,66	1,00	<0,0001	57	57/130 = 44%

\*No caso 'Mapa\_escala\_1:3.000' consideraram-se os erros cometidos em manobra simples e complexa com o mapa na escala 1:3.000. No caso 'Manobra\_simples\_MapaEscala1:3.000' consideraram-se os erros cometidos em apenas manobra simples, com o mapa na escala 1:3.000, e assim, sucessivamente, para os demais casos. <sup>(i)</sup>Total de erros de manobra possíveis na rota experimental considerando 11 manobras é de 286 (11 x 26 motoristas). Isso porque, os 26 motoristas do grupo 1 navegaram pelas manobras de número 03 a 06 auxiliados pelo mapa na escala 1:3.000, e os 26 motoristas do grupo 2 navegaram pelas manobras de número 07 a 13 auxiliados pelo mapa na escala 1:3.000, totalizando  $4*26 + 7*26 = 286$ . Total de erros possíveis em manobra simples é de 156 (6x26). Total de erros possíveis em manobra complexa é de 130 (5x26). <sup>(ii)</sup> $p > 0,05$ , assume-se distribuição normal para o conjunto de dados ao nível de significância de 5%.

Figura 27 – Distribuição dos erros por manobra, em função da escala do mapa.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 38 - Influência da complexidade da manobra e da variação da escala do mapa na ocorrência de erros navegacionais.

Comparação: primeira x segunda	Wilcoxon (média dos <i>ranks</i> )				Melhor eficácia
	Primeira	Segunda	Z	p-valor	
Manobra_complexa_MapaEscala1:3.000 x Manobra_complexa_MapaEscala1:6.000	15,21	16,17	-1,992	0,046	Mapa em 1:3.000

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre o erro e o nível de detalhe do mapa a um nível de significância de 5%.

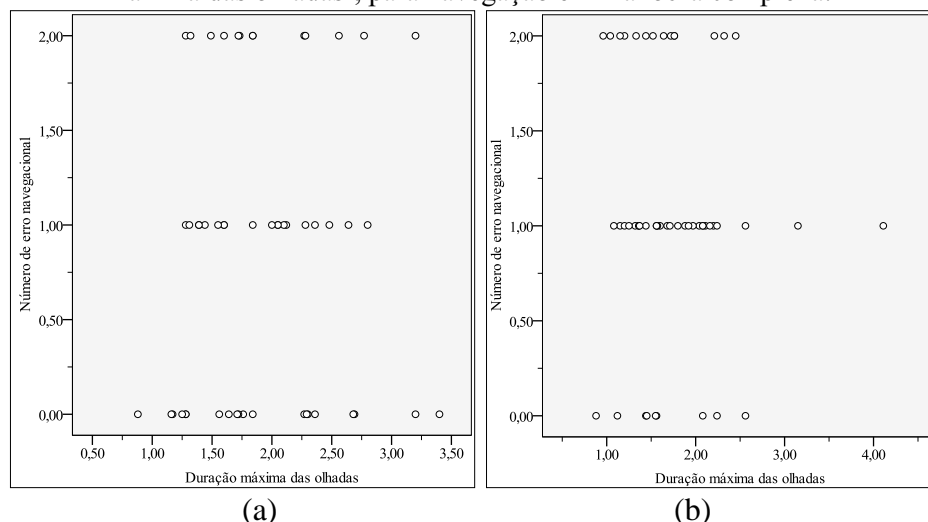


Para averiguar se há correlação entre o número de erros em manobra complexa e o tempo de duração máxima da olhada, determinou-se o coeficiente de *Spearman* e fez-se o gráfico de dispersão para essas variáveis (Figura 28). A um nível de 5% de significância, observou-se que o número de erros cometidos em manobra complexa não depende do tempo que o motorista requer para a leitura da direção da manobra, tanto para o mapa na escala 1:3.000 ( $p = 0,688$ ), quanto na escala 1:6.000 ( $p = 0,610$ ). Portanto, os motoristas que não erraram, ou erraram mais ou menos vezes, em manobra complexas apresentaram nível similar de demanda visual, em termos de duração máxima da olhada, independentemente do nível de generalização do mapa.

Pelo histograma de frequência (Figura 27), nota-se que a manobra de número 3 (M3), uma rotatória com sete vias de saída, consistiu no ponto nodal com maior índice de erro. Verificou-se que 61,5% dos motoristas do grupo 1, os quais visualizaram esta junção na escala 1:3.000, erraram a direção dessa manobra. No caso do grupo 2, o número de erros aumentou para 88,5%, isto é, somente três dos 26 motoristas compreenderam corretamente a direção da manobra quando o mapa foi exibido na escala 1:6.000. Ao nível de significância de 5%, o teste de *Mann-Whitney* confirma que o número de erros cometido na rotatória M3 aumentou de modo expressivo ( $p=0,026$ ) comparado à navegação com o mapa em 1:3.000.

A partir da constatação que há uma diferença significativa na interpretação da direção de manobra complexa para as diferentes escalas, optou-se por analisar os tipos mais frequentes de respostas fornecidos pelos motoristas. Exemplos de respostas consideradas corretas e incorretas, fornecidas com maior frequência, estão apresentados no Quadro 10.

Figura 28 – Diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Número de erro navegacional’ e ‘Duração máxima das olhadas’, para navegação em manobra complexa.



Em (a), mapa na escala 1:3.000, e, em (b) mapa na escala 1:6.000. Fonte: Produção do próprio autor.

Quadro 10 – Informações sobre a direção da manobra fornecida pelos motoristas.

Tipo de manobra	Nome da manobra	Representação gráfica da manobra - Escala 1:3.000	Representação gráfica da manobra – Escala 1:6.000	Direção correta da manobra	Resposta corretas mais frequentes dos motoristas	Exemplos de resposta incorreta dos motoristas
Simples	M9			À direita	Dobrar à direita; virar à direita; direita.	-
	M8			À esquerda	Virar à esquerda; dobrar à esquerda; esquerda.	-
	M7			À direita	Virar à direita; direita; curva à direita	-
Complexa	M3			4ª saída na rotatória	4ª saída; contornar a rotatória e pegar a 4ª saída.	2ª saída; 3ª saída; 2ª saída à direita.
	M5			À esquerda	Esquerda; Virar à esquerda; Dobrar à esquerda.	-
	M6			3ª saída na rotatória	3ª saída; 3ª saída à direita; 3ª saída na rotatória.	2ª saída; rotatória à direita.
	M12			Direita e, em seguida, esquerda	Direita e esquerda; direita e, em seguida, esquerda.	Direita; curva à direita; seguir em frente à direita.
	M13			2ª saída na rotatória	2ª saída; fazer a rotatória e seguir na mesma via.	1ª saída à direita; contornar à direita.

Os casos estudados oferecem indicações de que, nas duas diferentes escalas (1:3.000

e 1:6.000), os mapas são igualmente eficazes para auxiliar a navegação em manobra simples. Todavia, mapas mais generalizados (ex.: 1:6.000) contribuem para um aumento da incidência de erros navegacionais em manobras com maior grau de complexidade.

As manobras complexas, tais como as rotatórias, são junções formadas por um maior número de vias de saída, do que as manobras simples (ex.: ‘vire à esquerda’). Em consequência dessa característica, o motorista requer mais tempo para interpretar a direção a ser tomada na junção. Fato que se confirma pelos resultados de demanda visual (Tabela 12), os quais indicam que, tanto os homens quanto as mulheres, apresentaram um aumento significativo no tempo de leitura do mapa (duração máxima da olhada) ao realizarem manobra complexa em detrimento de manobra simples, seja para a navegação auxiliada por mapa com maior ou menor nível de detalhe. Portanto, o aumento no tempo de processamento da informação pode ser associado à complexidade da informação que deve ser processada. Peterson (1995) ressalta que a complexidade do padrão a ser reconhecido é um dos responsáveis pela perda da informação. Nos casos estudados, a perda de informação foi representada pela dificuldade do motorista em compreender a direção da manobra, e pode explicar a ocorrência de erros somente em manobras com maior grau de complexidade.

Quanto aos erros cometidos na manobra de número 12 (Figura 29), a partir do tipo de instrução fornecida pelos motoristas (Quadro 10), infere-se que a estratégia empregada para a interpretação da direção dessa manobra foi a mesma usada na manobra de número 7 (M7). Os comentários dos motoristas confirmam esse padrão, uma vez que, em ambos os casos (M7 e M12), as instruções mais fornecidas foram ‘à direita’ ou ‘curva à direita’ (Apêndice U).

Figura 29 – Representação de manobra de número 12 em mapas em diferentes escalas.



Em (a) mapa na escala 1:6.000 e, em (b), mapa na escala 1:3.000.

Fonte: Produção do próprio autor.

Diferentemente das manobras ortogonais, nas quais a direção é aproximadamente 90°

à direita ou à esquerda, nota-se que a manobra M12 tem uma característica assimétrica, a qual é de orientação diagonal (Figura 29). Segundo MacEachren (1995), os objetos na orientação horizontal ou vertical são interpretados mais facilmente comparados aos objetos na orientação diagonal. Nos casos estudados, isto se confirma pelo nível de demanda visual, em termos de ‘duração mínima da olhada’, que os motoristas apresentaram em manobra complexa, o qual foi significativamente maior comparado à manobra simples, independentemente da escala do mapa ou do gênero do motorista (Tabela 12). Os objetos em orientação diagonal, ou ‘inclinados’, são percebidos e memorizados como mais verticais ou horizontais do que realmente são (PINHEIRO, 2013), e isso ocorre porque um indivíduo analisa a orientação de um objeto a partir dos seus eixos de referência, sendo os quais o vertical e o horizontal (DONDIS, 2003), também chamados de eixos naturais (PINHEIRO, 2013). Assim, a orientação diagonal é interpretada pelo indivíduo com certa insegurança e instabilidade por se distanciar de seus eixos sentidos (FRUTIGER, 2003).

Ao informarem que a manobra de número 12 representa uma manobra à direita, os motoristas aproximaram a direção diagonal do eixo horizontal, isto é, houve uma simplificação no ângulo de direção da manobra. A tendência das pessoas simplificarem ângulos e distâncias é explicada pela psicologia, em termos da percepção e cognição do espaço. Downs e Stea (2005) afirmam que o mapa cognitivo humano é incompleto e abstrato, representando um registro distorcido da realidade. Estudos confirmam esse apontamento de Downs e Stea (2005), a partir de testes usando esboço cartográfico, os quais apontam que as pessoas têm a tendência de generalizar ângulos próximos a 90° em ângulos ortogonais (LEE *et al.* 2008), e as linhas curvas em linhas aproximadamente retas (PINHEIRO, 2013). Segundo Pinheiro (2013), essas distorções não significam erros nos mapas cognitivos, mas uma reorganização da informação espacial percebida, e são essas distorções ou reorganizações realizadas pela mente humana, conscientemente ou não, que tornam o processo de comunicação da informação espacial mais fácil e rápido.

A manobra de número 12 é um tipo característico de manobra realizada na tarefa de navegação, uma vez que é comum se percorrer rotas com manobras imediatamente próximas umas das outras. No caso da M12, trata-se de uma manobra à direita, seguida de uma manobra à esquerda (Quadro 10). Entretanto, nota-se (Figura 29) que os mapas, nas diferentes escalas, exibiram uma única seta para informar a direção dessas duas manobras. Esta solução não se mostrou eficaz, como se constata pelo índice de erro cometido nessa manobra (Figura 27). A maioria (65%) das respostas dos motoristas consistiu em ‘virar à direita’, ao invés de ‘virar à

direita e, em seguida, virar à esquerda'. Isto evidencia que os motoristas associaram a seta com a representação de uma única manobra, no caso, apenas a primeira (à direita), ignorando a segunda manobra (à esquerda). Esse comportamento do motorista em priorizar a manobra mais próxima e desconsiderar as manobras seguintes também foi constatado nos estudos de Burnett (1998) e May *et al.* (2003). Essa estratégia utilizada pelos motoristas é explicada com base no fato do motorista fragmentar a tarefa de navegação em diferentes estágios e metas, como mecanismo de simplificar a tarefa, e priorizar a tarefa mais imediata (BURNETT, 1998). No caso da manobra de número 12, a tarefa imediata foi representada pela manobra à direita, portanto a que os motoristas priorizaram.

A simplificação dos detalhes da seta, para o caso do mapa exibido na escala 1:6.000 (Figura 29a), pode explicar o aumento do erro navegacional em relação ao mapa na escala 1:3.000 (Figura 29b). Embora a simplificação do símbolo foi importante para manter a legibilidade da manobra (Figura 29a), a falta de detalhes da seta pode ter favorecido o motorista a generalizar mais facilmente a direção da manobra para um ângulo ortogonal, isto é, para uma manobra à direita. Para o caso do mapa na escala 1:3.000, a decisão de representar a seta mantendo-se os detalhes do encontro das vias realçou as características da manobra (Figura 29b), e isso contribuiu para a redução do número de erros em 20%. Todavia, pode-se afirmar que nenhum dos projetos gráficos adotados para a representação da seta de direção reduziu, de forma significativa, o número de erros cometidos nessa manobra (M12). Uma sugestão para melhorar a eficácia dos mapas, ao representarem manobras imediatamente próximas uma das outras, é a exibição de uma seta por manobra, ao invés de uma única seta para um conjunto de manobras.

Em relação aos erros ocorridos somente em rotatórias (M3, M6 e M13), os resultados sugerem que há um aumento no número de erros em função do aumento do número de vias de saídas da rotatória (Figura 27). Ao se associar o número de vias da rotatória com a quantidade de unidades de informação que o ser humano é capaz de processar durante a realização de uma tarefa, pode-se afirmar que a tarefa de interpretar a direção nas rotatórias com quatro (M13) e cinco (M6) vias de saída sobrecarregou menos a memória de trabalho do motorista comparado à rotatória com sete saídas (M3). Este aumento de processamento cognitivo se confirma pela comparação relativa entre o número de erros cometidos nessas três rotatórias. Para a navegação desenvolvida com o mapa na escala 1:3.000, as rotatórias M6 e M13 somam um total de 13, enquanto que este número aumenta para 16 em se tratando somente da rotatória M3. Esta discrepância é ainda mais expressiva para a navegação com o mapa na

escala 1:6.000. Nota-se que, enquanto nas rotatórias M6 e M13 somam-se um total de 14 erros, na rotatória M3 este número é 23 (Figura 27). A partir de um estudo realizado com um grupo de motoristas, Kaber *et al.* (2012) concluíram que, quanto mais expostos a situações de sobrecarga cognitiva, maior é a tendência dos motoristas cometerem erros na direção de um automóvel. A literatura (DINGUS; HULSE, 1993, YOUNG; STANTON, 2005b, 2006) explica que a redução de desempenho na tarefa principal (ex.: dirigir) é uma forma do indivíduo compensar a demanda exigida pela tarefa secundária (ex.: usar SINGRA).

Outro fator que pode explicar a discrepância no número de erros nas três rotatórias da rota é a via de saída que o motorista deveria tomar em cada rotatória. Nas rotatórias com cinco (M6) e quatro (M13) saídas, a direção correta consistiu nas vias de número três e dois, respectivamente. Na rotatória com sete (M3) saídas, a via correta é a de número cinco. Em razão da saída de interesse não estar diretamente ligada à via de entrada na rotatória, o motorista, primeiro, deveria processar o número de saídas da rotatória para, depois, informar a saída indicada no mapa. Assim, pode-se inferir que nos casos em que a saída de interesse se encontrou próxima da via de entrada, como na rotatória M13 (saída de número dois), ou nos casos em que a rota se constituiu em ‘seguir em frente’ depois da rotatória, como na rotatória M6 (saída de número três), os motoristas processaram com maior facilidade a direção da manobra, e isso resultou na redução do número de erros nesses pontos nodais. A rotatória M3, além de possuir um maior número de saídas, possui a característica da via de interesse não ser próxima à via de entrada, tampouco se trata de uma manobra de ‘seguir em frente’, mas uma manobra que requer aproximadamente uma conversão na rotatória (Figura 30a). Diante disso, uma vez que o tempo disponível para o processamento da informação na tarefa táctica é da ordem de segundos (BURNETT, 1998), e que o motorista teve que informar a direção da manobra, pode-se afirmar que houve uma sobrecarga no sistema de processamento do motorista. Esta sobrecarga foi refletida na redução do desempenho na tarefa principal, neste caso, representado pela ocorrência de erros navegacionais.

Ainda em se tratando da manobra de número 3 (M3), o fato do número de erros ter sido significativamente menor ( $p=0,046$ ) para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000 pode ser explicado com base no nível de generalização adotado para o mapa na escala 1:6.000. Se por um lado um mapa em escala menor (ex.:1:6.000) tem a vantagem de oferecer mais informações de contexto da rota, por outro um mapa em escala maior (1:3.000) tem a vantagem de realçar a direção da manobra. Esta característica dos mapas mais detalhados se mostrou especialmente importante nos casos de manobras complexas, como as rotatórias.

Embora o mapa exibido na escala 1:6.000 represente com legibilidade a direção da manobra, nota-se (Figura 30a) que há a apresentação de um maior número de informações não diretamente relacionadas à manobra, como maior número de vias e de toponímia de vias. Sendo assim, para interpretar a direção da manobra com o mapa nesta escala, o motorista teve que, primeiramente, abstrair os elementos de entorno da rota para, posteriormente, focar sua atenção nas informações de interesse, tais como a seta de direção da manobra. Ao contrário, o mapa na escala 1:3.000 (Figura 30b) direciona a atenção do motorista para ponto de manobra. Portanto, pode-se afirmar que um mapa menos generalizado se ajusta melhor às necessidades do motorista na realização da tarefa tática relacionada à manobras mais complexas.

Figura 30 – Representação de manobra em rotatória em mapas em diferentes escalas.



Em (a) mapa na escala 1:6.000 e, em (b), mapa na escala 1:3.000.

Fonte: Produção do próprio autor.

### 5.3.1 Erro navegacional e a influência do gênero e das características individuais

Nenhuma relação foi encontrada entre o gênero do motorista e a ocorrência de erros navegacionais em manobra complexa, seja esta realizada com o mapa na escala 1:3.000 ( $p=0,245$ ) ou com o mapa na escala 1:6.000 ( $p=0,560$ ). Pode-se afirmar que o desempenho dos motoristas do gênero masculino e feminino foi semelhante para ambas escalas, pois não houve diferença significativa na ocorrência de erro navegacional entre os dois grupos. Tais evidências apontam que os mapas, mesmo com diferentes graus de generalização, apresentam usabilidade similar, em termos de eficácia, ao auxiliarem motoristas homens e mulheres na realização de manobra complexa, bem como manobra simples.

Na análise quanto às características individuais, a um nível de significância de 5%, verificou-se que a ocorrência do número de erros não é dependente da habilidade espacial do

motorista, independentemente do nível de simplificação estabelecido para o mapa (escala 1:6.000 ou 1:3.000) (Tabela 39). Esta evidencia sugere que os mapas, nas diferentes escalas, são similarmente eficazes para auxiliar os motoristas, com alta ou baixa habilidade espacial, na tarefa de navegação em automóvel.

Para a característica ‘Experiência com SINGRA’, ao nível de significância de 10% (Tabela 39), pode-se afirmar que o número de erros cometidos pelos motoristas é influenciado por sua experiência com esse tipo de sistema ( $p = 0,094$ ), isso quando se trata da realização de manobra complexa com o mapa na escala 1:6.000. Observou-se que dos 52 motoristas 43 cometeram pelo menos um erro navegacional, e que, dentre esses 43, 28 (65%) são motoristas com baixa experiência no uso de SINGRA, isto é, utilizam esse tipo de sistema ‘Até duas vezes por ano’. O teste Qui-Quadrado ( $p = 0,077$ ), aplicado para a amostra de 43 motoristas, revela que o menor número de erro pode ser associado aos motoristas com alta experiência no uso de SINGRA (‘Pelo menos uma vez por mês’) ao nível de confiabilidade maior que 90%.

Quanto à característica ‘Experiência com mapas’, a um nível de significância de 5%, os resultados revelam que a experiência com mapas ( $p = 0,048$ ) é uma característica que influenciou no número de erros cometidos pelos motoristas, ao realizarem manobra complexa auxiliados pelo mapa na escala 1:3.000 (Tabela 39). No grupo de motoristas com pouca experiência com mapas (‘Até duas vezes por ano’) (total de 14), 86% cometeram pelo menos um erro navegacional. No grupo de motoristas com maior experiência (‘Pelo menos uma vez por mês’) (total de 38) este número foi de 53%. O teste Qui-Quadrado confirma, ao nível de significância de 5% ( $p = 0,030$ ) que o número de erros em manobra complexa, visualizada na 1:3.000, está associado à baixa experiência dos motoristas com o uso de mapas.

Nenhuma relação significativa foi observada entre a ‘Formação educacional’ e o número de erros navegacionais em manobra complexa, isso para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000 ( $p = 0,245$ ) ou 1:6.000 ( $p = 0,560$ ). Constatou-se que a habilitação na produção de mapas contribuiu menos para o desempenho do motorista na leitura de mapas comparado à experiência no uso de mapas. A partir dos casos estudados, pode-se afirmar que, em se tratando da realização de manobras com alto grau de complexidade, os motoristas com características individuais distintas, em termos de experiência com SINGRA e experiência com mapas, não apresentaram desempenho similar, em termos de erro navegacional, ao navegarem auxiliados por sistema de guia de rota que exhibe mapas em diferentes escalas.



Tabela 39 - Relação do erro navegacional e as características individuais dos motoristas.

Representação	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Mapa_1:3.000_manobra_complexa	26,46	26,51	-0,011	0,991
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	28,79	25,66	-0,737	0,461
Representação	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
	Mapa_1:3.000_manobra_complexa	26,05	26,81	-0,189
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	22,67	29,10	-1,676	*0,094
Representação	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
	Mapa_1:3.000_manobra_complexa	24,13	32,93	-1,980
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	25,59	28,96	-0,795	0,427
Representação	Habilidade espacial - SBSOD		Z	p-valor
	Alto senso de direção	Baixo senso de direção		
	Mapa_1:3.000_manobra_complexa	26,68	26,33	-0,088
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	23,74	29,06	-1,411	0,158
Representação	Habilidade espacial – PT/SOT		Z	p-valor
	Alta habilidade de orientação espacial	Baixa habilidade de orientação espacial		
	Mapa_1:3.000_manobra_complexa	26,94	26,06	-0,224
Mapa_1:6.000_manobra_complexa	24,48	28,52	-1,073	0,283

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre o erro navegacional e a variável dependente (erro navegacional), ao nível de significância de 5%. \*Estatisticamente significativo a um nível de confiabilidade de 90%.

#### 5.4 Índice de carga mental de trabalho subjetiva

Para determinar se a variação da escala do mapa induziu o aumento do índice de carga mental de trabalho dos motoristas, fez-se a análise do índice de CMT subjetiva em duas partes. Primeiro, considerando a média aritmética individual de cada componente do NASA-TLX (EM, EF, ET, NE, NF e NS) e, segundo, considerando a média geral das componentes, denominada de índice de CMT global, isso tanto para o mapa na escala 1:3.000 quanto para o mapa na escala 1:6.000. Para a redução da complexidade e do tempo de aplicação do teste, optou-se por aplicar o NASA-TLX sem a obtenção dos pesos, os quais são utilizados na estimativa da CMT global. Para tanto, fez-se necessário desconsiderar a componente ‘Nível de Satisfação’ na estimativa da média global. Portanto, o índice de CMT global foi resultante da média aritmética de cinco componentes: EM, EF, ET, NE e NF.

A estatística descritiva e o resultado do teste de normalidade aplicado no índice de CMT global, e nas seis componentes de quantificação da carga mental de trabalho subjetiva, encontram-se na Tabela 40. De acordo com os resultados do teste de *Shapiro-Wilk*, algumas das variáveis de interesse apresentam dados com distribuição normal, porém outras não. Diante disso, desenvolveu-se as análises aplicando testes estatísticos paramétricos (teste t para duas amostras independentes) e não-paramétricos (teste de *Mann-Whitney*).

Tabela 40 – Estatística descritiva e teste de normalidade para o índice de CMT subjetiva.

Índice de CMT global e componentes do teste NASA/TLX	Mínimo	Máximo	Média / Desvio-padrão	Mediana	Shapiro-Wilk (p-valor)
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	0,0	8,0	3,41 ± 2,35	3,60	0,074
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	0,0	7,4	2,94 ± 2,16	2,75	0,234
*Exigência mental_MapaEscala1:3.000	0,0	10,0	4,00 ± 2,77	4,00	0,357
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	0,0	7,0	3,11 ± 2,29	2,75	0,015
Exigência física_MapaEscala1:3.000	0,0	9,5	2,04 ± 2,46	1,00	<0,0001
Exigência física_MapaEscala1:6.000	0,0	9,0	2,21 ± 2,64	1,00	<0,0001
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	0,0	9,0	3,69 ± 3,05	3,00	0,020
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	0,0	8,0	3,29 ± 2,60	3,75	0,045
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	0,0	10,0	4,46 ± 3,08	3,75	0,039
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	0,0	10,0	3,94 ± 3,27	3,25	0,006
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	0,0	10,0	2,86 ± 3,08	2,86	0,001
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	0,0	8,0	2,15 ± 2,77	1,00	<0,0001
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	0,5	10,0	7,36 ± 2,56	8,00	0,003
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	2,00	10,00	7,48 ± 2,48	8,00	0,001

<sup>(i)</sup>Índice\_CMT\_global\_MapaEscala1:3.000' e 'Índice\_CMT\_global\_MapaEscala1:6.000' foram obtidos desconsiderando-se a componente 'Nível de Satisfação'. <sup>(ii)</sup>p>0,05, assume-se distribuição normal para o conjunto de dados a um nível de significância de 5%. \*A variável 'Exigência mental\_MapaEscala1:3.000' contém o índice da componente 'exigência mental' para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000, assim sucessivamente para as demais variáveis.

Na análise, tanto do índice global de CMT quanto do índice de cada componente, nota-se (Tabela 41) que o mapa com maior nível de detalhe (escala 1:3.000) está associado a um maior índice de CMT comparado ao mapa mais generalizado (escala 1:6.000). Todavia, esta diferença não é significativa ao nível de confiabilidade de 95%, conforme mostram os resultados do teste t, aplicado para o caso do índice global de CMT (Tabela 41), e os resultados do teste de *Mann-Whitney*, aplicado para o caso do índice de cada componente (Tabela 42). Nesse sentido, pode-se afirmar os motoristas se autoavaliaram com similar índice de carga mental de trabalho, ao navegarem com mapas de SINGRA em diferentes escalas. A similaridade desses índices pode estar relacionada à igualdade em legibilidade que os mapas nas diferentes escalas apresentaram. Na Figura 31, encontra-se a distribuição do índice de CMT, incluindo-se o global, em função do nível de detalhamento dos mapas.

Para averiguar se a falta de discrepância nos índices de carga mental dos motoristas pode ser atribuída às dificuldades de compreensão do significado das diferentes componentes (EM, EF, ET, NE, NF e NS) do NASA-TLX, fez-se a correlação entre as componentes ‘Nível de Frustração’ e ‘Nível de Satisfação’, isso para a navegação desenvolvida tanto com o mapa na escala 1:3.000 quanto com o mapa na escala 1:6.000. A componente ‘Nível de Frustração’ é relacionada ao quanto de insegurança e estresse são sentidos ao dirigir e consultar um mapa. A componente ‘Nível de satisfação’ é relacionada ao quanto o motorista considera satisfatório seu desempenho na tarefa de dirigir e consultar um mapa. Os resultados do coeficiente de *Spearman* e do gráfico de dispersão (Figura 32) evidenciam alta correlação negativa entre essas duas componentes, seja para a navegação apoiada pelo mapa na escala 1:3.000 (-0,764;  $p < 0,0001$ ) ou na escala 1:6.000 (-0,510;  $p = 0,008$ ). Isto significa que o motorista que se avaliou com baixo nível de insegurança e estresse, ao dirigir e consultar um mapa de SINGRA (baixo nível de frustração), também se avaliou muito satisfeito com seu desempenho na tarefa de dirigir e consultar um mapa desse tipo de sistema. Essas evidências apontam que os motoristas compreenderam coerentemente o significado das componentes do teste NASA-TLX, utilizado na quantificação da carga mental de trabalho subjetiva.

Tabela 41 - Índice de CMT global para mapas em diferentes escalas.

Índice de CMT global	Teste <i>Levene</i> para a igualdade das variâncias		Teste t para duas amostras independentes	
	F	*Significância	t	**p-valor
Igualdade entre as variâncias	0,014	0,905	-0,751	0,456
Desigualdade entre as variâncias			-0,751	0,456

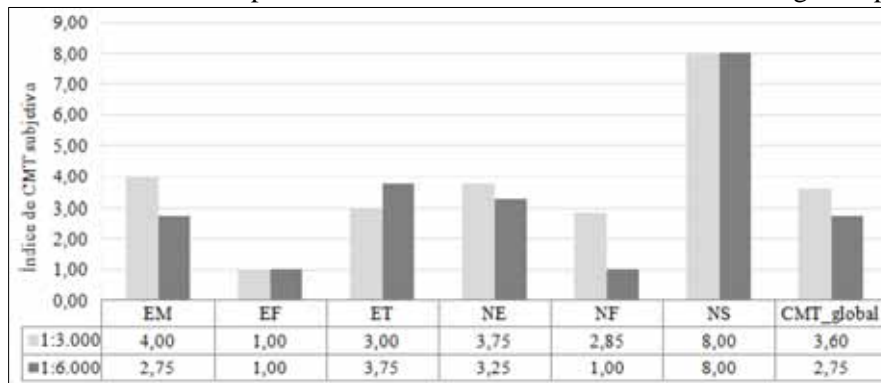
\*Assume-se igualdade de variâncias para valor de ‘Significância’  $> 0,05$  a um nível de confiabilidade de 95%.

Tabela 42 - CMT entre mapas em diferentes escalas para as seis componentes do NASA.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Escala do mapa		Z	p-valor
	1:3.000	1:6.000		
Exigência Mental (EM)	29,00	24,00	-1,195	0,232
Exigência Física (EF)	26,15	26,85	-0,167	0,867
Exigência Temporal (ET)	27,44	25,56	-0,450	0,653
Nível de Esforço (NE)	28,08	24,92	-0,753	0,451
Nível de Frustração (NF)	28,85	24,15	-1,137	0,256
Nível de Satisfação (NS)	25,95	27,06	-0,268	0,788

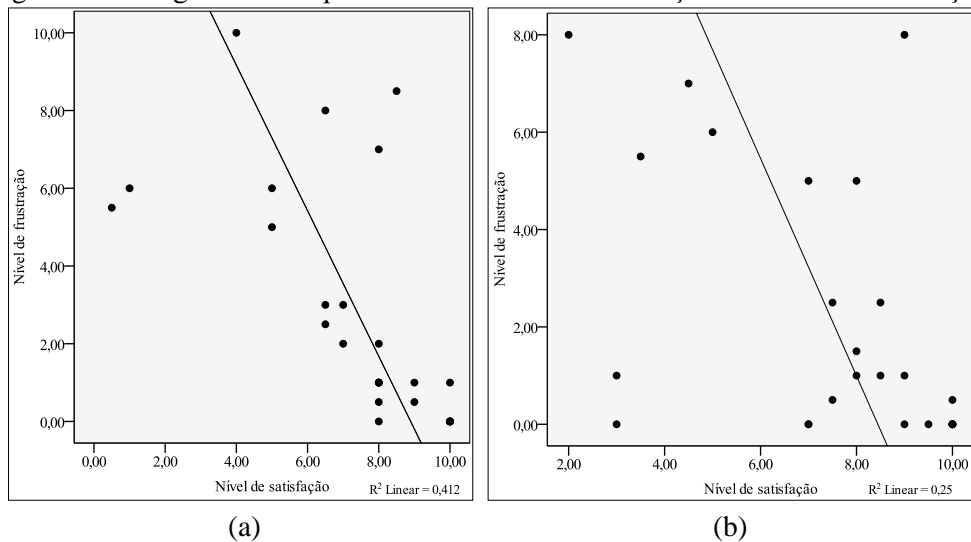
\*\* $p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a CMT e a variável independente (escala do mapa), ao nível de significância de 5%.

Figura 31 – Mediana das componentes do NASA TLX e do índice de CMT global por escala.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 32 – Diagrama de dispersão entre ‘Nível de Frustração’ e ‘Nível de Satisfação’.



Navegação apoiada pelos mapas nas escalas 1:3.000, em (a), e 1:6.000, em (b).

Fonte: Produção do próprio autor.

#### 5.4.1 Índice de carga mental de trabalho subjetiva e a influência do gênero

Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre o gênero do motorista e o índice de CMT global, para a navegação realizada com o mapa exibindo maior nível de detalhe (escala 1:3.000) ( $p=0,833$ ) ou menor nível de detalhe (escala 1:6.000) ( $p=0,136$ ), a um nível de significância de 5% (Tabelas 43 e 44). Entretanto, pelos valores apresentados na Tabela 43, deve-se ressaltar que, se por um lado os homens (média = 3,51) e as mulheres (média = 3,31) se autoavaliaram com índice similar de CMT para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000, por outro há uma maior discrepância nesse índice para o caso da navegação realizada com o mapa mais generalizado (1:6.000). Comparado aos homens (média = 3,58), as mulheres (média = 2,31) foram as responsáveis por atribuir

melhores notas ao mapa na escala 1:6.000, pois se autoavaliaram com menor índice de CMT ao navegarem com este mapa. Esses resultados podem ser indícios de que as mulheres se sentem menos sobrecarregadas cognitivamente ao desenvolverem a tarefa de navegação apoiadas por mapas com menor nível de detalhe. Essas indicações tornam-se mais evidentes pela comparação da média de CMT global das mulheres, para a navegação com os mapas nas diferentes escalas. Ao interagirem com o mapa na escala 1:3.000, a média de CMT global das mulheres foi de 3,31; na escala 1:6.000, esta média reduziu em 43%, diminuindo para 2,31.

Tabela 43 - Estatística descritiva do índice de CMT global para mapas em diferentes escalas em função do gênero.

Índice de CMT global	Gênero	Número de motoristas	Média	Desvio-padrão
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	Masculino	13	3,51	2,35
	Feminino	13	3,31	2,44
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	Masculino	13	3,58	2,39
	Feminino	13	2,31	1,76

Tabela 44 - Índice de CMT global para mapas em diferentes escalas em função do gênero.

Índice de CMT global	Teste <i>Levene</i> para a igualdade das variâncias		Teste t para duas amostras independentes	
	F	Significância	t	p-valor
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	0,037	0,850	0,213	0,833
Igualdade entre as variâncias			0,213	0,833
Desigualdade entre as variâncias				
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	1,418	0,245	t	p-valor
Igualdade entre as variâncias			1,541	0,136
Desigualdade entre as variâncias			1,541	0,136

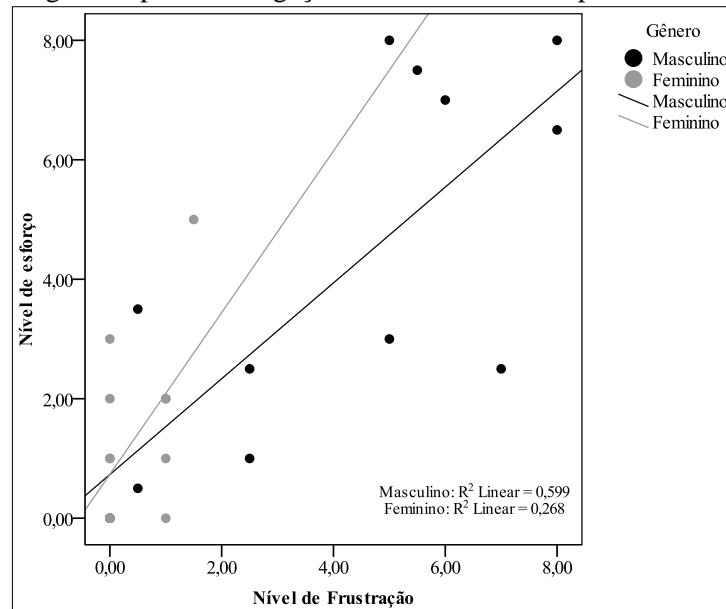
\*Assume-se igualdade de variâncias para valor de 'Significância' > 0,05, a um nível de confiabilidade de 95%.

Quanto à análise da relação entre o gênero do motorista e seu nível de carga mental, para cada componente do NASA-TLX (Tabela 45), verificou-se haver diferença significativa no índice de CMT dos homens e das mulheres em duas das seis componentes, 'Nível de esforço\_MapaEscala1:6.000' ( $p=0,027$ ) e 'Nível de frustração\_MapaEscala1:6.000' ( $p=0,003$ ). Para compreender essa discrepância, optou-se por classificar os 26 motoristas que concederam notas para o mapa na escala 1:6.000 em duas categorias: 'Nível de esforço acima ou igual a mediana' e 'Nível de esforço abaixo da mediana'. Fez-se o mesmo para a componente 'Nível de Frustração'. Utilizou-se a mediana, pois os dados dessas componentes não apresentam distribuição normal, como se constata na Tabela 40.

No grupo de motoristas com 'Nível de esforço acima ou igual a mediana', observou-

se que 64% eram homens, enquanto que no grupo de motoristas com ‘Nível de esforço abaixo da mediana’, 68% eram mulheres. Para a componente ‘Nível de Frustração’, os resultados foram os seguintes: no grupo com ‘Nível de frustração acima ou igual a mediana’, 64% eram homens, e no grupo com ‘Nível de frustração abaixo da mediana’, 67% eram mulheres. Esses resultados oferecem evidências de que as mulheres julgaram despende menor nível de esforço que os homens, para navegarem com o mapa na escala 1:6.000, e, portanto, sentiram menor nível de frustração. O diagrama de dispersão entre essas variáveis, em função do gênero, confirmam tais resultados (Figura 33).

Figura 33 – Diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Nível de Frustração’ e ‘Nível de Esforço’, em função do gênero, para a navegação realizada com o mapa na escala 1:6.000.

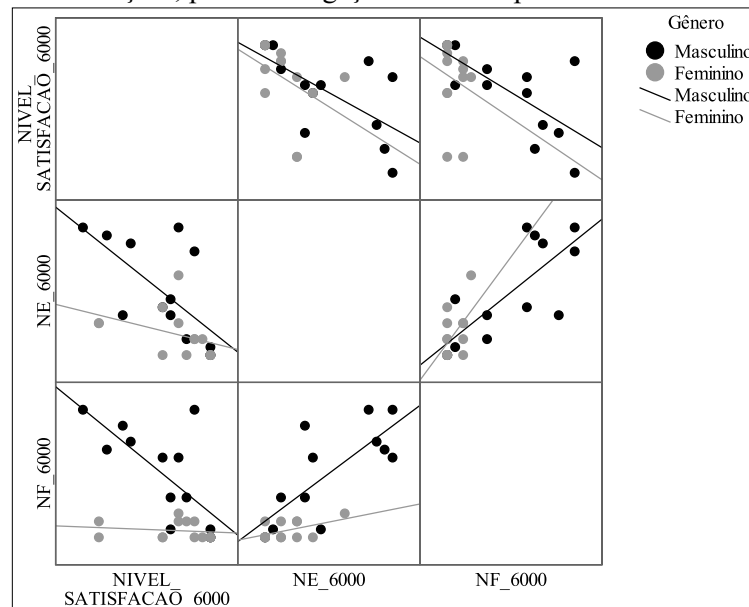


Fonte: Produção do próprio autor.

Diferentemente das mulheres, o fato dos homens terem se autoavaliado com nível similar de carga mental de trabalho, ao navegarem com mapas em diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000), pode ser explicado com base na maior habilidade espacial que os homens apresentaram. No caso da navegação com o mapa na escala 1:3.000, tem-se que as informações sobre a área no entorno da rota e sobre as manobras seguintes são mais restritas neste mapa, e pelos resultados do teste quanto à preferência pelas escalas para os mapas de SINGRA (seção 3.2.2), pode-se afirmar que os motoristas requerem esse tipo de informação, para a manutenção do seu contexto espacial. Todavia, essa característica do mapa na escala 1:3.000 não influenciou o nível de CMT dos homens, e uma explicação pode ser a maior facilidade que possuem de se orientar no espaço, como se constatou pelo teste PT/SOT.

Por outro lado, a restrita quantidade de informação de contexto no mapa em 1:3.000 pode ter induzido as mulheres perderem seu senso de direção, fazendo com que se sentissem menos orientadas na rota e mais sobrecarregadas mentalmente na tarefa de navegação. Isso se confirma ao se considerar que as mulheres julgaram ter que despender menor nível de esforço ao utilizar o mapa na escala 1:6.000 (média = 1,31) comparado aos homens (média = 3,85), sentindo-se menos frustradas com seu desempenho. Esses resultados se tornam mais evidentes no diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Nível de Frustração’, ‘Nível de Esforço’ e ‘Nível de Satisfação’, o qual está apresentado na Figura 34, em função do gênero do motorista.

Figura 34 – Diagrama de dispersão entre as variáveis ‘Nível de Frustração’, ‘Nível de Esforço’ e ‘Nível de satisfação’, para a navegação com o mapa na escala 1:6.000.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 45 - CMT entre mapas em diferentes escalas para as seis componentes do NASA.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Gênero		Z	p-valor
	Masculino	Feminino		
Exigência mental_MapaEscala1:3.000	14,46	12,54	-0,645	0,519
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	15,00	12,00	0,313	0,313
Exigência física_MapaEscala1:3.000	14,73	12,27	-0,833	0,405
Exigência física_MapaEscala1:6.000	14,88	12,12	0,349	0,349
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	15,42	11,58	-1,288	0,198
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	15,42	11,58	-1,288	0,198
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	13,85	13,15	-0,233	0,816
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	16,77	10,23	-2,207	0,027
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	11,88	15,12	-1,088	0,277
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	17,85	9,15	-2,990	0,003
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	12,65	14,35	-0,574	0,579
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	12,46	14,54	-0,698	0,511

p ≤ 0,05 implica significativa a relação entre a CMT e a variável independente (gênero), a um nível de significância de 5%.

#### 5.4.2 Índice de carga mental subjetiva e a influência das características individuais

Na análise quanto às características individuais, os resultados do teste t, para duas amostras independentes, revelam, ao nível de significância de 5%, que não há relação entre a ‘Formação educacional’ do motorista e seu índice de CMT global, para a navegação apoiada por mapa mais detalhado (escala 1:3.000) ( $p=0,176$ ) ou com menor nível de detalhe (escala 1:6.000) ( $p=0,827$ ). Esse resultado se repete ao se considerar a componente ‘Nível de esforço’ para o mapa exibido na escala 1:3.000 ( $p = 0,258$ ). O teste de *Mann-Whitney* foi aplicado para as outras cinco componentes (EM, EF, ET, NF e NS), isso considerando tanto o mapa na escala 1:3.000 quanto 1:6.000. Os resultados se encontram na Tabela 46. Pode-se afirmar que os motoristas habilitados a produzir mapas e não habilitados apresentaram nível similar de carga mental trabalho, nos índices global e individual (em cada componente), ao realizarem a tarefa de navegação auxiliados por mapas de SINGRA em diferente escalas.

Tabela 46 - Influência da ‘Formação educacional’ no índice de carga mental de trabalho.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney</i> U (média dos <i>ranks</i> )			
	Formação educacional		Z	p-valor
	Habilitados a produzir mapas	Não habilitados a produzir mapas		
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	13,75	13,43	-0,092	0,927
Exigência física_MapaEscala1:3.000	11,25	14,50	-1,016	0,310
Exigência física_MapaEscala1:6.000	14,42	13,23	-0,340	0,734
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	11,31	14,47	-0,977	0,329
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	13,75	13,43	-0,092	0,927
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	11,75	14,28	-0,784	0,433
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	17,67	12,25	-1,541	0,123
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	11,06	14,58	-1,094	0,274
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	15,75	12,83	-0,848	0,396
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	17,06	11,92	-1,611	0,107
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	11,83	14,90	-1,519	0,186
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: Formação educacional				
Comparação: ‘Habilitados a produzir mapas’ x ‘Não habilitados a produzir mapas’	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	2,46 x 3,83	1,39 x 2,59	1,395	0,176
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	3,12 x 2,89	1,49 x 2,35	-0,221	0,827
Exigência mental_MapaEscala1:3.000	3,06 x 4,41	2,11 x 2,98	1,158	0,258

$p \leq 0,05$  é significativa a relação entre a CMT e a variável independente (ex.: ‘Formação educacional’), ao nível de significância de 5%.



Para a característica ‘Experiência com SINGRA’, ao nível de significância de 5%, os resultados (Tabela 47) revelam que não há associação entre a experiência no uso de SINGRA e a CMT global ( $p= 0,871$ ) ou nas componentes de CMT: Exigência Mental ( $p=0,481$ ), Exigência Física ( $p= 0,827$ ), Exigência Temporal ( $p= 0,745$ ), Nível de Esforço ( $p= 0,724$ ), Nível de Frustração ( $p= 0,935$ ) e Nível de Satisfação ( $p= 0,395$ ), para a navegação realizada com o mapa exibindo maior nível de detalhe (escala 1:3.000). Este resultado se repete para a navegação realizada com o mapa na escala 1:6.000: CMT global ( $p= 0,520$ ), Exigência Mental ( $p=0,856$ ), Exigência Física ( $p=0,657$ ), Exigência Temporal ( $p=0,518$ ), Nível de Esforço ( $p=0,855$ ), Nível de Frustração ( $p=0,301$ ) e Nível de Satisfação ( $p= 0,938$ ).

Tabela 47 - Influência da ‘Experiência com SINGRA’ no índice de carga mental de trabalho.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com SINGRA		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	13,21	13,75	-0,182	0,856
Exigência física_MapaEscala1:3.000	13,94	13,26	-0,219	0,827
Exigência física_MapaEscala1:6.000	14,21	12,89	-0,444	0,657
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	14,17	13,15	-0,325	0,745
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	12,46	14,39	-0,646	0,518
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	14,22	13,12	-0,353	0,724
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	13,79	13,25	-0,182	0,855
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	13,33	13,59	-0,082	0,935
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	11,88	14,89	-1,035	0,301
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	11,78	14,41	-0,850	0,395
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	13,38	13,61	-0,078	0,938

TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: Experiência com SINGRA

Comparação: ‘Pelo menos uma vez por mês’ x ‘Até duas vezes por ano’	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	3,50 x 3,36	2,17 x 2,50	-1,413x	0,887
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	2,57 x 3,26	1,66 x 2,52	0,817	0,422
Exigência mental_MapaEscala1:3.000	4,44 x 3,76	2,73 x 2,84	-0,587	0,563

$p \leq 0,05$  é significativa a relação entre a CMT e a variável independente (experiência com SINGRA), ao nível de significância de 5%.

Quanto à característica ‘Experiência com mapas’, ao nível de significância menor que 10% (Tabela 48), os resultados apontam que, das cinco componentes da CMT, a experiência com mapas influenciou em duas, quais sejam Exigência Mental ( $p= 0,021$ ) e Nível de Satisfação ( $p= 0,064$ ), para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000. Assim, fez-se a classificação dos 26 motoristas que se autoavaliaram ao navegarem com o

mapa na escala 1:3.000 em duas categorias: 'Índice acima ou igual a mediana' e 'Índice abaixo da mediana'. Verificou-se que 80% dos motoristas menos experientes com mapas ('Até duas vezes por ano) apresentaram nível de exigência mental acima ou igual a mediana de 8,0. Esta porcentagem foi de apenas 52% entre os motoristas mais experientes com mapas ('Pelo menos uma vez por mês). No caso do nível de satisfação, somente 40% dos menos experientes com mapa apresentaram nível de satisfação acima ou igual a mediana de 4,0. Este número subiu para 67% em se tratando dos motoristas mais experientes com mapas. A partir desses resultados, nota-se que, se por um lado os motoristas menos experientes no uso de mapas relatam ter de despende maior nível de esforço mental e sentir menor satisfação em navegar com o mapa na escala 1:3.000, por outro os motoristas mais experientes relatam ter de despende menor esforço mental e sentir maior satisfação ao navegarem com este mapa. Isso mostra que a experiência no uso de mapa é um fator que influencia a carga mental de trabalho dos motoristas ao navegarem com mapas mais detalhados, especialmente no que diz respeito à Exigência Mental e Nível de Satisfação. Na análise do índice de CMT global ( $p = 0,787$ ) não se encontrou diferença significativa. Para o caso da navegação realizada com o mapa na escala 1:6.000, nenhuma relação significativa foi encontrada entre essa característica ('Experiência com mapas') e o nível de CMT global ( $p = 0,787$ ) ou suas distintas componentes, ao nível de 5% de significância, como mostra a Tabela 48.

Quanto à habilidade espacial mensurada pelo teste SBSOD (Tabela 49), ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que não há associação entre o nível de habilidade espacial do motorista e seu nível de CMT global ( $p = 0,169$ ) ou em suas componentes: Exigência Mental ( $p = 0,120$ ), Exigência Física ( $p = 0,374$ ), Exigência Temporal ( $p = 0,535$ ), Nível de Esforço ( $p = 0,254$ ), Nível de Frustração ( $p = 0,119$ ) e Nível de Satisfação ( $p = 0,308$ ), para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000. Este resultado se repete para a navegação com o mapa em 1:6.000: CMT global ( $p = 0,112$ ), Exigência Mental ( $p = 0,289$ ), Exigência Física ( $p = 0,131$ ), Exigência Temporal ( $p = 0,226$ ), Nível de Esforço ( $p = 0,275$ ), Nível de Frustração ( $p = 0,131$ ) e Nível de Satisfação ( $p = 0,796$ ).

Tabela 48 - Influência da ‘Experiência com mapas’ no índice de carga mental de trabalho.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Experiência com mapas		Z	p-valor
	Pelo menos uma vez por mês	Até duas vezes por ano		
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	13,38	13,72	-1,109	0,913
Exigência física_MapaEscala1:3.000	12,76	16,60	-1,024	0,306
Exigência física_MapaEscala1:6.000	13,09	14,28	-0,383	0,702
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	12,64	17,10	-1,177	0,239
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	13,91	12,72	-0,379	0,705
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	13,33	14,20	-0,230	0,818
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	14,26	12,06	-0,710	0,478
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	12,62	17,20	-1,216	0,224
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	14,32	11,94	-0,779	0,436
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	14,83	7,90	-1,853	0,064
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	13,26	13,94	-0,217	0,828

## TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: Experiência com mapas

Comparação da habilidade: ‘Pelo menos uma vez por mês’ x ‘Até duas vezes por ano’	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	3,05 x 4,90	2,03 x 3,22	1,635	0,115
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	2,87 x 3,08	2,24 x 2,10	0,229	0,821
Exigência mental_MapaEscala1:3.000	3,40 x 6,50	2,14 x 3,94	2,461	0,021

p ≤ 0,05 implica significativa a relação entre a CMT e a variável independente, a um nível de significância de 5%.

Tabela 49 - Influência da ‘Habilidade espacial’ (SBSOD) no índice de carga mental.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial (SBSOD)		Z	p-valor
	Baixo senso de direção	Alto senso de direção		
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	11,92	15,08	-1,060	0,289
Exigência física_MapaEscala1:3.000	14,71	12,08	-0,888	0,374
Exigência física_MapaEscala1:6.000	11,27	15,73	-1,509	0,131
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	14,36	12,50	-0,620	0,535
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	11,69	15,31	-1,211	0,226
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	15,07	11,67	-1,141	0,254
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	11,88	15,12	-1,091	0,275
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	15,64	11,00	-1,559	0,119
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	11,31	15,69	-1,508	0,131
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	12,11	15,13	-1,020	0,308
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	13,88	13,12	-0,259	0,796

## TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: Habilidade espacial (SBSOD)

Comparação da habilidade: ‘Baixo senso de direção’ x ‘Alto senso de direção’	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	4,00 x 2,71	2,34 x 2,25	-1,418	0,169
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	2,18 x 3,70	2,54 x 2,46	1,680	0,112
Exigência mental_MapaEscala1:3.000	4,79 x 3,08	2,55 x 2,84	-1,611	0,120

p ≤ 0,05 implica significativa a relação entre a CMT e a variável independente, a um nível de significância de 5%.

Para a habilidade espacial mensurada pelo teste PT/SOT (Tabela 50), ao nível de significância de 5%, os resultados revelam que não há relação significativa entre a habilidade espacial do motorista e seu índice de CMT global ( $p=0,253$ ), ou nas componentes: Exigência Mental ( $p=0,154$ ), Exigência Física ( $p=0,348$ ), Exigência Temporal ( $p=0,571$ ), Nível de Esforço ( $p=0,469$ ), Nível de Frustração ( $p=0,679$ ) e Nível de Satisfação ( $p=0,465$ ), para a navegação realizada com o mapa na escala 1:3.000. Este resultado se mantém para a navegação com o mapa mais generalizado (1:6.000), seja em termos do índice de CMT global ( $p=0,602$ ) ou em cada componente: Exigência Mental ( $p=0,552$ ), Exigência Física ( $p=0,640$ ), Exigência Temporal ( $p=0,210$ ), Nível de Esforço ( $p=0,132$ ), Nível de Frustração ( $p=0,266$ ) e Nível de Satisfação ( $p=0,365$ ).

Tabela 50 - Influência da 'Habilidade espacial' (PT/SOT) no índice de carga mental.

Variável dependente	Teste de <i>Mann-Whitney U</i> (média dos <i>ranks</i> )			
	Habilidade espacial (PT/SOT)		Z	p-valor
	Baixa habilidade de orientação espacial	Alta habilidade de orientação espacial		
Exigência mental_MapaEscala1:6.000	12,62	14,38	-0,595	0,552
Exigência física_MapaEscala1:3.000	14,88	12,12	-0,938	0,348
Exigência física_MapaEscala1:6.000	12,81	14,19	-0,468	0,640
Exigência temporal_MapaEscala1:3.000	12,65	14,35	-0,567	0,571
Exigência temporal_MapaEscala1:6.000	12,88	16,12	-1,452	0,210
Nível de esforço_MapaEscala1:3.000	14,58	12,42	-0,724	0,469
Nível de esforço_MapaEscala1:6.000	11,27	15,73	-1,506	0,132
Nível de frustração_MapaEscala1:3.000	14,12	12,88	-0,414	0,679
Nível de frustração_MapaEscala1:6.000	11,88	15,12	-1,111	0,266
Nível de Satisfação_MapaEscala1:3.000	14,58	12,42	-0,730	0,465
Nível de satisfação_MapaEscala1:6.000	14,85	12,15	-0,905	0,365
TESTE ESTATÍSTICO PARAMÉTRICO: Habilidade espacial (PT/SOT)				
Comparação da habilidade: 'Baixa habilidade de orientação espacial' x 'Alta habilidade de orientação espacial'	*Teste t para amostras independentes			
	Média	Desvio-padrão	t	p-valor
Índice_CMT_global_MapaEscala1:3.000	3,95 x 2,87	2,90 x 1,56	1,179	0,250
Índice_CMT_global_MapaEscala1:6.000	2,71 x 3,17	2,50 x 1,81	-0,529	0,602
Exigência mental_MapaEscala1:3.000	2,96 x 4,04	2,23 x 1,95	1,226	0,154

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a CMT e a variável independente, a um nível de significância de 5%.

A partir dos casos estudados, pode-se afirmar que a carga mental de trabalho declarada pelos motoristas, ao preencherem o questionário NASA-TLX, não foi dependente do nível de habilidade espacial que possuem, seja a habilidade mensurada por uma métrica qualitativa (SBSOD) ou quantitativa (PT/SOT). Portanto, há evidências de que os mapas de SINGRA, exibidos em diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000), geraram nível similar de CMT,

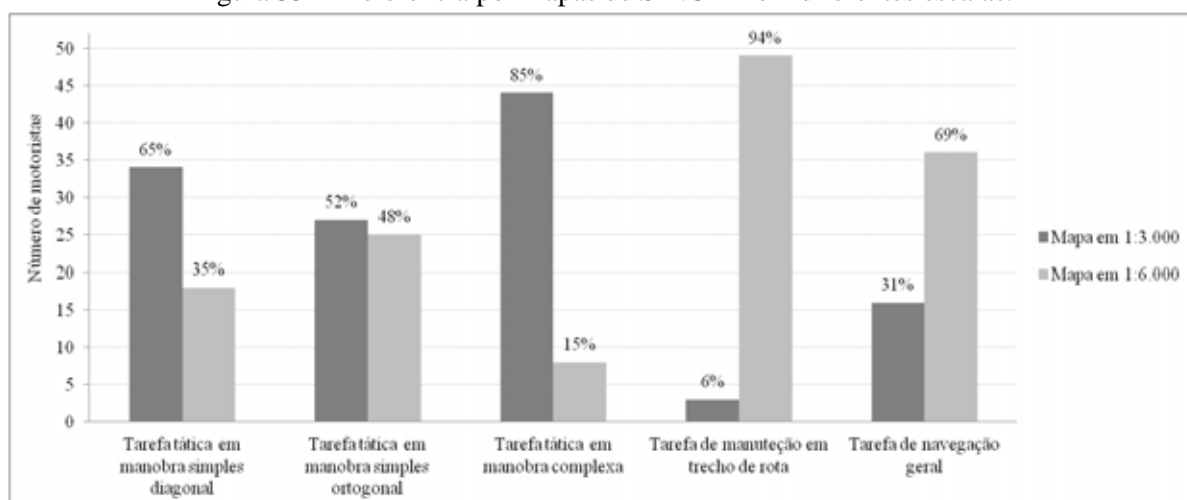
global e individual (componentes), nos motoristas classificados com alta ou baixa habilidade espacial. Também há evidências de que os motoristas com características individuais distintas, como formação educacional e experiência com SINGRA, se autoavaliam com índice similar de carga mental de trabalho ao navegarem com mapas em diferentes escalas.

## 5.5 Preferência

Para avaliar o nível de satisfação dos motoristas pelos mapas, áudio-dinâmicos e egocêntricos, exibidos em diferentes escalas de representação, fez-se a análise dos dados de cada uma das cinco questões aplicadas no teste de preferência. Os testes estatísticos utilizados foram o Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) para uma amostra, no caso dos grupos com Frequência Esperada ( $F_e$ ) maior ou igual a cinco elementos, e a prova binomial para uma amostra, no caso dos grupos com  $F_e < 5$  elementos. Os resultados se encontram na Tabela 51 e Figura 35.

Os mapas em diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000) são igualmente preferidos pelos motoristas ao realizarem a tarefa tática em manobra simples com leiaute ortogonal ( $p=0,782$ ) (Figura 36). No entanto, a um nível de significância de 5%, o mapa exibido na escala 1:3.000 é o preferido para apoiar a realização da tarefa tática em manobra simples, caso diagonal ( $p=0,027$ ) (Figura 37), e em manobra complexa ( $p < 0,0001$ ) (Figura 38). Por outro lado, constatou-se que os motoristas preferem navegar auxiliados por mapa mais generalizado (escala 1:6.000) quando realizam a tarefa de manutenção em trecho de rota ( $p < 0,0001$ ) (Figura 39) ou têm a opção de escolher o nível de detalhe para o mapa, o qual será usado durante toda a navegação pela rota ( $p=0,006$ ). A lista com os comentários dos motoristas, ao justificarem a preferência pelos mapas exibidos em diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000), encontra-se no Apêndice X. A distribuição dessas justificativas, nas cinco categorias de informação, quais sejam DPM, LR, DM, IMS e IAR, considerando cada questão do teste de preferência, está apresentada nas Figuras 40 a 44.

Figura 35 – Preferência por mapas de SINGRA em diferentes escalas.



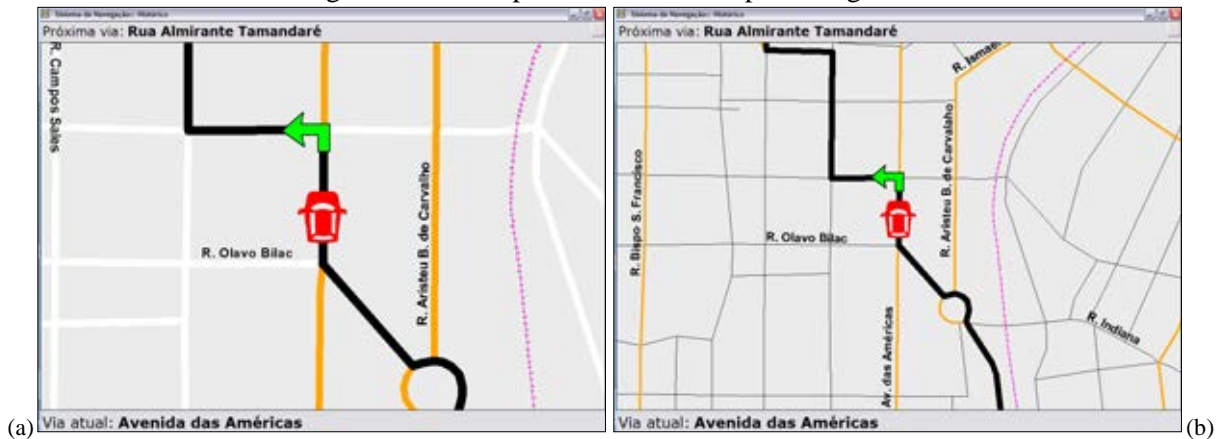
Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 51 - Preferência por mapas de SINGRA em diferentes escalas.

Preferência	Frequência de preferência		Teste para uma única amostra	
	Mapa em 1:3.000	Mapa em 1:6.000	Tipo de teste	p-valor
Questão 1 - Na preparação para a realização de manobra simples diagonal ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	34 (65%)	18 (35%)	$\chi^2 = 4,923$	0,027
Questão 2 - Para a realização da <u>tarefa de manutenção em trecho de rota</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	3 (6%)	49 (94%)	Teste binomial	<0,0001
Questão 3 - Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	27 (52%)	25 (48%)	$\chi^2 = 0,077$	0,782
Questão 4 - Na preparação para a realização de manobra complexa ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	44 (85%)	8 (15%)	$\chi^2 = 24,923$	<0,0001
Questão 5 - De forma geral, para a realização da <u>tarefa de navegação</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	16 (31%)	36 (69%)	$\chi^2 = 7,692$	0,006

$p \leq 0,05$  é significativa a relação entre a preferência e a variável independente (escala do mapa), ao nível de significância de 5%.

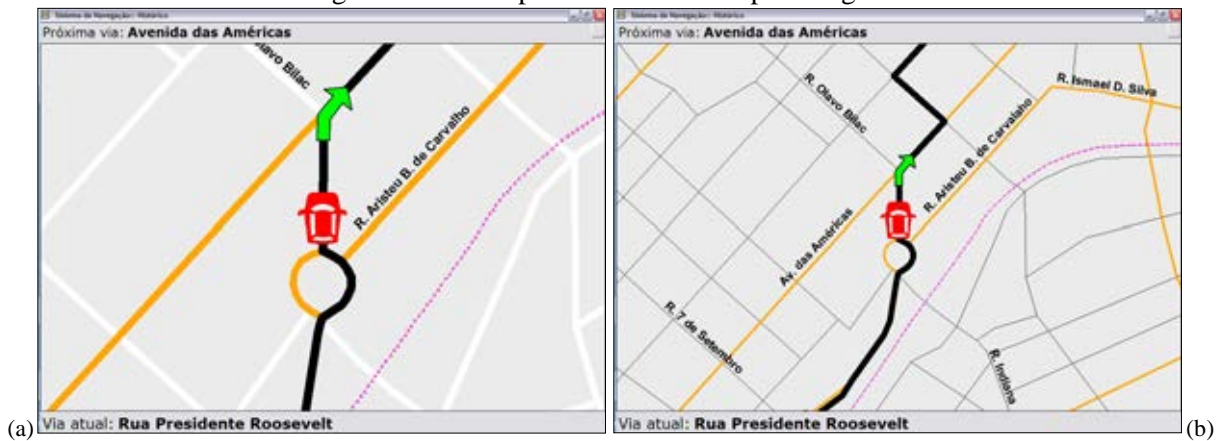
Figura 36 – Exemplo de manobra simples ortogonal.



Em (a) mapa na escala 1:3.000 e, em (b), mapa na escala 1:6.000.

Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 37 – Exemplo de manobra simples diagonal.



Em (a) mapa na escala 1:3.000 e, em (b), mapa na escala 1:6.000.

Fonte: Produção do próprio autor.

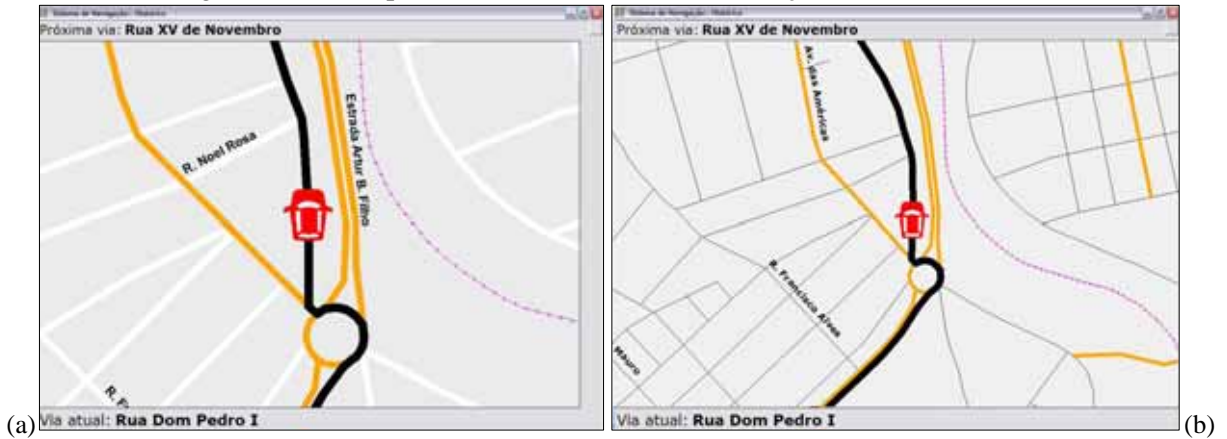
Figura 38 – Exemplo de manobra complexa.



Em (a) mapa na escala 1:3.000 e, em (b), mapa na escala 1:6.000.

Fonte: Produção do próprio autor.

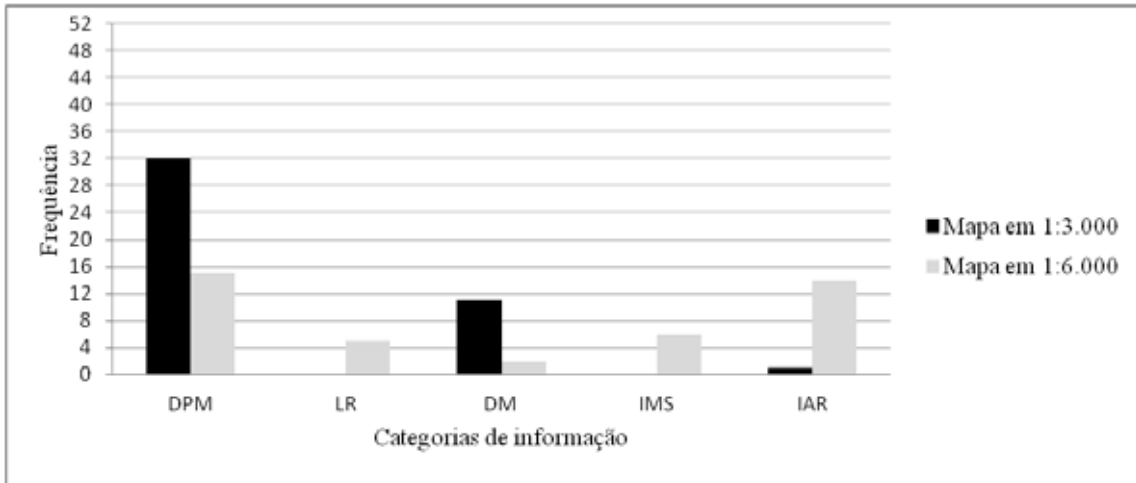
Figura 39 – Exemplo da tarefa de tarefa de manutenção em trecho de rota.



Em (a) mapa na escala 1:3.000 e, em (b), mapa na escala 1:6.000.

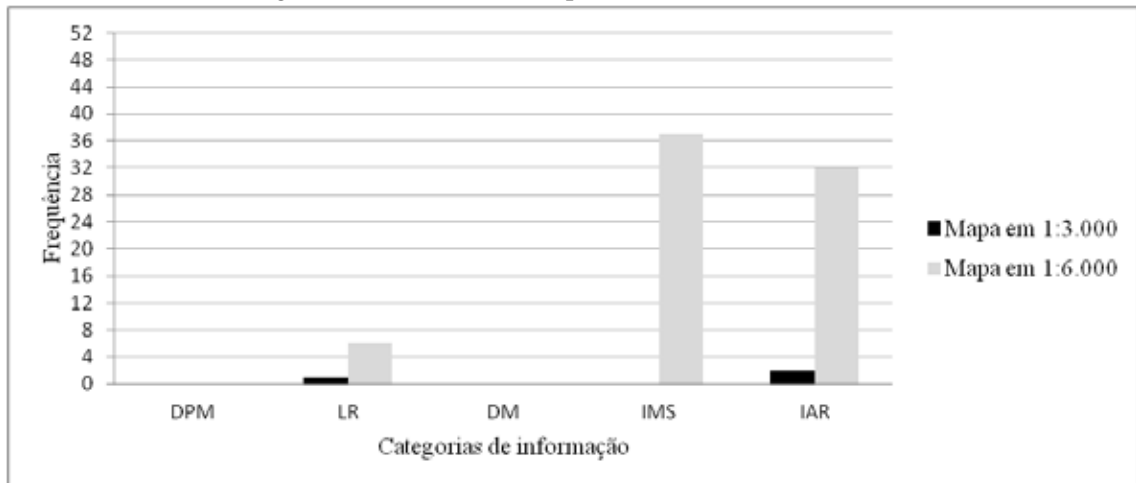
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 40 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 1’.



(Na preparação para a realização de manobra simples diagonal (tarefa tática), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?). Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 41 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 2’.

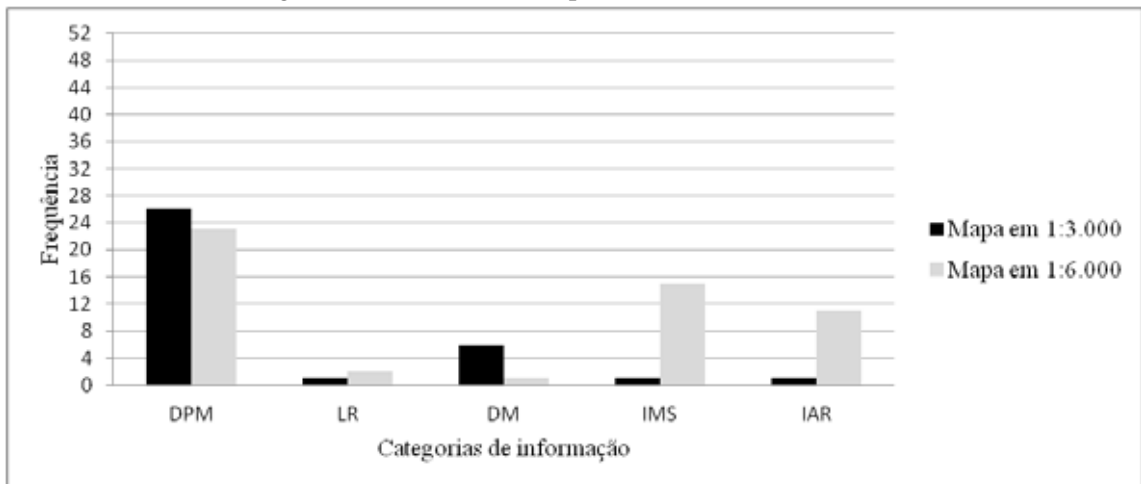


(Para a realização da tarefa de manutenção em trecho de rota, qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?). Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 42 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 3’.

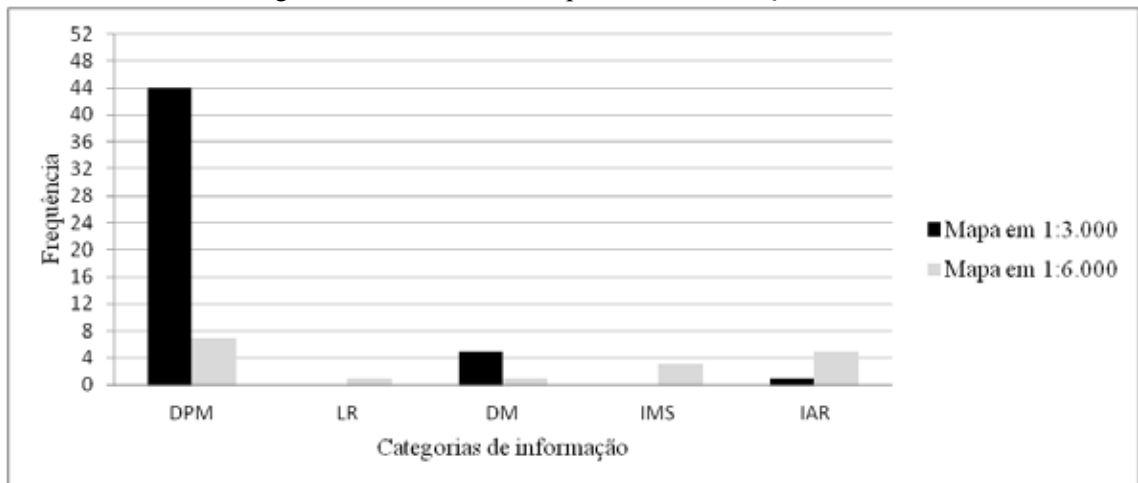


Figura 42 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 3’.



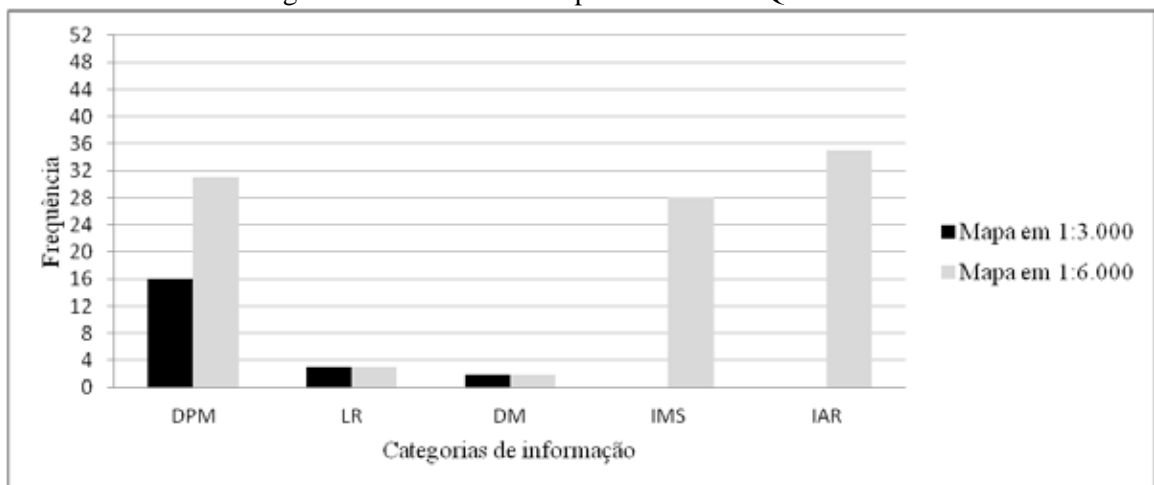
(Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal ( tarefa tática), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?). Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 43 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 4’.



(Na preparação para a realização de manobra complexa ( tarefa tática), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?). Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 44 – Justificativas apresentadas na ‘Questão 5’.



De forma geral, para a realização da  tarefa de navegação, qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000? Fonte: Produção do próprio autor.

De acordo com os comentários dos motoristas, a principal vantagem de se navegar auxiliado pelo mapa na escala 1:3.000 é a possibilidade de se obter rápida e claramente a informação de ‘direção da próxima manobra’ (categoria DPM) (Figuras 40, 42 e 43), uma vez que o mapa realça a posição da manobra na via. Os motoristas afirmam que esta característica do mapa é particularmente importante para apoiar a realização de manobras em rotatórias, pois em razão de possuírem várias vias de saída, torna-se difícil identificar qual via é a correta, e o mapa nesta escala facilita a contagem das saídas. Outro ponto destacado pelos motoristas, é o fato do mapa na escala 1:3.000 favorecer a manutenção da relação de distância até a manobra, a qual é estabelecida entre a posição do automóvel na rota e a localização da manobra na via. Isto se confirma pela frequência de uso da categoria ‘Distância até a manobra - DM’, a qual foi recorrente no caso das justificativas para o mapa na escala 1:3.000, porém pouco utilizada para o caso do mapa exibido na menor escala (1:6.000) (Ver Figuras 40 a 43).

Quanto ao mapa exibido na escala 1:6.000, os motoristas argumentam que o nível de simplificação deste mapa auxilia identificar a direção das manobras, principalmente, no caso de manobras simples. Neste tipo de manobra, os motoristas afirmam ser desnecessário o mapa exibir maior número de detalhes, diferentemente do caso de manobras complexas. A maioria dos motoristas (Figuras 41 e 44) justificou que a principal vantagem do mapa na escala 1:6.000 é possibilitar manter o senso de direção durante toda a navegação, uma vez que mais elementos de entorno da rota são exibidos no mapa. Os motoristas ainda ressaltaram que em situações nas quais a próxima manobra não apresenta grande complexidade (ex.: rotatórias) é importante o mapa exibir informações relacionadas às manobras seguintes, pois isso auxilia a se antecipar sobre as próximas tarefas da rota (Figuras 41 e 42).

A partir dos casos estudados, constata-se que o nível de satisfação dos motoristas pelos mapas em diferentes escalas é dependente do nível de detalhe estabelecido para o mapa, e que isso tem relação com o grau de complexidade das manobras. Pode-se afirmar que a necessidade dos motoristas em se manterem orientados ao longo da navegação é tão importante quanto identificar qual direção tomar em cada manobra da rota. Se por um lado mapas com maior nível de detalhe são preferidos para situações em que manobras complexas devem ser realizadas, por outro mapas mais generalizados são preferidos para a manutenção em trecho de rota (Figura 41), pois este tipo de mapa aumenta o senso de direção na tarefa de navegação. A necessidade dos motoristas se manterem orientados ao longo da rota foi constatada no trabalho Lee *et al.* (2008). Segundo esses autores, os motoristas monitoram continuamente sua posição relativa na rota como forma de manterem seguros na navegação.

Burnett (1998) explica essa necessidade dos motoristas usando dois dos cinco estágios da fase de manutenção em rota, os estágios de confiança e orientação. Se no primeiro, a meta do motorista é se certificar que não desviou da rota, no segundo estágio, a meta é relacionar sua posição com os elementos de entorno da rota ou mesmo com o ponto de destino da rota.

### 5.5.1 Preferência pelos mapas e a influência do gênero e das características individuais

Verificou-se que a satisfação dos motoristas pelos mapas nas diferentes escalas (1:3.000 e 1:6.000) não apresentou correlação com o fator gênero, a um nível de significância de 5% (Tabela 52). Sendo assim, pode-se afirmar que os homens e as mulheres possuem preferência similar, quanto ao nível de detalhamento requerido para os mapas de SINGRA, ao apoiarem a realização tanto da tarefa de manutenção em trecho de rota quanto da tarefa tática, seja esta relacionada à manobras simples ou complexas.

Tabela 52 - Preferência pelos mapas em diferentes escalas e a influência do gênero.

Questão do teste de preferência	Variável dependente	Variável independente	
		Gênero	
		Masculino	Feminino
Questão 1 - Na preparação para a realização de manobra simples diagonal ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	16 (61,5%) 10 (38,5%)	18 (69,2%) 8 (30,8%)
Teste Qui-quadrado		$\chi^2 = 0,340$ e $p = 0,560$	
Questão 2 - Para a realização da <u>tarefa de manutenção em trecho de rota</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	1 (3,8%) 25 (96,2%)	2 (7,7%) 24 (92,3%)
Teste de Fisher		$p = 0,556$	
Questão 3 - Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	14 (53,8%) 12 (46,2%)	13 (50,0%) 13 (50,0%)
Teste Qui-quadrado		$\chi^2 = 0,077$ e $p = 0,781$	
Questão 4 - Na preparação para a realização de manobra complexa ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 x Mapa 1:6.000	23 (88,5%) 3 (11,5%)	21 (80,8%) 5 (19,2%)
Teste de Fisher		$p = 0,446$	
Questão 5 - De forma geral, para a realização da <u>tarefa de navegação</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	7 (26,9%) 19 (73,1%)	9 (34,6%) 17 (65,4%)
Teste Qui-quadrado		$\chi^2 = 0,361$ e $p = 0,548$	

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a preferência e a variável independente a um nível de significância de 5%, isto é, refuta-se a hipótese nula a um nível de confiabilidade de 95%.

Para a análise da relação entre as características individuais dos motoristas e seu nível de satisfação pelas representações cartográficas, aplicou-se o teste Qui-Quadrado, para duas amostras independentes ( $F_e \geq 5$ ) ou o teste de *Fisher*, para duas amostras independentes ( $F_e < 5$ ). As análises foram realizadas para as características individuais ‘Formação educacional’, ‘Experiência com mapas’, ‘Experiência com SINGRA’ e ‘Habilidade espacial’, sendo esta mensurada pelos testes SBSOD e PT/SOT. Os resultados se encontram na Tabela 53.

A um nível de significância de 5%, pode-se afirmar que as características individuais não influenciaram a preferência dos motoristas pelos mapas exibidos com menor (1:3.000) ou maior (1:6.000) grau de generalização, isso para as distintas tarefas da manutenção em rota. A única exceção refere-se à característica ‘Experiência com mapas’, para o caso de manobra complexa (Questão 4). Observou-se que, no grupo de motoristas que preferiu visualizar manobra complexa em mapa menos generalizado (1:3.000) (total 44), 79,5% apresentaram alta experiência no uso de mapas (‘Pelo menos uma vez por mês’), enquanto que no grupo de motoristas que preferiu visualizar manobra complexa em mapa mais generalizado (1:6.000) (total 8), 62,5% apresentaram baixa experiência no uso de mapas (‘Até duas vezes por ano’). Esta discrepância não pode ser atribuída ao gênero do motorista, como se constata pela Tabela 54. Assim, infere-se que os motoristas menos experientes no uso de mapa podem ter tido maior dificuldade de se orientar com um mapa que represente uma menor porção de área geográfica, como é o caso do mapa na escala 1:3.000, fazendo com que se sentissem mais confiantes ao observarem as manobras da rota em um mapa que mostre uma área mais ampla.

Tabela 53 - Relação entre preferência e características individuais.

Questão do teste de preferência	Variável dependente	Variável independente	Teste estatístico	p-valor	Hipótese nula
Questão 1 - Na preparação para a realização de manobra simples diagonal ( <u>tarifa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	Formação educacional	Qui-Quadrado	0,448	Aceita
		Experiência com mapas	<i>Fisher</i>	0,519	Aceita
		Experiência com SINGRA	Qui-Quadrado	0,873	Aceita
		Habilidade espacial - SBSOD	Qui-Quadrado	0,703	Aceita
		Habilidade espacial – PT/SOT	Qui-Quadrado	1,000	Aceita
Questão 2 - Para a realização da <u>tarifa de manutenção em trecho de rota</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	Formação educacional	<i>Fisher</i>	0,555	Aceita
		Experiência com mapas	<i>Fisher</i>	1,000	Aceita
		Experiência com SINGRA	<i>Fisher</i>	0,558	Aceita
		Habilidade espacial - SBSOD	<i>Fisher</i>	0,602	Aceita
		Habilidade espacial – PT/SOT	<i>Fisher</i>	1,000	Aceita
Questão 3 - Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal ( <u>tarifa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	Formação educacional	Qui-Quadrado	0,866	Aceita
		Experiência com mapas	Qui-Quadrado	0,866	Aceita
		Experiência com SINGRA	Qui-Quadrado	0,957	Aceita
		Habilidade espacial - SBSOD	Qui-Quadrado	0,575	Aceita
		Habilidade espacial – PT/SOT	Qui-Quadrado	0,165	Aceita
Questão 4 - Na preparação para a realização de manobra complexa ( <u>tarifa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	Formação educacional	Qui-Quadrado	0,894	Aceita
		Experiência com mapas	<i>Fisher</i>	0,025	Refutada
		Experiência com SINGRA	<i>Fisher</i>	1,000	Aceita
		Habilidade espacial - SBSOD	<i>Fisher</i>	0,519	Aceita
		Habilidade espacial – PT/SOT	<i>Fisher</i>	0,703	Aceita
Questão 5 - De forma geral, para a realização da <u>tarifa de navegação</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?	Preferência pela representação: Mapa 1:3.000 Mapa 1:6.000	Formação educacional	Qui-Quadrado	0,639	Aceita
		Experiência com mapas	<i>Fisher</i>	0,506	Aceita
		Experiência com SINGRA	Qui-Quadrado	0,777	Aceita
		Habilidade espacial - SBSOD	Qui-Quadrado	0,680	Aceita
		Habilidade espacial – PT/SOT	Qui-Quadrado	0,548	Aceita

$p \leq 0,05$  implica significativa a relação entre a preferência e a variável independente a um nível de significância de 5%, isto é, refuta-se a hipótese nula a um nível de confiabilidade de 95%.

Tabela 54 - Relação entre preferência e experiência com mapas, em função do gênero.

Gênero				Experiência com mapas		Total	
				Até duas vezes por ano	Pelo menos uma vez por mês		
Masculino	Escala preferida para manobra complexa	1:3000	Frequência	5	18	23	
			%	21,7%	78,3%	100,0%	
		1:6000	Frequência	2	1	3	
			%	66,7%	33,3%	100,0%	
		Total		Frequência	7	19	26
				%	26,9%	73,1%	100,0%
Feminino	Escala preferida para manobra complexa	1:3000	Frequência	4	17	21	
			%	19,0%	81,0%	100,0%	
		1:6000	Frequência	3	2	5	
			%	60,0%	40,0%	100,0%	
		Total		Frequência	7	19	26
				%	26,9%	73,1%	100,0%

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 Conclusão e recomendações

A proposta desse trabalho consistiu na avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas, no contexto de um protótipo de sistema de navegação e guia de rota em automóvel. A partir dos resultados obtidos no processo de experimentação, conclui-se que a variação da escala de representação influencia a usabilidade dos mapas de SINGRA, e que isso tem relação com o grau de complexidade da manobra. Se por um lado os mapas se apresentaram igualmente eficientes, eficazes e preferidos para apoiar a realização de manobra simples, por outro os mapas menos generalizados foram mais eficazes e preferidos para apoiar a realização de manobra complexa. Essas constatações corroboram a hipótese dessa pesquisa, de que o nível de simplificação dos mapas influencia tanto na satisfação, quanto no desempenho dos motoristas na tarefa tática, e que isso tem relação com a complexidade da manobra. Baseado nesses resultados, pode-se afirmar que, a partir do emprego dos princípios da comunicação cartográfica, é possível produzir mapas legíveis, e com diferentes níveis de generalização, capazes de minimizar a carga mental de trabalho do

motorista, ao realizar a tarefa de navegação apoiada por sistema de guia de rota, bem como de aumentar a satisfação do motorista por tais sistemas. Uma recomendação para projetos de interfaces de SINGRA é alterar a escala do mapa em função da complexidade da tarefa, de forma que uma escala maior, que mostre menos detalhes da área de entorno da manobra, seja utilizada para apoiar a tarefa tática em manobra complexa.

Embora os mapas com maior nível de detalhe tenham sido associados a uma maior demanda visual, a comparação com os limiares definidos pela literatura mostrou que, ainda assim, esses mapas podem ser considerados eficientes para apoiar a tarefa tática. Conclui-se que a caracterização da demanda visual a partir das cinco diferentes variáveis possibilitou avaliar a eficiência dos mapas em distintos aspectos, variando desde o aspecto de tempo de leitura do mapa até o número de vezes que o mapa é consultado, durante a direção do automóvel. A eficiência dos mapas, nas duas diferentes escalas, foi comprovada uma vez que os mapas exigiram demanda visual dentro do recomendado para o número de olhadas, soma das olhadas, duração mínima, duração máxima e duração média da olhadas. Diante disso, afirma-se que ambos os níveis de simplificação estabelecidos para os mapas de SINGRA são eficientes para auxiliar o motorista a navegar, com segurança, por uma rota em área urbana pouco ou não familiar. Destaca-se que o *beep* se constituiu em uma forma eficaz de se apreender a percepção do motorista para o mapa, no início da realização da tarefa tática, o que permitiu quantificar a demanda visual relacionada a esse crítico estágio da navegação.

Em razão do processo de extração, organização e análise dos dados de demanda visual ser oneroso, em termos de tempo, sugere-se rever a importância do uso das variáveis ‘duração média da olhada’ e ‘duração mínima da olhada’, na caracterização da demanda visual por uma interface. No caso da primeira (‘duração média’), pelos resultados, observou-se que essa variável suavizou o índice de demanda visual, por representar a média de tempo que o motorista requer para consultar as instruções no mapa. Essa suavização implicou em não apontar a discrepância em demanda visual que se constatou pelo uso das demais variáveis. Portanto, assume-se que a ‘duração média da olhada’ é uma variável que pouco evidencia o potencial de risco que uma interface pode trazer à tarefa de direção. No caso da segunda, ‘duração mínima’, ao correlacionar esta variável ao tempo de ‘duração máxima’ da olhada, observou-se haver uma forte correlação entre tais variáveis, seja para o mapa exibido na escala maior (1:3.000; 0,489;  $p < 0,0001$ ) ou na escala menor (1:6.000; 0,493;  $p < 0,0001$ ). Isto indica que os motoristas que apresentaram maior tempo, em termos de duração máxima da olhada, também apresentaram maior tempo, em termos de duração mínima da olhada.

Diante disso, sugere-se, em detrimento da variável ‘duração mínima’, utilizar apenas a variável ‘duração máxima’ da olhada, por estar diretamente relacionada a riscos no trânsito.

Constatou-se que a ocorrência dos erros navegacionais está associada ao nível de complexidade da manobra, e que o aumento no número de erros é causado pela falta de detalhamento do mapa para apoiar esse tipo de manobra. Assim, conclui-se que mapas menos generalizados contribuem para uma menor incidência de erros em manobras com maior grau de complexidade, tal como as rotatórias. Portanto, afirma-se que, para apoiar a realização da tarefa táctica em manobras simples, mapas mais simplificados podem ser apresentados aos motoristas, sem prejuízos à usabilidade dessas representações. Todavia, recomenda-se que mapas com maior nível de detalhe apoiem a realização de manobras complexas, de modo que o desempenho nesse tipo de tarefa se mantenha similar ao observado em manobras simples. Sugere-se a realização de futuros estudos sobre novas soluções gráficas, para representar a direção de manobra em rotatórias, na tentativa de minimizar os erros nessas junções. Além disso, ressalta-se que a decisão de representar duas manobras com uma única seta induziu os motoristas a terem dificuldades de interpretar a direção da manobra. Assim, recomenda-se novas investigações sobre o projeto de setas utilizadas nesse tipo de manobra, principalmente por ser uma solução que tem sido adotada nos mapas de SINGRA. Sugere-se também a investigação de novas abordagens de coleta dos dados de erro navegacional, as quais evitem o acúmulo de tarefas simultâneas que o motorista deve realizar, como dirigir, consultar o mapa e informar a direção da manobra.

Em termos de preferência, constata-se que o nível de satisfação do motorista pelos mapas de SINGRA é dependente da apresentação de informações que sejam condizentes à tarefa que deve ser realizada. Conclui-se que, para apoiar o desenvolvimento da tarefa de manutenção em trecho de rota, exibir as instruções de navegação em mapas mais generalizados aumenta o nível de satisfação dos motoristas pelo sistema. Isso em razão do mapa oferecer maior contexto da área de navegação, o qual aumenta a confiança do motorista na tarefa realizada. Em contrapartida, conclui-se que, para apoiar a tarefa táctica, os motoristas preferem mapas que possibilitem identificar rápida e claramente a direção da manobra, sobretudo, tratando-se de manobras complexas, nas quais a preferência é por mapa com maior nível de detalhe. Portanto, recomenda-se que os sistemas de guia de rota apresentem mapas com nível de simplificação que favoreça o motorista a obter as categorias de informação requeridas nas diferentes tarefas que compõem a manutenção em rota.

Quanto à influência do gênero, homens e mulheres apresentaram desempenho, em



temos de erro navegacional, e preferência similares. No entanto, na análise de demanda visual, observou-se que motoristas de distintos gêneros se comportam de maneira diferente ao realizarem a tarefa táctica. Este trabalho confirma pesquisas, as quais apontam que as mulheres possuem menor habilidade espacial que os homens e sentem maior ansiedade ('medo de se perder') ao navegarem por um ambiente. Tais evidências foram constatadas tanto pelo teste de habilidade espacial, quanto pela demanda visual, em termos do número de vezes que as mulheres consultaram o mapa, e da soma de tempo que permaneceram com os olhos fora da via por interagirem com os mapas do protótipo de SINGRA. Além disso, na análise quanto ao índice de carga mental de trabalho subjetiva, comparadas aos homens, as mulheres declararam se sentir menos frustradas e ter que despende de menos esforço, para navegar com mapas em menor nível de detalhes, que mostre uma área de navegação mais abrangente.

Em relação à influência das características individuais, deve-se ressaltar que, embora os motoristas mais experientes no uso de mapas tenham apresentado maior nível de demanda visual, esse nível se mostrou admissível, com base nos limites recomendados para a segurança no trânsito. Além disso, esses motoristas cometeram um menor número de erro navegacional e declararam sentir maior nível de satisfação, ao navegarem com mapa menos generalizado, comparado ao grupo com menor experiência no uso de mapas. Tais evidências apontam que os motoristas mais experientes com mapas, efetivamente, consultaram o SINGRA para realizar a tarefa proposta, que é compreender a direção da manobra. Enquanto os menos experientes podem ter ignorado o mapa, por dificuldades de compreendê-lo, o que explica a menor demanda visual desse grupo, associada ao aumento da carga mental de trabalho, em termos de exigência mental, e a maior preferência pelo mapa em escala menor. Vale destacar, que os participantes do gênero masculino e feminino apresentaram semelhanças quanto a quase todas as características individuais, com exceção da habilidade espacial. Portanto, o gênero não foi um fator que influenciou na avaliação da associação das características individuais e a carga mental de trabalho dos motoristas, ao navegarem com os mapas em diferentes escalas. Pode-se ressaltar ainda, a relevância de se considerar as distintas características 'formação educacional' e 'experiência com mapas' na avaliação da usabilidade das representações. Isso porque, nem sempre os motoristas com a habilitação na produção de mapas apresentaram desempenho similar aos motoristas experientes no uso de mapas.

Deve-se apontar que o uso de diferentes medidas, objetivas e subjetivas, associadas aos distintos métodos de fatores humanos e ergonômicos, possibilitou quantificar a carga mental de trabalho do motorista e, com isso, caracterizar a usabilidade dos mapas exibidos

pelo protótipo de SINGRA. Recomenda-se uma nova coleta de dados usando essas medidas, porém, para mapas exibindo outros leiautes urbanos mais complexos como, por exemplo, vias de alta velocidade, rotatórias com diferentes formatos e maior número de saídas. Outro aspecto a ser destacado é que o estudo sobre os fatores humanos envolvidos na apresentação da informação em SINGRA foi essencial para o desenvolvimento desta tese, pois possibilitou compreender quais são os componentes do processo da navegação, e como as categorias de informação para SINGRA se relacionam com os estágios da manutenção em rota. Quanto ao estudo do sistema de processamento da informação humano e sua relação com a carga mental de trabalho, este foi relevante para não somente auxiliar nas decisões do projeto cartográfico, mas também auxiliar na etapa de interpretação dos resultados obtidos pela experimentação com os motoristas. Conclui-se que as etapas de testes com os SINGRA comerciais, bem como as etapas de testes de preferência com os motoristas, foram fundamentais para a produção dos mapas com alta usabilidade, uma vez que essas etapas auxiliaram desenvolver o projeto cartográfico centrado nas demandas e nas características dos motoristas. A consequência desse projeto adaptado ao propósito e às habilidades dos usuários pode ser observada na redução do tempo de processamento exigido da memória de trabalho, como se comprovou ao comparar os índices de demanda visual com os limiares da literatura.

Os resultados dessa pesquisa podem contribuir para o desenvolvimento de SINGRA, quanto à usabilidade das representações cartográficas exibidas nesses sistemas. A pesquisa traz contribuições tanto relacionadas ao projeto de mapas, no que se refere à definição da escala de representação, exibidos em mídia de pequeno formato, quanto ao processo de avaliação dessas representações. Os resultados dessa pesquisa podem auxiliar as empresas que produzem mapas para sistema de guia de rota, uma vez que a abordagem desenvolvida considera as preferências, capacidades e limitações, perceptivas e cognitivas, dos motoristas, ao propor soluções de projeto para essas representações, sendo tais soluções sempre pautadas na questão da segurança no trânsito. Além disso, vale ressaltar a importância desse estudo para a Cartografia, no que se refere ao uso de interfaces em contexto dinâmico, como é o caso da direção de automóvel.

## 6.2 Produção científica

### Periódicos:

RAMOS, A. P. M. *et al.* Escalas dos Mapas de Sistemas de Guia de Rota Comercial. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 1, n. 66, p. 681-694. 2014.

RAMOS, A. P. M. *et al.* 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. 2014.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Avaliação de erros navegacionais em sistema de navegação e guia de rota em automóvel com mapas em diferentes escalas. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 6, n. 66, p. 1379-1393. 2014.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Influência do gênero na demanda visual por mapas em diferentes escalas em sistema de navegação e guia de rota em automóvel. **Boletim de Ciências Geodésicas**. v. 21, n. 1, p. 74-91. 2015.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Preference For Map Scale Of In-Car Route Guidance and Navigation System **Artigo aceito para publicação na Cartography and Geographic Information Science**. Em processo de edição para publicação. 2015

### Eventos:

RAMOS, A. P. M. *et al.* Mapas de Sistemas de Navegação Comerciais em Múltiplas Escalas Automáticas. **Trabalho publicado e apresentado (pôster)** no VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, 2013.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Avaliação de erros navegacionais em sistema de navegação e guia de rota em automóvel com mapas em diferentes escalas. **Trabalho publicado e apresentado** (forma oral) no XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento XXV Exposicarta, 2014c, Gramado, RS, p.10.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Drivers' preference for map scale of route guidance and navigation system. **Trabalho publicado e apresentado** (forma oral) no SELPER - XVI "Simposio Internacional en SIG y Percepción Remota" - La geoinformación al servicio de la sociedad. Medellin, Colômbia, de 29/09 a 03/10 de 2014.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Visual demand for maps at different scales of in-route guidance and navigation system. **Trabalho publicado e apresentado** (forma oral) no 11th Symposium on Location Based-Services - LBS. Viena, Áustria de 26/11 a 28/11 de 2014.

RAMOS, A. P. M. *et al.* Influência da variação da escala na demanda visual por mapas de sistemas de navegação e guia de rota em automóvel. **Trabalho publicado e apresentado** (pôster) no XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, em João Pessoa de 26/04 a 29/04 de 2015.

## REFERÊNCIAS

- AGRAWALA, M. Visualizing routes maps. **PhD Thesis**, Stanford University, CA, USA. 2001.
- AKAMATSU, M.; GREEN, P.; BENGLER, K. Automotive Technology and Human Factors Research: Past, Present, and Future. **International Journal of Vehicular Technology**. v. 2013, p. 1–28. 2013.
- 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. Disponível em: <[http://www.umich.edu/~driving/guidelines/AAM\\_DriverFocus\\_Guidelines.pdf](http://www.umich.edu/~driving/guidelines/AAM_DriverFocus_Guidelines.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2015.
- ALM, H. **Drivers cognitive models of routes**. DRIVE project V1041 (GIDS). Groningen, The Netherlands: University of Groningen, Traffic Research Centre.1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9241-11. **Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade**. Rio de Janeiro, RJ, p. 1-21, agosto 2002. Disponível em: <[http://www.academia.edu/5803921/NBR\\_9241-11\\_\\_Requisitos\\_Ergonomicos\\_para\\_Trabalho\\_de\\_Escrit%C3%B3rios\\_com\\_Computadores\\_orienta%C3%A7%C3%B5es\\_sobre\\_usabilidade\\_](http://www.academia.edu/5803921/NBR_9241-11__Requisitos_Ergonomicos_para_Trabalho_de_Escrit%C3%B3rios_com_Computadores_orienta%C3%A7%C3%B5es_sobre_usabilidade_)>. Acesso em: 18 mar. 2015.
- BOARD C. Map Reading Tasks Appropriate in Experimental Studies in cartographic Communication. **Cartographic: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**. v. 15, n. 10, p. 1-12. 1978.
- BOYLE, L. N.; LEE, J. D.; PENG, Y.; GHAZIZADEH, M.; WU, Y.; MILLER, E...; JENNESS, J. Text Reading and Text Input Assessment in support of the NHTSA Visual-Manual Driver Distraction Guidelines. **Technical report**. DOT HS 811 820. National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA. Washington, DC, 2013. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Rk82O8zwG1cJ:www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%2520Avoidance/Technical%2520Publications/2013/811820.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 18 mar. 2015.
- BURNETT, G. E. "Turn right at the King's Head": Drivers' requirements for route guidance information. **PhD Thesis**, Loughborough University, UK. 1998. 341p.
- BURNETT, G. E. Usable vehicle navigation systems: Are we there yet? In: **Vehicle electronic systems 2000**, European conference and exhibition, 2000. p. 3.1.1- 3.1.11.
- 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**. v. 28, p. 5-16. 2012.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE - BSI. **Guide to in-vehicle information systems (DD 235:1996)**. 1996. 38p. Disponível em <<http://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000000796693>>. Acesso em: 18 mar. 2015.
- BRUNEAU, D. P. J. Subjective Mental Workload. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2. ed. University of Louisville, Kentucky, USA: Taylor & Francis, 2006. p. 946-947.

- 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.
- COLUCCIA, E.; LOUSE, G. Gender differences in spatial orientation: A review. **Journal of Environmental Psychology**. v. 24, p. 329-340. 2004.
- COLUCCIA, E.; IOSUE, G.; BRANDIMONTE, M. A. The relationship between map drawing and spatial orientation abilities: A study of gender differences. **Journal of Environmental Psychology**. v. 27, n. 2, p. 135-144. 2007.
- CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 242, de 2007. **Dispõe sobre a instalação e utilização de equipamentos Geradores de imagens nos veículos automotores**. Brasília, DF. p. 1-2, junho de 2007. Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/resolucao\\_contran\\_242.pdf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/resolucao_contran_242.pdf)>. Acessado em: 18 mar. 2015.
- CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. São Paulo: Novatec, 2010. 344p.
- DABBS, J. M.; CHANG, E. J.; STRONG, R. A.; MILUN R. Spatial Ability, Navigation Strategy, and Geographic Knowledge Among Men and Women. **Evolution and Human Behavior**. v. 19. P. 89-98. 1998.
- DAIMON, T.; NISHIMURA, M., KAWASHIMA H. Study of Driver's Behavioral Characteristics for Designing Interfaces of In-Vehicle Navigation Systems Bases on National and Regional Factors. **Journal of Society of Automotive Engineers of Japan**, v. 21, n. 3, p. 379-384. 2000.
- DALTON, P.; AGARWAL, P.; FRAENKEL, N.; BAICHO, 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**. Los Alamitos, California. v. 99, p. 133–140, 1999.
- DE WAARD, D. **The Measurement of Drivers' Mental Workload**. 1996. 135p. PhD Thesis. University of Groningen, Netherlands.
- DENT, B. D.; TORGUSON, J.; HODLER, T. **Cartography: Thematic Map Design**. 6<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill, Georgia, 368p. 2009.
- DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and Ubiquitous Computing**. v. 5, n. 1, p. 4-7. 2001.
- DILLEMUTH, J. Map Design Evaluation for Mobile Display. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 32, n. 4, p. 285-301. 2005.
- DILLEMUTH, J.; GOLDSBERRY, K.; CLARKE, K. C. 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.

DINGUS, T. A.; M. C. HULSE. Some human factors design issues and Recommendations for automobile navigation Information systems. **Transportation Research Part C**. v. 1, n. 2, p. 119-131. 1993.

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.

DOWNS, R. M.; STEA, D. Cognitive Maps and Spatial Behaviour: Process and Products. In: DOWNS, R. M.; STEA, D. *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior*. 439p. USA: Aldine Transaction, New edition, 2005. Cap. 4.3. p.312-317. Versão original publicada em 1973.

EASTMAN, J. R. Cognitive models and cartographic design research. **The Cartographic Journal**. v. 22, n. 2, p. 95-101. 1985.

EI-WEN 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.

EI-WEN LO. V.; GREEN, P. A. Development and Evaluation of Automotive Speech Interfaces: Useful Information from the Human Factors and the Related Literature. **International Journal of Vehicular Technology**. v. 2013, p. 1-14. 2013.

EUROPEAN COMMISSION - EC. **Study on the regulatory situation in the member states regarding brought-in (i.e. nomadic) devices and their use in vehicles**. 2009. University of Leeds. Disponível em: < [http://archive.etsc.eu/documents/Report\\_Nomadic\\_Devices.pdf](http://archive.etsc.eu/documents/Report_Nomadic_Devices.pdf)>. Acessado em: 18 mar. 2015.

FRUTIGER, A. *Sinais e Símbolos: Desenho, Projeto e Significado*. 2 ed. Martins Fontes, 2001.

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.

GOLLEDGE, R.: Human Wayfinding and Cognitive Maps. In: GOLLEDGE, R. **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**. Baltimore, USA: Johns Hopkins, 1999. p.5-45. 448p.

GOLLEDGE, R. G.; R. D. JACOBSON, R.; KITCHIN, M. BLADES Cognitive Maps, Spatial Abilities, and Human Wayfinding. **Geographical Review of Japan Series B**. v. 73, n. 2, p. 93-104. 2000.

GOLLEDGE, R. G., GÄRLING, T. Cognitive maps and urban travel. In: HENSHER, D. A.; BUTTON, K. J.; HAYNES, K. E.; STOPHER, P. R. **Handbook of Transport Geography and Spatial Systems**. 672 p. USA: Emerald Group Publishing, 1<sup>st</sup> edition. 2004. Cap. 9. 501-511.

GREEN, P.; WILLIAMS, M. Perspective in orientation/navigation displays: A human factors test. In: **3<sup>a</sup> International Conference on Vehicle Navigation and Information Systems**, 1992, New Jersey, p. 221-226.

GREEN, P. LEVISON, W.; PAELKE, G.; SERAFIN, C. Preliminary human factors design guidelines for driver information systems. **Technical report**. Report n° FHWA-RD-94487. University of Michigan. Transportation Research Institute. 1995. Disponível em: <

<http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/1098/88512.0001.001.pdf?sequence=2>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

GREEN, P. Visual and task demands of driver information systems. **Technical report UMTRI 98-16**. The University of Michigan Transportation Research Institute. 1999. 119p. Disponível em: <<http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/1269>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results and theoretical research. In: HANCOCK, P. A.; MESHKATI, N. **Human mental workload**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1988. p. 139-183.

HARRIE, L.; SARJAKOSKI, L. T.; LATHO, L. A Mapping Function for Variable-Scale Maps in Small-Display Cartography. **Journal of Geospatial Engineering**. v. 4, n. 2, p. 111-123. 2002.

HEGARTY, M.; RICHARDSON, A. E.; MONTELLO, D. R.; LOVELACE, K.; SUBBIAH. I. Development of a self-report measure of environmental spatial ability. **Intelligence**. v. 30, n. 5, p. 425-447. 2002.

HEGARTY, M.; WALLER, H. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. **Intelligence**. v. 32, p. 175-191. 2004.

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

HOOVEN C. A.; CHABRIS C. F.; ELLISON, P. T.; KOSSLYN, S. M. The relationship of male testosterone to components of mental rotation. **Neuropsychologia** v. 42 p. 782-790. 2004.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION (ISO). **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - 9241 - Part 11: Guidance on usability**, 1998. 22p. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=16883](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

ISSMAEL, L. S. Generalização cartográfica: determinação de operadores e de escalas catastróficas. 2003. 250p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

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 – version 3.0**. 2004. Disponível em: <[http://www.jama-english.jp/release/release/2005/jama\\_guidelines\\_v30\\_en.pdf](http://www.jama-english.jp/release/release/2005/jama_guidelines_v30_en.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

JENSEN, B. S.; SKOV, M. B.; THIRURAVICHANDRAN, N. Studying Driver Attention and Behaviour for Three Configurations of GPS Navigation in Real Traffic Driving. In: **Proceedings of the CHI 2010 - Driving, Interrupted**, 2010, ACM Press, Atlanta, GA, USA. p. 1271-1280.

JONES, C. M.; Braithwaite, V. A.; HEALY, S. D. The Evolution of Sex Differences in Spatial Ability. **Behavioral Neuroscience**, v. 117, n. 3, p. 403-411. 2003.

- 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.
- KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2nd ed. New York: Longman Group, 1989.
- 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. **Technical report National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA**. Washington, DC, 2006. Disponível em: <www.nhtsa.gov/.../Crash%20Avoidance/Driver%20Distraction/810594.pdf >. Acesso em: 18 mar. 2015.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. London: Taylor & Francis. n. 3, v. 20, 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.
- LAVIE, T.; ORON-GILAD, T. Perceptions of electronic navigation displays. **Behaviour & Information Technology**. v. 32, n. 8, p. 800–823. 2013.
- LAWTON, C. A. Gender Differences in Way-Finding Strategies: Relationship to Spatial Ability and Spatial Anxiety. **Sex Roles**. v.30, n. 11/12, p.765-779, 1994.
- 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.
- LEE, J.; JUN, 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.
- LI, B.; 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.
- 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. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. **Displays**. Elsevier Science. 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 traveller information systems. **Ergonomics**. v. 44, n. 4, p. 425-442. 2001.
- LOVELACE, K.; HEGARTY, M.; MONTELLO, D. Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments. In: FREKSA, C.; MARK, D. (Eds.). **Spatial Information Theory**. Springer, Berlin, p. 65-82. 1999.
- LYNCH, K. A imagem da Cidade. São Paulo. Martins Fontes, 1997. Versão original publicada em 1960.
- MACEACHREN, A. M. **How maps work: Representation, Visualization and Design**. London: The Guilford Press, 1995. 513p.



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.; 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.

MARTINELLI, M. **Mapas da Geografia e Cartografia Temática**. 6 ed. Contexto: São Paulo, 2011.

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.

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. Oficina de texto, Rio de Janeiro, 288p. 2013.

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. p. 485-502.

MONMONIER, M. **How to Lie with Maps**. 2. ed. Chicago: The University of Chicago, 1996. 207 p.

MONTELLO, D. R.; LOVELACE, K. L.; GOLLEDGE, R. G.; SELF, C. M. Sex-related differences and similarities in geographic and environmental spatial abilities. **Annals of the Association of American geographers**. v. 89. n. 3, p.515–534. 1999.

MORETT, L. M.; *et al.* Applying multimedia learning theory to map learning and driving navigation. **Transportation Research Part F**. v. 12, p. 40-49. 2009.

MORITA, T. Granding of the Map Funcions in Navegation System. In: **16th International Cartographic Conference**. 1993, Ottawa, Canadá: Cologne. Koln, 14- 21 August.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION - NHTSA. **Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices**. Docket nº. NHTSA-2010-0053. Federal Register 77:372012. 2012. Disponível em: <<http://www.distraction.gov/downloads/pdfs/visual-manual-nhtsa-driver-distraction-guidelines-for-in-vehicle-electronic-devices.pdf>>. Acessado em: 18 mar. 2015.

NOEL, E.; NONNECKE, B.; TRICK, L. Evaluating First-Time and Infrequent Use of In-car navigation devices. In: **Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design**. Rockport: University of Iowa/PPC, 7p. 2005.

NOWAKOWSKI, C.; GREEN, P. A.; TSIMHONI, O. Common Automotive Navigation System Usability Problems and a Standard Test Protocol to Identify Them. In: **Proceedings of ITS-America 2003 Annual Meeting**. Washington DC: Intelligent Transportation Society of America, 16p. 2003.

OBATA, T.; DAIMON, T.; KAWASHIMA, H. A cognitive study of in-vehicle navigation systems: applying verbal protocol analysis to usability evaluation. In: **Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference**, 1993, Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers. p. 232-237.

OLIVER, K. **Cognitive Map Development and Driver Distraction: The Role of Vehicle Navigation Systems**. 2007. 79p. MSc. in Interactive Systems Design – School of Computer Science and Information Technology University of Nottingham.

PARKES, A. M. Data capture techniques for RTI usability evaluation. In: **Advanced telematics in road transport - the DRIVE conference**, 1991, Amsterdam. v. 2, p. 1440-1456.

PEI-CHUN, L.; SHANG-I, C. The effects of gender differences on the usability of automotive on-board navigation systems – A comparison of 2D and 3D display. **Transportation Research Part F** 19. pp. 40–51 2013.

PETCHENIK, B. B. The Nature of Navigation: Some Difficult Cognitive Issues in Automatic Vehicle Navigation. **IEEE Explore**. p. 43-48. 1989.

PETERSON, M. P. The mental image in cartographic communication. **The Cartographic Journal**. v. 24, n. 1, p. 35-40. 1987.

PETERSON, M. P. **Interactive and animated cartography**. 1.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995, 255f.

PINHEIRO, J. Q. Mapas cognitivos do mundo: representações mentais distorcidas? **Geograficidade**. v. 3, n. 2013.p. 45-57. 2013.

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. 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.

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. Avaliação do Desempenho da Comunicação Cartográfica de Representações Multimídia de Sistema de Navegação e Guia de Rota: Projeto, Construção e Validação de Setas Animadas. 2013a. 125p. **Relatório Técnico – Primeiros Projetos 2010** (Departamento de Cartografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

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.; REIS, Y. C.; DECANINI, M. M. S.; TACHIBANA, V. M. Drivers' Requirements for In-Car Route Guidance Information: Gender and Individual Differences. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 5, n. 66, p. 981-992. 2014

QUARESMA, M.; MORAES, A.. A usabilidade de tarefas típicas de seleção do destino em sistemas de navegação GPS automotivos. **Produção**. v.21, n. 2, p.329-343. 2011.

RANNEY, T. A.; BALDWIN, G. H. S.; SMITH, L. A. Driver behavior during visual-manual secondary task performance: occlusion method versus simulated driving. **Technical report** DOT HS

811 726. National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA. Washington, 2013. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6yO\\_U0AQfgwJ:www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%2520Avoidance/Technical%2520Publications/2013/811726.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6yO_U0AQfgwJ:www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NVS/Crash%2520Avoidance/Technical%2520Publications/2013/811726.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power comparison of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, v. 2, n. 1, p. 21-33. 2011.

RIGDEN, C. The eye of the beholder-designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, v. 17, p. 291-295. 1999.

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. **Technical report DRIVE II V2008 HARDIE**, Loughborough, UK, HUSAT Research Institute. 1995. Disponível em: <[http://www.umich.edu/~driving/guidelines/HardieGuidelinesChapters\(old\)/HARDIE\\_Guidelines\(Intro.pdf\)](http://www.umich.edu/~driving/guidelines/HardieGuidelinesChapters(old)/HARDIE_Guidelines(Intro.pdf))>. Acesso em: 18 mar. 2015.

ROSS, T.; VAUGHAN, G.; BURNETT, G.; May, A. Design Guidelines for Route Guidance and Navigation. In: ROSS, T. *et al.* **Human Factors Guidelines for Information Presentation by ATT Systems**, Loughborough, UK: HUSAT Research Institute, 1996. Cap. 2.

SEKULER, R.; SEKULER, A. B. Age-Related, Optical Factors and Neural Process. **Encyclopedia of Psychology**. American Psychological Association/Oxford University Press. v.8, p.180-183. 2000.

SHANG-HWA, H.; CHIA-HSYAN, L.; CHIN-JUNG, C. The Effects of Different Navigation Maps on Driving Performance. **Perceptual & Motor Skills: Learning & Memory**. v. 115. n. 2. p. 403-414. 2012.

SHEA, K. S.; R. B. MCMASTER. Cartographic generalization in digital environment: when and how generalize. In: **Proceedings of AUTOCARTO 9, ACM/ASPRS**, 1992. Baltimore, EUA. p.56-67.

SHELEIBY, M.; MALEK, M.R.; ALESHEIKH. Automatic Map Scaling in Car Navigation Systems Using Context-aware Computing. **World Applied Sciences Journal**. v. 3, p. 101-106. 2008.

SIEGEL, S.; CASTELAN JUNIOR, N. J. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. Porto Alegre: Artmed. 2006 448p.

SLOCUM, A. T.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. *Thematic Cartography and Geovisualization*. 3rd ed. Prentice Hall, 2009.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS - SAE. **Navigation and Route Guidance Function Accessibility While Driving**. SAE Recommended Practice J2364, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers. 2004. Disponível em: <[http://standards.sae.org/j2678\\_200408/](http://standards.sae.org/j2678_200408/)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY – SSC. **Topographic maps – Map graphics and Generalization**. 126p. 2005. Disponível em: <<http://cartography.ch/publikationen/index.html>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

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. **Technical report UMTRI-99-37**, The University of Michigan Transportation Research Institute. 70p. 1999. Disponível em: <<http://www.umich.edu/~driving/publications/UMTRI-99-37.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

- 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.
- 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.
- STANTON, N. A. Behavioral and Cognitive Methods. In: STANTON, N. A.; *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005a. Cap. 27. p. 27-1; 27-8.
- STANTON, N. A.; BABER, C.; YOUNG, M. Observation. In: STANTON, N. A.; *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005b. Cap. 28. p. 28-1; 28-7.
- 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.
- WAKABAYASHI, Y. Gender-related differences in the map use of in-vehicle navigation systems. **In Proceedings of the International Cartographic Conference**, 2011, Paris, France. p. 1-14.
- WALKER, G. Verbal Protocol Analysis. In: STANTON, N. A.; *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005. Cap. 30. p. 30-1; 30-9.
- WICKENS, C. D., J. D. LEE, Y. LIU, S. G. BECKER. 2004. *An Introduction to Human Factors Engineering*. 2nd ed. California: Pearson Prentice Hall. 608p.
- 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.
- WU, A.; ZHANG, X. Identifying Proper Scales on Digital Maps for In-Vehicle Navigation Systems. In: **Human Computer Interaction - Part III**, 2009, San Diego, CA. p. 262-270.
- YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Applying Interviews to Usability Assessment. In: STANTON, N. A.; *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005a. Cap. 29. p. 29-1; 29-6.
- YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Mental Workload. In: STANTON, N. A.; *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC, 2005b. Cap. 39. p. 39-1; 39-9.
- YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Mental Workload: Theory, Measurement, and Application. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2. ed. University of Louisville, Kentucky, USA: Taylor & Francis, 2006. p. 818-821.

**ANEXOS**

ANEXO A – Habilidade espacial: teste de senso de direção .....	165
ANEXO B – Habilidade espacial: teste de orientação espacial .....	167
ANEXO C – Representações cartográficas propostas para SINGRA.....	181
ANEXO D – Especificações técnicas do monitor de navegação. ....	183
ANEXO E – Leiaute da interface do protótipo de SINGRA .....	184
ANEXO F – Representação proposta em escala única para SINGRA.....	185

## ANEXO A – Habilidade espacial: teste de senso de direção

Este texto é tradução nossa.

A ‘Escala de Senso de Direção de Santa Bárbara’ (*Santa Barbara Sense of Direction Scale - SBSOD*) é um teste de habilidade espacial desenvolvido por Hegarty *et al.* (2002), na Universidade de Santa Bárbara, Estados Unidos, para a quantificação do senso de direção das pessoas, isto é, a habilidade de um indivíduo em se orientar e encontrar direções em um ambiente. O teste é composto por 15 afirmações. A partir de uma escala, variando de um (01) a sete (07), o indivíduo mensura o quanto possui de cada afirmação. As notas ‘um’ e ‘sete’ representam, respectivamente, concordância e discordância de cada afirmação. A habilidade espacial, em termos de orientação espacial, é representada pela média aritmética das notas nas 15 afirmações (HEGART *et al.* 2002).

### ESCALA DE SENSO DE DIREÇÃO DE SANTA BÁRBARA

Número do participante: \_\_\_\_\_

Este questionário apresenta afirmações sobre sua habilidade espacial, de navegação, preferências e experiências. Após cada afirmação, você deve circular o número que corresponda seu nível de consentimento com a afirmação. Circule o número “1” se você concorda completamente que a afirmação se aplica a você, circule o número “7” se você discorda completamente, ou circule algum número entre 1 e 7 se seu consentimento é intermediário. Circule o número “4” se você nem concorda e nem discorda.

1. Sou muito bom em fornecer direções.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

2. Tenho uma memória ruim para lembrar onde deixei as coisas

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

3. Sou muito bom para estimar distâncias.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

4. Meu ‘senso de direção’ é muito bom.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

5. Costumo pensar no ambiente em termos de direções cardeais (Norte, Sul...).

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

6. Facilmente me perco em uma cidade desconhecida.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

7. Gosto de usar mapas.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

8. Tenho dificuldades em compreender direções.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

9. Sou muito bom em interpretar mapas.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

10. Não me lembro muito bem de rotas quando viajo como passageiro do automóvel.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

11. Não gosto de fornecer direções.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

12. Não é importante saber onde estou.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

13. Geralmente deixo que outra pessoa faça o planejamento de viagens longas.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

14. Geralmente consigo lembrar-me de rotas que percorri uma única vez.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

15. Não tenho um 'mapa mental' muito bom do ambiente.

Concordo completamente 1 2 3 4 5 6 7 discordo completamente

Obrigada pela sua participação!

## **ANEXO B – Habilidade espacial: teste de orientação espacial**

Este texto é tradução nossa.

O teste ‘Tomada de Perspectiva/Orientação Espacial’ (*Perspective Taking/Spatial Orientation Test-PT/SOT*) é um teste de habilidade espacial desenvolvido por Hegarty e Waller (2004), na Universidade de Santa Bárbara, Estados Unidos, para determinar a habilidade de um indivíduo em imaginar uma cena a partir de diferentes pontos de vista ou orientações no espaço. O teste é composto por 12 questões sobre a orientação relativa entre ‘n’ objetos. A tarefa do indivíduo é imaginar-se de pé, em frente a um objeto da cena, olhando para um segundo, e desenhar uma seta que indique a direção de um terceiro objeto. O objetivo é estimar o ângulo formado entre duas direções definidas em um ponto em comum entre três objetos da cena. A habilidade espacial, em termos de orientação espacial, é representada pela média aritmética da diferença entre o valor correto do ângulo e o valor estimado pelo indivíduo (HEGARTY; WALLER, 2004).

### **TESTE DE ORIENTAÇÃO ESPACIAL**

Este é um teste sobre sua habilidade de imaginar diferentes perspectivas ou orientações no espaço. Em cada uma das páginas seguintes você verá uma imagem com um conjunto de objetos, um círculo com uma seta e uma questão sobre a direção formada entre alguns dos objetos dessa imagem. Em cada questão, você deverá se imaginar de pé em frente a um objeto, o qual estará nomeado no centro do círculo, olhando para um segundo objeto, o qual estará nomeado no topo do círculo. Sua tarefa é desenhar uma seta, a partir do centro do círculo, que indique a direção de um terceiro em relação ao segundo objeto que você está olhando.

Veja o exemplo na página seguinte. Neste exemplo, você é solicitado a se imaginar de pé em frente à flor, a qual está nomeada no centro do círculo, olhando para a árvore, a qual está nomeada no topo do círculo. Sua tarefa é desenhar uma seta indicando a direção onde está o gato. Neste exemplo, esta é a seta que foi desenhada para você. Nas questões seguintes, sua tarefa é desenhar essa seta. Você consegue ver que se você estivesse em frente à flor, olhando para a árvore, o gato estaria nessa direção? Por favor, em caso de dúvidas sobre qual é a sua tarefa no teste, pergunte ao experimentador.

Existem 12 questões nesse teste, uma em cada página. Para cada questão, a imagem com os objetos é apresentada na parte superior da página, e o círculo com a seta na parte inferior. Por favor, não mova ou rotacione o caderno de teste, bem como não faça nenhuma rasura na figura com os objetos. Tente indicar a direção correta dos objetos, porém não gaste muito tempo em nenhuma das questões.

Você terá 5 minutos para completar esse teste.

Obrigada pela sua participação!

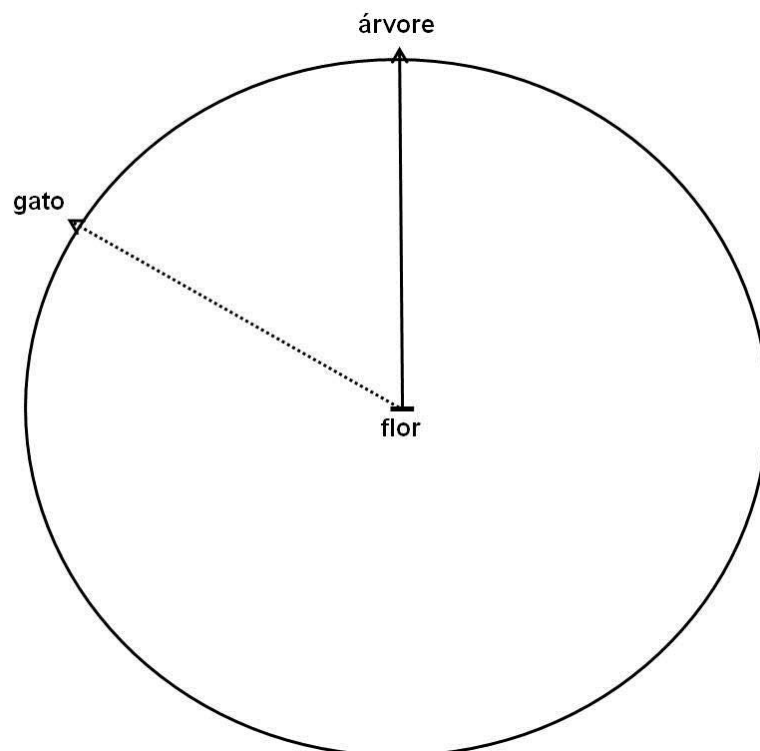


**TESTE DE ORIENTAÇÃO ESPACIAL**

Número do participante: \_\_\_\_\_

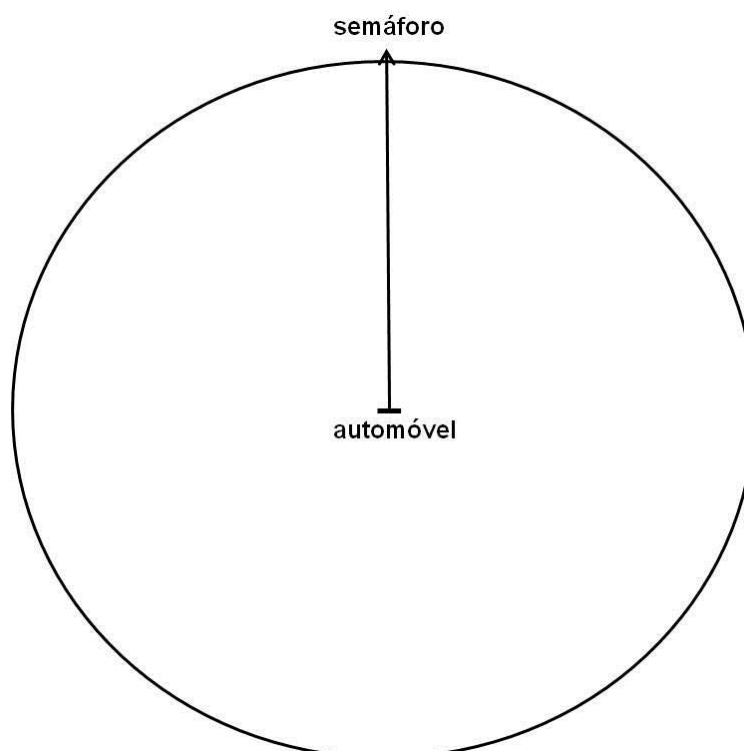


**Exemplo:** Imagine que você está de pé em frente à **flor**, olhando para a **árvore**. Aponte a direção onde está o **gato**.



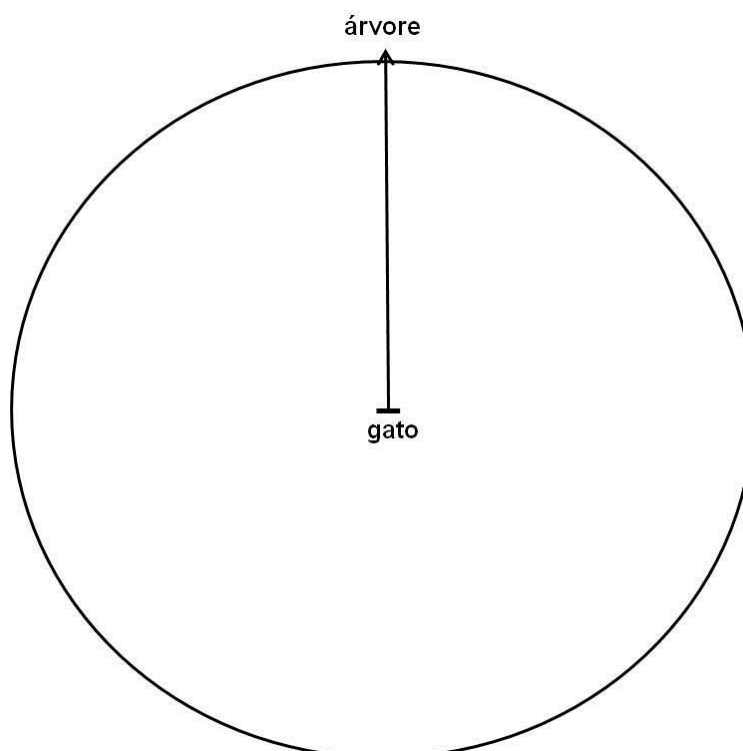


**Questão 1:** Imagine que você está de pé em frente ao automóvel, olhando para o semáforo. Aponte a direção onde está o sinal de pare.



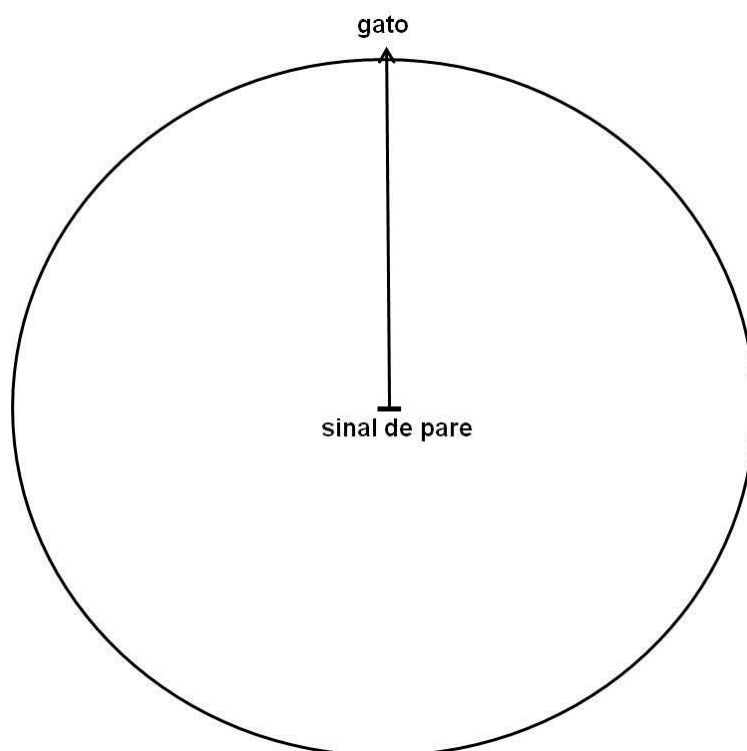


**Questão 2:** Imagine que você está de pé em frente ao **gato**, olhando para a **árvore**. Aponte a direção onde está o **automóvel**.



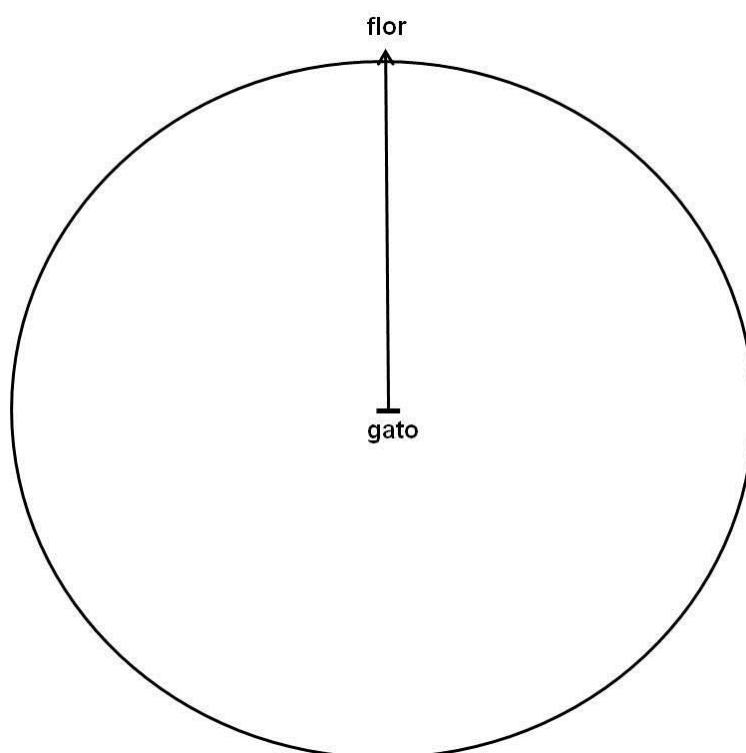


**Questão 3:** Imagine que você está de pé em frente ao  **sinal de pare**, olhando para o  **gato**. Aponte a direção onde está a  **casa**.



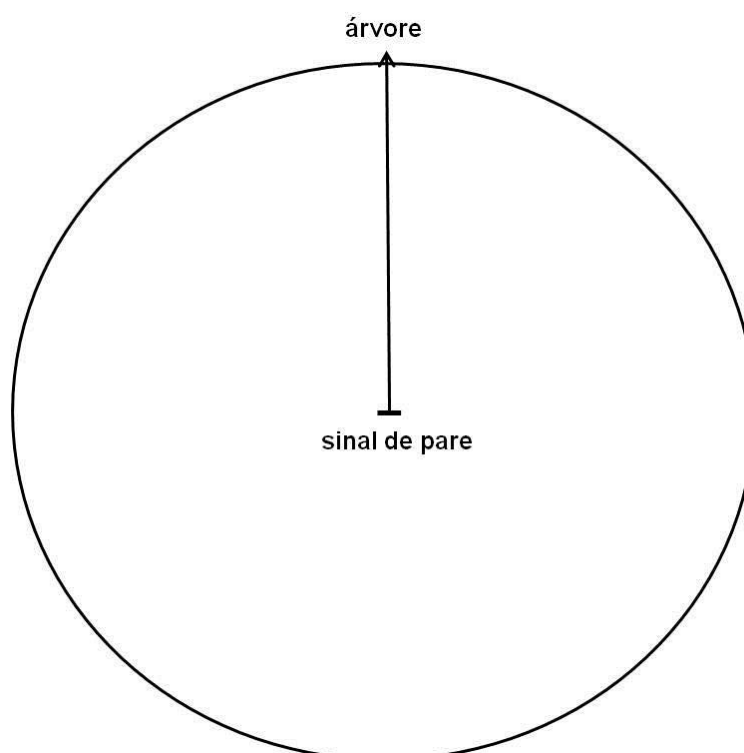


**Questão 4:** Imagine que você está de pé em frente ao **gato**, olhando para a **flor**. Aponte a direção onde está o **automóvel**.



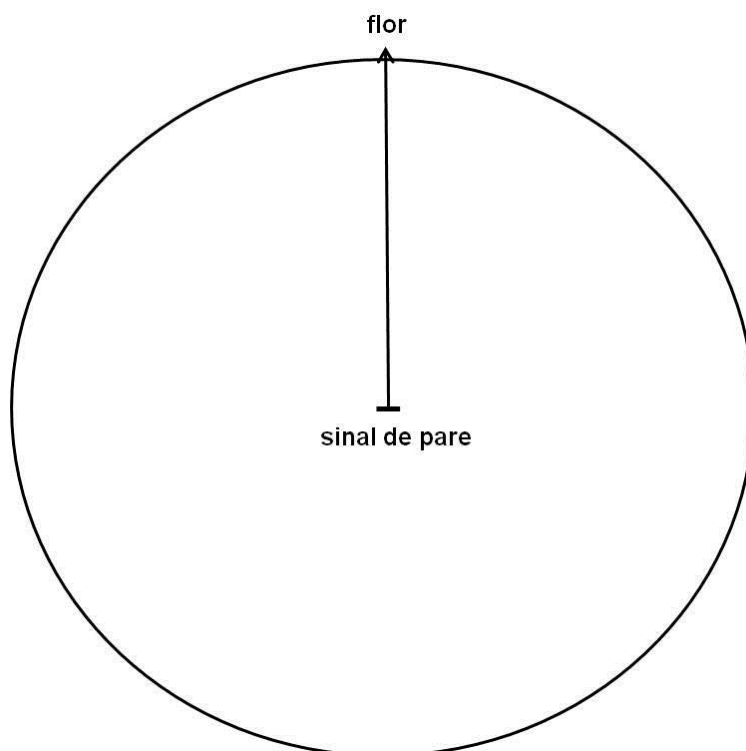


**Questão 5:** Imagine que você está de pé em frente ao  **sinal de pare**, olhando para a  **árvore**. Aponte a direção onde está o  **semáforo**.



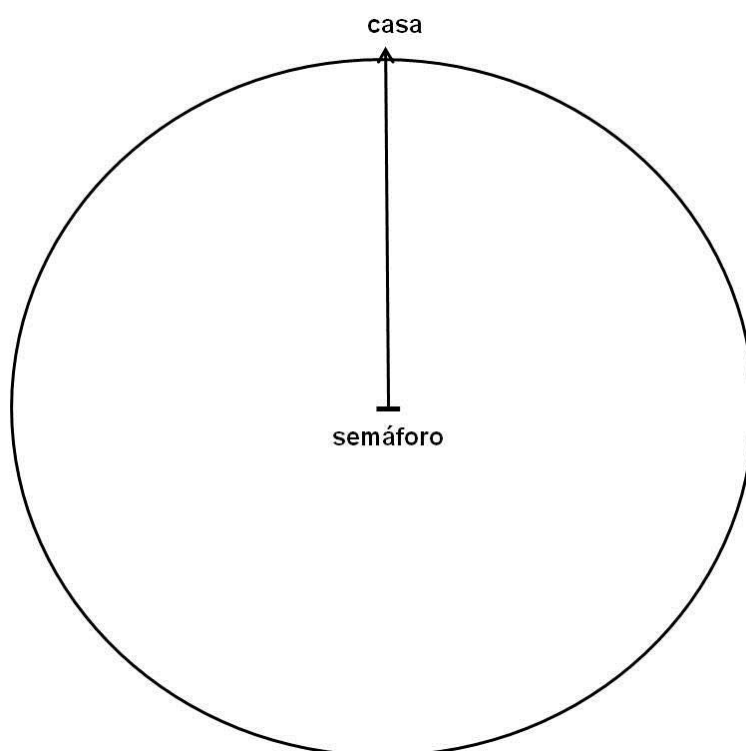


**Questão 6:** Imagine que você está de pé em frente ao  **sinal de pare**, olhando para a  **flor**. Aponte a direção onde está o **automóvel**.





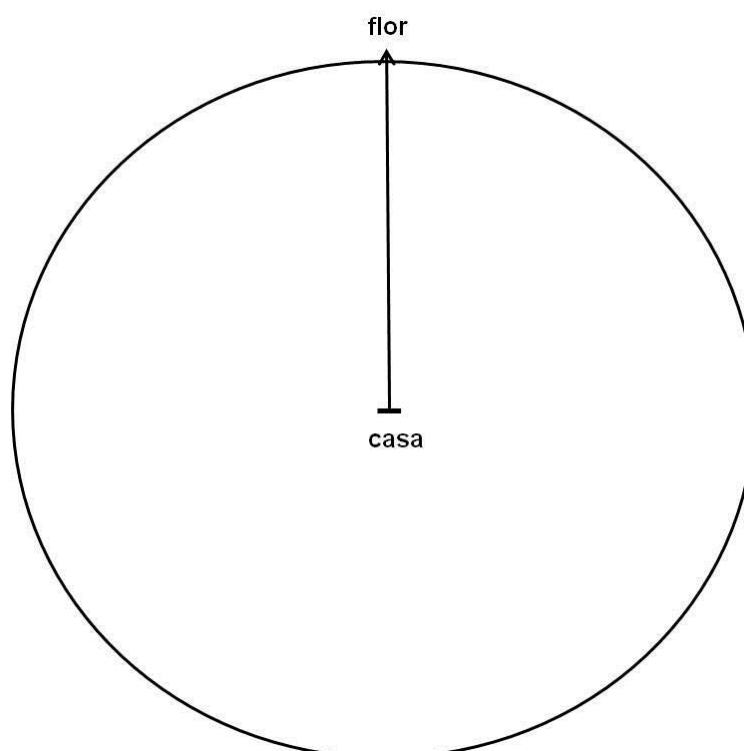
**Questão 7:** Imagine que você está de pé em frente ao **semáforo**, olhando para a **casa**. Aponte a direção onde está a **flor**.





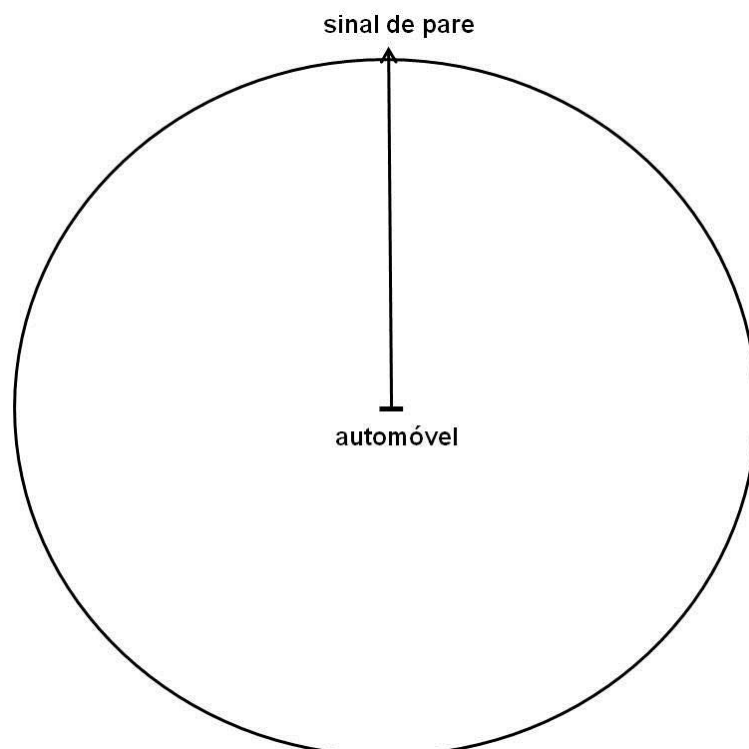


**Questão 8:** Imagine que você está de pé em frente à **casa**, olhando para a **flor**. Aponte a direção onde está o **sinal de pare**.



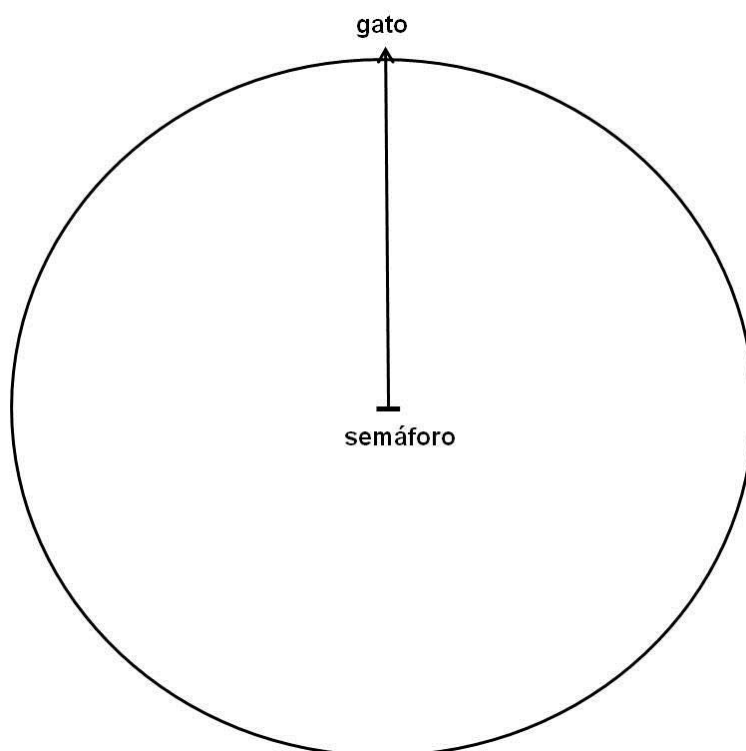


**Questão 9:** Imagine que você está de pé em frente ao **automóvel**, olhando para o  **sinal de pare**. Aponte a direção onde está a **árvore**.



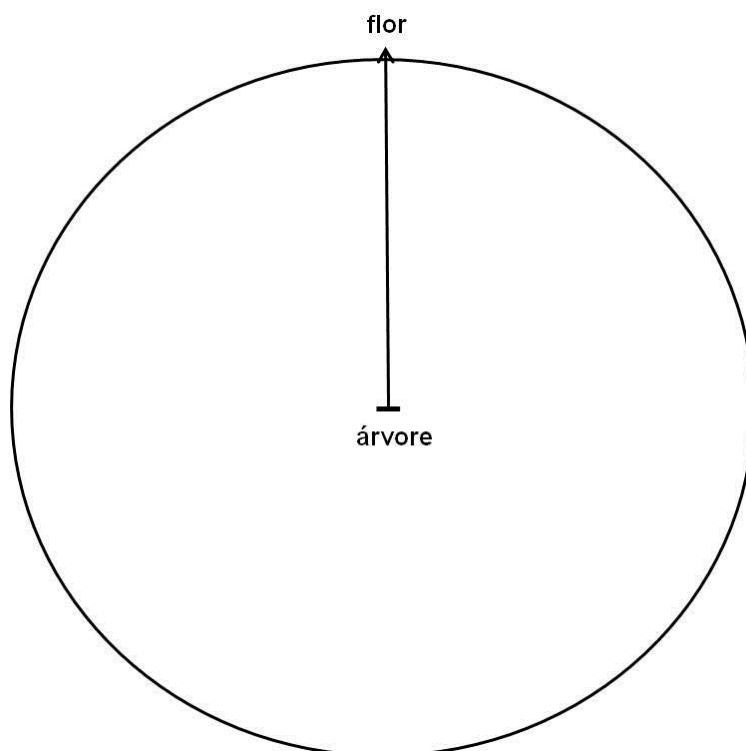


**Questão 10:** Imagine que você está de pé em frente ao **semáforo**, olhando para o **gato**. Aponte a direção onde está o **automóvel**.



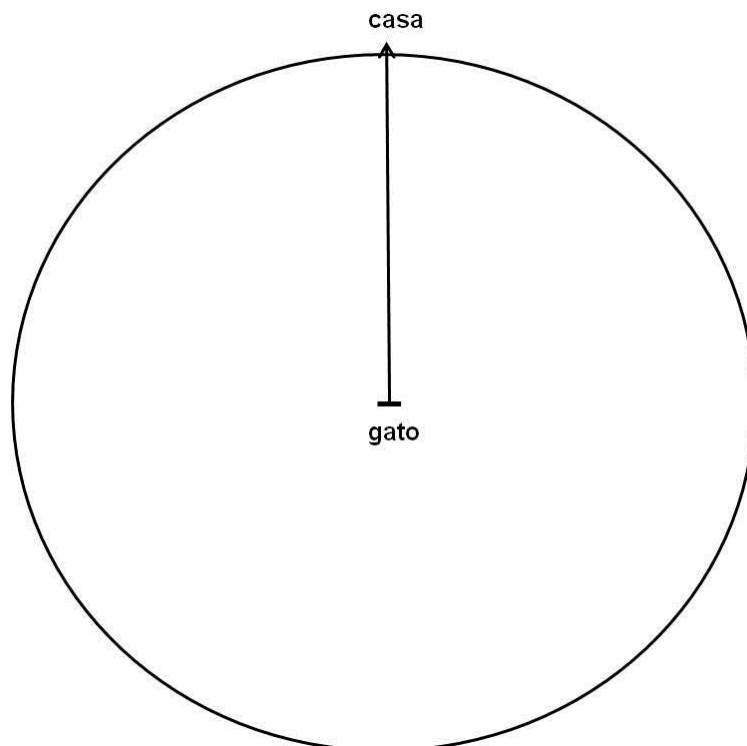


**Questão 11:** Imagine que você está de pé em frente à **árvore**, olhando para a **flor**. Aponte a direção onde está a **casa**.





**Questão 12:** Imagine que você está de pé em frente ao **gato**, olhando para a **casa**. Aponte a direção onde está o **semáforo**.



## ANEXO C – Representações cartográficas propostas para SINGRA

- **Trabalho de Uang e Hwang (2003).**

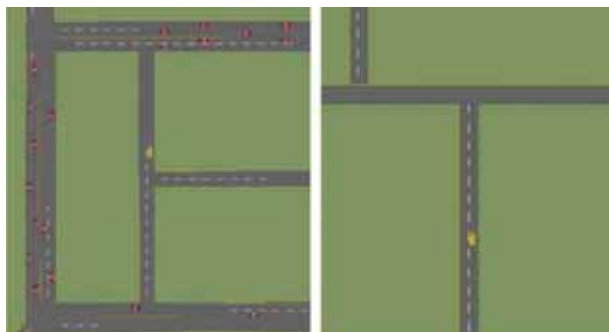


Figura 1 – Representações cartográficas propostas em diferentes escalas para SINGRA. Mapa na escala menor (à esquerda), e mapa na escala maior (à direita). Fonte: Uang e Hwang (2003).

- **Trabalho de Ho e Li (2004).**



Figura 2 – Representações cartográficas propostas em diferentes escalas para SINGRA. Fonte: Ho e Li (2004).

- **Trabalho de Lee *et al.* (2008).**

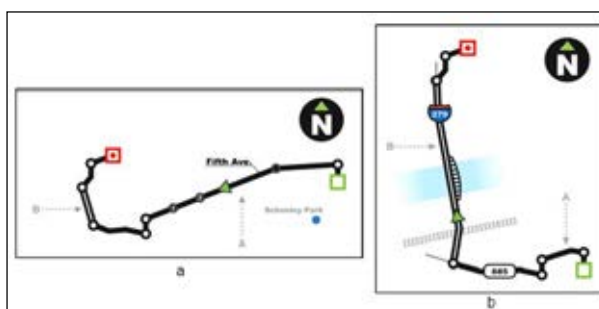


Figura 3 – Representações cartográficas propostas em diferentes escalas para SINGRA. Mapa na escala maior (à esquerda) para representar o trecho de rota A, e mapa na escala menor (à direita) para representar o trecho de rota A. Fonte: Lee *et al.* (2008).

- **Trabalho de Sheleiby *et al.* (2008).**

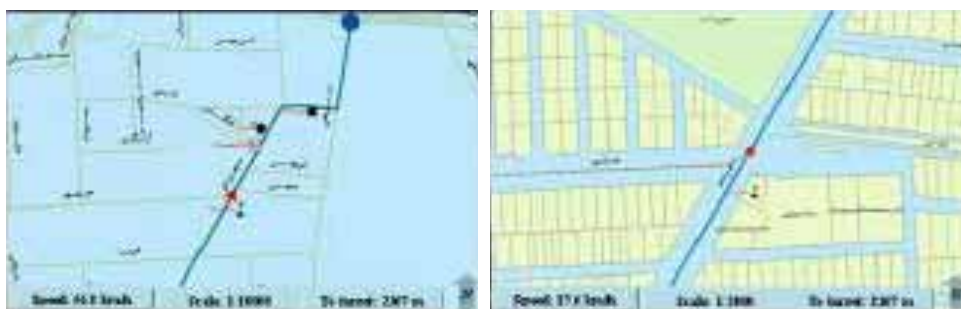


Figura 4 – Representações cartográficas propostas em diferentes escalas para SINGRA. Mapa na escala menor (à esquerda), e mapa na escala maior (à direita). Fonte: Sheleiby *et al.* (2008).

- **Trabalho de Marques (2011).**

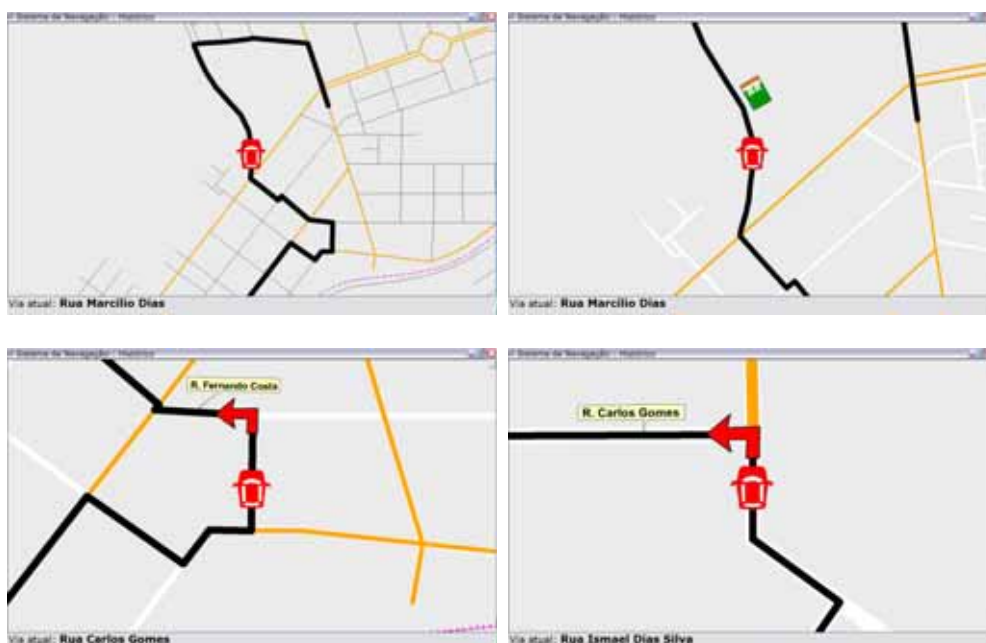


Figura 5 – Representações cartográficas propostas em diferentes escalas para SINGRA. Fonte: Marques (2011).

## ANEXO D – Especificações técnicas do monitor de navegação.

Característica	Descrição
Fabricante	XENARC Technologies
Modelo	MDT-X7000
Dimensão física da tela	15,2x9,1 cm (largura e altura)
Dimensão na diagonal	sete polegadas (ou 17,78cm) (16:9*)
Resolução do vídeo (linhas)	Mínima: 640 x 480; Máxima: 1024 x 768
Resolução por pontos	2400 x 480 = 1.152.000 pontos
Brilho do LCD	400 cd/m <sup>2</sup>
Entrada de áudio, vídeo e de VGA	01
Sistema anti-serrilhado	Possui
Tela sensível ao toque	Sim
Possui modo USB	Sim

Quadro 1 – Especificação técnica do monitor de navegação.

\*Ajuste automático de vídeo.

Fonte: <http://www.xenarc.com/product/MDT-X7000.html>.



Figura 1 – Monitor de pequeno formato.

Fonte: <http://www.xenarc.com/product/MDT-X7000.html>.



## ANEXO E – Leiaute da interface do protótipo de SINGRA

A interface visual do protótipo de SINGRA (Figura E.1) possui quatro grupos de elementos funcionais: (A) barra de título, (B) barra de ferramenta, (C) barra para indicar a via atual e (D) ambiente de mapa, onde as informações são exibidas. A barra de ferramenta é composta por oito botões, dentre os quais aqueles que possibilitam as operações de *zoom* mais e *zoom* menos no mapa, e acesso à tela de configuração do sistema (item E) (Figura E.2) (MARQUES, 2011).

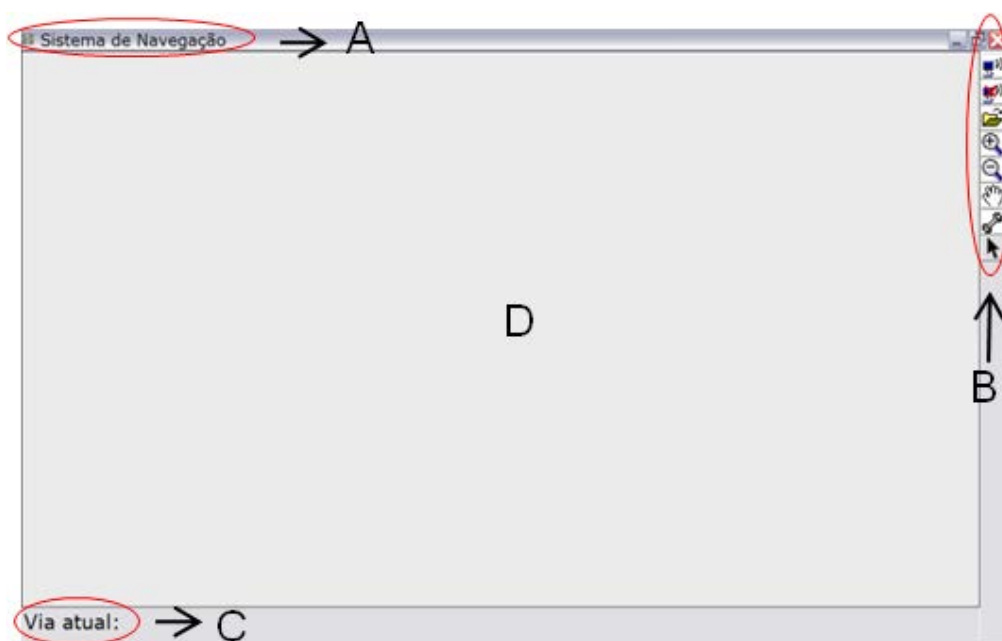


Figura 1 - Interface visual do protótipo de SINGRA.

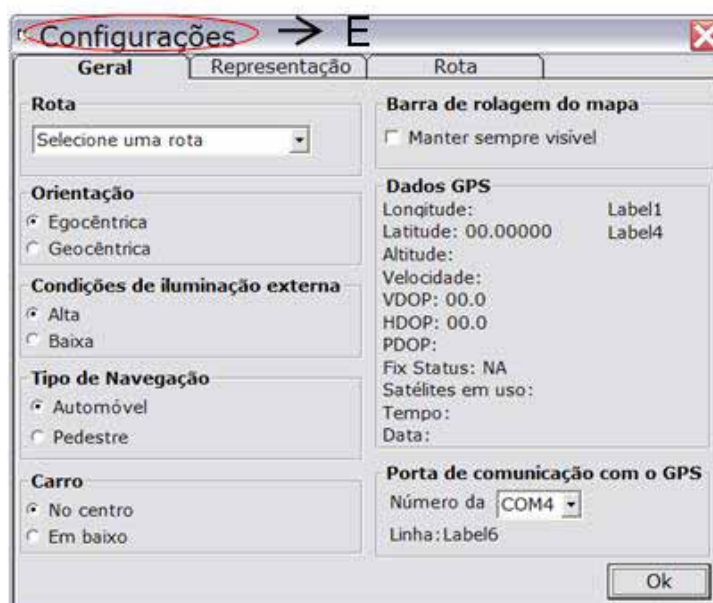


Figura 2 - Tela de configuração do protótipo.

**ANEXO F – Representação proposta em escala única para SINGRA.**

Figura 1 – Representação cartográfica proposta em escala única para SINGRA.

Fonte: Pugliesi (2007).

## APÊNDICES

APÊNDICE A - Escalas dos mapas de sistemas de guia de rota comercial.....	187
APÊNDICE B - Representações em diferentes escalas e os estágios da manutenção em rota .....	198
APÊNDICE C – Documentos elaborados para aplicação do teste de preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA .....	203
APÊNDICE D – Estudo da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de sistemas de guia de rota.....	210
APÊNDICE E – Documentos elaborados para avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA .....	220
APÊNDICE F – Preferência pela escala dos mapas de sistemas de guia de rota.....	227
APÊNDICE G – Representações na escala 1:3.000 exibidas pelo protótipo de SINGRA. ....	240
APÊNDICE H – Representações na escala 1:6.000 exibidas pelo protótipo de SINGRA. ....	242
APÊNDICE I – Questionário para levantamento das características individuais do motorista para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA .....	244
APÊNDICE J – Roteiro do teste para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA .....	246
APÊNDICE K – Termo de consentimento livre e esclarecido para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA .....	247
APÊNDICE L – Manual de símbolos para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA .....	248
APÊNDICE M – Formulário de coleta dos dados de erro navegacional para a avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA .....	249
APÊNDICE N – Questionário para avaliação do índice de carga mental de trabalho subjetiva no teste de usabilidade das representações em diferentes escalas para SINGRA .....	250
APÊNDICE O – Formulário de coleta dos dados de preferência por representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA .....	252
APÊNDICE P – Material para o teste de preferência por representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA.....	253
APÊNDICE Q – Organização dos dados de habilidade espacial coletados pelo teste SBSOD de Hegarty <i>et al.</i> (2002) .....	256
APÊNDICE R – Organização dos dados de habilidade espacial coletados no teste PT/SOT de Hegarty e Waller (2004). ....	258
APÊNDICE S – Procedimento de extração dos dados de demanda visual.....	260
APÊNDICE T – Organização dos dados de demanda visual para um participante. ....	261
APÊNDICE U – Respostas fornecidas pelos motoristas para informação a direção das manobras. ..	262
APÊNDICE V – Organização dos dados de erro navegacional em função da escala de representação do mapa. ....	266
APÊNDICE W – Organização dos dados de índice de carga mental de trabalho subjetiva. ....	268
APÊNDICE X – Lista de comentários dos motoristas a respeito dos mapas em diferentes escalas. ..	270
APÊNDICE Y – Organização dos dados de preferência nas categorias de informação. ....	276

## APÊNDICE A - Escalas dos mapas de sistemas de guia de rota comercial

Os resultados desse estudo sobre as escalas adotadas para os mapas de SINGRA comerciais foram publicados no periódico **Revista Brasileira de Cartografia** (v. 1, n. 66) em 2014, conforme pode ser consultado em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-21702014000200006&script=sciarttext>.

### ESCALAS DOS MAPAS DE SISTEMAS DE GUIA DE ROTA COMERCIAL

*Map scales for commercial route guidance systems*

Ana Paula Marques Ramos<sup>1</sup>

Edmur Azevedo Pugliesi<sup>2</sup>

Mônica Modesta Santos Decanini<sup>3</sup>

Renan Furlan Oliveira<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> UNESP – Univ. Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT

<sup>1,4</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC

<sup>2,3</sup> Departamento de Cartografia

Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900 Presidente Prudente - SP - Brasil

<sup>1</sup>{marques.engcart@gmail.com}; <sup>4</sup>{renanfurlanoliveira@hotmail.com}

<sup>2</sup>{edmur@fct.unesp.br}; <sup>3</sup>{monca@fct.unesp.br}

### 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 compreender 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<sup>a</sup>s', 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).

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 <sup>a</sup> s	03	Simples	2 <sup>a</sup>	02	Av. Washington Luiz vs R. Panamá.	Lat = -22° 06' 55,11" Long = -51° 24' 25,98"
RotA-3vs-3 <sup>a</sup> s			3 <sup>a</sup>			
RotB-4vs-3 <sup>a</sup> s	04	Complexa	3 <sup>a</sup>	02	Av. Pres. JK vs Av. Antônio A. Carvalho.	Lat = -22° 05' 50,16" Long = -51° 25' 01,11"
RotC-4vs-3 <sup>a</sup> s	04	Complexa	3 <sup>a</sup>	02	Av. Cel. Manoel Goulart vs R. Roberto Simonsen.	Lat = -22° 07' 05,32" Long = -51° 24' 12,15"
RotD-5vs-1 <sup>a</sup> s	05	Complexa	1 <sup>a</sup>	01	Av. Cel. Manoel Goulart vs R. João G. Foz.	Lat = -22° 06' 58,67" Long = -51° 24' 40,11"
RotE-5vs-1 <sup>a</sup> s	05	Complexa	1 <sup>a</sup>	02	Av. Pres. JK vs Av. Salim F. Maluf.	Lat = -22° 05' 56,34" Long = -51° 25' 29,51"
RotF-6vs-5 <sup>a</sup> s	06	Complexa	5 <sup>a</sup>	02	Av. 11 de Maio vs Av. Cel. José S. Marcondes.	Lat = -22° 08' 10,89" Long = -51° 23' 45,26"
RotF-6vs-6 <sup>a</sup> s			6 <sup>a</sup>			

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

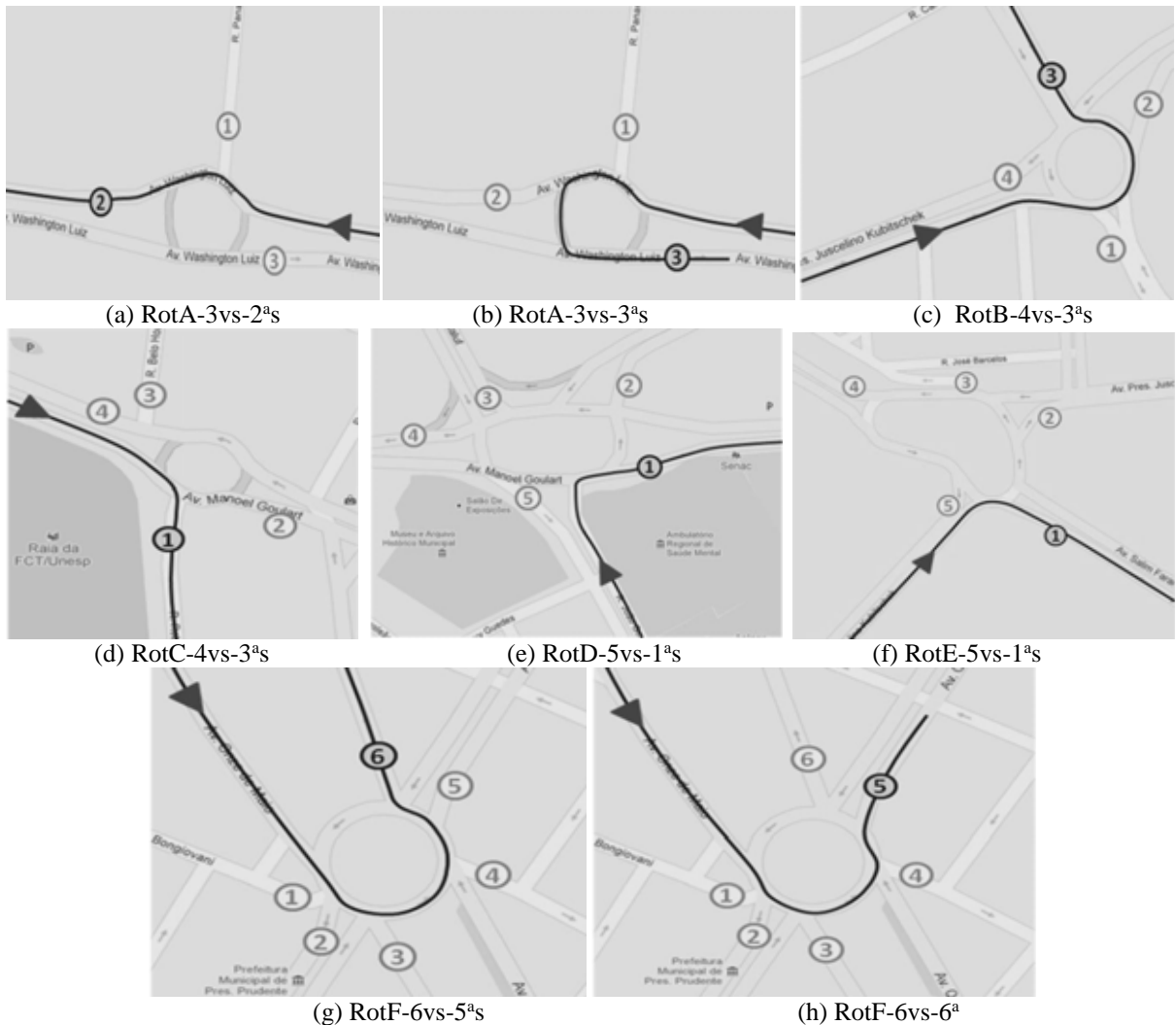


Fig. 1 – Ilustração das rotatórias. Fonte: Adaptado de Google Maps (2013).

### 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:  $Escala = \text{distância gráfica} / \text{distância real}$ . 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.

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 tática 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 tática foi correspondente a este intervalo, ou seja, de 600m até a manobra. A navegação foi encerrada após a manobra. TABELA 3 –

SISTEMA IGO: VARIAÇÃO DAS ESCALAS E DISTÂNCIA ATÉ A MANOBRA.

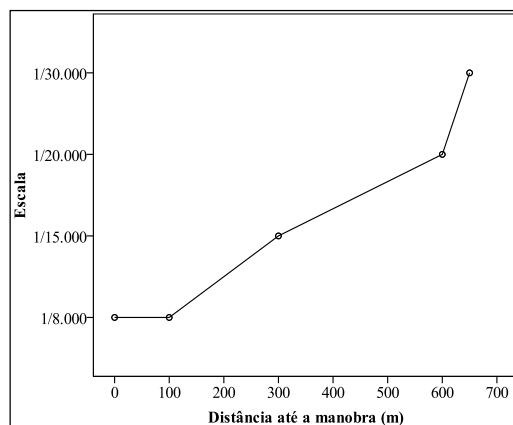
RotA-3vs-2 <sup>as</sup> RotA-3vs-3 <sup>as</sup>	RotB-4vs-3 <sup>as</sup>	RotC-4vs-3 <sup>as</sup>	RotD-5vs-1 <sup>as</sup>	RotE-5vs-1 <sup>as</sup>	RotF-6vs-5 <sup>as</sup> RotF-6vs-6 <sup>as</sup>
1/40.000 a 690m	1/36.000 a 640m	1/33.000 a 700m	1/27.000 a 650m	1/40.000 a 810m	1/38.000 a 840m
1/32.000 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.

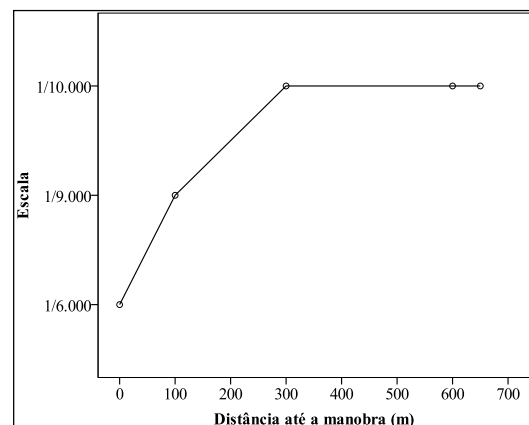
RotA-3vs-2 <sup>as</sup> RotA-3vs-3 <sup>as</sup>	RotB-4vs-3 <sup>as</sup>	RotC-4vs-3 <sup>as</sup>	RotD-5vs-1 <sup>as</sup>	RotE-5vs-1 <sup>as</sup>	RotF-6vs-5 <sup>as</sup> RotF-6vs-6 <sup>as</sup>
1/10.000 a 800m	1/10.000 a 750m	1/10.000 a 650m	1/10.000 a 600m	1/10.000 a 800m	1/10.000 a 650m
1/9.000 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 <sup>as</sup>	RotD-5vs-1 <sup>as</sup>	RotE-5vs-1 <sup>as</sup>	RotF-6vs-5 <sup>as</sup>	RotF-6vs-6 <sup>as</sup>
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

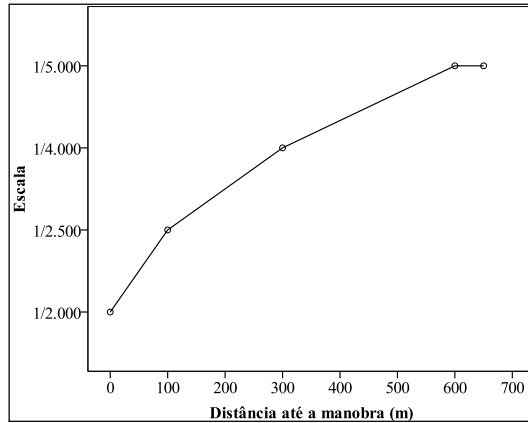


(a)



(b)





(c)

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

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Um total de três análises foi realizado considerando-se a tarefa tática. 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

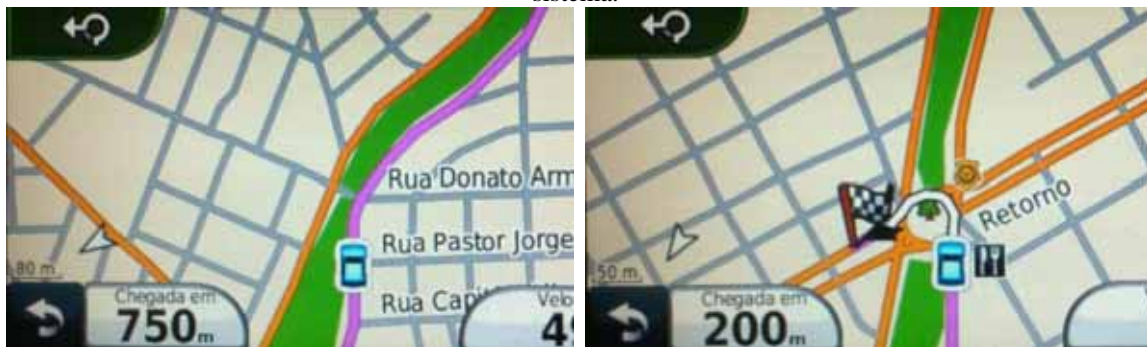
informação adequado ao limite da capacidade de armazenamento da memória de trabalho humano?”. A terceira análise considera o projeto cartográfico dos mapas para responder à questão: “Há problemas de legibilidade nas representações que apoiam a realização da tarefa tática?”. Estas três análises foram 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<sup>as</sup>.



(a)

(b)

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



(a)

(b)

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

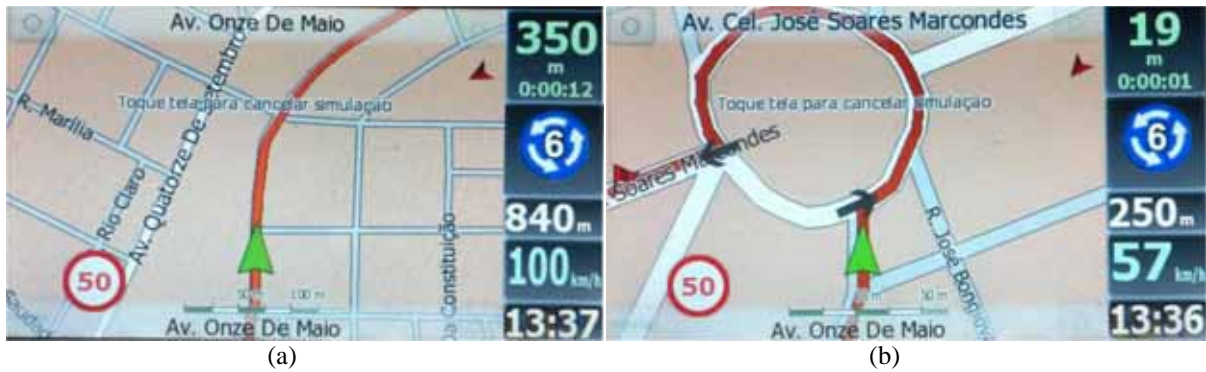


Fig. 5 – Sistema MioMap: mapas nas escalas aproximadas de 1/4.000 (a) e 1/2.000 (b) determinadas na tela do sistema.

### 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 Dilleuth (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<sup>as</sup> e RotC-4vs-3<sup>as</sup>) quanto em rotatórias com número diferentes de saída (ex.: RotE-5vs-1<sup>as</sup> e RotF-6vs-5<sup>as</sup>). Além disso, a tomada de saídas distintas na mesma rotatória (ex.: RotA-3vs-2<sup>as</sup> e RotA-3vs-3<sup>as</sup>), bem como variação do número de pistas da via (ex.: RotD-5vs-1<sup>as</sup> e RotE-5vs-1<sup>as</sup>) 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  $7 \pm 2$  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, 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 tática. 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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. E.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* **Cartography: Thematic Map Design**. 6nd ed. McGraw-Hill Science, 2009.
- 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. *et al.* Generalization Approaches for Car Navigation Systems. In: **First National Workshop on Generalization and Multiple Representations**. Iznik, Turkey, 2009. p. 12-13.
- HARRIE, L.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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**. University Park, PA. 2008.
- 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.; *et al.* Aesthetics and usability of in-vehicle navigation displays. **International Journal of Human-Computer Studies**. v. 69, p. 80-99. 2011.
- LEE, J.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.* 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.

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.

PETERSON, M. P. **Interactive and animated cartography**. 1.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

PUGLIESI, E.A.; *et al.* 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.; *et al.* 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.; *et al.*, Automatic Map Scaling in Car Navigation Systems Using Context-aware Computing. **World Applied Sciences Journal**. v. 3, p.101-106. 2008.

SLOCUM, A. T.; *et al.* **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3rd ed. Prentice Hall, 2009.

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. 126 p.

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.; *et al.* 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.; *et al.* **An Introduction to Human Factors Engineering**. 2. ed. California: Pearson Prentice Hall, 2004.

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.

## **APÊNDICE B - Representações em diferentes escalas e os estágios da manutenção em rota**

Fez-se a projeção das quadras da cidade de Álvares Machado na tela de 7" (15,2 cm x 9,1 cm) com as categorias e elementos de informação definidos a priori, para os seguintes valores de escalas 1:1.000, 1:3.000, 1:6.000, 1:8.000 e 1:10.000 e 1:15.000. A projeção dos mapas nas escalas de interesse foi realizada no *ArcGIS* seguindo a abordagem de Pugliesi (2007), também adotada por Marques (2011). Primeiro, identificou-se o comprimento médio das quadras em Álvares Machado, o qual varia de 90 a 170 metros. Em seguida, fez-se o cálculo da razão entre o comprimento de uma quadra projetada e seu respectivo valor real, determinado a escala numérica. No Quadro 1, estão apresentados os resultados da análise visual realizada nos mapas em diferentes escalas, em função dos diferentes estágios da fase de manutenção em rota. Deve-se ressaltar que as escalas 1:1.000 e 1:10.000 foram selecionadas para os mapas com base na proposta de Marques *et al.* (2012), os quais produziram um protótipo de SINGRA que exibe mapas em diferentes escalas, tais como 1:1.000 e 1:10.000, porém não avaliaram o desempenho dos mapas junto aos motoristas.

Quadro 1 – Análise qualitativa dos mapas em diferentes escalas de representação com base nos estágios da manutenção em rota.

Estágios da fase de manutenção em rota (Burnett, 1998)	Escalas de representação				
	1:1.000	1:3.000	1:6.000	1:8.000	1:10.000
<p><b>Pré-visualização</b></p> <p><u>Meta do motorista:</u> obter uma percepção de tempo ou distância até a manobra, formar uma imagem mental do leiaute da manobra e identificar a pista deve se posicionar na via para facilitar a realização manobra.</p> <p><u>Intervalo:</u> tarefa de manutenção em trecho de rota, isto é, intervalo de tempo entre a tarefa tática e a tarefa operacional.</p> <p>Obs.: a relação de distância é dada pela posição do automóvel na rota e a localização da manobra na via.</p>	<p>Tanto em trechos de rota curtos (ex.: &lt; 300 m) quanto em trechos longos (ex.: ≥ 300 m), não se pode estabelecer a relação de distância até a manobra quando o mapa é exibido nesta escala. As exceções são observadas para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 50 m comprimento.</p>	<p>Somente em trechos de rota curtos (ex.: &lt; 300 m) é que se pode estabelecer a relação de distância até a manobra quando o mapa é exibido nesta escala. As exceções, porém, são para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 70 m de comprimento. Nestes casos, o automóvel omite o trecho de rota que contém a manobra, desfavorecendo a manutenção da relação de distância até a manobra.</p>	<p>Tanto em trechos de rota curtos (ex.: &lt; 300 m), pode-se estabelecer a relação de distância até a manobra quando o mapa é exibido nesta escala. As exceções, porém, são para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 150 m de comprimento. Nestes casos, o automóvel omite o trecho de rota que contém a manobra, desfavorecendo a manutenção da relação de distância até a manobra.</p>	<p>Tanto em trechos de rota curtos (ex.: &lt; 300 m), pode-se estabelecer a relação de distância até a manobra quando o mapa é exibido nesta escala. As exceções, porém, são para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 150 m de comprimento. Nestes casos, o automóvel omite o trecho de rota que contém a manobra, desfavorecendo a manutenção da relação de distância até a manobra.</p>	<p>Tanto em trechos de rota curtos (ex.: &lt; 300 m) quanto em trechos longos (ex.: ≥ 300 m), pode-se estabelecer a relação de distância até a manobra quando o mapa é exibido nesta escala. Entretanto, para as manobras localizadas em trechos de rota com menos de 200 m de comprimento, há o automóvel omite o trecho de rota que contém a manobra e a relação de distância até a manobra é perdida.</p>



<p><b>Identificação</b></p> <p><u>Meta do motorista:</u> identificar a direção que deve ser tomada na manobra.</p> <p><u>Intervalo:</u> tarefa tática, isto é, poucos metros antes da manobra. Muitos vezes, é associada ao disparo de um <i>beep</i>.</p>	<p>Ao iniciar a tarefa tática (<math>\leq 100</math> m), não se pode identificar a direção da manobra quando o mapa é exibido nesta escala. As exceções são para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 50 m de comprimento.</p>	<p>O mapa nesta escala possibilita identificar a direção da manobra ao iniciar a tarefa tática (<math>\leq 100</math> m). No entanto, para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 50 m de comprimento, há a coalescência entre o automóvel e a seta, o que pode dificultar compreender a direção da manobra. No caso de rotatória, ocorre a omissão parcial da manobra na tela de 7” somente em rotatória de grande dimensão. Na rota de estudo, isso ocorre apenas em uma rotatória ao iniciar a tarefa tática.</p>	<p>Independentemente do tipo de manobra, o mapa exibido nesta escala possibilita identificar a direção da manobra ao iniciar a tarefa tática (<math>\leq 100</math> m). Porém, há a coalescência entre o automóvel e a seta, para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 50 m de comprimento, o que pode dificultar compreender a direção da manobra.</p>	<p>Independentemente do tipo de manobra, o mapa exibido nesta escala possibilita identificar a direção da manobra ao iniciar a tarefa tática (<math>\leq 100</math> m). Porém, há a coalescência entre o automóvel e a seta, para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 60 m de comprimento, o que pode dificultar compreender a direção da manobra.</p>	<p>Independentemente do tipo de manobra, o mapa exibido nesta escala possibilita identificar a direção da manobra ao iniciar a tarefa tática (<math>\leq 100</math> m). Porém, há a coalescência entre o automóvel e a seta, para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 60 m de comprimento, o que pode dificultar compreender a direção da manobra.</p>	<p>Independentemente do tipo de manobra, o mapa possibilita identificar a direção da manobra ao iniciar a tarefa tática (<math>\leq 100</math> m). Porém, há a coalescência entre o automóvel e a seta, para manobras localizadas em trechos de rota com menos de 110 m de comprimento, o que pode dificultar compreender a direção da manobra.</p>
--	--	--	---	---	---	---

<p><b>Verificação</b></p> <p><u>Meta do motorista:</u> certificar-se de que compreendeu corretamente a localização e a direção da manobra e de que erros não foram cometidos na sua realização.</p> <p><u>Intervalo:</u> transição entre as tarefas tática, operacional e de manutenção em trecho de rota, isto é, trata-se do intervalo entre a chegada à manobra e o instante imediatamente após a realização da manobra.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar se erros foram cometidos na realização da manobra, por meio da comparação entre a localização da rota e a posição do automóvel na malha viária.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar se erros foram cometidos na realização da manobra por meio da comparação entre a localização da rota e a posição do automóvel na malha viária.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar se erros foram cometidos na realização da manobra por meio da comparação entre a localização da rota e a posição do automóvel na malha viária.</p>	<p>Quando o mapa é exibido nesta escala, o automóvel sobrepõe a manobra após realizá-la e isso dificulta analisar se ocorreram erros de manobra.</p>	<p>Quando o mapa é exibido nesta escala, o automóvel sobrepõe a manobra após realizá-la e isso pode dificultar a análise se erros de manobra ocorreram.</p>	<p>Quando o mapa é exibido nesta escala, o automóvel sobrepõe a manobra após realizá-la e isso pode dificultar a análise se erros de manobra ocorreram.</p>
<p><b>Confiança</b></p> <p><u>Meta:</u> assegurar que a rota planejada está sendo devidamente percorrida.</p> <p><u>Intervalo:</u> ao longo de toda a rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa permite a localização do automóvel em cada trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa permite a localização do automóvel em cada trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa permite a localização do automóvel em cada trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa permite a localização do automóvel em cada trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa permite identificar a localização do automóvel em cada trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa permite identificar a localização do automóvel em cada trecho da rota.</p>

<p><b>Orientação</b></p> <p><u>Meta:</u> obter uma percepção do ambiente, de maneira a relacionar sua posição na rota com outros os elementos, como o ponto de destino, para qualquer instante de interesse.</p> <p><u>Intervalo:</u> durante toda a manutenção em rota, isto é, ao longo de toda a rota.</p> <p><u>Obs.:</u> A relação de orientação pode ser estabelecida pela posição do motorista e os elementos urbanos elencados por Lynch (1997), como vias, pontos nodais, limites, etc.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita obter informação sobre os trechos de rota que deverão ser percorridos depois de realizar a próxima manobra. Neste nível de detalhe do mapa, é possível analisar apenas poucos segmentos de via paralelos ou transversais à rota. Além disso, durante a navegação não é possível comparar a posição na rota e o ponto de destino.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar o leiaute das quadras ao longo da rota, estabelecer relação de proximidade entre o automóvel e os elementos urbanos, bem como analisar a posição na rota com base no ponto de destino quando se está percorrendo o último trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar o leiaute das quadras ao longo da rota, estabelecer relação de proximidade entre o automóvel e os elementos urbanos, bem como analisar a posição na rota com base no ponto de destino quando se está percorrendo o penúltimo trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar o leiaute das quadras ao longo da rota, estabelecer relação de proximidade entre o automóvel e os elementos urbanos, bem como analisar a posição na rota com base no ponto de destino quando se está percorrendo o penúltimo trecho da rota.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar o leiaute das quadras ao longo da rota, estabelecer relação de proximidade entre o automóvel e os elementos urbanos, bem como analisar a posição na rota com base no ponto de destino quando se está percorrendo pelo menos três trechos da rota antes do destino.</p>	<p>Quando exibido nesta escala, o mapa possibilita analisar o leiaute das quadras ao longo da rota, estabelecer relação de proximidade entre o automóvel e os elementos urbanos, bem como analisar a posição na rota com base no ponto de destino quando se está percorrendo pelo menos cinco trechos da rota antes do destino.</p>
--	---	---	--	--	--	---

Obs.: A análise visual dos mapas foi realizada para cada uma das 13 manobras que compõe a rota experimental considerando uma mídia de sete polegadas.

## APÊNDICE C – Documentos elaborados para aplicação do teste de preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA

### Documento A: Questionário para levantamento das características individuais do motorista para avaliação da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA

#### LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS INDIVIDUAIS DO MOTORISTA

Número do participante: \_\_\_\_\_

##### 1. Dados pessoais

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_ anos                      Sexo: ( ) feminino ( ) masculino

Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

##### 2. Escolaridade e profissão

2.1 Informe seu maior nível de escolaridade: \_\_\_\_\_

Se estiver cursando, por favor, indique o ano: \_\_\_\_\_

2.2 Informe sua profissão atual: \_\_\_\_\_

##### 3. Experiência com direção

3.1 Indique há quantos anos você dirige: \_\_\_\_ anos.

3.2 Indique qual o número de dias por semana você dirige: \_\_\_\_ dias

3.3 Indique o período em que você mais dirige

( ) dia      ( ) noite      ( ) aproximadamente igual para ambos

##### 4. Experiência com sistemas de navegação

4.1 Com que frequência você utiliza GPS de navegação para dirigir?

( ) frequentemente (uma ou mais vezes por semana)

( ) ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)

( ) raramente (uma ou duas vezes por ano)

( ) nunca

4.2 Com que frequência você, enquanto passageiro do automóvel, utiliza GPS de navegação para auxiliar o motorista na direção?

( ) frequentemente (uma ou mais vezes por semana)

( ) ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)

( ) raramente (uma ou duas vezes por ano)

( ) nunca

##### 5. Características oftalmológicas

5.1 Você tem algum tipo de deficiência na visão de cores (ex.: daltonismo)?

( ) Sim      ( ) Não

Obrigada pela sua participação!

**Documento B: Roteiro do teste para avaliação da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA**

**ROTEIRO DO TESTE DE PREFERÊNCIA DE COR PARA ROTA E SETA DE MANOBRA EM MAPAS DE SINGRA**

**Objetivo do teste:** Avaliar a preferência de um grupo de motoristas brasileiros pela cor da rota e cor da seta de indicação da manobra, para mapas de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) ou popularmente denominado de “GPS de navegação”.

**Cenário do teste:**

1. O(A) Sr.(Sra.) verá mapas com diferentes opções de cores para representar a rota e a seta de manobra, e o(a) Sr.(Sra.) deverá informar, em voz alta, qual a cor de sua preferência tanto para simbolizar a rota quanto a seta apresentados em mapas de sistema de navegação em automóvel;
2. Será apresentado um manual de símbolos na tela de um monitor de 7 polegadas (um *tablet*), com o objetivo de familiarizar o(a) Sr.(Sra.) com as representações de mapas que serão exibidas durante o teste;
3. As questões do teste serão exibidas também na tela do *tablet*, e a primeira refere-se à cor da rota: “Qual cor de rota você prefere: PRETA ou AZUL?”. Cada mapa equivalente a essa pergunta será exibido por um tempo de 5 segundos e, em seguida, será apresentada a pergunta “Por quê?”, para que o(a) Sr.(Sra.) justifique sua escolha;
4. A segunda questão do teste será: “Qual cor de seta você prefere para indicar a direção da manobra: VERDE ou VERMELHA?”. Cada mapa equivalente a essa pergunta será exibido por um tempo de 5 segundos e, em seguida, será apresentada a pergunta “Por quê?”, para que o(a) Sr.(Sra.) justifique sua escolha;
5. As respostas que o(a) Sr.(Sra.) fornecerá, para ambas as perguntas, serão gravadas em áudio e registradas pelo(a) experimentador(a) em formulário próprio;
6. Tempo total do teste: 20 minutos.

Em caso de eventuais dúvidas, consulte o experimentador sempre que necessário.

Obrigada pela sua participação.

## **Documento C: Termo de consentimento livre e esclarecido para avaliação da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Título da pesquisa:** “AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS ÁUDIO-DINÂMICAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL”.

**Contexto da pesquisa:** este teste faz parte da pesquisa realizada pela doutoranda Ana Paula Marques Ramos, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC), da FCT/UNESP, sob orientação da Profa. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini, do departamento de Cartografia da FCT. O objetivo da pesquisa é avaliar a usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas, para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA), popularmente denominado de “GPS de navegação”.

**Participantes do teste:** motoristas brasileiros com experiência na direção de automóvel.

**Natureza do teste:** o Sr.(Sra.) está sendo convidado(a) a participar de um teste que tem por finalidade verificar a preferência de um grupo de motoristas brasileiros pela cor da rota e cor da seta de indicação da manobra, para mapas de “GPS de navegação”.

**OBS.:** você faz uma **manobra** quando muda de via, ou seja, sai de uma via para entrar em outra.

**Envolvimento no teste:** ao participar deste teste o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) aplique: (i) a tarefa de perguntar qual cor de rota e seta de manobra o(a) Sr.(Sra.) prefere para os mapas de “GPS de navegação” e (ii) a razão da sua escolha. Além disso, o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) grave em áudio as respostas e registre-as em formulário. O Sr.(Sra.) tem a liberdade de se recusar a participar e ainda de recusar a continuar participando em qualquer fase do teste, sem qualquer prejuízo. Sempre que quiser poderá pedir mais informações para o(a) experimentador(a). Deve-se salientar que o seu anonimato será preservado.

#### **Explicação do ambiente do teste:**

- O teste acontecerá dentro de um automóvel estacionado em uma via de frente ao Departamento de Cartografia da FCT-UNESP, mantido com o motor ligado;
- Os mapas que o(a) Sr.(Sra.) irá avaliar serão apresentados em um monitor com tela de 7 polegadas (um *tablet*), fixo no para-brisa do veículo;
- O(A) Sr.(Sra.) será convidado a entrar no automóvel e a realizar os ajustes necessários (ex.: regular o banco, retrovisores, por o sintoma de segurança), como se estivesse se preparando para iniciar a direção do automóvel.

**Riscos e desconforto:** a participação nesse teste não envolve nenhum tipo de risco à saúde física e (ou) mental do(a) Sr.(Sra.). Nenhum dos procedimentos aplicados oferece riscos à sua dignidade.

**Confidencialidade:** todas as informações coletadas neste teste são estritamente confidenciais. Somente o(a) experimentador(a) e seu(sua) orientador(a) e grupo de pesquisa terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados obtidos nesse estudo.

**Benefícios:** ao participar desse teste o(a) Sr.(Sra.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, espera-se que este estudo contribua para melhorar a usabilidade dos “GPS de navegação”, uma vez que os resultados permitirão projetar e produzir representações de mapas de acordo com as preferências dos motoristas. Com isso, pretende-se apoiar a indústria automobilística na produção desses sistemas.

**OBS.:** um sistema tem usabilidade quando permite que o usuário alcance seus objetivos (eficácia) de uma forma fácil (eficiência) e com satisfação.

**Pagamento:** o Sr.(Sra.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desse teste, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos e caso não haja dúvidas a respeito do teste, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar do experimento.

#### **Consentimento Livre e Esclarecido**

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto que recebi cópia deste termo de consentimento, manifesto ainda meu consentimento em participar do teste, bem como autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo, conforme previsto no item confidencialidade.

\_\_\_\_\_ Nome do Participante do teste

\_\_\_\_\_ Assinatura do Participante do teste

\_\_\_\_\_ Assinatura do Pesquisador

  
Assinatura do Orientador

**Pesquisadora:** Ana Paula Marques Ramos – Doutoranda (18)99703-2268

**Orientadora:** Prof. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini - (18) 3229-5512

**Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa:** Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

**Vice-Coordenadora:** Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526 E-mail [cep@fct.unesp.br](mailto:cep@fct.unesp.br)

**Documento D: Manual de símbolos para familiarização do motorista com os elementos de informação das representações utilizadas na avaliação da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA**

**MANUAL DE SÍMBOLOS DO SINGRA  
PARA A AVALIAÇÃO DA PREFERÊNCIA  
SUBJETIVA PELA COR DA ROTA E  
SETA DE MANOBRA**

Figura 1 – Tela inicial de apresentação do manual de símbolos.

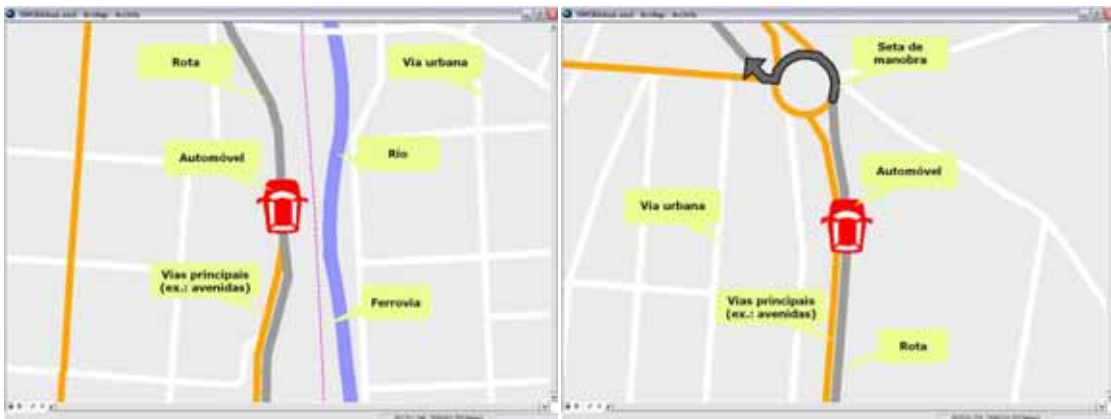


Figura 2 – Representação da rota para a tarefa de manutenção em trecho de rota.

Figura 3 – Representação da seta de manobra para auxiliar na tarefa tática.

**Documento E: Formulário para coleta dos dados de preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA**

**PREFERÊNCIA PELA COR DA ROTA E SETA DE MANOBRA PARA MAPAS DE SINGRA**

Número do participante: \_\_\_\_\_

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

**PRIMEIRA PARTE:**

**Qual cor de rota você prefere: PRETA ou AZUL?**

Preta     Azul

Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

**SEGUNDA PARTE:**

**Qual cor de seta você prefere para indicar a direção da manobra: VERDE ou VERMELHA?**

Verde     Vermelha

Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

Data da avaliação: \_\_\_\_\\_\_\_\_\\_\_\_\_



**Documento F: Teste para avaliação da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA**

**Avaliação da Preferência Subjetiva pela cor da rota e seta de manobra**

Figura 1 – Tela inicial do teste de preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de SINGRA.



Figura 2 – Tela com a primeira parte do teste de preferência.

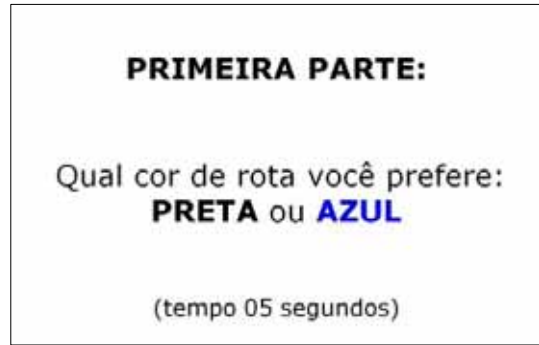


Figura 3 – Tela com a primeira questão do teste de preferência de cor para rota e seta de manobra.

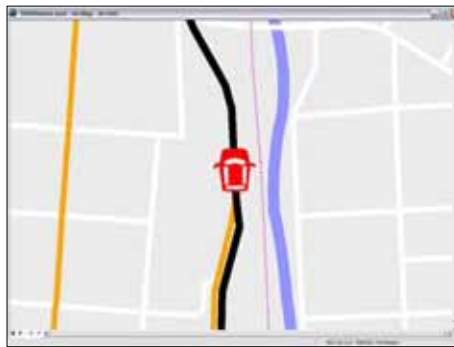


Figura 4 – Tela com a primeira opção de cor para rota em mapas de SINGRA.

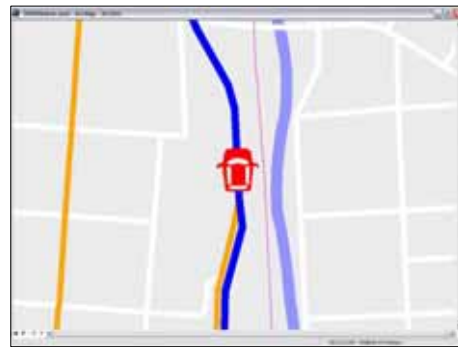


Figura 5 – Tela com a segunda opção de cor para rota em mapas de SINGRA.

**POR QUÊ?**

Figura 6 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência de cor para rota em mapas de SINGRA.

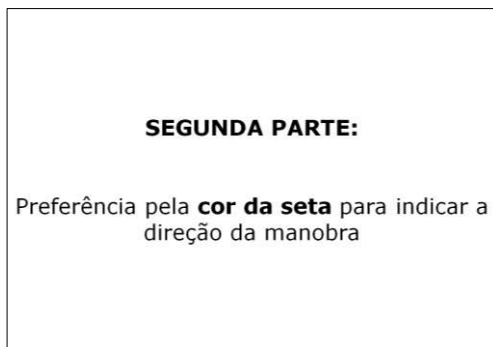


Figura 7 – Tela com a segunda parte do teste de preferência.

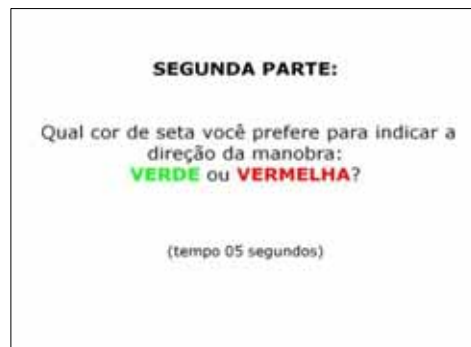


Figura 8 – Tela com a segunda questão do teste de preferência de cor para rota e seta de manobra.



Figura 9 – Tela com a primeira opção de cor para seta de manobra em mapas de SINGRA.



Figura 10 – Tela com a segunda opção de cor para seta de manobra em mapas de SINGRA.

**POR QUÊ?**

Figura 11 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência de cor para seta em mapas de SINGRA.

## APÊNDICE D – Estudo da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de sistemas de guia de rota

Os resultados desse estudo preliminar sobre a preferência dos motoristas pela cor da rota e seta de manobra para mapas de SINGRA foram publicados no **Boletim de Ciências Geodésicas** (v. 20, n. 2), em 2014, conforme pode ser consultado em [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-21702014000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-21702014000200006&script=sci_arttext).

### ESTUDO PRELIMINAR DA PREFERÊNCIA DE COR PARA ROTA E SETA DE MANOBRA EM MAPAS DE SISTEMAS DE GUIA DE ROTA

*Color preference for route and direction arrow in maps of route guidance systems*

ANA PAULA MARQUES RAMOS <sup>1</sup>  
EDMUR AZEVEDO PUGLIESI <sup>2</sup>  
MÔNICA MODESTA SANTOS DECANINI <sup>3</sup>  
VILMA MAYUMI TACHIBANA <sup>4</sup>

Universidade Estadual Paulista - UNESP

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

<sup>2,3</sup> Departamento de Cartografia; <sup>4</sup> Departamento de Estatística

Rua Roberto Simonsen, 305

CEP 19060-900 – Presidente Prudente – São Paulo

<sup>1</sup>{marques.engcart@gmail.com}; <sup>2</sup>{edmur@fct.unesp.br}; <sup>3</sup>{monca@fct.unesp.br}; <sup>4</sup>{vilma@fct.unesp.br }

#### RESUMO

Os Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA), comerciais ou gratuitos, vêm adotando diferentes projetos gráficos para os mapas que apoiam a tarefa de navegação. O objetivo deste trabalho é avaliar a preferência de um grupo de motoristas pela cor da rota e da seta de manobra para mapas destes sistemas. Um total de 54 motoristas (27 homens e 27 mulheres) participou de um experimento que ocorreu em um automóvel estacionado. Duas representações cartográficas foram produzidas para avaliar a preferência pela cor da rota, e outras duas representações para avaliar a preferência pela cor da seta de manobra. Para a cor da rota, utilizou-se o preto e o matiz azul, e para a cor da seta utilizaram-se os matizes verde e vermelho. As representações foram exibidas em um monitor de navegação sete polegadas. Os resultados indicam que a maioria dos motoristas prefere a rota em preto. Porém, os motoristas experientes com SINGRA apresentam tendência para a rota no matiz azul. A seta em verde foi preferida pela grande maioria dos motoristas e nenhuma relação foi encontrada com as características individuais. Neste estudo, conclui-se que a preferência dos motoristas foi influenciada por diferentes fatores, tais como agrupamento perceptivo por cor, forma e proximidade, associação subjetiva ou convencional e pelo nível de contraste entre as feições do mapa. Recomenda-se avaliar o desempenho das representações cartográficas na tarefa de manutenção em rota para corroborar a influência do projeto gráfico dos mapas na usabilidade dos sistemas de guia de rota.

**Palavras chaves:** Sistema de navegação e guia de rota; Representação cartográfica; Preferência subjetiva; Usabilidade.

#### ABSTRACT

In-Car Navigation System and Route Guidance (RGNS), commercial or free, have adopted different graphic designs to maps which support the navigation task. The aim of this paper is to evaluate the driver's subjective preference for colors to represent route and arrow direction in maps for these systems. A total of 54 drivers (27 males and 27 females) participated of an experiment which was performed in a parked vehicle. Two cartographic representations were produced to evaluate the route color and other two for the arrow color. The route was symbolized by black or blue color and the arrow direction by green or red hue. The cartographic representations were presented in a seven-inch navigation monitor. The results indicate that the majority of drivers prefers the navigation route in black color. However, drivers who regularly use navigation systems have presented the tendency to prefer the route in blue hue. The direction arrow in green hue was the most preferred by the drivers and there was no significant correlation between different individual characteristics. This study concludes that drivers' preference was influenced by different factors, such as grouping by color, shape and proximity, subjective or conventional association, as well as by the level of contrast among the map features. It is recommended to evaluate the performance of cartographic representations in route following task, in order to support the influence of graphic designs to maps in usability of route guidance systems.

**Keywords:** Route guidance and navigation system; Cartographic representation; Subjective preference; Usability.

## 1. INTRODUÇÃO

Os esquemas de seta (*turn-by-turn*) são as primeiras modalidades visuais utilizadas pelos Sistemas de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) para auxiliar o motorista na tarefa de navegação, e nestas modalidades são indicados tanto a direção da manobra quanto o prosseguimento na rota (DINGUS; HULSE, 1993; OBATA; DAIMON; KAWASHIMA, 1993; PUGLIESI; DECANINI, 2009a). A partir do final do século

XX, a evolução tecnológica possibilitou o incremento de novas informações às representações cartográficas de apoio à navegação. A indicação da posição do automóvel na rota e apresentação de pontos de referência são alguns exemplos de informações adicionadas aos mapas (LABIALE, 2001; HWAN; JIN, 2010; PUGLIESI; DECANINI, 2009b). Dentre os símbolos acrescentados às representações cartográficas e de maior relevância ao motorista destacam-se a rota de navegação e a seta de indicação da direção da manobra (MAY; ROSS; BAYER, 2003; WU; ZHANG, 2009).

O símbolo correspondente à rota é utilizado para descrever o trajeto entre a origem e o destino de interesse. Uma das finalidades de se destacar a rota sobre a malha viária é facilitar a percepção do trajeto em desenvolvimento para auxiliar o motorista no estágio de ‘confirmação da viagem’ (BURNETT, 1998); um estágio importante para manter o motorista seguro e confiante no trajeto (LEE; FORLIZZI; HUDSON, 2008). O realce da rota no mapa tem sido realizado a partir da criação de uma hierarquia visual entre os elementos lineares por meio do uso das variáveis visuais cor, tamanho e/ou forma (HO; LI, 2004; PUGLIESI et al., 2004; MARQUES; DECANINI; PUGLIESI, 2012). Quanto ao símbolo correspondente à seta de manobra, este tem a função de enfatizar a localização e a direção da manobra (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). A seta consiste em um símbolo importante para auxiliar na tarefa tática, a qual está relacionada à etapa de preparação para realizar uma manobra (MICHON, 1985; PUGLIEISI et al., 2013); por isso, consiste em uma tarefa que demanda maior carga mental de trabalho do motorista (BURNETT, 1998; KABER et al., 2012).

Independentemente do tipo de símbolo ou da quantidade de elementos exibido por um SINGRA, o projeto gráfico dos mapas para estes sistemas deveria ser cuidadosamente preparado para minimizar ou evitar ruídos no processo de comunicação cartográfica. Uma etapa importante no projeto gráfico refere-se à seleção da cor dos elementos (DENT; TORGUSON; HODLER 2009; MATINELLI, 2011). Devido a sua alta capacidade seletiva para criação e separação de grupos distintos, a cor é uma das variáveis visuais mais importantes para a comunicação visual (DENT; TORGUSON; HODLER 2009; SLOCUM et al., 2009). Para os mapas de SINGRA, a seleção da cor torna-se especialmente complexa, pois estes sistemas são utilizados com o automóvel em movimento (LAVIE; ORON-GILAD; MEYER, 2011), o que demanda do motorista o processo de atenção dividida entre a via e o mapa (WICKENS et al., 2004).

Os símbolos, tais como o automóvel, a rota e a seta de manobra deveriam possuir uma característica visual única, não ambígua, de modo que permita a fácil e a rápida diferenciação dos outros elementos usados como contexto espacial na navegação. A falta de segregação ou de agrupamento visual entre os símbolos prejudica o processo de comunicação cartográfica e, com isso, pode reduzir o desempenho do mapa (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009; SLOCUM et al., 2009). Ao analisar o projeto gráfico dos mapas de sistemas de navegação, gratuitos ou comerciais, nota-se que há uma diversidade de projetos gráficos. Para representar a rota, o matiz azul, por exemplo, vêm sendo muito utilizada pelos sistemas. Entretanto, o uso deste matiz para a rota pode ser um problema para o desempenho dos mapas, pois o motorista pode ser induzido a realizar uma associação equivocada com cursos d’água. Para representar a seta, os sistemas têm utilizado cores diversas, sem que haja uma possível associação do referente com o significante. Neste sentido, a avaliação do projeto gráfico de mapas para SINGRA, tal como o estudo da cor apropriada para os símbolos de apoio à navegação, torna-se uma medida necessária quando se pretende contribuir com a usabilidade de sistemas desta natureza.

O objetivo deste trabalho é avaliar a preferência subjetiva dos motoristas pela cor da rota e seta de manobra em mapa de sistema de navegação e guia de rota. As questões colocadas são: “Qual é a cor preferida para representar a rota: preta ou azul?”; “Qual é a cor preferida para representar a seta de direção da manobra: verde ou vermelha?”; e “Há relação entre a preferência e as características individuais dos motoristas?”. Com estas respostas, pretende-se fornecer indicações de projeto às indústrias que desenvolvem este tipo sistema visando auxiliar o motorista na tarefa de navegação em automóvel, a qual é complexa por demandar a execução simultânea de atividade cognitivo-motora.

## 2. MÉTODO

### 2.1 Participantes

Um total de 54 motoristas, com idade entre 22 e 40 anos, participou do teste de preferência subjetiva (Tabela 1). A seleção dos candidatos foi realizada com base em três critérios. Primeiro, possuir Carteira Nacional de Habilitação (CNH) e ter experiência com a direção de automóvel por pelo menos dois anos, pois estas pessoas caracterizam-se como motoristas que dirigem automóvel com regularidade (BURNETT, 1998; PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009). Segundo, não apresentar disfunção na visão de cores (daltonismo), pois as cores dos símbolos podem não ser detectadas por pessoas daltônicas (MACEACHREN, 1995; RIGDEN, 1999). Terceiro, ter idade até 40 anos, pois os efeitos da idade prejudicam o processo de acomodação focal (SEKULER, SEKULER, 2000) e interferem no desempenho do motorista na direção (LIU, 2000). A partir dos 30 anos de idade, o olho humano perde gradativamente a sensibilidade ao contraste nos comprimentos de onda longo (ex.: vermelho) e médio (ex.: verde) (SEKULER; SEKULER, 2000).

Tabela 1 – Participantes do teste de preferência subjetiva.

Faixa etária	Gênero		Total
	Homem	Mulher	
A partir de 22 anos até menos de 30anos	17	15	27
A partir de 30 anos até 40 anos	10	12	27
Total	27	27	54
Média e desvio-padrão			29 e 5,0

Para apoiar a etapa de seleção dos candidatos e de investigação da associação entre as características individuais e a preferência dos motoristas elaborou-se um questionário de caracterização individual, o qual foi aplicado em forma de entrevista estruturada conforme recomenda Young e Stanton (2005). Dentre os dados coletados dos candidatos pode-se destacar: o gênero, a experiência com sistemas de navegação e guia de rota, a formação educacional, o tempo de habilitação e características oftalmológicas. A experiência com SINGRA foi coletada mediante a aplicação da seguinte pergunta: “Com que frequência você utiliza GPS de navegação para dirigir?”. As opções oferecidas foram: ‘frequentemente’ (uma ou mais vezes por semana); ‘ocasionalmente’ (no máximo uma vez por mês); ‘raramente’ (uma ou duas vezes por ano); ou ‘nunca’.

Adotou-se como técnica de recrutamento dos candidatos a abordagem pessoal, na qual se realizou um esclarecimento breve sobre o objetivo da pesquisa. Ao mostrar interesse pelo teste, o candidato forneceu o dia e horário de maior disponibilidade para realizá-lo. Todos os motoristas participantes são residentes na cidade de Presidente Prudente/SP, local de realização do teste, e o grupo constituiu-se basicamente de alunos, docentes e funcionários da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT/UNESP).

## 2.2 Aparato

O teste foi realizado em um automóvel estacionado em via urbana, durante o período diurno para simular o uso de um SINGRA no ambiente de direção de um automóvel. Adotou-se o período diurno para a realização do teste, pois, de acordo com Pugliesi (2007), a preferência do motorista pelas cores dos símbolos dos mapas é influenciada pelo período no qual a navegação ocorre, isto é, se dia ou noite. Manteve-se ligado o motor e o ar condicionado do veículo, respectivamente, para aumentar o estado de atenção do motorista e proporcionar conforto durante a experimentação.

Um dispositivo visual do tipo *tablet* (*Asus FonePad ME371MG*), com tela de sete polegadas, foi utilizado como monitor de navegação para exibir as representações cartográficas aos motoristas. A mídia nesta dimensão vem sendo adotada com frequência para os sistemas comerciais (LI et al., 2012), bem como consiste no padrão adotado pelas montadoras de automóveis, tais como *Hyundai*, *BMW* e *Peugeot*, para disponibilizar sistemas de guia de rota como item de série nos seus veículos. Manteve-se a mídia na resolução de vídeo de 1024 x 768 *pixels*.

A partir de um suporte veicular apropriado, fixou-se o monitor de navegação no para-brisa do automóvel, direcionando-o à face do motorista em um ângulo menor que 30° entre o centro da via e o centro do monitor. Esta posição foi selecionada porque permite ao motorista realizar o processo de busca visual pelos elementos do mapa em menor tempo (BURNETT et al., 2012; WITTMANN et al., 2006). O *tablet* foi utilizado também para gravar as respostas fornecidas por meio da voz dos motoristas. A gravação das respostas facilitou a aplicação do teste e as etapas de organização dos dados e análise dos resultados. A Figura 1 mostra o cenário do teste.

Figura 1 – Cenário do teste.



### 2.3. Representações cartográficas

Um conjunto de representações cartográficas na escala 1/3.000 foi elaborado para apoiar o teste de preferência subjetiva. As representações foram projetadas no software ESRI ArcGIS e convertidas para o formato imagem a fim de serem exibidas no monitor de navegação usando o *Microsoft Power Point*. As representações cartográficas produzidas fazem referência a um trecho de rota na cidade de Álvares Machado/SP.

O projeto gráfico das representações baseia-se em um protótipo de SINGRA desenvolvido em trabalhos anteriores (PUGLIESI; DECANINI; TACHIBANA, 2009; MARQUES; DECANINI; PUGLIESI, 2012). Neste protótipo, os mapas são apresentados com esquema de referência egocêntrico e sistema de projeção cilíndrico ortogonal. As informações que compõem estes mapas são a rota de navegação, a seta de manobra, o símbolo do automóvel (RGB=255,0,0) e os elementos que fornecem contexto espacial na navegação, tais como ferrovia (RGB=230,0,220), vias principais (RGB=255,166,0) e vias locais (RGB=0,0,0). Tais classes de informação são as principais para apoiar a navegação em ambientes urbanos pouco ou não conhecidos pelos motoristas (BURNETT, 1998; MAY; ROSS; BAYER, 2003; ROSS et al., 1996).

Em virtude do teste se concentrar na preferência subjetiva pela cor da rota e da seta de manobra, alterou-se somente a variável visual cor destes dois elementos. Um total de quatro representações foi preparado, sendo duas para representar a rota, e outras duas para representar a seta de manobra. Quanto à rota, o primeiro mapa (Figura 2a) a manteve em preto a fim de estabelecer uma associação com a cor do asfalto, conforme propõem Pugliesi, Decanini e Tachibana (2009). O segundo mapa representou a rota no matiz azul por três razões. Primeiro, por esta cor ser adotada em dois importantes portais eletrônicos de localização e planejamento de rota disponível na *internet*, o *Google Maps* e o *Maplink*. Segundo, pelo matiz da cor ser adotado em diversos mapas de SINGRA, gratuitos, tais como o *Google Maps Navigation* (sistema da *Google*), ou comerciais, tais como *Multilaser*, *Destinator*, *Medion*, *Mio*, *NDrive*. Terceiro, pelo matiz azul ser utilizado de maneira associativa para representar feições hidrográficas (DENT; TORGUSON; HODLER 2009). Devido os símbolos da rota e dos cursos d'água desenvolverem, respectivamente, a relação de figura e fundo nos mapas de sistemas de guia de rota, tem-se que a associação entre estes elementos pode afetar negativamente a legibilidade da representação e reduzir o desempenho da comunicação cartográfica. A cor é uma variável visual que fortalece o agrupamento perceptivo por similaridade e proximidade (DENT; TORGUSON; HODLER 2009; GOMES FILHO, 2002). Sendo assim, para identificar se a preferência pela cor da rota é influenciada pela proximidade de um curso d'água, inseriu-se um trecho de curso d'água fictício nas representações produzidas no ArcGIS. O matiz azul adotado é similar ao utilizado nos mapas do *Google Maps* (RGB=148,148,255) (Figura 2b).

Quanto às cores selecionadas para a seta de manobra, optou-se por dois matizes, o verde (RGB=76,230,0) e o vermelho (RGB=255,0,0). O propósito da seta no matiz verde foi manter a similaridade com a cor adotada para as setas de manobra presentes no painel dos automóveis. Além disso, teve-se o intuito de manter uma associação com a luz verde dos semáforos, a qual comunica ao motorista a mensagem de seguir em frente. Vale ressaltar que este matiz é adotado em diversos mapas de sistemas comerciais, tais como *NDrive*, *Mio*, *Dynamic* e *Multilaser*. O segundo mapa relacionado à seta manteve a proposta de Pugliesi, Decanini e Tachibana (2009), na qual a seta de manobra é simbolizada no matiz vermelho para estabelecer um agrupamento perceptivo por cor com o automóvel. A criação de unidade perceptiva entre os elementos contribui para a rápida leitura de uma representação visual (GOMES FILHO, 2002). Por ser uma cor quente, o matiz vermelho avança aos olhos (DENT; TORGUSON; HODLER 2009) e é indicado para representar elementos de pequena dimensão, de acordo com o mapa de sensibilidade retinal (WADE; SWANSTON, 1991 apud MACEACHREN, 1995). A Figura 3 apresenta as representações da seta.

Figura 2 – Mapa com rota em preto (a) e em azul (b).

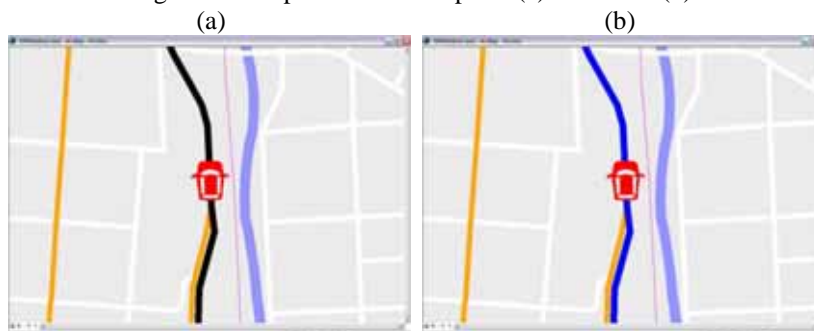
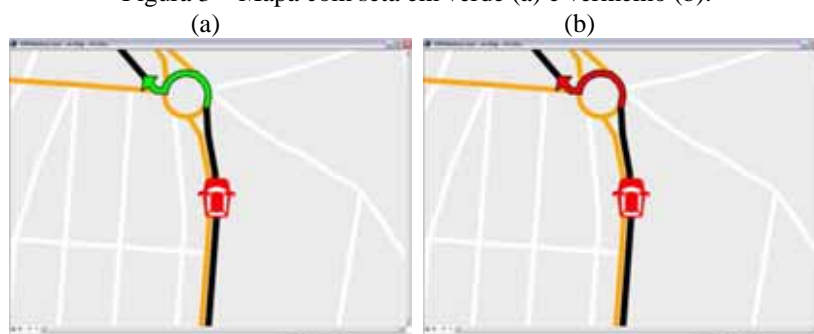


Figura 3 – Mapa com seta em verde (a) e vermelho (b).



## 2.4 Procedimento

O teste foi iniciado com a entrada do motorista no automóvel e sua preparação como se fosse dirigir o veículo. A próxima etapa consistiu na apresentação do roteiro do teste, o qual foi lido em voz alta pelo experimentador, para explanar o objetivo da pesquisa e sugerir que o motorista compreendesse o ambiente como se estivesse dirigindo o automóvel com o apoio de um SINGRA. Na sequência, o motorista leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido para registrar sua aceitação formal em participar do teste, bem como preencheu o questionário de caracterização individual. Em seguida, o experimentador apresentou o manual de símbolos do SINGRA para familiarizar o motorista quanto às representações cartográficas que seriam exibidas na tela do monitor de navegação. Como mostra a Figura 4, o manual de símbolos do SINGRA utilizou cores para a rota e para a seta diferentes daquelas avaliadas. Posteriormente, o experimentador aplicou a primeira pergunta do questionário de preferência subjetiva, a qual consistiu em: “Qual cor de rota você prefere: PRETA ou AZUL?”. A partir desta questão, cada representação cartográfica foi exibida por um tempo mínimo de cinco segundos na tela do monitor de navegação e, em seguida, fez-se a pergunta “Por quê?”. Na sequência, aplicou-se a segunda pergunta do teste: “Qual cor de seta você prefere para indicar a direção da manobra: VERDE ou VERMELHA?”, seguida da pergunta “Por quê?”. Os dados foram armazenados pelo *tablet*, na forma de arquivos de áudio, e pelo experimentador, por meio de anotações. A duração média do procedimento de teste com cada motorista foi inferior a 20 minutos e independente de qualquer relação com o aspecto perceptivo.

Figura 4 – Manual de símbolos do SINGRA para exemplificar a rota (a) e a seta de manobra (b).



## 2.5 Análises estatísticas

Para processar os dados, utilizou-se o *software* SPSS 16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*) disponível na FCT/UNESP. A ocorrência de diferenças estatisticamente significativas na preferência dos motoristas foi identificada a partir de análise não-paramétrica. Este tipo de análise é indicado para dados de natureza qualitativa, bem como quando não se conhece a distribuição de probabilidade que possuem (SIEGEL, 1975; CONOVER, 1999). Os testes foram aplicados para a Frequência Observada ( $F_0$ ) em cada grupo avaliado. Os grupos com  $F_0$  inferior a cinco elementos foram avaliados pelas provas Binomial (caso de uma amostra) e Fisher (caso de duas amostras). Enquanto os grupos com  $F_0$  igual ou superior a cinco elementos foram avaliados pelo método Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ), caso de uma ou duas amostras não relacionadas. Em todas as análises, fixou-se o nível de significância em 5%.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Preferência subjetiva

Dois análises foram realizadas. A primeira análise identifica a preferência pelo matiz que representa a rota de navegação. Os resultados revelam que 78% dos motoristas preferem a rota em preto e apenas 22%

preferem a rota em azul. O teste Qui-Quadrado mostra ( $\chi^2 = 16,66$ ,  $p < 0,0001$ ) que esta diferença é estatisticamente significativa, permitindo afirmar que a maioria dos motoristas prefere visualizar a rota de navegação em preto nos mapas de sistema de guia de rota. Para compreender a razão pela preferência da rota em preto, fez-se uma interpretação das justificativas dos motoristas. Os comentários que apareceram com maior frequência encontram-se na Tabela 2, a partir da qual se nota que a representação da rota e do curso d'água no mesmo matiz dificulta a rápida identificação do trajeto estabelecido.

Tabela 2 – Comentários dos motoristas sobre a cor da rota.

Rota	Comentários	Interpretação dos comentários
Pret a	“se associa com a cor do asfalto”.	Favorece a associação do referente com o significante.
	“não confunde com a cor do rio” e “mais realçada no mapa”.	Favorece a segregação de figura e fundo.
Azul	“lembra um rio”.	Relação equivocada entre referente e significante.
	“pouco destaque no mapa”.	Prejudica a relação figura-fundo

A dificuldade de se realizar a rápida discriminação entre a rota e o curso d'água é explicada em função de três tipos de agrupamento que ocorre entre estas feições. Primeiro, o agrupamento perceptivo por cor. Os matizes similares, ou com apenas variação de brilho, têm a tendência de se agruparem (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009). Segundo, o agrupamento perceptivo por similaridade. Tanto a rota quanto o curso d'água são representados pela primitiva de linha; portanto, ambas possuem forma linear semelhante. Gomes Filho (2002) afirma que os elementos com características geométrica similares, tal como forma, tamanho, orientação, tendem a formar grupos. Terceiro, o agrupamento perceptivo por proximidade (GOMES FILHO, 2002). Pela Figura 2, nota-se que a rota está localizada próxima a um curso d'água, favorecendo o agrupamento entre tais elementos. Nesse sentido, enquanto a rota em azul se associa às feições hidrográficas e prejudica a segregação de figura e fundo, a rota em preto, além de aumentar o contraste do mapa, também permite uma associação com a representação do asfalto, fortalecendo a relação entre referente (elemento do mundo real) e significante (elemento representado no mapa).

Nos casos estudados, ao representar a rota no matiz azul, os agrupamentos por similaridade e proximidade foram fortalecidos pelo agrupamento por cor e isto desfavoreceu a legibilidade do mapa, uma vez que o intuito é o de segregar a rota do curso d'água e não unificar tais feições. Em representações cartográficas para sistemas de guia de rota, a rota de navegação e o curso d'água devem consistir, respectivamente, em figura e fundo. Assim, a criação de uma hierarquia visual entre tais feições é fundamental para instruir o motorista enquanto divide a atenção entre a via e o sistema. A falta de segregação entre os símbolos do mapa implica em ruídos no processo de comunicação cartográfica (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009; SLOCUM et al., 2009). No contexto de SINGRA, tais ruídos podem resultar no aumento da demanda visual do motorista, o que significa mais tempo com os olhos fora da via e, por conseguinte, riscos à segurança no trânsito.

A segunda análise identifica a preferência pelo matiz que representa a seta de manobra. Os resultados revelam que 93% dos motoristas preferem a seta no matiz verde e apenas 7% preferem a seta no matiz vermelho. A significância desta discrepância é confirmada pelo teste Binomial ( $p < 0,0001$ ), permitindo afirmar que os usuários de sistema e guia de rota preferem visualizar a seta de manobra no matiz verde comparado ao matiz vermelho. A principal justificativa dos motoristas pela preferência da seta em verde é por se destacar no mapa, realçando a direção da manobra (Tabela 3). Este realce da manobra contribuiu positivamente para a legibilidade da representação cartográfica e é explicado pelo processo de contraste simultâneo. O princípio do contraste simultâneo é que nenhuma cor tem valor por si só, ou seja, diferentes cores justapostas exercem influência recíproca entre si (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009). Neste caso, um mesmo matiz pode ser acentuado, atenuado ou modificado de acordo com as cores superpostas (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009; PEDROSA, 2009; SLOCUM et al., 2009). Com base nesta definição e na análise visual da Figura 3, observa-se um maior contraste entre a seta no matiz verde e a rota em preto e as vias principais no matiz laranja (Figura 3a) comparado à simbolização da seta no matiz vermelho (Figura 3b). A seta em vermelho é atenuada pela presença do matiz laranja nas vias principais. Por outro lado, o matiz laranja acentua a seta em verde. Pelo sistema aditivo de cores, isto ocorre porque, embora o laranja seja uma combinação dos matizes verde e vermelho, há uma maior concentração de vermelho na composição desta cor secundária comparado à quantidade de matiz verde (PEDROSA, 2009), diminuindo o contraste entre as feições em laranja e vermelho. O baixo contraste entre a seta em vermelho e as vias principais em laranja deve-se ainda ao fato destes matizes serem cores quentes; portanto, agrupam-se. As cores frias (ex.: verde, azul) e as cores quentes (ex.: vermelho e laranja) têm a tendência de se agruparem e, com isso, de reduzirem o contraste entre as feições que simbolizam (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009). A combinação de cores quentes ou frias deve ser evitada quando o objetivo é estabelecer a segregação entre os elementos do mapa (GOMES FILHO, 2002; PEDROSA, 2011).



Tabela 3 – Comentários dos motoristas sobre a cor da seta.

Rota	Comentários	Interpretação dos comentários
Verde	“se destaca mais em relação à rota em preto e as vias principais em laranja”.	Favorece a segregação de figura e fundo.
	“se associa à luz verde dos semáforos”.	Favorece a associação com sinais de trânsito pré-estabelecidos.
	“se associa à instrução ‘passagem livre’, ‘prossiga’, ‘siga em frente’”.	Favorece a associação com diversos tipos de sinais de natureza similar.
Vermelha	“se associa à instrução ‘pare’, ‘proibido’, ‘perigo’”.	Favorece a associação com diversos tipos de sinais de natureza similar.
	“confunde com a cor do automóvel”.	Desfavorece a segregação entre seta e automóvel

Outro aspecto que contribuiu para o realce da manobra ao utilizar a seta no matiz verde é a ocorrência de maior contraste entre este matiz e o preto da rota e do contorno da seta comparado ao matiz vermelho. A percepção humana, por cor, forma ou tamanho não é absoluta, mas ocorre por relações (GOMES FILHO, 2002). Assim, o preto presente na rota e no contorno da seta produziu a sensação perceptiva de um matiz verde com mais brilho comparado ao matiz vermelho, ainda que ambos possuam o mesmo nível de saturação. O contraste entre a rota em preto, as vias principais em laranja e a seta em verde aumentou a legibilidade do mapa, pois realçou a relação de figura-fundo na representação. Este ganho de legibilidade no mapa pode auxiliar o motorista na realização da tarefa tática, reduzindo o número de erros de manobra, visto que nesta tarefa o motorista identifica e discrimina a direção que deve ser tomada na junção.

Uma segunda justificativa de grande parte dos motoristas é o fato do matiz verde da seta se associar à luz verde dos semáforos. Como mostra a Tabela 3, a seta em verde comunica a informação ‘siga em frente’ ou de que a manobra a ser realizada está correta. Enquanto a seta em vermelho transmite a mensagem de que é proibido virar naquela via ou de que a manobra está incorreta. Por fim, a maioria dos motoristas argumentou que a representação da seta e do carro no mesmo matiz é um problema, porque dificulta a rápida percepção da direção da manobra devido à necessidade de dividir a atenção entre estes dois símbolos. Nos casos estudados, este processo de atenção dividida consiste em um ruído na comunicação da informação. Devido o sistema humano de processamento da informação possuir capacidade limitada (PUGLIESI et al., 2013; WICKENS, et al., 2004), os mapas para SINGRA devem requerer o mínimo de processamento cognitivo do motorista, pois sua tarefa principal é dirigir com segurança.

### 3.2 Características individuais

Para verificar se há associação entre as características individuais dos motoristas e a preferência pela cor da rota e da seta de manobra, os dados de caracterização individual foram organizados em três distintas classes qualitativas em termos das frequências observadas em cada classe conforme indicado na Tabela 4. Na classe ‘Formação Educacional’, o grupo pertencente à categoria ‘A’ compreende sujeitos habilitados a produzir e interpretar mapas, tais como engenheiro cartógrafo, engenheiro ambiental, geógrafo, geólogo ou arquitetos. O grupo pertencente à categoria ‘B’ compreende os sujeitos sem esta habilitação profissional ou com formação apenas de nível médio. Na classe ‘experiência com SINGRA’, optou-se por agrupar as opções ‘frequentemente e ocasionalmente’, bem como ‘raramente e nunca’ nas respectivas subclasses ‘Pelo menos uma vez por semana’ e ‘Nunca ou no máximo duas vezes por ano’.

Tabela 4 – Características individuais dos participantes do teste.

Gênero	Homem	Mulher	Total
	27	27	54
Formação Educacional	Categoria A	Categoria B	Total
	20	34	54
Experiência com SINGRA	Pelo menos uma vez por semana	Nunca ou no máximo duas vezes por ano	Total
	21	33	54

Os resultados do teste Qui-Quadrado (Tabela 5) mostram que o gênero do motorista não influenciou na preferência pela cor da rota ou da seta. A proporção de homens que preferem a rota em preto e a seta de manobra em verde é similar à proporção de mulheres que relatam esta mesma preferência. As justificativas apresentadas pelos motoristas de ambos os gêneros se resumem às apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Cabe destacar que apenas um motorista justificou a preferência pela seta em vermelho por esta criar uma unidade perceptiva com o símbolo do veículo em vermelho. Vale ressaltar que nenhuma associação significativa foi encontrada entre a

preferência subjetiva e a faixa etária dos motoristas, ou seja, não houve diferença na preferência dos tons de cor para a rota ( $\chi^2=0,459$   $p=0,517$ ) e para a seta (Fisher  $<0,001$   $p=1,00$ ) entre os motoristas com mais de 30 anos e os motoristas com menos de 30 anos de idade.

Tabela 5- Preferência subjetiva e características individuais.

Características individuais	Rota		Seta	
	Preta	Azul	Verde	Vermelha
Gênero:				
Homem	74%	26%	93%	7%
Mulher	81,5%	18,5%	93%	7%
Teste	$\chi^2=0,429$ $p=0,513$		Fisher $<0,001$ $p=1,00$	
Formação educacional:				
Categoria A	80%	20%	95%	5%
Categoria B	76,5%	23,5%	91%	9%
Teste	Fisher $<0,001$ $p=1,00$		Fisher $<0,001$ $p=1,00$	
Experiência com SINGRA:				
Pelo menos 1x por semana	62%	38%	90,5%	9,5%
Nunca ou no máximo 2x/ano	88%	12%	94%	6%
Teste	Fisher $<0,001$ $p=0,042$		Fisher $<0,001$ $p=0,638$	

Quanto à característica individual ‘Formação Educacional’, os resultados revelam que preferência dos motoristas, tanto relacionada à cor da rota quanto à cor da seta (Tabela 5), independe da ‘Formação Educacional’ que estes possuem. Nos casos estudados, os motoristas habilitados a produzir e interpretar mapas têm a mesma preferência que os motoristas sem esta habilidade. Para a classe ‘Experiência com SINGRA’, identificou-se que motoristas que utilizam sistemas de guia de rota ‘Pelo menos uma vez por semana’ preferem a rota no matiz azul; enquanto os motoristas que utilizam tais sistemas no máximo duas vezes por ano preferem a rota em preto ( $p=0,042$ ). Esta diferença pode ser explicada em função da representação da rota em preto ser pouco observada nos mapas de sistemas comerciais ou gratuitos, diferentemente do matiz azul. Isto foi confirmado pelos relatos dos motoristas que preferiram a rota de navegação neste matiz. A associação subjetiva ou convencional (DENT; TORGUSON; HODLER, 2009) foi um fator que influenciou a preferência dos motoristas experientes com SINGRA. Quanto à seta de manobra, ambos os grupos de motoristas, experientes ou não com SINGRA, preferem a seta em verde.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho investigou a preferência dos motoristas pela cor da rota e da seta de manobra em mapas de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. Além disso, a investigação buscou compreender se há relação entre a preferência e as características individuais dos motoristas.

Conclui-se que os motoristas preferem visualizar a rota de navegação em preto comparada ao matiz azul. Este resultado decorreu do baixo contraste obtido entre a rota e o curso d’água quando ambas são representadas no mesmo matiz. Além disso, o agrupamento por cor fortaleceu o agrupamento por proximidade e similaridade, influenciando negativamente na relação de figura-fundo entre estas feições. Assim, recomenda-se que, devido o matiz azul ser associado tanto de maneira convencional quanto natural às feições hidrográficas, a rota de navegação em mapas de SINGRA seja representada por um matiz ou cor-valor diferente deste. Com isso, pode-se evitar ou minimizar as incertezas do motorista durante o processo reconhecimento da rota no mapa. Embora os motoristas experientes com SINGRA tenham tendência em preferir a rota no matiz azul, esta preferência foi atribuída ao fato dos sistemas não adotarem com frequência o preto para a rota. Sendo assim, sugere-se que futuros estudos sejam feitos apenas com motoristas experientes com SINGRA para verificar se a preferência pela rota no matiz azul se mantém em relação ao preto.

Quanto à seta de manobra, conclui-se que a preferência dos motoristas se concentra no matiz que proporciona maior realce para a manobra. Estes resultados confirmam que a rápida e a clara identificação da direção da manobra é uma das metas do motorista na tarefa tática, as quais foram favorecidas pela representação da seta no matiz verde. Além de favorecer a segregação de figura e fundo, aumentando a legibilidade do mapa, este matiz é considerado o mais funcional para a seta de manobra por se associar às luzes dos semáforos. A seta no matiz vermelho induziu o processo de atenção dividida com o símbolo do automóvel e isto foi evidenciado com a menor aceitação dos motoristas por este matiz. Assim, recomenda-se que para a seleção da cor da seta de manobra seja considerado tanto aspectos relacionados ao aumento de contraste do mapa quanto de associação com os elementos do mundo real, tais como a sinalização de trânsito.

Embora essa investigação confirme a importância de se incluir a preferência subjetiva como uma variável no projeto de interfaces para sistemas de guia de rota, recomenda-se associar a preferência subjetiva

com outras medidas de avaliação de natureza quantitativa, tais como demanda visual e erro navegacional, de maneira que se possa mensurar a carga mental de trabalho que as representações cartográficas geram nos motoristas. Além disso, recomenda-se avaliar os mapas propostos neste trabalho no contexto real da navegação por ser uma tarefa de maior demanda perceptiva e cognitiva para o motorista. Finalmente, sugere-se avaliar a preferência quanto às cores dos demais elementos do mapa, tais como vias secundárias e vias principais, pois estão presentes em grande quantidade no mapa e podem influenciar na percepção de outros símbolos.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor desse trabalho agradece ao CNPq pelo apoio financeiro com a bolsa de doutorado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.; 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*. p.1-14. 2012.
- CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistics*. New York: J. Wiley, 1999.
- DENT, B. D.; TORGUSON, J.; HODLER, T. *Cartography: Thematic Map Design*. 6nd ed. Boston: McGraw Hill Higher Education. 2009.
- DINGUS, T. A.; HULSE, M. C. Some human factors design issues and Recommendations for automobile navigation Information systems. *Transportation Research Part C*, v. 1, n. 2, p. 119-131. 1993.
- GOMES FILHO, J. *Gestalt do Objeto: Sistema de Leitura Visual da Forma*. São Paulo: Escrituras Editora. 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. Korea*. v. 23, n 3. p.309-327. 2010.
- 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*. Elsevier. v. 15, p.491-501. 2012.
- LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. *Behaviour & Information Technology*. London: Taylor & Francis. n. 3, v. 20, 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. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. *International Journal of Human-Computer Studies*. v. 66, p.198-215. 2008.
- LI, B.; 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*. London: Taylor & Francis. 2012.
- LIU, Y. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. *Displays*. Elsevier Science. v. 21, p.161-168. 2000.
- MACEACHREN, A. M. *How maps work: Representation, Visualization and Design*. London: The Guilford Press, 1995.
- 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.
- MARTINELLI, M. *Mapas da Geografia e Cartografia Temática*. 6 ed. Contexto: São Paulo, 2011.
- 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.
- 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.
- OBATA, T.; DAIMON T.; KAWASHIMA, H. A cognitive study of invehicle navigation systems: applying verbal protocol analysis to usability evaluation. In: *Proceedings of Vehicle Navigation and Information Systems Conference*. Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers, p. 232-237. 1993.
- PEDROSA, I. *O universo da cor*. 4 ed. Senac Nacional: Rio de Janeiro, 2009, 160p.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; IMAI, N. N. HASEGAW, J. K. Projeto cartográfico do mapa dinâmico para um sistema de navegação rodoviário. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 56, n. 2, p.104-117. 2004.

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, p. 571-589. 2013.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Mapa ou Esquema de seta: qual modalidade os motoristas preferem para sistemas de navegação e guia de rota em automóvel? *Boletim de Ciências Geodésias*. v. 15, n. 1, p.03-15. 2009a.

PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Projeto cartográfico de sistema de navegação e guia de rota em automóvel com pontos de referência de Alta iconicidade. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 2, n. 61, p.79-89. 2009b.

RIGDEN, C. The eye of the beholder – Designing for colour-blind users. *British Telecommunications Engineering*. v. 17, p. 2-6. 1999.

ROSS, T.; VAUGHAN, G.; BURNETT, G.; MAY, A. Design Guidelines for Route Guidance and Navigation. In: ROSS, T. et al. *Human Factors Guidelines for Information Presentation by ATT Systems*. Loughborough, UK: HUSAT Research Institute, 1996. Cap. 2.

SEKULER, R.; SEKULER, A. B. *Age-Related, Optical Factors and Neural Process*. Encyclopedia of Psychology. American Psychological Association/Oxford University Press. v.8, p.180-183. 2000.

SIEGEL, S. *Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

SLOCUM, A. T.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. *Thematic Cartography and Geovisualization*. 3rd ed. Prentice Hall, 2009.

WICKENS, C. D.; LEE, J. D.; LIU, Y.; BECKER, S. G. *An Introduction to Human Factors Engineering*. 2nd ed. California: Pearson Prentice Hall, 2004.

WITTMANN, M.; KISS, M.; GUGG, P.; STEFFEN, A.; FINK, M.; PÖPPEL, E.; KAMIYA, H. Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied Ergonomics*. v. 37, p. 187-199. 2006.

WU, A.; ZHANG, X. Identifying Proper Scales on Digital Maps for In-Vehicle Navigation Systems. In: *Proceedings of HCI, Part III*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 262-270. 2009.

YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Applying Interviews to Usability Assessment. In: STANTON, N. A.; et al. *The handbook of human factors and ergonomics methods*. USA: CRC Press LLC, 2005. Cap. 29. p. 29-1; 29-6.

## APÊNDICE E – Documentos elaborados para avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA

### **Documento A: Questionário para levantamento das características individuais do motorista para avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA**

#### LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS INDIVIDUAIS DO MOTORISTA

Número do participante: \_\_\_\_\_

#### 1. Dados pessoais

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_ anos                      Sexo:    ( ) feminino    ( ) masculino

Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

#### 2. Escolaridade e profissão

2.1 Informe seu maior nível de escolaridade: \_\_\_\_\_

Se estiver cursando, por favor, indique o ano: \_\_\_\_\_

2.2 Informe sua profissão atual: \_\_\_\_\_

#### 3. Experiência com direção

3.1 Indique há quantos anos você dirige: \_\_\_\_ anos.

3.2 Indique qual o número de dias por semana você dirige: \_\_\_\_ dias

3.3 Indique o período em que você mais dirige

( ) dia        ( ) noite        ( ) aproximadamente igual para ambos

#### 4. Experiência com sistemas de navegação

4.1 Com que frequência você utiliza GPS de navegação para dirigir?

( ) frequentemente (uma ou mais vezes por semana)

( ) ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)

( ) raramente (uma ou duas vezes por ano)

( ) nunca

4.2 Com que frequência você, enquanto passageiro do automóvel, utiliza GPS de navegação para auxiliar o motorista na direção?

( ) frequentemente (uma ou mais vezes por semana)

( ) ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)

( ) raramente (uma ou duas vezes por ano)

( ) nunca

#### 5. Características oftalmológicas

5.1 Você tem algum tipo de deficiência na visão de cores (ex.: daltonismo)?

( ) Sim    ( ) Não

Obrigada pela sua participação!

**Documento B: Roteiro do teste para avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA**

**ROTEIRO DO TESTE DE PREFERÊNCIA PELAS ESCALAS DOS MAPAS DE SINGRA**

**Objetivo do teste:** Avaliar a preferência de um grupo de motoristas brasileiros pela escala de representação dos mapas de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) ou popularmente denominado de “GPS de navegação”.

**Cenário do teste:**

1. O(A) Sr.(Sra.) verá mapas em 4 diferentes escalas de representação (zooms), os quais mostram uma rota a percorrer na cidade de Álvares Machado-SP. O(A) Sr.(Sra.) deverá informar em voz alta: (i) em qual escala prefere utilizar o mapa de navegação para reconhecer a direção da próxima manobra, e para realizar manobra em rotatória, (ii) em qual direção deveria manobrar, depois de ouvir um sinal beep, e (iii) numerar as escalas dos mapas (ex.: 1º, 2º, 3º e 4º lugar), conforme sua ordem de preferência para utilizá-las na tarefa de navegação;
2. Será apresentado um manual de símbolos na tela de um monitor de 7 polegadas (um *tablet*), com o objetivo de familiarizar o(a) Sr.(Sra.) com as representações de mapas que serão exibidas durante o teste;
3. As questões do teste serão exibidas também na tela do *tablet*, em um total de três perguntas. Cada mapa, equivalente a cada pergunta, será exibido por um tempo de 5 segundos e, em seguida, será apresentada a pergunta “Por quê?”, para que o(a) Sr.(Sra.) justifique sua escolha. As perguntas do teste serão:
  - a. “Em qual escala você acha ser mais fácil e mais rápido reconhecer a direção da próxima manobra?”. “Por quê?”.
  - b. “Em qual escala você prefere usar o mapa para realizar uma manobra em rotatória?”. “Por quê?”.
  - c. “Dentre as escalas apresentadas, qual seria sua ordem de preferência (ex.: 1º, 2º, 3º e 4º lugar), para utilizá-las nos mapas de sistemas de navegação?”. “Por quê?”.
4. As respostas que o(a) Sr.(Sra.) fornecerá, para as perguntas, serão gravadas em áudio e registradas pelo(a) experimentador(a) em formulário próprio;
5. Tempo total do teste: 30 minutos.

Em caso de eventuais dúvidas, consulte o experimentador sempre que necessário.

Obrigada pela sua participação.

## **Documento C: Termo de consentimento livre e esclarecido para avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Título da pesquisa:** “AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS ÁUDIO-DINÂMICAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL”.

**Contexto da pesquisa:** este teste faz parte da pesquisa realizada pela doutoranda Ana Paula Marques Ramos, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC), da FCT/UNESP, sob orientação da Profa. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini, do departamento de Cartografia da FCT. O objetivo da pesquisa é avaliar a usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas, para um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA), popularmente denominado de “GPS de navegação”.

**Participantes do teste:** motoristas brasileiros com experiência na direção de automóvel.

**Natureza do teste:** o Sr.(Sra.) está sendo convidado(a) a participar de um teste que tem por finalidade verificar a preferência de um grupo de motoristas brasileiros pela escala de representação dos mapas de “GPS de navegação”.

**Envolvimento no teste:** ao participar deste teste o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) aplique: (i) um questionário para identificar o nível de habilidade espacial que o(a) Sr.(Sra.) possui; (ii) a tarefa de perguntar qual a escala de representação o(a) Sr.(Sra.) prefere para os mapas de “GPS de navegação” e (iii) a razão da sua escolha. Além disso, o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) grave em áudio as respostas e registre-as em formulário. O Sr.(Sra.) tem a liberdade de se recusar a participar e ainda de recusar a continuar participando em qualquer fase do teste, sem qualquer prejuízo. Sempre que quiser poderá pedir mais informações para o(a) experimentador(a). Deve-se salientar que o seu anonimato será preservado.

**Explicação do ambiente do teste:**

- O teste acontecerá dentro de um automóvel estacionado em uma via de frente ao Departamento de Cartografia da FCT-UNESP, mantido com o motor ligado;
- Os mapas que o(a) Sr.(Sra.) irá avaliar serão apresentados em um monitor com tela de 7 polegadas (um *tablet*), fixo no para-brisa do veículo;
- O(A) Sr.(Sra.) será convidado a entrar no automóvel e a realizar os ajustes necessários (ex.: regular o banco, retrovisores, por o sinto de segurança), como se estivesse se preparando para iniciar a direção do automóvel.

**Riscos e desconforto:** a participação nesse teste não envolve nenhum tipo de risco à saúde física e (ou) mental do(a) Sr.(Sra.). Nenhum dos procedimentos aplicados oferece riscos à sua dignidade.

**Confidencialidade:** todas as informações coletadas neste teste são estritamente confidenciais. Somente o(a) experimentador(a) e seu(sua) orientador(a) e grupo de pesquisa terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados obtidos nesse estudo.

**Benefícios:** ao participar desse teste o(a) Sr.(Sra.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, espera-se que este estudo contribua para melhorar a **usabilidade** dos “GPS de navegação”, uma vez que os resultados permitirão projetar e produzir representações de mapas de acordo com as preferências dos motoristas. Com isso, pretende-se apoiar a indústria automobilística na produção desses sistemas.

**OBS.:** um sistema tem **usabilidade** quando permite que o usuário alcance seus objetivos (eficácia) de uma forma fácil (eficiência) e com satisfação.

**Pagamento:** o Sr.(Sra.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desse teste, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos e caso não haja dúvidas a respeito do teste, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar do experimento.

#### **Consentimento Livre e Esclarecido**

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto que recebi cópia deste termo de consentimento, manifesto ainda meu consentimento em participar do teste, bem como autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo, conforme previsto no item confidencialidade.

\_\_\_\_\_ Nome do Participante do teste  
 \_\_\_\_\_ Assinatura do Participante do teste  
 \_\_\_\_\_ Assinatura do Pesquisador

  
 \_\_\_\_\_  
 Assinatura do Orientador

**Pesquisadora:** Ana Paula Marques Ramos – Doutoranda (18)99703-2268

**Orientadora:** Prof. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini - (18) 3229-5512

**Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa:** Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

**Vice-Coordenadora:** Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526 / E-mail [cep@fct.unesp.br](mailto:cep@fct.unesp.br)

**Documento D:** Manual de símbolos para familiarização do motorista com os elementos de informação das representações utilizadas na avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA.

## MANUAL DOS SÍMBOLOS DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA

Figura 1 – Tela inicial do manual de símbolos do SINGRA.



Figura 2 – Representação na escala 1:3.000.    Figura 3 – Representação na escala 1:6.000.

**Som de beep**

Figura 4 – Tela para introduzir o som de *beep*.



**Documento E: Formulário para coleta dos dados de preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA**

**PREFERÊNCIA PELAS ESCALAS DOS MAPAS DE SINGRA**

Número do participante: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Data da avaliação: \_\_\_\\_\_\_\\_\_\_

**PRIMEIRA PARTE:**

Em qual escala você acha ser mais fácil e mais rápido reconhecer a direção da próxima manobra, depois de disparado o *beep*?

( ) 1/1.000 ( ) 1/3.000 ( ) 1/6.000 ( ) 1/10.000

Por quê?

---



---



---

**SEGUNDA PARTE:**

Em qual escala você prefere usar o mapa para realizar uma manobra em rotatória?

( ) 1/1.000 ( ) 1/3.000 ( ) 1/6.000 ( ) 1/10.000

Por quê?

---



---



---

**TERCEIRA PARTE:**

Nº da Manobra	Direção da manobra		Perdeu a manobra	Confundiu a direção da manobra
	Direita	Esquerda		
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				

Dentre as escalas apresentadas, qual seria sua ordem de preferência (ex.: 1º, 2º, 3º e 4º lugar) para utilizá-las nos mapas de sistemas de navegação?.

( ) 1/1.000 ( ) 1/3.000 ( ) 1/6.000 ( ) 1/10.000

Por quê?

---



---



---

**Documento F: Teste de avaliação da preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA**

**Avaliação da Preferência Subjetiva pela escala de representação dos mapas de sistema de navegação**

Figura 1 – Tela inicial do teste de preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA.

**INTRUÇÕES PARA A PRIMEIRA E A SEGUNDA PARTE:**

1- Você verá mapas em 4 diferentes escalas (zooms)

2 - Sua tarefa é verificar os mapas e informar qual das 4 escalas você prefere

**PRIMEIRA PARTE:**

Em qual escala você acha ser mais fácil e mais rápido reconhecer a direção da próxima manobra?

(tempo 05 segundos)

Figura 2 – Tela com as instruções da primeira parte do teste de preferência.

Figura 3 – Tela com a primeira questão do teste de preferência pelas escalas dos mapas.

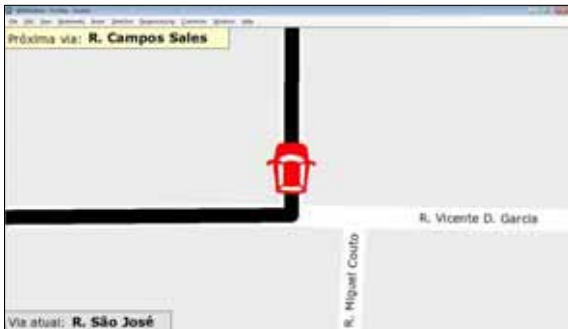


Figura 4 – Tela com opção de representação na escala 1:1.000.



Figura 5 – Tela com opção de representação na escala 1:3.000.



Figura 6 – Tela com opção de representação na escala 1:6.000.



Figura 7 – Tela com opção de representação na escala 1:10.000.

**POR QUÊ?**

Figura 8 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência pela escala de mapas de SINGRA.

**SEGUNDA PARTE:**

Em qual escala você prefere usar o mapa para realizar uma manobra em rotatória?

(tempo 05 segundos)

Figura 9 – Tela com a segunda parte e questão do teste de preferência subjetiva.



Figura 10 – Tela com opção de representação na escala 1:1.000, caso de rotatória.



Figura 11 – Tela com opção de representação na escala 1:3.000, caso de rotatória.



Figura 12 – Tela com opção de representação na escala 1:6.000, caso de rotatória.



Figura 13 – Tela com opção de representação na escala 1:10.000, caso de rotatória.

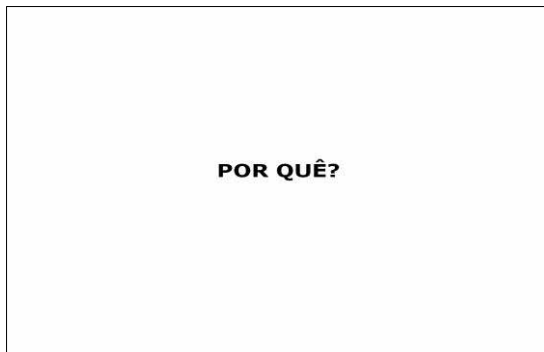


Figura 14 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência pela escala de mapas de SINGRA.

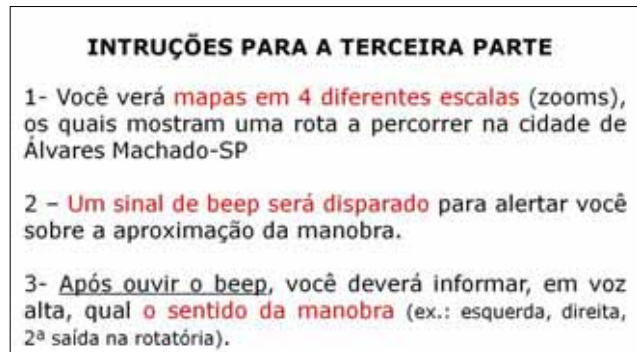


Figura 15 – Tela com as instruções da terceira parte do teste de preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA.

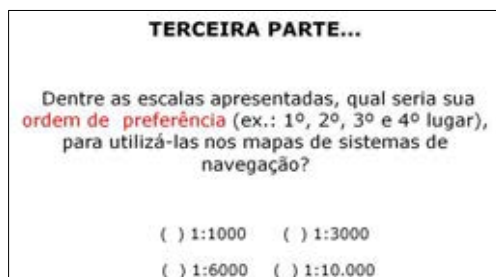


Figura 16 – Tela com a terceira questão do teste de preferência pelas escalas dos mapas de SINGRA.

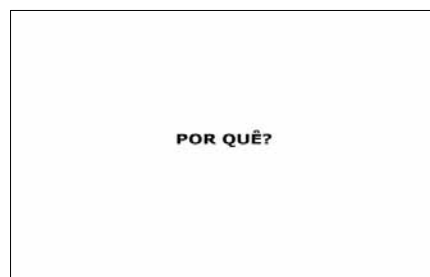


Figura 17 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência pela escala de mapas de SINGRA.

## APÊNDICE F – Preferência pela escala dos mapas de sistemas de guia de rota

O manuscrito apresentado a seguir foi submetido e aceito para publicação na CAGIS em 2015. Está em fase de edição.

### Preference for Map Scale in an In-Car Route Guidance and Navigation System

<sup>1</sup>Ana Paula Marques Ramos\*, <sup>2</sup>Edmur Azevedo Pugliesi, <sup>3</sup>Renan Furlan de Oliveira, <sup>4</sup>Mônica Modesta Santos Decanini and <sup>5</sup>Vilma Mayumi Tachibana

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Department of Cartography, <sup>5</sup>Department of Statistics  
Faculty of Sciences and Technology - Sao Paulo State University  
Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, São Paulo Brazil, CEP 19060-900.  
Phone: 55 18 3229 5388 (ext. 5512).  
E-mail\*: marques.engcart@gmail.com

**Acknowledgments:** This work was supported by the CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico under Grant number 159674/2012-3.

**Abstract:** Usability issues in maps that are a component of in-car Route Guidance and Navigation Systems (RGNSs) could result in serious impacts on traffic safety. To design effective RGNSs, evaluation of ‘user satisfaction’ with the system has played a prominent role because designers can quantify driver acceptance of the presented information. An important variable related to design of RGNS interfaces refers to the selection of the appropriate scale for maps because the scale can interfere with the legibility of maps. Maps with good legibility aid drivers in comprehending information easily and making quick decisions during driving tasks. This paper evaluates driver preference for scales used in RGNS maps. A total of 52 subjects participated in an experiment performed in a parked car. Maps were designed at four different scales of 1:1,000, 1:3,000, 1:6,000 and 1:10,000 for a route composed of 13 junctions. Map design was based on cartographic communication principles, i.e., perceptive grouping and figure-ground segregation. Based on study cases, we conclude that intermediate scales (1:6,000 and 1:3,000) were more acceptable to drivers compared with large (1:1,000) and small (1:10,000) scales. RGNSs should use map scales that support drivers in quickly identifying the direction of a maneuver and simultaneously obtaining information on the route surroundings. Additional results are presented, and implications are discussed.

**Keywords:** in-car navigation task, usability, drivers’ preference, map design, traffic safety.

#### Introduction

In recent decades, researchers in Human Computer Interaction (HCI) have become increasingly interested in the usability issues of maps presented by in-car Route Guidance and Navigation Systems (RGNSs) (Pugliesi et al., 2009; Ching-Tong et al., 2010; Ei-Wen Lo et al., 2011; Burnett et al., 2013; Ramos et al., 2014b). To receive information from the RGNS during driving, drivers must divert their eyes from the road, and this practice may have serious impacts on traffic safety (Wickens et al., 2004; Dalton et al., 2013). Thus, to reduce the risk of car accidents, RGNSs maps should offer high performance to both support drivers in navigation tasks and avoid visual distraction.

High-performance navigation maps could have important implications on usability of RGNSs (Pugliesi et al., 2009). Because drivers can easily comprehend information on a map, decisions can be made quickly during driving tasks (Lavie and Oron-Gilad, 2013). Conversely, problems with cartographic communication presented by an interface could negatively affect driver experience with the system (Pugliesi and Decanini, 2009) and cause distraction on the road (Kaber et al., 2012).

To support drivers in navigation tasks and to improve the cartographic communication process

between drivers and RGNSs, Marques et al. (2012) suggest that only relevant information should be presented on maps. Additionally, these authors argue that the selected information should be shown as legibly as possible, especially because this information is displayed on small screens from three to seven inches in dimension.

One of the most important variables noted by the literature in the design of RGNSs maps consists of the selection of the appropriate map scale (Uang and Hwang, 2003; Ho and Li, 2004; Lee et al., 2008; Wu and Zhang, 2009; Marques et al., 2012; Li et al., 2014, Ramos et al., 2014c). Scale is the variable that most significantly affects the legibility of the map by displaying the appropriate amount of information for the selected media to support a specific task (Dent et al., 2009; Slocum et al., 2009).

The use of RGNSs has exponentially grown over the last three decades. However, researchers have shown that these systems still use a large range of scales for their maps (Dillemuth et al., 2007; Ramos et al., 2014a). Moreover, these studies reveal that no guidelines exist to support the process of map scale selection. The scale chosen for RGNSs maps should provide visual balance for cartographic representations, which means

avoidance of too much information or lack of information on the maps (Ho and Li, 2004; Marques et al., 2012). To achieve this visual balance for RGNSs maps, Marques et al. (2012) recommend adjusting the amount of information relative to the system display size and according to the different stages involved in the navigation task. Among these stages, a principal item of interest is related to tactical task, which refers to preparation for the next maneuver (Michon, 1985; Pugliesi et al., 2009).

Although the HCI literature has been traditionally focused almost exclusively on the effectiveness and efficiency of a system (Green et al., 1993; Liu, 2001), the usability of RGNSs has been evaluated using both objective and subjective measures (Pugliesi et al., 2013). Currently, evaluation of 'user satisfaction' with the system plays a prominent role in the HCI research area (Pugliesi and Decanini, 2009; Wakabayashi, 2011; Ramos et al., 2014b). According to the International Organization for Standardization (ISO 9241-11, 1998), 'user satisfaction' refers to one of three pillars of the usability evaluation process and is related to freedom from discomfort and a positive attitude toward the use of the product.

Pugliesi et al. (2013) argued that user satisfaction is an important measure for the development of RGNSs interfaces because it allows designers to quantify driver acceptance of information presented by these systems. These authors also note that questionnaires and interviews are necessary to collect data for subjective preferences and characterize these data-collection methods as easy, rapid, and low cost. Thus, driver preference for scales used in RGNSs maps could support map design decisions and consequently improve the RGNS usability.

This paper presents a preliminary study of driver preference for map scales used in in-car route guidance and navigation systems. The following questions are addressed: "Which scales are preferred by drivers for performance of navigation tasks supported by an RGNS?", "What type of information with respect to different scales is most important for drivers in making decisions?" and "Do relationships exist among driver preference and spatial ability, experience with in-car navigation systems, educational background or gender?"

## Method

### Subjects

A total of 52 subjects (26 males and 26 females), with ages between 20 and 38 years (mean = 26, SD = 4.4), participated voluntarily in this experiment. All participants were residents of Presidente Prudente town located in Sao Paulo state, Brazil. To recruit subjects, the following criteria were applied:

valid driving license, regular driver for at least two previous years, and normal color vision. Subjects were divided into two equal-sized groups (group 1 and group 2) of 13 males and 13 females.

### Questionnaire and test of spatial ability

A questionnaire was designed to collect individual characteristics from the participants, i.e., educational background and information on the frequency of use of an in-car navigation system. A four-point scale was adopted to collect data on frequency of use of RGNSs: frequently (every week), occasionally (once a month), rarely (once or twice a year) and never (never used the system).

Spatial ability was measured using the Santa Barbara Sense of Direction Scale (SBSODS) (Hegarty et al. 2002). This test consists of a 15-item survey that asks for agreement or disagreement with statements referring to orientation, navigation and map use via a seven-point scale. All participant responses were averaged for a single sense of direction score.

### Apparatus

The experiment was performed during the day in a vehicle parked on the road. To enhance the driver's attention and comfort during the test, the vehicle was maintained with the engine running and the air conditioner turned on. A small-screen display (*tablet Asus*) was used as the navigational tool, more specifically, a seven-inch monitor set up for a 1024 x 768 pixel display. The small-screen display was placed in the vehicle dashboard on the right side of the steering wheel to represent the Head-Up Display (HUD) position. This location enhances performance for drivers who use in-car navigation systems (Wittmann et al. 2006).

The small-screen display was adopted to present the cartographic representations because although the maps for in-car navigation systems may be viewed on different platforms (smartphones, tablets, etc.), these systems commonly use small screens to present navigation information to drivers (e.g., screens smaller than seven inches). Additionally, we chose this apparatus because a similar display was used by Ramos et al. (2014b) in a preliminary study on the evaluation of subjective preference for graphic designs in RGNSs maps.

### Map scale selection

Cartographic representations were designed at four different scales, i.e., 1:1,000, 1:3,000, 1:6,000 and 1:10,000. These scales were chosen based on a set of criteria, i.e., display size used to present maps, types of navigation tasks developed during the driving task and scales adopted for commercial RGNSs maps. The display size limits the amount of legible information that can be exhibited on the map (Dogru et al., 2009; Marques et al., 2012).

Moreover, Burnett (1998) argues that drivers require different types of information in navigating along a route. Marques et al. (2012) adopted these two criteria to design automatic multi-scale maps for an RGNS prototype because these authors noted that map detail depends on the type of navigation tasks and media size and on which navigation information is presented.

Additionally, we assumed that the use of cartographic scales similar to those adopted for the commercial RGNSs maps would facilitate the study of driver satisfaction with the level of map detail presented by these systems to support navigation tasks. Thus, we used the results presented by Ramos et al. (2014a) on map scales adopted for RGNSs maps commercialized in different countries (including Brazil) to select the scales for the cartographic representations in this work.

### **Experimental route**

Navigation tasks occur in different cities of the world and on distinctive types of roads. To ensure that the cartographic representations showed a variety of types of urban roads, the set of criteria recommended by Pugliesi et al. (2009) was used to select the experimental route. These criteria included the traffic flow direction (one-way or two-way), the location of the roads (e.g., residential or central), the complexity of the maneuver (e.g., simple or complex) and the physical properties of the roads (width, length, etc.).

The experimental route is located in Alvares Machado town, which is situated next to Presidente Prudente. The route is composed of 13 decision points throughout its 3.4km length. These decision points were classified as simple or complex maneuvers. Simple maneuvers are decision points

at which the driver is provided with the navigation choice of turning right or left (Pugliesi et al. 2009). Complex maneuvers are decision points at which the driver is provided with several navigation choices that could make the decision process more difficult (Labiale 2001; Pugliesi et al. 2009).

Roundabouts are an example of complex maneuvers because they contain multiple exits. The experimental route includes three roundabouts with multi-exits. The route was divided into four similar components in such a manner that each component was represented with a different scale, as shown in Table 1.

### **Cartographic Representations**

To evaluate driver preference for the RGNS map scales, a set of cartographic representations were designed at four different scales (1:1,000, 1:3,000, 1:6,000 and 1:10,000) to support the navigation tasks in an urban route. Representations at small scales were derived from an accurate cartographic database at a scale of 1:1,000 by applying generalization techniques. All cartographic representations were constructed using ESRI ArcGIS software. Figure 1 and Figure 2 show selected representations from the first through sixth maneuvers of the route that were shown to the first group of drivers (Figure 1) and the second group (Figure 2), respectively. We adopted two different sequences to present representations across four scales to counterbalance the potential order effects.

To design cartographic representations at different scales, we applied seven fundamental operations of generalization: selection, collapse, exaggeration, displacement, aggregation, symbolization and abbreviation.

Table 1: Attributes of maneuvers in the experimental route and presentation order of scales for each driver group.

Maneuver number	Decision point	Navigation guidance	Complexity of maneuver	Scale order – drivers group 1	Scale order – drivers group 2
1	Intersection	Right turn	Simple	1:1,000	1:10,000
2	Intersection	Left turn	Simple	1:1,000	1:10,000
3	Roundabout - seven choices	4th exit	Complex	1:1,000	1:10,000
4	Intersection	Right turn	Simple	1:1,000	1:10,000
5	Intersection	Left turn	Simple	1:3,000	1:6,000
6	Roundabout - five choices	3rd exit	Complex	1:3,000	1:6,000
7	Intersection	Right turn	Simple	1:3,000	1:6,000
8	Intersection	Left turn	Simple	1:6,000	1:3,000
9	Intersection	Right turn	Simple	1:6,000	1:3,000
10	Intersection	Left turn	Simple	1:6,000	1:3,000
11	Intersection	Right turn	Simple	1:10,000	1:1,000
12	Intersection	Right turn and Immediately left turn	Simple	1:10,000	1:1,000
13	Roundabout - four choices	2nd exit	Complex	1:10,000	1:1,000

The information elements selected for cartographic representations at different scales are car (RGB=255,0,0), route (RGB=0,0,0), direction arrow (RGB= 0,255,0), railroad (RGB=230,0,200), street name (RGB= 0,0,0), and road network. Roads were divided into main (RGB=255,166,0) and secondary (RGB= 255,255,255) roads. According to the literature review, this set of elements represents the most important map elements used to support drivers in navigation tasks (Burnett, 1998; May et al., 2003).

The collapse operation was applied to represent the road network (e.g., Figure 2a). The collapse of a road into a single line at smaller scales allowed reduction of the amount of detail displayed on maps at scales of 1:6,000 and 1:10,000. Exaggeration is one of the more commonly applied generalization operations in which the aim is to amplify a specific component of an object to maintain clarity in the scale reduction (Slocum et al., 2009). The exaggeration operation was applied to represent the route element. A route consists of several segments that the driver will traverse during a journey (Lee et al., 2008). Thus, exaggeration of the route size on the map might allow drivers to more easily identify their locations in the road network.

The displacement operation was applied on a railroad element to separate it from the route when represented at scales of 1:6,000 (e.g., Figure 2f) and 1:10,000 (e.g., Figure 2d). The railroad was selected in the RGNS maps to provide spatial context for drivers. The displacement operation is used to counteract problems that arise when two or more map elements are in conflict due to proximity, overlap or coincidence (Shea and McMaster, 1992).

The direction arrow on RGNS maps intended to highlight the maneuver direction to aid drivers in understanding how to travel in the correct direction (Pugliesi et al., 2009). On the experimental route, if maneuvers were located close each other, coalescence between direction arrows occurred in the scale reduction. Shea and McMaster (1992) argue that many instances occur in which the density of points within a region prohibits symbolizing them individually within a map. Thus, to maintain the legibility of the map, the aggregation operation was applied to represent the direction arrow (e.g., Figure 2b). Because this operator involves the merging of multiple point features (Slocum et al., 2009), two direction arrows were merged into only one direction arrow.

The symbolization operation was applied after application of the collapse and aggregation operations. Additionally, the symbolization operator was applied as an independent operator to represent the arrow direction in the scale reduction. Figure 1j exemplifies a direction arrow before application of the symbolization operation, and Figure 2e shows the result.

Finally, the abbreviation operation was applied to label the street names on maps exhibited across four different scales. The results of this application are shown in Figures 1g, 1l, 2c and 2f. It must be noted that other street names are omitted on maps if they are not labeled as main roads or secondary roads directly linked to the chosen route.

To minimize the effect of design choices (information selection and symbolization) and to ensure that the main effect evaluated in the experimental procedure is the map scale, the cartographic representations were designed to display not only a consistent level of information across the four scales but also an equivalent map design across the variation of map scales. The map design was based on perceptive grouping and figure-ground segregation as noted by MacEachren (1995), Dent et al. (2009) and Slocum et al. (2009) for cartographic communication principles that should be considered in the design of maps. Additionally, driver preference for the color of the route and direction arrow were considered and adopted in the RGNS maps (Ramos et al. 2014b).

Cartographic representations were presented in heads-up orientation (egocentric view) and orthogonal view (2D maps) similar to the RGNS prototype developed by Marques et al. (2012). Navigation system manufacturers often allow drivers to choose between navigation displays with an orthogonal view (2D map) or a perspective view (3D map). However, the use of 3D maps has been associated with a higher visual demand than 2D maps (Lin et al. 2010). Lin et al. (2010) argue that the 3D representations of RGNSs developed by the industry require much more improvement to the map design for better efficacy.

Cartographic representations presented using the orthogonal view depict the car reaching the decision point 100 meters before the next maneuver. This distance was chosen to represent the tactical task according to previous work (Pugliesi et al. 2009; Marques et al. 2012). Although the navigation task involves different stages, we decide to simulate only the tactical task in this work because it is considered the most critical stage in navigation tasks. Because the tactical task consists of preparing to perform the maneuver (Michon 1985), it could overload the driver's cognitive and perceptive processing systems (Kaber et al. 2012).

To indicate the beginning of a tactical task in the navigation task, a beep was generated by the tablet's audio system. A total of 13 beeps were presented along the route, one before each maneuver. To simulate the car moving along the route, a set of cartographic representations was presented using Microsoft PowerPoint software. Each map along the route was shown for a duration of five seconds. This approach has been used in other studies related to the usability of in-car

navigation systems, e.g., Pugliesi and Decanini (2009) and Ramos et al. (2014b).



Figure 1a. Beginning of the navigation task. Scale = 1:1,000.

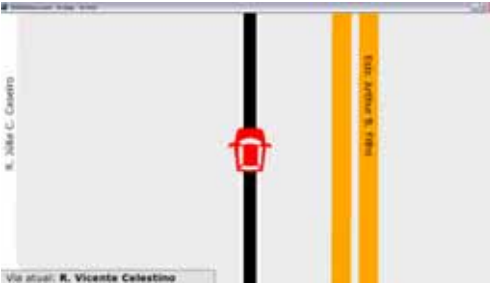


Figure 1b. Beginning of the tactical task for maneuver 1. Scale = 1:1,000.



Figure 1c. Tactical task for maneuver 1. Scale = 1:1,000.

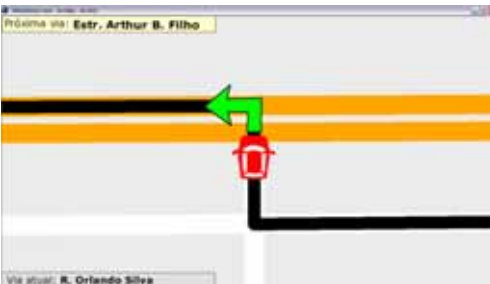


Figure 1d. Tactical task for maneuver 2. Scale = 1:1,000.



Figure 1e. Beginning of the tactical task for maneuver 3. Scale = 1:1,000.



Figure 1f. Tactical task for maneuver 3. Scale = 1:1,000.



Figure 1g. Maneuvering at the third turn. Scale = 1:1,000.



Figure 1h. Beginning of the tactical task for maneuver 4. Scale = 1:1,000.



Figure 1i. Tactical task for maneuver 4. Scale = 1:1,000.



Figure 1j. Beginning of the tactical task for maneuver 5. Scale = 1:3,000.





Figure 1k. Beginning of the tactical task for maneuver 6. Scale = 1:3,000.



Figure 2d. Beginning of the tactical task at maneuver 4. Scale = 1:10,000.



Figure 1l. Tactical task for maneuver 6. Scale = 1:3,000. Figure 1. Representations from the first through sixth maneuvers presented to the first group of drivers, as shown in Table 1.



Figure 2e. Beginning of the tactical task for maneuver 5. Scale = 1:6,000.



Figure 2a. Beginning of the navigation task. Scale = 1:10,000.



Figure 2f. Beginning of the tactical task for maneuver 6. Scale = 1:6,000.



Figure 2b. Beginning of the tactical task for maneuvers 1 and 2. Scale = 1:10,000.

Figure 2. Representations of the first through sixth maneuvers presented to the second group of drivers, as shown in Table 1.



Figure 2c. Beginning of the navigation task for maneuver 3. Scale = 1:10,000.

**Procedure**

The experiment was applied individually and took 20 minutes to complete. First, drivers entered the car, and the experimenter explained the purpose of the test. Next, drivers completed the questionnaire for individual characterization and the spatial ability test (SBSODS). Drivers were asked to sign a consent form before the experiment began. To familiarize drivers with the beep and the scales selected for the cartographic representations, the experimenter explained how the beep worked and presented examples using certain visual maps with different scales.

Before beginning the simulation, drivers were asked to assume that they would be taking a journey by car in an unknown town using an RGNS that presents maps at different scales. Drivers were also instructed to assume that they were driving, and thus, they should pay close attention to the road. To increase driver attention to the test, after hearing the beep, drivers were instructed to verbalize the maneuver direction as understood

from the map. Finally, to simulate the journey, the experimenter presented the cartographic representations to the driver for five seconds each to simulate the car motion along the route.

After finishing the simulation, the experimenter asked the following question: “Among the scales shown (1:1,000, 1:3,000, 1:6,000 and 1:10,000), what would be your order of preference, from first to fourth, for a navigation task using the RGNS and why?” Asking for drivers to justify the reason for scale choice was important to identify the scales that might have the potential to improve legibility of RGNS maps according to maneuver complexity. All driver preferences and opinions were collected using an audio recorder and questionnaire.

**Dependent and independent variables**

The dependent variable is related to the preference for four map scales. The independent variables are the factors related to the subject’s group and individual characteristics, i.e., spatial ability, experience with RGNS and educational background. Gender was taken as a group characteristic.

**Statistical analysis**

Data were processed using SPSS 16.0 (*Statistical Package for the Social Sciences Software*) and a confidence level of 95% (significance level less than or equal to .05). According to the distribution of the data, either parametric (2-sample T-test) or nonparametric analysis (chi-squared test -  $\chi^2$ , Friedman test -  $\chi^2_r$  or Cochran’s Q test) was used as recommended by Conover (1999). The Kolmogorov–Smirnov Z-test indicated that only the spatial ability data presented a normal probability distribution (p=0.2).

**Results**

**Map scale preference**

A comparison among maps was conducted to identify the order of preference for the four different scales of 1:1,000, 1:3,000, 1:6,000 and 1:10,000. As shown in Figure 3, maps at the 1:6,000 scale were the most preferred for support of in-car navigation tasks. According to the drivers’ comments, maps at this scale helped them to quickly and easily identify the direction to take for each maneuver.

The second most preferred map scale was 1:3,000, accounting for nearly 35% of driver preference. However, the least preferred scale was 1:1,000, occupying the fourth place for more than 90% of drivers. Thus, drivers preferred map scales in the following order of 1:6,000, 1:3,000, 1:10,000 and 1:1,000 to perform the navigation task (Figure 3). The Friedman test results ( $\chi^2_r=104.15$ ,  $p<0.0001$ ) corroborated that this order of preference for map scales is not random.

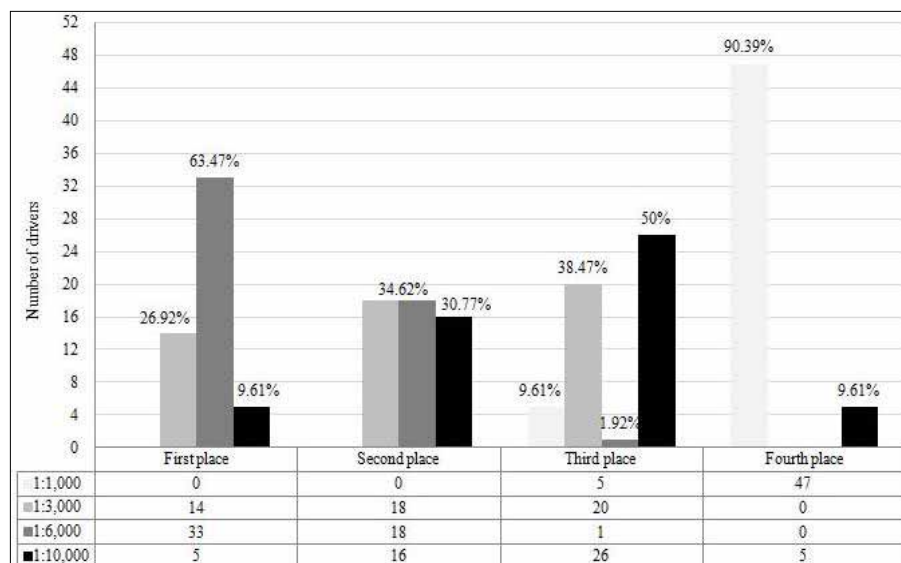


Figure 3. Order of preference for the four different map scales.

### Individual characteristics

Considering all 52 subjects, the mean score obtained for spatial ability was 4.175 (SD=0.46). The 2-sample test was conducted to compare the mean score between two groups of drivers (group 1 x group 2). The results did not reveal a significant difference ( $t=1.169$ ;  $p=0.248$ ), which indicates that both groups had quite similar spatial abilities. Thus, this result implied that the results of subjective preference for map scales are not dependent on differences in spatial ability.

The results from the 2-sample test also showed that the drivers' spatial ability was not related to either their gender ( $t=0.743$ ;  $p=0.461$ ) or educational background ( $t=-0.610$ ;  $p=0.545$ ). However, this test ( $t=2.469$ ;  $p=0.017$ ) suggested that drivers who frequently or occasionally use navigation systems displayed higher spatial ability scores than those who rarely or never used this type of system. Educational background was divided into two classes: A (32) and B (20). Class A was composed of subjects who had professional skills in map making, i.e., survey engineer, environmental engineer, geographer, architect and geologist, and class B was composed of subjects with no professional background in map making.

To verify the relationship between subjective preference for map scales and driver gender or individual characteristics (Figure 4), the Chi-square test was performed. The comparisons showed no significant relationship between those factors and the map scale ( $p>0.05$ ). Thus, this result implies that gender ( $\chi^2=2.073$ ,  $p<0.355$ ), educational background ( $\chi^2=2.551$ ,  $p<0.279$ ), spatial ability ( $\chi^2=1.198$ ,  $p<0.549$ ) and experience with navigation system ( $\chi^2=0.755$ ,  $p<0.685$ ) had no effect on the drivers' preference for the scales.

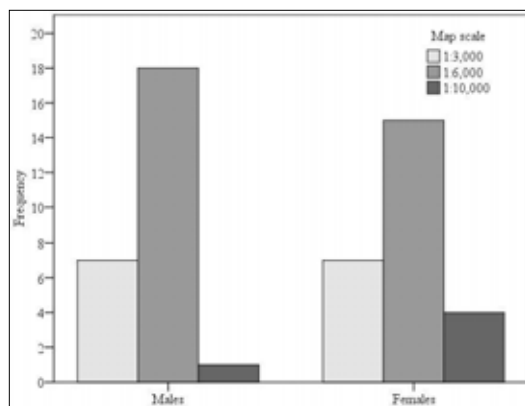


Figure 4a. Subject preference and driver genders.

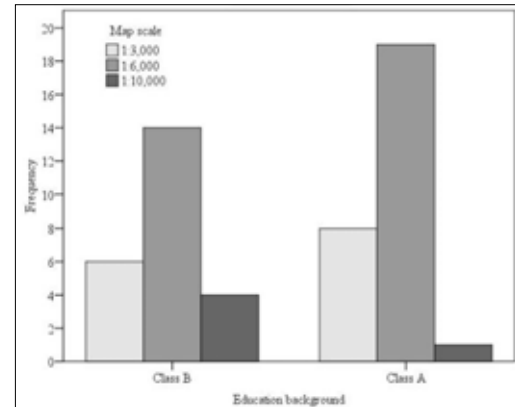


Figure 4b. Subject preference and driver backgrounds.

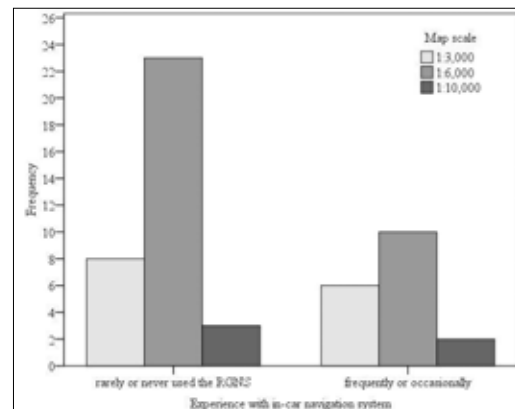


Figure 4c. Subject preference and driver experience with RGNSs.

Figure 4. Subject preference and driver characteristics.

### Information categories for maps of in-car navigation systems

The opinions provided by the 52 participants on each cartographic scale were analyzed in detail. Each type of navigation information provided to the drivers was classified into five different information categories: 'Direction of the next maneuver (DNM)', 'Current location on the route (CLR)', 'Distance remaining until the next maneuver (DRM)', 'Information on the next maneuvers (INM)', and 'Information on general surroundings of the route (IGS)'. These categories were defined based on the categorization scheme proposed by Burnett (1998) and May et al. (2003).

The use of these five categories allowed us to understand the 'context of driving' for the drivers and to identify what type of navigation information they require from RGNS maps. According to Dey (2001), 'context of driving' refers to the information from the environment that is most important to drivers in navigation. Table 2 presents the categorized navigation information and examples of comments provided by the drivers.

In this stage of work, two analyses were carried out. The first analysis was conducted to understand the intra-category relationships, i.e., to identify the types of information that were more frequently mentioned by drivers independent of the

chosen scale. The second analysis was conducted to understand the relationship between the information categories and the scales. Figure 5a shows that ‘Direction of the next maneuver’ (DNM) and ‘Information on general surroundings of the route’ (IGS) were the two categories with the highest frequency of use, and Cochran’s test revealed that these results were significant ( $Q=97.97, p<0.0001$ ).

The second analysis determined the most frequent categories used to explain preference for the 1:6,000 and 1:3,000 scales. For those drivers who selected 1:6,000 as the preferable map scale, DNM and IGS are the most frequently mentioned

categories (Figure 5b). For those drivers who selected 1:3,000, the highest frequency occurred for the DNM category. The use of these information categories was significant for 1:6,000 ( $Q=72.08, p<0.0001$ ) and 1:3,000 ( $Q=97.61, p<0.0001$ ), as indicated by Cochran’s test.

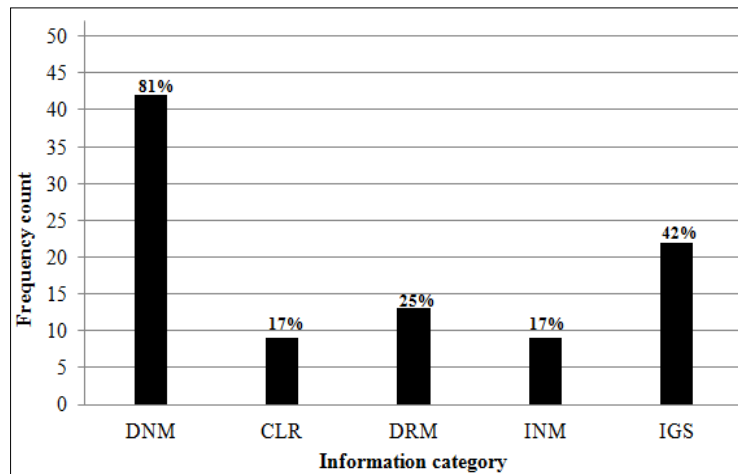
The lowest preference for 1:1,000 was justified due to the lack of DNM (67%), IGS (46%) and DRM (44%) information. Moreover, the driver comments for maps at the 1:10,000 scale primarily concentrated on the DNM and CLR categories. Positive and negative driver comments on the four scales adopted in this work are shown in Table 3.

Table 2. Information categories and examples of comments provided by drivers.

Information category	Description	Examples of driver comments
DNM	Direction of the next maneuver	“Shows the next maneuver well.” “Clearly informs me where I should turn.”
CLR	Current location on the route	“It is easy to find where I am on the route at this scale.” “I quickly recognize what street the vehicle is on.”
DRM	Distance remaining until next maneuver	“Shows upcoming maneuver in advance.” “Easy to identify the distance to the next maneuver.”
INM	Information on the next maneuvers	“I can see the following maneuvers.” “Helps to see details of the 2nd and 3rd following maneuvers.”
IGS	Information on general surroundings of the route	“Provides a general surroundings view of the route that I am navigating.” “Helps to maintain my sense of direction.”

Table 3. Driver comments on the map scales.

Scale	Positive comments	Negative comments
1:1,000	“I prefer to see specific details of the roundabout.” “I can identify the exit of the roundabout.”	“I can visualize the maneuver very closely”. “It does not offer me enough information for I am on the route.”
1:3,000	“It is easy to recognize the distance to the next maneuver.” “Better information on the maneuver direction.”	“I cannot analyze the elements near the route.” “I can only visualize the next maneuver.”
1:6,000	“It shows a general view of the route and I can find my position on it easily” “I can visualize the following maneuvers.”	“It does not describe the roundabout in detail.”
1:10,000	“It offers spatial context and it helps me to find alternative routes.” “I can visualize segments of the route after the performed maneuver.”	“It presents several road names; too much information on the map”. “Although I can visualize two or more following maneuvers, the next maneuver lacks detail”.



(a)

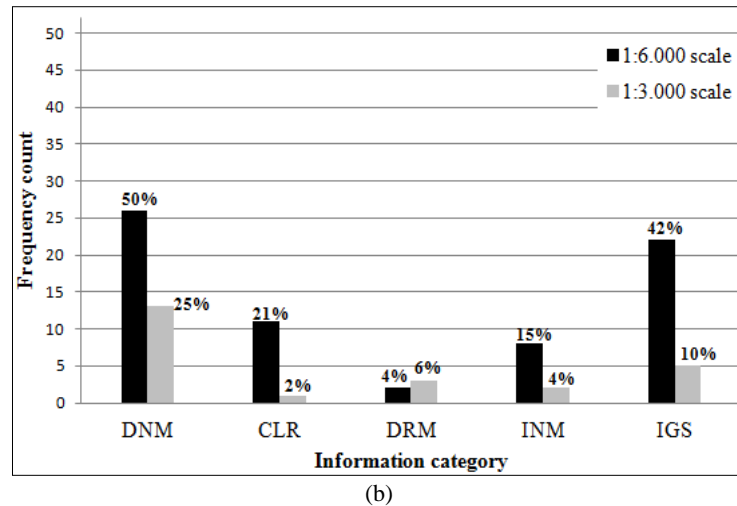


Figure 5. Information categories reported by all 52 participants (a), and information categories reported by participants who preferred maps at the 1:6,000 or 1:3,000 scale (b).

### Discussion

The results of the experimental procedure revealed that driver preference for map scale is not random. Drivers preferred to visualize maps at 1:6,000 to perform in-car navigation tasks using an RGNS. According to their comments, the 1:6,000 scale is correct for RGNS maps because it supports identification of the direction of the next and subsequent maneuvers and supplies information on the surroundings along the route. These results imply that a navigation map at the 1:6,000 scale establishes a proper relationship between the spatial information along the route and the details of the maneuver directions.

Considering the model proposed by Ross and Burnett (2001) in terms of how navigation occurs during a driving task, it is interesting to note that maps with a visual balance might support the driver at different stages of the navigation task, i.e., preview, identification, confirmation, trust, and orientation, and Figures 2e and 2f illustrate maps designed at 1:6,000 that might aid drivers in these different stages of the navigation task. The high frequency of 'Direction of the next maneuver' and 'Information on general surroundings of the route' categories appears to confirm these findings.

Another result obtained from the experimental procedure showed that the second most preferred cartographic representation was the 1:3,000 scale. Drivers noted that the main advantage of maps at this scale is that they support clear identification of the direction of the next maneuver. According to driver comments, this type of map is relevant primarily for roundabouts (Figure 1k and 1l). Drivers also mentioned that maps at 1:3,000 establish a proper relationship for the distance between car position and the next maneuver location compared with maps visualized at the 1:10,000 scale (Figure 2d). Two factors might explain why maps at 1:3,000 were not the most preferred. First, drivers visualized a total of

approximately two blocks and half in the display, and this view reduced the information on the spatial context of the route. According to Burnett (1998), drivers require information on the general surroundings of the route to maintain and trust their orientation during the navigation task. The second factor is that drivers could not visualize the subsequent maneuvers on the route when maps were displayed at 1:3,000 (Figure 1j). These two factors were confirmed by the low use of IGS and INM categories compared with the same categories used for maps at the 1:6,000 scale (Figure. 5b).

Cartographic representations at the 1:10,000 scale also present certain advantages to drivers in different stages of the in-car navigation task. When visualizing a map at this scale, drivers not only can identify the direction of the next maneuver and the distance remaining until the junction, but they also can analyze the layout of the following maneuvers of the route and the car position. However, a certain disadvantage of maps at the 1:10,000 scale is that they contain too much information, i.e., blocks and roads are shown on the map (Figure 1d). Other disadvantages are related to legibility problems that occurred on maps at 1:10,000. As illustrated in Figure 2b, the direction arrow and car symbol are merged, and these legibility problems do not support the drivers in the preview and identification stages because they affect both the distance until the next maneuver and the car location information on the route.

Both overload of information and legibility problems might result in complex maps, and this complexity might explain the low rate of preference obtained for the 1:10,000 scale (Figure 5). According to driver comments, maps showing a high number of elements (similar to maps at 1:10,000) make it difficult to obtain information on the maneuver direction. Difficulties related to the comprehension of maneuver directions on RGNS displays could negatively affect driver performance

in the task. Drivers reported that if they had to drive using a map at a 1:10,000 scale, they either would reduce the vehicle speed or likely make more numerous 'navigational errors'.

Among the four scales used in this work, the 1:1,000 scale was the worst option adopted for RGNS maps, according to driver comments (Figure 5). First, this scale allows no time to prepare for the next maneuver. Drivers complained that maps at this scale do not aid in the navigation task because the layout of the next maneuver cannot be visualized at the beginning of the tactical task (Figure 1b). Second, drivers argued that it was confusing to hear the beep without seeing the arrow direction for the maneuver on the map. Morett et al. (2009) argued that the information communication process is more effective when different modalities, i.e., visual and auditory, are used in combination. Performing an in-car navigation task using maps at 1:1,000 scale would likely not aid drivers in answering questions such as 'Am I near the next maneuver?', 'When should I turn?' and 'What is around me?'. Large scales appear to support drivers in particular situations of the navigation task, i.e., maneuver performance (Figure 1g), but not the identification stage (Figure 1c). Thus, the lack of synchrony between visual and auditory modalities and the fact that maneuver directions cannot be visualized at the beginning of the tactical task might explain why maps at the 1:1,000 obtained the lowest rates of preference among drivers.

The results of the experimental procedure also revealed that the most frequently reported information categories were 'Direction of the next maneuver' and 'Information on general surroundings of the route'. These findings suggest that the main concern of drivers is related to the identification stage (DNM) and the trust and orientation stages (IGS). This work corroborates findings from previous research i.e., Dingues and Hulse (1993); Ross et al. (1996), Burnett (1998); May et al. (2003), Wu and Zhang (2009) and Lavie et al. (2011).

### Conclusions and Recommendations

This paper presented a preliminary study on driver preference for scales used in maps for in-car route guidance and navigation systems. Four different questions were addressed in this work, and all questions were answered based on a controlled experiment performed with a group of drivers.

We concluded that driver preference for scales adopted on RGNSs maps was not related to gender, educational background, spatial ability or experience with the navigation system. Based on the evidence presented in this paper, we infer that drivers are required to clearly and quickly identify the direction of the maneuver and simultaneously receive information on the surroundings of the route to improve their spatial context in the

navigation task. Therefore, the scale selected for RGNS maps should be one that supports drivers in quickly identifying those categories of information that are most important to performing a successful navigation task.

Based on the study cases, we concluded that intermediate scales, i.e., 1:6,000 and 1:3,000, were more acceptable among drivers compared with large (1:1,000) and small (1:10,000) scales. This preference occurred because the use of a map at a scale larger than 1:3,000 did not support drivers in the preview stage because they not could form a mental image of the maneuver layout. The use of a map at a scale smaller than 1:6,000 did not help the drivers in the identification stage because the maneuver's legibility was reduced on the map.

Because quantifying driver acceptance of information presented by RGNSs is a rapid and low-cost procedure, it can be concluded that subjective preference is an important measure that should be considered by designers in the process of usability evaluations for RGNS maps. Driver opinions not only note the problems of cartographic communication on maps, but drivers also can report what types of information they must receive from the maps for processing the in-car navigation task.

Although our results are promising for the determination of the initial performance of maps used in RGNSs, further evaluation it is still needed to determine map usability in terms of objective measures, i.e., navigational errors and visual demand, because these are measures strictly related to the performance of drivers in a navigation task. Thus, we suggest field tests or driving simulator tests in which drivers can follow the route tasks using the maps designed in this work.

### References

- Burnett, G. E. 1998. *Turn right at the King's Head": Drivers' requirements for route guidance information*. PhD Thesis. Loughborough University, United Kingdom. 341 p.
- Burnett, G. E., G. Lawson, R. Donkor, Y. Kuriyagawa. 2013. Menu hierarchies for in-vehicle user-interfaces: Modelling the depth vs. breadth trade-off. *Displays*. v. 34, n. 1, p. 241-249.
- Ching-Torng, L., W. Hsin-Chieh, C. Ting-Yen, C. 2010. 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, n. 3, p. 330-336.
- Conover, W. J. 1999. *Practical nonparametric statistics*. 3<sup>rd</sup> ed. J. Wiley, New York, 584p.
- Dalton, P., P. Agarwal, N. Fraenkel, J. Baichoo, A. Masry. 2013. Driving with navigational instructions: Investigating user behaviour and performance. *Accident Analysis and Prevention*. v. 50, p. 298-303.

- Dent, B. D., J. S. Torguson, T. W. Hodler. 2009. *Cartography: Thematic Map Design*. 6<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill, Georgia, 368p.
- Dey, A. K. 2001. Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*. v. 5, n. 1, p. 4-7.
- Dillemath, J., K. Goldsberry, K. C. Clarke. 2007. 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.
- Dingus, T. A. and M. C. Hulse. 1993. Some human factors design issues and Recommendations for automobile navigation Information systems. *Transportation Research Part C*, v. 1, n. 2, p. 119-131.
- Dogru, A. O., C. Duchêne, N. Van de Weghe, S. Mustière, N. Ulugtekin. 2009. Generalization Approaches for Car Navigation Systems. In: *Proceedings of First National Workshop on Generalization and Multiple Representations*, Iznik, Turkey, p.1-10.
- Ei-Wen L. V., P. A. Green, A. Franzblau. 2011. Where Do People Drive? Navigation System Use by Typical Drivers and Auto Experts. *The journal of navigation*. v. 64, p. 357-373.
- Green, P., E. Hoekstra, M. Williams, C. Wen, K. George. Examination of a Videotape-Based Method to Evaluate the Usability of Route Guidance and Traffic Information Systems. 1993. *Technical report UMTRI*, Ann Arbor, MI, University of Michigan Transportation Research Institute. 90p.
- Hegarty, M., A. E. Richardson, D. R. Montello, K. Lovelace, I Subbiah. 2002. Development of a self-report measure of environmental spatial ability. *Intelligence*. v. 30, n. 5, p. 425-447.
- Ho, A., and Z. Li. 2004. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. *The Cartographic Journal*, v. 41, n. 3, p. 265-270.
- Iso (1998) 9241-11 - *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability*). International organization standardization, Switzerland. 28p.
- Kaber, D. B., Y. Liang, Y. Zhang, M. L. Rogers, S. Gangakhedkar. 2012. Driver performance effects of simultaneous visual and cognitive distraction and adaptation behavior. *Transportation Research Part F*. Elsevier. v. 15, n. 5, p.491-501.
- Labiale, G. 2001. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. *Behaviour & Information Technology*. v. 20, n. 3, p.149-158.
- Lavie, T., T. Oron-Gilad, J. Meyer. 2011. Aesthetics and usability of in-vehicle navigation displays. *International Journal of Human-Computer Studies*. v. 69, n. 1-2, p. 80-99.
- Lavie, T., T. Oron-Gilad. 2013. Perceptions of electronic navigation displays. *Behaviour & Information Technology*. v. 32, n. 8, p. 800-823.
- Lee, J., J. Forlizzi, S. Hudson. 2008. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. *International Journal of Human-Computer Studies*. v. 66, p.198-215.
- Li, B., K. Zhu, W. Zhang, A. Wu, X. Zhang. 2014. A comparative study of two wayfinding aids for simulated driving tasks – single-scale and dual-scale GPS aids. *Behaviour & Information Technology*. v. 33, n. 4, p- 361-371.
- Liu, Y. C. 2001. 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.
- Maceachren, A. M. 1995. *How maps work: Representation, Visualization and Design*. The Guilford Press, London, 513p.
- Marques, A. P. S., M. M. S. Decanini, E. A. Pugliesi. 2012. Sistema de Navegação e Guia de Rota áudio-dinâmico com múltiplas escalas automáticas. *Brazilian Journal of Cartography*. v. 1, n. 64, p. 57-68.
- May, A. J., T. Ross, S. H. Bayer. 2003. Drivers' Information Requirements when Navigating in an Urban Environment. *The Journal of Navigation*. v. 56, n. 1, p. 89-100.
- Michon, J. A. 1985. A critical view of driver behaviour models: what do we know, what should we do?. In: Evans, L., R. S. Schwing. *Human behaviour and traffic safety*. University of Groningen, New York: Plenum Press, 1985. P. 485-502.
- Morett, L. M., B. A. Clegg, L. D. Blalock, H. M. Mong. 2009. Applying multimedia learning theory to map learning and driving navigation. *Transportation Research Part F*. v. 12, n. 1, p. 40-49.
- Pugliesi, E. A., M. M. S. Decanini, V. M. Tachibana. 2009. 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.
- Pugliesi, E. A., M. M. S. Decanini, A. P. M. Ramos, Tsuchiya, I. 2013. Métodos para Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Navegação e Guia de Rota. *Brazilian Journal of Cartography*. v. 5, n. 65, p. 571-589.
- Pugliesi, E. A. and M. M. S. Decanini. 2009. Map or Turn-By-Turn: Which Modality do the Drivers Prefer for In-Car Route Guidance and Navigation Systems? *Bulletin of Geodetic Sciences*. v. 15, n. 1, p. 3-15.
- Ramos, A. P. M., E. A. Pugliesi, M. M. S. Decanini, R. F. Oliveira. 2014a. Escalas dos mapas de sistemas de guia de rota comercial. *Brazilian Journal of Cartography*. v. 1, n. 66, p. 195-207.

- Ramos, A. P. M., E. A. Pugliesi, M. M. S. Decanini, V. M. Tachibana. 2014b. Estudo preliminar da preferência de cor para rota e seta de manobra em mapas de sistemas de guia de rota. *Bulletin of Geodetic Sciences*. v. 20, n. 2, p. 317-333.
- Ramos, A. P. M., E. A. Pugliesi, M. M. S. Decanini, R. F. Oliveira, V. M. Tachibana. 2014c. Avaliação de erros navegacionais em sistema de navegação e guia de rota em automóvel com mapas em diferentes escalas. *Proceedings of XXVI Brazilian Congress of Cartography*, Gramado, Rio Grande do Sul, August 3-7, p. 1- 10. Accessed December 10. [www.cartografia.org.br/cbc/anais\\_listagem\\_3\\_cartografia-e-geointeligencia.html](http://www.cartografia.org.br/cbc/anais_listagem_3_cartografia-e-geointeligencia.html).
- Ramos, A. P. M., E. A. Pugliesi, M. M. S. Decanini, V. M. Tachibana. 2014d. Visual demand for maps at different scales of in-route guidance and navigation system. *Proceedings of 11<sup>th</sup> Symposium on Location Based Service*, Vienna, Austria, November 26-28, p. 1-10. Accessed December 10 [www.lbs2014.org/content/proceedings](http://www.lbs2014.org/content/proceedings).
- Ross, T. and G. Burnett. 2001. Evaluating the human-machine interface to vehicle navigation systems as an example of ubiquitous computing. *International Journal of Human-Computer Studies*. v. 55, n. 4, p. 661-674.
- Ross, T., K. Midtland, M. Fuchs, A. Pauzè, A. Engert, B. Duncan, G. Vaughan, M. Vernet, H. Peters, G. Burnett, A. May. 1996. *HARDIE design guidelines handbook: human factors guidelines for information presentation by ATT systems* (CEC DRIVE Project V2008 HARDIE, Deliverable 20). Luxembourg: European Commission Host Organization. 115p.
- Shea, K. S., R. B. McMaster. 1992. *Cartographic generalization in digital environment: when and how generalize*. In: *Proceedings of AUTOCARTO 9, ACM/ASPRS*, Baltimore, EUA. p.56-67.
- Slocum, T., R. McMaster, F. Kessler, H. Howard. 2009. *Thematic Cartography and Geovisualization*. 3rd ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 576p.
- Uang, S. T. and S. L. Hwang. 2003. 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.
- Wakabayashi, Y. 2011. Gender-related differences in the map use of in-vehicle navigation systems. In: *Proceedings of the International Cartographic Conference*, Paris, France. p. 1-14.
- Wickens, C. D., J. D. Lee, Y. Liu, S. G. Becker. 2004. *An Introduction to Human Factors Engineering*. 2nd ed. California: Pearson Prentice Hall. 608p.
- Wittmann, M., M. Kiss, P. Gugg, A. Steffen, M. Fink, E. Pöppel, H. Kamiya. 2006. Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied Ergonomics*. v. 37, n. 2, p. 187-199.
- Wu, A. and X. Zhang. 2009. Identifying Proper Scales on Digital Maps for In-Vehicle Navigation Systems. In: *Proceedings of Human Computer Interaction*, Berlin, Germany, p. 262-270.



## APÊNDICE G – Representações na escala 1:3.000 exibidas pelo protótipo de SINGRA.

Obs.: as telas foram capturadas para o instante de início da tarefa tática, isto é, imediatamente após o disparo do *beep*.



Figura 1 – Manobra 1.



Figura 2 – Manobra 2.



Figura 3 – Manobra 3.



Figura 4 – Manobra 4.

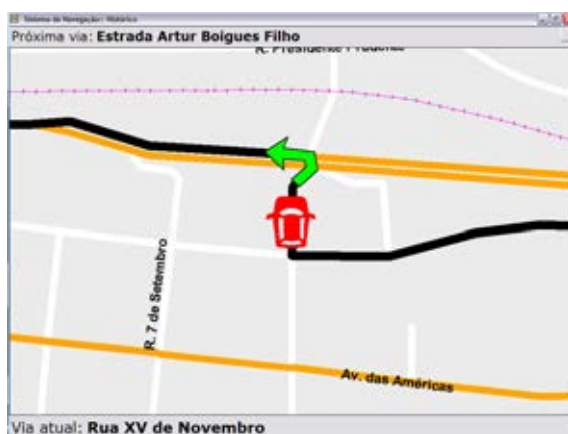


Figura 5 – Manobra 5.



Figura 6 – Manobra 6.



Figura 7 – Manobra 7.



Figura 8 – Manobra 8.



Figura 9 – Manobra 9.

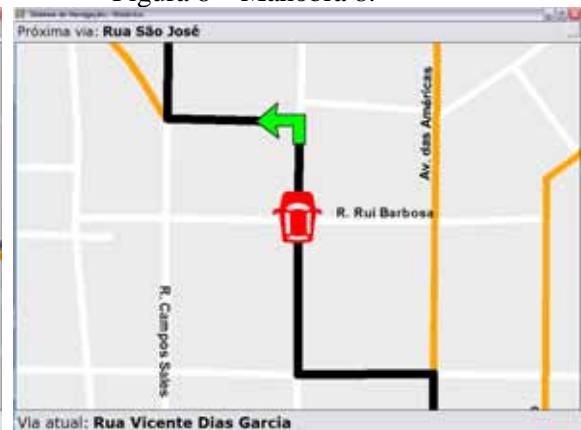


Figura 10 – Manobra 10.



Figura 11 – Manobra 11.



Figura 12 – Manobra 12.



Figura 13 – Manobra 13.

## APÊNDICE H – Representações na escala 1:6.000 exibidas pelo protótipo de SINGRA.

Obs.: as telas foram capturadas para o instante de início da tarefa tática, isto é, imediatamente após o disparo do *beep*.



Figura 1 – Manobra 1.

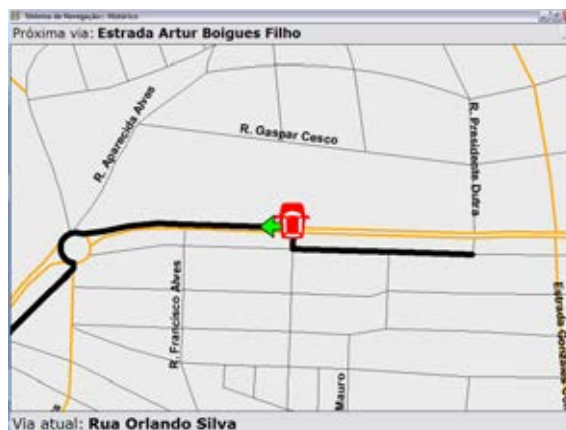


Figura 2 – Manobra 2.



Figura 3 – Manobra 3.



Figura 4 – Manobra 4.



Figura 5 – Manobra 5.

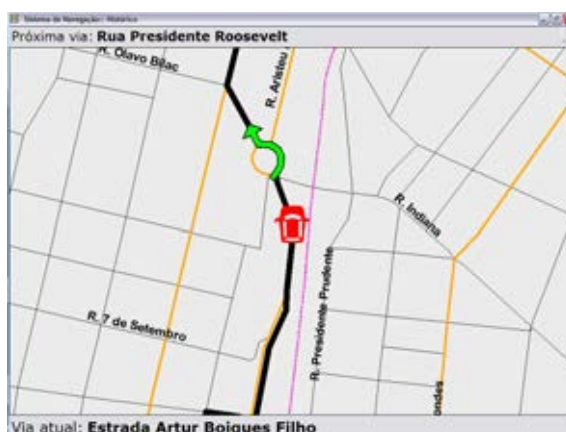


Figura 6 – Manobra 6.



Figura 7 – Manobra 7.



Figura 8 – Manobra 8.



Figura 9 – Manobra 9.



Figura 10 – Manobra 10.



Figura 11 – Manobra 11.



Figura 12 – Manobra 12.



Figura 13 – Manobra 13.

**APÊNDICE I – Questionário para levantamento das características individuais do motorista para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA**

**LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS INDIVIDUAIS DO MOTORISTA**

Número do participante: \_\_\_\_\_

**1. Dados pessoais**

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_ anos                      Sexo: ( ) feminino ( ) masculino

Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

**2. Escolaridade e profissão**

2.1. Marque com um (x) seu nível de escolaridade e especifique-o:

Pós-Doutorado: \_\_\_\_\_

Doutorado: \_\_\_\_\_

Mestrado: \_\_\_\_\_

Especialização: \_\_\_\_\_

Graduação: \_\_\_\_\_

Curso técnico: \_\_\_\_\_

Ensino médio: \_\_\_\_\_

Se estiver cursando, por favor, indique o ano: \_\_\_\_\_

2.2. Informe sua profissão atual: \_\_\_\_\_

**3. Experiência com direção e viagens**

3.1 Indique há quantos anos você dirige: \_\_\_\_ anos.

3.2 Indique o tipo de transporte que você mais dirige:

( ) carro de passeio ( ) caminhonete ( ) ônibus ( ) caminhão ( ) motocicleta

3.3 Indique qual o número de dias por semana você dirige: \_\_\_\_ dias.

3.4 Indique o período em que você mais dirige

( ) dia ( ) noite ( ) aproximadamente igual para ambos

3.5 Você costuma realizar viagens turísticas?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, com que frequência?

( ) mais de uma vez por ano ( ) uma vez por ano ( ) raramente

Qual o meio de transporte mais utilizado: \_\_\_\_\_

3.6 Nos últimos 02 anos você fez alguma viagem dirigindo automóvel?

Sim  Não

3.7 Considerando a resposta fornecida no item 3.6, a maioria ocorreu em:

local conhecido  local desconhecido  aproximadamente igual para ambos

#### 4. Experiência com mapas e sistemas de navegação

4.1 Com que frequência você utiliza mapas (ex.: guias turísticos, *Google maps*, *map link*, etc.)?

- frequentemente (uma ou mais vezes por semana)  
 ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)  
 raramente (uma ou duas vezes por ano)  
 nunca

4.2 Com que frequência você utiliza GPS de navegação para dirigir?

- frequentemente (uma ou mais vezes por semana)  
 ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)  
 raramente (uma ou duas vezes por ano)  
 nunca

4.3 Com que frequência você, enquanto passageiro do automóvel, utiliza GPS de navegação para auxiliar o motorista na direção?

- frequentemente (uma ou mais vezes por semana)  
 ocasionalmente (no máximo uma vez por mês)  
 raramente (uma ou duas vezes por ano)  
 nunca

#### 5. Características oftalmológicas

5.1 Você tem algum tipo de deficiência na visão (ex.: miopia, astigmatismo, hipermetropia, etc.)?

Sim  Não

Se sim, se souber, especifique o tipo:

- miopia  
 astigmatismo  
 hipermetropia  
 outro

Utiliza óculos para dirigir?

Sim  Não

5.2 Você tem algum tipo de deficiência na visão de cores (ex.: daltonismo)?

Sim  Não

Obrigada pela sua participação!

## APÊNDICE J – Roteiro do teste para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA

### ROTEIRO DO TESTE PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SINGRA

**Objetivo do teste:** Avaliar o desempenho de um grupo de motoristas brasileiros ao realizar a tarefa de navegar por uma rota auxiliado por um “GPS de navegação”.

#### Cenário do teste:

1. Suponha que o(a) Sr.(Sra.) deverá viajar para uma cidade desconhecida e terá que utilizar um GPS de navegação em seu automóvel para alcançar o destino de interesse (ex.: casa de um amigo);
2. Para realizar a navegação pela rota que levará o(a) Sr.(Sra.) até o destino de interesse, o(a) Sr.(Sra.) deverá fazer manobras (ex.: “vire à direita”, “vire à esquerda”, “pegue a 1ª saída na rotatória”, etc.), bem como seguir cada trecho da rota (tarefa de manutenção em trecho da rota) definidos a priori;  
**OBS.:** manobra refere-se à mudança de via; enquanto um trecho de rota compreende um trecho entre duas manobras.
3. Será apresentado um manual de símbolos do “GPS de navegação” para familiarizar o(a) Sr.(Sra.) com os mapas que serão exibidos durante sua viagem. O(A) Sr.(Sra.) verá os mapas em um monitor de navegação localizado no painel do automóvel;
4. Suponha que a viagem do(a) Sr.(Sra.) seja para a cidade de Álvares Machado/SP. Um vídeo de uma rota percorrida com um automóvel nesta cidade será apresentado em uma tela de projeção, a qual está posicionada em frente ao automóvel. Simultaneamente à apresentação do vídeo da rota, será feita a reprodução da trajetória do automóvel pela rota por meio dos mapas do “GPS de navegação”;
5. A principal tarefa do(a) Sr.(Sra.) será prestar atenção no vídeo como se estivesse dirigindo o automóvel nesta rota. Ao mesmo tempo, o(a) Sr.(Sra.) deverá seguir a orientação do “GPS de navegação” por meio de consultas ao monitor de navegação (olhadas rápidas);
6. Um  sinal de beep será disparo pelo “GPS de navegação” para alertar o(a) Sr.(Sra.) sobre a aproximação da manobra. Portanto, logo após o disparo do beep, o(a) Sr.(Sra.) deverá consultar o mapa para identificar qual direção tomar na manobra e, em seguida, informar, em voz alta, o sentido da manobra (ex.: esquerda, direita, qual saída na rotatória, etc.). Não se preocupe se achar que sua resposta está “incorreta”, ignore e continue prestando atenção no vídeo;
7. Cuidado para não fazer longas consultas ao monitor, pois o automóvel estará em movimento. Lembre-se: um dos principais fatores na direção de um automóvel que causam acidentes é a distração da via, portanto, preste atenção no vídeo da rota;
8. Consulte rapidamente o(a) experimentador(a) em caso de dúvidas durante o teste.
9. Sinta-se à vontade e ignore a presença do(a) experimentador(a).
10. O teste começará assim que o(a) Sr.(Sra.) confirme uma posição favorável, e terá início com o toque do sinal de beep.
11. Tempo total do teste: 01 hora.

## APÊNDICE K – Termo de consentimento livre e esclarecido para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Contexto da pesquisa:** este teste faz parte da pesquisa realizada pela doutoranda Ana Paula Marques Ramos no Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC) da FCT/UNESP, a qual ocorre sob a orientação da Profa. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini do departamento de Cartografia da FCT. O objetivo desta pesquisa é avaliar a usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SINGRA) ou popularmente denominado de “GPS de navegação”.

**Participantes do teste:** motoristas brasileiros com experiência na direção de automóvel.

**Natureza do teste:** o Sr.(Sra.) está sendo convidado(a) a participar de um teste que tem por finalidade verificar o desempenho de um grupo de motoristas brasileiros ao realizar a tarefa de navegar por uma rota auxiliado por um “GPS de navegação”. O conhecimento obtido no teste poderá contribuir para melhorar a **usabilidade** destes sistemas, pois os resultados permitirão projetar e produzir mapas de acordo com as preferências, capacidades e limitações perceptivas e cognitivas dos motoristas.

**OBS.:** um sistema tem usabilidade quando permite que o usuário alcance seus objetivos (eficácia) de uma forma fácil (eficiência) e com satisfação.

**Envolvimento no teste:** ao participar deste teste, o(a) Sr.(Sra.) permitirá que o(a) experimentador(a) realize a coleta dos seguintes dados:

- (i) Demanda visual. Este dado será obtido pela filmagem da face do(a) Sr.(Sra.) enquanto estiver realizando a tarefa de navegar por uma rota auxiliado por um “GPS de navegação”;
- (ii) Erro navegacional. Este dado será obtido pela gravação da voz do(a) Sr.(Sra.), bem como pelo formulário que será preenchido pelo(a) experimentador(a), no momento em que o(a) Sr.(Sra.) indicar, em voz alta, qual a direção da próxima manobra ao realizar a tarefa de navegar por uma rota auxiliado por um “GPS de navegação”;
- (iii) Carga mental de trabalho subjetiva. Este dado será obtido após o(a) Sr.(Sra.) finalizar a tarefa de navegar por uma rota auxiliado por um “GPS de navegação”, por meio de um questionário que o(a) Sr.(Sra.) responderá;
- (iv) Preferência. Este dado será obtido após o(a) Sr.(Sra.) finalizar a tarefa de navegar por uma rota auxiliado por um “GPS de navegação”, por meio de um questionário que o(a) experimentador(a) preencherá a partir das respostas que o(a) Sr.(Sra.) fornecerá, as quais também serão gravadas em áudio.

Sempre que necessitar, o(a) Sr.(Sra.) poderá solicitar mais informações ao(à) experimentador(a), porém antes de iniciar o teste. Além disso, o(a) Sr.(Sra.) tem a liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase do teste sem qualquer prejuízo para o Sr.(Sra.).

#### Explicação do ambiente do teste:

- O teste ocorrerá em um simulador de direção, o qual está localizado em um laboratório na FCT/UNESP. O simulador é composto por um automóvel adaptado e equipamentos necessários para a realização do teste, tais como projetor multimídia, tela de projeção para exibição da rota, monitor de navegação para exibição dos mapas, notebooks, câmara de filmagem, sistema de som, cabos, etc.
- O automóvel estará equipado com um monitor de navegação sobre o painel para simular um “GPS de navegação”. Além disso, uma(s) câmara(s) será(ão) posicionada(s) dentro do veículo para capturar os dados de demanda visual e erro navegacional enquanto o(a) Sr.(Sra.) realiza a tarefa de navegar por uma rota;
- O(A) Sr.(Sra.) será convidado a entrar no automóvel e a realizar os ajustes necessários, tais como se sentar, regular o banco e por o sinto de segurança, como se estivesse se preparando para iniciar a direção do automóvel;

**Riscos e desconforto:** a participação neste teste não infringe as normas legais e éticas e não envolve nenhum tipo de risco à saúde física e (ou) mental do(a) Sr.(Sra.). Os procedimentos adotados no teste obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos aplicados oferece riscos à sua dignidade.

**Confidencialidade:** todos os dados coletados neste teste são estritamente confidenciais. Somente o(a) experimentador(a) terá conhecimento de sua identidade e este se compromete a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados desta pesquisa.

**Benefícios:** ao participar deste teste o(a) Sr.(Sra.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, espera-se que esta pesquisa produza informações importantes sobre as preferências, capacidades e limitações dos motoristas ao realizarem a tarefa de navegar por uma rota, auxiliados por SINGRA. Com o conhecimento que será adquirido nesta pesquisa, pretende-se apoiar a indústria automobilística na produção de “GPS de navegação”.

**Pagamento:** o Sr.(Sra.) não terá nenhum tipo de despesa para participar deste teste, bem como nada será pago por sua participação. Após estes esclarecimentos e caso não haja dúvidas a respeito do teste, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar do experimento.

#### Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto que recebi cópia deste termo de consentimento, manifesto ainda meu consentimento em participar do teste, bem como autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo, conforme o previsto no item confidencialidade.

\_\_\_\_\_  
Nome do Participante do teste

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

  
Assinatura do Orientador

**Pesquisadora:** Ana Paula Marques Ramos – Doutoranda (18)99703-2268

**Orientadora:** Prof. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini - (18) 3229-5512

**Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa:** Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

**Vice-Coodenadora:** Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526 / E-mail [cep@fct.unesp.br](mailto:cep@fct.unesp.br)



### APÊNDICE L – Manual de símbolos para avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA



Figura 1 – Tela inicial do manual de símbolos.

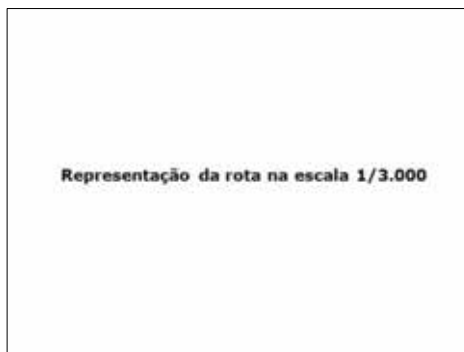


Figura 2 – Tela para introduzir a representação na escala 1:3.000.



Figura 3 – Representação escala 1:3.000.

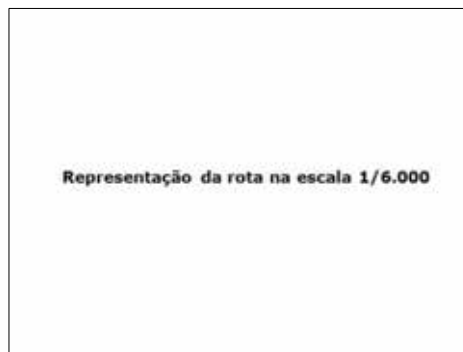


Figura 4– Tela para introduzir a representação na escala 1:6.000.



Figura 5 – Representação na escala 1:6.000



Figura 6 – Tela para introduzir o som de beep.

**APÊNDICE M – Formulário de coleta dos dados de erro navegacional para a avaliação da usabilidade de representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA**

**FORMULÁRIO DE COLETA DOS DADOS DE ERRO NAVEGACIONAL PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SINGRA**

Número do participante: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_ Data da avaliação: \_\_\_\_\\_\_\_\\_\_\_

Mapa na escala: \_\_\_\_\_

Nº da Manobra	Direção da manobra		Perdeu a manobra	Confundiu a direção da manobra
	Direita	Esquerda		
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				

## APÊNDICE N – Questionário para avaliação do índice de carga mental de trabalho subjetiva no teste de usabilidade das representações em diferentes escalas para SINGRA

### QUESTIONÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CARGA MENTAL DE TRABALHO SUBJETIVA

Número do participante: \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Data da avaliação: \_\_\_\_\\_\_\_\_\\_\_\_\_

Mapa na escala: \_\_\_\_\_

#### O que é carga mental de trabalho?

A carga mental de trabalho é um termo utilizado para descrever o quanto uma tarefa (ex.: dirigir um automóvel utilizando um GPS de navegação) demanda de processamento mental e esforço físico do ser humano.

#### Portanto...

**Passo 1:** Considere a tarefa de dirigir em um simulador de direção e seguir as instruções de um GPS de navegação.

**Passo 2:** Usando as escalas apresentadas na folha seguinte, por favor, conceda notas (marque com um x) para os mapas apresentados no GPS de navegação, a fim de mensurar o índice de carga mental de trabalho que estas representações geraram em você.

**Passo 3:** Antes de conceder as notas, por favor, leia a tabela abaixo que descreve as seis variáveis (escalas) utilizadas para mensurar o índice de carga mental de trabalho subjetiva.

Quadro 1 – Descrição das escalas multidimensionais da técnica NASA TLX.

Escala	Limite	Descrição
Exigência mental	Baixo - Alto	Quanto a tarefa de dirigir e consultar um mapa de SINGRA foi perceptiva e mentalmente exigente?
Exigência física	Baixo - Alto	Quanto a tarefa de dirigir e consultar um mapa de SINGRA foi fisicamente exigente ?
Exigência temporal	Baixo - Alto	Quanto a tarefa de dirigir se tornou rápida, por ter que consultar um mapa de SINGRA para receber as instruções de navegação?
Nível de esforço	Baixo - Alto	Quanto de esforço mental e físico foi necessário para dirigir com segurança e consultar um mapa de SINGRA?
Nível de satisfação	Baixo - Alto	Quanta satisfação foi sentida ao realizar a tarefa de dirigir e consultar um mapa de SINGRA?
Nível de frustração	Baixo - Alto	Quanto de insegurança e estresse foi sentido ao realizar a tarefa de dirigir e consultar um mapa de SINGRA?

Fonte: Adaptado de Hart e Staveland (1988), Burnett (1998), Corrêa (2003) e Oliver (2007).

Observação: Cada escala contém um total de 10 graduações, fracionadas de meio em meio, sem a presença de números. Para conceder as notas, marque-as nas graduações de cada uma das escalas.

Quadro 2 – Escalas multidimensionais da técnica NASA TLX.



**APÊNDICE O – Formulário de coleta dos dados de preferência por representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA**

**FORMULÁRIO DE COLETA DOS DADOS DE PREFERÊNCIA POR REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS EM DIFERENTES ESCALAS PARA SINGRA**

Número do participante: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Data da avaliação: \_\_\_\_\\_\_\_\_\\_\_\_\_

**PRIMEIRA PARTE:**

Na preparação para a realização de manobra simples diagonal (tarefa tática), qual escala você prefere:

( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

---



---



---



---

**SEGUNDA PARTE:**

Para a realização da tarefa de manutenção em trecho de rota, qual escala você prefere:

( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

---



---



---



---

**TERCEIRA PARTE:**

Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal (tarefa tática), qual escala você prefere:

( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

---



---



---



---

**QUARTA PARTE:**

Na preparação para a realização de manobra complexa (tarefa tática), qual escala você prefere:

( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

---



---



---



---

**QUINTA PARTE:**

De forma geral, para a realização da tarefa de navegação, qual escala você prefere:

( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

---



---



---



---

### APÊNDICE P – Material para o teste de preferência por representações cartográficas em diferentes escalas para SINGRA

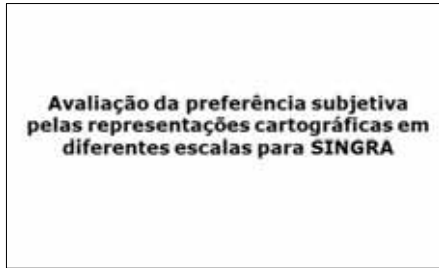


Figura 1 – Tela inicial do teste de preferência por representações em diferentes escalas para SINGRA

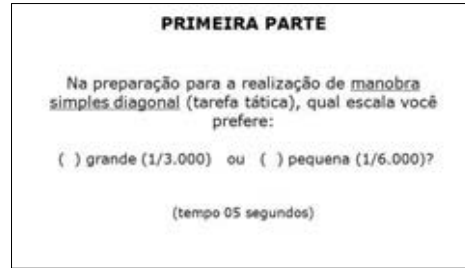


Figura 2 – Tela com a primeira questão do teste de preferência.



Figura 3 – Representação na escala 1:3.000 para a exemplificação da tarefa tática em manobra simples



Figura 4 – Representação na escala 1:6.000 para a exemplificação da tarefa tática em manobra



Figura 5 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência dos mapas de SINGRA.

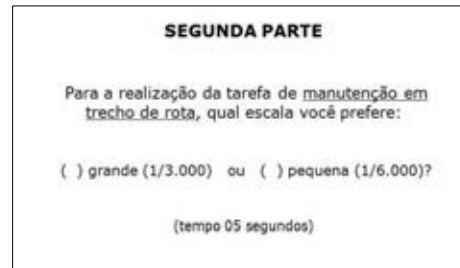


Figura 6 – Tela com a segunda parte e questão do teste de preferência pelas escalas.



Figura 7 – Representação na escala 1:3.000 para a ilustração da tarefa de manutenção em trecho de



Figura 8 – Representação na escala 1:6.000 para a ilustração da tarefa de manutenção em trecho



Figura 9 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência dos mapas de SINGRA.

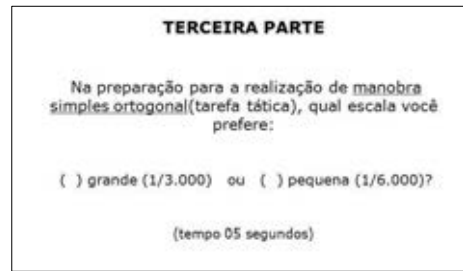


Figura 10 – Tela com a terceira parte e questão do teste de preferência.



Figura 11 – Representação na escala 1:3.000 para a exemplificação da tarefa tática em manobra simples ortogonal.



Figura 12 – Representação na escala 1:6.000 para a exemplificação da tarefa tática em manobra simples ortogonal.

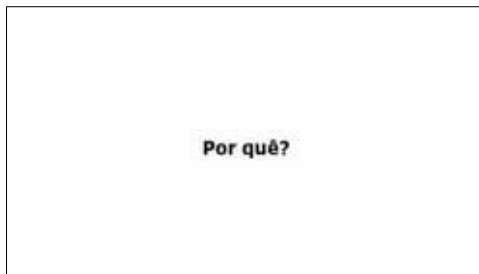


Figura 13 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência dos mapas de SINGRA.

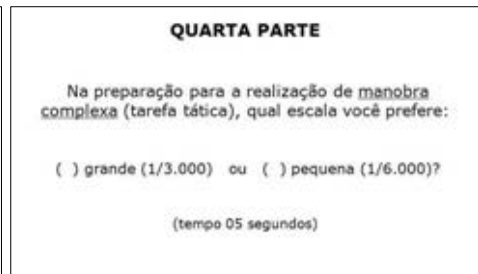


Figura 14 – Tela com a quarta parte e questão do teste de preferência subjetiva.



Figura 15 – Representação na escala 1:3.000 para a exemplificação da tarefa tática em manobra complexa.



Figura 16 – Representação na escala 1:6.000 para a exemplificação da tarefa tática em manobra complexa.

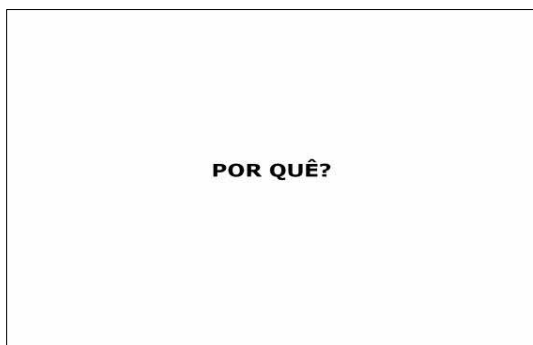


Figura 17 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência pela escala de mapas de SINGRA.

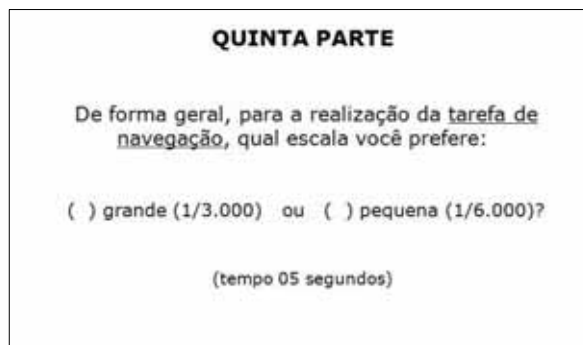


Figura 18 – Tela com a quinta parte e questão do teste de preferência.

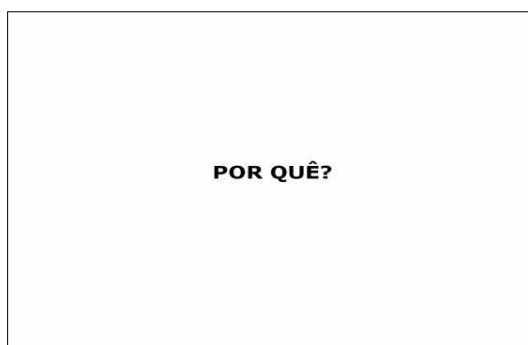


Figura 19 – Tela com a pergunta sobre a justificativa pela preferência pela escala de mapas de SINGRA.



**APÊNDICE Q – Organização dos dados de habilidade espacial coletados pelo teste SBSOD de Hegarty et al. (2002)**

Tabela 1 - Organização dos dados de habilidade espacial coletados pelo teste SBSOD e estatística descritiva.

Gênero	Número do participante	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Média	Desvio-padrão	Variável indicadora. A = Alto senso de direção; B = Baixo senso de direção
Masculino	p1	2	6	3	2	5	6	1	7	1	6	6	7	7	4	7	5,3	2,29	B
Masculino	p3	2	3	3	2	7	1	1	7	2	3	6	7	1	7	5	6,2	2,43	A
Masculino	p4	1	7	1	1	5	7	5	7	2	7	7	7	6	1	7	5,3	2,69	B
Masculino	p6	2	6	7	1	7	3	1	7	3	2	7	7	6	2	5	5,6	2,44	B
Masculino	p9	2	2	3	3	2	5	1	6	2	6	6	7	6	2	5	6,1	2,03	A
Masculino	p10	2	7	4	2	2	6	2	7	1	7	7	7	7	1	7	5,4	2,61	B
Masculino	p12	2	3	2	1	1	6	1	7	1	7	6	7	7	1	6	6,1	2,70	A
Masculino	p13	4	6	5	4	7	3	1	6	2	6	6	6	6	3	6	5,3	1,79	B
Masculino	p14	1	3	2	5	7	2	6	6	5	6	7	7	7	6	2	5,2	2,18	B
Masculino	p15	1	6	2	2	7	2	1	7	1	3	7	7	6	5	6	5,8	2,51	B
Masculino	p16	2	3	3	2	5	4	2	6	2	4	5	1	6	6	4	6,3	1,68	A
Masculino	p17	2	7	7	2	7	6	4	6	6	6	7	6	1	3	3	5,1	2,13	B
Masculino	p20	1	3	3	2	7	5	1	7	1	1	7	7	7	5	5	5,9	2,53	A
Masculino	p23	2	4	4	1	7	3	2	7	2	7	7	7	7	4	4	5,5	2,26	B
Masculino	p26	2	4	2	2	7	5	2	6	3	6	6	7	4	3	6	5,7	1,91	B
Masculino	p28	1	7	3	1	3	6	2	7	1	7	7	7	7	1	7	5,5	2,75	B
Masculino	p29	2	3	4	2	6	1	4	5	2	1	2	7	4	6	5	6,4	1,92	A
Masculino	p31	1	3	2	2	3	5	1	6	1	6	7	7	6	6	6	5,9	2,33	A
Masculino	p32	1	6	2	1	7	4	1	7	1	4	7	7	7	1	6	5,9	2,70	A
Masculino	p33	2	7	2	2	4	5	1	6	2	6	7	7	5	3	7	5,6	2,23	B
Masculino	p41	3	1	2	2	7	3	1	4	1	7	7	7	7	1	7	6,0	2,67	A
Masculino	p45	2	1	2	2	7	7	1	7	2	1	7	7	4	1	7	6,1	2,75	A
Masculino	p46	3	2	2	4	7	6	2	6	2	1	7	7	1	7	4	5,9	2,37	A
Masculino	p50	1	3	1	1	5	3	4	4	4	3	1	7	1	7	2	6,9	2,07	A

Masculino	p51	3	1	3	2	1	5	1	5	2	1	5	2	5	5	7	7	5	3	5	6,5	1,88	A
Masculino	p52	4	2	5	2	6	4	2	4	2	1	3	2	7	7	6	2	6	6,4	1,96		A	
Feminino	p2	5	2	5	5	5	2	1	6	2	3	7	7	7	7	3	6	5,6	2,1		B		
Feminino	p5	5	7	1	1	2	3	3	1	6	7	1	7	1	5	2	6,5	2,4		A			
Feminino	p7	5	7	5	7	6	3	1	5	1	2	2	7	7	6	6	5,3	2,3		B			
Feminino	p8	3	5	5	2	7	2	1	6	2	7	6	7	7	5	3	5,5	2,2		B			
Feminino	p11	5	3	6	5	7	1	1	5	5	1	6	7	2	7	2	5,8	2,3		B			
Feminino	p18	7	1	7	4	7	1	4	1	4	1	4	7	1	7	7	5,8	2,7		B			
Feminino	p19	5	4	7	7	7	2	4	3	4	2	4	7	1	6	1	5,7	2,2		B			
Feminino	p21	2	3	4	2	5	5	1	6	2	6	7	7	7	3	6	5,6	2,1		B			
Feminino	p22	4	6	3	4	7	6	3	6	6	6	4	7	6	2	5	5,0	1,6		B			
Feminino	p24	2	1	3	2	3	2	1	6	1	2	6	7	7	3	6	6,5	2,3		A			
Feminino	p25	5	4	7	5	7	3	4	4	7	4	5	7	4	4	5	5,0	1,4		B			
Feminino	p27	2	7	2	1	2	2	1	7	1	7	7	7	7	6	7	5,6	2,8		B			
Feminino	p30	4	2	3	1	6	6	1	6	2	6	6	6	7	6	6	5,7	2,1		B			
Feminino	p34	3	6	3	3	1	4	1	6	3	6	6	6	7	3	5	5,9	1,9		A			
Feminino	p35	6	7	7	2	7	3	3	3	6	1	7	7	1	6	6	5,2	2,3		B			
Feminino	p36	3	2	3	2	1	3	1	6	2	3	3	7	7	3	6	6,5	2,0		A			
Feminino	p37	2	6	4	4	7	1	1	6	2	1	6	7	3	5	1	6,3	2,3		A			
Feminino	p38	3	6	3	3	7	5	1	6	2	6	6	7	2	2	6	5,7	2,1		B			
Feminino	p39	2	7	5	6	7	6	7	1	7	5	5	7	1	1	3	5,3	2,4		B			
Feminino	p42	1	6	5	2	7	6	3	7	2	1	7	7	7	3	3	5,5	2,4		B			
Feminino	p44	1	3	7	2	7	2	1	7	5	3	6	7	2	3	4	6,0	2,3		A			
Feminino	p40	4	3	2	3	6	5	1	6	2	1	3	7	1	2	4	6,7	2,0		A			
Feminino	p43	1	1	1	1	4	4	1	7	1	7	7	7	1	1	7	6,6	2,8		A			
Feminino	p47	4	2	7	4	5	1	1	5	4	1	4	7	2	7	3	6,2	2,1		A			
Feminino	p48	4	7	1	1	7	1	1	7	3	1	7	7	3	7	2	6,1	2,7		A			
Feminino	p49	5	4	4	4	5	6	2	6	2	3	2	7	2	6	1	6,1	1,9		A			

Obs.: média igual a 5,8 ( $\pm 2,3$ ).

**APÊNDICE R – Organização dos dados de habilidade espacial coletados no teste PT/SOT de Hegarty e Waller (2004).**

Tabela 1 - Organização dos dados de habilidade espacial coletados pelo teste PT/SOT e estatística descritiva.

Gênero	Número do participante	*Q1: 123°	Q2: 237°	Q3: 83°	Q4: 156°	Q5: 319°	Q6: 235°	Q7: 333°	Q8: 260°	Q9: 280°	Q10: 48°	Q11: 26°	Q12: 150°	Erro médio (graus)	Desvio - padrão (graus)	Erro médio (0 a 10)	Nº de questões respondido	Nº médio de vezes que confundiu direita com esquerda	Variável indicadora. A e B são Alto e Baixo senso de orientação espacial, respectivamente.
Masculino	p1	1°	8°	7°	19°	2°	16°							8,8	7,3	9,95	6	0	A
Masculino	p3	51°	14°	57°	8°	5°	25°	5°	27°					24,0	20,4	9,12	8	0	A
Masculino	p4	65°	70°	39°	42°									54,0	15,8	7,46	4	2	B
Masculino	p6	21°	4°	68°	2°	4°	35°	3°						19,6	24,7	9,36	7	0	A
Masculino	p9	221°	21°	41°	6°	6°	13°	4°	36°					43,5	73,1	8,04	8	1	B
Masculino	p10	20°	12°	44°	17°	8°	4°	4°	10°	10°				14,3	12,3	9,65	9	0	A
Masculino	p12	25°	11°	6°	5°	3°	20°	10°	2°	10°	16°	15°	5°	10,7	7,1	9,85	12	0	A
Masculino	p13	0°	107°	20°	16°	10°	5°	5°						23,3	37,5	9,16	7	1	A
Masculino	p14	82°	33°	58°	15°	3°	20°	13°	24°					31,0	26,4	8,73	8	1	B
Masculino	p15	14°	13°	5°	7°	1°	22°	3°	22°	2°	12°	7°	4°	9,3	7,3	9,93	12	0	A
Masculino	p16	9°	1°	14°	2°	13°	14°							8,8	6,0	9,95	6	0	A
Masculino	p17	7°	29°	59°	3°	4°	88°	24°	9°					27,9	30,7	8,90	8	1	A
Masculino	p20	7°	33°	6°	5°	12°	12°	22°	3°	4°	6°	1°	0°	9,3	10,5	9,93	12	0	A
Masculino	p23	35°	108°	4°	11°	8°	19°	3°	2°	48°	7°			24,5	33,0	9,09	10	1	A
Masculino	p26	10°	16°	23°	0°	58°	19°	14°						20,0	18,3	9,34	7	0	A
Masculino	p28	75°	29°	204°	4°	17°	30°	1°	52°	11°	13°	7°	9°	37,7	56,7	8,36	12	2	B
Masculino	p29	0°	88°	39°	16°	4°	125°	13°	10°	244°	25°	8°	14°	48,8	72,1	7,74	12	3	B
Masculino	p31	104°	8°	7°	9°	6°	18°							25,3	38,8	9,04	6	1	A
Masculino	p32	85°	45°	29°	11°	1°	75°	15°	56°	31°	4°	6°	41°	33,3	28,0	8,60	12	3	B
Masculino	p33	28°	2°	15°	43°	2°	14°	287°	10°	6°	13°	11°		39,2	83,0	8,28	11	2	B
Masculino	p41	113°	36°	1°	10°	272°	216°							108,0	113,9	4,48	6	3	B
Masculino	p45	27°	9°	7°	8°	12°	26°	1°	45°					16,9	14,6	9,51	8	0	A
Masculino	p46	10°	33°	187°	4°	49°	20°	11°	80°	72°	24°	5°	9°	42,0	52,4	8,12	12	1	B
Masculino	p50	90°	94°	187°	7°	229°	207°	195°	72°	148°	132°	297°	95°	146,1	80,3	2,37	12	7	B
Masculino	p51	20°	11°	7°	3°	5°	23°	3°	6°	2°	8°	3°	0°	7,6	7,2	10,02	12	0	A
Masculino	p52	9°	5°	5°	17°	8°	7°	10°	22°	22°	3°	27°	7°	11,8	8,0	9,79	12	0	A



## APÊNDICE S – Procedimento de extração dos dados de demanda visual

A extração dos dados de demanda visual ocorreu por meio do *Microsoft Windows Movie Maker* a partir da reprodução, ‘quadro a quadro’, do vídeo gravado durante a tarefa de navegação. A reprodução ‘quadro a quadro’ é realizada usando as ferramentas ‘Quadro anterior’ e ‘Próximo quadro’ do *Windows Movie Maker*. Este *software* permite recuperar o vídeo em centésimos de segundo (0,08 segundos para cada quadro) garantindo analisar, em detalhes, os quadros do vídeo.

O procedimento de extração dos dados foi iniciado com a edição do vídeo da rota, para coincidir a posição inicial do vídeo ao primeiro disparo de *beep* realizado pelo protótipo de SINGRA, o qual define o início da tarefa de navegação. Depois, fez-se a edição do vídeo de cada participante para que a posição inicial de cada vídeo correspondesse a posição inicial do vídeo da rota.

Posteriormente, determinou-se o tempo de duração da tarefa tática para cada uma das 13 manobras da rota. O tempo de duração da tarefa tática corresponde ao intervalo de tempo transcorrido entre o momento de disparo do *beep* até o início da tarefa operacional (realização da manobra). Para isto, fez-se a reprodução do vídeo da rota pausadamente no *Windows Movie Maker*. Observou-se um tempo distinto de duração da tarefa tática nas 13 manobras da rota (Tabela Q.1). O tempo de preparação para a manobra é dependente de fatores como comprimento do trecho de rota, fluxo de veículos e de pedestres na via, velocidade permitida na via e presença de obstáculos. Assim, para que se pudesse comparar a demanda visual dos motoristas, seja em razão da variação no nível de complexidade da manobra ou da escala do mapa, adotou-se o menor tempo comum de duração da tarefa tática para todas as manobras da rota. Este tempo foi denominado de ‘tempo de ação compatível’, e correspondeu a 11 segundos restantes até a manobra. Por fim, fez-se a edição do vídeo de cada participante para que se pudesse manter somente os trechos relativos ao tempo de ação compatível para cada manobra. A partir dessas etapas foi possível identificar o instante de início e fim de cada olhada, e quantificar a demanda visual em termos do número de olhadas, duração mínima da olhada, duração máxima da olhada, duração média da olhada e soma das olhadas.

Tabela 1 – Extração dos dados de demanda visual – tempo de ação da tarefa tática.

Manobras	Início da tarefa tática (disparo do <i>beep</i> )	Fim da tarefa tática	Tempo de ação da tarefa tática
M1	00m20,32s	00m33s	00m12,68s
*M2	00m43,04s	00m45s	00m1,96s
M3	01m9,36s	01m16s	00m6,64s
M4	02m13,28s	02m29s	00m15,72s
M5	02m31,12s	02m53s	00m21,88s
M6	03m25,20s	03m44s	00m18,80s
M7	04m1,52s	04m13s	00m11,48s
M8	04m14,88s	04m32s	00m17,12s
M9	04m34,72s	04m56s	00m21,28s
M10	05m15,84s	05m27s	00m11,16s
M11	05m33,12s	05m48s	00m14,88s
M12	06m36,28s	06m47,33s	00m11,05s
M13	07m22,72s	07m38s	00m15,28s

Obs.: \*A manobra de número dois (M2) foi desconsiderada do cálculo do menor tempo comum de duração da tarefa tática.

## APÊNDICE T – Organização dos dados de demanda visual para um participante.

A Tabela 1 apresenta a organização dos dados extraídos na análise do movimento dos olhos de um participante, para a quantificação da demanda visual em termos do número de olhadas, duração mínima da olhada, duração máxima da olhada, duração média da olhada e soma das olhadas. Esta tabela contém ainda o instante inicial e o instante final de cada olhada em cada uma das manobras de interesse nas análises. Os dados das manobras M1 e M2 foram desconsiderados nas análises, pois tais manobras foram utilizadas como uma etapa de treinamento para os motoristas no teste.

Tabela 1 – Organização dos dados de demanda visual para o tempo de ação compatível.

Escala do mapa	Manobra	Instante		Quantificação da demanda visual					
		Inicial	Final	Duração da olhada	Duração mínima	Duração média	Duração máxima	Soma da olhada	Número de olhadas
Mapa na escala 1:3.000	M3	1min08,00s	1min08,48s	0,48s	0,48s	1,39s	1,84s	4,16s	3
		1min10,16s	1min12,00s	1,84s					
		1min12,96s	1min14,80s	1,84s					
	M4	2min13,76s	2min15,12s	1,36s	1,36s	2,19s	3,04s	6,56s	3
		2min20,72s	2min22,88s	2,16s					
		2min25,92s	2min28,96s	3,04s					
	M5	2min31,60s	2min32,80s	1,20s	0,80s	1,28s	1,84s	6,40s	5
		2min34,32s	2min35,84s	1,52s					
		2min39,68s	2min40,48s	0,80s					
		2min45,76s	2min46,80s	1,04s					
		2min48,80s	2min50,64s	1,84s					
	M6	2min31,60s	2min32,80s	1,20s	1,44s	2,45s	4,08s	7,36s	3
		3min25,76s	3min29,84s	4,08s					
		3min30,40s	3min32,24s	1,84s					
	Mapa na escala 1:6.000	M7	3min34,64s	3min36,08s	1,44s	0,48s	1,09s	2,88s	6,56s
4min1,60s			4min2,08s	0,48s					
4min2,80s			04min3,76s	0,96s					
4min5,60s			4min8,48s	2,88s					
4min8,80s			4min9,76s	0,96s					
4min10,16s			4min10,96s	0,80s					
4min11,44s			4min11,92s	0,48s					
M8		4min1,60s	4min2,08s	0,48s	0,72s	0,85s	0,96s	2,56s	3
		4min15,36s	4min16,32s	0,96s					
		4min17,60s	4min18,48s	0,88s					
M9		4min23,20s	4min23,92s	0,72s	1,04s	2,48s	3,92s	4,96s	2
		4min35,44s	4min36,48s	1,04s					
M10		4min38,48s	4min42,40s	3,92s	0,72s	0,88s	1,04s	1,76s	2
		5min15,92s	5min16,64s	0,72s					
M11		5min24,16s	5min25,20s	1,04s	0,88s	0,88s	0,88s	0,88s	1
		5min33,60s	5min34,48s	0,88s					
M12		6min37,44s	6min38,48s	1,04s	0,72s	1,04s	1,36s	3,12	3
		6min38,72s	6min40,08s	1,36s					
		6min41,36s	6min42,08s	0,72s					
M13		7min22,72s	7min23,68s	0,96s	0,64s	1,65s	3,04s	8,24	5
		7min23,76s	7min24,40s	0,64s					
	7min24,80s	7min27,12s	2,32s						
	7min28,80s	7min30,08s	1,28s						
		7min31,92s	7min33,96s	3,04s					

Obs.: Dados referentes ao participante de número 1 (p1). Este participante iniciou a tarefa de navegação utilizando o mapa na escala 1:3.000 (manobras de 3 a 6) e finalizou esta tarefa utilizando mapas na escala 1:6.000 (manobras 7 a 13).

## APÊNDICE U – Respostas fornecidas pelos motoristas para informação a direção das manobras.

Quadro 1 - Respostas fornecidas pelos motoristas para informar a direção das manobras da rota.

Gênero	Nº partic.	M1 - à direita	M2 - à esquerda	M3 - 4ª saída na rotatória	M4 - à direita	M5 - à esquerda	M6 - 3ª saída na rotatória	M7 - à direita	M8 - à esquerda	M9 - à direita	M10 - à esquerda	M11 - 1ª saída à direita	M12 - Direita e, em seguida, esquerda	M13 - 2ª saída na rotatória; fazer a rotatória e continuar na mesma via
Masculino	p1	direita	esquerda	3º saída, depois a 1º à direita	direita	esquerda	3º saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	Fazer a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p3	direita	esquerda	Passa a rotatória e vira a 2º à direita	direita	esquerda	Passa a rotatória e vira a 3º à direita	Seguir em frente, direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	Passa a rotatória e vira a 1º à direita
Masculino	p4	direita	esquerda	1º à esquerda e à direita	direita	esquerda	à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	2º saída
Masculino	p6	direita	esquerda	2º saída à direita	direita	esquerda	3º saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	1º saída à direita
Masculino	p9	direita	esquerda	2º entrada	direita	esquerda	3º entrada	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	1º entrada na rotatória
Masculino	p10	direita	esquerda	2º saída	direita	esquerda	3º saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	2º saída
Masculino	p12	direita	esquerda	3º saída à direita	direita	esquerda	2º saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	2º saída
Masculino	p13	direita	esquerda	1º saída à direita	direita	esquerda	3º saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	Fazer a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p14	direita	esquerda	Seguir à direita, seguir à diante	direita	esquerda	3º saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita	Rotatória à direita
Masculino	p15	direita	esquerda	Fazer a rotatória e sair pela Dom. Pedro	direita	esquerda	3º saída à direita	leve curva direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita e depois esquerda	Fazer a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p16	direita	esquerda	Rotatória a 2º à direita	direita	esquerda	Rotatória a 3º à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita e esquerda	Fazer a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p17	direita	esquerda	1º à direita	direita	esquerda	Faço a rotatória	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Direita e esquerda	Faço a rotatória e sigo na mesma via
Masculino	p20	direita	esquerda	Fazer a rotatória e pegar a próxima à	direita	esquerda	3º saída na rotatória	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	direita e depois à esquerda	Fazer a rotatória e seguir na mesma via

Masculino	p23	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída na rotatória	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	4° saída na rotatória
Masculino	p26	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Contornar e pegar a 2° saída
Masculino	p28	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	Tomar a 3° saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída
Masculino	p29	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	Rotatória à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Rotatória à direita
Masculino	p31	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída
Masculino	p32	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída
Masculino	p33	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída à direita	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Fazer a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p41	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	Contornar a rotatória, 3° saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Contornar à direita
Masculino	p45	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída na rotatória	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Contornar a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p46	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	2° saída na rotatória	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	Fazer a rotatória e seguir na mesma via
Masculino	p50	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída na rotatória	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída na rotatória
Masculino	p51	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	Rotatória 3° saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída na rotatória
Masculino	p52	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	3° saída	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída
Feminino	p2	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	Seguir a esquerda e pegar a direita	direita	esquerda	Seguir a esquerda e pegar a 3° direita	esquerda	esquerda	esquerda	direita	esquerda	Seguir em frente à direita	Pegar para direita, pegar para a esquerda e pegar para direita.
Feminino	p5	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	2° saída	direita	esquerda	3° saída	esquerda	esquerda	esquerda	direita	esquerda	direita	2° saída
Feminino	p7	direita	esquerda	direita	esquerda	esquerda	Virar à esquerda e à direita	direita	esquerda	Virar à direita depois da rotatória	esquerda	esquerda	esquerda	direita	esquerda	direita	Fazer a rotatória, 1° à direita







**APÊNDICE V – Organização dos dados de erro navegacional em função da escala de representação do mapa.**

Quadro 1 - Organização dos dados de erro navegacional.

Gênero	Nº partic.	Variável indicadora. A = mapa na escala 1:3.000; B = mapa na escala 1:6.000	M1 - à direita	M2 - à esquerda	M3 - 4ª saída na rotatória	M4 - à direita	M5 - à esquerda, após o cruzamento sinuoso	M6 - 2ª saída na rotatória	Variável indicadora. A = mapa na escala 1:3.000; B = mapa na escala 1:6.000	M7 - à direita	M8 - à esquerda	M9 - à direita	M10 - à esquerda	M11 - 1ª saída à direita	M12 - 2ª saída à direita	M13 - 2ª saída na rotatória
Masculino	p1	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p3	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	1
Masculino	p4	B	0	0	1	0	0	1	A	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p6	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	1	1
Masculino	p9	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	1
Masculino	p10	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p12	B	0	0	1	0	0	1	A	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p13	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p14	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	1	1
Masculino	p15	A	0	0	0	0	0	0	B	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p16	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p17	A	0	0	1	0	0	1	B	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p20	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p23	A	0	0	0	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p26	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p28	B	0	0	0	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p29	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	1
Masculino	p31	A	0	0	0	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p32	A	0	0	0	0	0	0	B	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p33	B	0	0	0	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p41	A	0	0	1	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	1
Masculino	p45	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0
Masculino	p46	B	0	0	1	0	0	1	A	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p50	A	0	0	0	0	0	0	B	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p51	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	1	0
Masculino	p52	B	0	0	1	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0	0



## APÊNDICE W – Organização dos dados de índice de carga mental de trabalho subjetiva.

Tabela 1 - Organização dos dados de índice de carga mental de trabalho subjetiva e estatística descritiva.

Gênero	Nº partic.	Variável indicadora. A = mapa na escala 1:3.000; B = mapa na escala 1:6.000	Exigência mental (EM)	Exigência Física (EF)	Exigência Temporal (ET)	Nível de Esforço (NE)	Nível de Frustração (NF)	*Media	*Desvio-padrão	Nível de Satisfação (NS)
Masculino	p1	B	6,5	0,5	4,5	7,5	5,5	4,90	2,70	3,5
Masculino	p3	B	2,0	1,0	5,5	2,5	7,0	3,60	2,53	4,5
Masculino	p4	A	8,0	6,0	9,0	9,0	5,0	7,40	1,82	5,0
Masculino	p6	A	7,5	4,5	7,5	4,5	5,5	5,90	1,52	0,5
Masculino	p9	B	3,0	8,5	3,5	3,0	5,0	4,60	2,33	7,0
Masculino	p10	B	3,5	1,5	1,5	3,5	0,5	2,10	1,34	7,5
Masculino	p12	A	4,0	3,0	5,0	7,0	1,0	4,00	2,24	8,0
Masculino	p13	A	0,5	0,5	1,0	2,0	0,0	0,80	0,76	10
Masculino	p14	A	6,0	4,0	1,0	2,0	1,0	2,80	2,17	8,0
Masculino	p15	B	5,0	1,0	5,0	1,0	2,5	2,90	2,01	8,5
Masculino	p16	B	7,0	3,0	8,0	7,0	6,0	6,20	1,92	5,0
Masculino	p17	B	2,5	2,5	6,5	2,5	2,5	3,30	1,79	7,5
Masculino	p20	A	6,0	1,0	3,0	8,0	0,5	3,70	3,23	8,0
Masculino	p23	B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	10,0
Masculino	p26	A	4,0	1,0	5,5	5,5	3,0	3,80	1,89	6,5
Masculino	p28	A	2,0	0,5	0,5	1,0	0,0	0,80	0,76	10,0
Masculino	p29	B	7,0	5,0	4,0	8,0	5,0	5,80	1,64	8,0
Masculino	p31	B	3,0	3,0	5,0	6,5	8,0	5,10	2,19	9,0
Masculino	p32	B	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	7,40	0,55	2,0
Masculino	p33	A	5,0	0,0	0,0	3,0	1,0	1,80	2,17	10,0
Masculino	p41	B	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	10,0
Masculino	p45	A	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	1,20	1,64	8,0
Masculino	p46	A	9,0	7,0	8,0	10,0	6,0	8,00	1,58	1,0
Masculino	p50	B	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,60	0,22	10,0

Masculino	p51	A	2,0	1,0	7,0	2,0	2,0	2,0	2,80	2,39	7,0
Masculino	p52	A	2,0	1,0	7,0	2,0	2,0	2,0	2,60	2,51	8,0
Feminino	p2	A	2,0	0,0	7,00	3,0	6,0	3,60	2,88	5,0	5,0
Feminino	p5	B	7,0	9,0	6,0	8,0	0,0	6,00	3,54	3,0	3,0
Feminino	p7	B	1,0	2,0	2,0	7,0	1,0	2,60	2,51	3,0	3,0
Feminino	p8	A	3,5	1,5	2,5	8,5	2,5	3,70	2,77	6,5	6,5
Feminino	p11	B	5,0	3,0	8,0	4,0	0,0	4,00	2,92	7,0	7,0
Feminino	p18	B	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,10	0,22	10,0	10,0
Feminino	p19	B	3,0	2,0	4,5	6,5	1,0	3,40	2,16	8,0	8,0
Feminino	p21	B	2,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,30	0,67	9,0	9,0
Feminino	p22	A	5,0	3,0	3,0	8,0	3,0	4,40	2,19	7,0	7,0
Feminino	p24	A	3,0	0,0	2,0	0,5	1,0	1,30	1,20	9,0	9,0
Feminino	p25	A	4,0	3,0	2,0	5,0	8,0	4,40	2,30	6,5	6,5
Feminino	p27	B	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,80	0,45	9,5	9,5
Feminino	p30	A	5,5	9,5	5,5	8,5	8,5	7,50	1,87	8,5	8,5
Feminino	p34	A	6,0	3,0	5,0	6,0	2,0	4,40	1,82	8,0	8,0
Feminino	p35	B	2,0	0,0	0,0	10,0	0,0	2,40	4,34	7,0	7,0
Feminino	p36	B	3,5	5,0	4,0	8,5	1,5	4,50	2,57	8,0	8,0
Feminino	p37	B	2,0	0,0	2,0	1,0	0,0	1,00	1,00	10,0	10,0
Feminino	p38	A	10,0	0,0	9,0	8,0	10,0	7,40	4,22	4,0	4,0
Feminino	p39	A	4,0	1,0	2,0	2,0	0,0	1,80	1,48	10,0	10,0
Feminino	p42	B	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,60	0,89	10,0	10,0
Feminino	p44	B	3,0	0,0	4,0	3,5	1,0	2,30	1,72	8,5	8,5
Feminino	p40	A	4,0	2,0	0,0	5,0	7,0	3,60	2,70	8,0	8,0
Feminino	p43	A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	10,0	10,0
Feminino	p47	A	1,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,60	0,89	10,0	10,0
Feminino	p48	A	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,40	0,22	9,0	9,0
Feminino	p49	B	2,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,00	0,71	9,0	9,0

Obs.: \* A média e o desvio-padrão foram calculados considerando-se apenas cinco componentes: EM, EF, ET, NE, NF; portanto, desconsiderando-se a componente NS.

## APÊNDICE X – Lista de comentários dos motoristas a respeito dos mapas em diferentes escalas.

**PRIMEIRA PARTE** - Na preparação para a realização de manobra simples diagonal (tarifa tática), qual escala você prefere: ( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

**Participante 01:** "1:6.000. Oferece visão ampla da rota. Me sinto mais seguro. Foco só na manobra é ruim."

**Participante 02:** "1:3.000. Oferece uma melhor noção da manobra. Foca a manobra. Não preciso de uma visão mais ampla da rota neste caso."

**Participante 03:** "1:3.000. Ajuda a saber exatamente onde virar. Não tenho interesse em ter uma visão mais ampla da rota neste caso."

**Participante 04:** "1:3.000. Foca a manobra. Estimo melhor a distância até a manobra."

**Participante 05:** "1:6.000. Vejo o mapa no todo."

**Participante 06:** "1:6.000. Vejo o entorno da rota. Me localizo melhor."

**Participante 07:** "1:3.000. Detalha melhor a manobra."

**Participante 08:** "1:6.000. Detalha a manobra e permite me localizar na rota."

**Participante 09:** "1:3.000. Como a preocupação é a manobra, este mapa realça melhor a manobra. Não preciso de contexto neste caso, apenas os detalhes da manobra."

**Participante 10:** "1:3.000. Vejo melhor o quanto falta até a manobra. Tenho melhor noção de distância."

**Participante 11:** "1:3.000. Me oferece certeza sobre a direção da manobra. Me oferece mais segurança."

**Participante 12:** "1:6.000. Me permite ver a próxima manobra e pelo menos duas manobras seguintes. Olharia menos para o GPS se dirigisse com esse mapa."

**Participante 13:** "1:6.000. Consigo ver com clareza onde virar, e o mapa ainda me ajuda a ver o todo da rota."

**Participante 14:** "1:6.000. Me oferece mais amplitude do que há em volta da rota."

**Participante 15:** "1:3.000. Vejo bem a manobra e tenho melhor percepção de distância até a manobra."

**Participante 16:** "1:3.000. Mantenho melhor a noção de distância até a manobra."

**Participante 17:** "1:6.000. Detalha a manobra. Posso ver a próxima e a manobra seguinte."

**Participante 18:** "1:3.000. Foca mais a manobra."

**Participante 19:** "1:3.000. Fica mais fácil saber a direção da manobra."

**Participante 20:** "1:3.000. Vejo melhor onde virar. Tenho melhor noção de distância."

**Participante 21:** "1:3.000. Melhor noção de distância. Mais rápido de ver a direção da manobra."

**Participante 22:** "1:6.000. Me situo melhor na rota. Contextualizo melhor a direção da manobra na rota."

**Participante 23:** "1:3.000. Tenho mais noção de distância até a manobra na rota e vejo bem qual direção tomar."

**Participante 24:** "1:3.000. Realça mais a manobra. Mais fácil de ver a manobra."

**Participante 25:** "1:3.000. Mais fácil de ver a manobra."

**Participante 26:** "1:3.000. Com este mapa é mais fácil de fazer a manobra."

**Participante 27:** "1:6.000. Me oriento melhor com este mapa."

**Participante 28:** "1:3.000. Consigo identificar melhor a direção da manobra."

**Participante 29:** "1:3.000. Consigo ter melhor noção de distância até a manobra."

**Participante 30:** "1:3.000. Tenho melhor noção de distância até a manobra."

**Participante 31:** "1:6.000. Me oriento melhor na rota."

**Participante 32:** "1:3.000. Detalha melhor a manobra. Mais fácil de visualizar a manobra."

**Participante 33:** "1:6.000. Detalha melhor a manobra e me oferece a noção de totalidade da área onde estou."

**Participante 34:** "1:6.000. Me antecipo melhor para a manobra e posso ver melhor o entorno da rota."

**Participante 35:** "1:3.000. Me passa mais certeza de onde virar. Relação de distância é melhor."

**Participante 36:** "1:3.000. Me concentro melhor na manobra. Não me distrai."

**Participante 37:** "1:3.000. Mais fácil e rápida a visualização da manobra."

**Participante 38:** "1:6.000. Vejo bem a manobra. Ter uma visão mais ampla da rota é melhor. Saber onde estão as manobras seguintes também é bom."

**Participante 39:** "1:3.000. Me passa mais segurança. Tenho mais tempo para me preparar para a manobra."

**Participante 40:** "1:6.000. Visualizo melhor a manobra neste mapa."

**Participante 41:** "1:3.000. Identifico no mapa rápido e facilmente a direção da manobra."

**Participante 42:** "1:3.000. Me concentro melhor na manobra. Olho rápido e sei onde virar."

**Participante 43:** "1:3.000. A visão para a manobra é melhor neste mapa."

**Participante 44:** "1:6.000. Vejo as vias ao entorno e posso contar quantas vias falta até a manobra. Este mapa me ajuda se planejar melhor."

**Participante 45:** "1:3.000. Vejo detalhes da manobra. Vejo bem as ruas ao entorno."

**Participante 46:** "1:6.000. Posso ter uma visão geral da rota até a manobra."

**Participante 47:** "1:3.000. Facilita ver a manobra. O mapa é mais preciso."

**Participante 48:** "1:3.000. Vejo melhor a manobra. Mapa que aproxima melhor a manobra."

**Participante 49:** "1:3.000. Me oferece a possibilidade de ver a manobra mais rápido, de forma mais simples e focada. Mapa fácil de entender."

**Participante 50:** "1:3.000. Foca a manobra. Me direciona para a manobra que é minha tarefa."

**Participante 51:** "1:6.000. Tenho mais tempo de visualizar a manobra na rota, e ver também as seguintes."

**Participante 52:** "1:3.000. Foca na manobra."

**SEGUNDA PARTE - Para a realização da tarefa de manutenção em trecho de rota, qual escala você prefere: ( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?**

**Participante 01:** "1:6.000. Tenho uma visão mais ampla da rota. Me sinto mais seguro."

**Participante 02:** "1:6.000. Permite uma visão ampla da rota e me ajuda a me preparar para o que virá."

**Participante 03:** "1:6.000. Oferece uma visão melhor da rota."

**Participante 04:** "1:6.000. Me localizo melhor na rota."

**Participante 05:** "1:6.000. Vejo melhor o caminho a percorrer até chegar na manobra."

**Participante 06:** "1:6.000. Posso ver o entorno da rota. Me contextualizo melhor."

**Participante 07:** "1:6.000. Fico mais atenta à rota, ao que virá depois."

**Participante 08:** "1:6.000. Me oferece um campo de visão maior. Tenho mais contexto com esse mapa."

**Participante 09:** "1:6.000. Consigo ter a noção da área ao entorno da rota. Me oferece mais contexto. Este mapa me ajuda a se antecipar para as manobras que virão."

**Participante 10:** "1:6.000. Não tenho interesse em saber detalhes das manobras, mas sim ter a noção da rota."

**Participante 11:** "1:3.000. Oferece bom contexto da rota e sei para onde ir. Este mapa não me distrai."

**Participante 12:** "1:6.000. Me oriento melhor na rota com este mapa e também posso me antecipar para as manobras que virão."

**Participante 13:** "1:6.000. Consigo ter noção global da rota e saber e há manobras próximas."

**Participante 14:** "1:6.000. Me oferece uma visão maior da área por onde navego."

**Participante 15:** "1:6.000. Oferece uma visão maior da rota. O mapa na escala maior me faria olhar mais vezes para o GPS para saber se a manobra está chegando ou não."

**Participante 16:** "1:6.000. Posso visualizar o que virá adiante. Tenho mais segurança em usar este mapa."

**Participante 17:** "1:6.000. Vejo mais sobre o que vem a frente."

**Participante 18:** "1:6.000. Vejo mais adiante. Me permite saber com mais antecedência o que deve fazer."

**Participante 19:** "1:6.000. Me ajuda a saber o que virá mais adiante."

**Participante 20:** "1:6.000. Prefiro ver o todo."

**Participante 21:** "1:6.000. Mostra melhor quanto tempo tenho até a próxima manobra."

**Participante 22:** "1:6.000. Vejo mais da rota após a manobra."

**Participante 23:** "1:6.000. Mostra o todo da rota e isso me permite me planejar para as manobras seguintes."

**Participante 24:** "1:6.000. Posso ver o todo da rota e o que virá à diante."

**Participante 25:** "1:6.000. Posso ver com antecedência a rota que segue."

**Participante 26:** "1:6.000. Tenho melhor visão da rota à frente e das manobras que virão."

**Participante 27:** "1:6.000. Me oriento melhor com este mapa."

**Participante 28:** "1:6.000. Posso ver melhor a rota que segue e se há manobras seguintes."

**Participante 29:** "1:6.000. Permite uma maior visão do que tem à frente."

**Participante 30:** "1:6.000. Ajuda a ver o que virá à frente."

**Participante 31:** "1:6.000. Me oriento melhor na rota. Me preparo melhor para o que virá."

**Participante 32:** "1:6.000. Vejo mais à frente o que fazer. Me planejo melhor. No outro mapa tudo é em cima."

**Participante 33:** "1:6.000. Me oferece a noção de totalidade da área onde estou."

**Participante 34:** "1:6.000. Me localizo melhor na rota. Prefiro ter mais visão da rota adiante."

**Participante 35:** "1:6.000. Consigo ver melhor se a próxima manobra está longe ou perto. Mais visão da rota."

**Participante 36:** "1:6.000. Vejo mais o entorno. Sei onde devo ir. Me localizo melhor."

**Participante 37:** "1:6.000. Consigo ver mais sobre a rota que devo percorrer."

**Participante 38:** "1:6.000. Consigo ver a rota mais adiante. Se falta muito ou pouco para a manobra."

**Participante 39:** "1:6.000. Tenho uma visão mais geral da rota, dos trechos que irei ainda percorrer."

**Participante 40:** "1:6.000. Vejo mais adiante a rota neste mapa."

**Participante 41:** "1:6.000. Me mostra o entorno de onde estou dirigindo. Me situo melhor na área onde estou."

**Participante 42:** "1:6.000. Tenho mais dimensão do rota que vem pela frente. Vejo mais adiante."



- Participante 43:** "1:6.000. Posso ver mais trechos da rota neste mapa."  
**Participante 44:** "1:6.000. Gosto de me antecipar para a manobra. Para me preparar, este mapa é melhor."  
**Participante 45:** "1:6.000. Mostra o que me interessa (rota e vias). Oferece um conjunto maior de informação."  
**Participante 46:** "1:6.000. Posso saber com antecedência se haverá manobra próxima ou se está distante."  
**Participante 47:** "1:3.000. Não tem muita informação. Melhor navegar com este mapa."  
**Participante 48:** "1:6.000. Visualizo mais sobre a rota. Antecipo melhor as manobras que virão."  
**Participante 49:** "1:6.000. Permite ver além da rota. Permite me preparar melhor para o que virá à frente."  
**Participante 50:** "1:6.000. Visão mais ampla da rota, do trecho seguinte. Vejo um pouco mais do que virá."  
**Participante 51:** "1:6.000. Me ajuda a antever o que virá."  
**Participante 52:** "1:6.000. Requer consultas menos frequentes."

**TERCEIRA PARTE** - Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal (tarefa tática), qual escala você prefere: ( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

- Participante 01:** "1:6.000. Tenho visão mais ampla da rota. Me sinto mais seguro. Não gosto do foco só na manobra."  
**Participante 02:** "1:6.000. A manobra não é difícil de entender. Ter uma visão ampla da rota neste caso é bom."  
**Participante 03:** "1:3.000. Ajuda a saber exatamente onde virar. Mostra a direção da manobra com clareza."  
**Participante 04:** "1:3.000. Foca a manobra. Estimo melhor a distância até a manobra."  
**Participante 05:** "1:6.000. Vejo o mapa no todo."  
**Participante 06:** "1:3.000. Meu interesse é apenas saber onde virar. Assim, focar a manobra é melhor."  
**Participante 07:** "1:3.000. Detalha melhor a manobra."  
**Participante 08:** "1:6.000. Me localizo melhor na rota e também posso ver as manobras seguintes."  
**Participante 09:** "1:6.000. Por ser simples, é suficiente este zoom."  
**Participante 10:** "1:3.000. Os dois mapas me ajudam neste tipo de manobra, mas prefiro a escala 1:3.000."  
**Participante 11:** "1:3.000. Deixa a manobra mais nítida."  
**Participante 12:** "1:6.000. Me ajuda bem na manobra, ainda mais por ser uma manobra fácil."  
**Participante 13:** "1:6.000. Consigo ver bem a manobra neste mapa, não preciso de mais detalhe."  
**Participante 14:** "1:6.000. Vejo bem a manobra e o que há ao entorno da rota. Gosto de ter contexto da área onde estou. Ao dirigir em São Paulo, prefiro ver não só a próxima manobra, mas onde estão as seguintes."  
**Participante 15:** "1:3.000. Tenho melhor percepção de distância até a manobra e vejo bem onde virar."  
**Participante 16:** "1:3.000. Mantenho melhor a noção de distância até a manobra. Detalha bem a manobra."  
**Participante 17:** "1:6.000. Detalha a manobra e a manobra seguinte."  
**Participante 18:** "1:3.000. Foca mais a manobra. Minha preocupação é com a manobra apenas."  
**Participante 19:** "1:3.000. Fica mais fácil saber a direção da manobra."  
**Participante 20:** "1:3.000. Tenho melhor noção de distância."  
**Participante 21:** "1:3.000. Vejo bem a direção da manobra."  
**Participante 22:** "1:6.000. Vejo tanto a direção da manobra quanto da manobra seguinte na rota."  
**Participante 23:** "1:3.000. Tenho mais noção de distância até a manobra na rota e vejo bem qual direção tomar."  
**Participante 24:** "1:3.000. Mostra bem a manobra."  
**Participante 25:** "1:3.000. Posso ver a direção da próxima manobra e as manobras seguintes."  
**Participante 26:** "1:3.000. Posso ver a direção da próxima manobra e também das manobras seguintes."  
**Participante 27:** "1:6.000. Me oriento melhor com este mapa e também vejo bem a manobra."  
**Participante 28:** "1:3.000. Identificar bem a direção da manobra com este mapa."  
**Participante 29:** "1:3.000. Vejo a direção da próxima manobra e da manobra seguinte."  
**Participante 30:** "1:3.000. Tenho melhor noção de distância até a manobra."  
**Participante 31:** "1:6.000. Me oriento melhor na rota e vejo bem a direção da manobra."  
**Participante 32:** "1:3.000. Detalha melhor a manobra. Mais fácil de visualizar a manobra."  
**Participante 33:** "1:6.000. Detalha melhor a manobra que já é simples. Não preciso de mais detalhe."  
**Participante 34:** "1:6.000. Vejo bem a manobra e as manobras seguintes."  
**Participante 35:** "1:3.000. Me passa mais certeza de onde virar. Relação de distância é melhor."  
**Participante 36:** "1:3.000. Me concentro melhor na manobra. Não me distrai."  
**Participante 37:** "1:3.000. Mais fácil e rápida a visualização da manobra."  
**Participante 38:** "1:6.000. Vejo bem a próxima manobra e as algumas das manobras seguintes."  
**Participante 39:** "1:6.000. Posso ver a próxima manobra e as manobras seguintes. Mais fácil se contextualizar."  
**Participante 40:** "1:6.000. Me oriento melhor com este mapa. Ver próxima manobra e as seguintes me agrada."  
**Participante 41:** "1:3.000. Identifico no mapa rápido e facilmente a direção da manobra."

- Participante 42:** "1:3.000. Vejo melhor a manobra."
- Participante 43:** "1:6.000. Vejo a manobra e também posso ver as manobras seguintes."
- Participante 44:** "1:6.000. Prefiro usar mapa em escala menor. Oferece mais contexto. No Google uso assim."
- Participante 45:** "1:3.000. Vejo detalhes da manobra. Vejo bem as ruas ao entorno."
- Participante 46:** "1:6.000. Vejo a próxima manobra e a seguinte. Me sinto mais seguro com este mapa."
- Participante 47:** "1:3.000. Mapa foca melhor a manobra."
- Participante 48:** "1:3.000. Foca a manobra."
- Participante 49:** "1:6.000. Posso ver a manobra e o que vem depois."
- Participante 50:** "1:3.000. Vejo bem a manobra."
- Participante 51:** "1:6.000. Vejo a manobra e as seguintes."
- Participante 52:** "1:3.000. Foca na manobra."

**QUARTA PARTE** - Na preparação para a realização de manobra complexa (tarefa tática), qual escala você prefere: ( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?

- Participante 01:** "1:3.000. Em rotatória receber mais detalhe é melhor. De início, não enxerguei as vias em branco, porque as vias em laranja me chamaram mais a atenção. Não consegui contar facilmente as saídas."
- Participante 02:** "1:3.000. A manobra tem muitas vias e a escala grande me ajuda a não confundir onde entrar."
- Participante 03:** "1:3.000. Detalha melhor as vias que compõem a rotatória."
- Participante 04:** "1:3.000. Foca a manobra. Vejo melhor o trajeto até a manobra."
- Participante 05:** "1:3.000. Em rotatória mapa mais detalhado é melhor. Mapa mostra melhor qual saída tomar."
- Participante 06:** "1:3.000. Vejo mais facilmente as saídas da rotatória."
- Participante 07:** "1:3.000. Detalha melhor a manobra."
- Participante 08:** "1:3.000. Me favorece ver os detalhes da manobra."
- Participante 09:** "1:3.000. Por ter várias saída, este mapa me ajuda a focar nos detalhes da manobra. A escala 1:6.000 deixa o mapa com detalhes do entorno da rota que não me interessa."
- Participante 10:** "1:3.000. Por ter várias vias de saída, o mapa na escala menor me confunde mais para escolher a via correta. O mapa em 1:3.000 me ajuda a diferenciar as vias, sobretudo, as que estão próximas entre si."
- Participante 11:** "1:3.000. Entendo melhor para onde ir."
- Participante 12:** "1:3.000. Pela dificuldade da manobra prefiro um mapa mais detalhado."
- Participante 13:** "1:6.000. Consigo ver a manobra e também o que virá à frente. Neste mapa a visão das manobras seguintes é melhor."
- Participante 14:** "1:6.000. Vejo bem a manobra e o que há ao entorno da rota. Gosto de ter contexto da área onde estou. Ao dirigir em São Paulo, prefiro ver não só a próxima manobra, mas onde estão as seguintes."
- Participante 15:** "1:3.000. Vejo bem a manobra e tenho melhor percepção de distância até a manobra."
- Participante 16:** "1:3.000. Mantenho a noção de distância até a manobra e vejo melhor os detalhes da manobra."
- Participante 17:** "1:6.000. Contextualiza melhor a manobra, pois mostra mais vias de entorno da manobra."
- Participante 18:** "1:3.000. Foca na manobra."
- Participante 19:** "1:3.000. Fica mais fácil saber a direção da manobra."
- Participante 20:** "1:3.000. Vejo melhor as saídas que a manobra possui."
- Participante 21:** "1:3.000. Vejo mais rápido a direção da manobra."
- Participante 22:** "1:3.000. Vejo melhor a direção da manobra."
- Participante 23:** "1:3.000. Tenho mais noção de distância até a manobra na rota e vejo bem qual direção tomar."
- Participante 24:** "1:3.000. Posso contar mais facilmente as saídas na rotatória. Mais fácil de ver a manobra."
- Participante 25:** "1:3.000. Mais fácil de ver a saída na manobra."
- Participante 26:** "1:3.000. Por a rotatória apresentar várias saídas, este mapa me auxilia em ver a saída correta."
- Participante 27:** "1:6.000. Vejo bem a manobra, assim como o que vem após a manobra."
- Participante 28:** "1:3.000. A manobra é complexa, por isto este mapa mostra melhor em qual via entrar."
- Participante 29:** "1:3.000. Mostra em detalhe a manobra. Me sinto mais seguro com este mapa nesta manobra."
- Participante 30:** "1:3.000. Mostra com mais detalhes a manobra."
- Participante 31:** "1:3.000. Vejo melhor a manobra neste mapa."
- Participante 32:** "1:3.000. Vejo melhor cada rua da manobra. Vejo com clareza as entradas."
- Participante 33:** "1:3.000. Detalha melhor a rotatória."
- Participante 34:** "1:3.000. Posso ver melhor as entradas e saídas da rotatória."
- Participante 35:** "1:3.000. Me passa mais certeza de onde virar. Relação de distância é melhor."
- Participante 36:** "1:3.000. Me concentro melhor na manobra. Não me distrai."
- Participante 37:** "1:6.000. Prefiro ver as vias de entorno da rotatória. Vejo as saídas mais claramente."

- Participante 38:** "1:6.000. A manobra fica mais contextualizada neste mapa."
- Participante 39:** "1:3.000. Recebo mais detalhe da manobra."
- Participante 40:** "1:6.000. Visualizo melhor as saídas na manobra. Me senti perdida ao usar o mapa 1:3.000."
- Participante 41:** "1:3.000. Identifico no mapa rápido e facilmente a direção da manobra."
- Participante 42:** "1:3.000. Vejo melhor a manobra."
- Participante 43:** "1:3.000. A visão para a manobra é melhor neste mapa."
- Participante 44:** "1:3.000. Me confundo ao ver a manobra na escala pequena. Muita informação. Confundo a rota com as vias em preto (vias secundárias). O mapa na escala 1:3.000 me permite ter mais foco."
- Participante 45:** "1:3.000. Rotatória tem várias saídas, e esse mapa detalha melhor essas saídas."
- Participante 46:** "1:3.000. Detalha melhor a manobra. Ajuda a não tomar a saída errada."
- Participante 47:** "1:3.000. Facilita ver a manobra."
- Participante 48:** "1:6.000. Vejo com mais antecedência a rotatória."
- Participante 49:** "1:3.000. Visualizo melhor a manobra."
- Participante 50:** "1:3.000. Vejo bem a manobra."
- Participante 51:** "1:3.000. Por ser mais complexa, focar a manobra é melhor. Mostra melhor as saídas."
- Participante 52:** "1:3.000. Destaca a manobra. Não distrai com elementos irrelevantes. O leiaute da cidade pode influenciar."

**QUINTA PARTE - De forma geral, para a realização da tarefa de navegação, qual escala você prefere: ( ) grande (1/3.000) ou ( ) pequena (1/6.000)? Por quê?**

- Participante 01:** "1:6.000. Me oferece mais segurança uma visão mais ampla da rota. Não costumo usar mapa em escala tão grande (1:3.000)."
- Participante 02:** "1:6.000. Dirigir o tempo todo usando o mapa na escala grande me deixa ansiosa e me exige mais atenção para o GPS. Me preparado melhor para as manobras com o mapa na escala pequena."
- Participante 03:** "1:3.000. Realça a manobra no mapa. Para dirigir em um local desconhecido é o mapa que mais me ajuda."
- Participante 04:** "1:3.000. A rota é melhor percebida. O mapa na escala menor mostra muita informação."
- Participante 05:** "1:6.000. Vejo a manobra em detalhe, também posso ver algumas das manobras seguintes e o entorno da rota."
- Participante 06:** "1:6.000. Me antecipo melhor para a manobra. Vejo o entorno da rota. O mapa me permite obter informações sobre as manobras seguintes."
- Participante 07:** "1:3.000. Embora o mapa ofereça menos contexto, detalha melhor a manobra e isso me faz sentir segura."
- Participante 08:** "1:6.000. Me oferece mais contexto. Meu campo de visão ser maior é melhor."
- Participante 09:** "1:3.000. Embora perco um pouco do contexto da rota, este mapa me garante os detalhes das manobras, sobretudo, nas partes mais complexas da rota."
- Participante 10:** "1:3.000. Me ajuda mais em situações de manobra e isso me oferece segurança. Erraria menos se dirigisse com este mapa. O mapa na escala 1:6.000 também tem suas vantagens. A alternância entre as duas escalas seria perfeito."
- Participante 11:** "1:3.000. Me oferece detalhes da direção da manobra. Me sinto mais segura. Consigo saber para onde ir. Não me distrai, diferentemente do mapa na escala 1:6.000."
- Participante 12:** "1:6.000. Me auxilia no planejamento tanto para a próxima manobra quanto para manobras seguintes."
- Participante 13:** "1:6.000. Por me oferecer mais a visão do todo, para me planejar é melhor."
- Participante 14:** "1:6.000. Vejo bem a manobra. Tenho contexto da rota. Vejo também as manobras seguintes."
- Participante 15:** "1:6.000. Me permite ver bem a manobra e, acima de tudo, me auxilia em ver as manobras seguintes. Além disso, oferece visão de entorno da rota. Para me planejar na rota, este mapa é melhor."
- Participante 16:** "1:6.000. Me sinto mais seguro dirigir auxiliado por este mapa. Vejo as manobras seguintes."
- Participante 17:** "1:6.000. Mais fácil dirigir com este mapa. Vejo bem a manobra e tenho noção do todo."
- Participante 18:** "1:3.000. Foca no que devo fazer (a manobra). Me sinto mais segura em usar este mapa."
- Participante 19:** "1:3.000. Me ajuda mais na navegação, porque foca sempre a manobra. Me sinto mais segura."
- Participante 20:** "1:3.000. Vejo melhor as manobras, porém consultaria mais vezes o mapa ao dirigir."
- Participante 21:** "1:3.000. Vejo bem a direção da manobra e também me oferece noção do todo da rota."
- Participante 22:** "1:6.000. Vejo a próxima e as manobras seguintes da rota. Me oriento melhor com este mapa."

**Participante 23:** "1:6.000. Me oferece mais contexto sobre a rota. Em caso de errar a manobra, posso me planejar facilmente. O mapa na escala 1:3.000 me faz perder a noção espacial, porém é um mapa ideal para situação de manobras."

**Participante 24:** "1:6.000. Posso ver melhor a rota como um todo. Me oferece mais contexto. O mapa na escala 1:3.000 me faz perder a noção geral da rota, pois foca apenas na manobra."

**Participante 25:** "1:6.000. Me permite ver a direção da manobra e também me antecipar para as seguintes."

**Participante 26:** "1:6.000. Mostra mais contexto da rota, pois aumenta meu campo de visão da rota. Além disso, consigo visualizar com clareza a direção da manobra."

**Participante 27:** "1:6.000. Me ajuda a me manter orientada ao longo da rota. Mostra com clareza a direção da manobra e também mostra manobras seguintes, o que me ajuda no planejamento da rota."

**Participante 28:** "1:6.000. Consigo ter noção geral da rota e ainda assim ver a direção da manobra."

**Participante 29:** "1:6.000. Mostra bem a direção da manobra. Me localizo melhor na rota com este mapa."

**Participante 30:** "1:3.000. Tenho melhor noção de distância até a manobra. Mais fácil de usar. Mais seguro."

**Participante 31:** "1:6.000. Tenho mais sensação espacial ao dirigir com este mapa. Contextualizo melhor a rota e vejo bem as manobras que devo fazer."

**Participante 32:** "1:6.000. Me planejo melhor, mas consultaria mais vezes, pois há muitos elementos no mapa."

**Participante 33:** "1:6.000. Detalha melhor a manobra e me oferece a noção de totalidade da área onde estou."

**Participante 34:** "1:6.000. Me proporciona melhor conhecimento espacial da rota para navegar. Percebi pouca diferença entre os dois mapas também."

**Participante 35:** "1:6.000. Consigo ver bem a rota e o contexto geral. Me planejo melhor. 1:3.000 é imediatista."

**Participante 36:** "1:3.000. Mapa mais objetivo, pois me faz concentrar na manobra. Em 1:6.000 me confundo."

**Participante 37:** "1:6.000. Vejo bem a manobra. Contextualizo melhor."

**Participante 38:** "1:6.000. Tenho visão do todo. Consigo ver bem a direção da manobra. Posso me planejar melhor para as manobras seguintes."

**Participante 39:** "1:3.000. Me ajuda mais ao fazer as manobras. Mapa que foca a minha tarefa (a manobra). Ao utilizar o mapa na escala 1:6.000 me senti perdida. Tem muita informação que não uso."

**Participante 40:** "1:6.000. Visualizo bem as manobras, incluindo as seguintes. Também me oriento melhor."

**Participante 41:** "1:3.000. Facilita compreender a direção das manobras simples e complexas."

**Participante 42:** "1:3.000. Foco melhor minha atenção na manobra. Não me distrai com outros elementos."

**Participante 43:** "1:6.000. Consigo ver o entorno da rota. Gosto de me planejar e o mapa me ajuda. Há situações em que o mapa na escala grande é melhor."

**Participante 44:** "1:6.000. Abrange mais área. Ajuda a me preparar melhor. Me localizo melhor."

**Participante 45:** "1:6.000. Visão ampla da rota. Me planejo melhor com este mapa. Perde detalhe da manobra, mas ainda sim vejo bem onde virar."

**Participante 46:** "1:6.000. Visão ampla da área. Me planejo melhor em relação as próximas e as seguintes manobras. Este mapa evita que olhe toda hora para o GPS. Aumenta meu senso de direção."

**Participante 47:** "1:3.000. Mapa prioriza a manobra. Não me disperso com elementos desnecessários."

**Participante 48:** "1:6.000. Me ajuda a ver com antecedências as manobras próximas e seguintes. O mapa na escala 1:3.000 é muito imediatista.."

**Participante 49:** "1:6.000. Planejamento é melhor com este mapa. Vejo a próxima e as manobras seguintes na maioria das vezes. Mapa menos confuso. Olharia menos para o GPS se o utilizasse para dirigir de fato."

**Participante 50:** "1:6.000. Para me planejar é melhor. Vejo com mais antecedência o que virá. Ter noção ampla da rota é melhor. Vejo bem a manobra neste mapa. Olharia menos para o GPS, pois olho e observo o que preciso. O mapa na escala 1:3.000 me mostra as informações da manobra muito em cima. Não tenho tempo."

**Participante 51:** "1:6.000. Me planejo melhor. Me oferece mais contexto da rota. Vejo bem as manobras."

**Participante 52:** "1:3.000. Realça a manobra. Não me distrai com informações irrelevantes. Exige menos atenção (esforço)."

## APÊNDICE Y – Organização dos dados de preferência nas categorias de informação.

Tabela 1 – Organização dos dados de preferência em função das categorias de informação.

<b>Questão 1</b> - Na preparação para a realização de manobra simples diagonal ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?		DPM	LR	DM	IMS	IAR
Mapa em 1:3.000	Número de motoristas	34	34	34	34	34
	Frequência de comentários	32	0	11	0	1
Mapa em 1:6.000	Número de motoristas	18	18	18	18	18
	Frequência de comentários	15	5	2	6	14
Total	Número de motoristas	52	52	52	52	52
	Frequência de comentários	47	5	13	6	15
<hr/>						
<b>Questão 2</b> - Para a realização da <u>tarefa de manutenção em trecho de rota</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?		DPM	LR	DM	IMS	IAR
Mapa em 1:3.000	Número de motoristas	3	3	3	3	3
	Frequência de comentários	0	1	0	0	2
Mapa em 1:6.000	Número de motoristas	49	49	49	49	49
	Frequência de comentários	0	6	0	37	32
Total	Número de motoristas	52	52	52	52	52
	Frequência de comentários	0	7	0	37	34
<hr/>						
<b>Questão 3</b> - Na preparação para a realização de manobra simples ortogonal ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?		DPM	LR	DM	IMS	IAR
Mapa em 1:3.000	Número de motoristas	27	27	27	27	27
	Frequência de comentários	26	1	6	1	1
Mapa em 1:6.000	Número de motoristas	25	25	25	25	25
	Frequência de comentários	23	2	1	15	11
Total	Número de motoristas	52	52	52	52	52
	Frequência de comentários	49	3	7	16	12

<b>Questão 4</b> - Na preparação para a realização de manobra complexa ( <u>tarefa tática</u> ), qual escala prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?		DPM	LR	DM	IMS	IAR
Mapa em 1:3.000	Número de motoristas	44	44	44	44	44
	Frequência de comentários	44	0	5	0	1
Mapa em 1:6.000	Número de motoristas	8	8	8	8	8
	Frequência de comentários	7	1	1	3	5
Total	Número de motoristas	52	52	52	52	52
	Frequência de comentários	51	1	6	3	6
<b>Questão 5</b> - De forma geral, para a realização da <u>tarefa de navegação</u> , qual escala você prefere: 1:3.000 ou 1:6.000?		DPM	LR	DM	IMS	IAR
Mapa em 1:3.000	Número de motoristas	16	16	16	16	16
	Frequência de comentários	16	3	2	0	0
Mapa em 1:6.000	Número de motoristas	36	36	36	36	36
	Frequência de comentários	31	3	2	28	35
Total	Número de motoristas	52	52	52	52	52
	Frequência de comentários	47	6	4	28	35