unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DE SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL

TESE DE DOUTORADO

PRESIDENTE PRUDENTE
2007

EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DE 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 de Presidente Prudente da UNESP, para a obtenção do grau de Doutor. Área de concentração: Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais.
Orientadora: Profa. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini

PRESIDENTE PRUDENTE

2007

Pugliesi, Edmur Azevedo.
P978a Avaliação da Comunicação Cartográfica de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel : [s.n], 2007
276 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Orientador: Mônica Modesta Santos Decanini
Banca: Claudia Robbi Sluter, Luciene Stamato Delazari, Nilton Nobuhiro Imai, Vilma Mayumi Tachibana
Inclui bibliografia

1. Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. 2. Pontos de Referência. 3. Percepção e Busca Visual. 4. Comunicação, Projeto e Produção Cartográfica. 5. Mapa Dinâmico. 6. Símbolos Cartográficos I. Autor. II. Título. III Presidente Prudente - Faculdade de Ciências e Tecnologia.

CDD(18.ed.) 621.71

TERMO DE APROVAÇÃO

EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DE SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E GUIA DE ROTA EM AUTOMÓVEL

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Cartográficas (Área de concentração: Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais), da Universidade Estadual Paulista, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Modesta Santos Decanini
Departamento de Cartografia, UNESP

Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter
Departamento de Geomática, UFPR

Prof. Dra. Luciene Stamato Delazari
Departamento de Geomática, UFPR

Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai
Departamento de Cartografia, UNESP

Prof. Dra. Vilma Mayumi Tachibana
Departamento de Matemática, Estatística e Computação, UNESP

Presidente Prudente, 23 de Março de 2007.

À Marina (minha mãe).
Ao Edésio (meu pai).

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros e eternos agradecimentos à minha orientadora e amiga Professora Dra. Mônica Modesta Santos Decanini, que teve fundamental importância na realização desta pesquisa. Mônica, eu sou muito grato à sua ajuda, força, dedicação, paciência, estímulo, perseverança, às suas idéias e críticas construtivas. Que Deus te abençoe e ilumine sempre, pois você é maravilhosa, você é "onze". Continuam valendo os nossos planos e projetos para tentar contribuir com o desenvolvimento da Cartografia e, quem sabe até, para o bem da humanidade.

Ao Mestrando Luciano Aparecido Barbosa (ex-bolsista PIBIC) pelo auxílio na produção dos símbolos cartográficos dos pontos de referência, pois sabemos que esta foi uma etapa morosa.

À Professora Dra. Arlete Aparecida Correia Meneguette, meu enorme agradecimento pela colaboração no desenvolvimento desta pesquisa quando auxiliou com o monitor de navegação. Arlete, de qualquer maneira, eu gosto muito de você.

Agradeço de coração à Professora Dra. Vilma Mayumi Tachibana que tanto colaborou com a análise estatística complexa dos dados desta pesquisa. Sua ajuda e dedicação tiveram valores importantes para os resultados obtidos, além de que você é uma pessoa maravilhosa.

Ao meu amigo Professor Dr. José Roberto Fernandes Castilho que sempre acreditou no meu trabalho, como professor, consultor, etc., que sempre conseguiu alguns trabalhos remunerados durante o período em que fiquei sem bolsa. Castilho, eu gosto muito de você independente de qualquer coisa e, isto se explica pela empatia que temos um pelo outro.

As idéias do Professor Dr. Nilton Nobuhiro Imai tiveram grande importância neste trabalho, que antes da minha entrada no curso de doutorado, ele já dizia "o foco da sua pesquisa é cognição e percepção". Nilton, você tem idéias maravilhosas e gosto muito de você.

Graça (secretária do Departamento de Cartografia), Sonia (secretária do Departamento de Planejamento), Geraldo (do LATOGEO) e o Mestre Ítalo Tsuchiya, vocês moram no meu coração. Sempre prontos para colaborar com o que fosse necessário, até mesmo nos desabafos. Vocês são "dez"!

Ficam os meus sinceros agradecimentos às minhas irmãs (Eliane e Elizabete), aos meus cunhados (Cláudio e Fernando), ao meu pai (Edésio), por tanto me incentivarem e, principal e indiscutivelmente, à minha mãe (Marina) que tanto apoiou e colaborou de diversas maneiras..., Marina você é uma mãe nota 10..., me acompanhou do começo ao fim desta pesquisa. Além disso, ao meu amigo Rafael César Ferrari dos Santos.

É fundamental lembrar das 'meninas' da pós-graduação: Márcia Aparecida Iacia Silva, Erynat Fátima Fernandes e Ivonete Gomes de Andrade. Meus sinceros agradecimentos por resolver as burocracias e, serem pacientes e carinhosas comigo.

À Prefeitura Municipal de Álvares Machado por ceder os documentos cartográficos e a imagem de satélite, necessários para auxílio na realização desta pesquisa.

É uma pena que a altas horas da madrugada, não consigo lembrar de tantas pessoas que colaboraram de maneira direta e indireta na realização desta pesquisa. Meu agradecimento a todos.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é avaliar representações cartográficas para manutenção na rota, em um Mapa Visual Dinâmico de Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SNGRA), por meio das análises de demanda visual, preferência subjetiva e erro navegacional. Os pontos de referência e os sinais de direção de trânsito são elementos de informação importantes que auxiliam os motoristas nas tarefas de manutenção na rota. A tese central é que o Mapa Visual Dinâmico de um SNGRA pode apresentar baixa demanda visual, alta preferência subjetiva e pouco erro navegacional quando se combina representação cartográfica áudio-dinâmica com pontos de referência representados na perspectiva do motorista e representação de seta para indicar a direção da manobra. Os elementos de pontos de referência foram selecionados a partir das características da atratividade visual e cognitiva de um pequeno espaço urbano brasileiro e, principalmente, da rota de teste. As representações cartográficas foram produzidas com base em fatores humanos (cognição, percepção e atenção) e, testadas junto a um grupo de 28 motoristas. Utilizou-se a estatística não paramétrica para analisar os dados coletados nos testes de demanda visual. Os resultados indicam as representações cartográficas eficientes e eficazes para manutenção na rota, bem como apontam a relação da demanda visual com os fatores sexo, habilidade espacial e experiências com mapas. Este trabalho confirma os resultados de pesquisas anteriores de que os motoristas preferem mapas para navegação e guia de rota em automóvel porque querem conhecer sua localização e o contexto espacial, em relação às referências urbanas.

Palavras-chave: Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel. Manutenção na rota. Percepção Visual. Comunicação Cartográfica. Mapa Visual Dinâmico. Símbolos Cartográficos.

ABSTRACT

The aim of this research is to evaluate cartographic symbols for route following in a Dynamic Visual Map of a Car Navigation and Route Guidance System, taking into account visual demand, subjective preference and navigational error. Landmarks and traffic signs are information elements that help drivers when following a route. The central hypothesis is that Dynamic Visual Map could be more efficient and effective when combining audio-dynamic cartographic representation with landmarks in a driver's perspective view and arrow to indicate maneuver direction. The landmarks were selected from characteristics of visual and cognitive attractiveness from a town and, mainly of the test route. The cartographic symbols were produced based on human factors (cognition, perception and attention) and tested with 28 drivers. Non-parametric statistic was applied in order to analyze the collected data from visual demand test. The results indicate cartographic symbols efficient and effective for route following, as well as point out association between visual demand with sex, spatial abilities and experiences with maps factors. This work confirm previous research that the most of drivers prefer maps to navigation and route following in car, because they want know en-route where they are in relation to particular areas and landmarks.

Keywords: Car Navigation and Route Guidance System. Route Following. Visual Perception. Cartographic Communication. Dynamic Visual Map. Cartographic Symbols.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Combinação de formas gráficas, textuais e sonoras. Fonte: adaptada de Burnett (1998). 26
Figura 2.2 – Projeto de Esquema de Seta com ponto de referência. Fonte: adaptada de Labiale (2001). 27
Figura 2.3 - Mapa em perspectiva com fotografias de pontos de referência. Fonte: LEE et al. (2001). 27
Figura 2.4 - Tratamento gráfico da figura imitativa. Fonte: adaptada de Horton (1996). 28
Figura 2.5 - Potencial de representação de objeto. Fonte: adaptado de Lessa (1995). 28
Figura 2.6 – Estrutura hierárquica das tarefas de navegação. Fonte: adaptada de Michon (1985) apud Burnett (1998). 30
Figura 2.7 – Diagrama de sensibilidade retinal. Fonte: Adaptado de Wade e Swanston (1991) apud MacEachren (1995). 34
Figura 2.8 – Agrupamento por unidade. Fonte: Gomes Filho (2002). 36
Figura 2.9 – Agrupamento por proximidade. Fonte: MacEachren (1995). 37
Figura 2.10 – Agrupamento por similaridade. Fonte: MacEachren (1995). 37
Figura 2.11 – Agrupamento por boa continuidade. Fonte: MacEachren (1995). 37
Figura 2.12 – Agrupamento por fechamento. Fonte: Gomes Filho (1995). 38
Figura 2.13 – Agrupamento por simplicidade. Fonte: Granha (2002). 38
Figura 2.14 – Contraste de forma. Fonte: Adaptado de Dondis (2003). 40
Figura 2.15 – Conceito de minimidade. Fonte: Gomes Filho (2002). 41
Figura 2.16 – Relação entre forte contorno (esquerda) e fraco contorno (direita). Fonte: MacEachren (1995). 41
Figura 2.17 – Orientação horizontal (esquerda), vertical (central) e diagonal (direita). Fonte MacEachren (1995). 42
Figura 2.18 – Eixo vertical (primário) e eixo horizontal (secundário). Fonte: Dondis (2003). 43
Figura 2.19 – Contraste de tom para diferenciar visualmente duas áreas. Fonte: MacEachren (1994). 45
Figura 2.20 - Contraste de complementares. Fonte: adaptado de Martin (1974). 46
Figura 2.21 – Círculo de cores complementares. Fonte Martin (1974). 46
Figura 2.22 – Contraste simultâneo para variações de valor. Fonte: Slocum (1999). 47
Figura 2.23 – Contraste simultâneo para variações de matiz. Fonte: Slocum (1999). 47
Figura 2.24 – Exemplos de estímulo para busca paralela (a) e busca serial (b). Fonte: adaptado de Yang et al. (2002). 50
Figura 2.25 – Monitor de navegação de tela ampla localizado na parte central e superior do painel. Fonte: Svahn (2003). 53
Figura 2.26 – Mapa com orientação egocêntrica. Fonte: NAVMAN (2004). 53
Figura 2.27 – Sistema com mapa bidimensional e mapa em perspectiva. Fonte: MIZUTANI e SOGAWA (2000). 54
Figura 2.28 – Combinação de mapa 2 e 3D para navegação de pedestre. Fonte: Kray et al. (2001). 55
Figura 2.29 – Monitor com esquema de seta. Fonte: adaptada de Brooks et al. (1998). 56
Figura 2.30 – Exemplo de esquema de seta com ponto de referência. Fonte: Green (1995). ..56
Figura 2.31 – Representação de projeção no pára-brisa - HUD. Fonte: adaptada de Tsimhoni et al (2000). 57
Figura 3.1 – Monitor de pequeno formato. Fonte: XENARC TECHNOLOGIES CORPORATION (2003). 60

Figura 3.2 – Localização da cidade de Álvares Machado no Estado de São Paulo. Fonte dos dados: IBGE (1997). 63
Figura 3.3 – Configuração urbana da cidade de Álvares Machado vista por imagem de satélite QuickBird, em escala 1:17.000. 64
Figura 3.4 – Configuração dos eixos viários da cidade de Álvares Machado. Escala 1:17.000. 65
Figura 3.5 – Representação das vias na tela do monitor de navegação. 67
Figura 3.6 – Exemplo de manobra simples do tipo “vire à direita”. 75
Figura 3.7 – Exemplo de manobra complexa do tipo “vire à esquerda” 76
Figura 3.8 – Primeira parte da rota vista por imagem de satélite, em escala 1:15.000. 78
Figura 3.9 – Segunda parte da rota vista por imagem de satélite, em escala 1:15.000. 79
Figura 3.10 – Estação ferroviária ao longo de um trecho de rota. 80
Figura 3.11 – Loja comercial ao lado de uma manobra. 80
Figura 3.12 – Agência bancária antes de uma manobra. 81
Figura 3.13 – Mercado ao lado de uma manobra. 81
Figura 3.14 – Equipamento público: prédio da prefeitura ao lado de uma manobra. 82
Figura 3.15 – Semáforo ao lado de uma manobra. 82
Figura 3.16 – Igreja católica ao lado de uma manobra. 83
Figura 3.17 – Posto de combustível ao longo de um trecho de rota. 83
Figura 3.18 – Ponto de ônibus ao lado de uma manobra. 84
Figura 3.19 – Caixa de água de companhia de saneamento básico ao longo de um trecho de rota. 84
Figura 3.20 – Ginásio de esportes ao longo de um trecho de rota. 85
Figura 3.21 – Mercearia ao lado de uma manobra. 85
Figura 3.22 – Interface visual básica: leiaute preliminar. 86
Figura 3.23 – Obstáculos naturais e artificiais em frente aos pontos de referência. 88
Figura 3.24 – Seta de direção de manobra para a esquerda (a) e para a direita (b). 93
Figura 3.25 – Mapa de fundo claro. 95
Figura 3.26 – Mapa de fundo escuro com rota em amarelo. 96
Figura 3.27 – Mapa de fundo escuro com rota em ciano escuro. 96
Figura 3.28 – Mapa com símbolo de seta. 97
Figura 3.29 – Mapa com símbolo de automóvel ‘visto de frente’. 98
Figura 3.30 – Mapa com símbolo de automóvel visto de cima. 98
Figura 3.31 – Configuração do ambiente de teste. 101
Figura 3.32 – Conexão entre o notebook e o monitor de navegação. 101
Figura 3.33 – Preferência sobre os símbolos sugeridos para automóvel. 105
Figura 3.34 – Interface visual básica do SNGRA com a barra de ferramentas exibida. 109
Figura 3.35 – Interface visual básica do SNGRA com a barra de ferramentas oculta. 109
Figura 3.36 – Representação da estrutura do sinal do beep criado. Exibido no Sound Editor do Roxio Easy CD Creator. 110
Figura 3.37 – Representação de rota em manobra simples e trecho regular. 114
Figura 3.38 – Representação de rota em manobra simples e trecho irregular. 114
Figura 3.39 – Representação de rota + seta em manobra simples. 115
Figura 3.40 – Representação de rota + seta em manobra complexa. 115
Figura 3.41 – Representação de rota + seta cintilante (ligada) em manobra simples. 116
Figura 3.42 – Representação de rota + seta cintilante (desligada) em manobra simples. 117
Figura 3.43 – Representação de rota + PR em manobra simples. 117
Figura 3.44 – Representação de rota + seta PR em manobra simples. 118
Figura 3.45 – Representação de rota + seta + PR em manobra complexa. 118

Figura 3.46 – Representação de rota para manutenção do trecho de rota. 119
Figura 3.47 – Representação de rota + PR (estação ferroviária) para manutenção do trecho de rota. 120
Figura 3.48 – Representação de rota + PR (posto de combustível) para manutenção do trecho de rota.....120
Figura 3.49 – Representação de rota + PR (caixa de água) para manutenção do trecho de rota. 121
Figura 3.50 – Representação de rota + PR (ginásio de esportes) para manutenção do trecho de rota. 121
Figura 3.51 – Representação de seta “vire à direita” para informar direção de manobra. 122
Figura 3.52 – Representação de seta “vire à esquerda” para informar direção de manobra. .123
Figura 3.53 – Representação de seta “siga em frente” para informar manutenção no trecho de rota. 123
Figura 4.1 – Tela de apresentação do vídeo e configuração geral dos itens na sala.....129
Figura 4.2 – Projetor multimídia e segunda mesa com o notebook.....129
Figura 4.3 – Monitor de navegação e mesa principal com o teclado. 130
Figura 4.4 – Desenho do simulador conforme visto de cima. 131
Figura 4.5 – Configuração do controle de volume do notebook. Fonte: Microsoft Windows XP.....132
Figura 4.6 – Preferência subjetiva entre esquema de seta e mapa para manobra simples.....143
Figura 4.7 – Preferências subjetivas entre esquema de seta e mapa para manobra complexa. 144
Figura 4.8 – Preferências subjetivas entre esquema de seta e mapa para trechos de rota. 144
Figura 4.9 – Preferências subjetivas entre os diferentes tipos de representação para manobras simples. 162
Figura 4.10 – Motivo favorável sobre a preferência subjetiva entre os diferentes tipos de representação para manobras simples. 163
Figura 4.11 – Preferências subjetivas sobre diferentes tipos de representações para trechos de rota. 164

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Distribuição da porcentagem do nível de aceitação dos pontos de referência pelos especialistas brasileiros (PR = ponto de referência, EB = especialistas brasileiros). 69
Tabela 3.1 – Distribuição da porcentagem do nível de aceitação dos pontos de referência pelos especialistas brasileiros (PR = ponto de referência, EB = especialistas brasileiros) (continuação).....70
Tabela 3.2 – Percentual sobre as preferências pelos mapas de fundo claro e escuro. 103
Tabela 3.3 – Relação das preferências subjetivas com o fator sexo. 103
Tabela 4.1 – Mediana das variáveis de demanda visual para o fator TIPO DE REPRESENTAÇÃO em manobra simples.....147
Tabela 4.2 – Representação estatística das variáveis de demanda visual com relação à influência dos diferentes tipos de representação para manobra simples.....151
Tabela 4.3 – Mediana das variáveis de demanda visual para o fator representação de ROTA em manobra simples para trechos de rota regular e irregular. 152
Tabela 4.4 – Representação estatística das variáveis de demanda visual com relação à influência da representação de rota para manobra simples em diferentes trechos de rota. 153
Tabela 4.5 – Mediana das variáveis de demanda visual para a representação de rota + seta em manobra simples e manobra complexa. 154
Tabela 4.6 – Representação estatística das variáveis de demanda visual com relação à influência da representação de rota + seta para manobra simples e manobra complexa. 155
Tabela 4.7 – Representação estatística das variáveis de demanda visual (**NO** = número de olhadas, **DM** = duração máxima e **SO** = soma das olhadas) para cada tipo de representação, em relação ao fator **sexo**.....157
Tabela 4.8 – Representação estatística das variáveis de demanda visual (**NO** = número de olhadas, **DM** = duração máxima e **SO** = soma das olhadas) para cada tipo de representação em relação ao fator experiência com mapa (**MAE** = maior experiência, **MEE** = menor experiência). 159
Tabela 4.9 – Representação estatística das variáveis de demanda visual (**NO** = número de olhadas, **DM** = duração máxima e **SO** = soma das olhadas) para cada tipo de representação em relação ao fator habilidade espacial. 161
Tabela 4.10 – Preferências subjetivas entre os diferentes tipos de representação para manobra simples. 162
Tabela 4.11 – Modelo para cálculo do teste Qui-quadrado sobre as preferências subjetivas de diferentes representações para manobras simples.....163
Tabela 4.12 – Erros navegacionais para manobra simples. 165

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Descrição de variáveis dinâmicas e áudio-dinâmicas. 52
Quadro 3.1 – Hierarquia dos elementos de informação para as tarefas de navegação. 66
Quadro 3.2 – Comentários sobre os pontos de referência. 71
Quadro 3.2 – Comentários sobre os pontos de referência (continuação). 72
Quadro 3.3 – Pontos de referência sugeridos pelos especialistas brasileiros. 73
Quadro 3.4 – Caracterização da estação ferroviária. 80
Quadro 3.5 – Caracterização da loja comercial. 80
Quadro 3.6 – Caracterização da agência bancária. 81
Quadro 3.7 – Caracterização de um mercado. 81
Quadro 3.8 – Caracterização do prédio da prefeitura. 82
Quadro 3.9 – Caracterização do semáforo. 82
Quadro 3.10 – Caracterização da igreja católica. 83
Quadro 3.11 – Caracterização do posto de combustível. 83
Quadro 3.12 – Caracterização do ponto de ônibus. 84
Quadro 3.13 – Caracterização da caixa de água. 84
Quadro 3.14 – Caracterização do ginásio de esportes. 85
Quadro 3.15 – Caracterização da mercearia. 85
Quadro 3.16 – Símbolos com alto potencial representativo 90
Quadro 3.17 – Símbolos com médio potencial representativo 90
Quadro 3.18 – Símbolos com baixo potencial representativo 91
Quadro 3.19 – Representações para automóvel. 93
Quadro 3.20 – Comentários sobre as preferências subjetivas para os mapas de fundo claro e escuro. 104
Quadro 3.21 - Comentários das preferências subjetivas para as diferentes representações de automóvel. 105
Quadro 3.22 – Classificação das representações dos símbolos testados. 107
Quadro 4.1 Categorias das respostas dos motoristas para a modalidade Mapa. 145

LISTA DE SIGLAS

SN – Sistema de Navegação
SNA – Sistema de Navegação em automóvel
SGR – Sistema de Guia de Rota
SGRA – Sistema de Guia de Rota em Automóvel
SNGRA – Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel
SGRV – Sistema de Guia de Rota por Comando de Voz
CAD – Computer Aided Design
SIG – Sistema de Informação Geográfica
GPS – Global Positioning System
ESRI – Enviromental System Research Insitute

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

2. FATORES HUMANOS PARA DESENVOLVIMENTO DE SNGRA 20

2.1 INTRODUÇÃO 20
2.2 DESENVOLVIMENTO DO MAPA COGNITIVO HUMANO 20
2.2.1 Mapa cognitivo: estrutura geométrica do conhecimento 21
2.2.1.1 Seleção de pontos de referência 23
2.2.1.2 Representação de pontos de referência 25
2.2.1.2.1 Tratamento gráfico para os símbolos cartográficos icônicos 27
2.2.2 Navegação: seleção de rota e manutenção na rota 29
2.2.3 Fator cognitivo: habilidade espacial 31
2.3 PERCEPÇÃO E BUSCA VISUAL 32
2.3.1 Organização da percepção visual 32
2.3.1.1 Sensibilidade ao movimento 33
2.3.1.2 Diagrama de sensibilidade retinal 34
2.3.1.3 Efeitos da idade e deficiência na visão de cores 35
2.3.1.4 Agrupamento perceptivo 35
2.3.1.5 Segregação de figura e fundo 38
2.3.1.5.1 Contraste 39
2.3.1.5.2 Contorno 41
2.3.1.5.3 Orientação 42
2.3.1.5.4 Forma 43
2.3.1.5.5 Cor 44
2.3.2 Processamento da informação visual 47
2.3.2.1 Teoria do processamento da informação 47
2.3.2.2 Modelos psicológicos para busca visual 48
2.4 ELEMENTOS DE COMUNICAÇÃO PARA MAPAS DINÂMICOS DE SNGRA 51
2.4.1 Elementos para representações cartográficas dinâmicas 51
2.4.2 Interfaces e modalidades de comunicação 52
2.4.3 Avaliação de interfaces de sistemas de guia de rota 58

3. PROJETO CARTOGRÁFICO E IMPLEMENTAÇÃO DO SNGRA 59

3.1 INTRODUÇÃO 59
3.2 APARATO 59
3.3 PROJETO CARTOGRÁFICO DO SNGRA 61
3.3.1 Elementos básicos do projeto cartográfico para manutenção na rota 62
3.3.1.1 Determinação da área de estudo - cidade 62
3.3.1.2 Hierarquização dos elementos de informação e escala do mapa 65
3.3.2 Avaliação preliminar de pontos de referência 68
3.3.2.1 Procedimento metodológico 68
3.3.2.2 Resultados 69
3.3.3 Seleção dos elementos de informação: caso de estudo 74
3.3.3.1 Critérios para determinação da rota 74
3.3.3.2 Critérios para seleção dos pontos de referência 76
3.3.3.3 Levantamento dos dados 77
3.3.3.4 Resultados 78
3.3.4 Representação de PR, automóvel, seta de manobra e fundo do mapa 86

3.3.4.1 Interface visual básica: leiaute preliminar 86
3.3.4.2 Símbolos cartográficos para pontos de referência 87
3.3.4.3 Símbolos para representação de automóvel e seta de manobra 92
3.3.4.4 Criação dos mapas de fundo claro e de fundo escuro 94
3.3.4.5 Mapas com símbolos de automóvel 97
3.3.4.6 Teste da cor de fundo e do símbolo do automóvel 99
3.3.4.6.1 Resultados dos testes 102
3.4 IMPLEMENTAÇÃO DO SNGRA E PRODUÇÃO DO MAPA VISUAL DINÂMICO E ESQUEMA DE SETA 107
3.4.1 Aperfeiçoamento da interface visual básica do Mapa Visual Dinâmico 108
3.4.2 Criação do som de beep para interface áudio-dinâmica 110
3.4.3 Determinação da distância para informar proximidade de manobra 111
3.4.4 Representações cartográficas para auxílio à navegação 111
3.4.5 Produção do Mapa Visual Dinâmico 112
3.4.5.1 Representações cartográficas para informar direção de manobra 113
3.4.5.2 Representações cartográficas para manutenção nos trechos de rota 119
3.4.6 Produção do Esquema de seta 122
4. AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DO SNGRA 124
4.1 INTRODUÇÃO 124
4.2 APARATO 125
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 126
4.3.1 Amostragem e entrevistas 126
4.3.2 Cenário e simulador 128
4.3.3 Manual de símbolos do sistema, roteiro do teste e questionário para preferência 132
4.3.4 Variáveis de análise 133
4.3.5 Testes: demanda visual, erro navegacional e preferência subjetiva 135
4.3.6 Organização dos dados coletados 139
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 141
4.4.1 Preferência subjetiva entre Mapa e Esquema de Seta 142
4.4.2 Demanda visual em mapa 146
4.4.2.1 Fator tipo de representação em manobra simples 147
4.4.2.2 Fator tipo de representação de rota em manobra simples para trechos regular e irregular 152
4.4.2.3 Fator tipo de representação de rota + seta em manobras simples e complexa para trecho regular 154
4.4.2.4 Fator sexo 156
4.4.2.5 Fator experiência com mapa 158
4.4.2.6 Fator habilidade espacial 160
4.4.3 Preferência subjetiva: manobra simples e trecho de rota 161
4.4.4 Erro navegacional em mapa: manobra simples 164
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 166
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 173
APÊNDICES 180

1. INTRODUÇÃO

Dirigir um automóvel em uma rota desconhecida ou pouco conhecida é considerado uma tarefa cognitiva e perceptiva complexa, visto que exige a capacidade de processar várias informações ao mesmo tempo e, consequentemente, o motorista fica sujeito a erros, incertezas e frustrações (PETCHENIK, 1989; BURNETT, 2000; LABIALE, 2001). Além disso, a direção em automóvel (ou seja, a tarefa de navegação em automóvel) pode acontecer em diferentes condições de trânsito (rápido ou lento), iluminação (dia ou noite) e clima (quente ou frio) (PUGLIESI et al., 2004), e sua complexidade pode se tornar relativamente alta. No entanto, novas técnicas automatizadas estão sendo desenvolvidas para aperfeiçoar a tarefa de navegação, principalmente quando o motorista se encontra em locais desconhecidos. Neste contexto, o planejamento de rota e a manutenção na rota são as principais tarefas realizadas pelos motoristas, antes e durante a navegação, respectivamente (PETCHENIK, 1989). Quanto à manutenção na rota, Burnett (1998, p. 101) verificou um conjunto de elementos de informação importantes para auxiliar o motorista, dentre os quais a direção de manobra, o contexto espacial e a distância até a manobra podem ser apresentados em sistemas eletrônicos de navegação.

Várias denominações são utilizadas na literatura para fazer referência aos guias eletrônicos que auxiliam os motoristas nas tarefas de navegação, dentre as quais: Sistema de Navegação em Automóvel (SNA), Sistema de Navegação de Rota (SNR) e Sistema de Guia de Rota (SGR) (BURNETT, 1998, p. 3). Contudo, uma definição a respeito dos termos mencionados relata que "[...] um Sistema de Navegação em Automóvel exibe um mapa do sistema viário com a indicação da posição do automóvel, enquanto um Sistema de Guia de Rota em Automóvel indica somente mudanças de direção por meio da exibição de Esquema de Seta, em uma rota definida a priori." (LABIALE, 2001, p. 149, tradução nossa). Neste sentido, este trabalho utiliza a denominação Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SNGRA) a um guia eletrônico que exibe Mapa Visual Dinâmico com a indicação da rota e do eixo viário urbano, bem como a direção da manobra e a posição do automóvel em "tempo real"[1], ao longo da rota. Neste contexto, os sistemas de navegação podem apresentar

[1] Nesta pesquisa, o termo "tempo real" (com aspas) se refere à representação dos elementos de informação do Mapa Dinâmico com pequeno atraso, por causa dos fatores envolvidos no posicionamento absoluto de um objeto em movimento, tais como o tempo de transferência dos dados do receptor GPS (Global Positioning System) para o computador, o processamento dos dados GPS e, finalmente, a exibição das informações.

dois diferentes tipos de interfaces de comunicação ao motorista, dentre os quais a visual e a sonora.

> "O objetivo de um SNA é auxiliar os motoristas nas **tarefas estratégica** (por exemplo, planejamento da rota) e **tática** (mudança de direção) durante a navegação, bem como prover uma maneira das pessoas **adquirirem e usarem a informação espacial**." (BURNET e LEE, 2005, p. 1, grifo nosso, tradução nossa).

Algumas pesquisas indicam que o uso de tecnologias dentro do automóvel em movimento pode causar acidentes de trânsito por motivos de distração e falta de atenção (BURNETT, 2000; GREEN, 2000a; TSIMHONI e GREEN, 2001; GREEN, 2002; STUTTS et al., 2003; BURNETT e LEE, 2005). Em termos de segurança "[...] as aplicações que auxiliam a navegação de motoristas podem: (1) exigir excesso de demanda visual e distrair os motoristas da via; (2) exigir excesso de demanda cognitiva e interferir na atenção para a direção; (3) requerer atenção imediata e sobrecarregar a direção." (GREEN, 2000b, p.6, tradução nossa). No entanto, com relação ao Esquema de Seta, diversas soluções foram apresentadas com o intuito de reduzir os riscos e aumentar a segurança no trânsito. Consequentemente, estas soluções pretendem aumentar a eficácia e a eficiência[2] dos sistemas de navegação (BURNETT, 1998; GREEN, 2000a; BURNETT, 2000a; WALKER et al. 1991[3] apud LIU, 2000; LABIALE, 2001; HO e LI, 2002).

Diversos países da Europa, Estados Unidos e Japão são grandes usuários de sistemas de navegação e sistemas de guia de rota para auxílio ao motorista (BURNETT, 2000; BURNETT e LEE, 2005). Estas tecnologias são itens de série nos automóveis em aproximadamente 85% nos Estados Unidos e 60% na Europa, enquanto no Brasil não existe lei específica que orienta as montadoras de veículos (LIMA, 2006). A Resolução 190 do Conselho Nacional de Trânsito (BRASIL, 2006) não é clara, porém permite o uso de mapas eletrônicos em automóvel com a apresentação restrita ao auxílio de manobras. Contudo, as empresas nacionais comercializam sistemas com Esquema de Seta e Comando de Voz e o Conselho Nacional de Trânsito busca alternativas para diminuir as restrições previstas na Lei (IZIDORO e BÄCHTOLD, 2006).

---

[2] Enquanto o termo eficácia se refere ao alcance das metas, tal como a chegada ao destino sem erros de manobra, o termo eficiência está relacionado com o uso dos recursos para alcançar as metas, tal como o nível de complexidade da informação apresentada.

[3] WALKER, E., ALICANDRI, C., SEDNEY, K., Roberts. In-vehicle navigation devices: effects on the safety of driver performance. **Vehicle Navigation and Information Systems Conference Proceedings**. Society of Automotive Engineers. Warrendale, PA, 1991, pp. 499 - 525.

> "Art. 2º **Fica proibido a instalação em veículo automotor de equipamento capaz de gerar imagens de mapas destinados à orientação do condutor, salvo se**, I – Estiver dotado de mecanismo automático que comute a imagem de mapas para símbolos e/ou áudio que indique a direção, independente da vontade do condutor, quando o veículo estiver em movimento. II – **Instalado exclusivamente como sistema de auxílio a manobras**." (BRASIL, Resolução Nº 190 de 16 de Fevereiro de 2006, grifo nosso).

Quanto à segurança no trânsito, o uso da interface exclusivamente visual reduz da atenção do motorista para a via e sobrecarrega seu processamento cognitivo, consequentemente tendem a dirigir mais devagar e com mais cuidado, quando comparado ao uso de interface visual e sonora (PETCHENIK, 1989; BURNETT, 2000; WALKER et al. 1991 apud LIU, 2000, HO e LI, 2002). Por outro lado, as pesquisas revelam que uma representação com interface visual e sonora (áudio-dinâmica) favorece menor quantidade de erros de interpretação (LIU, 2000). Neste sentido, a interface visual de Esquema de Seta vem sendo investigada quanto às questões de demanda visual e preferências subjetivas (BURNETT, 1998; LABIALE, 2001). Entretanto, o aumento da complexidade na representação tem efeito imediato na demanda visual (LABIALE, 2001).

Tanto um Mapa quanto um Esquema de Seta inadequadamente projetados podem não ser suficientes para fornecer a direção da manobra, nem o contexto espacial (BURNET, 2000; GREEN 2000b, LABIALE, 2001; HO e LI, 2002). Dessa forma, pode-se considerar que a transmissão inadequada da informação pode sobrecarregar a atenção do motorista para o monitor de navegação, e a falta de atenção para a via pode provocar acidente de trânsito. (HO e LI, 2002, grifo nosso, tradução nossa). No entanto, estudos realizados por Ross et al. (1995) mostraram que os motoristas ingleses preferem representação de Mapa ao Esquema de Seta quando desejam ter uma visão geral da rota e da área ao redor, planejam suas rotas para viajar e querem saber onde estão (localização) em relação às referências urbanas (quadras, vias, cruzamentos, etc.), bem como para verificar se estão no caminho correto. Labiale (2001) afirma que as representações complexas auxiliam os motoristas a formarem uma representação mental não ambígua do espaço em que se encontram. Além disso, Burnett (1998) atesta que os motoristas se sentem confiantes e seguros em manter-se na rota quando as representações de auxílio à navegação apresentam pontos de referência.

Relatos indicam que a segurança, a eficácia e a acessibilidade dos sistemas de navegação em automóvel podem ser aperfeiçoadas significativamente se suas interfaces utilizarem estratégias básicas de navegação humana e incorporarem pontos de referência para

tarefas de mudança de direção (BURNETT, 1998, 2000; BURNETT e LEE, 2005; LABIALE, 2001). Dessa forma, sistemas de navegação e guias de rota têm sido avaliados quanto ao uso de pontos de referência (LYNCH, 1960), com representações tanto na forma geométrica (BURNETT, 1998) quanto pictórica (LABIALE, 2001). Além disso, pesquisas incorporam fotografias de pontos de referência em mapas com vista perspectiva e sugerem o uso de modelos tridimensionais destes elementos de informação, apresentando-os conforme visto pelo observador (LEE et al., 2001, p. 90-95).

> "O componente mais crítico dos sistemas de navegação está relacionado com o conhecimento dos motoristas porque devem incluir informações adquiridas das experiências anteriores. Este componente incluiu a capacidade cognitiva para integrar representações das experiências ou conhecimento pessoal com informação percebida recentemente sobre ou a partir de todos os outros ambientes visíveis ou invisíveis." (PETCHENIK, 1989, p. 45, tradução nossa).

Entretanto, os resultados das pesquisas advindas das áreas de psicologia da percepção, psicologia da cognição e psicologia da atenção indicam a existência de diferenças cognitivas e fisiológicas entre as pessoas, as quais possuem diferentes habilidades de perceber e utilizar as representações do espaço (MACEACHREN, 1995; BURNETT, 1998; GOLLEDGE, 1999; DAIMON et al. 2000; SEKULER e SEKULER, 2000). Neste sentido, o desenvolvimento do mapa cognitivo humano é uma preocupação atual extremamente relevante nas pesquisas que envolvem navegação em automóvel. Evidências apontam que o desenvolvimento do conhecimento espacial do motorista (seu mapa cognitivo) será afetado negativamente pelo uso de sistemas de guia de rota com Esquema de Seta porque, provavelmente, não fornecem o contexto espacial, do mesmo modo que um mapa tradicional em papel (BURNETT, 2005).

Sendo assim, diversas pesquisas que envolvem estratégias de navegação em automóvel têm sugerido diferentes soluções para redução da demanda visual e do processamento cognitivo do motorista nas tarefas de leitura de mapas (PETCHENIK, 1989; BURNETT, 1998, 2000, 2001, 2004; WALKER et al. 1991 apud LIU, 2000; LABIALE, 2001; TSIMHONI e GREEN, 2001; HO e LI, 2002; CNOSSEN et al., 2004, SAUCIER et al., 2003).

A importância dos pontos de referência nas tarefas de navegação também tem sido reconhecida por diversos pesquisadores (LYNCH, 1960; BOARD, 1978; GOLLEDGE, 1999; SORROWS e HIRTLE, 1999; BURNETT, 1998, 2000, 2001, 2005;

LABIALE, 2001; LEE et al., 2001; RAUBAL e WINTER, 2002, BURNETT e LEE, 2005). Do ponto de vista cartográfico, diversos projetos têm sido desenvolvidos para aumentar o desempenho da comunicação cartográfica em mapas dinâmicos (DIBIASI et al., 1992 apud MACEACHREN, 1995; PETERSON, 1995; MACEACHREN, 1995; SLOCUM, 1999; BLOK, 1999; ROBBI, 2000; HO e LI, 2002). No entanto, a avaliação de representações cartográficas, de qualquer natureza, necessita de uma abordagem empírica (BOARD, 1978). Dentro disso, esta pesquisa pretende contribuir para o uso de Mapa Visual Dinâmico em sistemas de navegação, a fim de facilitar o processo de comunicação cartográfica, diminuir a complexidade do processamento cognitivo do motorista e, assim, favorecer a aquisição de informações do espaço durante a navegação, de forma rápida e eficaz.

Nesta pesquisa, parte-se do pressuposto que a forma de representação de SNGRA influencia o desempenho da comunicação cartográfica. Dentro disso, considera-se que o Mapa Visual Dinâmico de um SNGRA pode apresentar baixa demanda visual (rapidez na leitura), alta preferência subjetiva e pouco erro navegacional, quando se combina representação cartográfica de interface visual e áudio-dinâmica, com pontos de referência miméticos e representação de seta para indicar a direção da manobra. Assim, as questões específicas decorrentes da hipótese são:

- Quais pontos de referência os motoristas brasileiros preferem para auxiliar tarefas de navegação em automóvel, em ambientes urbanos desconhecidos?
- Qual é a modalidade de representação (Mapa ou Esquema de Seta) preferida pelos motoristas para informar direção de manobra e manutenção no trecho de rota, quando utilizam sistemas de navegação?
- Qual representação cartográfica resulta em menor demanda visual (mais eficiente) e menor quantidade de erros navegacionais (mais eficaz)?
- Qual representação cartográfica é preferida para auxiliar tarefas de navegação em SNGRA?
- Os fatores sexo e habilidade espacial, bem como as experiências dos motoristas no uso de mapas apresentam diferenças significativas na leitura de Mapa Visual Dinâmico de um SNGRA?

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é avaliar representações cartográficas para manutenção na rota, em um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel, por meio das análises de demanda visual, preferência subjetiva e erro navegacional.

Esta tese é constituída de cinco capítulos. O Capítulo 02 trata da fundamentação teórica sobre fatores humanos[4] envolvidos no desenvolvimento de um SNGRA. O Capítulo 03 trata do projeto cartográfico para um sistema de navegação e guia de rota e da implementação e produção do Mapa Visual Dinâmico do SNGRA. O Capítulo 04 aborda o experimento central da pesquisa e avalia as representações cartográficas por meio das análises de demanda visual, preferência subjetiva e erro navegacional, enquanto o Capítulo 05 apresenta as conclusões dos resultados e das análises, bem como as recomendações para trabalhos futuros.

[4] O termo fatores humanos está relacionado com as características psicológicas e fisiológicas dos seres humanos.

2. FATORES HUMANOS PARA DESENVOLVIMENTO DE SNGRA

2.1 Introdução

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica para desenvolver a presente pesquisa. É abordada a questão do desenvolvimento do mapa cognitivo humano com ênfase aos pontos de referência para tarefas de manutenção na rota, bem como dos fatores de seleção e representação destes elementos de informação para sistemas de navegação e guia de rota em automóvel. Dessa forma, trata dos fatores de sensibilidade ao movimento, estrutura fisiológica do olho humano, efeitos da idade, princípios para agrupamento perceptual e estímulos visuais envolvidos na formação de figura e fundo. Aborda o modelo de etapas como teoria importante para compreender parte do processamento da informação visual e apresenta os métodos e modelos psicológicos utilizados para análise do movimento dos olhos, durante as tarefas de busca visual. Além disso, apresenta as variáveis dinâmicas e áudio-dinâmicas, bem como as modalidades e as interfaces de comunicação de sistemas para auxílio à navegação.

2.2 Desenvolvimento do mapa cognitivo humano

O termo desenvolvimento do mapa cognitivo se refere ao processo de mapeamento cognitivo humano, o qual está relacionado com a aquisição, codificação, armazenamento, decodificação e uso de informações do espaço (GOLLEDGE, 1999). Para tanto, os processos de seleção de caminhos e manutenção na rota utilizam a estrutura geométrica do conhecimento humano (GOLLEDGE, 1999), a qual interpreta as características do meio ambiente, tal como os pontos de referência.

2.2.1 Mapa cognitivo: estrutura geométrica do conhecimento

O termo mapa cognitivo é um conceito instituído por Tolman (1948), o qual é amplamente utilizado nas ciências humanas (GOLLEDGE, 1999; BURNETT, 2005) para se referir ao processo pelo qual um ser humano representa os elementos do ambiente e suas relações entre si, em seu próprio cérebro, sendo basicamente um registro de lugares conhecidos (LASZLO et al., 1995; ALLEN, 1999). Por isto, seu conteúdo difere fortemente entre os seres humanos (ALLEN, 1999).

> "O mapa cognitivo especifica a representação interna da informação espacial [...] e pode ser utilizado para determinar: onde alguém está, onde objetos específicos estão no espaço ao redor, como chegar de um lugar para o outro e como comunicar informação espacial com os outros. Os resultados de várias pesquisas indicam que o acesso a um mapa cognitivo pode fornecer respostas a questões do tipo: "Onde eu estou?", "Qual é o caminho de minha casa?", "Onde estão localizados os fenômenos que eu estou procurando?", "Como eu seleciono uma rota entre determinadas localidades?", "Como eu retorno para casa?", "Como eu descubro para onde ir, a partir num determinado ponto em uma rota?", etc." (GOLLEDGE, 1999, p. 15, tradução nossa).

De acordo com Golledge (1999), tratando-se de mapa cognitivo, sua estrutura geométrica do conhecimento é constituída de elementos de ponto (exemplo: pontos de referência e junções / cruzamentos), linha (exemplo: caminhos e trilhas), área (exemplo: regiões e arredores) e volumes (exemplo: morros), os quais podem ser apreendidos, "vivenciados" e registrados nas formas qualitativa e quantitativa. Golledge (1999) ressalta que durante a tarefa de interpretação quantitativa, tais elementos facilitam a manipulação de informação, pois utilizam geometria Euclidiana e trigonometria mental[5]. Além disso, quando ocorre a interpretação qualitativa, esses elementos podem fornecer informações de relações topológicas, tais como ordem, inclusão, exclusão, etc. Assim, a estrutura geométrica do conhecimento humano pode ser relacionada com as características perceptivas do espaço urbano, determinadas por Kevin Lynch (1960), como um conjunto básico de cinco elementos:

- **Vias**: são os canais de circulação, pelos quais os observadores se locomovem habitual, ocasional ou potencialmente. Podem ser consideradas as alamedas, os canais, as ferrovias, as avenidas, as rodovias, etc.;

[5] O termo trigonometria mental se refere à maneira pelas quais os ângulos e as distâncias são estimados durante um processo de navegação (GOLLEDGE, 1999).

- **Limites**: são os elementos lineares não compreendidos como vias para o observador. Em geral, as fronteiras e as barreiras físicas são consideradas como limites: praias, margens de rios, muros, paredes, etc.;
- **Zonas**: são as grandes ou médias regiões de uma cidade, tal como áreas penetráveis mentalmente, conhecidas por características comuns que as identificam (por exemplo, o centro da cidade);
- **Pontos nodais**: são os locais estratégicos de uma cidade em que um observador pode utilizar diretamente como passagem para dar continuidade à navegação, tais como as junções, os locais de interrupção do transporte, os cruzamentos ou as convergências de vias, etc. Além desses, podem ser os pontos de encontro em uma esquina ou em uma praça fechada, localizados nos bairros. Em geral, os pontos nodais têm a característica de núcleos, de natureza tanto de conexão quanto de concentração. Além disso, os pontos nodais se conectam com as vias;
- **Pontos de referência**: são as referências em que os observadores não entram quando as utiliza para se locomover ou fornecer instruções do espaço para alguém. Em geral, são os edifícios, as lojas, os monumentos, as montanhas, as igrejas, as torres, etc. Até mesmo um objeto móvel, como o Sol, pode ser considerado um ponto de referência.

Os pontos de referência favorecem o processo de mapeamento cognitivo (GOLLEDGE, 1999, p. 16). Diversas pesquisas têm indicado sua importância nas tarefas de navegação humana (BOARD, 1978; ALLEN, 1999; GÄRLING 1999; STERN e PORTUGALI 1999; GOLLEDGE, 1999; SORROWS e HIRTLE, 1999; BURNET, 1998, 2000 e 2001; LABIALE, 2001; LEE et al., 2001, RAUBAL e WINTER, 2002). Geralmente, são notados e lembrados porque dominam visualmente, por sua forma ou estrutura ou por causa da importância sócio-cultural (APPLEYARD, 1969 apud GOLLEDGE, 1999)[6].

Golledge (1999) associa dois importantes conceitos aos pontos de referência: conceito organizacional e conceito de ferramenta navegacional. No primeiro, os pontos de referência podem ser simbólicos, tal como a Torre Eiffel (em Paris) que pode representar a cidade toda (LYNCH, 1960). No segundo, os pontos de referência servem para as tomadas de decisões durante o processo de navegação, e podem ser classificados em:

[6] APPLEYARD, D. Why buildings are known. Enviroment and Behaviour, v. 1, p. 131-156, 1969.

distantes e locais (LYNCH, 1960). Neste contexto, um ponto de referência distante localiza-se fora da rota, porém é notável, tal como um aranha-céu, enquanto que um ponto local encontra-se ao longo da rota ou em locais próximos. Contudo, ambos os pontos (distantes e locais) podem proporcionar a verificação do progresso da rota, visto que influenciam as expectativas e fornecem pistas de localização e contexto espacial (GOLLEDGE, 1999).

2.2.1.1 Seleção de pontos de referência

As informações utilizadas para navegação em automóvel, por pessoas de diferentes países, podem não ser as mesmas, visto que a escolha desses elementos é influenciada pelos fatores regionais e nacionais (DAIMON et al., 2000). Dessa maneira, a seleção de pontos de referência para auxílio à navegação pode ocorrer por meio dos fatores que o identificam como referência. Sorrows e Hirtle (1999) propuseram uma classificação para os pontos de referência determinados por Lynch (1960): visual, cognitiva / semântica e estrutural. Enquanto um ponto de referência visual é um objeto dotado de características visuais atrativas, um ponto semântico é aquele em que o significado se sobressai (exemplo: uma determinada igreja católica é reconhecida facilmente no ocidente por causa da cruz agregada no alto da construção). No caso do ponto de referência estrutural sua importância varia de acordo com sua regra ou localização na estrutura do espaço (por exemplo, um semáforo). Para Sorrows e Hirtle (1999), esta classificação tem implicações na forma com que o ambiente foi construído, de tal maneira que os pontos de referência emergem apropriadamente para cada situação.

A fim de enriquecer as instruções de navegação a partir do uso de pontos de referência local, Raubal e Winter (2002) utilizaram a classificação dos pontos de referência de Sorrows e Hirtle (1999) e determinaram propriedades que determinam a relevância de cada um. Com relação à atratividade visual, os pontos de referência são qualificados visualmente caso apresentem certas características visuais, tais como contraste de forma com os seus arredores ou uma localização espacial destacável (SORROWS e HIRTLE, 1999). As propriedades relacionadas com a atração visual são: área da fachada, forma, cor e visibilidade. No caso da atratividade cognitiva ou semântica os pontos de referência possuem importância tanto histórica quanto cultural (por exemplo, museu, estação ferroviária, etc.) (SORROWS e

HIRTLE, 1999), e suas propriedades são: importância histórica, importância cultural e marcas explícitas (por exemplo: logotipos). Para a atratividade estrutural, os pontos de referência são qualificados estruturalmente caso estabeleçam uma regra importante na estrutura do ambiente espacial (SORROWS e HIRTLE, 1999). Desse modo, possuem importância relacionada com as regras da organização do espaço (por exemplo: cruzamento, praça, sinalização, etc.). Assim, de acordo com Raubal e Winter (2002), os elementos que estruturam uma cidade são aqueles identificados por Lynch (1960), tais como: pontos nodais (por exemplo: cruzamento de vias), fronteiras ou barreiras (por exemplo: linha férrea, complexo viário, rio e córrego, etc.) e regiões (por exemplo: quarteirão, bairro, etc.).

Uma outra abordagem de seleção de pontos de referência, determinada por Burnett (1998), leva em consideração que a carga de trabalho gerada pelo processamento da informação de navegação em automóvel deve ser mínima. Esse estudo empírico estabeleceu os atributos mais importantes, os quais deveriam ser levados em consideração quando se escolhe pontos de referência para um SGR. Assim, Burnett (1998) estabelece um conjunto de estágios de processamento da informação:

- Detecção do ponto de referência:
    - *Permanência*: um ponto de referência permanente, provavelmente, não se move de lugar;
    - *Visibilidade*: se o observador estiver olhando em sua direção, um ponto de referência visível é fácil de ver, a partir de uma determinada distância;
    - *Notabilidade*: um ponto de referência notável prenderá a atenção mesmo que o observador não esteja olhando especificamente em sua direção;
    - *Previsibilidade em localização*: um ponto de referência com localização previsível é fácil de encontrar porque é simples saber onde olhar para encontrar, como por exemplo, é o caso dos postes de iluminação que, geralmente, se encontram nos passeios públicos;
    - *Desobstrução*: um ponto de referência altamente desobstruído, geralmente, não está escondido por outros objetos, tais como caminhões e caçambas.

- Identificação do ponto de referência:
  - *Familiaridade*: o ponto de referência é familiar e conhecido, como por exemplo, a logomarca de uma rede de supermercados;
  - *Previsibilidade em aparência*: se um ponto de referência tem aparência previsível, se torna fácil prever sua aparência (por exemplo: igrejas católicas, postos de combustíveis, etc.);
  - *Unicidade*: se o ponto de referência é único, não haverá diferentes tipos de elementos similares em aparência (por exemplo: uma estação ferroviária);
  - *Grau de separação*: um ponto de referência com alto grau de separação não permanece próximo de outros da mesma classe.
- Integração dos pontos de referência com o leiaute viário: importância da *localização* e da *compacidade* do elemento para permitir que o motorista associe um determinado ponto de referência com o ambiente em que se encontra. Para auxiliar a realização de manobras, um ponto de referência tem localização importante quando se encontra relacionado com cantos de quadra. Um elemento com alto grau de compacidade permite que o mesmo seja relacionado com uma manobra específica (por exemplo: uma locadora de vídeos localizada numa bifurcação).

Além disso, Burnett (1998) utiliza um critério de seleção *a priori*, baseado em levantamento junto a especialistas em fatores humanos, e em seguida baseia-se na preferência subjetiva dos motoristas, a qual considera o conhecimento e as experiências adquiridas no Reino Unido.

2.2.1.2 Representação de pontos de referência

Para Robinson et al. (1984), as três categorias de representação mais importantes no processo de simbolização de feições pontuais nominais, dentre as quais se incluem os pontos de referência são: pictórico, associativo e geométrico. Enquanto os símbolos pictóricos apresentam semelhanças com seus referentes, os associativos estão

relacionados com o conceito, e os geométricos são puramente arbitrários em relação ao seu referente. MacEachren (1995) ressalta que os símbolos pictóricos podem variar consideravelmente na forma em que são estilizados, e podem apresentar diferentes graus de mimetismo. Os símbolos pictóricos podem ser esteticamente simpáticos e humorados, atrair a atenção, manter a motivação e a confiança, bem como economizar palavras (HORTON, 1994, 1996; TVERSKY et al., 2002).

Embora Burnett (1998) não enfatize a maneira de representação dos pontos de referência em SGRA, pode-se verificar em sua pesquisa o uso de símbolos arbitrários (Figura 2.1), combinados com Esquema de Seta e comando de voz. No entanto, Burnett (1998) atestou que os sistemas de guia de rota que apresentam pontos de referência são mais preferidos pelos motoristas aos sistemas que não possuem tais elementos de informação. Do mesmo modo, Labiale (2001) pesquisou a demanda visual[7] e as preferências subjetivas por meio de diversas combinações de representações com e sem símbolos pictóricos (Figura 2.2). Seus resultados também revelam que os motoristas preferem sistemas de guia de rota com a presença de pontos de referência. Uma abordagem diferente, a qual não se utiliza da representação de símbolos, é apresentação de fotografias de pontos de referência tomadas a partir de diferentes ângulos e exibidas conforme o ponto de vista do motorista em um mapa de sistema de navegação com vista perspectiva (Figura 2.3) (LEE et al., 2001). Contudo, sugerem a criação de modelos tridimensionais para representar pontos de referência estilizados, a fim de alcançarem certo grau de simplificação, mantendo-se a semelhança com o objeto no mundo real.

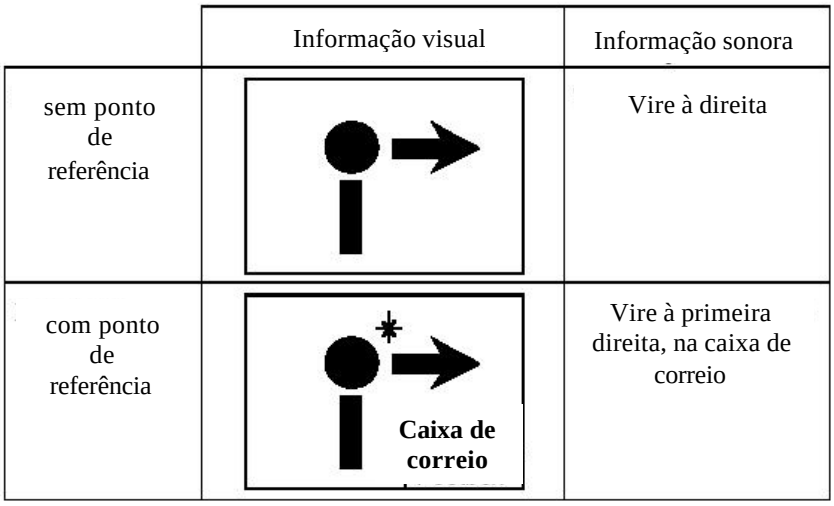


Figura 2.1 – Combinação de formas gráficas, textuais e sonoras. Fonte: adaptada de Burnett (1998).

[7] A demanda visual está relacionada com a busca visual para um determinado alvo (BURNETT, 1998).

Figura 2.2 – Projeto de Esquema de Seta com ponto de referência. Fonte: adaptada de Labiale (2001).

Figura 2.3 - Mapa em perspectiva com fotografias de pontos de referência. Fonte: LEE et al. (2001).

2.2.1.2.1 Tratamento gráfico para os símbolos cartográficos icônicos

O processo de representação de símbolos cartográficos pode ocorrer por meio de diferentes graus de iconicidade e, portanto, pode variar de formas arbitrárias a miméticas (ROBINSON et al., 1984; MACEACHREN, 1995, p. 259). Quanto à questão da construção dos símbolos, Horton (1996) apresenta cinco diferentes categorias de detalhe e realismo para simbolizar um objeto: fotografia, desenho (verossimilhança), caricatura (estilização), contorno (simplificação) e silhueta (simplificação) (Figura 2.4). Segundo Lessa (1995), o processo de construção de um símbolo, a partir de um determinado objeto, pode ser realizado de três maneiras: a seleção fiel de tudo que é aparente (verossimilhança), a seleção daquilo que é essencial (simplificação), a seleção e a alteração de traços particulares

(estilização). Entretanto, Lessa (1995) afirma que sempre haverá certo grau de verossimilhança nas figuras imitativas simplificadas ou estilizadas.

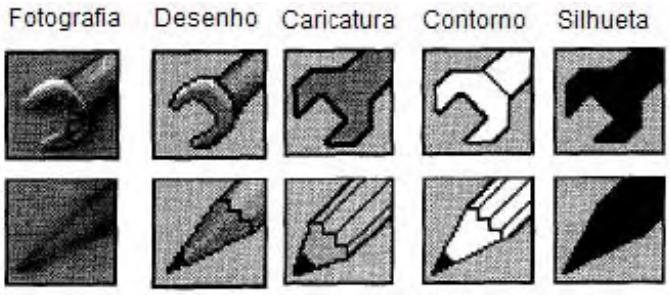


Figura 2.4 - Tratamento gráfico da figura imitativa. Fonte: adaptada de Horton (1996).

Entretanto, é importante enfatizar os diferentes graus de potencial de representação dos objetos do mundo real (Figura 2.5) (LESSA, 1995): por exemplo, uma igreja possui uma estrutura visual mais complexa que a de um orelhão e, portanto, possui um maior número de representações possíveis, consequentemente, apresenta alto potencial representativo. Sendo assim, se introduz um número maior de etapas no processo de simplificação, o qual ocorre de maneira progressiva. Na Figura 2.5, enquanto a linha vertical apresenta os diferentes níveis de representação dos objetos no mundo real, a linha horizontal se refere ao tratamento gráfico que pode ser dado ao objeto.

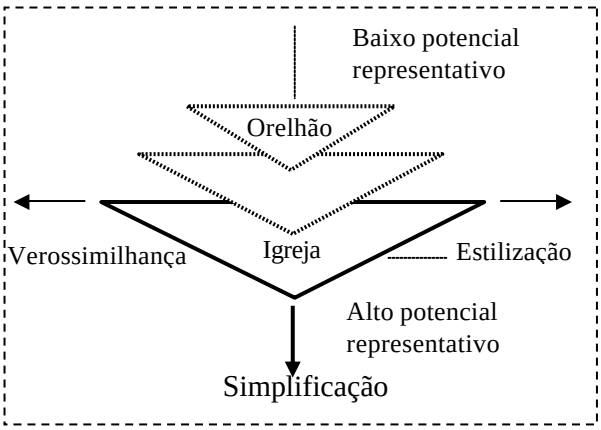


Figura 2.5 - Potencial de representação de objeto. Fonte: adaptado de Lessa (1995).

2.2.2 Navegação: seleção de rota e manutenção na rota

Conforme Board (1978), um dos propósitos da utilização da informação geográfica é facilitar o movimento de um lugar para outro (navegação), e o uso desta acontece quando a pessoa deseja conhecer e manipular distância, proximidade, vizinhança, separação, orientação, direção, conexão, fronteira, inclusão, exclusão e orientação espacial. Golledge (1999) nota que a navegação é um termo utilizado frequentemente para fazer referência ao processo de localização da posição no espaço. Entretanto, um processo de navegação envolve três componentes: seleção de rota, manutenção na rota e chegada ao destino (SHEMYAKIN, 1962 apud BOARD, 1978)[8].

O processo de seleção de rota é um elemento cognitivo da navegação que não envolve nenhum tipo de movimento, mas, somente, partes estratégicas e táticas que o guiam (GOLLEDGE, 1999). Desse modo, "[...] é necessário ser capaz de identificar a origem e o destino para determinar os ângulos de mudança de direção, identificar os comprimento dos trechos e as direções de movimento, reconhecer a rota e os pontos de referência e fixar a rota para se orientar em algum sistema de referência." (GOLLEDGE, 1999, p. 7, tradução nossa). Segundo Board (1978), o processo de selecionar um caminho por meio de explicações em mapa, implica em ajustá-lo à realidade por meio de um processo conhecido como rotação mental. Dessa forma, o usuário pode orientar ou ajustar o mapa para a orientação Norte ou egocêntrica (em relação a si mesmo e as referências que estão em sua volta). Gärling (1999) discute a maneira com que a seleção é realizada quando existem várias alternativas e aponta atributos espaciais e atributos não espaciais como fatores importantes da escolha. Assim, a rota pode seguir o caminho mais curto, mais rápido, mais calmo, mais bonito, mais seguro, etc. (BOARD, 1978; GÄRLING, 1999).

Segundo Golledge (1999), a tarefa de manutenção na rota acontece depois que as decisões foram tomadas (ou seja, depois que os caminhos foram selecionados e a rota foi determinada), tal como a necessidade de conhecer os trechos e os ângulos necessários para conectar os diferentes trechos. Assim, o processo de manutenção na rota pressupõe uma rota planejada a priori. Dessa maneira, a seleção de rota e a manutenção na rota contribuem para o uso e o desenvolvimento de mapas cognitivos (BOARD, 1978, GOLLEDGE, 1999).

---

[8] Shemyakin, F. N. General problems of orientation in space and space representations. In Anayev, B. G., editor, **Psychological Science in the USSR**, pp. 186–251. Washington, D.C. U.S. Office of Technical Reports, 1962.

A manutenção na rota com automóvel envolve aspectos de controle do automóvel, tais como: saída, parada, manobra, aceleração, freamento e prevenção de contato com outros veículos ou objetos (PETCHENIK, 1989). Dessa forma, o motorista realiza uma série de tarefas de navegação (Figura 2.6), a fim de alcançar seu objetivo com sucesso, em função das informações que são recebidas (MICHON, 1985 apud BURNETT, 1998)[9]:

- **Estratégica** (**planejamento** e **gerenciamento da rota**): as informações podem ser as condições de tráfego, o tempo estimado de viagem, a disponibilidade de estacionamentos, etc.;
- **Tática** (**preparação para mudar de direção**): as informações necessárias podem ser a direção da manobra, os pontos de referência, a sinalização viária, a distância restante até a manobra, a configuração da via para decidir onde e quando manobrar, etc.;
- **Operacional**: está relacionada com a realização da mudança de direção, propriamente dita.

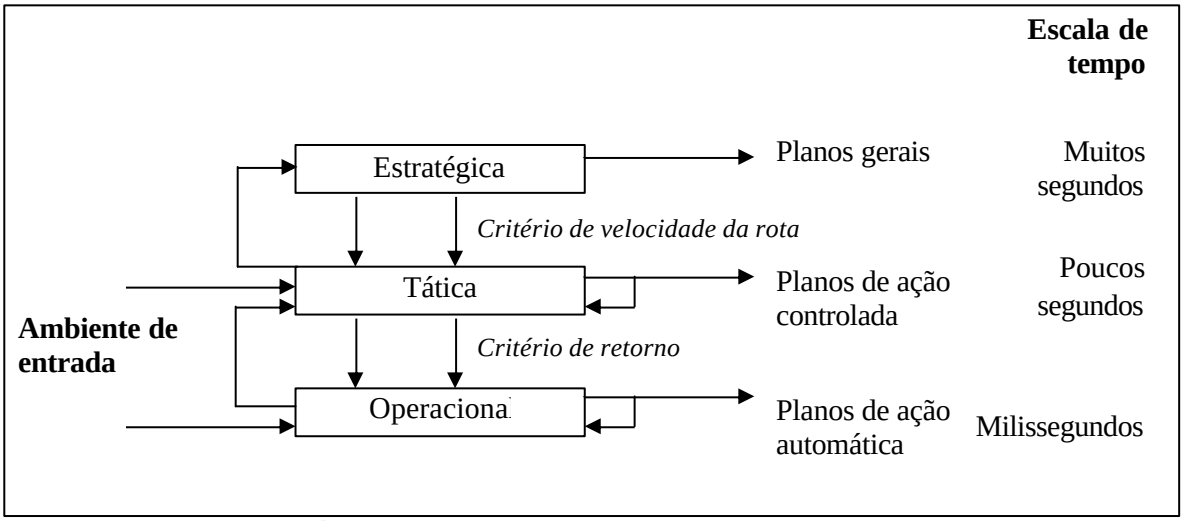


Figura 2.6 – Estrutura hierárquica das tarefas de navegação. Fonte: adaptada de Michon (1985) apud Burnett (1998).

Segundo Morita (1993), do ponto de vista cartográfico, os tipos de informações necessárias para navegação, bem como o momento em que são utilizados podem

[9] Michon, J. A. A critical view of driver behaviour models. In L. Evans & R.S. Schwing (Eds.). **Human behaviour and traffic safety**. New York: Plenum Press. 1985

ser estabelecidos por meio da classificação de duas fases (planejamento e ação / manutenção na rota) e três estágios (antes, durante e depois da viagem). Na fase de planejamento, antes da viagem, surgem as questões "Aonde ir?", "Como chegar lá?" e "Aonde estou?", enquanto que, durante a viagem, surge a questão "Qual é o próximo trecho e quando devo entrar?". Na fase da manutenção na rota, durante a viagem, surgem as questões "Aonde estou?", "Quando e o que fazer em seguida?", enquanto que, depois da viagem, as questões são "Aonde eu estava?", "Qual foi o trajeto?" e "O que fiz naquele momento?". Assim, este detalhamento se torna necessário para verificar os tipos de elementos de informação que os motoristas utilizam durante a manutenção na rota, além do momento em que são necessárias ao motorista.

2.2.3 Fator cognitivo: habilidade espacial

A maneira de perceber o espaço apresenta diferenças entre homens e mulheres (DABBS et al., 1997), visto que são influenciadas pelos níveis de testosterona presentes no organismo dos seres humanos (HOOVEN, 2004). A habilidade espacial é a habilidade de um observador antecipar a aparência de um objeto e a capacidade do cérebro em formar imagens que correspondem à localização espacial em termos de tamanho, posição, volume, movimento, etc. (ALLEN, 1999; PETERSON, 1995). Uma característica envolvida na habilidade espacial é a capacidade de imaginar um objeto se deslocando no espaço (ALLEN, 1999), e um dos fatores envolvidos neste processo é a orientação espacial (DABBS et al., 1997; ALLEN, 1999), a qual abrange os conceitos de rotação (giro em torno de um eixo, sem mudar a localização) e deslocamento (tipo de movimento, ao longo de um caminho reto ou curvo, sem envolver rotação) (RIESER, 1999).

Streeter e Vitello (1985) concluíram, em sua pesquisa, que as pessoas com baixa habilidade espacial confiam mais nos pontos de referência para navegação do que as pessoas com alta habilidade espacial. Os resultados do estudo de Dabbs et al. (1997) revelam diferenças significativas de habilidades espaciais, memória de localização de objetos, estratégia de navegação e conhecimento geográfico (por meio do mapa-múndi) entre os homens e as mulheres. Os homens apresentaram melhor desempenho em rotação mental e conhecimento geográfico do que as mulheres, enquanto os homens e as mulheres estiveram iguais em relação à memória para localização de objetos. Com relação às estratégias de

navegação, os homens foram mais abstratos porque utilizaram distâncias e orientações do tipo Norte, Sul, Leste e Oeste, enquanto as mulheres foram concretas e pessoais, por utilizar pontos de referência e orientações egocêntricas do tipo direita e esquerda. Além disso, os resultados de Burnett (1998) confirmam a preferência dos homens por orientações Norte, Sul, Leste e Oeste e das mulheres por pontos de referência. Por outro lado, os testes de Dabbs et al. (1997) não constataram relações entre as estratégias de navegação e o conhecimento do mapa-múndi. Contudo, Gaulin e Hoffman (1988)[10] apud Dabbs et al. (1997) apontam que embora a diferença de habilidade espacial entre homens e mulheres seja resultante de fatores biológicos, a mesma acaba sendo compensada pela experiência e aprendizado do indivíduo.

2.3 Percepção e busca visual

A percepção do espaço tridimensional pode ocorrer por meio de várias modalidades sensoriais, como por exemplo, a visual (SIMÕES e TIEDEMANN, 1985). A visão tem uma contribuição central em uma grande variedade de habilidades cognitivas, tal como raciocínio e memória (SEKULER e SEKULER, 2000). Assim, deve-se enfatizar que o conhecimento dos limites e das restrições da visão humana favorece a criação de mapas dinâmicos, cuja leitura e processamento sejam mais fáceis e mais rápidos.

> "Para realmente exercer o máximo de controle possível, o compositor visual deve compreender os complexos procedimentos através do qual o organismo humano vê, e, graças a esse conhecimento, aprender a influenciar as respostas através de técnicas visuais." (DONDIS, 2003, p. 134, grifo nosso).

2.3.1 Organização da percepção visual

A visão ordena os elementos discriminados na cena visual, tal como as diferenças de brilho, espessura, fechamento, proximidade, etc. (DENT, 1993;

[10] GAULIN, S. J. C., HOFFMAN, H. A. Evolution and development of sex differences in spatial ability. In: **Human Reproductive Behavior: A Darwinian Perspective**, L. Betzig, M. B. Mulder, P Turke (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press, 1988, pp. 129-152.

MACEACHREN, 1995). Um total de, pelo menos, seis fatores relevantes, no que concerne à percepção visual, deve ser considerado na construção e leitura de um Mapa Visual Dinâmico: sensibilidade ao movimento, diagrama de sensibilidade retinal, efeitos da idade, deficiência na visão de cores, agrupamento perceptivo e segregação de figura-fundo. Para a criação da figura-fundo há, ainda, dois fatores fundamentais, denominada pela Psicologia da *Gestalt* de forças internas de organização da forma: unificação e segregação. Enquanto a unificação age em função da igualdade de estimulação (agrupamento), a segregação (contraste) age em virtude da desigualdade de estimulação (GOMES FILHO, 2002, p. 20).

2.3.1.1 Sensibilidade ao movimento

A visão humana é muito sensível ao movimento, tanto para deslocamento quanto para transformação (BERTIN, 1983; MACEACHREN, 1995; PETERSON, 1995; DONDIS, 2003; ARHEIM, 2004). Bertin (1983) atesta que o movimento domina a percepção visual de maneira que limita a atenção para as manifestações visuais estáticas. Peterson (1995) nota que os olhos de um observador continuam em movimento quando os objetos de uma cena visual estão inertes. Dondis (2003, p. 80) e Arnheim (2004) afirmam que o movimento talvez seja uma das forças visuais mais dominantes da experiência humana e, que o mesmo, é a atração visual mais intensa da atenção dos seres humanos. Travis (1990)[11] apud MacEachren (1995) nota que a atratividade das luzes de néon em Las Vegas é utilizada para chamar a atenção. A execução de tarefas complexas com ícones animados, em programas de computador, tem resultado em maior número de acertos e maior preferência aos ícones estáticos (BODNER e MACKENZIE, 1997) e, também, a cintilação tem sido preferida às representações estáticas para auxiliar as tarefas de advertência e risco, em mapas de sistemas de navegação (HO e LI, 2002). Embora os efeitos de animação tenham apresentado maior preferência e maior eficácia em determinadas situações, Tversky et al. (2002, p. 257) ressaltam que a situação mais promissora no uso de animação parece ser a tarefa de comunicar mudança de direção, a qual não exige a transmissão de informações complexas.

---

[11] TRAVIS, D. S. **Applying visual psychophysics to user interface design**. Behaviour and Information Technology, v.9, p. 425–438, 1990.

2.3.1.2 Diagrama de sensibilidade retinal

A sensibilidade do olho para diferentes comprimentos de onda de luz visível varia espacialmente. O diagrama de sensibilidade retinal de Wade e Swanston (1991)[12] apud MacEachren (1995) apresenta uma complexa sobreposição espacial dos diversos comprimentos de onda de luz (Figura 2.7), na qual a sensibilidade ao verde está concentrada numa faixa de extensão horizontal relativamente pequena, enquanto que a sensibilidade ao amarelo ocorre ao longo de uma grande porção do olho, aproximadamente circular, e o azul cobre uma grande área da retina (MACEACHREN, 1995).

No centro da retina está a mácula, a qual é sensível às cores por ser a área com maior concentração de cones e ao redor concentram-se os bastonetes, responsáveis pela visão na escala cinza (Figura 2.7). Pelo fato do olho não ter cones azuis na fóvea (posição que está diretamente exposta à luz, no centro da mácula), a habilidade de detectar pequenos símbolos cartográficos azuis é reduzida em relação aos outros matizes (MACEACHREN, 1995, p. 126).

Figura 2.7 – Diagrama de sensibilidade retinal. Fonte: Adaptado de Wade e Swanston (1991) apud MacEachren (1995).

[12] WADE, N. J., SWANSTON, M. **Visual Perception**. New York: Routledge, 1991

2.3.1.3 Efeitos da idade e deficiência na visão de cores

Quanto aos efeitos da idade, de todos os sistemas sensoriais, as funções visuais parecem ser as mais afetadas pelos processos de envelhecimento (SEKULER e SEKULER, 2000). As imagens são focadas na retina e alteram a forma das lentes, num processo automático conhecido por acomodação. Quando os seres humanos começam envelhecer, as lentes ficam mais rígidas e a habilidade de focar em diferentes distâncias (acomodação visual) torna-se enfraquecida (processo conhecido como presbiopia) (SEKULER e SEKULER, 2000, p.1). Geralmente, por volta dos 45 anos de idade, a habilidade de acomodar se torna fraca, tornando necessário o uso de uma lente corretiva (óculos ou lente de contato) (MACEACHREN, 1995; SEKULER e SEKULER, 2000). A partir dos 50 anos de idade a acuidade visual diminui ano a ano, e com relação aos médios e longos comprimentos de onda, a sensibilidade ao contraste diminui constantemente com o aumento da idade, começando aos 30 (SEKULER e SEKULER, 2000).

A deficiência na visão das cores (daltonismo) é, também, um aspecto fundamental a ser considerado, quando se utiliza matizes nas manifestações visuais, por causa de problemas na detecção e discriminação de informação por pessoas daltônicas (MACEACHREN, 1995, p. 126; ARDITI, 1997; RIGDEN, 1999). Estas considerações são importantes porque, em um projeto gráfico, o uso normal de cores pode afetar a comunicação da informação, caso sejam utilizadas por pessoas daltônicas. Entretanto, esta pesquisa considera somente pessoas com visão normal de cores na avaliação da comunicação cartográfica do sistema de navegação e guia de rota.

2.3.1.4 Agrupamento perceptivo

A abordagem da percepção visual baseada na Teoria da *Gestalt* considera a ocorrência de agrupamento perceptivo, de tal maneira que os seres humanos não percebem os elementos de duas ou três dimensões como uma seqüência linear, mas na forma inter-relacionada e unificada (ROBINSON e PETCHENIK, 1976). Assim, para a percepção humana, não há nenhuma qualidade absoluta de cor, brilho ou forma, ou seja, a excitação

cerebral não se dá em pontos isolados, mas por extensão (GOMES FILHO, 2002, p. 17-24). A Teoria da *Gestalt* é fundamentada no princípio da pregnância da forma ou força estrutural, segundo a qual as forças de organização da forma tendem a se dirigir no sentido da clareza, da unidade, do equilíbrio e, portanto, da *Boa Gestatlt* (GOMES FILHO, 2002, p. 24). Neste sentido, alguns princípios básicos, que podem ser considerados para formar agrupamento perceptivo, relevantes para comunicação cartográfica em sistema de navegação e guia de rota em automóvel são: unidade, proximidade, similaridade, continuidade, fechamento e simplicidade (ROBINSON et al., 1984; MACEACHREN 1994; WERTHEIMER 1923 apud MACEACHREN, 1995; FRUTIGER, 2001; GRANHA, 2002; GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003).

O princípio de unidade refere-se ao equilíbrio adequado de um elemento único que se encerra em si mesmo, ou de um conjunto de elementos em sua totalidade, que se percebe visualmente, e a união destas unidades deve harmonizar-se como uma única coisa (por exemplo, uma esfera, ou a multidão apresentada na Figura 2.8) (GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003). Por outro lado, "A fragmentação é a decomposição dos elementos e unidades de um design em partes separadas, as quais se relacionam entre si, mas preservam seu caráter individual." (DONDIS, 2003, p. 145).

Figura 2.8 – Agrupamento por unidade. Fonte: Gomes Filho (2002).

Quanto ao princípio de proximidade, os elementos óticos próximos uns dos outros tendem a ser vistos juntos e, por isto, formam grupos. Na Figura 2.9 os círculos verticais da esquerda formam grupos porque estão mais próximos, da mesma maneira que os círculos horizontais da direita. De acordo com a *Gestalt*, haveria necessidade de esforço para interpretar o contrário. "Elementos vizinhos e agrupados são compreendidos como um todo, em oposição àqueles dispostos em intervalos maiores." (FRUTIGER, 2001).

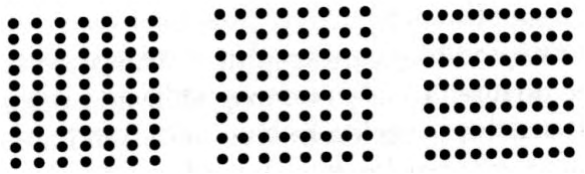


Figura 2.9 – Agrupamento por proximidade. Fonte: MacEachren (1995).

Em relação ao princípio de similaridade, os objetos iguais formam grupos e, neste caso, podem ser configurados pela forma e pela cor. Na Figura 2.10, os círculos preenchidos formam grupos similares da mesma maneira que os círculos vazios também formam.

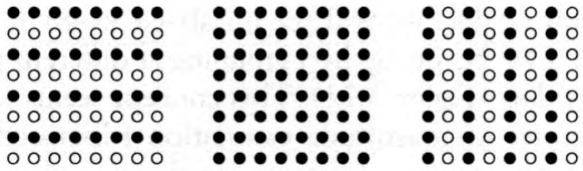


Figura 2.10 – Agrupamento por similaridade. Fonte: MacEachren (1995).

O princípio de continuidade sugere que a organização perceptiva da forma aconteça de modo coerente, sem quebras ou interrupções na trajetória ou na sua fluidez visual (Figura 2.11). Segundo MacEachren (1995), o uso de valor de cor em mapas coropléticos e hipsométricos pode ser considerado exemplo de continuidade.

Figura 2.11 – Agrupamento por boa continuidade. Fonte: MacEachren (1995).

No caso do princípio de fechamento, os objetos possuem forças que tendem a unir, espontaneamente, os intervalos e estabelecer ligações entre as partes. A Figura 2.12 mostra alguns exemplos de fechamento sensorial causado pela sensação de fechamento visual.

Figura 2.12 – Agrupamento por fechamento. Fonte: Gomes Filho (1995).

Com relação ao princípio da simplicidade, os objetos se agrupam de maneira simples e com baixo número de informações ou unidades visuais. A simplicidade é, também, associada como "Boa Gestalt" ou boa forma (WERTHEIMER 1923[13] apud MACEACHREN, 1995) por se caracterizar por organizações formais fáceis de serem assimiladas, lidas e compreendidas rapidamente (GOMES FILHO, 2002). A Figura 2.13 apresenta um símbolo que caracteriza o fator simplicidade através do conceito de silhueta (Horton, 1996).

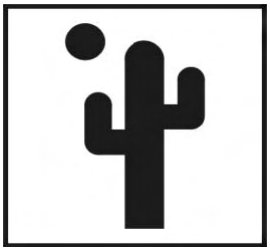


Figura 2.13 – Agrupamento por simplicidade. Fonte: Granha (2002).

2.3.1.5 Segregação de figura e fundo

Para desenvolver um projeto cartográfico é importante conhecer a priori o propósito do mapa, o qual direciona a seleção dos dados da base cartográfica e dos dados temáticos (conteúdo) (BOARD, 1978; ROBINSON et al., 1984, p.153). Assim, a determinação do conteúdo do mapa direciona a importância relativa de cada elemento e isto conduz a um processo de hierarquia gráfica visual, a qual tem a função de controlar a atenção do usuário para a informação pertinente (ROBINSON et al., 1984).

MacEachren (1995) atesta que a maioria das referências para os princípios da *Gestalt*, feita pelos cartógrafos, tem sido relacionada à segregação de figura-fundo. O conceito de segregação significa "[...] a capacidade perceptiva de separar, identificar,

[13] Wertheimer, M. **Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II**, Psycologische Forschung, v. 4, p. 301-350, 1923.

evidenciar ou destacar unidades formais em um todo compositivo ou em partes deste todo." (GOMES FILHO, 2002). Assim, uma ou mais unidades podem ser segregadas, em função da desigualdade dos estímulos produzidos pelo campo visual. (GOMES FILHO, 2002).

Para Robinson et al., (1984), algumas considerações básicas são importantes na formação de figura-fundo para o projeto e a produção cartográfica: a forma de organização da percepção tem característica primitiva; os objetos são vistos como elementos segregados de seu fundo; os objetos que se destacam em contraste com o fundo são chamados de figuras, enquanto que os outros 'planos' são chamados de fundo; a segregação do campo visual em figura e fundo é uma espécie de mecanismo perceptivo automático, visto que não há necessidade de ver figuras e fundos, ou seja, simplesmente acontecem e; a formação de figura-fundo é prejudicada se a cena visual for muito homogênea. A partir disso, os estímulos visuais que podem ser manipulados para realçar a formação de figura-fundo, relevantes nesta pesquisa, são: contraste, contorno, orientação, forma e cor (ROBINSON et al., 1984; FORREST e CASTNER, 1985; DENT, 1993; MACEACHREN, 1994; MACEACHREN, 1995; MORRISON e FORREST, 1995; MORRISON e CASTNER, 1995; FRUTIGER, 2001; GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003).

2.3.1.5.1 Contraste

Quanto ao princípio de contraste no desenvolvimento de projeto e na produção cartográfica, MacEachren (1994, 1995) atesta que o campo visual deve ser diferenciado para formar grupos. Se por um lado "[...] o organismo humano parece buscar harmonia, um estado de tranqüilidade [...] o processo de contraste é um poderoso instrumento de expressão, o meio para intensificar o significado, e, portanto, simplificar a comunicação. [...] o contraste desequilibra, choca, estimula e chama a atenção." (DONDIS, 2003, p. 108). Do lado oposto ao contraste, Dondis (2003) afirma que a ambigüidade é seu inimigo natural e deve ser evitada para que o processo de visão funcione adequadamente.

> "A técnica fundamental é, sem dúvida, o contraste. [...] O significado, porém emerge das ações psicofisiológicas dos estímulos exteriores sobre o organismo humano: tendência de organizar todas as pistas visuais em formas o mais simples possível; associação automática das pistas visuais que possuem semelhanças identificáveis; incontornável necessidade de

> equilíbrio; associação compulsiva de unidades visuais nascidas da proximidade e; favorecimento, em qualquer campo visual, da esquerda sobre a direita e do ângulo inferior sobre o superior." (DONDIS, 2003, p. 137).

Dondis (2003) classifica o contraste em termos de elementos visuais básicos, tais como contraste de forma, contraste de escala, contraste de valor e contraste de cor. No contraste de forma (Figura 2.14), a atenção do observador é atraída e dominada não pela forma regular, simples e resolvida, mas pela forma irregular, imprevisível, visto que a complexidade, a instabilidade e a irregularidade aumentam a tensão visual e, consequentemente, atraem o olho (DONDIS, 2003, p.42, p. 126). Quanto ao contraste de escala, "A distorção da escala pode chocar o olho ao manipular, à força, a proporção dos objetos e contradizer tudo aquilo que, em função de nossa experiência, esperamos ver." (DONDIS, 2003, p. 127). Dentro da Cartografia, o exagero é utilizado na representação das feições pontuais, as quais não seriam legíveis, caso não se aplicasse esta técnica na construção de símbolos pontuais (FORREST e CASTNER, 1985; BLOK, 1987; MORRISON e CASTNER, 1995). Quanto ao contraste de cor e o contraste de valor, o assunto será descrito no item Cor.

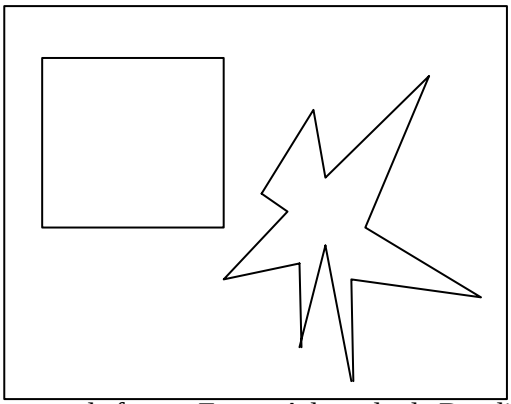


Figura 2.14 – Contraste de forma. Fonte: Adaptado de Dondis (2003).

Para criar contraste, os conceitos de minimidade e exagero / profusão podem estabelecer uma polaridade de economia e profusão (DONDIS, 2003). A minimidade procura obter a máxima resposta em função de apresentar somente o essencial (Figura 2.15) a qual difere do exagero, o qual é profuso e extravagante por apresentar detalhes supérfluos, tal como uma ornamentação (GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003). O conceito de

complexidade, oposto ao de simplicidade “[...] implica quase sempre, uma complicação visual graças à presença de numerosas unidades formais na organização do objeto, tanto das partes quanto do todo em si.” (GOMES FILHO, 2002) e “[...] resulta num difícil processo de organização do significado no âmbito de um determinado padrão.” (DONDIS, 2003).

Figura 2.15 – Conceito de minimidade. Fonte: Gomes Filho (2002).

2.3.1.5.2 Contorno

Em relação ao princípio de contorno, os objetos com um contorno bem definido são mais facilmente vistos como figura (ROBINSON et al., 1984; MACEACHREN, 1995). A Figura 2.16 apresenta uma figura bem delimitada pelo forte contorno (esquerda) e outra pelo fraco contorno (direita).

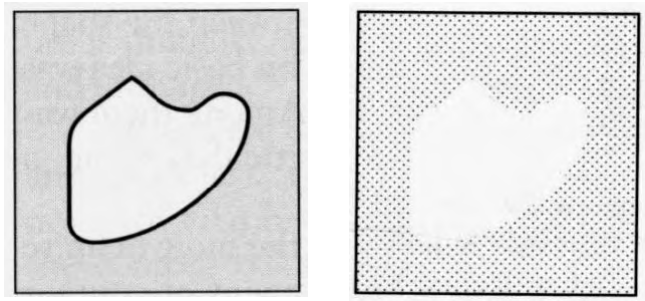


Figura 2.16 – Relação entre forte contorno (esquerda) e fraco contorno (direita). Fonte: MacEachren (1995).

2.3.1.5.3 Orientação

No caso do estímulo de orientação, MacEachren (1995) afirma que os objetos vistos com orientação horizontal ou vertical são interpretados como figura mais facilmente do que os objetos com orientação diagonal (Figura 2.17).

Figura 2.17 – Orientação horizontal (esquerda), vertical (central) e diagonal (direita). Fonte MacEachren (1995).

De acordo com FRUTIGER (2001), a horizontal é a dimensão concreta enquanto a vertical não. A vertical está relacionada com fenômenos que 'acontecem', tal como a chuva que cai ou a árvore que cresce. A horizontal já existe e representa a base de sustentação do homem (eixo secundário), enquanto a vertical deve ser feita (eixo principal), contudo representa o equilíbrio do homem sobre a superfície terrestre (Figura 2.18), pois caracteriza segurança e precisão (FRUTIGER, 2001). Ainda, tratando-se de orientação, "[...] os movimentos horizontais e verticais podem desencadear reações totalmente diferentes no subconsciente humano." (FRUTIGER, 2003, p.22).

O ser humano vê a diagonal com certa ressonância de insegurança, enquanto o olho humano procura antes de tudo a vertical e a horizontal (FRUTIGER, 2003, p.9 e p. 24). Dondis (2003) afirma que a diagonal possui a força direcional mais instável e, portanto, mais provocadora das formulações visuais. No caso de sistemas de navegação, conforme a configuração do eixo viário urbano, os mapas com orientação egocêntrica podem apresentar linhas verticais e horizontais, bem como linhas diagonais.

> "O equilíbrio é, então, a referência visual mais forte e firme do homem, sua base consciente e inconsciente para fazer avaliações visuais. [...] Assim, o constructo horizontal-vertical constitui a relação básica do homem com seu

> meio ambiente. [...] O equilíbrio é tão fundamental na natureza quanto no homem." (DONDIS, 2003, p 32).

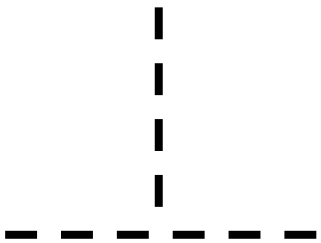


Figura 2.18 – Eixo vertical (primário) e eixo horizontal (secundário). Fonte: Dondis (2003).

2.3.1.5.4 Forma

Dondis (2003) afirma que o elemento visual forma é afetado pelo conteúdo e o conteúdo é afetado pela forma, entretanto, ressalta que a forma expressa o conteúdo. Arnheim (2004) afirma que a forma é a configuração visível do conteúdo. Assim, as formas básicas estão relacionadas com os sinais primários de tempos remotos na história da humanidade, as quais são: o quadrado, o triângulo, o círculo e a seta (FRUTIGER, 2001, DONDIS, 2003). Quanto ao quadrado, na época da pré-história representava a superfície da terra, assim, está associado com enfado, honestidade, retidão e esmero. No caso do triângulo, este representa ação e tensão e, quando colocado verticalmente sobre dois vértices, passa a indicar direção. No caso do círculo se estabelecem uma relação de correspondência com infinitude, calidez e proteção. À seta associa-se a imagem de um movimento ou da indicação de direção.

FRUTIGER (2001) salienta que, desde a pré-história, a zona de perigo do homem se encontra, sobretudo, ao seu redor lateral e, por isto, têm maior noção de movimento sobre um plano horizontal. Assim, as setas com ângulos voltados para a direita e para a esquerda (horizontal) apresentam a sensação de movimento com mais força do que as que apontam para cima e para baixo (vertical). Além disso, uma variação no ângulo da seta, consequentemente, varia a indicação de movimento. Um ângulo maior que 45º tende a ser visto com uma resistência contra uma força opositora, enquanto que um ângulo de 45º é percebido como um sinal em movimento, porém, lento e pesado e um ângulo inferior a 20º é associado com uma verdadeira seta, e provoca, no observador, a sensação de perigo, de uma arma (FRUTIGER, 2001). A determinação de certos ângulos que indicam direção, nas setas

de manobra em mapas de sistemas de navegação, pode facilitar a compreensão da informação transmitida.

> "A percepção, a capacidade de organizar a informação visual que se percebe, depende de processos naturais, das necessidades e propensões do sistema nervoso humano [...] O *input* visual é fortemente afetado pelo tipo de necessidade que motiva a investigação visual, e também pelo estado mental ou humor do sujeito. Vemos aquilo que precisamos ver [...] através da disposição mental, das preferências e do estado de espírito em que eventualmente nos encontramos." (DONDIS, 2003, p.133-134).

2.3.1.5.5 Cor

De acordo com Forrest e Castner (1985) a cor pode ser considerada o elemento mais dominante na seleção de um objeto, a partir de cenas estáticas. Para Dent (1993), o contraste de cores é o elemento mais importante no projeto de um mapa temático, visto que pode conduzir à clareza, à legibilidade e à formação de figura-fundo. Ressalta, ainda, tipos de contraste de cor, os quais podem ser empregados na criação de mapas: contraste de matiz, contraste de valor, contraste de saturação, contraste de cores quente e frio, contraste de complementares e contraste de simultâneos.

O contraste de matiz pode ser utilizado no projeto cartográfico de maneira a estabelecer efeitos de clareza e legibilidade e, assim, criar diferentes níveis de hierarquia visual no mapa (DENT, 1993, p. 318). O contraste de valor estabelece a intensidade do contraste (ROBINSON et al., 1984, p. 142) e determina a estrutura e a organização do campo visual do mapa para a criação de elementos de figura e fundo (DENT, 1993, p. 318). Além disso, enquanto existe uma tendência para os objetos com alto valor de brilho serem vistos como figura (DENT, 1993, p. 318), a menor de duas áreas que contrastam em valor, geralmente, permanece como figura (MACEACHREN, 1995) (Figura 2.19). Contudo, o contraste de saturação trabalha junto com o contraste de valor, os quais fazem parte da seleção dos matizes (DENT, 1993, p. 318).

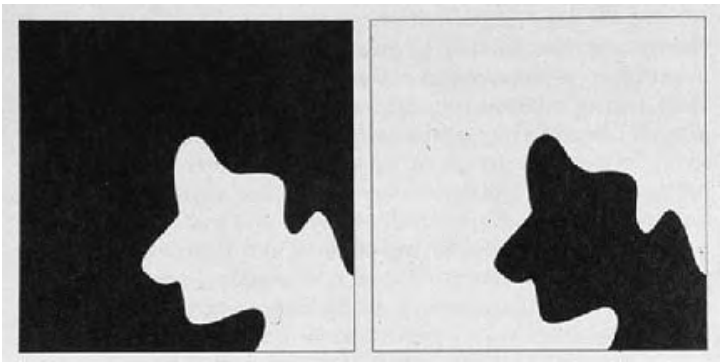


Figura 2.19 – Contraste de tom para diferenciar visualmente duas áreas. Fonte: MacEachren (1994).

O contraste de cores quente e frio pode ser aplicado para criar figura-fundo, pois, acentua a sensação de planos de profundidade. Assim, os objetos de menor ênfase podem ser apresentados em cores frias (azul, verde e violeta), ou em tons de cinza claro, e os objetos de maior ênfase podem ser apresentados em cores quentes (vermelho, laranja e amarelo). De acordo com Dent (1993), há evidências fisiológicas para este comportamento, pois a lente do olho se curva ao vermelho e esta convergência ocorre quando os olhos acomodam o foco para perto, tal como um efeito de visão estereoscópica da cor. Por esta razão, o vermelho pode ser associado com proximidade. Do ponto de vista cartográfico, Sharpe (1974)[14] apud Dent (1993) apresenta diversas combinações de cores para segregar figura-fundo em mapas temáticos, as quais variam sequencialmente do conceito de "melhor" à "pior", respectivamente: amarelo-preto, branco-azul, preto-laranja, preto-amarelo, laranja-preto, preto-branco, branco-vermelho, vermelho-amarelo, verde-branco, laranja-branco, vermelho-verde.

De acordo com Dent (1993), a teoria das cores complementares sugere que o olho humano produz espontaneamente uma cor complementar de um determinado matiz, o qual não está presente na composição. O contraste de complementares (Figura 2.20) possibilita maior estabilidade no projeto da composição de cores, pois produz maior contraste que as cores vizinhas (DENT, 1993). As complementares são opostas no círculo de cores da seguinte maneira: verde-magenta, amarelo-azul e ciano-vermelho (Figura 2.21).

[14] Sharpe, Deborah. **The Psychology of Color and Design**. Chicago: Nelson-Hall, 1974.

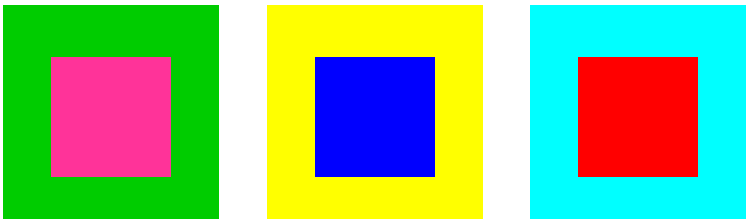


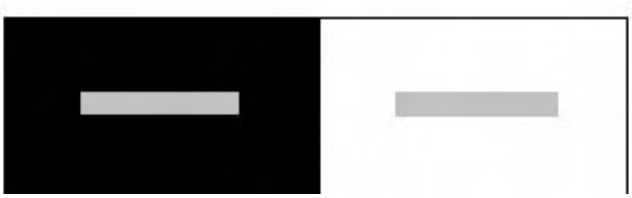
Figura 2.20 - Contraste de complementares. Fonte: adaptado de Martin (1974).

Figura 2.21 – Círculo de cores complementares. Fonte Martin (1974).

Algumas vezes, um problema encontrado na leitura de mapas é que a cor percebida em uma área pode ser afetada pela cor da área vizinha, um problema conhecido como contraste simultâneo ou indução (BREWER, 1992[15] apud MACEACHREN, 1995). O contraste simultâneo se baseia no princípio de que nenhuma cor tem valor por si só, ou seja, um matiz pode ser acentuado, atenuado ou modificado pela influência das cores justapostas (MARTIN, 1974). Com relação ao canal claro-escuro, presente no modelo do processo oponente (HERING, 1878[16] apud SLOCUM, 1999), um tom de cinza torna-se mais claro quando circundado de preto (Figura 2.22-a) e mais escuro quando o tom a sua volta é o branco (Figura 2.22-b). Portanto, como nota Wong (1987), há uma mudança de valor quando a cor circundada é mais clara ou mais escura que a cor circundante. No uso das cores complementares, o efeito do contraste simultâneo pode ser verificado pela alteração da tonalidade da cor circundada. O matiz laranja (amarelo e magenta) sobre fundo verde

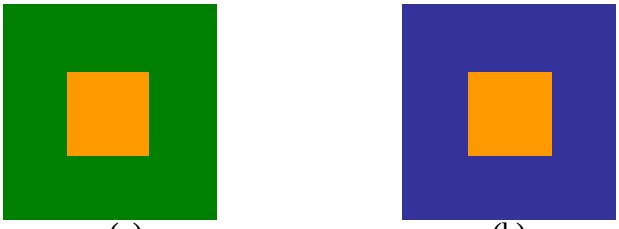
[15] BREWER, C. A. **Color selection for Geographic Data Analysis and Visualization**. GIS / LIS. San José, CA. 1992.
[16] HERING, E. **Zur Leehre vom Lichtsinne**. Vienna.: Gerold. 1878.

(amarelo + ciano) parece mais avermelhado, pois acentua o matiz complementar da cor circundante, no caso o magenta (Figura 2.23-a). Por outro lado, o matiz laranja sobre fundo azul parece mais amarelado, uma vez que o complementar é o amarelo (Figura 2.23-b).



(a) (b)

Figura 2.22 – Contraste simultâneo para variações de valor. Fonte: Slocum (1999).



(a) (b)

Figura 2.23 – Contraste simultâneo para variações de matiz. Fonte: Slocum (1999).

2.3.2 Processamento da informação visual

2.3.2.1 Teoria do processamento da informação

A teoria do processamento da informação visual mais relevante para apoiar a realização desta pesquisa é o modelo de etapas, o qual envolve uma série de depósitos de memória, em que se caracterizam quantidades limitadas de processamento de informações (KLATZKY, 1975[17] apud PETERSON, 1995, p.27). Os três depósitos de memória neste modelo são: registro sensório, memória de curta duração e memória de longa duração. O registro sensório, ou memória icônica, não é afetado pela complexidade do padrão da composição visual. Este tipo de memória recupera a informação na forma sensorial por

[17] KLATZKY, R. **Human memory: Structures and processes**. San Francisco: Freeman, 1975.

aproximadamente 500 milissegundos, considerado um tempo suficiente para ser reconhecida. Na memória de curta duração, o depósito visual apresenta maior tempo de armazenamento, porém possui capacidade limitada, a qual é afetada pela complexidade do padrão. Além disso, a transferência de informação da memória icônica para o depósito visual de curta duração necessita de atenção. Finalmente, a memória de longa duração permite focar mentalmente um objeto e rejeitar os estímulos ao redor.

2.3.2.2 Modelos psicológicos para busca visual

Os três estágios que ocorrem durante a leitura de uma manifestação visual são: detecção, discriminação e identificação (SIMÕES e TIEDEMANN, 1985, p. 37-54; MACEACHREN, 1995, p. 124-134). O projeto de símbolos cartográficos deve minimizar tanto o tempo gasto tanto na detecção dos alvos (situados na região periférica), quanto na correta identificação (FORREST e CASTNER, 1985). A detecção é a habilidade de notar a presença de alterações de energia no ambiente, tal como a diferença entre uma unidade e seu fundo (SIMÕES e TIEDEMANN, 1985). A discriminação é a habilidade de a visão notar uma diferença entre duas unidades perceptivas (dois estímulos) (SIMÕES e TIEDEMANN, 1985; MACEACHREN, 1995). A identificação é também conhecida como um processo de reconhecimento, ou seja, de identificação de estímulos.

> "O reconhecimento visual da forma de um símbolo está relacionado com a necessidade de examinar alguns detalhes da imagem. Entretanto, a detecção de um símbolo que compartilha algum atributo com o elemento procurado não necessariamente requer fixação direta. Na visão, a distinção é feita entre o processamento da visão fóvea e da visão periférica. Entretanto, a visão da fóvea acontece na parte central do campo retinal, onde a acuidade visual é maior e a atenção cognitiva é concentrada, enquanto que a visão periférica envolve atenção do objeto fora da área da visão da fóvea. Então, o reconhecimento envolve fixação. Porém, a decisão de fixar terá sido feita a partir da detecção, no campo visual, de 'bordas' de um objeto parecido com o alvo procurado. A atenção foveal será direcionada para o alvo, a fim de que sua identificação se encerre." (FORREST e CASTNER, 1985, p. 11, tradução nossa).

Para realizar análise do movimento dos olhos durante a leitura de mapas, a tarefa que parece mais aplicável é a busca visual (MACEACHREN, 1995), ou seja, o

processo de buscar um alvo dentro de uma cena visual, o qual demanda tempo, e sua natureza é controlada por nosso conhecimento, interesse e expectativa (YANG et al., 2002). Para MacEachren (1995), a busca visual pode apresentar restrições nas pesquisas cartográficas por questões práticas e conceituais, pois a análise de movimento dos olhos é difícil e onerosa e, além disso, não há uma forma simples de determinar se uma localização fixada foi percebida. Por causa destes problemas as tarefas de busca visual têm sido investigadas de várias outras maneiras. Assim, as duas medidas mais utilizadas na identificação de alvos são a precisão e a velocidade, em vez de se analisar o movimento dos olhos (MACEACHREN, 1995). A precisão é determinada pelo número de identificações corretas comparado com o número de identificações não encontradas ou perdidas. No entanto, como apontam YANG et al., (2002), estudos a partir da análise do movimento dos olhos vêm sendo realizados há vários anos, e somente há poucas décadas tornou-se possível realizar medidas com precisão.

Um fator relevante no processo de busca visual para análise do movimento dos olhos é o processo de atenção, o qual pode ocorrer de maneira seletiva ou dividida (SIMÕES e TIEDEMANN, 1985; PASHLER, 1999). Na visão, o processo de selecionar um estímulo e ignorar outros ao mesmo tempo é conhecido como atenção seletiva, enquanto que selecionar diversos estímulos ao mesmo tempo é conhecido como atenção dividida. Durante o processo de busca visual por um determinado alvo, podem acontecer os processos de busca visual tanto no modo paralelo quanto no modo serial, ou seja, a tarefa de busca paralela (vários estímulos ao mesmo tempo) e a tarefa de busca serial (um estímulo por vez) (MACEACHREN, 1995).

No caso da busca visual paralela, os estímulos são processados ao mesmo tempo (Figura 2.24-a) e o tempo de reação independe do tamanho do conjunto (Figura 2.24-c). Contudo, Pashler (1999) atesta que a busca paralela pode causar redução na velocidade ou na precisão quando o sistema estiver sobrecarregado. Além disso, a identificação de mais de um estímulo por vez (busca conjugada) pode ficar prejudicada, se comparada a um único estímulo processado por vez (PASHLER, 1999). Quanto à busca visual serial, o número de dimensões que se diferem na cena (Figura 2.24-b) pode prejudicar a duração do processamento (Figura 2.24-d). Além disso, se o alvo não estiver presente, a busca será exaustiva (relativamente longa) e terminará por si mesma e sem sucesso (*"self-termination"*). Contudo, Yang et al. (2002), notam que a criação de uma busca visual serial é importante quando o projeto cartográfico deseja fornecer informações sobre os relacionamentos espaciais.

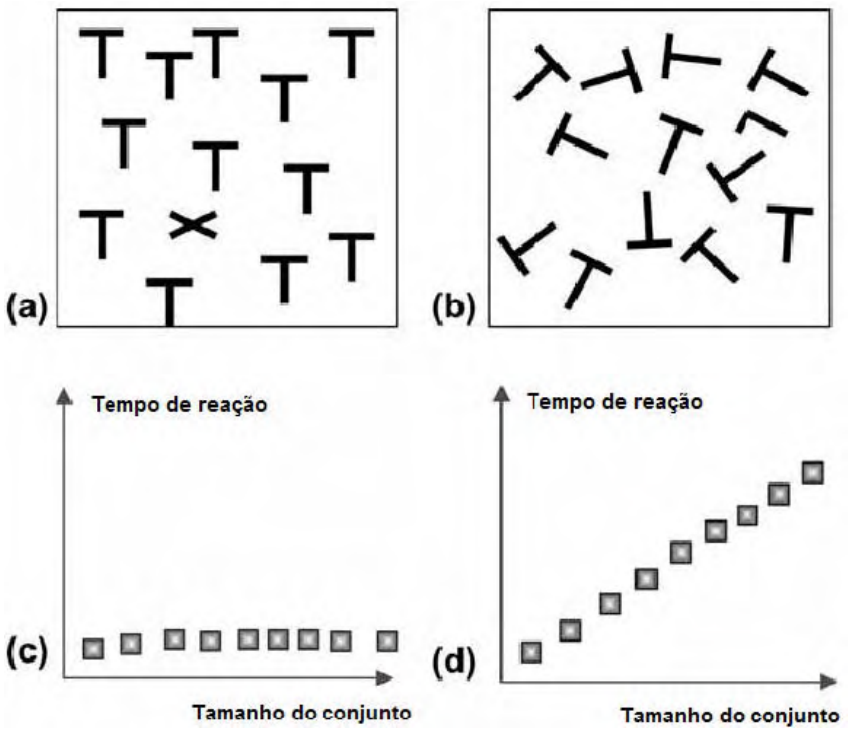


Figura 2.24 – Exemplos de estímulo para busca paralela (a) e busca serial (b). Fonte: adaptado de Yang et al. (2002).

Para que ocorra a busca visual, é necessário que a cena e o alvo estejam no campo de visão. Caso o alvo esteja entre 2^o a 30^o de amplitude, a partir da região da fóvea, os olhos se moverão em sua direção, Por outro lado, se a amplitude da cena for maior que 30^o, a cabeça se moverá. Assim, a melhor acuidade visual (visão foveal) está concentrada num ângulo visual de 1^o a 2^o. De acordo com Yang et al. (2002), o processo de movimento dos olhos é complexo, contudo, alguns movimentos mais comuns são:

- Movimento rápido: movimento voluntário do olho para dirigir a região da fóvea a um ponto específico de interesse. O movimento rápido dos olhos ocorre em um intervalo de 1 a 30^o e apresenta rápida aceleração;
- Perseguição: movimento suave e involuntário que age para manter um objeto em movimento na região da fóvea;
- Convergência: é a forma com que os olhos convergem para um simples ponto relativo no momento de focar um objeto próximo ou distante;

2.4 Elementos de comunicação para mapas dinâmicos de SNGRA

MacEachren (1995) apresenta uma abordagem para classificar os mapas e, dentre os tipos apresentados, os mais importantes para esta pesquisa são: Mapa Visual Dinâmico e Mapa Áudio-Dinâmico. Um Mapa Visual e Dinâmico é caracterizado pela mudança contínua de fenômenos espaciais (SLOCUM, 1999). Assim, dentro das modalidades visual dinâmico e áudio-dinâmico estão incluídos os SNA's e SNGRA's, os quais podem variar quanto às suas modalidades e interfaces.

2.4.1 Elementos para representações cartográficas dinâmicas

No contexto de mapas estáticos, as variáveis visuais definidas por Bertin (1983) (posição no plano, tamanho, valor de cor, valor de tom, forma, orientação e textura) permitem a representação de elementos espaciais estáticos e dinâmicos de maneira estática. Além disso, novos conjuntos de variáveis, denominadas de variáveis dinâmicas e variáveis áudio-dinâmicas, são utilizados para representar fenômenos espaciais de natureza estática ou dinâmica (DIBIASI et al., 1992[18] apud MACEACHREN, 1995; KRYGIER, 1994[19] apud MACEACHREN, 1995), por meio de representações que variam ao longo do tempo (Quadro 2.1). MacEachren (1995) sugere o agrupamento das diversas variáveis visuais, dinâmicas e sonoras para produzir sinais de comunicação em mapas. Estes novos elementos se fazem necessários para a visualização científica de dados geográficos e a produção de mapas que comunicam informações de navegação e direção em "tempo real".

[18] DIBIASI. D. MACEACHREN, A. M., KRYGIER, J. B. REEVES, C. Animation and the role of map design in scientific visualization. **Cartography and Geography Information Systems**, 19(4), p. 201-214, 1992.

[19] KRYGIER, J. B. Sound and Geographic Visualization. In: A. M. MacEachren, D. R. R. Taylor, **Visualization in Modern Cartography** (p. 149-166). Oxford, UK: Elsevier.

Quadro 2.1 – Descrição de variáveis dinâmicas e áudio-dinâmicas.

Natureza	Variável	Descrição
Dinâmica	**Duração**	Intervalo de tempo entre dois instantes identificáveis.
	Intervalo de Mudança	Diferença de magnitude de mudança pela unidade de tempo, para cada seqüência de quadro.
	Ordem	Seqüência de quadros.
	Momento de exibição	Momento no tempo, na qual alguma mudança de exibição é iniciada, podendo ser ligada diretamente a uma localização temporal (data cronológica).
	Freqüência	Número de estados identificáveis por unidade de tempo – textura temporal.
	Sincronização	Harmonia temporal de duas ou mais séries de tempo.
Áudio-dinâmica	**Localização**	Localização no espaço tridimensional.
	Volume	Magnitude de um som (alto - baixo).
	Pitch	A freqüência mais alta ou mais baixa de um som (repetição).
	Timbre	Qualidade ou característica de um som.
	Duração	O comprimento de tempo de um som.
	Intervalo de mudança	O intervalo entre a duração de dois sons.
	Attack* / *Decay	O tempo em que o som leva para alcançar sua magnitude máxima e mínima.

Fonte: DiBiasi et al. (1992) apud MacEachren (1995), Krygier et al. apud MacEachren (1995).

2.4.2 Interfaces e modalidades de comunicação

As interfaces e as modalidades de comunicação dos SNGRA's permitem comunicar informações de auxilio às tarefas de navegação. Para isto, os SNA's e os SGRA's podem utilizar as interfaces visual ou sonora, bem como a combinação de ambas (BURNETT, 2000; LIU, 2000). Dessa forma, a interface visual combinada com a sonora pode acontecer por meio das modalidades de Mapa e Esquema de Seta. O mapa pode ser exibido em monitores de navegação, enquanto que o esquema de seta pode ser exibido tanto em monitores de navegação, quanto no pára-brisa do automóvel (*Head Up Display* - HUD).

1. Modalidade Mapa.

O mapa de um sistema de navegação em automóvel é utilizado para planejamento e manutenção de rota, e a informação transmitida ao motorista pode apresentar diferentes graus de complexidade (LABIALE, 2001). O monitor do sistema de navegação pode ser instalado na posição central e superior do painel do automóvel (Figura 2.25), e pode

conter instruções sonoras (som de *beep* e / ou comando de voz). As representações de mapa com grande quantidade de informação possuem a vantagem de contribuir para o planejamento da rota (Figura 2.25). Por outro lado, as representações com quantidade pequena e suficiente, de informação, são adequadas para manutenção na rota (Figura 2.26). O mapa pode ser apresentado na orientação egocêntrica (equivalente à do motorista: direita-esquerda, frente-atrás), a qual é considerada adequada para localização e orientação espacial durante a navegação (Figura 2.26) e, também, na orientação Norte, a qual é adequada para tarefas de planejamento de rota (DARKEN e CEVIK, 1999; HO e LI, 20002, p. 194).

Figura 2.25 – Monitor de navegação de tela ampla localizado na parte central e superior do painel. Fonte: Svahn (2003).

(a)

(b)

Figura 2.26 – Mapa com orientação egocêntrica. Fonte: NAVMAN (2004).

Os sistemas de navegação e guia de rota podem apresentar mapa com vista perspectiva e mapa com vista ortogonal, combinados em um único monitor de navegação (Figura 2.27). Neste caso, o mapa ortogonal apresenta as vias, os pontos de referência, a trajetória da rota, o automóvel e a informação de distância da manobra. O mapa em perspectiva apresenta o desenho da rota (em amarelo), o eixo viário, a indicação das quadras, o automóvel (seta vermelha), os pontos de referência (lanchonete, semáforo, etc.), além de esquemas de seta e textos, localizados na parte superior central e inferior direita, respectivamente. Embora grande quantidade de informação possa ser importante em diversas situações, a combinação de representação bi e tridimensional pode não ser eficiente e exigir alta demanda visual, além de causar distração da direção do automóvel.

Figura 2.27 – Sistema com mapa bidimensional e mapa em perspectiva. Fonte: MIZUTANI e SOGAWA (2000).

Considerando-se as representações ortogonal e tridimensional em um único monitor, dispostos lado a lado, as pesquisas com sistemas de navegação para pedestres (Figura 2.28) revelam que os motoristas preferem representações combinadas, em vez de isoladas (RAKKOLAINEN et al., 2001). Além disso, estes estudos apontam que as pessoas reconhecem com facilidade os pontos de referência em vista perspectiva, bem como encontram facilmente os locais em ambientes desconhecidos. Porém, Kray et al. (2003) afirmam que a combinação de representações tridimensional e bidimensional para navegação de pedestre exige alta demanda cognitiva, devido ao ajuste mental que ocorre durante a leitura dos mapas.

Figura 2.28 – Combinação de mapa 2 e 3D para navegação de pedestre. Fonte: Kray et al. (2001).

A eficiência da transmissão da informação do mapa é uma medida indispensável para garantir o desempenho de um sistema de navegação com apresentação de mapas. Em termos de segurança, Sena (1997) apud HO e LI (2002) considera um tempo inferior a dois segundos para o motorista consultar um mapa enquanto dirige o automóvel. Do mesmo modo, Laird Evans e Steven (1996) consideram o tempo máximo de dois segundos para o motorista executar tarefas de busca visual em mapa, com os olhos fora da via.

2. Modalidade Esquema de Seta.

O Esquema de Seta também pode apresentar diferentes níveis de complexidade em função de determinados aspectos, tal como a configuração do eixo viário. Geralmente, são utilizados para auxiliar tarefas de manutenção na rota planejada e possuem instruções para a realização de manobras e manutenção em trechos de rota. (BROOKS et al., 1998; BURNETT, 1998, 2000; LABIALE, 2001). O Esquema de Seta pode ser apresentado em um monitor colorido ou monocromático e informar a distância restante até a manobra, por meio de barra de contagem regressiva com textos, além de exibir pontos de referência (Figura 2.29 e Figura 2.30). Ainda, é importante ressaltar que este tipo de sistema pode apresentar som de *beep* e comandos de voz.

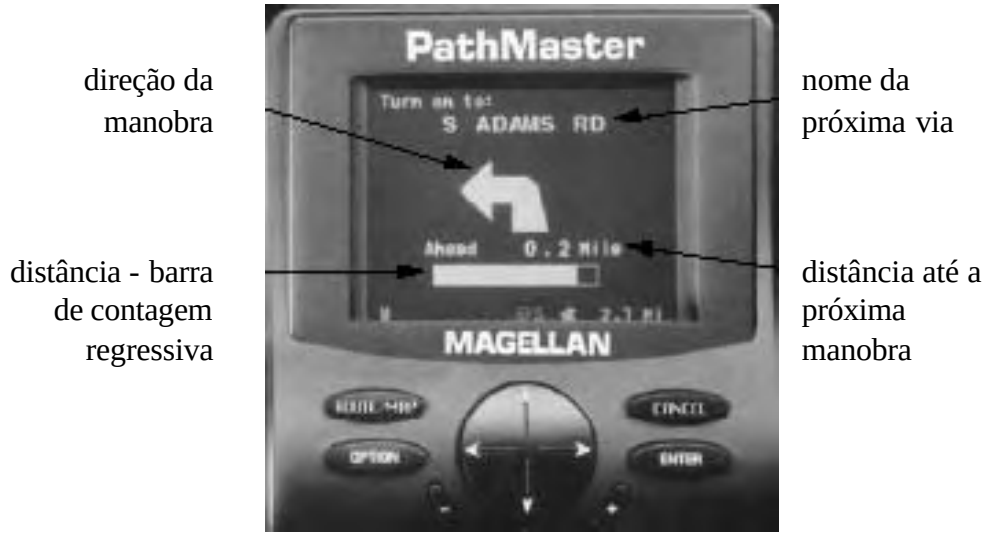


Figura 2.29 – Monitor com esquema de seta. Fonte: adaptada de Brooks et al. (1998).

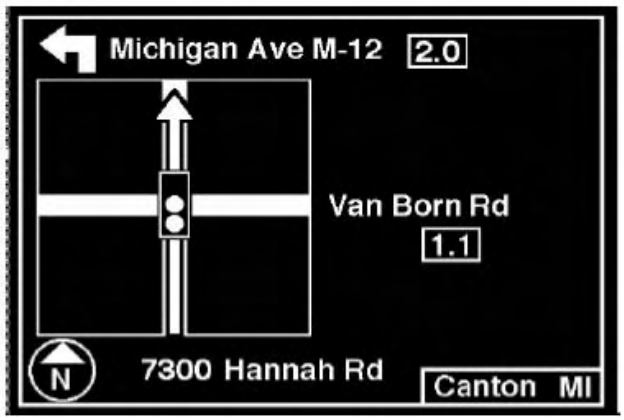


Figura 2.30 – Exemplo de esquema de seta com ponto de referência. Fonte: Green (1995).

Os *Head Up Displays* (HUD's) apresentam Esquema de Seta no pára-brisa do automóvel por meio de sinais de direção de manobra, símbolos de pontos de referência e locais de atenção e risco (TSIMHONI et al., 2000). A Figura 2.31 mostra o exemplo de um simulador utilizado para projetar as instruções no pára-brisa. A grande vantagem de um HUD é que permite manter o ponto de vista do observador no centro da via, uma vez que sua utilização necessita, somente, de mudança na acomodação visual, sem realizar movimentos dos olhos. Consequentemente, este tipo de representação pode resultar em maior segurança na direção do automóvel.

Figura 2.31 – Representação de projeção no pára-brisa - HUD. Fonte: adaptada de Tsimhoni et al (2000).

3. Interface sonora.

Os sistemas de navegação com interface sonora utilizam comandos de voz, tais como “vire à esquerda”, “vire à direita”, “siga em frente”, etc. (JACKSON, 1994, 1995). A instrução que orienta o motorista pode ser precedida de sons de *beep* e incluir informações de distâncias (por exemplo, “depois de 200 metros, vire à esquerda”) e pontos de referência (por exemplo, “vire à direita, antes da igreja”) (BURNETT, 2000).

As instruções de direção de manobra por meio do uso de mensagem de voz, geralmente, apresentam baixa demanda visual (BURNETT, 2000, p.3). Contudo, Simpson et al. (1985 apud LIU, 2000) revelam que as pessoas respondem rapidamente para sinais de voz do que para sinais visuais, quando as informações são de alerta e advertência. De acordo com Burnet (2000, p.3), “[...] a maior vantagem da interface sonora é o fato de não haver necessidade do motorista tirar seus olhos da via [...]”. Entretanto, os Sistemas de Guia de Rota por Voz (SGRV) não são apropriados para comunicar a localização do motorista e o contexto espacial em uma manobra complexa (JACKSON, 1995; BURNET, 2000; HO e LI, 2002).

2.4.3 Avaliação de interfaces de sistemas de guia de rota

A avaliação dos sistemas de guia de rota tem sido realizada de quatro maneiras: demanda visual, carga de trabalho percebida, preferência subjetiva e erro navegacional. Burnett (1998) e Labialle (2001) utilizaram a técnica de registro de movimento dos olhos com o uso de câmeras digitais e realizaram a captura e as análises através de programas computacionais específicos, a fim de verificar a eficiência dos esquemas de seta. Neste sentido, tem sido verificada a demanda visual em termos de número de olhadas, duração das olhadas (média, máxima e soma da duração), bem como do intervalo de duração entre as olhadas.

Algumas pesquisas de avaliação das interfaces dos sistemas de guia de rota junto a motoristas têm considerado a carga de trabalho percebida, por meio da coleta de medidas psicofisiológicas, tal como a variação do humor, a tensão muscular da face, etc. (BURNETT, 1998; LIU, 2000). Além disso, os estudos têm verificado as preferências subjetivas dos motoristas para as representações oferecidas, considerando-se o grau de complexidade dos símbolos, bem como a presença e a ausência dos mesmos. Um outro método de análise utilizado verifica os erros navegacionais durante os testes de navegação, para compreender o nível de complexidade do símbolo, quanto ao significado a que ele remete, como por exemplo, “vire a direita” ou “vire à esquerda” (BURNETT, 1998; LABIALLE, 2001).

3. PROJETO CARTOGRÁFICO E IMPLEMENTAÇÃO DO SNGRA

3.1 Introdução

Este capítulo é dividido em duas partes. A primeira apresenta a avaliação de pontos de referência junto a especialistas em fatores humanos, e descreve a seleção destes elementos de informação em uma área de estudo, na cidade de Álvares Machado, Estado de São Paulo. Nesta etapa, foi elaborado um projeto cartográfico e um conjunto de símbolos foi testado junto a um grupo de motoristas, por meio da preferência subjetiva. Os resultados foram utilizados para a segunda parte, a qual trata da implementação do sistema e produção do Mapa Visual Dinâmico e do Esquema de Seta do SNGRA. Um conjunto de representações cartográficas foi projetado para a realização do processo de avaliação da comunicação cartográfica do sistema, descrita no próximo capítulo.

3.2 Aparato

O aparato utilizado no projeto cartográfico, na implementação do sistema e produção do Mapa Visual Dinâmico e do Esquema de Seta foi:

- Equipamentos:
  - Um *notebook* Toshiba *A60/65 Series*, processador Pentium IV, velocidade de 2,8 MHZ, 512MB de memória RAM, disco rígido de 60 gigabytes de espaço de armazenamento, saída de áudio, entrada de microfone, saída externa de som, três portas USB;
  - Um monitor XENARC LCD 700-TSV (Figura 3.1);
  - Um equipamento GPS (Global Positioning System) Garmin 12 XL;
  - Um cabo Leadership USB / SERIAL;
  - Uma filmadora Sony Digital HandyCam;
  - Uma câmera digital Sony W5;

- Softwares:
  - Microsoft Visual Basic 6.0;
  - ESRI MapObjects 2.1;
  - Microsoft Office Power Point 2003;
  - Bentley Microstation SE;
  - ESRI ArcInfo 7.1.2;
  - ESRI ArcView 3.0;
  - Corel Draw 10.0;
  - Windows Movie Maker;
  - Sound Editor - Roxio Easy CD Creator;
  - Classes Rmc.cls e CParseUtils.cls para Microsoft Visual Basic 6.0 e ESRI MapObjects 2.1;
- Dados (cedidos pela Prefeitura Municipal de Álvares Machado):
  - Base cartográfica de vias com precisão inferior a um metro de distância, em formato DXF R14, sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), datum WGS-84, ano de 2001;
  - Imagem do satélite QuickBird fusionada (pan-cromática e multiespectral) e ortorretificada, ano de 2005.

Figura 3.1 – Monitor de pequeno formato. Fonte: XENARC TECHNOLOGIES CORPORATION (2003).

O monitor XENARC LCD 700-TSV foi utilizado para projetar a interface visual básica e os mapas do sistema de navegação, o qual pode ser conectado em um computador em automóvel e equipado com equipamento GPS. A escolha deste modelo se deve ao fato de possuir pequena dimensão, ser próprio para utilização em automóvel e pode ser conectado diretamente em um computador de alta resolução. As características técnicas relevantes do monitor XENARC LCD 700-TSV são:

- Uma entrada VGA de 15 pinos;
- Uma entrada de áudio e uma entrada de vídeo;
- Compatível com o sistema NTSC/PAL;
- Proporção da tela de 16:9 com ajuste automático de vídeo;
- Sistema "anti-serrilhado" (*anti-alias*);
- Tela sensível a toque – *touch-screen* (via USB);
- Ajuste do nível de iluminação de fundo para uso noturno;
- Tela de 07 polegadas, diagonal;
- Resolução física: 800 (H) x 480 (V) WVGA;
- Vídeo de alta resolução com variação de 640 x 480 a 1600 x 1200;
- Resolução de 2400 x 480, com 1.152.000 pontos;
- Brilho do vídeo de 300 cd / m^2 e brilho do LCD de 400 cd / m^2;
- Dimensões de 19,84 cm x 12,16 cm x 3,53 cm (comprimento, altura e profundidade);
- Tela de 15,9 cm de largura e 9,3 cm de altura.

3.3 Projeto cartográfico do SNGRA

O propósito dos mapas desta pesquisa é auxiliar o motorista nas tarefas de navegação em automóvel durante a manutenção na rota, tanto na direção da manobra quanto na manutenção nos trechos da rota. Por não encontrar referência na literatura quanto à cor do fundo do mapa adequada para navegação durante o dia, decidiu-se elaborar dois tipos de composição visual: um mapa de fundo claro e um mapa de fundo escuro, ambos para serem testados em duas situações diferentes de iluminação (dia e noite). Com isto, pretendeu-se determinar a cor de fundo do mapa que os motoristas preferem quando utilizam SNGRA, durante o dia. Assim, o projeto cartográfico foi dividido em cinco etapas:

1) Determinação dos elementos básicos do projeto cartográfico para manutenção na rota;
2) Avaliação preliminar de pontos de referência;
3) Seleção dos elementos de informação para manutenção na rota, na cidade de Álvares Machado - SP;
4) Representação dos elementos de informação: ponto de referência (PR), automóvel, seta de manobra e fundo do mapa;
5) Aplicação de testes.

Os elementos gráficos de cor, forma e tamanho foram fundamentais na formação de figura-fundo, a fim de facilitar as tarefas de busca visual no mapa. No processo de criação dos mapas, buscou-se uma relação adequada entre a cor do fundo e os símbolos que representam o contexto espacial, em função de diferentes condições de iluminação (forte luz do Sol durante o dia e ausência de luz a noite). Os mapas foram elaborados no ambiente de programação do compilador Microsoft Visual Basic com a biblioteca de objetos de mapa, MapObjects, e utilizou-se o sistema RGB (*red, green, blue*) para a especificar as cores.

3.3.1 Elementos básicos do projeto cartográfico para manutenção na rota

3.3.1.1 Determinação da área de estudo - cidade

Na etapa de seleção da área de estudo, fez-se visitas de automóvel em algumas cidades vizinhas de Presidente Prudente, onde está localizado o Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas. Visitou-se as cidades de Álvares Machado, Martinópolis, Pirapozinho, Presidente Bernardes, Regente Feijó e Santo Anastácio. Entretanto, a cidade de Álvares Machado foi selecionada para a realização da presente pesquisa pelas seguintes razões:

- Proximidade da cidade de Presidente Prudente, fator favorável, pois a realização da pesquisa exige diversas visitas em campo;

- Única cidade em que a prefeitura possuía uma base cartográfica vetorial de vias com boa precisão[20], sendo um fator relevante na produção de mapas para navegação com equipamento GPS;
- A cidade é pouco conhecida por muitos motoristas professores da FCT - UNESP, os quais serão selecionados para a realização dos testes de avaliação da comunicação cartográfica do sistema. Segundo Burnett (1998), geralmente, os motoristas utilizam sistemas de navegação em locais desconhecidos, fator relevante para não influenciar a aplicação dos testes.

A cidade de Presidente Prudente foi descartada porque os motoristas, professores selecionados para os testes desta pesquisa, trabalham na FCT - Unesp e em sua maioria moram nesta cidade. Portanto, não satisfez o critério de cidade desconhecida. A cidade de Álvares Machado possui cerca de vinte e três mil habitantes e está localizada na microrregião de Presidente Prudente, porção oeste do estado de São Paulo (Figura 3.2). A distância entre as duas cidades é de, aproximadamente, cinco quilômetros.

Figura 3.2 – Localização da cidade de Álvares Machado no Estado de São Paulo. Fonte dos dados: IBGE (1997).

[20] A base cartográfica disponível foi construída a partir de levantamento geodésico com margem de erro inferior a 1 (um) metro de distância.

A Figura 3.3 apresenta a distribuição da ocupação do espaço urbano de Álvares Machado nas regiões centrais e próximas do centro, enquanto que a Figura 3.4 apresenta a distribuição dos eixos viários da cidade. Em um primeiro momento, percebe-se a irregularidade no traçado das vias, bem como uma variedade de diferentes tipos de cruzamentos, os quais são relacionados mais adiante.

Fez-se a preparação da base cartográfica de vias no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcInfo. Converteu-se a base de formato DXF para *coverage* e aplicou-se interseção de linhas. Editou-se o atributo DXF-TEXT que continha os nomes das vias, e passou a se chamar NOMEVIA. Gerou-se topologia de linhas e converteu-se a *coverage* para o formato Shapefile, a fim de utiliza-lo no SNGRA.

Figura 3.3 – Configuração urbana da cidade de Álvares Machado vista por imagem de satélite QuickBird, em escala 1:17.000.

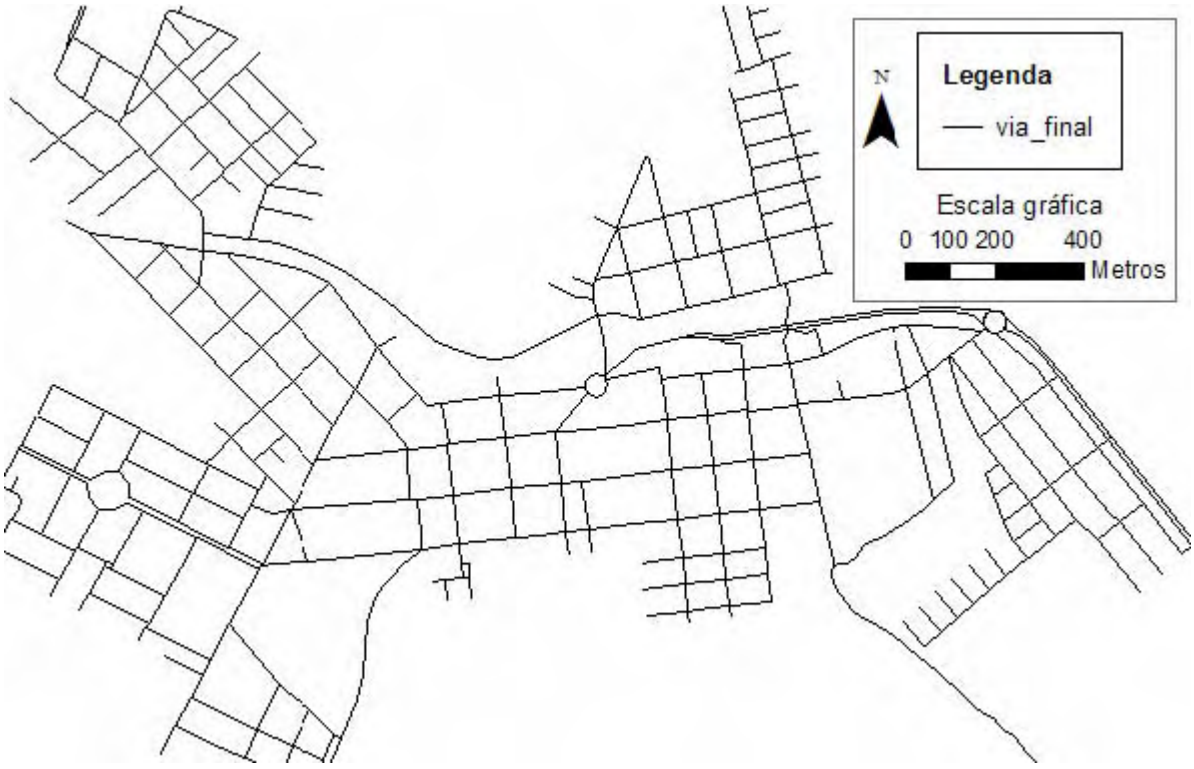


Figura 3.4 – Configuração dos eixos viários da cidade de Álvares Machado. Escala 1:17.000.

3.3.1.2 Hierarquização dos elementos de informação e escala do mapa

Os elementos de informação relevantes nesta pesquisa devem estar relacionados com a localização, o contexto espacial e a direção da manobra, os quais são utilizados pelos motoristas quando navegam em ambientes urbanos desconhecidos, conforme relato de pesquisas anteriores (BURNETT, 1998). Para tanto, um conjunto de elementos foi determinado para apoiar as tarefas de navegação: base cartográfica de vias para fornecer o contexto espacial, automóvel para localização espacial do motorista, rota para informar o caminho a ser percorrido, ponto de referência também para o contexto espacial e seta de manobra para enfatizar a manobra a ser realizada.

A determinação da hierarquia visual dos elementos de informação do SNGRA (Quadro 3.1) foi realizada de acordo com a demanda por informação apresentada anteriormente, bem como para avaliar a eficiência e a eficácia de um conjunto de representações cartográficas do sistema. Enquanto a tarefa de manobra se refere à preparação para a mudança de direção, bem como sua própria realização, a tarefa de manutenção nos

trechos de rota se refere à continuação do percurso em via reta ou curvilínea, sem que haja preparação ou mudança de uma via para outra. Esta hierarquia foi importante para realizar um estudo de comunicação visual por cores, no contexto de formação de figura-fundo.

Quadro 3.1 – Hierarquia dos elementos de informação para as tarefas de navegação.

Tarefa	**Hierarquia**	**Elementos de informação**	**Categoria**
Manobra	1ª	Automóvel e rota	Tema
	2ª	Seta de manobra e ponto de referência	Tema
	3ª	Eixo viário	Base cartográfica
	4ª	Textos	Informação marginal
Manutenção nos trechos de rota	1ª	Automóvel, rota e ponto de referência	Tema
	2ª	Eixo viário	Base cartográfica
	3ª	Textos	Informação marginal

Por outro lado, a escala adequada do mapa a ser determinada está relacionada com a legibilidade da informação para manutenção na rota. Para determiná-la, considerou-se as dimensões das quadras da cidade, obtendo-se inicialmente o comprimento de alguns trechos de vias. Estas quadras foram representadas na tela do monitor de navegação e o comprimento aproximado obtido na área central varia de 90 a 150 metros, enquanto que na periferia da cidade chega a 170 metros. Outro fator envolvido na determinação da escala do mapa foi o limite de velocidade nas vias da rota selecionada, o qual é de 40 km/h, com exceção de dois trechos em que o limite é 60 km/h. Pelo fato das velocidades serem relativamente baixas, pôde-se determinar uma escala relativamente grande para representar poucas quadras na tela do monitor e, consequentemente, obter um mapa com quantidade de informação suficiente para a localização e o contexto espacial (Figura 3.5).

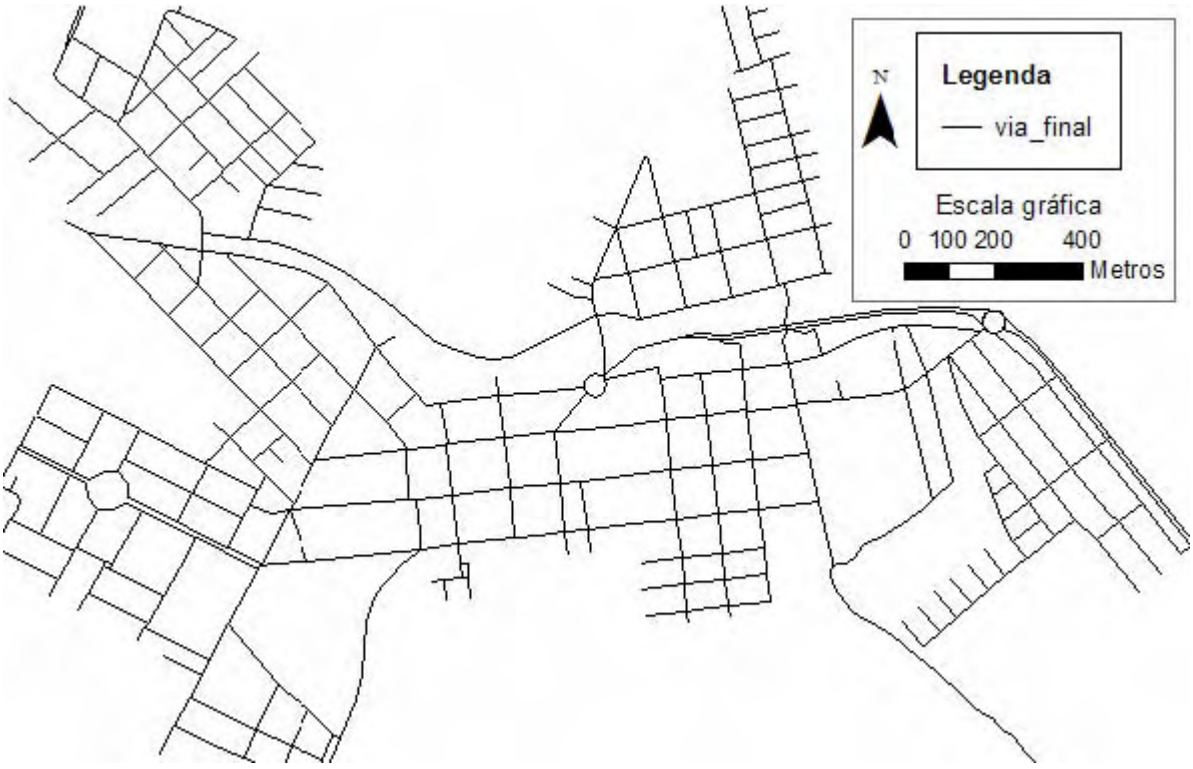


Figura 3.4 – Configuração dos eixos viários da cidade de Álvares Machado. Escala 1:17.000.

3.3.1.2 Hierarquização dos elementos de informação e escala do mapa

Os elementos de informação relevantes nesta pesquisa devem estar relacionados com a localização, o contexto espacial e a direção da manobra, os quais são utilizados pelos motoristas quando navegam em ambientes urbanos desconhecidos, conforme relato de pesquisas anteriores (BURNETT, 1998). Para tanto, um conjunto de elementos foi determinado para apoiar as tarefas de navegação: base cartográfica de vias para fornecer o contexto espacial, automóvel para localização espacial do motorista, rota para informar o caminho a ser percorrido, ponto de referência também para o contexto espacial e seta de manobra para enfatizar a manobra a ser realizada.

A determinação da hierarquia visual dos elementos de informação do SNGRA (Quadro 3.1) foi realizada de acordo com a demanda por informação apresentada anteriormente, bem como para avaliar a eficiência e a eficácia de um conjunto de representações cartográficas do sistema. Enquanto a tarefa de manobra se refere à preparação para a mudança de direção, bem como sua própria realização, a tarefa de manutenção nos

3.3.2 Avaliação preliminar de pontos de referência

Os pontos de referência são importantes para auxiliar o motorista na realização de tarefas de manutenção na rota (LYNCH, 1960; BOARD, 1978; BURNETT, 1998, 2000; LABIALE, 2001; LEE et al., 2001). Estudos indicam que as pessoas de diferentes nacionalidades utilizam diferentes pontos de referência para navegação (DAIMON et al., 2000).

O objetivo da avaliação preliminar de pontos de referência foi determinar um conjunto de elementos de informação potenciais, para que pudessem ser inseridos em um SNGRA, para ser avaliado junto a um grupo de motoristas brasileiros. Para tanto, partiu-se de uma lista de PR's determinada por Burnett (1998), a qual apresenta 28 elementos preferidos pelos especialistas e motoristas ingleses. É importante ressaltar a necessidade da participação de especialistas brasileiros, pois, de um modo geral, a configuração urbana brasileira, e em particular das cidades jovens, como é o caso de Álvares Machado, difere da inglesa.

3.3.2.1 Procedimento metodológico

Um total de 13 participantes foi selecionado: 10 com formação e atuação em áreas de fatores humanos (dois de Psicologia, dois de Geografia, três de Arquitetura e Urbanismo, e três de Engenharia de Transporte com pós-graduação em Psicologia do Trânsito), bem como 3 de Engenharia Cartográfica. Com isto, pretendeu-se verificar a contribuição dos profissionais de cada uma dessas áreas de formação e atuação. A avaliação não considerou os fatores de sexo e idade porque foi difícil encontrar um número maior de pessoas para a aplicação dos questionários, além de ser uma avaliação básica, a qual serviu de apoio ao levantamento de informação em campo.

A partir da lista de PR's determinada por Burnett (1998), elaborou-se um questionário (APÊNDICE A) para selecionar os elementos relevantes para um sistema de navegação em automóvel, no contexto nacional. Este questionário foi dividido em duas partes. A primeira permite a entrada de um valor positivo (SIM) ou negativo (NÃO) para os PR's sugeridos, bem como fazer o comentário da resposta. A segunda parte permite o apontamento

de novos pontos, bem como a anotação destes elementos sugeridos. Um total de dez pessoas foi entrevistado diretamente e três foram consultadas por meio de correio eletrônico.

O questionário foi entregue ao participante e suas tarefas foram: (a) ler e compreender as considerações iniciais, bem como as instruções apresentadas para responder o questionário; (b) ler o cenário; (c) marcar os PR's relevantes e comentar o motivo de suas preferências (APENDICE A – Tabela A.1) e; (d) anotar em outra tabela outros elementos importantes para auxiliar a navegação em cidades brasileiras (APENDICE A – Tabela A.2).

3.3.2.2 Resultados

Quanto à primeira parte do questionário, a Tabela 3.1 apresenta a distribuição do nível de aceitação dos pontos de referência para navegação em automóvel, no contexto nacional, determinada junto aos especialistas brasileiros. Com relação à primeira questão, específica decorrente da hipótese desta pesquisa, pretendeu-se determinar os pontos de referência preferidos pelos motoristas brasileiros, a fim de auxiliar suas tarefas de navegação em automóvel, em ambientes urbanos desconhecidos. A partir dos elementos avaliados pelos especialistas, determinou-se algumas categorias de diferentes graus de relevância: alta (igual a 100%), média alta (maior ou igual a 90% e menor que 100%), média (maior ou igual a 60% e menor que 90%) e baixa (menor que 60%).

Tabela 3.1 – Distribuição da porcentagem do nível de aceitação dos pontos de referência pelos especialistas brasileiros (PR = ponto de referência, EB = especialistas brasileiros).

PR	EB (%)	Relevância	PR	EB (%)	Relevância
Ponte	100,00	Alta	Morro	76,92	Média
Viaduto	100,00	Alta	Curva em via	76,92	Média
Igreja	100,00	Alta	Estação ferroviária	69,23	Média
Rio e córrego	100,00	Alta	Cinema	69,23	Média
Supermercado	92,31	Média alta	Loja	69,23	Média
Edifício público	92,31	Média alta	Semáforo para pedestre	69,23	Média
Placa com nome de via	92,31	Média alta	Subida e descida em via	69,23	Média
Semáforo	92,31	Média alta	Restaurante	61,54	Média
Monumento	92,31	Média alta	Estacionamento	61,54	Média
Fábrica e indústria	92,31	Média alta	Oficina mecânica	61,54	Média

Tabela 3.1 – Distribuição da porcentagem do nível de aceitação dos pontos de referência pelos especialistas brasileiros (PR = ponto de referência, EB = especialistas brasileiros) (continuação).

PR	EB (%)	Relevância	PR	EB (%)	Relevância
Estação de ônibus	92,31	Média alta	Cabina telefônica e orelhão	53,85	Baixa
Escola	92,31	Média alta	Estacionamento com vários pavimentos	53,85	Baixa
Posto de combustível	92,31	Média alta	Caixa de correio	53,85	Baixa
Parque	92,31	Média alta	Painel e outdoor	30,77	Baixa
Linha férrea	84,62	Média			

O Quadro 3.2 mostra os comentários dos participantes quanto às suas preferências pelos pontos de referência avaliados (Tabela 3.1). É importante ressaltar que os especialistas das áreas de Psicologia (percepção, cognição e atenção), Geografia e Arquitetura e Urbanismo fizeram mais comentários que os especialistas de Engenharia Cartografia. Um provável motivo que poderia explicar o fato é a formação acadêmica, uma vez que estes cursos possuem disciplinas específicas que tratam de observações da paisagem, tais como percepção do espaço.

Pode-se verificar que a linha férrea parece ser mais importante que a estação ferroviária para os motoristas. Provavelmente, isto poderia ser explicado pelo fato de que a linha férrea é uma barreira física para os motoristas, uma vez que podem cruzar as cidades e, consequentemente, as principais vias de trânsito. Por outro lado, as estações ferroviárias nem sempre são vistas pela maioria dos motoristas porque, possivelmente, são poucas em quantidade e estão localizadas junto às vias secundárias ou de menor grau. Além disso, de maneira parecida, e mais intensa que a linha férrea, os elementos de rio e córrego são considerados de alta relevância pelos motoristas, possivelmente por existir em maior quantidade e estarem espalhados em grande parte das cidades brasileiras. Por outro lado, as pontes e os viadutos estão relacionados com as barreiras naturais (rios e córregos) e com as construídas pelo homem (linha férrea) e, por isto, podem ocupar alta relevância nos mapas cognitivos dos motoristas.

Quadro 3.2 – Comentários sobre os pontos de referência.

Ponto de referência	**Comentário sobre a relevância**
Ponte	É importante, principalmente, nas grandes cidades. É uma referência fixa e notória que pode servir de informação de direção, orientação e localização. Pouco encontrada em várias cidades.
Viaduto	Fornece informação de localização e orientação. Encontrado mais facilmente nas grandes cidades.
Igreja	Pode ser uma referência fixa notável. Fácil de localização. As igrejas antigas são mais relevantes, principalmente as católicas, pois destacam-se facilmente.
Rio e córrego	Pode fornecer informação de direção e orientação do trajeto, desde que não sejam canalizados.
Supermercado	Relevante desde que seja de grande dimensão. É bastante freqüentado e conhecido pelas pessoas.
Equipamento público	Considera relevante. Destaque para a prefeitura, o fórum e os postos de saúde. Destaca-se bem caso tenha boa localização e forma arquitetônica diferenciada. Importante por ser fixo e notável pelos motoristas.
Placa com nome de via	Considera relevante caso tenha projeto diferenciado (por exemplo, as placas da Avenida Paulista, na cidade de São Paulo). Fundamental para localização precisa. Pouco preservadas. Quase inexistentes em diversas localidades.
Semáforo	Referência, obrigatoriamente, notada pelo motorista. Pode ser importante na ausência de referenciais notáveis.
Monumento	Pode ser uma referência fixa notável. Fácil de localização. É relevante, porém existe em pouca quantidade. Depende da localização e da forma arquitetônica.
Fábrica e indústria	Referência fixa e, geralmente, notória pelos motoristas. Pode ser relevante, porém, depende do local em que se encontra.
Estação de ônibus	É uma referência fixa notável. Geralmente, é fácil de localização.
Escola	É uma referência fixa notória. Fácil de localização, principalmente se for antiga.
Posto de combustível	Referência importante para os motoristas, pois utilizam frequentemente seus serviços. Pode ser ruim por haver grande quantidade em um pequeno espaço.
Bosque, mata e parque	Referência fixa e notória. É pouco comum sua existência em ambientes urbanos brasileiros.
Linha férrea	Pode ser um obstáculo para a circulação, por isso pode fornecer informação de direção do trajeto. Pode ser ruim porque nem toda cidade possui.
Cume e pico de morro	Os acidentes geográficos podem ser notáveis durante a navegação. É pouco comum sua existência em diversas cidades brasileiras.
Curva em via	Pode fornecer localização específica do trajeto. Algumas curvas são bem conhecidas, por estarem relacionadas com o grau de perigo.

Quadro 3.2 – Comentários sobre os pontos de referência (continuação).

Ponto de referência	**Comentário sobre a relevância**
Estação ferroviária	É uma referência fixa notável. Estão sendo fechadas. São pouco freqüentadas.
Cinema	Geralmente é notável, porém existe em pouca quantidade e em grandes cidades. Atualmente vários cinemas localizam-se em shopping center. Estão sendo fechados.
Loja	Pelo fato de existirem em grande quantidade, algumas podem ser despercebidas pelo motorista, exceto se houver interesse em localizar um estabelecimento específico.
Semáforo para pedestre	Referência que deve ser obrigatoriamente notada pelos motoristas, porém estão quase sempre localizados próximos dos semáforos para veículos.
Aclive e declive em via	Pode fornecer a direção e orientação de trajeto. Pode ser pouco observado por muitos motoristas.
Restaurante	Ocorre o mesmo que as lojas. Pode ser ruim porque depende da localidade e das características do estabelecimento.
Estacionamento	Pode ser importante por causa do fluxo de carros que utilizam este tipo de serviço. Existe em pequena quantidade nas diversas cidades brasileiras, por isso, é pouco observado.
Oficina mecânica	Pouco notada no trânsito.
Cabina telefônica e orelhão	É pouco notado quando se dirige. Para ser visto depende do entorno.
Estacionamento com vários pavimentos	Depende da forma arquitetônica, porém é quase inexistente na maioria das cidades brasileiras, por isso, é pouco observado.
Caixa de correio	Pouco notada quando se dirige. Geralmente, possui pequenas dimensões.
Painel e outdoor	As propagandas ao ar livre, geralmente, não são permanentes, por isso não pode ser tomada como referência. Pouco observada por muitos motoristas.

Quanto à segunda parte do questionário, o Quadro 3.3 apresenta uma relação de pontos de referência apontada pelos especialistas brasileiros, considerada relevante para tarefas de navegação em ambientes urbanos desconhecidos. Os pontos foram agrupados com auxílio das normas ABNT NBR9284 (1986) e ABNT NBR9283(1986).

Quadro 3.3 – Pontos de referência sugeridos pelos especialistas brasileiros.

Categoria	**Ponto de referência**
Elementos da paisagem natural	Árvore isolada, sol nascente, sol poente, praia, cheiro característico e cor contrastante.
Equipamentos e móveis urbanos de serviço e do comércio	Mercado municipal, bar, lanchonete, galeria comercial, hotel, motel, shopping center, agência bancária, prédio dos correios, farmácia, loja de conveniência, trailer, borracharia, caixa eletrônico, chaveiro e posto de informação.
Equipamentos urbanos de saúde	Hospital, posto de saúde, centro médico e clínica médica.
Equipamentos urbanos de lazer	Centro cultural, museu, estádio de futebol, praça pública, jardim, ginásio de esporte e clube recreativo.
Equipamentos urbanos de segurança	Delegacia, posto policial, fórum e bombeiro.
Equipamentos urbanos de circulação e transporte	Estação de metrô, aeroporto e porto marítimo.
Elementos gerais de circulação e transporte	Área central da cidade, cruzamento e entroncamento.
Mobiliário urbano de circulação e transporte	Quebra-molas, sinalização para deficiente áudio-visual, linha de metrô, teleférico, calçadão, vias (avenida, rodovia e rotatória), túnel, placa com nome de bairro e linha de transmissão de energia elétrica.
Móveis urbanos diversos	Torre de telecomunicações e farol.
Construções diversas	Edifício de altura elevada, subestação de energia elétrica e universidade.

Os diversos elementos indicados no Quadro 3.3 possuem atratividade visual, com exceção do cheiro característico. Contudo, para que sejam utilizados por um sistema de navegação e guia de rota, o grau de importância de cada referência depende da configuração visual (SORROWS e HIRTLE, 1999; RAUBAL e WINTER, 2002) e da localização em relação à via (BURNETT, 1998). Além disso, cada região ou localidade do território nacional possui elementos de referência natural (árvores, matas, morros, etc.) e artificial (construídos pelo homem, como por exemplo, as obras de engenharia), os quais podem variar nas características de forma, cor, dimensão, etc., pois a referência a que é dada ao elemento pode depender da cultura e da história do local (SORROWS e HIRTLE, 1999; RAUBAL e WINTER, 2002), bem como da dimensão e da configuração da cidade (LYNCH, 1960).

3.3.3 Seleção dos elementos de informação: caso de estudo

Fez-se a seleção dos elementos de informação na cidade de Álvares Machado, estado de São Paulo, considerando-se os critérios determinados por Burnett (1998), Sorrows e Hirtle (1999) e Raubal e Winter (2002). Um importante fator no processo de avaliação da comunicação cartográfica de SNGRA é o grau de complexidade das vias cuja rota será traçada. Na seção anterior foi apresentado um estudo inicial da seleção de pontos de referência relevantes para auxiliar tarefas de navegação em ambientes urbanos desconhecidos. Nesta, detalha-se um estudo para a seleção da rota de teste e dos pontos de referência, em um contexto específico. Para tanto, considerou-se as particularidades de um ambiente urbano brasileiro, localizado na região oeste do estado de São Paulo.

3.3.3.1 Critérios para determinação da rota

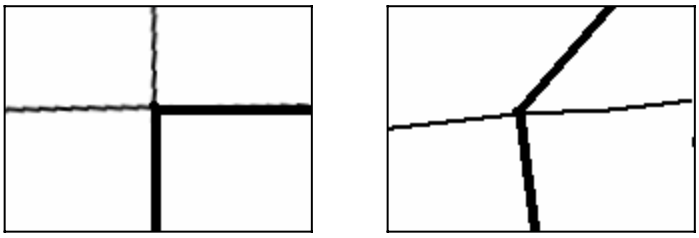
Conforme as recomendações de Burnett (1998), a escolha da rota é muito importante porque influencia diretamente a qualidade e a quantidade de informações envolvidas no projeto. Assim, para selecionar a rota, decidiu-se estabelecer os seguintes critérios:

- Sentido da via: fator relevante na escolha da rota porque esteve relacionado com a quantidade e a qualidade dos pontos de referência, a serem determinados e testados nesta pesquisa;
- Vias com diferentes características: estreitas, sem saída, “quebradas”, curtas, longas, curvilíneas, retilíneas, com presença de valetas e obstáculos, etc.;
- Presença de pontos de referência relevantes ao longo da via: igreja, supermercado, equipamento público, semáforo, posto de combustível, etc., conforme a lista de pontos indicada por Burnett (1998) e daqueles apontados pelos especialistas brasileiros;
- Vários tipos de cruzamentos de vias: junção ortogonal do tipo T (via que tem seu início ou fim na seqüência de uma outra), cruzamentos simétricos

ortogonais (+) e não ortogonais (X), cruzamentos assimétricos não ortogonais, rotatória com várias saídas, etc. Diferentes tipos de cruzamentos propiciam um melhor estudo de demanda visual e erro navegacional.

Quanto aos tipos de cruzamentos de vias, levou-se em consideração a complexidade das manobras e da interferência visual urbana (veículos, pedestres e edifícios). No caso das manobras, um total de dois níveis de complexidade foi considerado neste estudo: manobra simples e manobra complexa. O nível de complexidade da manobra é importante para associar a relação existente entre a entrada e a saída em uma junção (por exemplo, um cruzamento) com a informação de manobra oferecida pelo sistema. Assim, o critério de determinação da variável que corresponde ao nível de complexidade da manobra adotado foi:

- **Manobra simples** (baixo nível de complexidade): caso seja traçado um eixo vertical imaginário no centro do mapa (Figura 3.6-a e Figura 3.6-b), é aquela que possui até duas vias, ou do lado direito ou do esquerdo depois da próxima junção;



(a) (b)

Figura 3.6 – Exemplo de manobra simples do tipo “vire à direita”.

- **Manobra complexa** (alto nível de complexidade): trecho de rota sinuoso ou quebrado que chega ou sai da junção (Figura 3.7). Neste caso, pode apresentar o nível de complexidade de uma rotatória.

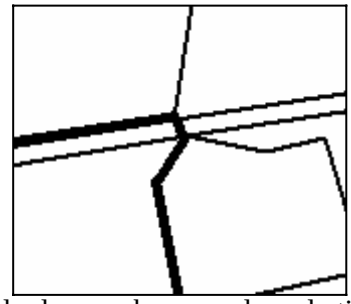


Figura 3.7 – Exemplo de manobra complexa do tipo “vire à esquerda”

Em relação às vias periféricas e residenciais, geralmente as vias centrais da cidade de Álvares Machado possuem maior quantidade de veículos e pedestres, com maior quantidade de edificações notáveis e propagandas e logomarcas do comércio. Por outro lado, as vias periféricas possuem menor quantidade de veículos e pedestres. Além disso, as edificações são pouco notáveis, há poucas propagandas e, consequentemente, são menores as quantidades de elementos visuais que podem distrair o motorista.

3.3.3.2 Critérios para seleção dos pontos de referência

A decisão de pesquisar o uso de pontos de referência em SNGRA leva em consideração a constatação de Burnett (1998) de que os sistemas de navegação em automóvel deveriam incluir informações que estão contidas nas representações internas dos motoristas. Dessa forma, o critério de seleção de cada ponto de referência foi baseado na atratividade visual, cognitiva (ou semântica) e estrutural, proposta por Sorrows e Hirtle (1999), nas propriedades formais desenvolvidas por Raubal e Winter (2002), e no ponto de vista do motorista, conforme sugestão de Lee et al. (2001). Além disso, considerou-se os atributos para o estágio de detecção e identificação do ponto de referência, bem como para o estágio de integração dos pontos de referência com os caminhos, determinados por Burnett (1998).

3.3.3.3 Levantamento dos dados

As etapas envolvidas no levantamento dos elementos de informação na cidade de Álvares Machado foram: (a) reconhecimento preliminar da área de interesse, (b) levantamento fotográfico preliminar e análise das fotografias, (c) produção e análise de um vídeo, (d) levantamento fotográfico final.

A primeira etapa foi reconhecer a área de interesse a partir da imagem de satélite. Foi possível localizar as concentrações urbanas com maior e menor densidade de ocupação, as características das vias da cidade, as vias periféricas e centrais, os vários tipos de cruzamentos de vias, bem como a relação de vias pavimentadas. Entretanto, o sentido da via e a presença de pontos de referência relevantes só foram possíveis de serem determinados depois de uma série de visitas em campo, em diversos locais da cidade.

Na segunda etapa, realizou-se um levantamento fotográfico preliminar de diversos pontos de referência em algumas vias da cidade, na região apresentada na Figura 3.3. As fotografias foram tomadas conforme o ponto de vista do motorista durante a navegação. Em seguida, armazenou-se as imagens de formato JPG e resolução de 1.024 x 768 no *notebook*, as quais foram examinadas visualmente em programa de exibição de imagens. Neste momento, marcou-se os trechos de rota potenciais.

É importante ressaltar que as condições de iluminação ao longo do dia e em diferentes meses do ano afetam as características relevantes dos pontos de referência, tanto por causa da formação de sombras da própria edificação quanto por causa das sombras de nuvens. O horário de tomada das fotografias e do vídeo foi entre dez horas da manhã e duas horas da tarde, com pouca interferência de sombras, e aconteceu no mês de janeiro.

Na terceira etapa, produziu-se um vídeo com algumas vias que apresentaram pontos potenciais para o projeto, filmando-as de dentro do automóvel. Reproduziu-se o vídeo em TV, e analisou-se os pontos de referência de acordo com a atratividade visual, cognitiva e estrutural. Entretanto, a partir dos pontos observados no vídeo, verificou-se que outras vias também poderiam ser interessantes.

Finalmente, fez-se outras visitas em campo, fotografou-se novos pontos e produziu-se novos vídeos. Realizou-se um processo interativo de coleta de dados e análise até o momento em que se obteve uma rota com elementos de informação relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Considerando-se os critérios apresentados, selecionou-se os

pontos de referência importantes para um motorista localizar-se no espaço e ser auxiliado na realização de manobras, por meio do SNGRA.

3.3.3.4 Resultados

1. Rota de estudo e manobras.

Selecionou-se uma rota com as seguintes características: 25 manobras, distância de 6,6 quilômetros e tempo aproximado de 20 minutos de percurso, a uma velocidade aproximada de 40 km/h. Os pontos de partida e de chegada localizam-se na Rua Vicente Celestino. A rota selecionada é apresentada nas figuras 3.8 e 3.9, dividida em duas partes. O ponto vermelho destacado na Figura 3.8 indica o local de partida e o ponto na Figura 3.9 indica o local de chegada.

Figura 3.8 – Primeira parte da rota vista por imagem de satélite, em escala 1:15.000.

Figura 3.9 – Segunda parte da rota vista por imagem de satélite, em escala 1:15.000.

2. Pontos de referência.

A determinação dos PR's ocorreu por meio de observações em campo, das fotografias digitais e do vídeo da rota. Realizou-se a classificação dos elementos de informação com base nos critérios pelos quais foram selecionados, por meio das categorias de atratividade visual e cognitiva, dos estágios de detecção e identificação, bem como dos atributos dos estágios de processamento da informação na integração dos pontos de referência com os caminhos.

Os recortes da imagem de satélite apresentados nas figuras de 3.10-a a 4.21-a exibem a localização dos pontos de referência selecionados na rota de estudo, os quais são destacados pela linha tracejada na cor vermelho. O triângulo com a seta sobre a rota indica a posição e o sentido de deslocamento do automóvel, enquanto a linha amarela representa parte da rota. As fotografias apresentadas nas figuras de 3.10-b a 3.21-b exibem as fotos dos pontos de referência tomadas conforme vistos pelo motorista. Os quadros de 3.4 a 3.15 apresentam a caracterização dos pontos de referência.

(a)

(b)

Figura 3.10 – Estação ferroviária ao longo de um trecho de rota.

Quadro 3.4 – Caracterização da estação ferroviária.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Forma, visibilidade e textura.
Propriedade cognitiva	Importância histórica e cultural
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade, notabilidade, desobstrução.
Atributo de identificação	Unicidade.
Atributo de integração	"Não determinado".

(a)

(b)

Figura 3.11 – Loja comercial ao lado de uma manobra.

Quadro 3.5 – Caracterização da loja comercial.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Forma, cor e visibilidade.
Propriedade cognitiva	Marcas explícitas – logotipo.
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade e desobstrução.
Atributo de identificação	Unicidade.
Atributos de integração	Importância da localização e compacidade.

(a) (b)

Figura 3.12 – Agência bancária antes de uma manobra.

Quadro 3.6 – Caracterização da agência bancária.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Forma e cor.
Propriedade cognitiva	Marcas explícitas – logotipo.
Atributos de detecção	Permanência.
Atributo de identificação	Familiaridade e unicidade.
Atributo de integração	"Não determinado".

(a) (b)

Figura 3.13 – Mercado ao lado de uma manobra.

Quadro 3.7 – Caracterização de um mercado.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Área da fachada, visibilidade e cor.
Propriedade cognitiva	"Não determinado".
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade e desobstrução.
Atributo de identificação	"Não determinado".
Atributos de integração	Importância da localização.

(a) (b)

Figura 3.14 – Equipamento público: prédio da prefeitura ao lado de uma manobra.

Quadro 3.8 – Caracterização do prédio da prefeitura.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Forma, cor e visibilidade.
Propriedade cognitiva	Importância histórica e cultural
Atributos de detecção	Permanência e visibilidade.
Atributo de identificação	Unicidade.
Atributos de integração	Importância da localização.

(a) (b)

Figura 3.15 – Semáforo ao lado de uma manobra.

Quadro 3.9 – Caracterização do semáforo.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Visibilidade.
Propriedade cognitiva	"Não determinado".
Propriedade estrutural	Ponto nodal.
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade, previsibilidade em localização e desobstrução.
Atributo de identificação	Familiaridade, previsibilidade em aparência e unicidade.
Atributos de integração	Importância da localização.

(a)

(b)

Figura 3.16 – Igreja católica ao lado de uma manobra.

Quadro 3.10 – Caracterização da igreja católica.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Área da fachada, forma, cor e visibilidade.
Propriedade cognitiva	Importância histórica e cultural
Atributos de detecção	Permanência e visibilidade.
Atributo de identificação	Unicidade, previsibilidade em aparência e unicidade.
Atributos de integração	Importância da localização.

(a)

(b)

Figura 3.17 – Posto de combustível ao longo de um trecho de rota.

Quadro 3.11 – Caracterização do posto de combustível.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Área da fachada, forma, cor e visibilidade.
Propriedade cognitiva	Marcas explícitas – logotipo.
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade e desobstrução.
Atributo de identificação	Familiaridade, previsibilidade em aparência, unicidade.
Atributos de integração	“Não determinado”.

(a) (b)

Figura 3.18 – Ponto de ônibus ao lado de uma manobra.

Quadro 3.12 – Caracterização do ponto de ônibus.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Forma, cor e visibilidade.
Propriedade cognitiva	"Não determinado".
Atributos de detecção	Permanência, previsibilidade em localização, visibilidade e desobstrução.
Atributo de identificação	Familiaridade, previsibilidade em aparência, unicidade e grau de separação.
Atributos de integração	"Não determinado".

(a) (b)

Figura 3.19 – Caixa de água de companhia de saneamento básico ao longo de um trecho de rota.

Quadro 3.13 – Caracterização da caixa de água.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Forma, cor e visibilidade.
Propriedade cognitiva	Marcas explícitas – logotipo.
Atributos de detecção	Permanência, previsibilidade em localização, visibilidade e desobstrução.
Atributo de identificação	Familiaridade, previsibilidade em aparência, unicidade e grau de separação.
Atributos de integração	"Não determinado"

(a) (b)

Figura 3.20 – Ginásio de esportes ao longo de um trecho de rota.

Quadro 3.14 – Caracterização do ginásio de esportes.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Área da fachada, forma, cor, visibilidade e textura.
Propriedade cognitiva	“Não determinado”.
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade e desobstrução.
Atributo de identificação	“Não determinado”.
Atributos de integração	“Não determinado”.

(a) (b)

Figura 3.21 – Mercearia ao lado de uma manobra.

Quadro 3.15 – Caracterização da mercearia.

Propriedades e atributos	**Valores**
Propriedade visual	Área da fachada, forma, cor, visibilidade e textura.
Propriedade cognitiva	“Não determinado”.
Atributos de detecção	Permanência, visibilidade, previsibilidade em localização e desobstrução.
Atributo de identificação	Previsibilidade em aparência e unicidade.
Atributos de integração	Importância da localização.

3.3.4 Representação de PR, automóvel, seta de manobra e fundo do mapa

3.3.4.1 Interface visual básica: leiaute preliminar

A fim de verificar a preferência dos motoristas pelas representações de automóvel e cor de fundo do mapa, elaborou-se uma interface visual básica preliminar, a qual foi concebida de modo que pudesse manter um sistema de leitura da esquerda para a direita (DENT, 1993; FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003). Esta interface foi desenvolvida no compilador Microsoft Visual Basic (Figura 3.22), com forma "achatada" e estendida na dimensão horizontal (altura e largura de aproximadamente 9,3cm e 15,9cm, respectivamente). Durante a criação da interface visual básica e dos mapas, manteve-se a configuração da resolução de vídeo do *notebook* e do monitor de navegação em 800 x 600 pontos por polegada.

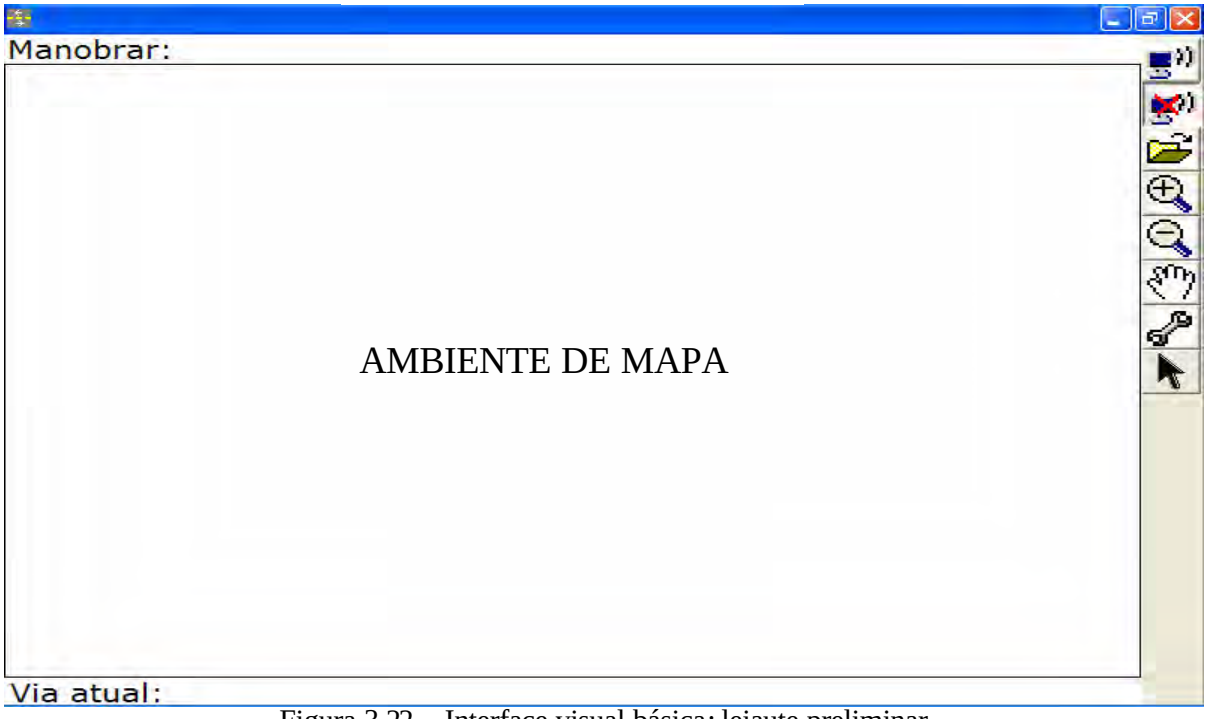


Figura 3.22 – Interface visual básica: leiaute preliminar.

O resultado da interface é um conjunto de cinco grupos de elementos funcionais: barra de título (tarja azul na parte superior), barra de ferramenta vertical (botões do lado direito), barras de informação do nome da via de manobra (texto na parte superior: “Manobrar:”) e de localização do automóvel (texto na parte inferior: “Via atual:”), bem como o ambiente de mapa. Quanto à localização da barra de ferramentas do lado direito da tela, pretendeu-se estabelecer uma ordem de prioridade para o mapa, no processo de leitura da informação visual. A barra de ferramentas apresenta oito ícones, os quais são utilizados para as seguintes funções, de cima para baixo, respectivamente: (1) iniciar conexão com o GPS, (2) finalizar conexão com o GPS, (3) simular uma rota percorrida, (4) aumentar a escala do mapa, (5) reduzir a escala do mapa, (6) deslocar o mapa, (7) recuperar informações de desempenho do sistema GPS e (8) desabilitar as funções anteriores. Os três primeiros ícones, de cima para baixo, bem como o penúltimo são de propriedade da empresa Microsoft Corporation, enquanto que os restantes são de propriedade da empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute). Entretanto, foram utilizados nesta pesquisa porque são intuitivos e facilitou o desenvolvimento do sistema e o pré-teste em campo.

3.3.4.2 Símbolos cartográficos para pontos de referência

Esta pesquisa considera que o sistema de navegação com informações visuais fortemente associadas aos elementos do mundo real, em ambientes urbanos desconhecidos, possa ter maior aceitação pelos motoristas e, por isso, adotou-se um processo de estilização para criar as representações dos PR’s. Com exceção dos logotipos, realizou-se a concepção dos símbolos por meio do processo de seleção dos detalhes e produção de representações verossimilhantes e simplificadas, conforme procedimentos de estilização de símbolos apresentados por Lessa (1995) e Horton (1996). Além disso, considerou-se as constatações de Forrest e Castner (1985), bem como de Blok (1987) quanto à dimensão do símbolo (altura e largura), para garantir sua legibilidade no mapa.

No processo de construção dos símbolos, considerou-se o fator perspectiva de acordo com o ponto de vista do motorista (LEE et al., 2001). Contudo, conforme a localização do motorista, alguns pontos de referência se apresentavam parcialmente escondidos por obstáculos naturais (árvores) e artificiais (veículos), como exemplifica as

fotografias (a) e (b) da Figura 3.23. Para contornar este problema, durante a construção dos símbolos cartográficos, foi necessário fazer novas visitas em campo.

Foto (a)

Foto (b)

Figura 3.23 – Obstáculos naturais e artificiais em frente aos pontos de referência.

Os símbolos dos pontos de referência foram construídos em duas etapas seqüenciais: produção em ambiente CAD (Computer Aided Design) e reprodução em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Na primeira etapa, as tarefas de construção de cada símbolo foram: (a) estilização; (b) georreferenciamento e redimensionamento; (c) orientação, de acordo com o sentido da rota.

Na tarefa de estilização, cada símbolo foi vetorizado individualmente sobre a fotografia, no CAD Microstation. Utilizou-se as ferramentas básicas de construção de linha com formação de polígono (*Place SmartLine*), agrupamento de polígonos e representação preliminar dos símbolos por meio da aplicação de cores correspondentes às dos pontos de referência. A representação preliminar foi feita com o auxílio das ferramentas *pan* e *zoom*, observando-se os mesmos em dimensão reduzida na tela do monitor. Por meio de um processo interativo, a estilização de cada símbolo passou por várias etapas de edição até alcançar forte grau de verossimilhança com o ponto de referência.

Quanto à tarefa de georreferenciamento e redimensionamento, fez-se a sobreposição do símbolo na base cartográfica vetorial de vias (referência de contexto espacial), posicionando-o do lado da manobra (como informação de direção de manobra e contexto espacial) ou do lado do trecho de rota (como informação de contexto espacial) por meio da ferramenta de deslocamento (*move*). No processo de redimensionamento do símbolo utilizou-se a ferramenta de mudança de escala (*scale*). Na tarefa de orientação do símbolo,

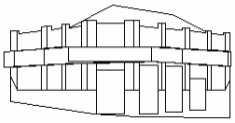
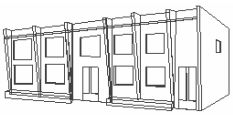
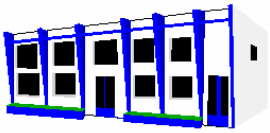
empregou-se a ferramenta de rotação (*rotate*) nos eixos x e y, a fim de ajustar o símbolo com o sentido da rota de acordo com o ponto de vista do motorista, durante a navegação.

Realizou-se a segunda etapa (reprodução em ambiente SIG) de acordo com as tarefas de: (a) conversão de formato CAD para formato *coverage* no ArcInfo; (b) validação topológica do símbolo; (c) aplicação de valores de atributos de cor para cada polígono do símbolo e; (d) conversão de formato *coverage* para Shapefile.

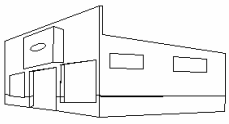
No ArcInfo, converteu-se cada símbolo para o formato *coverage*. Aplicou-se correção topológica (*clean*) para garantir o fechamento e a adjacência dos polígonos. Adicionou-se um atributo chamado COR, de formato texto, à tabela do tema correspondente ao símbolo e, para cada polígono, editou os valores do atributo com nome da cor correspondente (por exemplo, atribuiu-se o texto "vermelho claro" para os polígonos cujas partes correspondentes do ponto de referência possuem a cor parecida com o vermelho claro).

Classificou-se cada símbolo em função de seu potencial de representatividade, conforme abordagem indicada por Lessa (1995). No Quadro 3.16 tem-se a fotografia e os produtos resultantes das etapas do processo de simplificação dos símbolos com alto potencial representativo (vetorizado, verossimilhante e vero-simplificado). O Quadro 3.17 apresenta os símbolos dos pontos de média complexidade e, consequentemente, com médio potencial representativo, visto que o vero-simplificado apresenta o resultado de uma simplificação que, embora reduzido a um menor número de unidades, mantém a similaridade com o ponto. O Quadro 3.18 mostra os símbolos produzidos a partir de pontos de referência com baixo potencial representativo (vetorizado e vero-simplificado), os quais demandaram poucas etapas no processo de generalização. No entanto, é importante notar que, geralmente, as igrejas possuem uma estrutura visual mais complexa do que um orelhão e, portanto, podem possuir um maior número de representações possíveis. Este motivo exige um maior número de etapas no processo de simplificação progressiva.

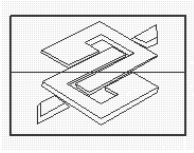
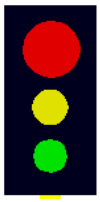
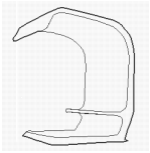
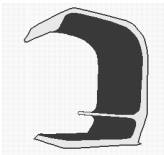
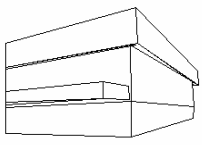
Quadro 3.16 – Símbolos com alto potencial representativo

Fotografia	Vetorizado	Verossimilhante	Vero-simplificado
Estação ferroviária			
Loja comercial			
Prefeitura			
Igreja católica			

Quadro 3.17 – Símbolos com médio potencial representativo

Fotografia	Vetorizado	Vero-simplificado
Mercado		
Mercearia		

Quadro 3.18 – Símbolos com baixo potencial representativo

Fotografia	Vetorizado	Vero-simplificado
Agência bancária		
Semáforo		
Posto de combustível		
Ponto de ônibus		
Caixa de água		
Ginásio de esportes		

Os símbolos dos logotipos da agência bancária e do posto de combustível levantados nesta pesquisa, bem como o de semáforo são representações que possuem forte associação com os referentes no mundo real, pois são vistos frequentemente por motoristas que dirigem em ambientes urbanos, e podem estar inseridos em seus mapas cognitivos.

É importante ressaltar que o resultado do processo de estilização permitiu que os símbolos diminuíssem de tamanho e permanecessem legíveis. Zelou-se ao máximo para que não perdessem suas principais características e, assim, pudessem ser associados rápida e facilmente com seus correspondentes no mundo real. Dessa forma, o processo de construção foi moroso, principalmente daqueles que apresentaram alto potencial representativo. O número de operações envolvidas em cada etapa foi alto e demandou alta habilidade e atenção do projetista em produzir uma cópia em tamanho de miniatura, a qual preserva os detalhes importantes de cada objeto.

3.3.4.3 Símbolos para representação de automóvel e seta de manobra

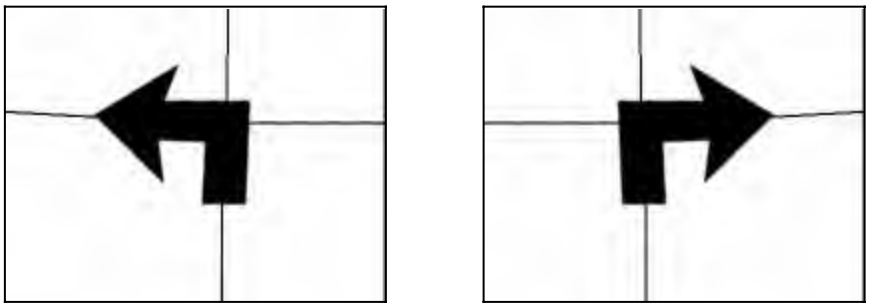
No contexto de um SNGRA, o símbolo de automóvel deve fornecer a posição do motorista no espaço em que se encontra, visto que preferem sistemas que possam informá-los de sua localização (ROSS et al., 1995). Consequentemente, sua localização fornece a relação de proximidade com a manobra, o progresso da viagem, bem como facilita a compreensão de demais elementos do contexto espacial. Além disso, presumiu-se que a forma do símbolo do automóvel é importante para indicar o sentido de deslocamento e a semelhança com o objeto e, bem como favorecer a motivação pelo uso. A partir destes critérios, estudou-se dois símbolos pictóricos e um associativo.

Dos três símbolos apresentados no Quadro 3.19, as representações de seta e de automóvel ‘visto de frente’ foram selecionadas da biblioteca de símbolos da empresa ESRI, e o símbolo de automóvel ‘visto de cima’, foi criado utilizando-se o software Corel Draw. A fim de serem recuperadas e exibidas no SNGRA, estas representações foram armazenadas em formato *True Type Font*, presente no sistema operacional Windows XP. Tais símbolos foram testados posteriormente junto a um grupo de motoristas, para selecionar o mais representativo de automóvel, e que possa indicar a localização e o sentido de deslocamento.

Quadro 3.19 – Representações para automóvel.

Símbolo	Descrição	Categoria de representação	Origem
	Seta	Associativo	Fonte: ESRI
	Automóvel 'visto de frente'	Pictórico	Fonte: ESRI
	Automóvel 'visto de cima'	Pictórico	Criado nesta pesquisa

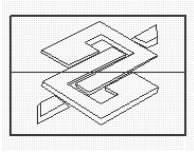
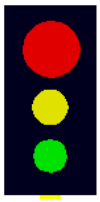
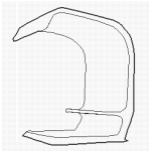
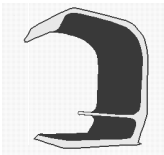
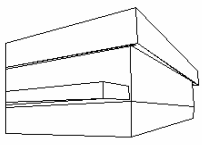
Quanto à seta de manobra, decidiu-se projetar símbolos compostos de três unidades compositivas, as quais pudessem representar diferentes elementos para auxílio à navegação. O principal deles é a própria seta que indica a direção da manobra (triângulo com ponta aguda na linha horizontal) e os outros dois elementos destacam a parte anterior (linha vertical) e a parte posterior (linha horizontal) à manobra (Figura 3.24). Desenhou-se as duas partes da seta para servir de base vertical e horizontal (DONDIS, 2003) durante a avaliação visual. No caso da seta, construiu-se as duas linhas oblíquas que se unem (em relação ao eixo horizontal) para formar um ângulo de aproximadamente 45º, a fim de produzir a indicação de direção (FRUTIGER, 2001; DONDIS, 1991).



(a) (b)

Figura 3.24 – Seta de direção de manobra para a esquerda (a) e para a direita (b).

Quadro 3.18 – Símbolos com baixo potencial representativo

Fotografia	Vetorizado	Vero-simplificado
Agência bancária		
Semáforo		
Posto de combustível		
Ponto de ônibus		
Caixa de água		
Ginásio de esportes		

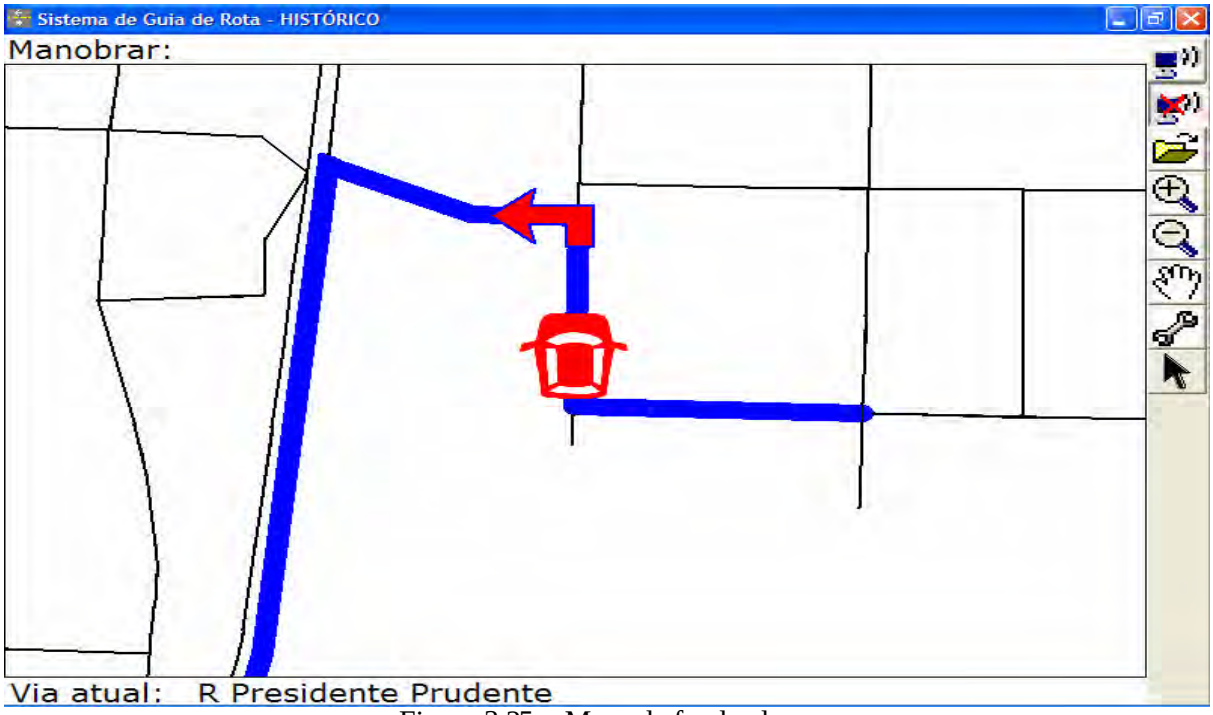


Figura 3.25 – Mapa de fundo claro.

Quanto ao mapa de fundo escuro, a combinação de cores baseou-se no estudo realizado por Sharpe (1974) apud Dent (1993) e no diagrama de sensibilidade retinal (MACEACHREN, 1995). Assim, dois mapas de fundo escuro foram criados com variação somente na cor da rota. Na primeira combinação, a cor amarela para figura apresenta contraste excelente com o fundo preto, porém quando representada sobre fundo branco não tem o mesmo efeito, pois o amarelo tem alto brilho e localiza-se próximo do branco, conforme o sólido de Munsell (SLOCUM, 1999). Além disso, o azul e o amarelo, de acordo com o esquema da percepção das cores na retina humana, são as cores que possuem maior amplitude na visão periférica e, como se trabalhou com a rota ao longo de toda extensão da tela no monitor do SNGRA, estas cores a tornariam mais visível para o usuário. Então, no caso do primeiro mapa de fundo escuro, adotou-se a cor amarela (RGB = 255,255,0) para a rota e a preta (RGB = 0,0,0) para o fundo. Além disso, empregou-se a cor vermelha (RGB = 255,0,0) para a representação de automóvel e seta, pelas mesmas razões apontadas na criação do mapa de fundo claro. O resultado do primeiro mapa de fundo escuro é apresentado na Figura 3.26. Na segunda combinação, utilizou-se a cor ciano escuro (RGB = 0,153,255) sobre o fundo preto (Figura 3.27). Criou-se esta composição para que a cor da rota do mapa de fundo escuro fosse parecida com a do mapa de fundo claro e, assim, pudesse influenciar o

mínimo possível na escolha da cor de fundo pelos entrevistados, no teste de preferência subjetiva.

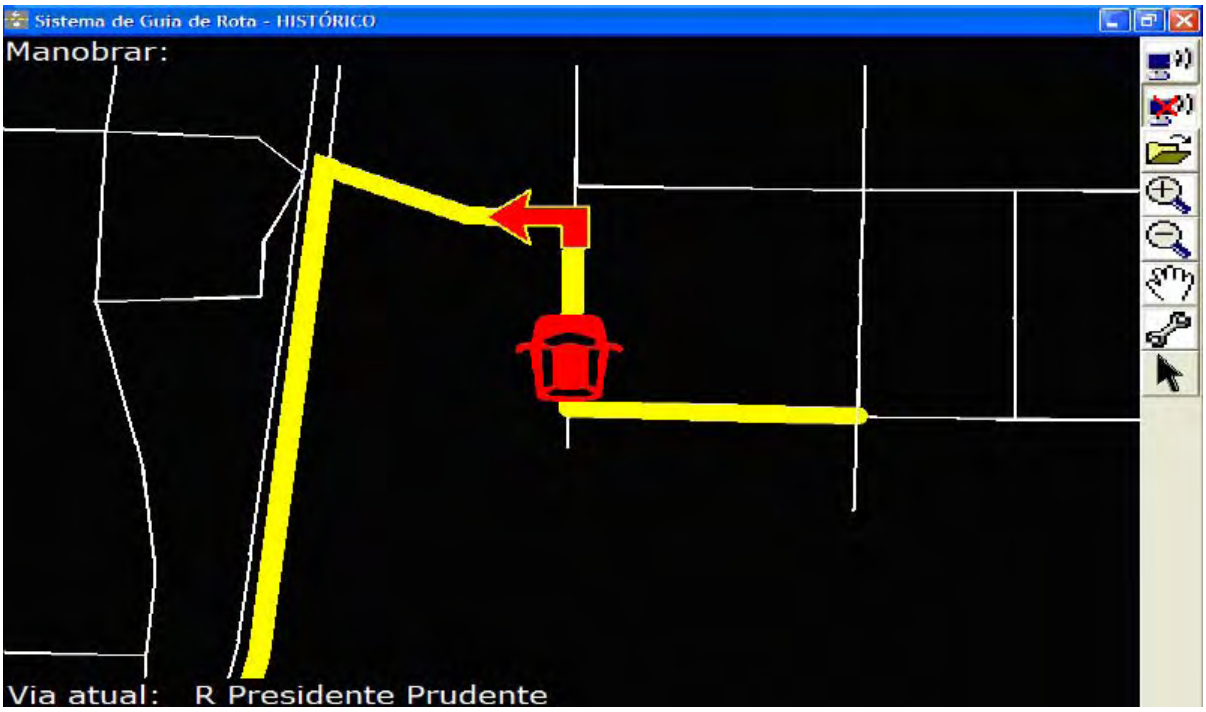


Figura 3.26 – Mapa de fundo escuro com rota em amarelo.

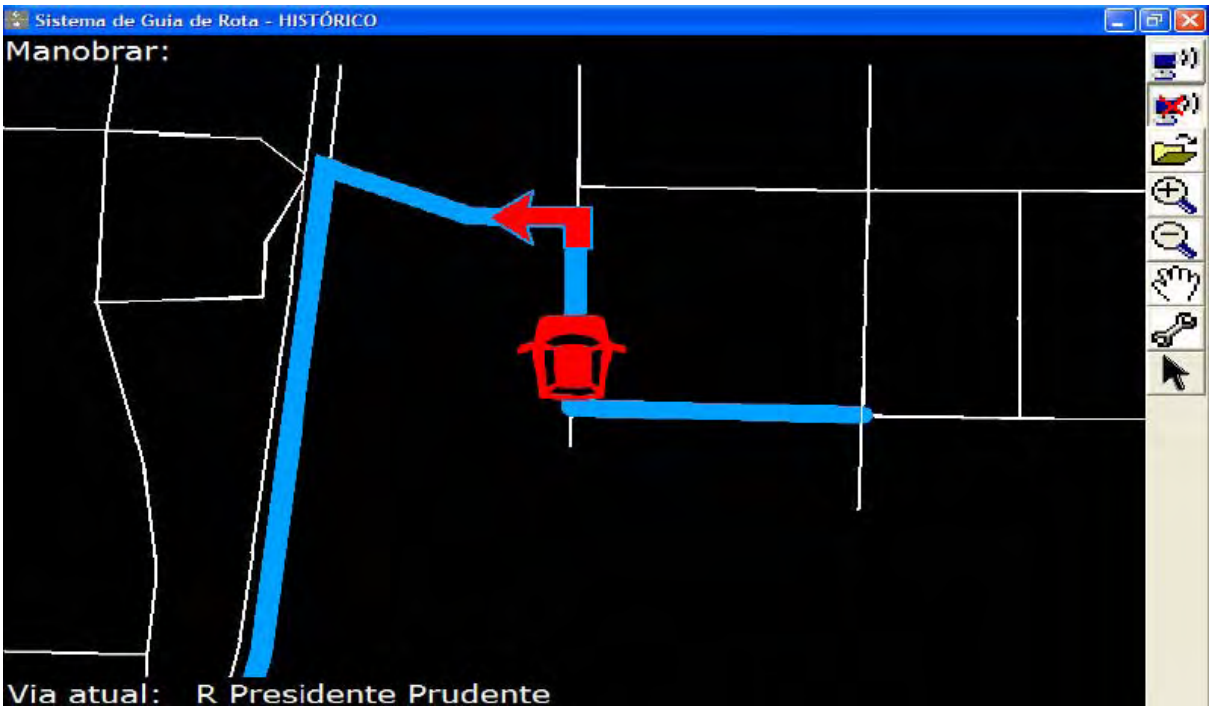


Figura 3.27 – Mapa de fundo escuro com rota em ciano escuro.

3.3.4.5 Mapas com símbolos de automóvel

Produziu-se três mapas para realizar o teste de preferência pelo símbolo de automóvel. O motivo de adicionar o símbolo no mapa considera a constatação de que a maioria dos símbolos cartográficos se distingue melhor no contexto espacial do que individualmente, pois só fazem sentido em um contexto geográfico, isto é, em termos de suas relações espaciais (GUELKE, 1979; BLOK, 1987). Os resultados da produção cartográfica são apresentados nas figuras 3.28, 3.29 e 3.30, com os símbolos de seta, automóvel 'visto de frente' e automóvel 'visto de cima', respectivamente. Decidiu-se pela combinação de cores amarelo e preto porque são levadas em consideração às sugestões de formação de figura-fundo (SHARPE, 1974 apud DENT, 1993) e o efeito de avanço e recuo da cor (MORRISON e FORREST, 1985; DENT, 1993).

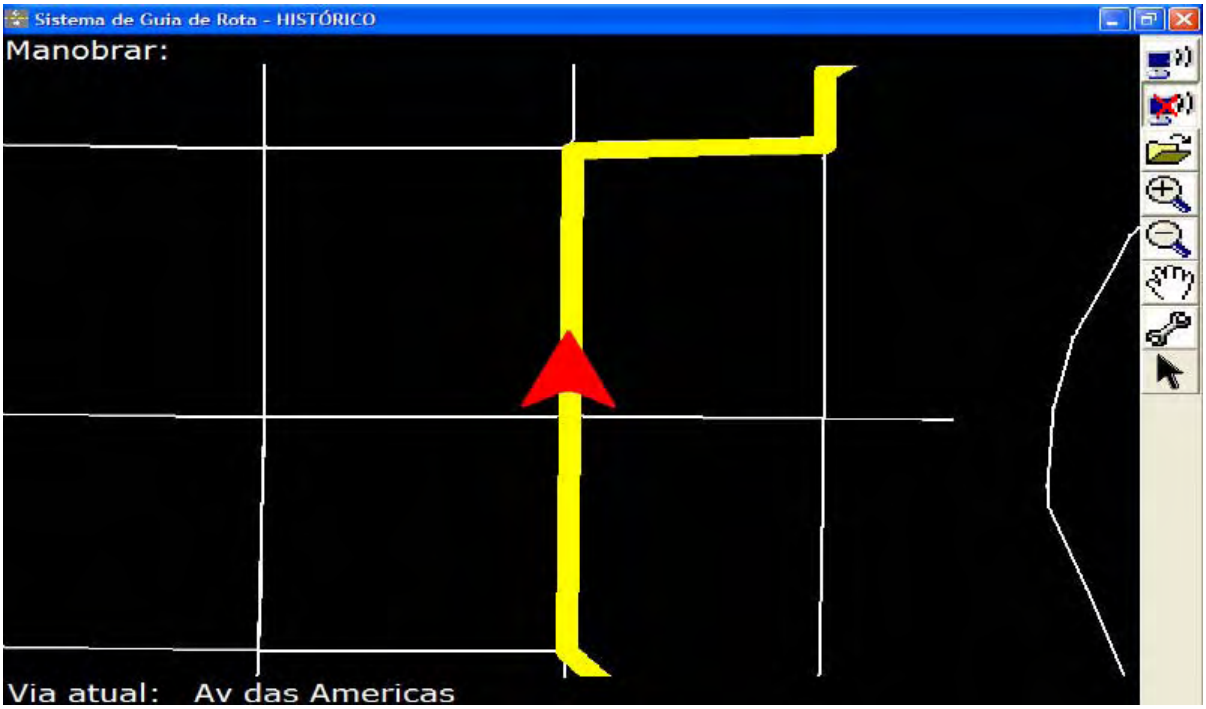


Figura 3.28 – Mapa com símbolo de seta.

Figura 3.29 – Mapa com símbolo de automóvel ‘visto de frente’.

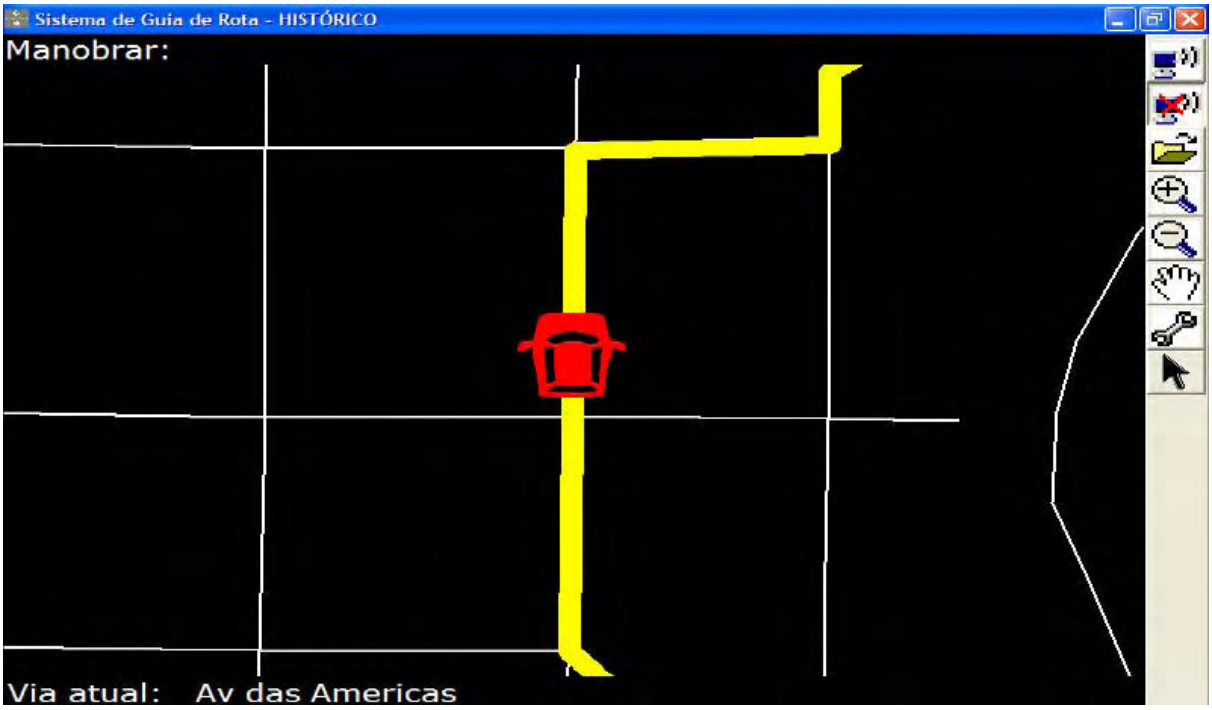


Figura 3.30 – Mapa com símbolo de automóvel visto de cima.

3.3.4.6 Teste da cor de fundo e do símbolo do automóvel

O objetivo dos testes foi determinar a cor de fundo do mapa que os motoristas preferem para um sistema de navegação, tanto durante o dia quanto a noite, bem como da preferência pelo símbolo de automóvel. Para tanto, realizou-se um total de três testes de preferências subjetivas: o primeiro tratou da preferência pela cor de fundo do mapa no período diurno, enquanto o segundo verificou a preferência pelo símbolo que representa o automóvel no mapa de um sistema de navegação em automóvel, e o terceiro verificou a preferência pela cor de fundo do mapa no período noturno.

A população considerada para a realização dos testes foi constituída de docentes de três departamentos da FCT / UNESP (Planejamento, Urbanismo e Ambiente, Física, Química e Biologia e Cartografia), devido à proximidade destas pessoas com o automóvel equipado com as tecnologias necessárias, além da disponibilidade das mesmas. Esta estratégia permitiu facilitar as entrevistas com os professores, pois o teste aconteceu dentro do automóvel sem ar condicionado, o qual estava localizado em uma via de frente ao Departamento de Cartografia, sob luz intensa do sol e clima quente.

Foi feito um levantamento na seção de Recursos Humanos da FCT / UNESP para obter o tamanho total da população. Determinou-se um total de 51, dentre os quais, o número de professores do sexo masculino foi maior que do feminino, e uma das condições do teste foi entrevistar um número igual para ambos os sexos, a fim de verificar se este fator afeta as respostas.

Para determinar o tamanho da população, outros fatores foram considerados na seleção dos professores: ter idade entre 35 e 55 anos, possuir carteira de habilitação e experiência com a direção de automóvel, estar em exercício profissional (sem afastamento), possuir experiência profissional com pesquisa e afirmar não ter disfunção na visão de cores (daltonismo). Logo, verificou-se que o tamanho da população foi de 22 professores. Contudo, algumas dificuldades obrigaram a determinar uma amostra, por causa da falta de disponibilidade das pessoas e das condições de realização do experimento (alta temperatura no interior do automóvel, o qual esteve exposto diretamente ao Sol). Assim, a partir do cálculo que determina o tamanho da amostra com 90% de confiabilidade (APÊNDICE B) obteve-se um resultado de 20,3 professores, ou seja, aproximadamente 20, com uma quantidade igual para ambos os sexos, feminino e masculino.

Preparou-se um roteiro para aplicar os testes de preferência subjetiva pela cor de fundo do mapa e pelo tipo de símbolo de automóvel (APÊNDICE C), e o experimento foi dividido em duas partes, com um grupo de 20 motoristas. A primeira teve o objetivo de levantar dados para determinar a cor de fundo de mapa preferida para um SNGRA, tanto de dia quanto de noite. A segunda pretendeu-se identificar o símbolo que melhor representa o automóvel e, consequentemente, a localização do motorista. Para tanto, elaborou-se os mapas no compilador Microsoft Visual Basic e os transferiu para o Microsoft Power Point em forma de apresentação. A resolução de vídeo do monitor de navegação, utilizada tanto na captura das telas quanto na apresentação, foi de 800 x 600 pontos.

1. Teste diurno para seleção da cor de fundo.

Realizou-se o teste diurno de preferência pela cor de fundo do mapa dentro do automóvel, o qual esteve estacionado em frente ao Departamento de Cartografia da FCT - UNESP. Desta forma, testou-se as combinações de figura-fundo durante o dia em duas etapas. Na primeira pesquisou-se a preferência pela cor de fundo entre os mapas de fundo claro e fundo escuro das figuras 3.25 e 3.27. Na segunda etapa, do mesmo modo que na primeira, pesquisou-se a preferência pela cor de fundo entre os mapas de fundo claro e de fundo escuro das figuras 3.25 e 3.26.

Um total de 10 motoristas (5 homens e 5 mulheres) participou de cada uma das duas etapas e o resultado final foi a participação dos 20 motoristas. Os horários dos testes aconteceram entre 10:00 e 16:00 horas do mês de maio. A frente do automóvel esteve voltada para o Sol, com a incidência de luz no pára-brisa (Figura 3.31-a). Instalou-se o monitor na parte central e superior do painel do automóvel, direcionando-o à face do motorista, em um ângulo menor que 30º, entre o centro da via e o centro do monitor, para que não precisasse girar a cabeça (Figura 3.31-b). O *notebook* permaneceu sobre o banco traseiro (Figura 3.32-a) conectado por meio de cabos VGA e USB, para reproduzir a imagem no monitor de navegação e habilitar a ferramenta de toque na tela (Figura 3.32-b). O roteiro do teste diurno foi igual para as duas etapas. Algumas pessoas foram entrevistadas em dias diferentes conforme suas disponibilidades, entretanto as condições do teste foram iguais.

(a) (b)

Figura 3.31 – Configuração do ambiente de teste.

(a) (b)

Figura 3.32 – Conexão entre o *notebook* e o monitor de navegação.

O motorista foi convidado a entrar no automóvel, sentar-se, regular o banco e posicionar-se como se estivesse preparado para dirigir. Em seguida, fez-se uma breve explanação sobre sistemas de navegação e do contexto da pesquisa. Depois, fez-se a pergunta "Qual cor (BRANCO ou PRETO) você julga ser melhor para representar o fundo de um sistema de navegação em automóvel?". Apresentou-se o mapa de fundo claro e o mapa de fundo escuro, durante o tempo aproximado de 5 segundos cada. No entanto, alguns motoristas pediram para voltar a apresentação. Depois de fornecer sua opção, fez-se a pergunta "Por quê?" e os dados foram anotados no roteiro.

2. Teste para seleção do símbolo de automóvel.

Em seguida do teste de preferência pela cor de fundo durante o dia, realizou-se o teste de preferência pelo símbolo que melhor representa o automóvel, no contexto de um SNGRA. A escolha foi realizada somente com o fundo preto. Por conseguinte, fez-se outra questão: "Qual símbolo você julga ser melhor para a representação do automóvel em um Sistema de Navegação em Automóvel?". Apresentou-se os mapas das figuras 3.28, 3.29 e 3.30, durante um tempo aproximado de 5 segundos cada. Depois que o motorista fez sua opção, perguntou-se "Por quê?", e os dados foram anotados no roteiro (APÊNDICE C).

3. Teste noturno para seleção da cor de fundo.

O teste de preferência pela cor de fundo a noite teve o objetivo de verificar se os motoristas preferem mapa com fundo escuro ou fundo claro para navegação noturna. Optou-se somente pelos mapas da Figura 3.25 e Figura 3.26, pois além de apresentar boa combinação de cores na formação de figura-fundo (SHARPE, 1974 apud DENT, 1993), houve dificuldade quanto à disponibilidade das pessoas em realizar o teste noturno e, por isto, o número de voluntários foi reduzido. Outra razão esteve relacionada com a complexidade de conduzir o automóvel equipado com as tecnologias até a casa do participante. Logo, entrevistou-se um total de 10 motoristas (6 homens e 4 mulheres).

Procurou-se locais escuros, geralmente em baixo de árvores, para que a iluminação artificial das lâmpadas dos postes não incidisse diretamente no pára-brisa do automóvel. O veículo permaneceu estacionado com os faróis acesos, a fim de criar um cenário próximo do real. Logo, utilizou-se o mesmo procedimento aplicado no teste diurno.

3.3.4.6.1 Resultados dos testes

Quanto ao teste diurno, o resultado da primeira etapa apontou 85% de preferência pelo fundo claro e 15% pelo fundo escuro. Dos dez motoristas entrevistados, oito declararam preferência pelo fundo claro, um preferiu o fundo escuro e outro apontou sua preferência para ambos, enquanto que na segunda parte do teste diurno, 90% dos participantes declararam sua preferência pelo fundo claro, enquanto 10% pelo fundo escuro. Estes resultados apontam que a maioria dos motoristas prefere mapa com fundo claro para

navegação diurna, uma vez que apresenta alto contraste entre os elementos que representam a figura (tema e base cartográfica) e o fundo. Além disso, é importante ressaltar que a cor de fundo preta, com rota tanto na cor amarela quanto ciano pareceu não influenciar as respostas da preferência pelo fundo branco com rota azul. Por outro lado, os resultados do teste noturno apontaram 100% de preferência para o fundo preto (Tabela 3.2). À noite, sem a presença de luz intensa, a pupila se apresenta contraída, e o excesso de luz do monitor com mapa de fundo claro se torna bastante sensível à visão, parecendo incomodar os motoristas.

Tabela 3.2 – Percentual sobre as preferências pelos mapas de fundo claro e escuro.

Teste	**Fundo branco (%)**	**Fundo preto (%)**
Diurno – 1ª etapa	85,0	15,0
Diurno – 2ª etapa	90,0	10,0
Diurno (media: 1ª e 2ª)	87,5	12,5
Noturno	0,0	100,0

Quanto ao fator sexo, pode-se verificar que o mesmo não apresentou influência na preferência pelo fundo claro durante o dia (Tabela 3.3). Da mesma maneira o fator sexo não apresentou influência na preferência pelo fundo preto à noite.

Tabela 3.3 – Relação das preferências subjetivas com o fator sexo.

Teste	**Fundo branco**	**Fundo branco**	**Fundo preto**	**Fundo preto**
	Homens (%)	**Mulheres (%)**	**Homens (%)**	**Mulheres (%)**
Diurno – 1ª etapa	70,0	100,0	30,0	0,0
Diurno – 2ª etapa	100,0	80,0	0,0	20,0
Diurno (media: 1ª e 2ª)	85,0	90,0	15,0	10,0
Noturno	0,0	0,0	100,0	100,0

Com relação às preferências pelas cores de fundo oferecidas nos testes diurno e noturno, o Quadro 3.20 apresenta as razões declaradas pelos motoristas. As respostas para os testes diurnos, divididos em duas etapas (primeira e segunda), foram agrupadas na terceira linha do quadro, por apresentar fortes semelhanças. De acordo com estas respostas, durante o dia, o mapa com fundo preto parece funcionar como um espelho, pois os objetos presentes no interior do automóvel são vistos através do monitor. Além disso, os motoristas declararam que o conjunto de elementos de informação do mapa apresentou baixo contraste

com o fundo escuro, fator que favoreceu o cansaço visual durante a busca pelos elementos de interesse. Por outro lado, o mapa com fundo claro permitiu compreender as informações cartográficas, por causa do efeito de contraste produzido entre os elementos de figura (tema e base cartográfica) com o fundo branco.

Quadro 3.20 – Comentários sobre as preferências subjetivas para os mapas de fundo claro e escuro.

Mapa	**Comentários**
1) Fundo: branco **Via: preto** **Rota: azul**	Favoráveis: • Destaca o automóvel e a seta na cor vermelha, bem como a rota azul; • Tela branca apresenta menos reflexo; • Maior legibilidade e visibilidade – maior percepção de informação; • Agradável aos olhos - sensação de menor cansaço visual; • Maior contraste visual entre os elementos - destaca bem as cores; • Destaca melhor o fundo - sensação de ampliação do campo visual; • Facilidade e rapidez na localização da informação. Desfavoráveis: • A cor azul da rota pode ser associada com rios.
1) Fundo: preto **Via: branco** **Rota: amarelo** **2) Fundo: preto** **Via: branco** **Rota: ciano escuro**	Favoráveis: • O veículo, a rota e a malha viária se destacam melhor com o fundo escuro; • O fundo preto combina com a cor do painel escuro do automóvel. Desfavoráveis: • A tela parece um espelho, reflete luz na face; • O automóvel em vermelho mais ficou escuro e apresentou baixo contraste com o fundo preto; • Sensação de maior cansaço visual.

Quanto às preferências subjetivas para o símbolo de automóvel, os resultados indicam 70,00% de preferência para o automóvel ‘visto de cima’, 20,00% para a seta e 10,00% para o automóvel ‘visto de frente’, conforme apresenta o gráfico da Figura 3.33. Os motivos das preferências foram sintetizados e são mostrados no Quadro 3.21.

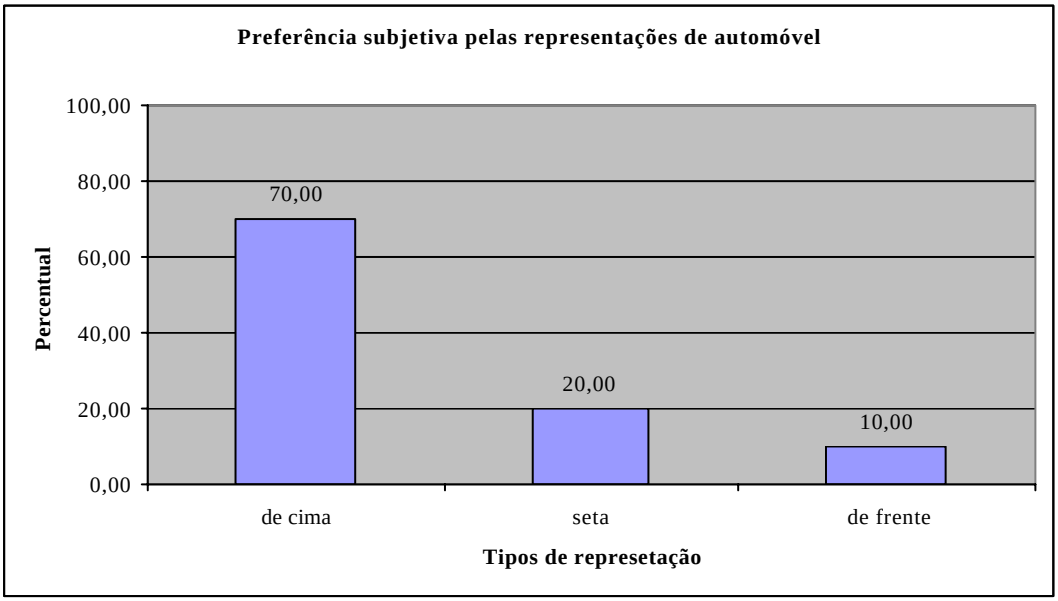


Figura 3.33 – Preferência sobre os símbolos sugeridos para automóvel.

Quadro 3.21 - Comentários das preferências subjetivas para as diferentes representações de automóvel.

Símbolo	**Comentários**
Visto de cima	Positivos: • Maior semelhança com um automóvel por causa dos detalhes; • Indica o sentido do deslocamento por meio dos retrovisores; • Facilidade de associar sua localização porque o automóvel e a via são vistos de cima; Negativos: • Exige maior atenção do motorista para compreender a direção de deslocamento.
Seta	Positivos: • Rapidez e facilidade na localização do automóvel e na compreensão do sentido de deslocamento; • Apresenta maior simplicidade; • Menor quantidade de elementos de distração; Negativos: (nenhum comentário foi feito)
Visto de frente	Positivos: • Facilidade de associação, como é visto de dentro de um automóvel. Negativos: • Sensação de o automóvel vir de encontro ao motorista. • Não indica a direção do deslocamento.

Logo, pode-se considerar que o símbolo de seta é mais simples que os demais, porém poderia apresentar sentido dúbio caso houvesse uma seta de indicação de manobra (como apresentado na Figura 3.25), a qual é utilizada na representação do Mapa

Visual Dinâmico proposto nesta pesquisa. Por outro lado, o símbolo de automóvel 'visto de frente' apresentou vantagem no fator representatividade como é visto no trânsito, de dentro de um automóvel, porém não indica a direção do deslocamento. Neste caso, pelo fato de ser visto de frente, pode criar a sensação de deslocamento ortogonal, como se estivesse indo em direção ao motorista.

O símbolo de automóvel 'visto de cima' possui a vantagem de representar a direção do deslocamento do veículo porque é composto de elementos que representam as diversas partes de um automóvel convencional. Neste caso, a representação ortogonal do símbolo coincide com a do mapa (Figura 3.30), embora sua forma seja mais complexa que a da seta, o símbolo apresenta "boa Gestalt", ou seja, boa simplicidade e, portanto, boa pregnância da forma. Sendo assim, a leitura visual da forma (GRANHA, 2002; GOMES, FILHO, 2002; DONDIS, 2003) do símbolo do automóvel 'visto de cima' pode ser caracterizada a partir dos seguintes conceitos:

- Unidade: as partes do automóvel se encerram em si mesmas;
- Segregação: é possível segregar os diversos componentes do objeto em suas partes: capô dianteiro, vidros (laterais, superior e inferior), porta-malas (inferior), teto (superior) e retrovisores (laterais);
- Unificação: possui equilíbrio vertical simétrico com peso visual contrabalançado e distribuído de maneira homogênea;
- Fechamento sensorial: a continuidade formada pela parte inferior e a superior, bem como a parte central produz o fechamento necessário;
- Pregnância da forma: possui harmonia e equilíbrio visual produzidos pela organização da forma.

Em função das respostas fornecidas pelos participantes classificou-se cada símbolo em função de grau de **percepção de deslocamento** e **de mimetismo** (Quadro 3.22).

Quadro 3.22 – Classificação das representações dos símbolos testados.

Símbolo	Descrição	Deslocamento	Mimetismo
	Seta	Alto	Nenhum
	Automóvel ‘visto de frente’	Nenhum	Médio
	Automóvel ‘visto de cima’	Alto	Alto

3.4 Implementação do SNGRA e produção do Mapa Visual Dinâmico e Esquema de seta

Esta seção descreve os elementos fundamentais da implementação do SNGRA, bem como da produção do Mapa Visual Dinâmico e do Esquema de Seta, para orientação de manobras e manutenção nos trechos de rota:

1) Aperfeiçoamento da interface visual básica do Mapa Visual Dinâmico, para uso em “tempo real” e durante o dia;
2) Criação do som de *beep*, para alertar o motorista da proximidade com a manobra a ser realizada;
3) Determinação da distância adequada para disparar o som de *beep*, antes do início da operação de manobra;
4) Determinação de representações cartográficas para auxílio à navegação;
5) Produção do Mapa Visual Dinâmico, com a combinação de diferentes tipos de representação cartográfica:
   a) Para informar a direção da manobra;
   b) Para auxiliar a manutenção nos trechos de rota;
6) Produção do Esquema de seta:
   a) Para informar a direção da manobra;
   b) Para auxiliar a manutenção nos trechos de rota.

Os tipos de representação cartográfica que informam direção de manobra simples e manobra complexa, presentes na modalidade Mapa e Esquema de Seta, são precedidos do som de *beep*. Enquanto o *beep* tem a função de informar ao motorista que uma manobra está próxima de ser realizada e que o monitor deve ser consultado, as representações têm a finalidade de auxiliar na compreensão do tipo e da forma da manobra que deverá ser realizada.

3.4.1 Aperfeiçoamento da interface visual básica do Mapa Visual Dinâmico

No processo de aperfeiçoamento da interface visual básica, considerou-se o contraste de valor, o contraste de cor, o processo de leitura da informação visual no ocidente (da esquerda para a direita), bem como o diagrama de sensibilidade retinal (DENT, 1993; MACEACHREN, 1995; FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003).

Desenvolveu-se a interface visual básica do Mapa Visual Dinâmico do SNGRA no compilador Microsoft Visual Basic (Figura 3.34). Quanto à barra de título (tarja superior e horizontal), empregou-se o esquema de cor cinza dégradé, disponível nas propriedades de vídeo do sistema operacional Windows XP. Este efeito dégradé é resultante da aplicação de uma série de linhas horizontais na cor cinza, as quais variam de cinza escuro (RGB = 178,178,178) até o branco (RGB = 255,255,255), de cima para baixo, respectivamente. Pretendeu-se utilizar uma cor que não sobressaísse à informação cartográfica e, tentasse favorecer um processo de atenção seletiva somente para as representações do mapa, durante a navegação. Pelo mesmo motivo, o texto que informa o nome da via em que o automóvel se encontra permaneceu na cor cinza (RGB = 227,227,227) e a barra de ferramentas (botões) também (RGB = 231,231,214). O nome da via em que o automóvel se encontra permaneceu no canto inferior esquerdo para minimizar possíveis interferências na leitura do mapa.

Quanto à barra de ferramentas, no momento em que é realizada a conexão com o GPS (primeiro ícone), ou a simulação de uma rota percorrida (segundo ícone), a barra desaparece e é substituída por um pequeno botão na cor cinza, o qual permanece localizado no canto superior direito e abaixo do ícone geral de encerramento da aplicação (Figura 3.35).

Sendo assim, a interface contou com uma quantidade mínima de elementos e com cores que recuam aos olhos, para favorecer a leitura da informação cartográfica.

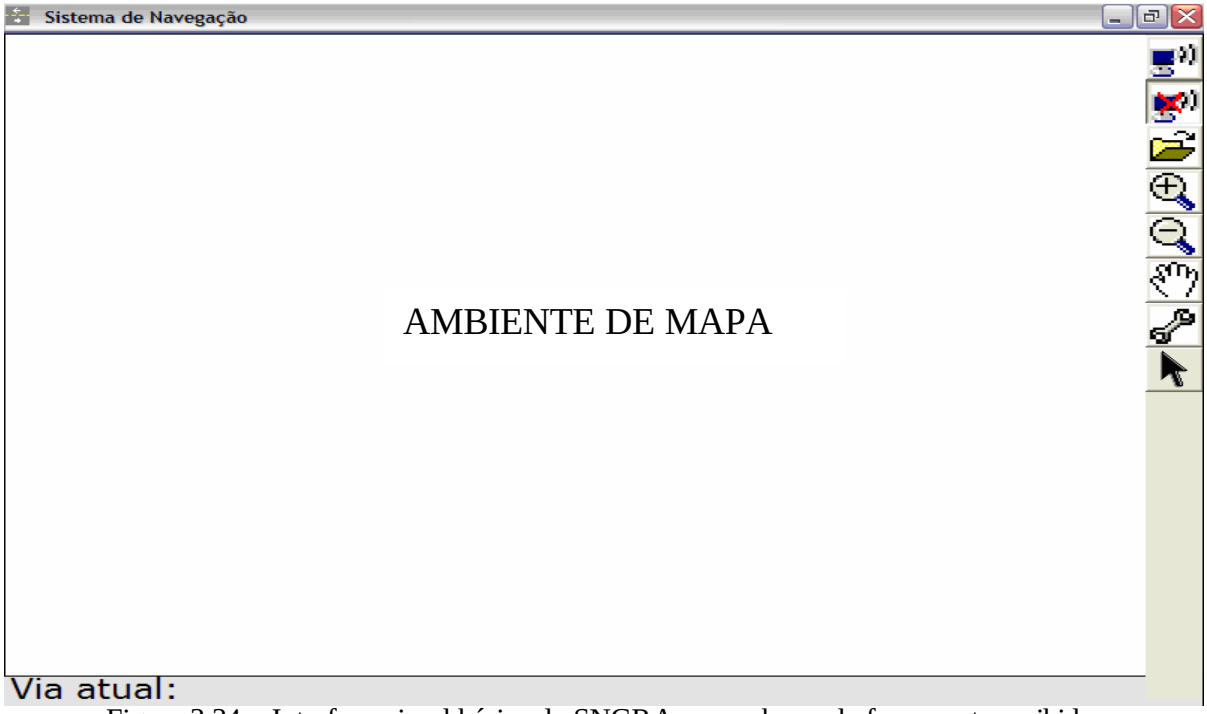


Figura 3.34 – Interface visual básica do SNGRA com a barra de ferramentas exibida.

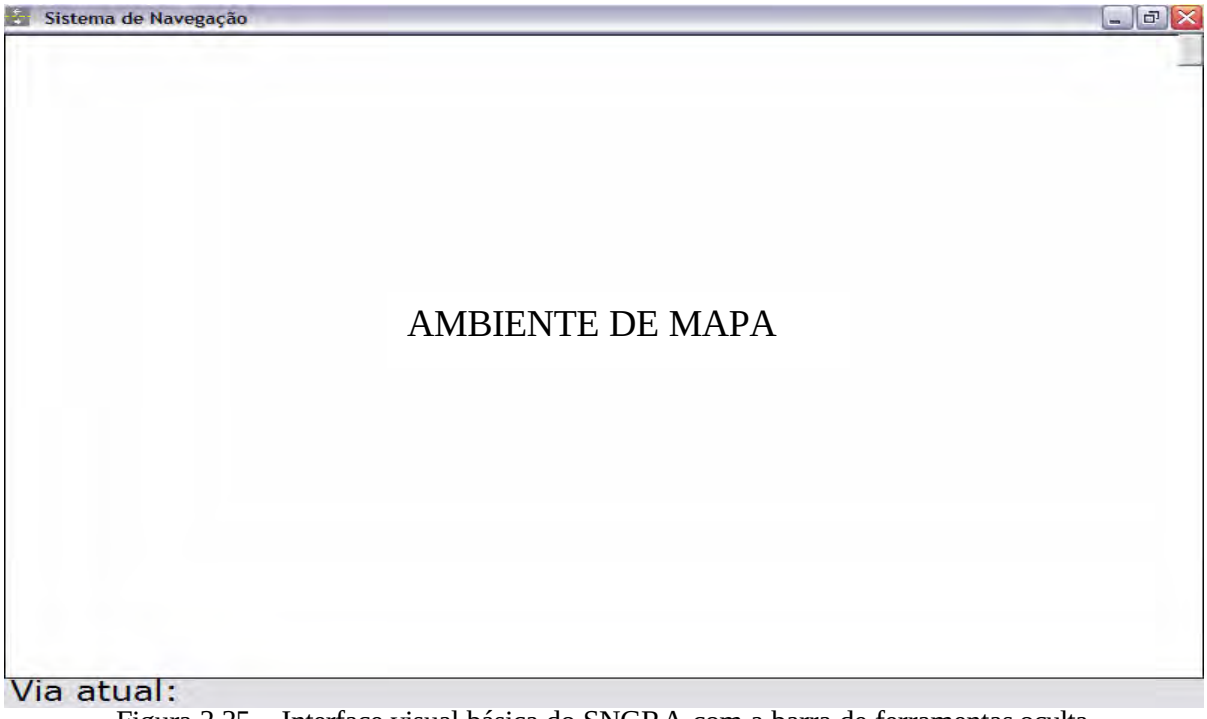


Figura 3.35 – Interface visual básica do SNGRA com a barra de ferramentas oculta.

3.4.2 Criação do som de *beep* para interface áudio-dinâmica

O som de *beep* foi composto de três partes: a primeira e a terceira são iguais, enquanto a segunda representa um rápido silêncio, equivalente ao intervalo de mudança entre um ruído e outro. Criou-se o *beep* no software Windows Movie Maker e o editou no módulo Sound Editor do programa Roxio Easy CD Creator. A Figura 3.36 apresenta um gráfico com as características da onda ao longo do tempo, a qual foi construída com a definição das variáveis de duração, intervalo de mudança e freqüência. O som foi composto de dois ruídos (freqüência) com duração de 0,17 segundos cada (primeira e terceira partes) e, um intervalo de mudança de 0,125 segundos entre um e outro (segunda parte). Para cada manobra, o som de *beep* deve ser reproduzido somente uma vez, para informar a aproximação de uma manobra.

Figura 3.36 – Representação da estrutura do sinal do *beep* criado. Exibido no Sound Editor do Roxio Easy CD Creator.

Por conseguinte, determinou-se uma variável áudio-dinâmica denominada, nesta pesquisa, momento de disparo, a qual foi aplicada às manobras, ao longo da rota de estudo, para reproduzir o som de *beep*. Ainda, vale ressaltar que a atribuição de valores às variáveis de momento de exibição e momento de disparo é realizada em função da distância adequada para realizar a tarefa tática, descrita a seguir.

3.4.3 Determinação da distância para informar proximidade de manobra

O processo de cálculo da distância para disparar o som de *beep* levou em consideração a velocidade média permitida na rota selecionada, bem como o fluxo de veículos e pedestres na via, além da presença de quebra-molas e valetas. Em quase todos os trechos da rota, a velocidade máxima permitida é de 40 km/h. O intervalo entre o momento de disparo do *beep* e o início da operação de manobra foi denominado de tarefa tática. Para garantir segurança no trânsito, em um primeiro momento, pensou-se na duração de 8 segundos para a realização desta tarefa. Assim, o motorista avançaria aproximadamente 89 metros. Contudo, a preparação para mudança de direção o faz reduzir progressivamente sua velocidade, fator que aumenta o tempo até chegar na manobra. Logo, considerou-se adequada a distância de 100 metros antes da manobra para que o sistema pudesse alertar o motorista. Sendo assim, determinou-se o momento de disparo do *beep* da seguinte maneira:

- Modalidade Mapa: decidiu-se as seguintes distâncias para informar a proximidade de manobras:
  - 100 metros de distância antes da manobra para trechos maiores ou iguais a 100 metros e;
  - 20 metros de distância depois da última manobra para trechos menores que 100 metros e maiores que 30.
- Modalidade Esquema de Seta: utilizou-se o mesmo critério para o Mapa. Além disso, se o automóvel estiver a uma distância menor ou igual a 100 metros, antes da manobra, o som de *beep* será reproduzido caso não haja uma via cruzando a rota, considerando-se as características específicas desta rota.

3.4.4 Representações cartográficas para auxílio à navegação

Definiu-se um conjunto de símbolos cartográficos, dentre os quais rota, PR (ponto de referência), seta (estática) e seta cintilante para o Mapa Visual Dinâmico do SNGRA. Para a modalidade Esquema de Seta, criou-se um único tipo de representação de

seta. Ambas as representações de seta (para Mapa e Esquema de Seta) preservam a característica de cada manobra, conforme apresentado na seção que tratou da criação do símbolo de seta de manobra. Estas representações para auxílio à navegação foram determinadas em função do tipo de tarefa a ser realizada durante a viagem (manobra ou manutenção nos trechos da rota), bem como do tipo de manobra (simples ou complexa):

- Manutenção no trecho de rota:
  - Rota;
  - Rota + PR;
- Manobra simples:
  - Rota, para trecho de rota regular;
  - Rota, para trecho de rota irregular;
  - Rota + seta (estática);
  - Rota + seta cintilante;
  - Rota + PR;
  - Rota + seta + PR;
- Manobra complexa:
  - Rota + seta;
  - Rota + seta + PR.

3.4.5 Produção do Mapa Visual Dinâmico

Utilizou-se o compilador Microsoft Visual Basic para desenvolver o SNGRA, o qual foi composto da interface visual básica, do Mapa Visual Dinâmico, bem como das funcionalidades de navegação e guia de rota (APÊNDICE D). Realizou-se a produção cartográfica com base nos princípios e técnicas de agrupamento perceptivo e segregação de figura e fundo (ROBINSON et al 1984; SHARPE, 1974 apud DENT, 1993; FORREST e CASTNER, 1985; DENT, 1993; MACEACHREN, 1994; MACEACHREN, 1995; SLOCUM, 1999; FRUTIGER, 2001; GOMES FILHO, 2002; GRANHA, 2002; DONDIS, 2003), na estrutura do diagrama de sensibilidade retinal para a escolha das cores (WADE e SWANSTON, 1991 apud MacEachren, 1995) e nos processos de atenção seletiva para determinação de tarefas de busca visual paralela e serial (MACEACHREN, 1995;

PASHLER, 1999). Além disso, aplicou-se efeitos de cintilação em símbolos cartográficos de seta de manobra (MACEACHREN, 1995).

Padronizou-se as cores das representações de automóvel, rota e eixo viário. Assim, o símbolo de automóvel permaneceu na cor vermelha (RGB = 255,0,0), a fim de avançar aos olhos e ser percebido fácil e rapidamente para informar a localização do motorista na via. Aplicou-se a cor preta para a rota porque apresenta alto contraste com o fundo branco. Consequentemente, o conjunto de vias em preto poderia facilitar a formação de grupo com a rota.

Quanto à representação dinâmica do símbolo de automóvel, utilizou-se a variável dinâmica de duração (DIBIASI et al., 1992 apud MACEACHREN, 1995), com tempo de um segundo para atualizar sua posição no mapa, porque depende da recepção dos dados do GPS. Durante a navegação, o Mapa Visual Dinâmico apresenta uma série de quadros de mapa (*"frames"*) (cada quadro com um segundo de duração), os quais são levemente percebidos, visualmente, quando o automóvel se desloca no mundo real.

Os mapas apresentados nesta seção são utilizados nas análises de demanda visual para avaliar parte da comunicação cartográfica. Além destes, um conjunto completo de representações cartográficas isoladas[21], ao longo da rota, é destacado no APÊNDICE E.

3.4.5.1 Representações cartográficas para informar direção de manobra

Fez-se uma distinção entre os tipos de trecho de rota que compreendem o local em que ocorre o disparo do *beep* e o cruzamento que representa a manobra. Sendo assim, foram denominados de trecho de rota regular e trecho de rota irregular. Considerando-se as representações determinadas anteriormente, para auxílio à manutenção nos trechos de rota e orientação de manobras, criou-se a representação cartográfica de **rota** em manobra simples, para trecho regular (Figura 3.37) e trecho irregular (Figura 3.38).

[21] O termo representações cartográficas isoladas quer dizer que somente um quadro de mapa para cada trecho de rota foi capturado, para representar uma idéia básica da informação exibida ao motorista.

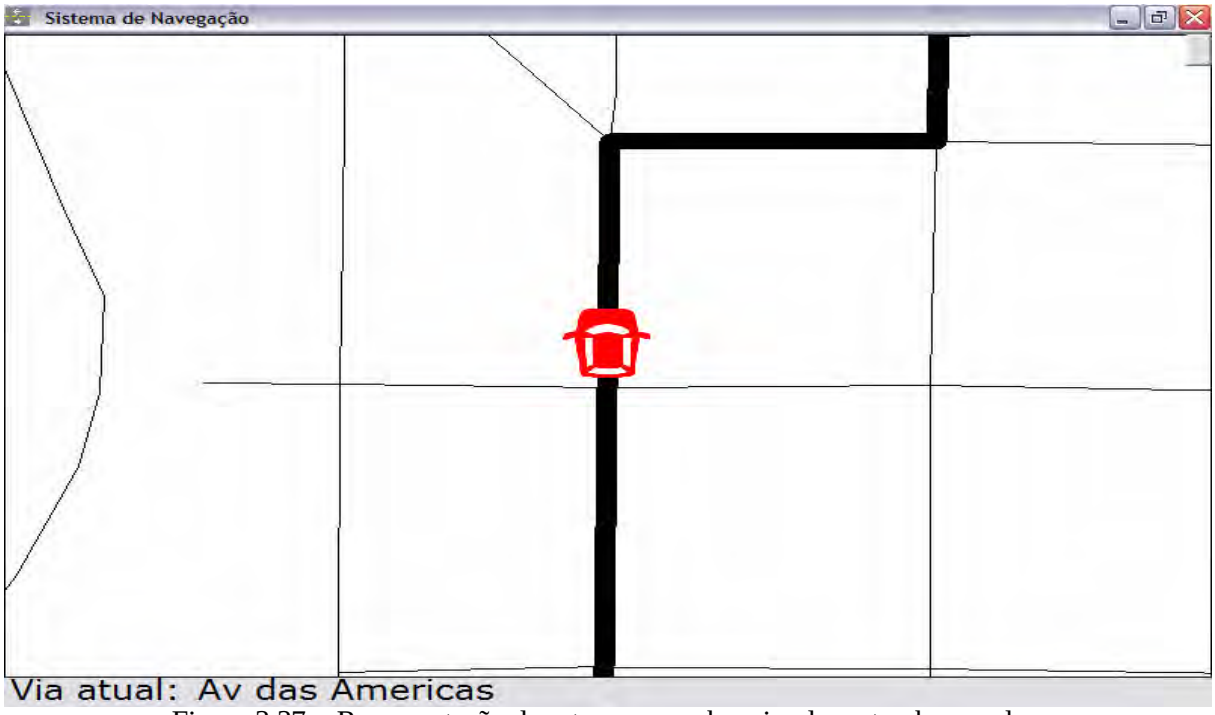


Figura 3.37 – Representação de rota em manobra simples e trecho regular.

Figura 3.38 – Representação de rota em manobra simples e trecho irregular.

Quanto à representação de **rota + seta**, aplicou-se um contorno preto na seta para aumentar o contraste com o fundo branco e preservar a continuidade da rota. A Figura

3.39 apresenta um mapa de **rota + seta** em manobra simples, enquanto a Figura 3.40 mostra um mapa de **rota + seta** em manobra complexa.

Figura 3.39 – Representação de rota + seta em manobra simples.

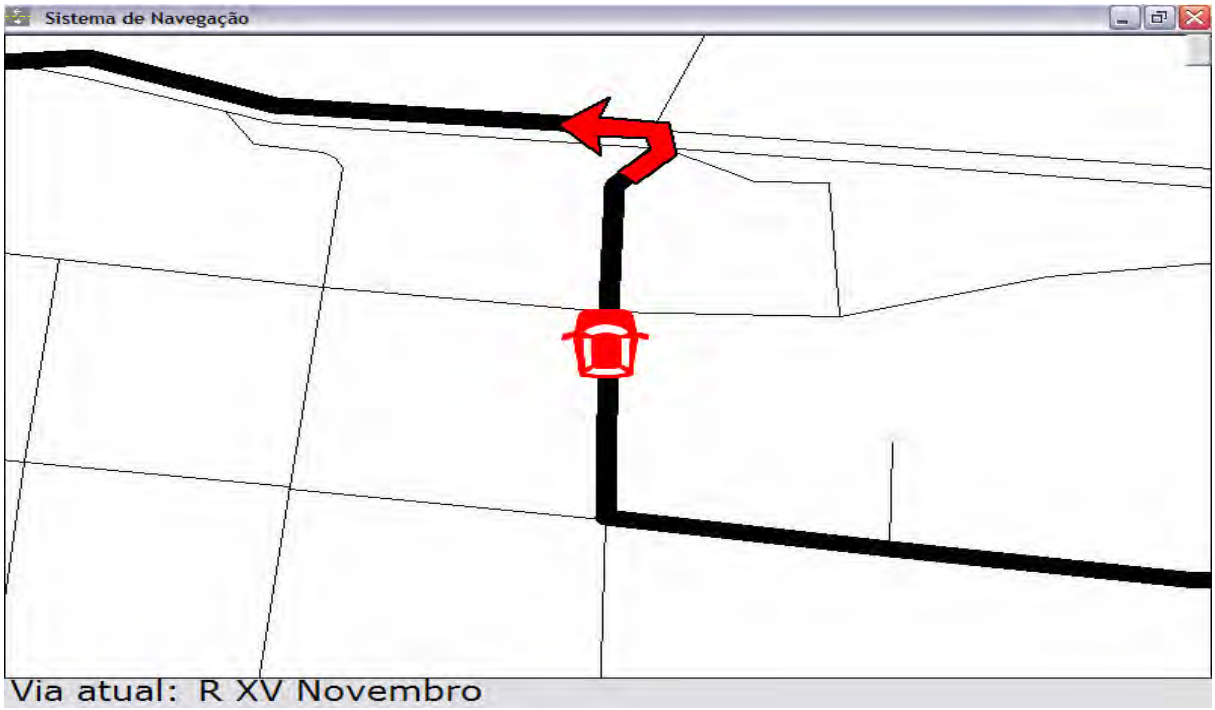


Figura 3.40 – Representação de rota + seta em manobra complexa.

Para a representação de **rota + seta cintilante**, aplicou-se a variável dinâmica de duração ao símbolo de seta para criar o efeito de cintilação (mudança repetida entre dois estados, tal como ligado e desligado). O valor da duração foi de meio segundo para manter a seta exibida e meio segundo para mantê-la oculta. Consequentemente, o resultado é um efeito de cintilação na seta, compreendido como a presença (Figura 3.41) e a ausência (Figura 3.42), em uma mesma representação de mapa.

Quanto à representação de **rota + PR** (ponto de referência), o tamanho de cada símbolo esteve relacionado diretamente com sua legibilidade e a facilidade de associação com o referente no mundo real, durante a navegação diurna. Além disso, traçou-se um contorno de cor cinza (RGB = 64,64,64) ao redor de cada ponto, para auxiliar a formação de figura (Figura 3.43), segregando-a de seu fundo branco. A representação de **rota + seta + PR** apresenta as mesmas características dos símbolos cartográficos de seta e de PR mostrados anteriormente (manobra simples: Figura 3.44 e manobra complexa: Figura 3.45).

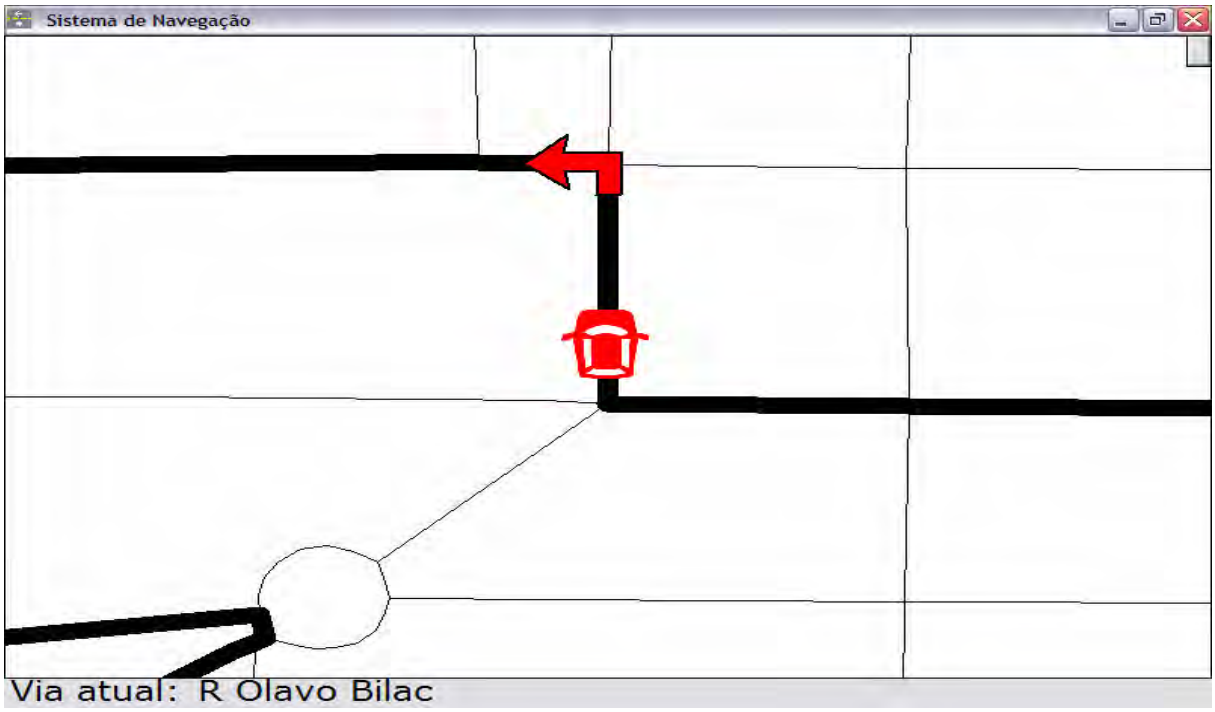


Figura 3.41 – Representação de rota + seta cintilante (ligada) em manobra simples.

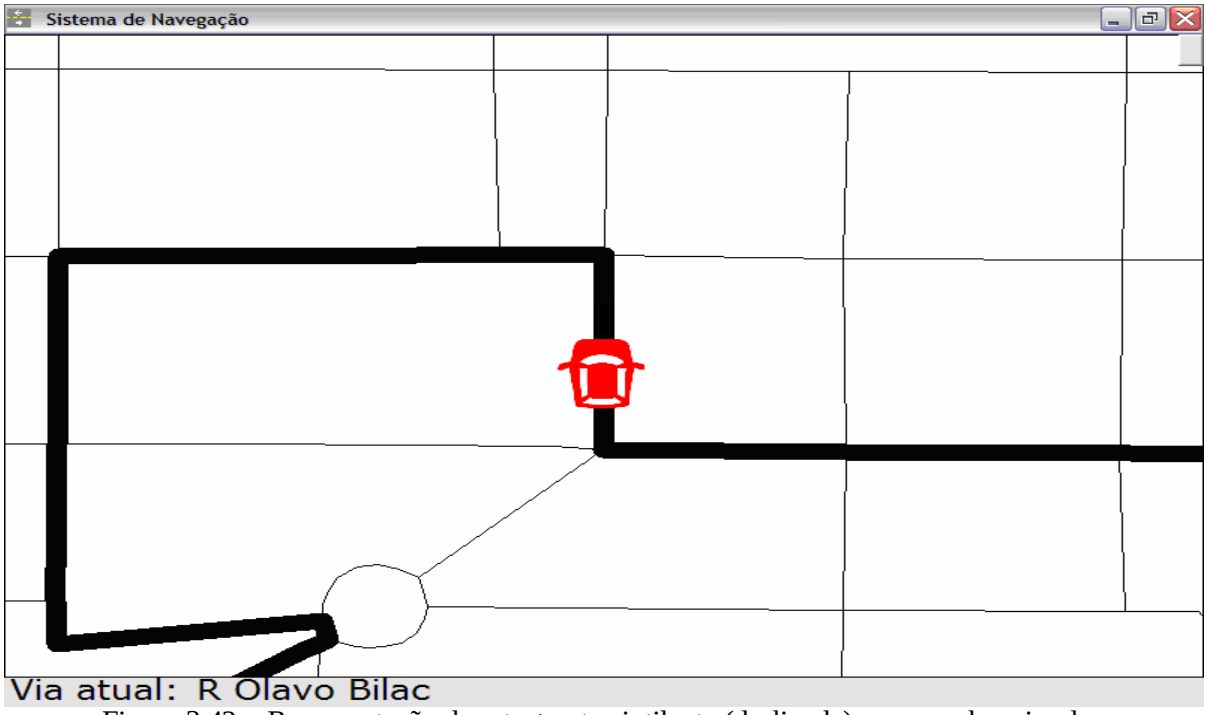


Figura 3.42 – Representação de rota + seta cintilante (desligada) em manobra simples.

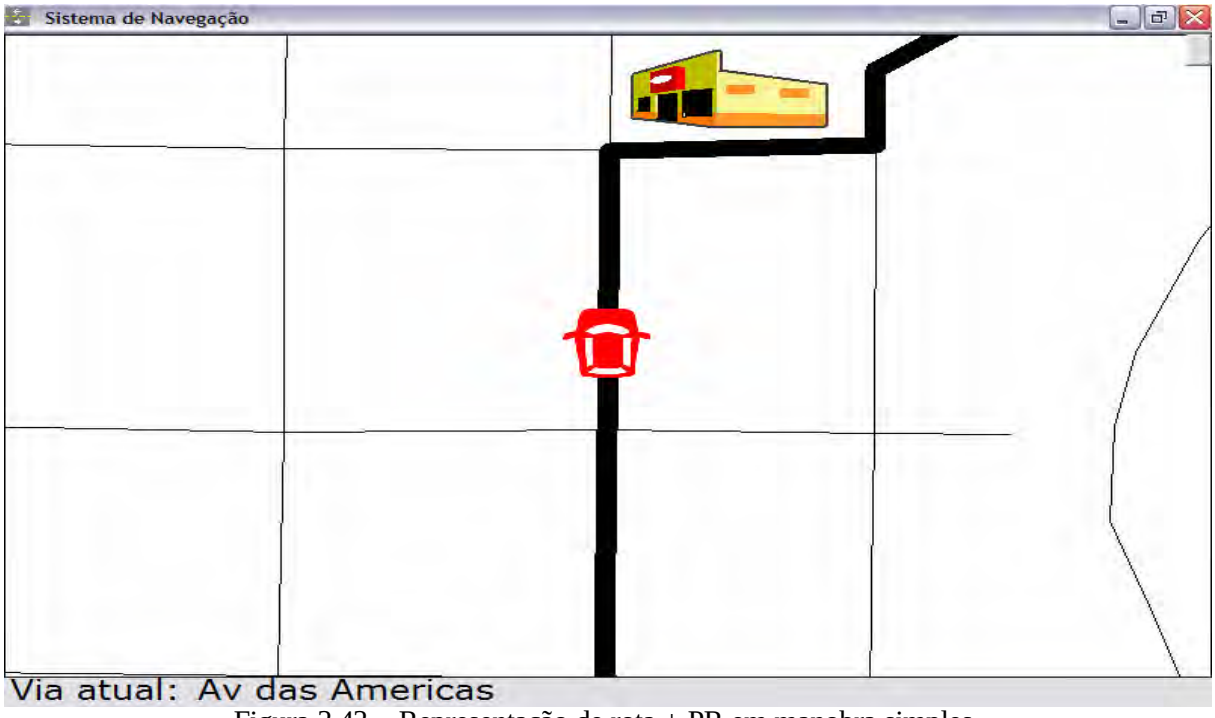


Figura 3.43 – Representação de rota + PR em manobra simples.

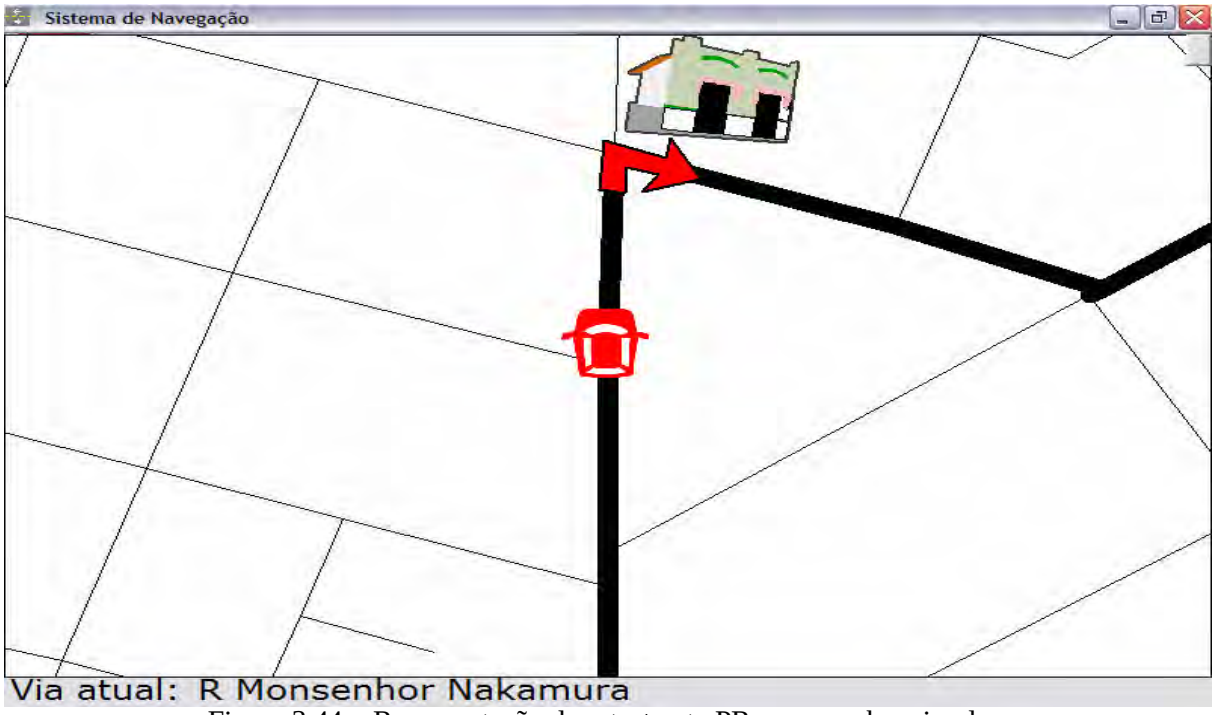


Figura 3.44 – Representação de rota + seta PR em manobra simples.

Figura 3.45 – Representação de rota + seta + PR em manobra complexa.

3.4.5.2 Representações cartográficas para manutenção nos trechos de rota

Criou-se dois tipos de representação cartográfica para auxílio à navegação ao longo dos trechos da rota: **rota** e **rota + PR**. Estas representações são apresentadas antes do disparo de qualquer *beep*, ao longo da rota A Figura 3.46 apresenta um mapa com representação de **rota**, enquanto as figuras 3.47, 3.48, 3.49 e 3.50 mostram os mapas com **rota + PR**.

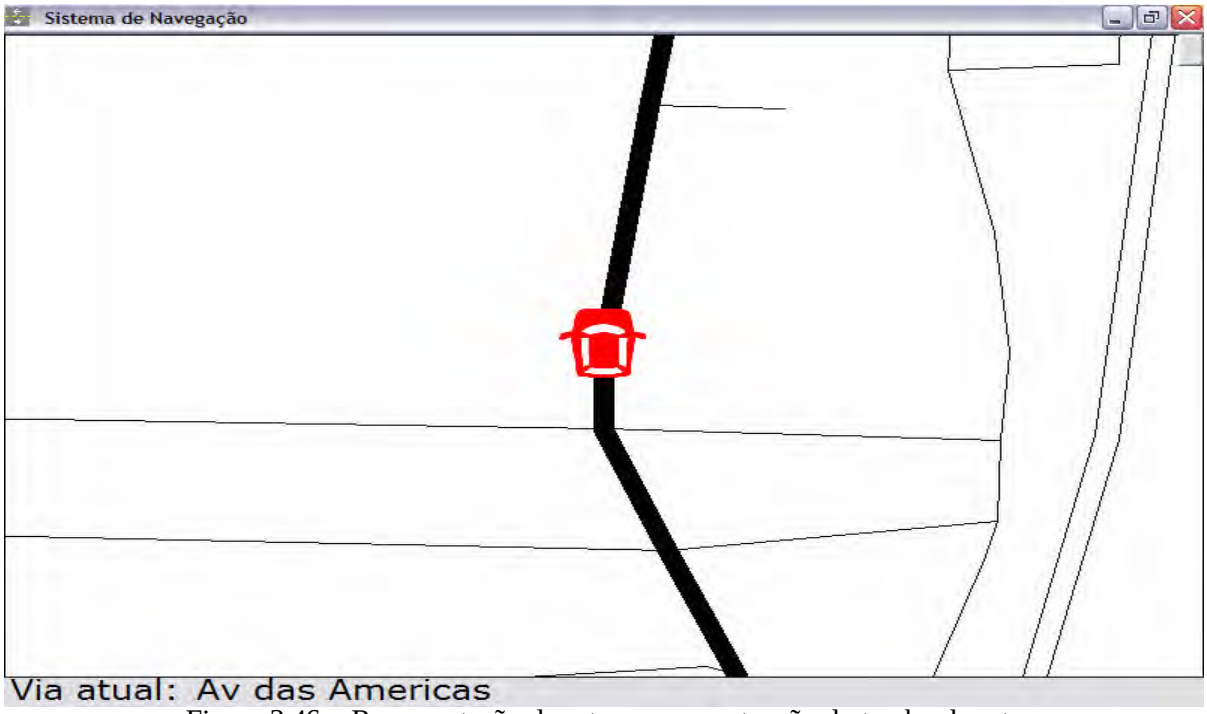


Figura 3.46 – Representação de rota para manutenção do trecho de rota.

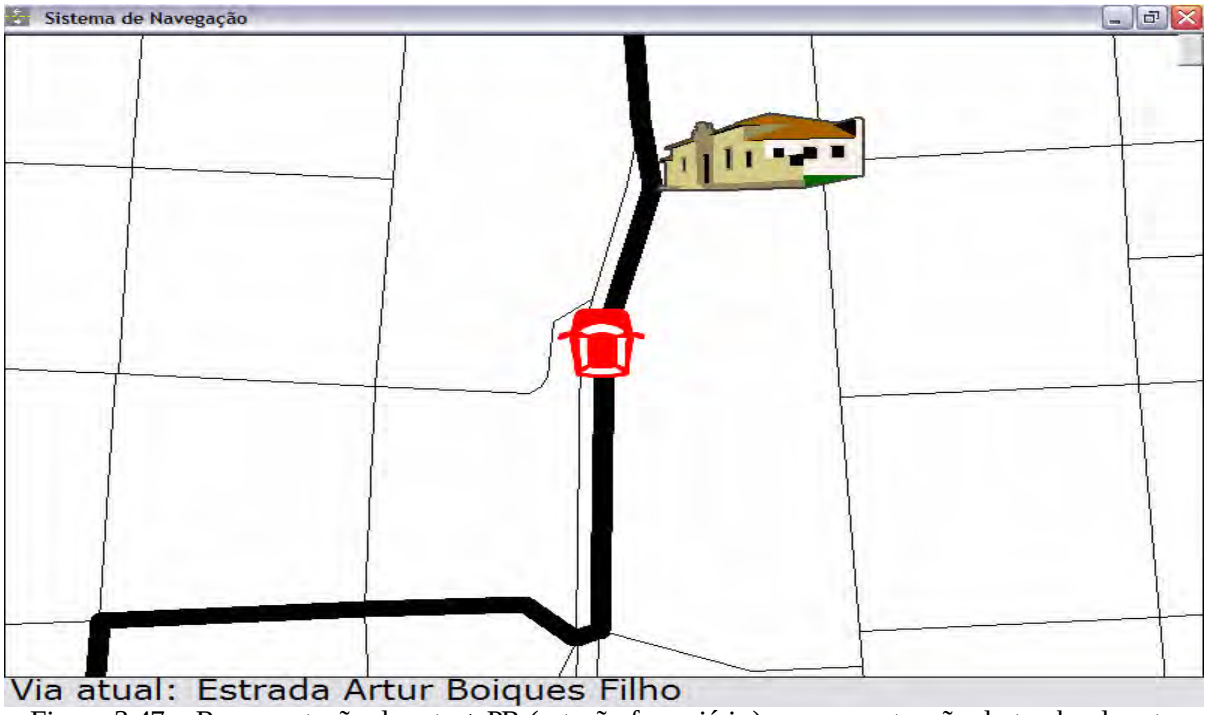


Figura 3.47 – Representação de rota + PR (estação ferroviária) para manutenção do trecho de rota.

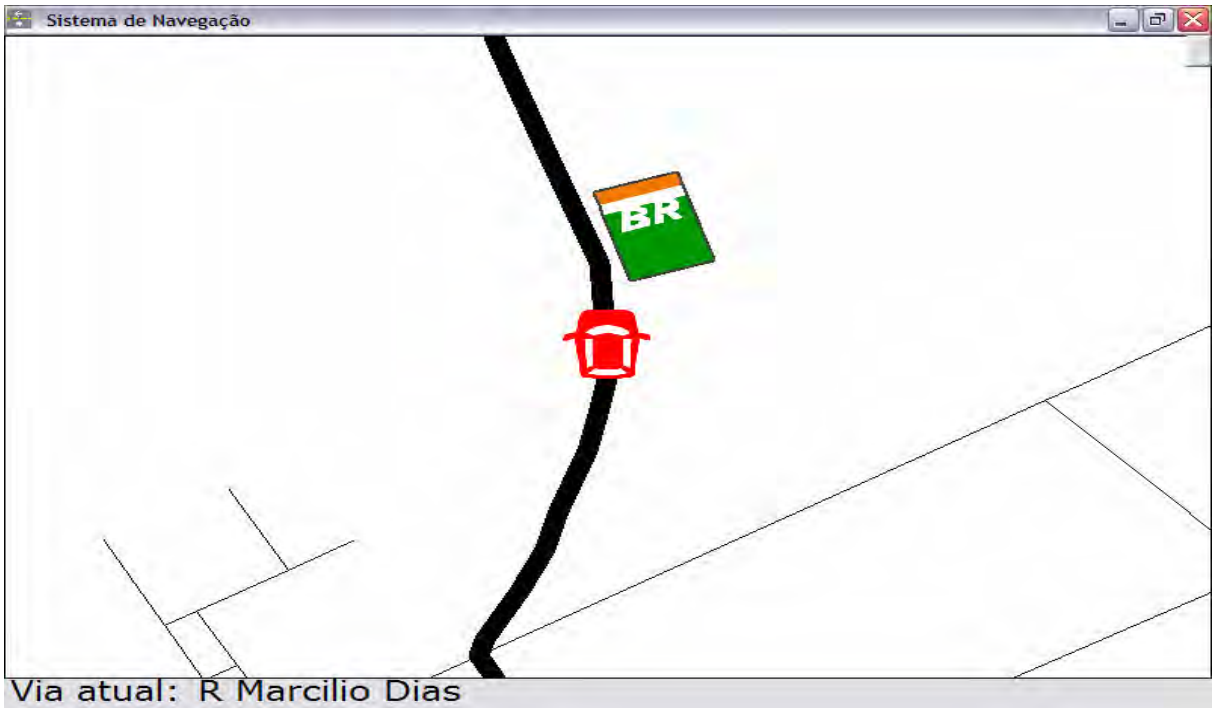


Figura 3.48 – Representação de rota + PR (posto de combustível) para manutenção do trecho de rota.

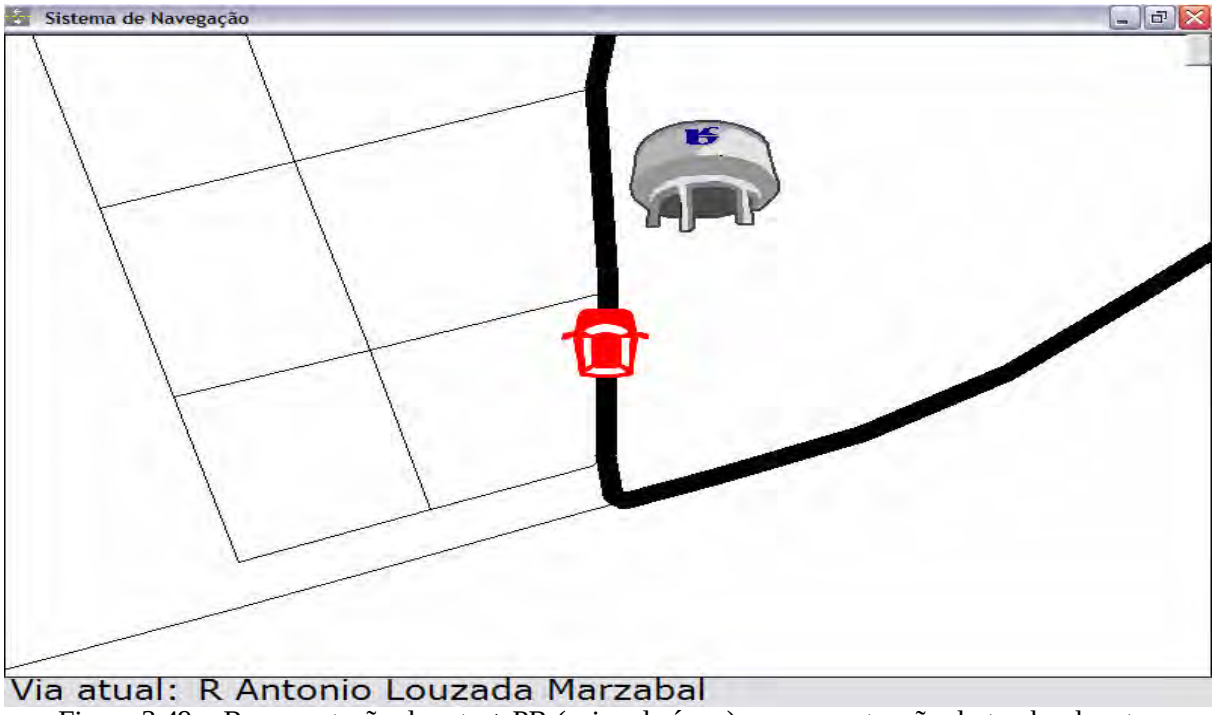


Figura 3.49 – Representação de rota + PR (caixa de água) para manutenção do trecho de rota.

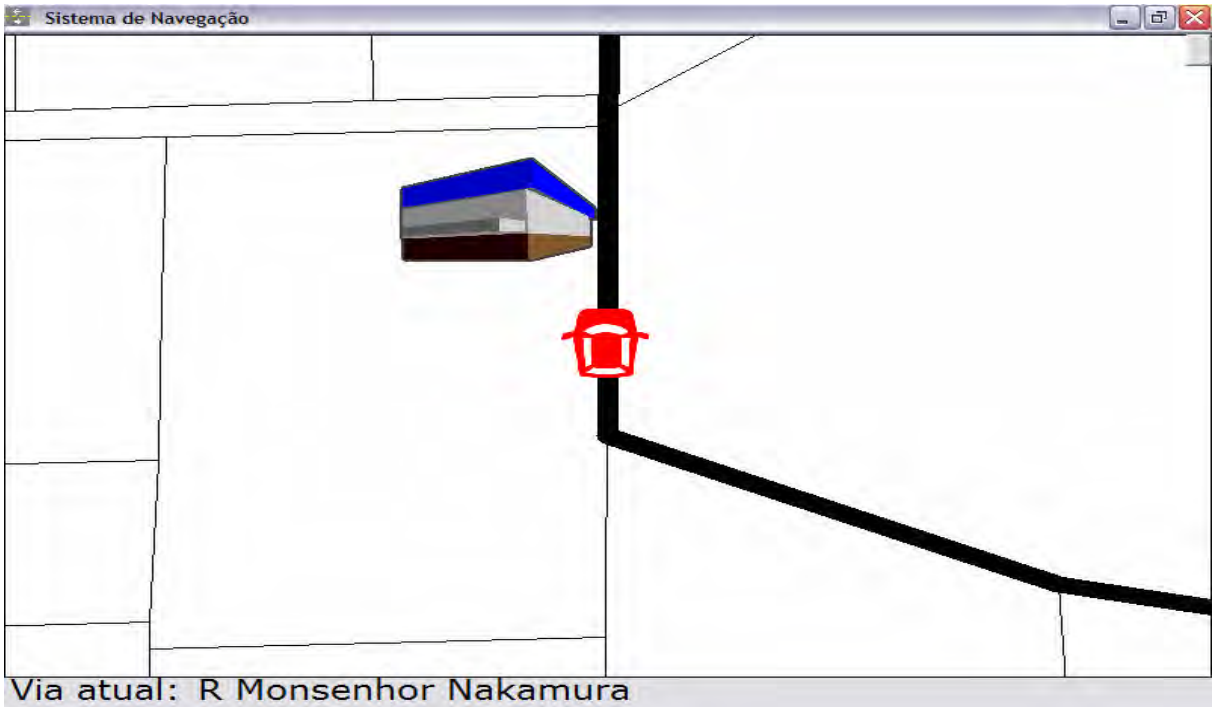


Figura 3.50 – Representação de rota + PR (ginásio de esportes) para manutenção do trecho de rota.

3.4.6 Produção do Esquema de seta

Quanto ao Esquema de Seta, criou-se dois tipos de representação no CAD, um para informar direção de manobra e outro para manutenção no trecho de rota. Para informar direção, criou-se as representações "vire à direita" (Figura 3.51) e "vire à esquerda" (Figura 3.52) e para informar manutenção no trecho de rota, criou-se a representação "siga em frente" (Figura 3.53). É importante ressaltar que a inclinação da seta em relação à parte anterior à manobra (Figura 3.51) procura representar as características reais das vias, no mundo real.

Figura 3.51 – Representação de seta "vire à direita" para informar direção de manobra.

Estas representações de seta apresentam um ângulo de 45º nas duas linhas oblíquas que se unem para formar a seta e produzir uma imagem de direção, obedecendo à discussão relatada em Frutiger (2001). A seta do tipo "siga em frente" foi produzida para permanecer no monitor de navegação durante a manutenção nos trechos de rota, até o automóvel se aproximar da manobra e tocar o *beep*. Da mesma maneira que se fez para os mapas, aplicou-se a variável áudio-dinâmica momento de disparo nas manobras, a fim de reproduzir o som de *beep*. Além disso, utilizou-se da variável dinâmica momento de exibição para trocar os esquemas de seta. Por exemplo, depois que o automóvel completa a manobra, a

seta “siga em frente” é exibida, e no momento em que se aproxima da manobra seguinte é substituída por uma de direção de manobra.

Figura 3.52 – Representação de seta “vire à esquerda” para informar direção de manobra.

Figura 3.53 – Representação de seta “siga em frente” para informar manutenção no trecho de rota.

4. AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA DO SNGRA

4.1 Introdução

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos dos testes de demanda visual, preferência subjetiva e erro navegacional, os quais foram aplicados junto a um grupo de 28 motoristas (14 homens e 14 mulheres), para as representações cartográficas e de esquema de seta produzidas no capítulo anterior. Para tanto, a priori, realizou-se uma série de atividades, dentre as quais: seleção e amostragem dos participantes, construção de um simulador, elaboração do manual de símbolos do sistema, bem como do roteiro do teste para ambientes simulados. Ainda, são definidas as variáveis independentes e dependentes para sistematizar a organização e a análise dos dados. E, em seguida, são apresentados os métodos de testes aplicados, o método de extração e organização dos dados, bem como de aplicação das análises de demanda visual, erro navegacional e preferência subjetiva.

Quanto às análises, em um primeiro momento, foi testada a preferência subjetiva entre as modalidades Mapa e Esquema de Seta. Em seguida as representações foram analisadas quanto à eficiência, por meio do teste de demanda visual, e quanto à eficácia, por meio do teste de erro navegacional. Além disso, é discutida a questão da preferência subjetiva entre Mapa e Esquema de Seta para tarefas de manutenção na rota em manobra simples, manobra complexa e manutenção nos trechos de rota. Quanto à questão da preferência subjetiva por Mapa, diferentes representações foram analisadas somente para manobra simples, e para o erro navegacional também foram examinadas diferentes representações em manobras simples, tanto para trechos de rota regular e irregular, considerando-se os erros e os acertos de manobra.

4.2 Aparato

O aparato utilizado nos testes e na avaliação do SNGRA foi:

- Equipamentos:
  - Um *notebook* Toshiba *A60/65 Series*, processador Pentium IV, velocidade de 2,8 MHZ, 512MB de memória RAM, disco rígido de 60 Gigabytes de espaço de armazenamento, saída de áudio, entrada de microfone, saída externa de som, três portas USB, placa de som Realtek AC97 Áudio, etc.;
  - Um monitor LCD XENARC 700-TSV;
  - Uma filmadora Sony Digital HandyCam;
  - Uma câmera digital Sony W5, com baterias de 40 minutos de duração e memória de 01 gigabyte para armazenamento de dados digitais, resolução de 640 x 480 pontos em módulo de gravação de vídeo;
  - Um multimídia Sony;
  - Um HD externo de 80 gigabytes de espaço para armazenamento de dados digitais;
  - Um cabo USB / PS/2 para teclado;
  - Um teclado;
- Softwares:
  - Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel (SNGRA), desenvolvido nesta pesquisa;
  - Microsoft Power Point 2003;
  - Microsoft Windows Movie Maker 5.1;
  - Microsoft Excel 2003;
  - ESRI ArcView 3.0;
  - Windows Media Player 9.0;
  - Minitab Release 12 - Statistical Software;
  - SAS 9.1;

- Materiais:
  - Uma caixa preta de papelão;
  - Uma tela de projeção (tela de apresentação do vídeo);
  - Duas mesas;
  - Duas cadeiras;
  - Um filtro de linha;
  - Uma tela para aparar o Sol.

4.3 Procedimentos metodológicos

4.3.1 Amostragem e entrevistas

A população selecionada para os testes foi constituída de docentes efetivos e substitutos da FCT / Unesp, Campus de Presidente Prudente, com faixa etária entre 25 e 40 anos, visto que o aparecimento de problemas de acomodação visual no olho humano começa por volta dos 40 anos e que a habilidade de focar objetos é essencial na tarefa de busca visual (SEKULER e SEKULER, 2000). Além disso, considerou-se os seguintes requisitos:

- Dispor de pouco ou nenhum conhecimento da cidade de Álvares Machado, para não influenciar o desempenho na utilização do sistema, pois conforme constata Burnett (1998), os motoristas, geralmente, utilizam sistemas de navegação em locais desconhecidos;
- Possuir visão normal de cores, pois conforme MacEachren (1995) e Rigden (1999) as cores adicionadas em manifestações visuais podem não ser detectadas por pessoas daltônicas;
- Possuir carteira de habilitação e experiência com direção em automóvel, visto que essas pessoas possuem condições favoráveis para participar de testes desta natureza (BURNETT, 2005), ou seja, uma série de informações, sobre os fatores em questão, está inserida nos mapas cognitivos dos motoristas.

Fez-se um levantamento na seção de Recursos Humanos da FCT para obter o tamanho total da população, o qual foi de 48 docentes (17 homens e 31 mulheres). Entretanto, o número de professores do sexo feminino é maior que do masculino e uma das condições é haver um número igual para ambos os sexos, a fim de verificar se este fator é significativo no desempenho da utilização do sistema. Logo, a população passou para 34 docentes (17 homens e 17 mulheres). A partir das condições acima, foi encontrado um professor do sexo masculino que conhecia muito bem a cidade de Álvares Machado. Assim, reduziu-se a população para 32 professores (16 homens e 16 mulheres). Em seguida, calculou-se o tamanho da amostra com 95% de confiabilidade (APÊNDICE B), e obteve-se um total de 28,59. Portanto, arredondou-se para 28 pessoas (14 homens e 14 mulheres) e, assim fez-se uma seleção aleatória das mulheres, por haver em maior quantidade. O motivo de se determinar uma amostra a partir de uma pequena população se deu ao fator viabilidade. Isto dependeu da disponibilidade dos professores para participar dos testes, dos materiais de aplicação dos testes que eram utilizados em aulas de outros docentes, da disponibilidade da sala, a qual foi utilizada como laboratório, etc., bem como do processo moroso de organização e extração dos dados.

Elaborou-se um questionário (APÊNDICE F) para ser aplicado junto a um grupo de motoristas selecionados para a realização dos testes. O questionário foi composto de em seis seções, para investigar algumas características particulares, as quais possam ter alguma relação com o desempenho de dirigir um automóvel quando se utiliza um SNGRA, em local desconhecido. Assim, as características relacionadas foram: profissão e escolaridade, experiência com automóvel, experiência com meios de comunicação, características oftalmológicas e habilidades espaciais. As respostas obtidas dos questionários foram utilizadas nas análises de demanda visual, erro navegacional e preferência subjetiva.

A aplicação dos questionários aconteceu individualmente. Do total de 28 motoristas, 25 motoristas foram entrevistados pessoalmente e algumas dúvidas que apareceram puderem ser esclarecidas no momento. Os motoristas anotaram as respostas no questionário e cada entrevista levou um tempo aproximado de 10 minutos. Além disso, outros 3 motoristas foram entrevistados por ligação telefônica e e-mail, pois afirmaram não dispor de tempo pra responder pessoalmente. É importante ressaltar que todos declararam não possuir experiência anterior com uso de sistemas de navegação em automóvel.

4.3.2 Cenário e simulador

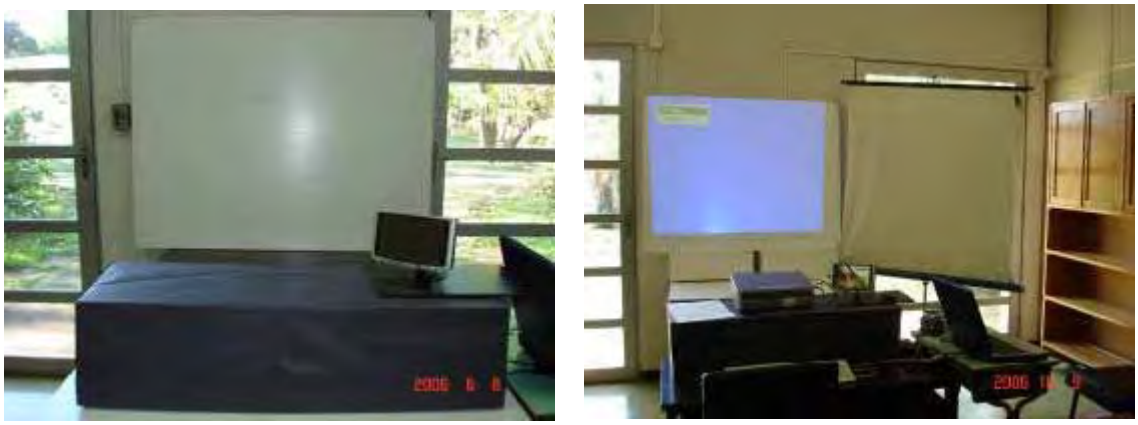
Em campo, produziu-se um videoclipe da rota e, simultaneamente, registrou-se as coordenadas do automóvel no SNGRA, para fazer uma posterior simulação sincronizada (vídeo e caminho percorrido). Em seguida, instalou-se um laboratório na sala de reuniões do Docente III da FCT / Unesp para a realização dos testes. Um dos motivos que levaram à escolha desta sala foi o fato da mesma ser clara o suficiente para simular a incidência de luz solar dentro de um automóvel.

A sala selecionada possui duas portas de vidro (Figura 4.1-a), as quais estão voltadas, aproximadamente, para a orientação Norte e, através das portas de vidro, parte da luz do Sol incide no piso e nas paredes, tornando-a bem iluminada. Além disso, um total de oito lâmpadas fluorescentes foi ligado para garantir uma boa iluminação dentro da sala. Entretanto, em condições de iluminação excessiva, um aparador foi colocado em frente a uma das portas que recebia maior quantidade de luz do Sol (Figura 4.1-b), a fim de não prejudicar a qualidade da apresentação do vídeo. Preparou-se o simulador com recursos disponíveis na universidade:

- Arranjou-se mesas, cadeiras e tela de apresentação do vídeo em lugares adequados;
- Colocou-se uma tela de apresentação na cor branca entre as duas portas de vidro para projetar o vídeo. Isto favoreceu a incidência de luz refletida (da parede e do piso) na face do motorista (Figura 4.1-a);
- Colocou-se uma mesa principal em frente à tela de apresentação do vídeo. Sobre a mesma colocou-se um teclado e um suporte (caixa preta de papelão, Figura 4.2-b e Figura 4.3-b), o qual simulou o painel do automóvel;
- Sobre o suporte ficaram o projetor multimídia (localizado no centro e direcionado à tela de apresentação, para projetar o vídeo da rota) (Figura 4.2-a), o monitor (do lado direito, para apresentar o SNGRA) e a câmera digital (também do lado direito, para filmar a face do motorista) (Figura 4.3-a e Figura 4.3-b). Configurou-se a resolução da gravação de vídeo da câmera digital para 640 x 480 pontos;
- O *notebook* foi utilizado para controlar o SNGRA, e a filmadora para reproduzir o vídeo da rota (Figura 4.2-b). Ambos ficaram sobre a segunda

mesa, próximos um do outro para facilitar a sincronia do SNGRA com o vídeo;

- Colocou-se uma cadeira em frente de cada mesa, uma para o participante do teste e outra para o pesquisador;
- Colocou-se um roteiro do teste para o motorista sobre o suporte (do lado esquerdo do projetor multimídia) e outro esteve na mesa do pesquisador (Figura 4.3-b).



(a) (b)

Figura 4.1 – Tela de apresentação do vídeo e configuração geral dos itens na sala.

(a) (b)

Figura 4.2 – Projetor multimídia e segunda mesa com o notebook.

(a) (b)

Figura 4.3 – Monitor de navegação e mesa principal com o teclado.

As medidas de distância, dimensão e ângulo dos elementos do simulador apresentaram a seguinte configuração (Figura 4.4):

- Tela de apresentação do vídeo: altura e largura de 100 e 130 cm, respectivamente, com altura de 94 cm do piso até a parte inferior;
- Região de cobertura, projetada pelo projetor multimídia: altura e largura de 90 e 119 cm, respectivamente;
- Mesa principal: profundidade e largura de 50 e 110 cm, respectivamente, com altura de 67,50 cm do piso;
- Suporte do projetor multimídia: altura, largura e profundidade de 23, 88 e 31 cm, respectivamente;
- Projetor multimídia: altura de 90,50 cm do piso;
- Distância do projetor multimídia até a tela de apresentação do vídeo: 1,65 metros;
- Distância aproximada da cabeça do motorista até a tela de apresentação do vídeo: 2,65 metros;
- Distância aproximada da cabeça do motorista até o monitor: 90,00 cm;
- Ângulo entre o centro vertical da tela de apresentação até o centro vertical do monitor: aproximadamente 25^{o}.

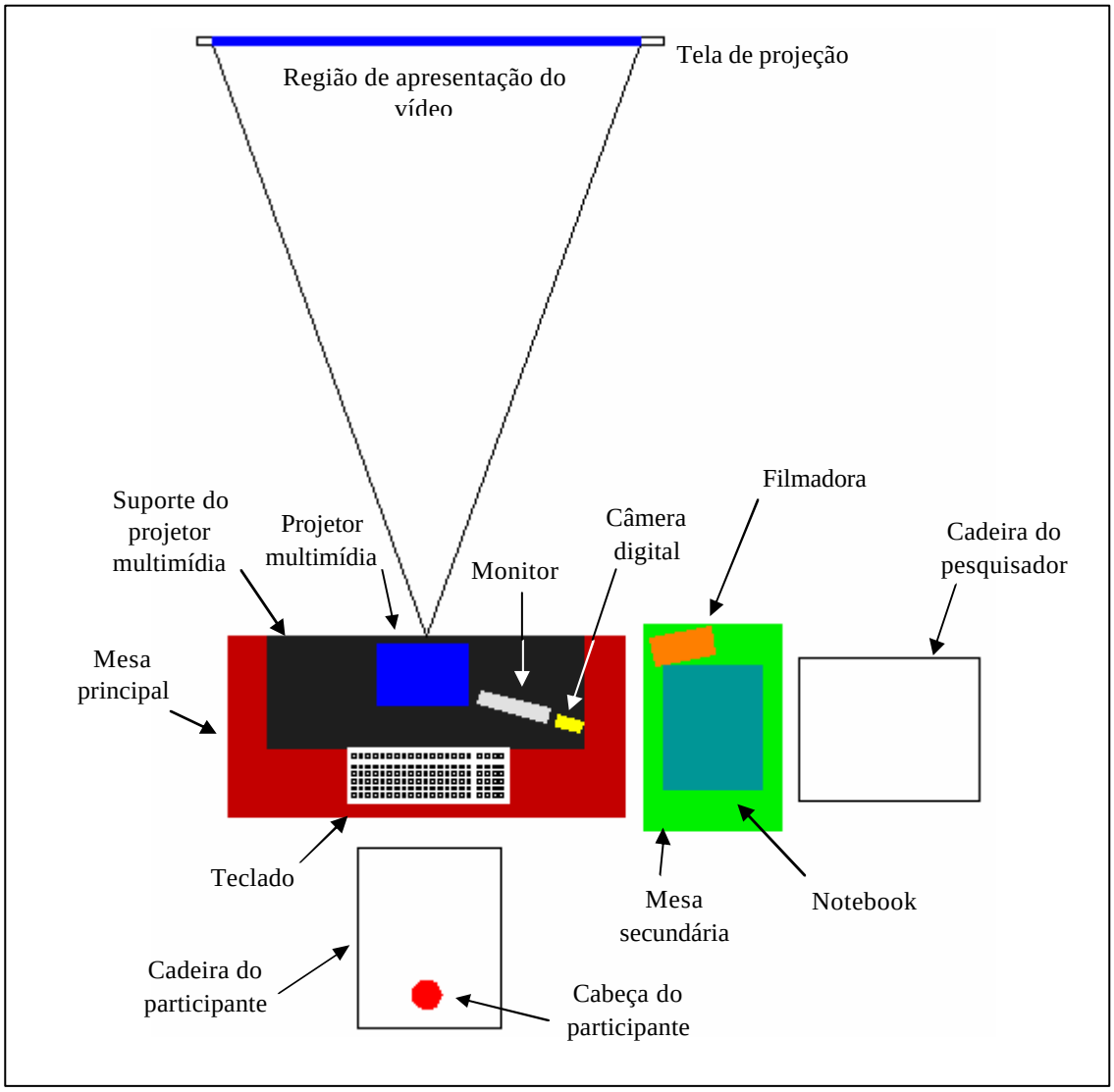


Figura 4.4 – Desenho do simulador conforme visto de cima.

Os procedimentos envolvidos no funcionamento do simulador, durante a fase de preparação para a realização dos testes com os motoristas, foram:

- Ligou-se a filmadora e a conectou ao projetor multimídia por meio de um cabo de vídeo RCA. Pausou o vídeo no intervalo de som dos dois *beeps* iniciais do percurso;
- Conectou-se o teclado ao *notebook* por meio de um cabo USB / PS/2, e colou-se fitas dupla face nas teclas Z e PONTO para registrar os erros navegacionais;
- Ligou o monitor de pequeno formato e o conectou ao *notebook* por meio de um cabo VGA de 15 pinos;
- Ligou o computador e executou o SNGRA;

- Configurou a resolução do vídeo para 800 x 600 e desabilitou o antivírus para que o mesmo não entrasse em operação durante o teste;
- Configurou o controle de volume para o som do *beep* conforme o item Volume Control da Figura 4.5.

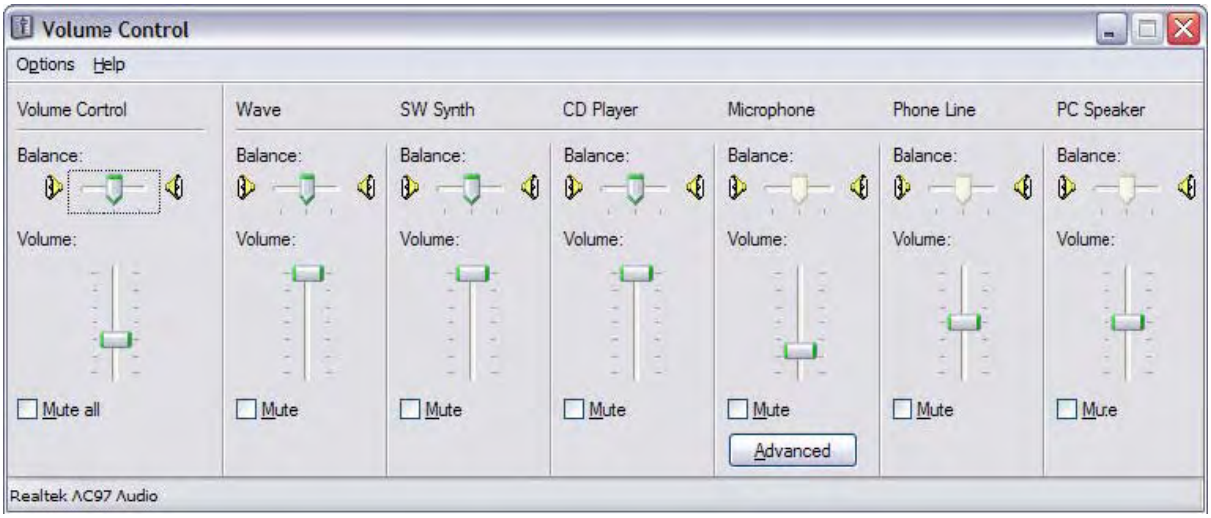


Figura 4.5 – Configuração do controle de volume do *notebook*. Fonte: Microsoft Windows XP.

4.3.3 Manual de símbolos do sistema, roteiro do teste e questionário para preferência

Elaborou-se dois documentos para instruir o motorista na realização dos testes: um manual dos símbolos do SNGRA e um roteiro do teste. O manual teve a finalidade de familiarizar o motorista com as representações do sistema, bem como com as tarefas de navegação. As instruções apresentadas foram divididas em duas partes. A primeira apresenta os esquemas de seta e a segunda os mapas. Alguns rótulos nas cores amarelo e azul foram inseridos na apresentação, a fim de auxiliar as explanações feitas pelo pesquisador. O manual é encontrado no APÊNDICE G.

O roteiro do teste (APÊNDICE H) teve o objetivo de instruir o motorista nas tarefas de realização do teste. Enfatiza que o objetivo da pesquisa é avaliar a comunicação cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota em Automóvel e que será preservado o anonimato do motorista. Apresenta, ainda, uma série de instruções para realização do teste em um ambiente simulado, para que compreenda o cenário como se

estivesse dirigindo um automóvel em uma cidade desconhecida, e tivesse que utilizar um sistema de navegação e guia de rota para auxiliar a realização de manobras e a manutenção nos trechos de rota.

Por outro lado, preparou-se um questionário para realizar o teste de preferência subjetiva, de maneira que as perguntas fossem seguidas da representação (mapa ou esquema de seta), com dois segundos para exibição, sendo, em seguida, substituída automaticamente por uma apresentação em branco.

4.3.4 Variáveis de análise

Ao contrário de Labiale (2001) que mediu somente a duração da fixação visual, sem considerar o movimento dos olhos, esta pesquisa trabalhou com o conceito de olhada, a qual corresponde ao intervalo entre o momento em que os olhos do motorista estão fixados para a via e iniciam um movimento em direção ao monitor (primeira duração), permanecem lá por algum tempo (segunda duração) e retornam, até se fixar na via (terceira duração). Neste sentido, uma olhada corresponde à soma dos dois tempos de movimento dos olhos (primeira e terceira durações) e da fixação visual no monitor (segunda duração).

Vale ressaltar, ainda, que esta pesquisa considerou a média da duração máxima das olhadas (em segundos) e a média do número de olhadas (freqüência), conforme abordagem apresentada por Labiale (2001) em que testou diferentes esquemas de seta. Labiale (2001) aponta que ambas variáveis parecem ser os melhores indicadores para verificar perigo em potencial no trânsito (em termos de controle e segurança, durante a navegação). A média da duração máxima das olhadas fornece um valor médio, o qual pode ser comparado ao limiar de dois segundos, apontado por Laird Evans e Steven (1996) e Sena (1997) apud Ho e Li (2002), como o tempo máximo para o motorista manter os olhos fora da via, durante a navegação em automóvel. Entretanto, além dessas variáveis, considerou-se a média da soma das durações das olhadas para verificar a relação de tempo total gasto com os olhos fora da via durante a realização da tarefa tática. Logo, estes elementos podem fornecer a relação de demanda visual entre uma representação e outra.

Considerando-se os fatores tipo de representação cartográfica, sexo (masculino e feminino), experiência com mapa (abaixo da média e acima da média) e a

habilidade espacial (abaixo da média e acima da média), estabeleceu-se um conjunto de variáveis dependentes para analisar a relação de eficiência de demanda visual das diferentes representações. A partir deste conjunto de variáveis, pretendeu-se, também, determinar a relação de eficácia (erro navegacional) e preferência subjetiva. Tais variáveis dependentes relacionadas com a demanda visual foram: **número de olhadas**, **duração máxima das olhadas** e **soma das durações das olhadas**. Quanto ao fator tipo de representação cartográfica, considerou-se aquelas representações determinadas para auxílio à navegação, em manobra simples e trechos regulares: **rota**, **rota + seta**, **rota + seta cintilante**, **rota + PR**, **rota + seta + PR**. Além disso, objetivou-se verificar a eficiência das representações, quanto ao tipo de trecho de rota (**rota** pra trecho regular e **rota** para trecho irregular), e o tipo de manobra (**rota + seta** para manobra simples e **rota + seta** para manobra complexa).

A categoria de erro navegacional está relacionada com os erros de manobra. Assim, estabeleceu-se que o motorista poderia responder, via teclado, a direção que compreendeu do monitor de navegação (manobra à esquerda ou manobra à direita), depois do disparo de cada som de *beep*. A variável dependente de erro navegacional determinada foi **erro de manobra**. Quanto à preferência subjetiva, determinou-se um conjunto de variáveis para verificar a preferência pelo tipo de modalidade de informação, bem como pelo tipo de representação cartográfica para orientar manobras e manutenção nos trechos de rota. Logo, as variáveis dependentes de preferência subjetivas foram:

- Em relação ao **tipo de modalidade** para manobra simples e manutenção no trecho de rota:
  - Mapa;
  - Esquema de seta;
- Em relação ao **tipo de representação cartográfica**, em manobra simples e manutenção no trecho de rota:
  - Rota;
  - Rota + seta (estática);
  - Rota + seta cintilante.
  - Rota + PR (ponto de referência);
  - Rota + seta + PR;

4.3.5 Testes: demanda visual, erro navegacional e preferência subjetiva

Os testes aconteceram entre os meses de julho e outubro do ano de 2006, em diferentes horários do dia, das nove ao meio-dia e das quatorze às dezessete horas. Para realizar o teste do SNGRA, agendou-se dia e horário com cada participante. Entretanto, os seguintes fatores contribuíram para o longo tempo na conclusão dos testes:

- Disponibilidade da sala e do equipamento multimídia, pois são utilizados para reuniões e aulas dos professores dos departamentos de Planejamento, Urbanismo e Ambiente e Cartografia;
- Disponibilidade das pessoas para a realização do teste durante um tempo aproximado de 40 minutos;
- Boas condições climáticas, sem que houvesse cobertura de nuvens para se obter boa iluminação na sala.

Para cada participante, realizou-se o teste em cinco etapas seqüenciais:

1) Explanação do contexto da pesquisa e apresentação do simulador;
2) Apresentação do Manual de Símbolos do Sistema;
3) Apresentação do Roteiro do teste;
4) Aplicação do teste de demanda visual e erro navegacional;
5) Aplicação do questionário de preferências subjetivas.

1. Explanação do contexto e apresentação do simulador.

A explanação do contexto da pesquisa e a apresentação dos controles do simulador tiveram o objetivo de fazer o participante compreender o foco da pesquisa, bem como familiarizar com o ambiente simulado e os equipamentos do teste:

- De maneira informal, enfatizou-se que o teste simularia uma viagem de automóvel, por uma rota planejada na cidade de Álvares Machado. Reforçou-se que o participante deveria entender a simulação como uma viagem em uma cidade desconhecida e, por isto, sua principal tarefa seria prestar o máximo de atenção no vídeo.
- Apresentou-se os equipamentos de relevância para o motorista (tela de apresentação do vídeo, monitor do SNGRA e teclado). Os outros

equipamentos não foram apresentados porque não tiveram relevância para o motorista, pois serviram de amparo aos elementos principais;

- Enfatizou-se que o vídeo representaria o pára-brisa do automóvel, por onde acontecem os eventos do mundo real e que a segurança no trânsito é o principal fator. Por isto, o monitor deveria ser consultado rapidamente;
- Pediu-se para o participante se sentar na cadeira localizada de frente para a mesa principal. Além disso, a posição do motorista permitiu que a iluminação externa refletida das paredes e do piso incidisse em sua face;
- Solicitou-se que ajustasse a posição da cadeira e a inclinação do seu corpo, de tal modo que se sentisse confortável. Ajustou-se o monitor de tal maneira que diminuísse os reflexos da luz emitida da tela;
- Destacou-se que o teclado deveria ser utilizado para registrar a direção da manobra que compreendeu, e que somente as teclas Z (manobra à esquerda) e PONTO (manobra à direita) deveriam ser utilizadas, as quais estavam coladas com fita adesiva dupla-face para facilitar o uso e, consequentemente, não ser buscada visualmente durante o teste.

2. Apresentação do Manual de Símbolos do Sistema.

Fez-se uma apresentação detalhada do manual dos símbolos do SNGRA (APÊNDICE G) para que o motorista se familiarizasse com as representações de auxílio à orientação de manobras e manutenção nos trechos de rota, tanto para a modalidade Mapa quanto para Esquema de Seta. Assim, enquanto o participante assistia aos slides apresentados no monitor de navegação, também prestava atenção nas instruções verbais do pesquisador, que complementava com as informações necessárias para a compreensão necessária. Acrescentou-se verbalmente que o tipo de orientação do mapa, com o automóvel em movimento, é a mesma que a do motorista durante a navegação no mundo real (orientação egocêntrica: direita / esquerda e para frente / para trás).

3. Apresentação do roteiro de teste.

O roteiro de teste teve a finalidade de controlar o experimento simulado em laboratório, o qual foi lido em voz alta pelo pesquisador (APÊNDICE H). Destacou-se os seguintes elementos:

- Cenário da viagem: viagem de automóvel em uma cidade desconhecida com auxílio de um SNGRA;
- Tipos de representação para orientação de manobra e manutenção no trecho da rota: Mapa e Esquema de Seta;
- Maneira de consultar o monitor para garantir segurança no trânsito: olhadas rápidas;
- Modo com que o SNGRA informa as manobras (símbolos em mapa ou esquema de seta, ambos precedidos de som de *beep*);
- As três principais tarefas do motorista durante a realização do teste:
  - Tarefa principal: dirigir com atenção para a via, a fim de evitar acidente de trânsito;
  - Tarefa secundária: consultar o monitor com olhadas rápidas, preferencialmente depois do disparo do *beep*;
  - Tarefa terciária: usar o teclado para informar a direção de manobra que compreendeu (direita ou esquerda).

É importante notar que o roteiro ressalta a segurança no trânsito como o elemento primordial durante condução do automóvel. Finalmente, pediu-se ao motorista que se sentisse a vontade como se estivesse dirigindo um automóvel, que ignorasse a presença do pesquisador durante o teste e que não se preocupasse com respostas incorretas. Informou, ainda, que sua voz e sua face seriam gravadas por uma câmera digital para facilitar a avaliação da comunicação do sistema.

4. Aplicação de teste de demanda visual e erro navegacional.

Executou-se o SNGRA, o qual apresenta um mapa com o eixo viário da cidade de Álvares Machado (APÊNDICE E, Figura E.1). Decidiu-se não exibir o desenho da rota porque alguns trechos se sobrepõem e isto poderia causar questionamentos ou dúvidas sobre uma representação que não é relevante para o teste, pois, não envolve tarefas de planejamento de rota. Em seguida, o participante foi informado que o teste começaria assim que confirmasse uma posição favorável. O pesquisador acompanhou o motorista do local de partida até o de chegada. O tempo de duração foi de aproximadamente vinte minutos e a seqüência de atividades desta etapa foi:

- Ligou-se a câmera digital e deu-se início à gravação da face do motorista;
- Perguntou-se ao participante se o teste poderia começar;
- Em seguida, após sua confirmação, a trajetória da rota percorrida e o vídeo foram reproduzidos simultaneamente.

O mapa com orientação Norte (APÊNDICE E, Figura E.2) se deve ao fato do automóvel estar parado, assim o ângulo azimutal (fator de rotação do mapa) é igual a 0^o. Alguns segundos depois, o automóvel se desloca e o mapa é girado automaticamente para a orientação egocêntrica (APÊNDICE E, Figura E.3). Para cada participante, produziu-se um filme com duração de, aproximadamente, vinte minutos. Além disso, durante a navegação, registrou-se os acertos e os erros navegacionais em um arquivo de formato texto, o qual contém as coordenadas da posição do automóvel na rota (em sistema de coordenadas UTM), quando o motorista teclou Z ou PONTO.

5. Aplicação de questionário de preferência subjetiva.

Depois de finalizado o teste de navegação, o participante continuou posicionado de frente para o monitor de navegação, o qual estava ligado ao *notebook*. O pesquisador aplicou o teste, lendo em voz alta as questões apresentadas no monitor, o qual foi composto de duas partes (APÊNDICE I). A primeira tratou da preferência por modalidades de representação (Esquema de Seta e Mapa) e a segunda da preferência por tipos de representação em Mapa (rota, seta estática, seta cintilante e ponto de referência), ambas para auxílio na orientação de manobras e manutenção nos trechos de rota. Na primeira, foi informado aos participantes de que a primeira modalidade seria apresentada em um tempo máximo de dois segundos, seguida de uma tela na cor branca e depois outra modalidade com orientação e tempo de duração equivalentes à primeira. As questões do teste foram aplicadas da seguinte maneira:

- Para representar manobra simples, qual tipo de representação você prefere: Esquema de Seta ou Mapa? Por quê?
- Para representar manobra complexa, qual tipo de representação você prefere: Esquema de Seta ou Mapa? Por quê?
- Para representar trecho de rota, qual tipo de representação você prefere: Esquema de Seta ou Mapa? Por quê?

Na segunda parte do questionário, a seguinte questão foi aplicada:

- Considere somente manobra simples.
  - Para representar manobra simples, o que você prefere?: só a rota, a rota com a seta, a rota com a seta cintilando, a rota com o ponto de referência, ou a rota com o ponto de referência e a seta;

Com a câmera digital, gravou-se as entrevistas e no final de cada teste os dados foram transferidos para o *notebook* para posterior reprodução e análise dos dados.

4.3.6 Organização dos dados coletados

Organizou-se os dados coletados e armazenados na forma de arquivos de vídeo e texto, a fim de se aplicar as análises e compreender o comportamento dos dados. Para tanto, esta organização refletiu as categorias das variáveis dependentes e independentes, definidas a priori.

No caso da demanda visual, fez-se a captura por meio de análise visual de quadros de vídeo, em cada vídeo gravado durante os testes de navegação. Para a análise dos erros navegacionais, por meio de SIG, fez-se a representação espacial dos dados oriundos do arquivo de erros navegacionais. Para a análise das preferências subjetivas, fez-se a coleta dos dados reproduzindo-se e interpretando-se os arquivos de vídeo gravados nos testes de preferência subjetiva. Os procedimentos de extração e organização dos dados são descritos a seguir.

1. Dados de demanda visual.

Durante o teste de navegação com os motoristas, o Mapa foi exibido ao longo de toda a rota. Contudo, no processo de extração dos dados, considerou-se as constatações de Labiale (2001) de que a maior demanda visual ocorre durante a realização da tarefa tática (preparação para realização da manobra), que neste caso aconteceu depois do sinal do *beep* até a realização da manobra. Entretanto, cada tarefa tática (preparação para mudança de direção) teve um tempo de ação diferente porque dependeu do fluxo de veículos e pedestres na via, bem como da presença de quebra-molas, valetas, etc.

As representações cartográficas apresentadas na seção Produção do Mapa Visual Dinâmico tiveram diferentes durações de tempos, desde o momento de disparo do *beep* até o início da operação de manobra. No entanto, para que as diferentes representações pudessem ser comparadas, durante o processo de avaliação, foi necessário considerar uma única duração para todas. Por isto, considerou-se a menor delas (Figura 3.38), com 9,33 segundos, a qual foi chamada de **tempo de ação compatível**, porque os dados são extraídos e analisados somente neste intervalo. Por exemplo, se uma determinada manobra possui o tempo de ação de 24 segundos, somente o tempo de ação compatível (9,33 segundos), a partir do momento do disparo do *beep*, é que foi considerado. O procedimento de extração dos dados para análise da demanda visual é apresentado no APÊNDICE J.

Depois de concluída a extração, a organização dos dados foi realizada para os 28 vídeos, em todas as 25 manobras. A partir da diferença entre o tempo final e o tempo inicial de cada olhada, foi possível determinar o valor correspondente à sua duração. Em seguida, calculou-se os valores de duração máxima e soma da duração das olhadas, além do número de olhadas para o monitor.

2. Dados de erros navegacionais.

Para extrair os dados que representam os erros de manobra registrados no teste de erro navegacional, foi necessário representar, no SIG ArcView, a posição em que ocorreu o disparo do som de *beep*, utilizando-se as coordenadas Leste e Norte do sistema de coordenadas UTM. Além disso, representou-se espacialmente a posição em que o participante respondeu à manobra por meio do teclado, bem como o tipo de resposta de manobra compreendido. Durante o teste de navegação, os dados de cada participante foram registrados em arquivos de formato texto, com estrutura apropriada para importação no SIG ArcView. Para cada participante, importou-se e representou-se espacialmente a posição referente a cada elemento em questão (disparo do *beep*, a posição em que respondeu à manobra, bem como o tipo de manobra compreendido). Os detalhes da extração dos dados de erros navegacionais são descritos no APÊNDICE K.

3. Dados de preferências subjetivas.

Os vídeos que contêm dados das preferências entre as modalidades Mapa e Esquema de Seta, bem como dos diferentes tipos de representação em mapa foram reproduzidos, pausadamente, no Windows Media Player e anotados (APÊNDICE L).

4.4 Resultados e discussões

Esta pesquisa analisou o caso de duas pequenas amostras, relacionadas entre si (mesmo teste para ambas), nas análises dos fatores tipo de representação, sexo, experiência com mapa e habilidade espacial. Conforme recomendação de Downing e Clark (2005, p.210), não se deve utilizar estatística paramétrica em dados que não apresentam normalidade. Assim, foi necessário fazer a verificação da normalidade dos dados e, para tanto, utilizou-se o teste de Anderson-Darling com o software de estatística Minitab. Logo, constatou-se que a maioria dos dados coletados nos testes de navegação não apresentou normalidade e, então a técnica não-paramétrica é a melhor para resolver casos desta natureza (DOWNING e CLARK, 2005, p.210).

Para verificar a eficiência das representações cartográficas, decidiu-se utilizar a Prova de Wilcoxon, a qual é considerada extremamente útil quando se analisa o comportamento de dados que não apresentam normalidade (SIEGEL, 1975). O Teste de Wilcoxon, também chamado de teste dos sinais, é utilizado para comparar dois grupos relacionados (emparelhados). Neste caso, a análise da demanda visual de dois conjuntos de representações cartográficas é realizada em grupo de duas. Por outro lado, utilizou-se o teste de Mann-Whitney para verificar a relação entre os fatores sexo, habilidade espacial e experiência com mapa, considerando-se os dados de demanda visual. Assim, utilizou-se o software de estatística SAS, o qual dispõe da técnica não-paramétrica com a Prova de Wilcoxon e Mann-Whitney e, ainda, fornece o nível de significância do resultado (? = ‘p valor’). A análise dos dados foi dividida em nove partes:

1) Preferência subjetiva entre as modalidades Mapa e Esquema de Seta;
2) Demanda visual em relação ao fator tipos de representação em manobra simples;
3) Demanda visual em relação ao fator representação de **rota** em manobra simples, para trechos de rota regular e irregular;
4) Demanda visual em relação ao fator representação de **rota + seta** em manobra simples e manobra complexa, para trecho de rota regular;
5) Demanda visual em relação ao fator sexo;
6) Demanda visual em relação ao fator experiência com mapas;
7) Demanda visual em relação ao fator habilidade espacial;

8) Preferência subjetiva para diferentes tipos de representação em manobra simples e manutenção dos trechos de rota;
9) Erro navegacional em manobras simples, para trechos de rota regular e irregular.

Estatisticamente, com relação às análises de demanda visual, considerou-se significativo os resultados que apresentaram nível de significância ('? valor') menor ou igual a 0,05 (ou seja, grau de confiabilidade maior ou igual a 95%.). Além disso, incluiu-se outros intervalos, denominados de alta confiabilidade (maior ou igual a 90% e menor que 95%), média confiabilidade (maior ou igual a 80% e menor que 90%) e baixa confiabilidade (maior ou igual a 70% e menor que 80%). Quanto à análise da eficiência das representações cartográficas, realizadas por meio de comparações, o termo significativo se refere ao melhor resultado encontrado em termos de menor duração de tempo ou menor freqüência de olhadas.

4.4.1 Preferência subjetiva entre Mapa e Esquema de Seta

O objetivo do teste de preferência subjetiva foi verificar se um grupo de motoristas brasileiros prefere a modalidade Mapa ou Esquema de Seta em SNGRA, quando realizam tarefas de navegação em manobra simples, manobra complexa e manutenção nos trechos de rota. Uma descrição completa das respostas fornecidas pelos motoristas encontra-se no APÊNDICE L. As representações utilizadas nos testes foram:

- Manobra simples: modalidades Esquema de Seta 'vire à direita' (APÊNDICE I, Figura I.6) e Mapa com **rota + seta** (APÊNDICE I, Figura I.7);
- Manobra complexa: modalidades Esquema de Seta complexo (APÊNDICE I - Figura I.11) e Mapa com **rota + seta** (APÊNDICE I, Figura I.12);
- Manutenção no trecho de rota: modalidades Esquema de Seta 'continue em frente' (APÊNDICE I, Figura I.16) e Mapa com **rota** (APÊNDICE I, Figura I.17).

Para manobra simples, o resultado do teste (Figura 4.6) indica que 10,71% dos motoristas preferem o Esquema de Seta (APÊNDICE I, Figura I.6) e 89,29% preferem o Mapa (APÊNDICE I, Figura I.7). No caso da manobra complexa, o resultado do teste (Figura 4.7) indica que 21,43% dos motoristas preferem o Esquema de Seta (APÊNDICE I, Figura I.11), 75,00% preferem o Mapa (APÊNDICE I, Figura I.12), e 3,57% (apenas uma pessoa) declarou preferência por ambas as representações. Quanto à preferência entre Mapa e Esquema de Seta para manutenção no trecho de rota, o gráfico da Figura 4.8 revela que o Esquema de Seta (APÊNDICE I, Figura I.16) teve 25,00% de aceitação, enquanto o Mapa (APÊNDICE I, Figura I.17) teve 64,29% e, além disso, 10,71% declararam que ambas as representações são adequadas.

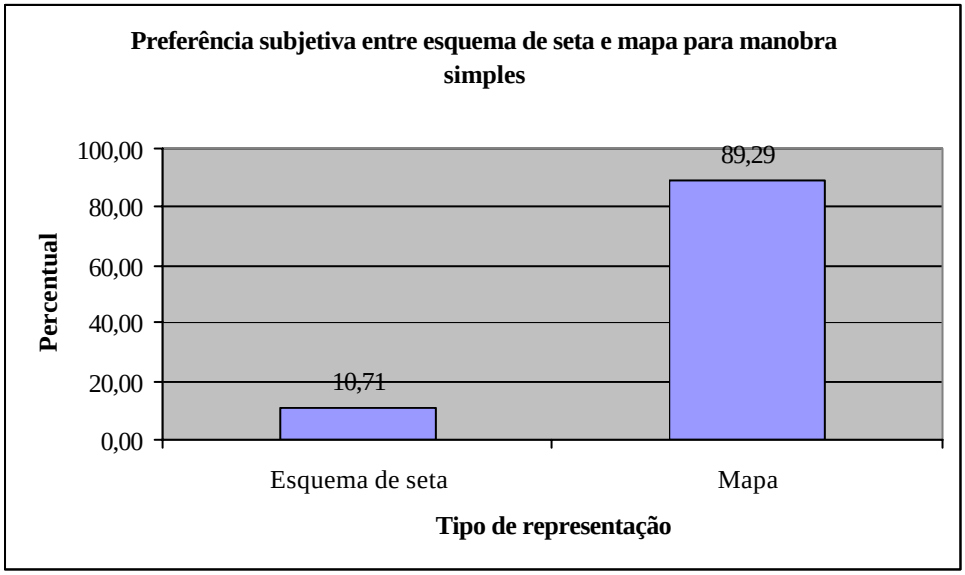


Figura 4.6 – Preferência subjetiva entre esquema de seta e mapa para manobra simples.

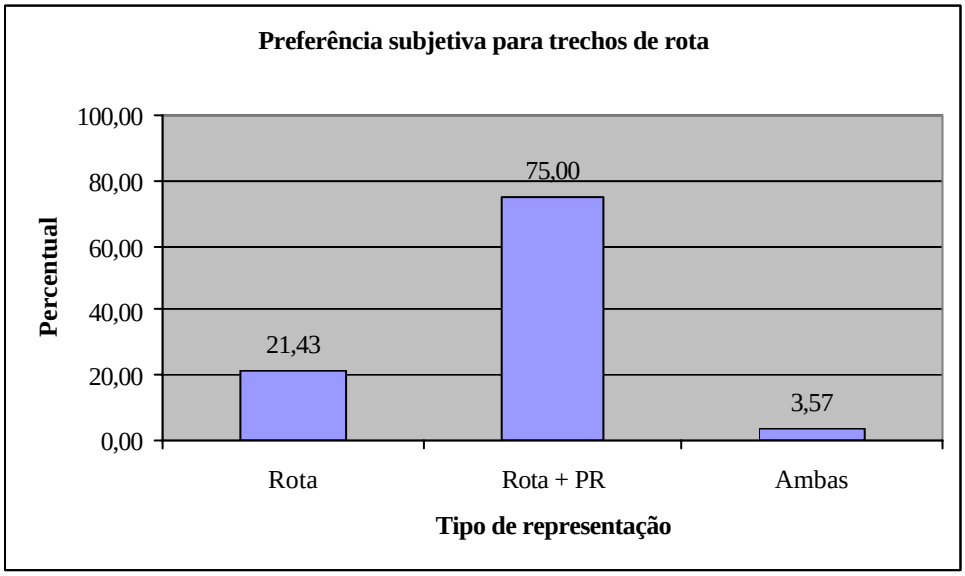


Figura 4.7 – Preferências subjetivas entre esquema de seta e mapa para manobra complexa.

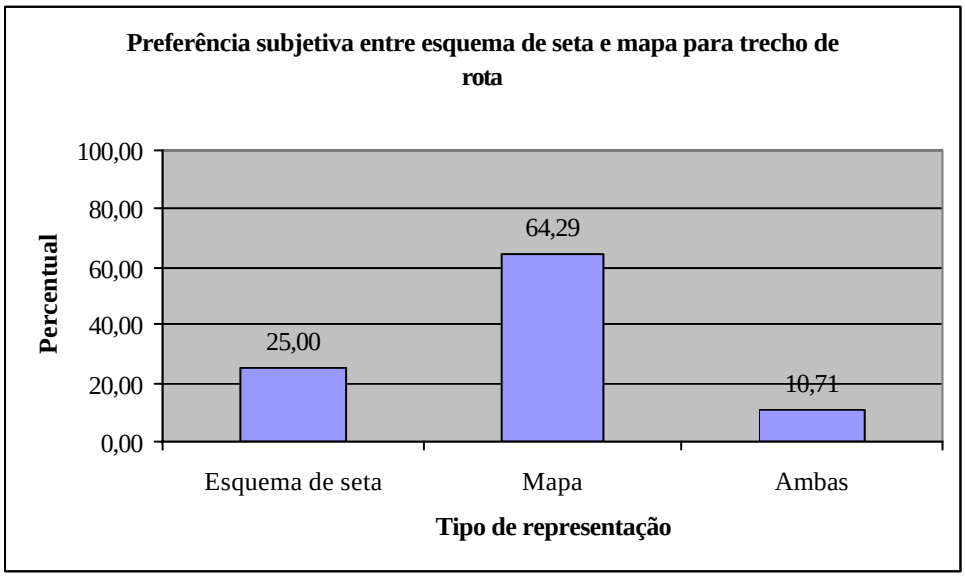


Figura 4.8 – Preferências subjetivas entre esquema de seta e mapa para trechos de rota.

A partir das declarações feitas pelos motoristas (APÊNDICE L), agrupou-se as respostas em três categorias de informação utilizadas durante as tarefas de navegação em automóvel: direção da manobra, distância até a manobra e localização e contexto espacial. Quanto à categoria direção da manobra, os motoristas querem saber para qual lado deverá manobrar (por exemplo, direita ou esquerda), a qual é fornecida tanto pelo Esquema de Seta quanto pelo Mapa. No caso da categoria distância até a manobra, as declarações indicam a necessidade de se preparar para realizar a manobra, tal como controlar a velocidade do

automóvel. Para a categoria localização e contexto espacial, os motoristas estão preocupados em saber onde estão em relação às referências urbanas (por exemplo, os pontos de referência, vias, limites, zonas e pontos nodais), ou seja, aqueles elementos do espaço urbano determinados por Lynch (1960).

O Quadro 4.1 apresenta os motivos declarados pelos motoristas quanto à preferência pelo mapa. Há uma ênfase na questão de que o mapa tem mais referências e informações, tais como quadras, vias, cruzamentos, possibilidade de dimensionar distâncias (escala) para avaliar o progresso da viagem, etc. No caso da manobra complexa, 32,14% de todos os participantes declararam que o Esquema de Seta se apresentava mais claro e fácil de entender, além disso, 21,42% utilizaram a expressão "eu acho" para confirmar sua resposta pelo Mapa ou pelo Esquema de Seta. Este resultado pode estar relacionado com a forma irregular da seta, associada à complexidade da manobra e, também, pela própria complexidade dos trechos diagonais de rota percorridos (Figura 3.38), os quais criam uma tensão visual na composição (DONDIS, 2003). É importante notar que o fator sexo não teve influência nas respostas. Com relação à vantagem do Mapa sobre o Esquema de Seta, de acordo com as respostas declaradas, pôde-se identificar algumas expressões em comum, tais como "segurança" e "conforto", as quais podem estar relacionadas com as três categorias de respostas apontadas anteriormente.

Quadro 4.1 Categorias das respostas dos motoristas para a modalidade Mapa.

Categoria	**Motivo**
Localização e contexto espacial	Onde estou em relação...? - às quadras - ao trecho atual da rota - às vias ao arredor - aos becos antes da manobra - previsão depois da manobra: padrão do trecho de rota a ser percorrido
Distância para chegar na manobra	- distância até a manobra - número de vias até a manobra
Direção	- direita ou esquerda

Portanto, o resultado desta pesquisa corrobora as pesquisas de Ross et al. (1995) e Labiale (2001), de que os motoristas preferem informações complexas para navegação em automóvel e manutenção na rota, tal como mapa, porque querem conhecer a localização e o contexto espacial em que se encontram.

4.4.2 Demanda visual em mapa

No processo de escolha das representações para a análise da demanda visual, considerou-se dois fatores importantes. O primeiro deles esteve relacionado com a complexidade da interferência visual urbana, de modo que a escolha foi realizada em locais de demanda visual externa ao automóvel parecida, em termos de logomarcas do comércio, fluxo de veículos de pedestres, etc. (no centro da cidade ou em proximidades). O segundo fator foi não selecionar as representações que apareceram pela primeira vez ao motorista, para não interferir nos resultados das análises. Toda vez que um novo tipo de representação apareceu, a mesma foi ignorada do grupo de mapas selecionados para as análises. Assim, dividiu-se a análise da demanda visual em seis partes, de acordo com os seguintes fatores:

1) Tipos de representação (**rota**, **rota + seta**, **rota + seta cintilante**, **rota + PR** e **rota + seta + PR**) em manobra simples, para trecho de rota regular;
2) Tipo de representação de **rota** em manobra simples, para trecho de rota regular e trecho de rota irregular;
3) Tipo de representação de **rota + seta** em manobra simples e manobra complexa, para trecho de rota regular;
4) Sexo;
5) Experiência com mapas;
6) Habilidade espacial.

É importante ressaltar que, a análise estatística com a Prova de Wilcoxon ou Mann-Whitney considera o grau de confiabilidade como a diferença do nível de significância obtido (1 - ?) multiplicada por 100.

4.4.2.1 Fator tipo de representação em manobra simples

Analisou-se um total de cinco tipos de representação para trecho de rota regular em manobra simples: rota (Figura 3.37), rota + seta (Figura 3.39), rota + seta cintilante (Figura 3.41 e Figura 3.42), rota + PR (Figura 3.43) e rota + PR + seta (Figura 3.44). A Tabela 4.1 apresenta os valores da mediana (ponto médio do conjunto) para cada tipo de representação em relação às seguintes variáveis: número de olhadas, duração máxima das olhadas e soma das durações das olhadas. Com relação à mediana, fez-se uma análise preliminar dos dados representados na Tabela 4.1, os quais mostram a relação da demanda visual entre os diferentes tipos de representação.

Assim, pode-se observar que quanto à mediana do número de olhadas, a representação **rota + PR** obteve o maior valor e a **rota + seta cintilante** obteve o menor. Quanto à mediana da duração máxima das olhadas, a representação **rota + PR** atingiu a maior demanda do grupo, enquanto que a de **rota + seta cintilante** alcançou a menor demanda. Além disso, as representações de **rota + seta** e **rota + seta + PR** obtiveram o segundo menor valor. Com relação à mediana da soma das durações das olhadas, verificou-se que a representação de **rota + PR** foi a que demandou maior atenção para o monitor, enquanto que o menor valor aconteceu para a representação de **rota + seta cintilante**.

Tabela 4.1 – Mediana das variáveis de demanda visual para o fator TIPO DE REPRESENTAÇÃO em manobra simples.

Tipo de representação	**Número de olhadas (padronizada)**	**Duração máxima (em segundos)**	**Soma da duração (padronizada)**
Rota	2 (1 – 3)	1,33 (0,32 – 3,52)	2,13 (0,73 – 5,20)
Rota + seta	2 (1 - 5)	1,13 (0,48 – 5,13)	2,08 (0,48 – 7,77)
Rota + seta cintilante	2 (1 - 3)	1,12 (0,48 – 3,28)	1,92 (0,48 – 5,12)
Rota + PR	3 (1 - 5)	1,49 (0,48 – 4,00)	4,58 (0,72 – 6,32)
Rota + PR + seta	2 (1 - 6)	1,13 (0,48 – 4,16)	2,53 (0,72 – 5,28)

Com relação à análise estatística do nível de significância, aplicou-se a Prova de Wilcoxon nos dados coletados e o resultado do processamento é mostrado na Tabela 4.2, a qual apresenta a caracterização das variáveis de demanda visual (número de olhadas,

duração máxima e soma das durações das olhadas) entre os diferentes tipos de representações para manobra simples.

A partir do teste de significância (Tabela 4.2), pode-se afirmar que a representação de **rota + PR** teve um número de olhadas significativo (maior) à de **rota** (**98,48%)**, à de **rota + seta** (**95,45%**), e também em relação à de **rota + seta cintilante** (**99,68%**). A representação com **PR** aumentou o número de olhadas, provavelmente, porque o símbolo apresentou significativo grau de complexidade e profusão de detalhes para manter semelhança com seu equivalente no mundo real. Esta representação tridimensional do **PR**, conforme vista pelo motorista e sugerida por Lee et al. (2001, p. 90-95), apresentou excesso de detalhes, ainda que simplificada. Conforme o modelo de estágios de processamento da informação visual descrito por Klatzky (1975) apud Peterson (1995, p. 27), pode-se considerar que a detecção do objeto ocorreu na memória icônica e a identificação do mesmo na memória de curta duração e este processamento pode ter demandado um tempo significativamente maior em função do excesso de unidades que compõem o **PR**, que não só foi representado em perspectiva, quanto se utilizou várias cores e, por isto, exigiu maior **tempo** da atenção do motorista. Portanto, o fator complexidade do **PR** pode ter dificultado a rapidez de leitura do mapa. Por outro lado, a representação de **seta** definiu bem a manobra por ser auto-explicativa, além de ser uma forma muito simples, constituída de, somente, três elementos (parte anterior à manobra, parte posterior à manobra e seta de direção), de acordo com a leitura visual da forma baseada em Gomes Filho (2002, p. 109) e Granha (2002). Contudo, a baixa demanda visual da representação de **rota** em relação à de **rota + PR** (**98,48%**) poderia ser explicada pelo fato de possuir menor quantidade de elementos gráficos para auxiliar a direção da manobra.

Ainda, quanto ao número de olhadas (Tabela 4.2), encontrou-se que a representação de **rota + PR** teve demanda visual maior que a de **rota + seta cintilante**, com **99,68%** de grau de confiabilidade. Isto mostra que a representação do **PR**, como neste caso, parece causar mais ruído e perturbação na atenção visual que a **seta cintilante**. Além disso, o efeito de **cintilação** na **seta** para a representação de **rota + seta cintilante**, provavelmente, foi detectado rapidamente pela visão periférica e atraiu a atenção visual para o alvo (neste caso, a manobra), o que teria facilitado a memorização (a seta é simples e a cintilação é persistente). Os resultados desta pesquisa confirmam que a cintilação é eficiente para destacar informações importantes, tal como a execução de tarefas simples, conforme apresentado na literatura

(DIBIASI et al. 1992 apud MACEACHREN, 1995, p. 126-127; TVERSKY et al., 2002, p. 257; HO e LI, 2002; BODNER e MACKENZIE, 1997, p. 1997).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.2, parece haver uma tendência significativa no número de olhadas (**89,97%**), em que as pessoas olharam mais para a representação de **rota + seta + PR** do que para a de **rota + seta cintilante**. Um provável motivo, ainda continua sendo o significativo grau de complexidade e profusão de detalhes da representação do **PR** como mencionado anteriormente. Neste caso, a **seta cintilante** pareceu mais eficiente por ter exigido menor demanda visual. Ainda, pode-se considerar que o acréscimo da **seta** na representação de **rota + PR** poderia ter diminuído a complexidade de leitura da informação de direção de manobra, pois, as pessoas tenderiam a ver a seta mais rapidamente devido à **cor** (WERTHEIMER, 1923 apud MACEACHREN, 1995; FORREST e CASTNER, 1985; DENT, 1993) e interpretado mais rapidamente devido à simplicidade da forma (MACEACHREN, 1995; FRUTIGER, 2001; GOMES FILHO, 2002, DONDIS, 2003).

No caso da duração máxima das olhadas, obteve-se uma demanda expressiva (muito maior) na representação de **rota + PR** em relação à de **rota + seta cintilante**, com **97,09%** de confiabilidade. Além disso, parece haver uma forte tendência da demanda visual da representação de **rota** (**89,99%**) ser maior, em relação à de **rota + seta cintilante**. Novamente, a representação com **seta cintilante** apresentou menor demanda visual que as representações com **PR**, visto que a cintilação, possivelmente, pode ter favorecido a atenção visual na região periférica do olho para reconhecer o alvo (BERTIN, 1983; TRAVIS, 1990 apud MACEACHREN, 1995; PETERSON, 1995; TVERSKY et al., 2002; DONDIS, 2003; ARHEIM, 2004). Da mesma maneira que explicado para o número de olhadas, a demanda visual da representação de **PR** pode ter sobrecarregado o processamento da informação visual (memória icônica versus memória de curta duração) pelo fato da mesma conter várias unidades perceptivas.

De acordo com a Tabela 4.2, para o caso da soma das durações das olhadas, verificou-se que a representação de **rota + PR** apresentou maior demanda que a de **rota**, com **96,95%** de grau de confiabilidade e, novamente, a representação de **rota + PR** (**99,72%**) obteve altíssima demanda em relação à de **rota + seta cintilante**. Além disso, parece haver duas tendências significativas na soma das durações das olhadas devido à presença do **PR**. Na primeira, a representação de **rota + PR** (**94,51%**) teve maior demanda que a de **rota + seta** e, na segunda, a de **rota + seta + PR** (**92,94%**) obteve maior demanda em relação à de **rota + seta cintilante**. Portanto, da mesma maneira que a demanda visual ocorrida no número de

olhadas e na duração máxima das olhadas, os indícios apontam que a representação de **PR** exigiu maior atenção para o monitor de navegação (maior tempo no processamento da informação) porque, provavelmente, apresentou elevado grau de complexidade, em função das diversas unidades compositivas (formas e cores).

Com relação à baixa demanda visual das representações de **rota + seta**, **rota + seta + PR**, pode-se concluir também que, possivelmente, tenha ocorrido um processamento de atenção visual seletivo (POMERANTZ, 1985 apud MACEACHREN, 1995, p. 80-86), favorecido pelo agrupamento perceptivo de similaridade (cor) e proximidade (WERTHEIMER, 1923 apud MACEACHREN, 1995, p. 71, FRUTIGER, 2001; GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003) entre as representações de automóvel e seta, ambos em uma única cor. Portanto, o matiz vermelho do automóvel e da seta estática criaria uma só unidade perceptiva, o que tornaria a leitura mais rápida. Além disso, pelo uso de cor quente, estes elementos avançariam como figura, de acordo com as características de avanço e recuo da percepção de cores (DENT, 1993, p. 311-318). Embora o automóvel e a seta sejam objetos de formas diferentes, foram agrupados pela cor comum. Isto confirma as constatações de Forrest e Castner (1985), os quais apontam que a **cor** é a característica mais dominante na seleção de um objeto estático e que o vermelho é altamente perceptivo na visão da fóvea (MACEACHREN, 1995, p. 126). Contudo, o maior favorecimento do processo de atenção visual seletivo para a informação principal de direção de manobra ocorreu para a representação de **rota + seta cintilante**, visto que o movimento (neste caso, a cintilação) tem supremacia sobre todas as outras formas gráficas de representação (BERTIN, 1983; MACEACHREN, 1995; PETERSON, 1995; DONDIS, 2003; ARHEIM, 2004).

Por outro lado, é importante notar a ocorrência da baixa diferença na demanda visual entre as representações de **rota** e **rota + seta**, **rota + seta** e **rota + seta cintilante** e, **rota + seta** e **rota + seta + PR** (Tabela 4.2). Quanto à de **rota** e a de **rota + seta**, pode-se notar altos níveis de significância para o número de olhadas (**? = 0,8207**) e para a soma das durações das olhadas (**? = 0,8831**). Isto parece indicar que o acréscimo da **seta** na representação de **rota** causou pouco aumento da demanda visual.

Para as representações de **rota + seta** e **rota + seta cintilante**, pode-se observar que, embora a diferença na demanda não seja significativa, existe uma tendência para o aumento desta diferença (**? = 0,4677** para o número de olhadas, **? = 0,5617** para a duração máxima das olhadas e **? = 0,2499** para a soma das durações das olhadas). Portanto, a cintilação parece diminuir a demanda visual na representação de **rota + seta**.

Tabela 4.2 – Representação estatística das variáveis de demanda visual com relação à influência dos diferentes tipos de representação para manobra simples.

Número de olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Rota e Rota + seta	27.037	27.962	0.8207	Não
Rota e **Rota + PR**	**22.851**	32.964	0.0152	**SIM**
Rota e Rota + seta cintilante	28.870	26.129	0.4967	Não
Rota e Rota + seta + PR	25.462	29.537	0.3170	Não
Rota + seta e Rota + seta cintilante	28.981	26.018	0.4677	Não
Rota + seta e **Rota + PR**	**23.722**	32.125	0.0455	**SIM**
Rota + seta e Rota + seta + PR	26.000	29.000	0.4672	Não
Rota + seta cintilante e **Rota + seta + PR**	24.166	30.833	0.1003	**NÃO ***
Rota + seta cintilante e **Rota + PR**	**21.777**	34.000	0.0032	**SIM**
Duração máxima				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (SAS)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Rota e Rota + seta	29.333	25.666	0.3912	Não
Rota e Rota + PR	26.888	29.071	0.6133	Não
Rota e **Rota + seta cintilante**	**31.018**	**23.981**	0.1001	**NÃO ****
Rota e Rota + seta + PR	28.888	26.111	0.5163	Não
Rota + seta e Rota + seta cintilante	28.740	26.259	0.5617	Não
Rota + seta e Rota + PR	25.240	30.660	0.2094	Não
Rota + seta e Rota + seta + PR	27.148	27.851	0.8693	Não
Rota + seta cintilante e Rota + seta + PR	25.222	29.777	0.2870	Não
Rota + seta cintilante e **Rota + PR**	**23.203**	**32.625**	0.0291	**SIM**
Soma das olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (SAS)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Rota e Rota + seta	27.185	27.814	0.8831	Não
Rota e **Rota + PR**	**23.240**	**32.589**	0.0305	**SIM**
Rota e Rota + seta cintilante	29.962	25.037	0.2499	Não
Rota e Rota + seta + PR	26.259	28.740	0.5622	Não
Rota + seta e Rota + seta cintilante	29.611	25.388	0.3239	Não
Rota + seta e **Rota + PR**	**23.777**	**32.071**	0.0549	**NÃO ***
Rota + seta e Rota + seta + PR	26.555	28.444	0.6590	Não
Rota + seta cintilante e **Rota + seta + PR**	**23.629**	**31.370**	0.0706	**NÃO ***
Rota + seta cintilante e **Rota + PR**	**21.425**	**34.339**	0.0028	**SIM**

* tendência significativa.
** forte tendência.

No caso das representações de **rota + seta** e **rota + seta + PR** ocorreu médio nível de significância para o número de olhadas (**? = 0,4672**), um baixo nível para a duração máxima das olhadas (**? = 0,8693**) e uma tendência para alto nível de significância no

caso da soma das durações das olhadas (**? = 0,6590**). Sendo assim, percebe-se que, o acréscimo do **PR** não parece causar diferença significativa na demanda visual entre estas representações que exibem a **seta** de manobra.

4.4.2.2 Fator tipo de representação de rota em manobra simples para trechos regular e irregular

Considerando-se o caso de manobra simples e a complexidade do trecho de rota em que o automóvel se encontra, analisou-se a representação de **rota** para trecho regular (Figura 3.37) e trecho irregular (Figura 3.38). A Tabela 4.3 apresenta o resultado da mediana do número de olhadas, da duração máxima das olhadas e da soma das durações das olhadas. Fez-se uma análise preliminar destes dados por meio da mediana, a qual mostra o desempenho das representações cartográficas, a partir da relação das variáveis de demanda visual. Quanto à média do número de olhadas, a representação de **rota** em trecho irregular apresentou maior demanda que a de **rota** em trecho regular. Para a média da duração máxima das olhadas, a **rota** em trecho irregular também obteve maior demanda visual que a **rota** em trecho regular. Além disso, a mediana da soma das durações das olhadas foi maior para a **rota** em trecho irregular.

Tabela 4.3 – Mediana das variáveis de demanda visual para o fator representação de ROTA em manobra simples para trechos de rota regular e irregular.

Tipo de representação	**Número de olhadas (padronizada)**	**Duração máxima (em segundos)**	**Soma da duração das olhadas (padronizada)**
Rota - trecho regular	2 (1 – 3)	1,33 (0,32 – 3,52)	2,13 (0,73 – 5,20)
Rota - trecho irregular	3 (1 – 5)	1,50 (0,72 – 4,56)	3,36 (1,04 – 7,78)

Aplicou-se a Prova de Wilcoxon nas variáveis de demanda visual da representação de **rota** para trecho de rota regular (Figura 3.37) e trecho de rota irregular (Figura 3.38). Conforme apresenta a Tabela 4.3, o número de olhadas e a soma das durações das olhadas são significativamente maiores para o trecho irregular. Entretanto, a duração máxima das olhadas entre os dois tipos não apresenta relação significativa.

Os resultados dos testes de significância confirmam que a representação de **rota** no trecho irregular teve um número de olhadas maior, e extremamente significativo (**99,17%**) em relação ao trecho regular e, o mesmo ocorreu para a soma das durações das olhadas (**99,71%**). Além disso, parece haver uma tendência com relação a uma maior duração máxima das olhadas na representação de rota em trecho irregular (**73,40%**). Na representação com trecho irregular, os vários trechos de rota nas direções diagonais podem ter causado instabilidade e tensão visual (DONDIS, 1991, p. 42) para a representação, e insegurança (FRUTIGER, 2001, p. 9) no motorista, por ter estabelecido uma relação de incoerência e ambigüidade (GOMES FILHO, 2002, p. 83-90) entre a direção da manobra e as direções dos fragmentos do trecho de rota. Por conseguinte, a alta demanda visual para o trecho irregular pode ser considerada como o resultado de um processamento de busca visual serial (MACEACHREN 1995, p. 86) na tentativa de reconhecer a direção da manobra. Assim, a demanda visual da representação de **rota** para trecho irregular não é adequada, porque nem sempre a configuração dos fragmentos dos trechos apresentou relação de equilíbrio vertical e horizontal (FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003) da orientação egocêntrica (para frente / para trás, direita / esquerda) do motorista com a direção da manobra (direita - esquerda).

Tabela 4.4 – Representação estatística das variáveis de demanda visual com relação à influência da representação de rota para manobra simples em diferentes trechos de rota.

Número de olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Trecho regular e **Trecho irregular**	**22.444**	**33.357**	0.0083	**SIM**
Duração máxima das olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Trecho regular e **Trecho irregular**	**25.555**	**30.357**	0.2660	NÃO ***
Soma das olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Trecho regular e **Trecho irregular**	**21.444**	**34.321**	0.0029	**SIM**

*** fraca tendência

Outra razão para a alta demanda visual na representação de **rota** no trecho irregular pode ser atribuída ao efeito de rotação do mapa pouco depois do disparo do *beep*,

pois este movimento teria atraído a atenção para o monitor. Além disso, a rota por si só nem sempre informa a direção da manobra (direita ou esquerda), senão o próprio trajeto a ser seguido durante a preparação para mudança de direção. Essa rotação pode ter causado ruído na leitura da manobra e, possivelmente, resultado em duas avaliações visuais em um curto intervalo de tempo. Deve-se enfatizar que uma relação de equilíbrio horizontal-vertical é importante como base consciente e inconscientemente para fazer avaliações visuais (DONDIS, 2003). Logo, a representação de **rota** não é adequada para trechos de rota irregulares com características parecidas com a Figura 3.38.

4.4.2.3 Fator tipo de representação de rota + seta em manobras simples e complexa para trecho regular

Quanto ao caso da representação de **rota + seta** em manobra simples (Figura 3.39) e manobra complexa (Figura 3.40) para trecho de rota regular, a Tabela 4.5 apresenta o resultado da mediana para as variáveis de número de olhadas, duração máxima das olhadas e soma das durações das olhadas entre as representações de **rota + seta**.

Tabela 4.5 – Mediana das variáveis de demanda visual para a representação de rota + seta em manobra simples e manobra complexa.

Tipo de representação	**Número de olhadas (padronizada)**	**Duração máxima (em segundos)**	**Soma da duração das olhadas (padronizada)**
Rota + seta (manobra simples)	2 (1 - 5)	1,13 (0,48 – 5,13)	2,08 (0,48 – 7,77)
Rota + seta (manobra complexa)	3 (1 - 5)	1,63 (0,48 – 3,33)	3,85 (0,64 – 7,38)

A análise estatística com a Prova de Wilcoxon (Tabela 4.6) revela a relação de demanda visual (número de olhadas, duração máxima e soma das durações das olhadas) existente entre as representações de **rota + seta** para trechos de rota regular em manobra simples (Figura 3.39) e manobra complexa (Figura 3.40). A partir do teste de significância, pode-se afirmar que o número de olhadas para a representação de **rota + seta** na manobra

complexa foi significativamente maior em relação à de **rota + seta** na manobra simples, com grau de confiabilidade de **96,02%**. De maneira parecida, a duração máxima das olhadas na de **rota + seta** para a manobra complexa foi significativa em relação à de **rota + seta** para a manobra simples, com **97,75%** de confiabilidade. Quanto à soma das durações das olhadas, a representação de **rota + seta** na manobra complexa teve demanda significativa em relação à de **rota + seta** na manobra simples, com **96,02%** de confiabilidade (valor igual ao obtido no número de olhadas).

Tabela 4.6 – Representação estatística das variáveis de demanda visual com relação à influência da representação de rota + seta para manobra simples e manobra complexa.

Número de olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Manobra simples e **Manobra complexa**	**23.648**	**32.196**	0.0398	**SIM**
Duração máxima das olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Manobra simples e **Manobra complexa**	**22.981**	**32.839**	0.0225	**SIM**
Soma das olhadas				
Combinação de representação: Primeira e segunda	**Pontuação média (P. de Wilcoxon)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
	Primeira	**Segunda**		
Manobra simples e **Manobra complexa**	**23.481**	**32.357**	0.0398	**SIM**

Pode-se considerar que, provavelmente, o maior problema da demanda visual na representação de **rota + seta**, na manobra complexa, está na complexidade da representação da **seta**, a qual foi composta de um número maior de elementos para representar a parte anterior à manobra (duas unidades: linha diagonal para a direita e linha diagonal para a esquerda), a parte posterior à manobra (uma unidade: linha horizontal), bem como a direção da manobra (uma unidade: seta de direção de manobra). Portanto, este padrão estabelecido no projeto da seta pode não ter sido a melhor solução em termos de baixa demanda visual para representar a direção em manobra complexa, visto que a complexidade da manobra exigiu um número maior de detalhes na construção da **seta**, o qual pode ter causado instabilidade (DONDIS, 2003) na representação. Isto, consequentemente, pode ter influenciado no maior número de olhadas e na maior duração das olhadas para realizar a avaliação visual, e a falta de

equilíbrio visual (DONDIS, 2003) na representação da seta (parte anterior à manobra com linhas diagonais), pode ter causado insegurança (FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003) no motorista.

4.4.2.4 Fator sexo

A análise que considera o fator sexo pretendeu verificar se existem diferenças de demanda visual entre os homens e as mulheres. Assim, aplicou-se o teste de Mann-Whitney nos dados de demanda visual levantados nos testes de navegação para 14 homens e 14 mulheres. As representações utilizadas consideram somente o caso de manobras simples (**rota**: Figura 3.37, **rota + seta**: Figura 3.39, **rota + seta cintilante**: Figura 3.41 e Figura 3.42, **rota + PR**: Figura 3.43, **rota + seta + PR**: Figura 3.44).

A Tabela 4.7 apresenta os níveis de significância para as variáveis de número de olhadas, duração máxima das olhadas e soma das durações das olhadas. Logo, parece haver duas tendências significativas, além de uma forte e uma fraca tendência em que as mulheres (**F**) olharam mais para as representações de **rota** e de **rota + seta**. Neste caso, as mulheres apresentaram tendência significativa em **94,85%** (de confiabilidade) no número de olhadas para a representação de **rota + seta**, enquanto que houve uma média tendência em **84,08%** na duração máxima das olhadas para a representação de **rota**. Além disso, ocorreu uma forte tendência **(90,10%)** e uma fraca tendência (**78,45%)** na soma das durações das olhadas para as representações de **rota** e de **rota + seta**, respectivamente.

No caso das mulheres, a representação de **rota** (Figura 3.37) pode ter exigido alta demanda visual porque, possivelmente, apresentam menor habilidade de rotação mental que os homens, conforme verificado nos testes de Dabbs et al. (1997), e por isto procuram pontos de referência e outros elementos que indicam direções do tipo direita e esquerda (DABBS et al., 1997). Além disso, o mapa com representação de **rota + seta** (Figura 3.39) pode ter causado maior demanda visual nas mulheres porque possui trechos de rota inclinados (anterior e posterior ao trecho em que o automóvel se encontra) e a parte da seta que indica a parte posterior à manobra também se apresentou inclinada em, aproximadamente, 40º a partir do eixo sentido horizontal, da esquerda para a direita. Portanto, esta menor relação de horizontalidade e verticalidade da seta, bem como a possibilidade de

uma tensão visual (FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003) dos trechos de rota poderia ter aumentado o tempo da avaliação visual nas mulheres, uma vez que utilizam "orientações" bem definidas do tipo 'direita e esquerda' (DABBS et al., 1997). Portanto, em relação ao fator sexo, as mulheres passaram maior tempo olhando para o monitor.

Por outro lado, ao nível de significância considerado nas análises (**? = 0,05**), a representação de **rota + seta cintilante** teve demanda visual pouco diferente entre os homens e as mulheres (Tabela 4.7). Possivelmente, a **rota + seta cintilante** favoreceu a atenção seletiva e a rápida compreensão da informação de direção de manobra, de maneira parecida entre as pessoas de ambos os sexos, por causa da supremacia do efeito de cintilação (BERTIN, 1983; MACEACHREN, 1995; PETERSON, 1995; DONDIS, 2003; ARHEIM, 2004).

Tabela 4.7 – Representação estatística das variáveis de demanda visual (**NO** = número de olhadas, **DM** = duração máxima e **SO** = soma das olhadas) para cada tipo de representação, em relação ao fator **sexo**.

Tipo de representação	**Demanda visual**	**Pontuação média (Mann-Whitney)**		**Aproximação Normal (?)**	**A diferença é significativa?**
		M	**F**		
Rota	NO	12.576	15.321	0.3406	Não
	DM	**11.769**	**16.071**	0.1592	**NÃO ****
	SO	**11.384**	**16.428**	0.0990	**NÃO ***
Rota + seta	NO	**11.250**	**16.961**	0.0515	**NÃO ***
	DM	13.785	14.230	0.8838	Não
	SO	**12.178**	**15.961**	0.2155	**NÃO *****
Rota + seta cintilante	NO	15.461	12.642	0.3254	NÃO
	DM	13.000	14.928	0.5279	NÃO
	SO	14.692	13.357	0.6622	NÃO
Rota + PR	NO	13.642	15.357	0.5679	Não
	DM	13.392	15.607	0.4758	Não
	SO	14,071	14,928	0,7828	Não
Rota + seta + PR	NO	15.000	12.923	0.4760	Não
	DM	13.857	14.153	0.9226	Não
	SO	14.571	13.384	0.6977	Não

* forte tendência
** média tendência
*** fraca tendência

4.4.2.5 Fator experiência com mapa

Neste caso, pretendeu-se verificar a existência de diferenças na demanda visual entre as pessoas que possuem diferentes níveis de experiência com mapas. A partir das respostas advindas do questionário aplicado junto aos motoristas, e considerando-se somente a categoria experiência com meios de comunicação, verificou-se que os motoristas tiveram importantes diferenças nos itens experiência com mapa em papel e experiência com mapa digital. Logo, considerou-se somente estas duas classes, enquanto as demais não foram utilizadas porque as respostas foram praticamente homogêneas. Em seguida, considerando-se tanto mapa em papel quanto mapa digital, atribuiu-se um peso, o qual variou em função da freqüência com que o participante havia utilizado, e depois calculou-se a média geral para os dois itens. O resultado foi um conjunto de dois grupos de motoristas com diferenças na experiência com mapa, conforme o resultado dos cálculos: 14 acima e 14 abaixo da média. A partir dos cálculos pôde-se aplicar o teste de Mann-Whitney nos dados de demanda visual levantados nos testes de navegação. Da mesma maneira que feito para o fator sexo, as representações utilizadas consideram somente o caso de manobras simples (**rota**: Figura 3.37, **rota + seta**: Figura 3.39, **rota + seta cintilante**: Figura 3.41 e Figura 3.42, **rota + PR**: Figura 3.43, **rota + seta + PR**: Figura 3.44).

Os resultados do teste (Tabela 4.8) indicam um total de três tendências (forte, média e fraca) e um resultado de significativa demanda visual para o grupo de pessoas que declarou maior experiência com mapa, visto que teve maior demanda visual. Quanto ao número de olhadas, houve uma média tendência para os mais experientes terem olhado mais para a representação de **rota** (**83,57%**), em relação aos menos experientes. Além disso, há duas fracas tendências (indícios) de que os mais experientes, também, olharam mais vezes para as representações de **rota + PR** (**73,67%**) e **rota + seta + PR** (**75,84%**), em relação aos menos experientes. Quanto à duração máxima das olhadas, verificou-se uma forte tendência, também, nas pessoas com maior experiência olharem mais, que as menos experientes, para a representação de **rota + seta** (**93,92%**) e, da mesma maneira, uma média tendência para a representação de **rota** (**81,82%**). Entretanto, a soma das durações das olhadas foi significativa para a representação de **rota** (**95,85%**) no caso das pessoas mais experientes, além de apresentar forte tendência para a representação de **rota + seta** (**90,13%**) e fraca tendência para a de **rota + seta + PR** (**78,43%**). Provavelmente, estes resultados indicam que as pessoas

de maior experiência com mapas poderiam buscar mais elementos na representação, visto que a busca visual pode depender dos fatores de conhecimento, interesse e expectativa da cena (YANG et al., 2002, p. 1; DONDIS, 2003, p. 133-134).

Por outro lado, vale lembrar que a representação de **rota + seta cintilante** foi a que apresentou menor demanda visual de todas as representações testadas anteriormente. Considerando-se o caso da cintilação, o fator experiência com mapa apresentou demanda visual parecida nas pessoas que declararam possuir experiência com mapas acima e abaixo da média (Tabela 4.8). Ou seja, neste caso, o fator cintilação não apresentou demanda visual significativamente diferente entre os dois grupos.

Tabela 4.8 – Representação estatística das variáveis de demanda visual (**NO** = número de olhadas, **DM** = duração máxima e **SO** = soma das olhadas) para cada tipo de representação em relação ao fator experiência com mapa (**MAE** = maior experiência, **MEE** = menor experiência).

Tipo de representação	Demanda visual	Pontuação média (Mann-Whitney)		Aproximação Normal (?)	A diferença é significativa?
		MAE	MEE		
Rota	NO	**15.928**	**11.923**	0.1643	**NÃO ****
	DM	**15.964**	**11.884**	0.1818	**NÃO ****
	SO	**17.000**	**10.769**	0.0415	**SIM**
Rota + seta	NO	14.892	13.038	0.5273	Não
	DM	**16.750**	**11.038**	0.0608	**NÃO ***
	SO	**16.428**	**11.384**	0.0987	**NÃO ***
Rota + seta cintilante	NO	13.230	14.714	0.6048	NÃO
	DM	14.961	13.107	0.5439	NÃO
	SO	13.692	14.285	0.8460	NÃO
Rota + PR	NO	**16.178**	**12.821**	0.2633	**NÃO *****
	DM	13.000	16.000	0.3340	Não
	SO	15.000	14.000	0.7477	Não
Rota + seta + PR	NO	**15.769**	**12.357**	0.2416	**NÃO *****
	DM	15.038	13.035	0.5120	Não
	SO	**15.961**	**12.178**	0.2157	**NÃO *****

* forte tendência
** média tendência
*** fraca tendência

4.4.2.6 Fator habilidade espacial

A habilidade espacial é um fator que pode ser determinado a partir de testes específicos conforme realizados por Dabbs et al. (1997) e Hooven (2004). Contudo, esta pesquisa considerou somente a habilidade espacial declarada pelos participantes do teste, e pretendeu examinar se existem diferenças de demanda visual entre as pessoas que possuem diferentes níveis de habilidade espacial. De acordo com as respostas da categoria habilidade espacial declaradas pelos motoristas, foi possível calcular um valor médio e determinar os motoristas que possuem habilidade acima e abaixo da média. Para cada resposta foi atribuído um peso, o qual variou em função da habilidade declarada e, dessa forma, quanto maior a habilidade, maior foi o peso atribuído. O resultado foi um total de 18 motoristas com habilidade superior e 10 motoristas com habilidade inferior à média. Logo, aplicou-se o teste de Mann-Whitney nos dados de demanda visual levantados nos testes de navegação, em função da habilidade espacial calculada, para as representações de manobra simples (**rota**: Figura 3.37, **rota + seta**: Figura 3.39, **rota + seta cintilante**: Figura 3.41 e Figura 3.42, **rota + PR**: Figura 3.43, **rota + seta + PR**: Figura 3.44), da mesma maneira que feito para os fatores sexo e experiência com mapas.

A partir do método de determinação da habilidade espacial descrita anteriormente, pode-se verificar que os resultados apresentam poucas diferenças entre as pessoas com habilidade espacial abaixo e acima da média (Tabela 4.9). Ainda, observa-se que houve uma tendência significativa no número de olhadas para a representação de **rota + seta** (**94,39%**) nas pessoas com habilidade espacial abaixo da média. Da mesma maneira, ocorreu uma forte tendência no número de olhadas para as representações de **rota + seta cintilante** (**81,94%**), **rota + PR** (**87,64%**) e **rota + seta + PR** (**85,49%**). Na maioria dos casos, pode-se considerar que as pessoas de habilidade espacial abaixo da média tiveram maior interesse em buscar informações no mapa, provavelmente, para confirmarem sua localização no espaço e sua direção de manobra. Por outro lado, um resultado extremamente **significativo** na demanda ocorreu para as pessoas com habilidade espacial acima da média, visto que tiveram a duração máxima das olhadas maior para a representação de **rota + seta + PR** (**99,46%**). Logo, baseado nas respostas subjetivas, os resultados parecem indicar que o fator habilidade espacial parece não apresentar diferença significativa.

Tabela 4.9 – Representação estatística das variáveis de demanda visual (**NO** = número de olhadas, **DM** = duração máxima e **SO** = soma das olhadas) para cada tipo de representação em relação ao fator habilidade espacial.

Tipo de representação	Demanda visual	Pontuação média (Mann-Whitney)		Aproximação Normal (?)	A diferença é significativa?
		Alta	Baixa		
Rota	NO	13.277	15.444	0.4778	Não
	DM	15.166	11.666	0.2799	Não
	SO	14.055	13.888	0.9590	Não
Rota + seta	NO	**11.852**	**17.650**	0.0561	**NÃO ***
	DM	13.911	14.150	0.9398	Não
	SO	13.323	15.150	0.5633	Não
Rota + seta cintilante	NO	**12.529**	**16.500**	0.1806	**NÃO ****
	DM	15.323	11.750	0.2583	Não
	SO	14.411	13.300	0.7251	Não
Rota + PR	NO	**12.777**	**17.600**	0.1236	**NÃO ****
	DM	14.500	14.500	1.0000	Não
	SO	14.138	15.150	0.7553	Não
Rota + seta + PR	NO	**12.500**	**17.000**	0.1451	**NÃO ****
	DM	**17.000**	**8.000**	0.0054	**SIM**
	SO	15.250	11.500	0.2469	Não

* forte tendência
** média tendência

4.4.3 Preferência subjetiva: manobra simples e trecho de rota

O objetivo da análise foi determinar a representação cartográfica que os motoristas preferem para auxílio à manobra simples e à manutenção nos trechos de rota. Além disso, verificou se os resultados da preferência são influenciados pela diferença no sexo.

1. <u>Manobra simples</u>.

Quanto à manobra simples, o resultado do teste de preferência subjetiva para os diferentes tipos de representação em mapa é apresentado na Tabela 4.10 e no gráfico da Figura 4.9. Os resultados indicam que **39,29%** dos motoristas preferem representação de **rota + seta + PR** (APÊNDICE I - Figura I.26) em relação às demais (**rota**: APÊNDICE I - Figura I.22, **rota + seta**: APÊNDICE I - Figura I.23, **rota + seta cintilante**: APÊNDICE I - Figura I.24 e **rota + PR**: APÊNDICE I - Figura I.25). Isto pode estar associado com a necessidade de informação de direção (**seta**) e contexto espacial (**PR**). Contudo, percebe-se que há duas

tendências de preferências para a representação de **rota + seta** (**21,43%**) e de **rota + seta cintilante** (**21,43%**), as quais poderiam estar associadas somente com a necessidade de informação de direção. Por outro lado, pode-se afirmar que o fator sexo parece não influenciar as respostas (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 – Preferências subjetivas entre os diferentes tipos de representação para manobra simples.

Tipo de representação	**Preferência subjetiva (%)**	**Número de respostas pelo fator sexo (M / F)**
Rota	3,57	1 / 0
Rota + seta	21,43	2 / 4
Rota + seta cintilante	21,43	3 / 3
Rota + PR	14,29	1 / 3
Rota + seta + PR	39,29	6 / 5

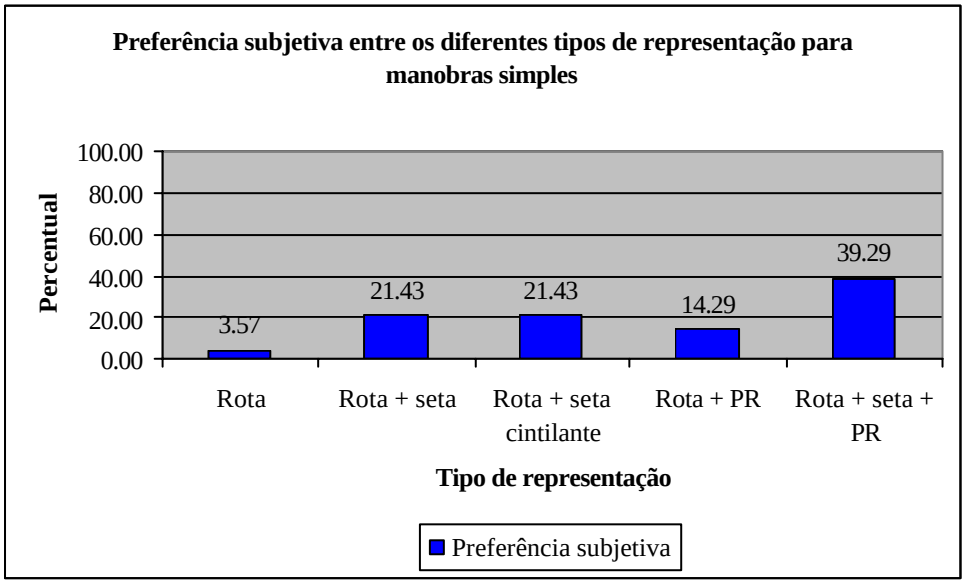


Figura 4.9 – Preferências subjetivas entre os diferentes tipos de representação para manobras simples.

Para verificar se o resultado obtido (rota + seta + PR) é significativo, aplicou-se o teste de hipótese Qui-quadrado conforme modelo apresentado na Tabela 4.11. O teste pretendeu verificar se a freqüência absoluta da representação de **rota + seta + PR** é significativamente diferente da distribuição da freqüência esperada. Para realizar este teste, juntou-se as observações de duas representações (**rota** e **rota + PR**) porque é necessário que as freqüências esperadas sejam maiores ou iguais a **5**. Logo, após a aplicação do teste,

conclui-se que o Qui-quadrado calculado (**3,1**) é menor que o tabelado (**7,81**). Portanto, ao grau de confiabilidade de **95%**, estatisticamente, não há diferença significativa para a preferência de **rota + seta + PR**.

Tabela 4.11 – Modelo para cálculo do teste Qui-quadrado sobre as preferências subjetivas de diferentes representações para manobras simples.

Tipo de representação	**Valores observados**	**Valor esperado**
Rota + seta + PR	11	7
Rota + seta	6	7
Rota + seta cintilante	6	7
Outros (Rota e Rota + PR)	5	7

A Figura 4.10 apresenta o gráfico com as razões das preferências subjetivas, declaradas pelos motoristas, em relação aos diferentes tipos de representação. Os fatos revelam que a preferência pela representação de **rota + seta** e de **rota + seta cintilante** apresenta relação com a necessidade de informação de direção de manobra, sem a presença de pontos de referência. Por outro lado, as representações de **rota + PR** e **rota + seta + PR** indicaram maior necessidade por informação de localização e contexto espacial. Uma constatação relevante é que muitos motoristas declararam maior preferência pelo semáforo, como ponto de referência importante para auxílio à manobra.

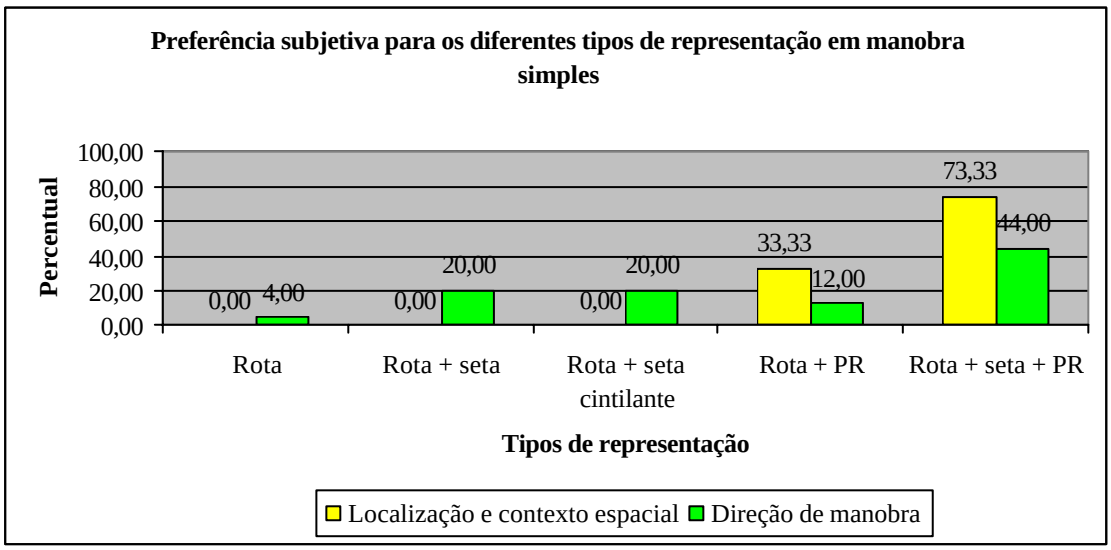


Figura 4.10 – Motivo favorável sobre a preferência subjetiva entre os diferentes tipos de representação para manobras simples.

2. <u>Trecho de rota</u>.

O resultado do teste de preferência subjetiva para as representações de **rota** (APÊNDICE I - Figura I.30) e de **rota + PR** (APÊNDICE I - Figura I.31) para manutenção em trechos de rota que não exigem manobras é apontado no gráfico da Figura 4.11. O resultado indica que **82,14%** dos motoristas preferem a representação de **rota + PR**, enquanto que **10,71%** preferem a de **rota**, e **7,14%** afirmam que ambas as representações são adequadas. De acordo com as declarações dos motoristas, a representação de **rota + PR** permite verificar se estão se mantendo no caminho correto e, ainda, somente as referências notáveis são importantes durante a manutenção no trecho de rota. Outra constatação relevante, para manutenção em trechos de rota, é que os motoristas afirmaram a necessidade por pontos de referência fora do centro da cidade em que a poluição visual urbana foi maior que a da periferia.

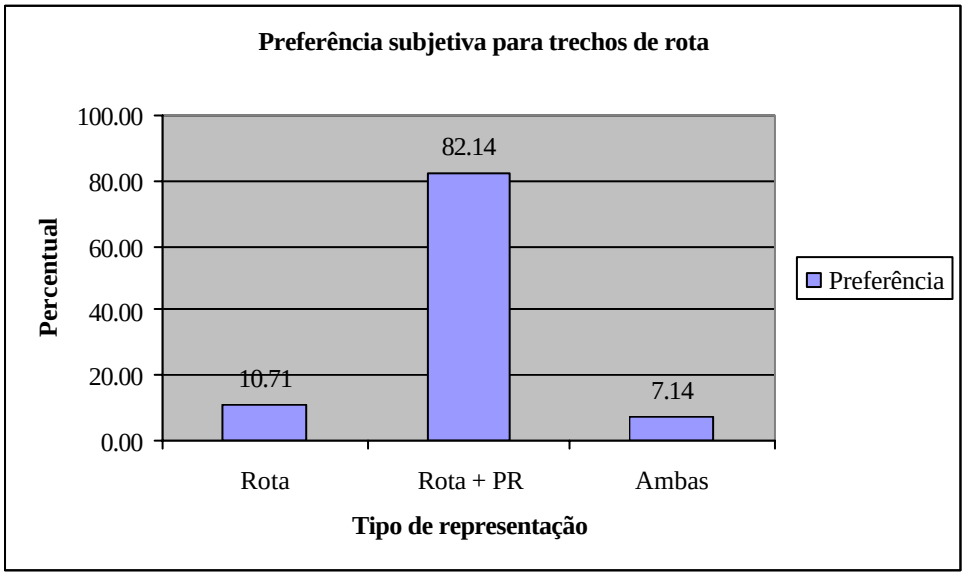


Figura 4.11 – Preferências subjetivas sobre diferentes tipos de representações para trechos de rota.

4.4.4 Erro navegacional em mapa: manobra simples

Analisou-se os erros navegacionais em manobras simples, tanto para trechos de rota regular, quanto irregular. O objetivo desta análise foi determinar as representações cartográficas eficazes para um SNGRA. A Tabela 4.12 indica que nenhum erro navegacional

ocorreu durante o teste, quando os motoristas utilizaram as representações de **rota** (Figura 3.37), **rota + seta** (Figura 3.39), **rota + seta cintilante** (Figura 3.41 e Figura 3.42), **rota + PR** (Figura 3.43), **rota + seta + PR** (Figura 3.44), em trechos de rota regular. Pode-se afirmar que todas as representações cartográficas projetadas para manobra simples e trecho de rota regular são eficazes para auxílio de manobra.

Por outro lado, considerando-se o tipo de trecho imediato à manobra, enquanto a representação de **rota** em trecho regular não apresentou erro algum, no trecho irregular ocorreram **96,42%** de erros. Embora o roteiro de instrução do teste tenha enfatizado que a realização da manobra ocorre somente quando a orientação sugere mudar de via, verificou-se que o fragmento imediato ao que o motorista se encontrava (no trecho irregular – Figura 3.38) foi interpretado como manobra. Assim, pode-se afirmar que a representação de **rota** para trechos fragmentados pode causar falsa interpretação e, consequentemente, erros navegacionais, possivelmente, pela falta de equilíbrio vertical e horizontal (FRUGTER, 2001; DONDIS, 2003) entre a orientação egocêntrica do motorista e a direção da manobra.

Tabela 4.12 – Erros navegacionais para manobra simples.

Tipo de manobra e de trecho de rota	**Tipo de representação**	**Erro navegacional (%) / número de respostas**
Manobra simples / trecho regular	**Rota**	0,00 / 28
	Rota + seta	0,00 / 27 *
	Rota + seta cintilante	0,00 / 28
	Rota + PR	0,00 / 26 *
	Rota + seta + PR	0,00 / 28
Manobra simples / trecho regular e irregular	**Rota – trecho regular**	0,00 / 28
	Rota – trecho irregular	96,42 / 27 *

* alguns motoristas se esqueceram de apertar as teclas do teclado.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A avaliação da comunicação de representações cartográficas por meio das análises de demanda visual, preferência subjetiva e erro navegacional, realizadas nesta pesquisa, pretendeu contribuir para o uso de Mapa Visual Dinâmico em SNGRA, de maneira a favorecer o ganho de conhecimento do espaço, de maneira rápida e eficaz. Para tanto, o estudo foi dividido em três grandes etapas: projeto cartográfico básico, produção cartográfica e implementação do sistema e avaliação da comunicação das representações cartográficas.

Na etapa do projeto cartográfico do SNGRA foi realizado um estudo preliminar para avaliar e selecionar pontos de referência, bem como para avaliar os símbolos cartográficos referentes à cor de fundo do mapa e a representação do símbolo de automóvel. Os testes que trataram da cor de fundo do mapa revelaram que a maioria dos motoristas prefere o mapa com fundo claro para navegação diurna. Durante o dia, o monitor de navegação com o mapa de fundo escuro pareceu funcionar como um espelho, apresentando reflexos dos componentes que se encontravam no interior do automóvel. Portanto, o mapa de fundo claro apresenta-se como a melhor alternativa para navegação diurna, pois fornece maior contraste e definição dos principais elementos cartográficos, tais como as vias, as quadras, os cruzamentos, bem como o próprio automóvel e a seta de manobra. Por outro lado, a preferência pelo mapa com fundo escuro para navegação noturna foi unânime. Isto possivelmente está relacionado com o processo de dilatação da pupila no período noturno, a qual fica sensível à entrada de luz. Portanto, no noturno não é recomendado utilizar cores claras para representar o fundo, pois ofuscam a informação principal. Quanto ao símbolo de automóvel, os testes revelaram maior preferência dos motoristas à representação 'visto de cima', pelo fato de apresentar maior semelhança com a forma do veículo na representação cartográfica ortogonal, além de indicar o sentido de deslocamento durante a navegação.

Quanto às preferências subjetivas para Mapa e Esquema de Seta, os resultados desta pesquisa corroboram os estudos de Ross et al. (1995) e Labiale (2001), de que os motoristas preferem Mapa para navegação em automóvel porque querem saber sua localização ao longo da via, onde estão em relação às referências urbanas, quanto resta para chegar até a manobra, além da própria direção de manobra.

Partiu-se do princípio de que o Mapa Visual Dinâmico de SNGRA, com interface áudio-dinâmica, pontos de referência representados na perspectiva do motorista e

representação de seta, poderia apresentar baixa demanda visual, alta preferência subjetiva e pouco erro navegacional. Contudo, do conjunto de representações avaliado, os resultados indicam que a representação de **rota + seta cintilante** é a que apresenta maior eficiência, pois exige menor número de olhadas e menor tempo de consulta ao monitor. Isto pode ser explicado pelo fato da seta estar representada na cor vermelha, contornada por uma linha preta, o que apresenta alto contraste com o fundo branco e, além disso, a cor vermelha pode ser associada com proximidade e avanço na percepção das cores (DENT, 1993, p. 311-318), o que enfatizaria a seta como figura ou informação principal. Ainda, ressalta-se que o movimento tem supremacia para destacar tarefas simples, pois é detectado rapidamente pela visão periférica do olho humano e facilita a atenção visual para o alvo, conforme apontado em pesquisas anteriores (BERTIN, 1983; DIBIASI et al. 1992 apud MACEACHREN, 1995; PETERSON, 1995; BODNER e MACKENZIE, 1997; TVERSKY et al., 2002; DONDIS, 2003; ARHEIM, 2004). Por outro lado, a representação de **rota + PR** com o símbolo de PR verossimilhante e simplificado apresenta menor eficiência, pois possui significativo grau de complexidade em função de suas unidades compositivas (formas e cores) utilizadas para manter a similaridade com seu equivalente no mundo real. Consequentemente, este tipo de representação exige maior processamento da informação visual. No entanto, vale enfatizar que o símbolo de PR parece ser mais apropriado para indicar localização e contexto espacial, do que indicar a direção da manobra.

Porém, a representação sugerida na hipótese (**rota + seta + PR**) teve uma solução intermediária. O acréscimo da **seta** estática na representação de **rota** aumenta pouco a demanda visual, pois as formas regulares e simétricas apresentam "boa Gestalt" (FRUTIGER, 2001; GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003) e tendem a serem compreendidas com facilidade. Por conseguinte, o acréscimo do PR na representação de **rota + seta** não causa diferença significativa na demanda visual, pois, possivelmente, ocorre um processo de atenção visual seletivo pelo agrupamento perceptivo de cor e proximidade (POMERANTZ, 1985 apud MACEACHREN, 1995, p. 80-86), (WERTHEIMER, 1923 apud MACEACHREN, 1995, p. 71, FRUTIGER, 2001; GOMES FILHO, 2002; DONDIS, 2003) para os símbolos de automóvel e seta. Estes fatores parecem contribuir para a diminuição da atenção visual no PR durante a tarefa de busca visual, quando se trata orientação de manobra, uma vez que neste caso, o elemento mais significativo para o motorista é a representação cartográfica de seta.

Com relação ao fator tipo de representação de **rota** para trecho regular e trecho irregular em manobra simples, a representação de **rota** em trecho irregular teve demanda visual superior à de **rota** em trecho regular. Os elementos diagonais dos trechos de rota irregular parecem causar instabilidade e tensão visual no motorista, visto que nem sempre a configuração dos fragmentos dos trechos apresenta uma relação de equilíbrio vertical e horizontal (FRUTIGER, 2001; DONDIS, 2003) entre a orientação egocêntrica (adiante - atrás) e a direção da manobra (direita - esquerda). Para o fator tipo de representação de **rota + seta** em manobras simples e complexa, a demanda visual foi maior para a manobra complexa. O maior problema da representação de **rota + seta** para manobra complexa parece estar na complexidade da representação da seta, uma vez que esta representação foi composta de diversas partes (parte anterior e parte posterior à manobra), fragmentadas em unidades diagonais, decorrente da complexidade da configuração da via.

Considerando-se o fator sexo na análise da demanda visual para a amostra em questão, as mulheres apresentaram tendência significativa de maior demanda visual, tanto para a representação de **rota** quanto para a de **rota + seta**. A representação de **rota** exigiu alta demanda visual porque, possivelmente, as mulheres buscam por referências e outros elementos que indicam direções do tipo direita e esquerda, visto que parecem apresentar menor habilidade espacial que os homens (DABBS et al., 1997; BURNETT, 1998). A representação de **rota + seta**, testada nesta pesquisa, apresentou trechos de rota em diagonais, e consequentemente a parte da seta posterior à manobra, também foi afetada por esta configuração. Nestes casos, a tensão visual das linhas diagonais parece aumentar o tempo da avaliação visual nas mulheres, uma vez que utilizam "orientações" bem definidas do tipo direita e esquerda (DABBS, et al., 1997). Por outro lado, a representação de **rota + seta cintilante** não apresentou diferença significativa entre homens e mulheres, o que reforça a importância da cintilação na seta, para orientar a manobra.

Para o fator experiência com mapa, as pessoas que apresentam maior experiência parecem olhar mais para o monitor de navegação que aquelas com menor experiência. Estes resultados parecem indicar que as pessoas que possuem maior experiência buscam mais elementos na representação, visto que a busca visual pode depender dos fatores de conhecimento, interesse e expectativa da cena (YANG et al., 2002, p. 1; DONDIS, 2003, p. 133-134). Por outro lado, talvez isto possa estar relacionado com a questão da habilidade estudada, que deve melhor estudada. Da mesma maneira que ocorreu para o fator sexo, o fator

cintilação não apresentou diferença significativa na demanda visual para as pessoas que apresentaram experiências com mapa acima e abaixo da média.

No fator habilidade espacial, embora as evidências não tenham apresentado elementos significativos, verificou-se pequenas diferenças na demanda visual entre as pessoas com habilidade espacial abaixo e acima da média. Neste caso, com exceção da representação de rota, houve tendência das pessoas com habilidade espacial abaixo da média, em olhar mais vezes para o monitor de navegação. Em geral, as pessoas de maior experiência com mapa (acima da média) olharam mais vezes para o monitor da mesma maneira que as pessoas de menor habilidade espacial (abaixo da média), além de haver uma tendência das mulheres olharem mais que os homens. Vale ressaltar, que os grupos de pessoas com habilidade espacial abaixo e acima da média foram determinados com base nas respostas dos motoristas. Portanto, enfatiza-se a importância de se determinar a habilidade espacial dos grupos por meio da aplicação de testes menos subjetivos como, por exemplo, apresentados na literatura (VANDENBERG e KUSE, 1978[22] apud DABBS 1998; SILVERMAN e EALS, 1992[23] apud DABBS 1998; CHOI e SILVERMAN, 1997[24] apud DABBS 1998) e, então, aplicar o teste de navegação para verificar o grau de influência deste fator na demanda visual.

Quanto à preferência subjetiva por diferentes tipos de representações cartográficas em manobra simples, há uma tendência das pessoas em preferir **rota + seta + PR**. Por outro lado, a grande maioria dos motoristas avaliados prefere a representação de **rota + PR** para manutenção nos trechos de rota, quando navegam em locais desconhecidos. Suas declarações afirmam à importância do sistema em apresentar pontos de referência notáveis e que destacam facilmente da paisagem, ao longo dos trechos de rota.

No caso dos erros navegacionais, as representações de **rota**, **rota + seta**, **rota + seta cintilante**, **rota + PR** e **rota + seta + PR** mostram ser eficazes para informar a direção de manobras simples em trechos de rota regular, pois, não apresentaram erro algum para a amostra em questão. Por outro lado, a representação de **rota** para trecho irregular em manobra simples favoreceu quase 100% de erros navegacionais. Embora, somente este tipo de representação tenha sido testado para trecho irregular, pode-se concluir que a falta de equilíbrio horizontal e vertical nesta configuração de via causa ruído na interpretação. Como

---

[22] VANDENBERG, S. G., KUSE, A. R. Mental rotations: a group test of three-dimensional spatial visualization. Perceptual and Motor Skills 47: pp. 599–604, 1978.

[23] SILVERMAN, I., EALS, M. Sex differences in spatial abilities: evolutionary theory and data. In The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture, J.H. Barlow, L. Cosmides, and J. Tooby (Eds.). New York: Oxford, pp. 541–549, 1992.

[24] CHOI, J., SILVERMAN, I. Sex dimorphism in spatial behaviors: applications to route learning. Evolution and Cognition 2: pp. 165–171, 1997.

apontam Frutiger (2001) e Dondis (2003), formas em diagonal provocam instabilidade visual, sendo assim, a representação de **rota** não é adequada para trechos irregulares em manobra simples.

Nesta pesquisa, a mediana da duração máxima das olhadas das representações testadas em manobra simples e trechos regulares esteve abaixo de dois segundos. Este limiar de tempo foi apontado em pesquisas anteriores como uma duração máxima para o motorista permanecer com os olhos fora da via (LAIRD EVANS e STEVEN, 1996; SENA, 1997 apud HO e LI, 2002. Sendo assim, pode-se concluir que as representações cartográficas projetadas para o SNGRA tiveram um bom desempenho. Além disso, é importante ressaltar que a representação mais eficiente foi a de **rota + seta cintilante**, seguida de **rota + seta** e da **rota + seta + PR**. Entretanto, com exceção do trecho de rota irregular em manobra simples, todas as representações parecem ter a mesma eficácia, visto que não houve erro navegacional, durante os testes.

Quanto ao uso efetivo de SNGRA para auxílio de motoristas em ambientes urbanos desconhecidos, dois pontos devem ser destacados. Durante a implementação do sistema em que os testes iniciais foram realizados em campo, percebeu-se razoável complexidade em dirigir o automóvel sendo orientado pelo SNGRA, uma vez que a atenção esteve dividida entre a via e o guia eletrônico. Porém, na medida em que o pesquisador aumentou sua experiência com a utilização do sistema, a complexidade de dirigir foi reduzida, pois certos elementos do mapa deixaram de ser o foco da atenção durante a navegação. De qualquer maneira, enfatiza-se que os SNGRA's não devem exigir atenção imediata do motorista quando este estiver dirigindo. Quanto à segunda consideração, os testes de demanda visual e preferência subjetiva revelam que o aumento da complexidade da informação visual resulta em maior demanda visual e baixa preferência subjetiva pela representação complexa.

Este trabalho apresenta contribuições relevantes para a área da Cartografia, tal como a elaboração de um projeto cartográfico baseado em fatores humanos para navegação e guia de rota em automóvel. Além disso, a utilização da técnica de registro do movimento dos olhos para um sistema de natureza dinâmica, de uso em "tempo real", merece ser destacada, visto que a segurança no trânsito é uma consideração fundamental. Hoje no Brasil, o uso efetivo de sistemas de navegação e guia de rota em automóvel apresenta uma série de restrições visto que a legislação não é clara o suficiente. No entanto, os resultados desta pesquisa mostram que um SNRGA bem projetado pode não apresentar risco para a sociedade. Com relação às restrições vigentes na legislação, os órgãos responsáveis pela

regulamentação do uso de sistemas desta natureza deveriam estimular a elaboração de normas técnicas para projetar representações cartográficas adequadas. Além disso, tais órgãos deveriam apoiar a criação de centros especializados, localizados em universidades e centros de pesquisa, para avaliarem e validarem os SNGRA's.

Recomendações.

Sugere-se que sejam realizados outros testes de demanda visual para avaliar a eficiência de representações cartográficas, considerando-se a mesma configuração de manobra, o mesmo trecho de rota e eixo viário, alternando somente o símbolo de auxílio à manobra, as quais seriam avaliadas por grupos de motoristas independentes. Isto poderá confirmar se o problema da demanda visual de alguns mapas está no fator tipo de representação (símbolo) ou na complexidade da configuração da malha viária.

A fim de se obter elementos mais precisos em nível nacional, sobre pontos de referência para planejamento, navegação e guia de rota em automóvel, recomenda-se um levantamento de informação mais amplo junto à especialistas em fatores humanos, tais como Psicólogos (com especialidade em cognição, percepção e atenção), Arquitetos, Urbanistas, Geógrafos, etc., que atuem em diferentes locais e regiões brasileiras. Para tanto, sugere-se utilizar uma escala de pontuação para o nível de preferência dos pontos de referência.

Pelo fato das representações com PR (símbolos pictóricos 3D - verossimilhantes e simplificados) terem apresentado maior demanda visual que aquelas sem PR, sugere-se que sejam produzidas e testadas representações simplificadas de PR (como por exemplo, símbolos pictóricos 2D, associativos e geométricos) para verificar se ocorre diminuição da demanda visual, visto que há uma tendência na preferência por representações com PR para auxílio às manobras. A mesma sugestão se aplica para as representações de PR para a manutenção na rota, incluindo o uso de fotografias para os pontos de referência, na perspectiva do motorista.

Além disso, propõe-se a criação de vários tipos de representação de seta para orientação de manobra (simples ou complexa), tais como: **somente seta**, **seta + parte posterior à manobra** e **seta + parte posterior à manobra + parte anterior à manobra**. Outro caso particular para avaliar o uso das setas é tentar removê-las do mapa e fixá-las em locais estratégicos, na tela do monitor, nas posições superior, inferior, central ou lateral. Além disso, sugere-se criar outras representações de seta cintilante com diferentes tempos de duração de exibição, para produzir efeitos variados de cintilação na seta, com alta, média e

baixa freqüência. Quanto aos tipos de representação em mapa, recomenda-se aplicar os testes de demanda visual, preferência subjetiva e erros navegacionais para a combinação de **rota + seta cintilante + PR** em manobra simples não testada nesta pesquisa, bem como verificar as mesmas representações aplicadas nesta pesquisa (**rota**, **rota + seta**, **rota + seta cintilante**, **rota + PR** e **rota + seta + PR**) para manobra complexa.

Na questão da modalidade Mapa *versus* Esquema de Seta, recomenda-se projetar e implementar estas modalidades dispostas lado a lado, no monitor de navegação de tela ampla. Além disso, pode-se incluir a variação de brilho na representação de rota percorrida e rota a ser percorrida como, por exemplo, aumentar o brilho da rota a ser percorrida para um intervalo entre 50-100% de valor de brilho, enquanto que, para a rota percorrida a variação de 0 – 50%. Este tipo de recurso poderia, também, ser aplicado e avaliado em projetos para manutenção na rota em ambiente noturno. Outra interessante alternativa de ser avaliada é projetar informações de auxílio de navegação no pára-brisa do automóvel, e comparar diferentes mídias quanto ao grau de conforto e preferência do motorista. Além disso, sugere-se projetar e avaliar representações cartográficas para tarefas de manutenção na rota, considerando-se a questão da deficiência na visão de cores (daltônicos).

Quanto à questão da aquisição do conhecimento espacial, seria relevante mensurar os efeitos da utilização periódica de sistemas de navegação com Mapa Visual Dinâmico e de Esquema de Seta, separados, nos mapas cognitivos de dois diferentes grupos de motoristas, ao longo de um determinado tempo. Finalmente, para as recomendações apresentadas, propõe-se que as análises considerem, na medida do possível, a demanda visual, a carga de trabalho percebida, a preferência subjetiva e os erros navegacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR9284 – **Equipamentos Urbanos**. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR9284 – **Mobiliário Urbano**. 1986.

ALLEN, G. Spatial Abilities, Cognitive Maps, and Wayfinding - Bases for Individual Differences in Spatial Cognition and Behavior. In: Golledge, R. (Ed.), **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 46-80. 1999.

ARNHEIM, R. **Arte e Percepção Visual: Uma Psicologia da Visão Criadora.** Nova versão / Rudolf Arnheim; tradução de Ivone Terezinha de Faria. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2004.

BERTIN, J., **Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps**. Madison, WI: University of Wisconsin. 1983.

BLOK, C. Testing symbols on a Dutch Tourist Map, Scale 1:50000. Enshede: **ITC Journal**. 1987.

BLOK, C. Monitoring Change: Characteristics of Dynamic Geo-spatial Phenomena for Visual Exploration. In: **International Cartographic Association** – ICA, 19., Ottawa, Canadá, Aug. 1999. Anais. Ottawa: Canadian Institute of Geomatics, 1999, p. 699-709. 1999.

BOARD C. Map Reading Tasks Appropriate in Experimental Studies in Cartographic Communication. **The Canadian Cartographic**, v. 15, n. 10, p.32, p. 1-12. 1978.

BODNER, R. C., MACKENZIE, I. S. Using animated icons to present complex tasks. **Proceedings of CASCON'97**, pp. 281-291. Toronto: IBM Canada Ltd. 1997.

BROOKS, A., NOWAKOWSKI, C., GREEN, P. Turn-by-Turn versus Electronic Maps: an On-the-Road Comparison of Driver Glance Behavior (**Technical Report UMTRI-98-37**). Ann Arbor, MI: **The University of Michigan Transportation Research Institute**. 1998.

BURNETT, G. E. "Turn right at the King's Head": Drivers' requirements for route guidance information. **PhD Thesis**, Loughborough University, UK. 1998.

BURNETT, G.E. Usable vehicle navigation systems: Are we there yet?, **Vehicle Electronic Systems 2000 - European conference and exhibition**, ERA Technology Ltd, 29-30 June 2000, pp. 3.1.1-3.1.11, ISBN 0 7008 0695 4. 2000.

BURNETT, G.E. LEE, K. The effect of vehicle navigation systems on the formation of cognitive maps. **Traffic and Transport Psychology: Theory and Application**. p. 407-418. **Elsevier**. 2005.

CNOSSEN, F., MEIJMAN, T., ROTHENGATTER, T. **Adaptive strategy changes as a function of task demands: a study of car drivers. Behaviour & Information Technology**. Volume 47, Number 2/5 February. London: Taylor & Francis. 2004.

DABBS, J. M., CHANG, E-Lee, STRONG, R. A., MILUN, R. Spatial Ability, Navigation Strategy, and Geographic Knowledge Among Men and Women. **Evolution and Human Behavior** 19: 89–98. Elsevier Science Inc. New York, 1998.

DAIMON, T., NISHIMURA, M., KAWASHIMA H. Study of Drivers' Behavioral Characteristics for Designing Interfaces of In-Vehicle Navigation Systems Based on National and Regional Factors. **Journal of Society of Automotive Engineers of Japan**, Inc. and Elsevier Science. 2000. pp. 379-384.

DARKEN, R. P., CEVIK, H. Map Usage in Virtual Enviroments: Orientations Issues. **Proceedings of IEEE Virtual Reality 99**, pp. 133—140. 1999.

DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**. 3 ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1993.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito – CONTRAN. Resolução Nº 190, de 16 de fevereiro de 2006. **Proíbe o uso de equipamento capaz de gerar imagens para fins de entretenimento, e dá outras providências**. 2006.

DONDIS, Donis A. **Sintaxe da linguagem visual**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

DOWNING, D., CLARK, J. **Estatística aplicada**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). Downloads – ESRI Support. Disponível em: <http://www.esri.com>. Acesso em: 25 de out. de 2004.

FORREST, D., CASTNER, H. W. The Design and Perception of Point Symbols for Tourist Maps. **The Cartographic Journal**. v.22, p.11-19, 1985.

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

GÄRLING, T. Human Information Processing in Sequential Spatial Choice. In: Golledge, R. (Ed.), **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 81-98. 1999.

GOLLEDGE, R.: Human Wayfinding and Cognitive Maps. In: Golledge, R. (Ed.), **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 5-45. 1999.

GOMES FILHO, J. **Gestalt do Objeto: Sistema de Leitura Visual da Forma.** São Paulo: Escrituras Editora. 2000.

GRANHA, G. **Metodologia de Criação de Símbolos Cartográficos: Uma Aplicação para Estudos de Impacto Ambiental**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia. Departamento de Engenharia Cartográfica. 2001.

GREEN, P. A Driver Interface for a Road Hazard Warning System: Development and Preliminary Evaluation. **Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transportation Systems**, 4, 1795-1800. 1995.

GREEN, P. Crashes are induced by driver navigation systems and what can be done to reduce. (SAE paper 2000-01-C008). **Convergence 2000 Conference Proceedings** (SAE publication P-360). Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 26-36. 2000a.

GREEN, P. The Human Interface for ITS Display and Control Systems: Developing International Standards to Promote Safety and Usability. Invited paper presented at the **International Workshop on ITS Human Interface in Japan**, Utsu, Japan. 2000b.

GREEN, P. Why Safety and Human Factors Standards Are So Difficult to Establish. In de Waard, Brookhuis, Moraal, and Toffetti (Eds.). **Human Factors in Transportation, Communication, Health and the Workplace**. Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing. 2002.

GUELKE, L. Perception, Meaning and Cartographic Design. **The Canadian Cartographer**, v. 16, n. 1, p. 61-69. 1979.

HORTON, W. K. (1994). The Icon Book: Visual Symbols for Computer Systems and Documentation. **Book Review**. New York: John Wiley & Sons.

HORTON, W. Designing Icons and Visual Symbols. **Conference Companion on HUMAN Factors in Computing Systems: Common Ground**. 1996.

HO, A. LI, Z. Design of Dynamic Map for Land Vehicle Navigation. **ISPRS Commission II**, Symposium 2002. Xi'an, P.R. China. August 20-23, 2002. 2002.

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

IZIDORO, A., BÄCHTOLD F. Conselho deve flexibilizar GPS em carro. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 16 dez. 2006. Cotidiano 2. p. C1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Base Cartográfica em Ambiente Digital**. 1997. Escala 1:250.000.

JACKSON, P. G. Behavioural Responses to Dynamic Route Guidance (DRG) Systems. **PICT International Doctoral Conference**, 28th-30th, March 1994.

JACKSON, P. G. How will route guidance and navigation systems affect cognitive maps? Proceedings of PTRC, the **23rd European Transport Forum**, Warwick University, 11th-15th September 1995.

KRAY, C., ELTING, C., LAAKSO, K., COORS, V. Presenting Route Instructions on Mobile Devices. **IUI'03**, January 12-15, 2003, Miami, Florida. 2003.

LAIRD EVANS, J., STEVEN, A. Measures of graphical complexity for navigation and route guidance display. **Displays**, vol. 17, p. 89 –93. 1997.

LABIALE, G. Visual search and preferences concerning different types of guidance displays. **Behaviour & Information Technology**. Volume 20, Number 3/May 1. London: Taylor & Francis. 2001.

LASZLO, E., MASULLI, I., ARTIGIANI, R., CSÁNYI, V.. **The evolution of cognitive maps – new paradigms for the twenty-first century**. Amsterdam: Gordon and Breach. 1995.

LESSA, W. D. **Dois Estudos de Comunicação Visual**. Ed: UFRJ, 1995.

LEE, Y. C., KWONG, A., Pun, L. Mack, A. Multi-Media Map for Visual Navigation. **Journal of Geospatial Engineering**, Vol. 3, No. 2, pp. 87-96. 2001

LIMA, A. Falta de lei breca GPS nos carros. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 30 set. 2006. Cidades / Metrópole. p. C9.

LIU, Y. Effect of advanced traveler information system displays on younger and older drivers' performance. Displays: Elsevier Science. pp. 161-168. 2000.

LYNCH, K. **The image of the city**. Cambridge, MA: MIT Press. 1960.

MACEACHREN, A. M. Visualization in modern cartography: setting the agenda, in, MacEachren, A. M., and Taylor, D. R. F., **Visualization in Modern Cartography**: Pergamon, Oxford, p. 1-12. 1994.

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

MARTIN, E. **La Composicion En Artes Gráficas**, 7. Ed. Edebé, 1974.

MIZUTANI, Y., SOGAWA T. A car Navigation System with Traffic Information Capabilities. **Technical Reports - Mitsubishi Electric ADVANCE**. Março de 1997.

MORITA, T Granding of the Map Funcions in Navegation System. In: **16th International Cartographic Conference**. Cologne. Koln. International Cartographic Association. 1993.

MORRISON, C. FORREST D. A study of point symbol design for computer based large scale tourist mapping. **Cartographic Journal** 32:22, P. 126-136, 1995.

NAVMAN. **Online Technical Support**. Disponível em: <http://www.navman-europe.com/>. Acesso em: 15 maio de 2004.

PASHLER, H. E. **The Psychology of Attention**. The MIT Press. Cambridge/Massachusetts, London/England. 1999.

PETCHENIK, B. B. The Nature of Navigation: Some Difficult Cognitive Issues in Automatic Vehicle Navigation. **IEEE Explore**, p. 4348, 1989.

PETERSON, M. P. **Interactive and animated cartography**. Nova Jersey: Prentice Hall. 1995.

PUGLIESI, E. A., DECANINI, M. M. S., IMAI, N. N., HASEGAWA, J. K. Projeto cartográfico do mapa dinâmico para um sistema de navegação rodoviário. **Revista Brasileira de Cartografia**. nº 56/2, dezembro 2004.

RAKKOLAINEN, I. J., TIMMERHEID, T. V. A 3D City Info for Mobile Users, in: **Proceedings of the 3rd International Workshop in Intelligent Interactive Assistance and Mobile Multimedia Computing**, November 9-10, 2000, Rostock, Germany, p. 115-212.

RAUBAL, M., WINTER, S. Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks. in: M. Egenhofer and D. Mark (Eds.), **Geographic Information Science - Second International Conference GIScience 2002**, Boulder, CO, USA, September 2002. Lecture Notes in Computer Science 2478, pp. 243-259, Springer, Berlin. 2002.

RIESER, J. Dynamic Spatial Orientation ad the Coupling of Representation and Action. In: Golledge, R. (Ed.), **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 168-190. 1999.

RIGDEN, C. The eye of the beholder – designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, v. 17. 1999.
Disponível em: <http://more.btexact.com/people/rigdence/colours/index.htm> Acesso em: 04 jul. 2004.

ROBBI, C. **Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano**. 2000, 369 f. Tese de Doutorado. São José dos Campos: INPE, 2000.

ROBINSON, A. H., PETCHENIK, B. B. **The Nature of Maps: Essays Toward Understanding Maps and Mapping**. Chicago: The University of Chicago, p.23-42. 1976.

ROBINSON, A., RANDALL, D. MORRISON, J. Elements of Cartography. New York: John Wiley & Sons. 1984.

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

SAUCIER, D., BOWMAN, M., ELIAS, L. Sex differences in the effect of articulatory or spatial dual-task interference during navigation. **Brain and Cognition**. p. 346-350. 2003.

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

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1975.

SIMÕES, E. A. Q. TIEDEMANN, K. B. **Psicologia da Percepção**. São Paulo: EPU, 1985. v.10-I, v. 10-II.

SLOCUM, T.A. **Thematic cartography and visualization**. Upper-Saddle River, NJ: Prentice-Hal 293p. 1999.

SORROWS, M. E., HIRTLE, S. C. The nature of landmarks for real and electronic spaces. In C. Freksa & D. M. Mark (Eds.), **Spatial information theory - Cognitive and computational foundations of geographic information science** (pp. 37-50). Berlin: Springer. 1999.

STERN, E., PORTUGALI, J. Environmental Cognition and Decision Making in Urban Navigation. In: Golledge, R. (Ed.), **Wayfinding Behavior - Cognitive Mapping and Other Spatial Processes**, Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 99-119. 1999.

STREETER, L. A., VITELLO, A. A profile of drivers'map reading abilities. **Human Factors**. 22. 223 – 239. 1985.

STUTTS, J., FEAGANES, J, RODGMAN, E, Hamlet, C, Meadows, T, Reinfurt, D, Gish, K, Mercadante, M, Staplin, L. Distractions in Everyday Driving. AAA Foundation for Traffic Safety. 2003. Disponível em:
< http://www.hsrc.unc.edu/publications/publications1.htm> Acesso em: 24 out. 2003.

SVAHN. F. General Telematics presentation held at the annual Guide seminar in Sunne. Mobility in Focus. Telematics. Jan. 2003.

TOLMAN, E. C. **Cognitive maps in rats and men**. Psychological Review, 55. 1948. 189-208.

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

TSIMHONI, O., WATANABE, H., Green, G. FRIEDMAN, D. Display of Short Text Messages on Automotive HUDs: **Effects of Driving Workload and Message Location**. **TECHNICAL REPORT UMTRI-00-13**.2000.

TVERSKY, B., MORRISON J. B., BETRANCOURT, M. Animation: can it facilitate? **Int. J. Human-Computer Studies**. 2002.

XENARC TECHNOLOGIES CORPORATION. New York, 2002. Apresenta informações sobre monitores de navegação LCD para automóvel. Disponível em: < http://www.xenarc.com>. Acesso em: 05 set. 2003.

WONG, W. **Princípios Del deseño em color**. Barcelona: GG, 1987.

YANG, G-Z., DEMPERE-MARCO, L., Hu, X-P. Rowe, A. Visual search: psychophysical models and practical applications. **Image and Vision Computing** 20, p. 291-305. Elsevier. 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Questionário para seleção de pontos de referência. 181
APÊNDICE B – Cálculo para determinação do tamanho da amostra. 186
APÊNDICE C - Roteiro para aplicação do teste de preferência subjetiva da cor de fundo do mapa e do tipo de símbolo do automóvel. 187
APÊNDICE D – Especificação básica da implementação do SNGRA. 189
APÊNDICE E – Mapas para orientação de manobra e manutenção dos trechos de rota. 192
APÊNDICE F – Questionário para caracterização dos motoristas. 221
APÊNDICE G – Manual dos símbolos do sistema de navegação 227
APÊNDICE H – Roteiro do teste do SNGRA 236
APÊNDICE I – Questionário para teste de preferência subjetiva das modalidades Mapa e Esquema de seta e dos tipos de representações cartográficas para Mapa. 239
APÊNDICE J – Procedimento de extração dos dados de demanda visual 255
APÊNDICE K – Procedimento de extração dos dados de erro navegacional. 260
APÊNDICE L – Lista de comentário dos participantes. 263

APÊNDICE A - Questionário para seleção de pontos de referência.

QUESTIONÁRIO PARA SELEÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

1.1 Nome: _____

Sexo: ☐ (M / F)

Idade: ☐☐ anos

1.2 Endereço atual:

Rua: _____, nº _____, apto: ____

Bairro: _____, Cidade: _____

Telefone: (____) _____

E-mail: _____

2. PROFISSÃO E ESCOLARIDADE

2.1 Profissão atual: _____

2.3 Especifique o seu nível de escolaridade:

NÍVEL		*CURSO*
Pós-doutorado	1	_____
Doutorado	2	_____
Mestrado	3	_____
Especialização	4	_____
Graduação	5	_____

se estiver cursando, favor informar o ano ☐

3. Data da avaliação: ____ / ____ / _____

I. Considerações:

1. Este questionário apresenta uma lista dos 28 pontos de referência mais preferidos pelos motoristas do Reino Unido para navegação em automóvel. Tais pontos de referência foram determinados por 25 especialistas em fatores humanos e avaliados pelos motoristas daquele país. Dessa maneira, os mesmos estão sendo avaliados, num contexto brasileiro, por especialistas das áreas de Transporte, Psicologia, Cartografia, Geografia e Arquitetura.

2. A seleção de tais pontos de referência deve ser feita de acordo com a realidade brasileira, uma vez que a nossa configuração urbana difere bastante da inglesa.

3. Entenda os seguintes termos:

- **Tarefas de navegação:** localização, orientação, seleção de caminhos, manutenção na rota (deslocamento) e manobras (ex.: virar à direita, virar à esquerda etc.).
- **Pontos de referência:** são os elementos que os seres humanos utilizam como auxílio na realização de tarefas de navegação. São também conhecidos como marcos.

II. Instruções:

1. Sua tarefa é marcar os pontos de referência considera importantes para navegação em automóvel, no contexto brasileiro, bem como anotar outros pontos relevantes. Você pode fazer comentários a respeito da sugestão.

2. Leia o cenário.

3. Na Tabela 1, marque **S** para pontos de referência importantes e **N** para os não importantes.

4. Em seguida, verifique a Tabela 2 e anote outros pontos de referência que você considera importantes para tarefas de navegação em ambientes urbanos brasileiros (exemplo: lombada, rotatória, caixa d'água etc).

Cenário: "Imagine que você está dirigindo em uma área desconhecida e pode utilizar pontos de referência para ajudá-lo a determinar onde manobrar. Quão fácil ou difícil será encontrar a manobra correta usando os seguintes pontos de referência?".

Tabela A.1 – Relação de pontos de referência.

Ponto de referência no Reino Unido	**Importante no Brasil?**	**Comentários**
Supermercado		
Edifício público		
Estação ferroviária		
Placa com nome de via		
Semáforo		
Linha férrea		
Ponte		
Cinema		
Viaduto		
Loja		
Restaurante		
Igreja		
Monumento		
Fábrica e Indústria		
Estação de ônibus		
Rio e córrego		
Escola		
Posto de combustível		
Cabina telefônica e orelhão		
Estacionamento com vários pavimentos		
Estacionamento		
Semáforo para pedestre		
Oficina mecânica		
Caixa de correio		
Parque		
Morro		
Curva em via		
Painel e *outdoor*		
Subida e descida em via		

Tabela A.2 – Sugestão de pontos de referência.

Ponto de referência no Brasil	**Comentários**

APÊNDICE B – Cálculo para determinação do tamanho da amostra.

$$n = (N * p * q) / (N * D + p * q)$$

$$\text{sendo } D = (B/ Z_0)^2 ,$$

n = tamanho da amostra;
N = tamanho da população;
B = precisão relacionada com o erro máximo permitido;
p e q = parâmetros verdadeiros da população; são desconhecidos;
Z_0 = grau de confiança do teste, dado pela distribuição Normal (Tabela Normal).

N = tamanho da população
B = 10% (0,1)
p = 0,5 e q = 0,5 (não favorece nenhum lado e se obtém a maior variância)

Z_0 = 1,64 (? = 10%, com 90% de confiança)
Z_0 = 1,96 (? = 5%, com 95% de confiança)

APÊNDICE C - Roteiro para aplicação do teste de preferência subjetiva da cor de fundo do mapa e do tipo de símbolo do automóvel.

TESTE – COR DE FUNDO

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: ☐ **M** ☐ **F**

Formação acadêmica: _____

Nível de pós-graduação: _____

1 - Qual cor (BRANCO ou PRETO) você julga ser melhor para representar o fundo de um sistema de navegação em automóvel?

☐ **Preto** ☐ **Branco**

Por quê?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2 - Qual símbolo você julga ser melhor para a representação do automóvel em um Sistema de Navegação em Automóvel? Por quê?

☐ **Seta** ☐ **Frente** ☐ **Cima**

Por quê?

_____

_____

_____

_____

_____

APÊNDICE D – Especificação básica da implementação do SNGRA.

D.1 Implementação do SNGRA

Desenvolveu-se o SNGRA no compilador Microsoft Visual Basic 6.0, o qual possui ferramentas de rápido desenvolvimento de sistemas computacionais. Utilizou-se a biblioteca de objetos de mapa ESRI MapObjects 2.1 para facilitar a recuperação e a exibição dos dados geográficos do espaço urbano da área de estudo. Logo, a combinação destas tecnologias permitiu o desenvolvimento de uma aplicação totalmente personalizada.

A biblioteca de objetos de mapa ESRI MapObjects 2.1 é um conjunto de componentes de software utilizados para criar e manipular mapas. Compreende um controlador ActiveX denominado de *Map* e um conjunto de, aproximadamente, quarenta e seis objetos. Assim, inúmeras funções podem ser construídas por meio da utilização de propriedades, métodos e eventos destes objetos. Entretanto, para receber os dados do GPS Garmin 12 XL, utilizou-se o componente Microsoft Comm Control 6.0, disponível no compilador Visual Basic 6.0.

Na realização do posicionamento com o GPS Garmin 12 XL configurou-se o equipamento para transmitir dados no formato NMEA 2.0. Neste caso, tais dados referem-se tanto às coordenadas da posição do automóvel, em um determinado sistema de coordenadas e de referência, quanto à velocidade de deslocamento do mesmo. Logo, vários dados podem ser obtidos do equipamento, tal como a qualidade do sinal recebido da constelação de satélites, etc. Um exemplo de estrutura NMEA pode ser observado na Figura D.1, o qual contém a descrição de um único ponto, em um único instante.

Utilizou-se o notebook para receber e processar os dados do GPS. Para tanto, realizou-se a recepção via conversor USB / Serial, por meio do componente Comm, o qual foi fundamental neste tipo de operação. De acordo com o exemplo da Figura D.1 (estrutura no formato NMEA), a entrada dos dados no controle de comunicação, relativo a um único ponto, em um único instante, começa em $GPRMC e termina em $GPRTE (de cima para baixo), linha a linha.

```
$GPRMC,011614,A,2204.589,S,05128.063,W,000.0,239.4,180205,016.0,W*66
$GPRMB,A,,,,,,,,,,,V*71
$GPGGA,011614,2204.589,S,05128.063,W,1,08,1.1,472.9,M,0.1,M,,*74
$GPGSA,A,3,02,,05,06,09,10,,17,21,,30,,2.5,1.1,1.9*32
$GPGSV,3,1,11,02,35,140,50,04,00,142,00,05,68,129,51,06,38,242,49*7D
$GPGSV,3,2,11,09,39,355,40,10,26,075,46,14,00,273,00,17,62,126,48*71
$GPGSV,3,3,11,21,21,325,39,25,01,218,00,30,51,198,49,,,,*40
$PGRME,4.2,M,8.7,M,9.7,M*29
$PGRMM,WGS 84*06
$GPRTE,1,1,c,0*07
```

Figura D.1 – Exemplo da estrutura de um ponto em um único instante.

D.2 Funcionalidades do sistema

As principais funções do SNGRA são:

1) Acesso aos dados de eixo viário da cidade de Álvares Machado;
2) Simbolização e exibição dos dados na tela do monitor LCD;
3) Conexão com o GPS e acesso ao fluxo de dados no formato NMEA;
4) Por meio das classes Rmc.cls e CParseUtils.cls, realiza a organização dos dados GPS, tais como a posição e a velocidade do automóvel. É importante ressaltar que utilizou-se o código $GP para fazer a identificação e a extração dos dados. A unidade preliminar das coordenadas (da posição do automóvel) ficou em grau decimal e a unidade final da velocidade em metros por segundo, a fim de facilitar o desenvolvimento do sistema;
5) Conversão do sistema de coordenada geográfica para UTM;
6) Com o automóvel parado ou em movimento:
   - Busca pela via mais próxima da posição do automóvel, em um raio máximo de 20 metros;
   - Caso seja encontrada uma via, projeta o símbolo sobre a mesma, recupera e exibe o nome da via;
   - Caso não seja encontrada uma via, exibe a posição do automóvel sobre o mapa.
7) Durante a manutenção na rota:

- Calcula o azimute do deslocamento com base nas duas últimas posições. No instante da conexão, com o automóvel parado, o azimute é igual a zero;
- Utiliza o azimute como ângulo de rotação do mapa, o qual é orientado para orientação egocêntrica. Caso o automóvel esteja parado, o mapa fica na orientação Norte;
- Em trechos maiores que 100 metros, o som de *beep* é disparado a 100 metros antes da manobra;
- Em trechos menores ou iguais a 100 metros, o som de *beep* é disparado a 20 metros depois da última manobra.

APÊNDICE E – Mapas para orientação de manobra e manutenção dos trechos de rota.

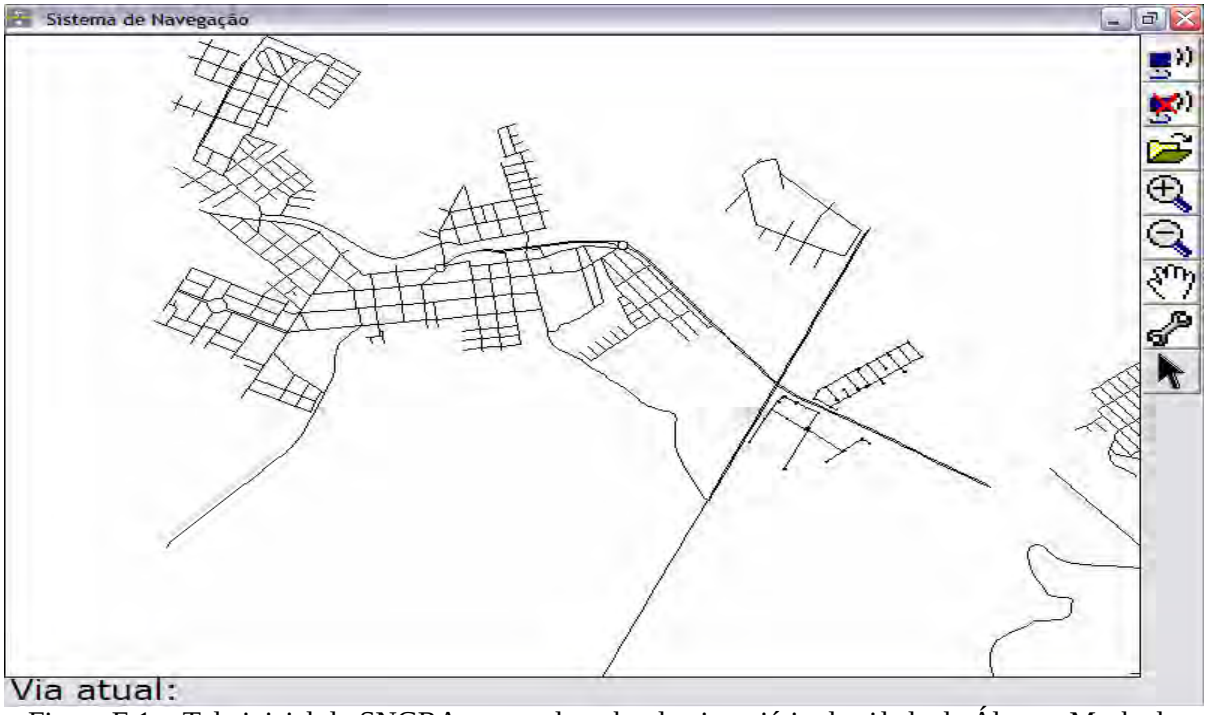


Figura E.1 – Tela inicial do SNGRA com o desenho do eixo viário da cidade de Álvares Machado.

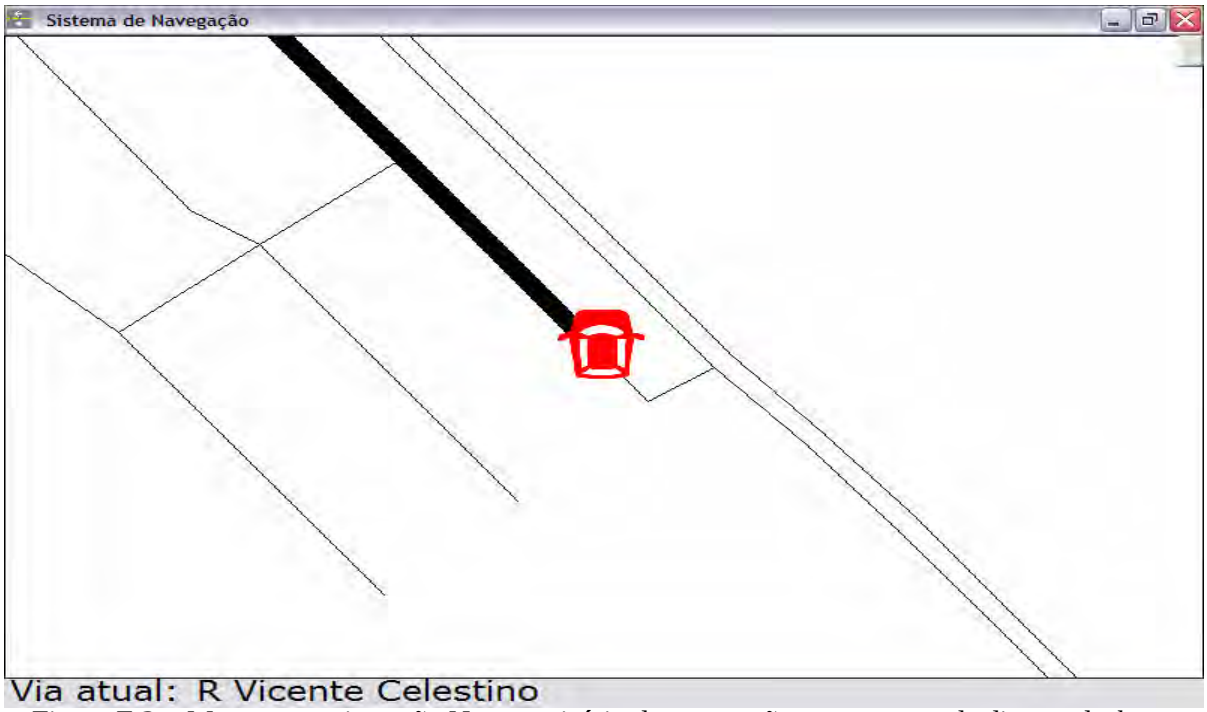


Figura E.2 – Mapa com orientação Norte no início da navegação no momento de disparo do *beep*.

Figura E.3 – Automóvel em movimento e mapa com orientação egocêntrica.

Figura E.4 – Manobra 01: representação de rota em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

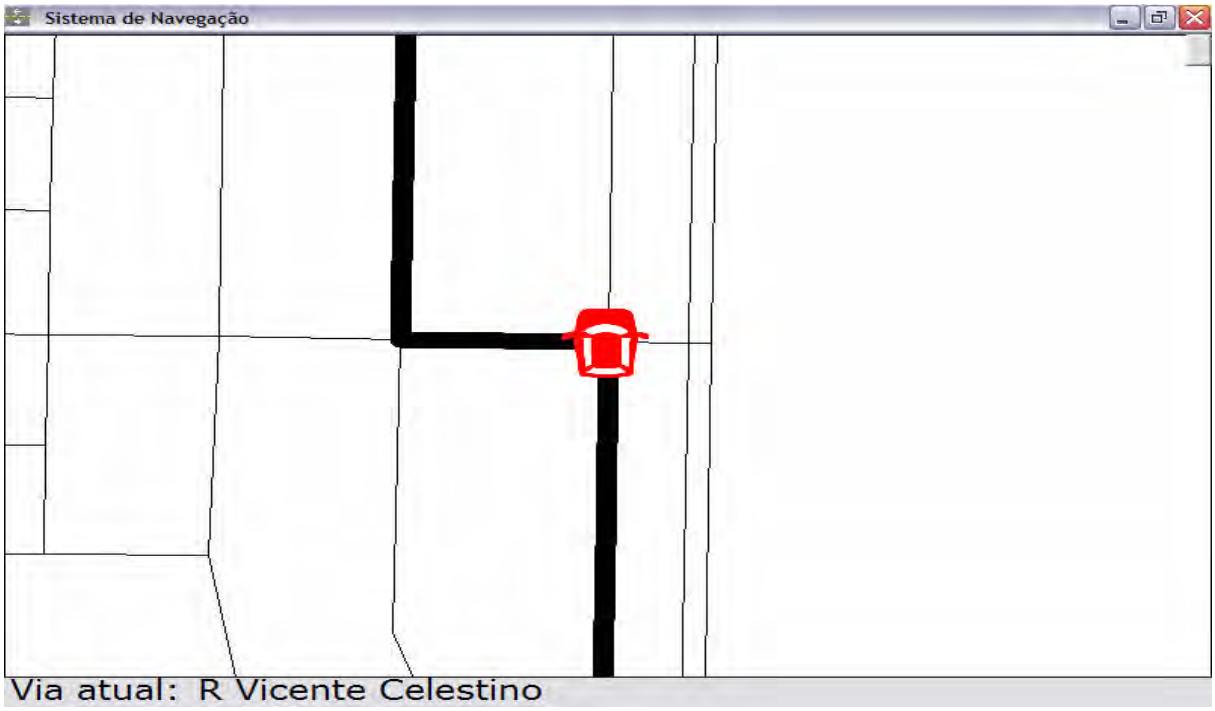


Figura E.5 – Manobra 01: representação de rota em manobra simples no início da operação de manobra.

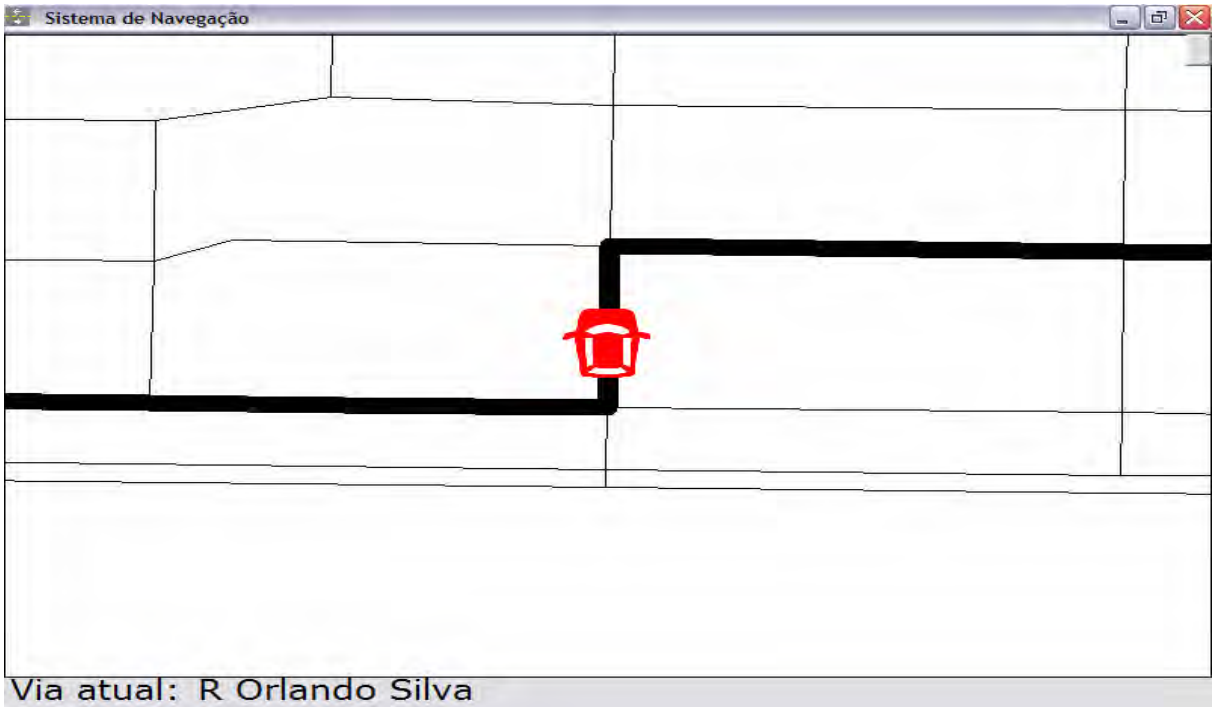


Figura E.6 – Manobra 02: representação de rota em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

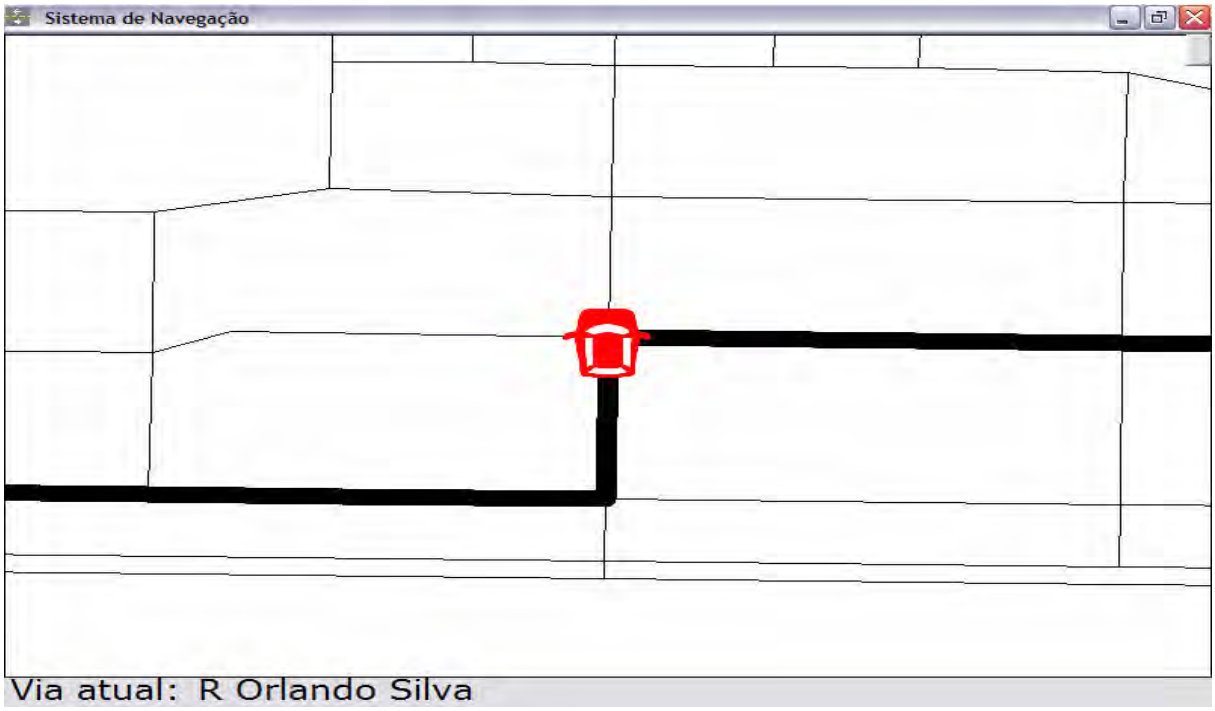


Figura E.7 – Manobra 02: representação de rota em manobra simples no início da operação de manobra.

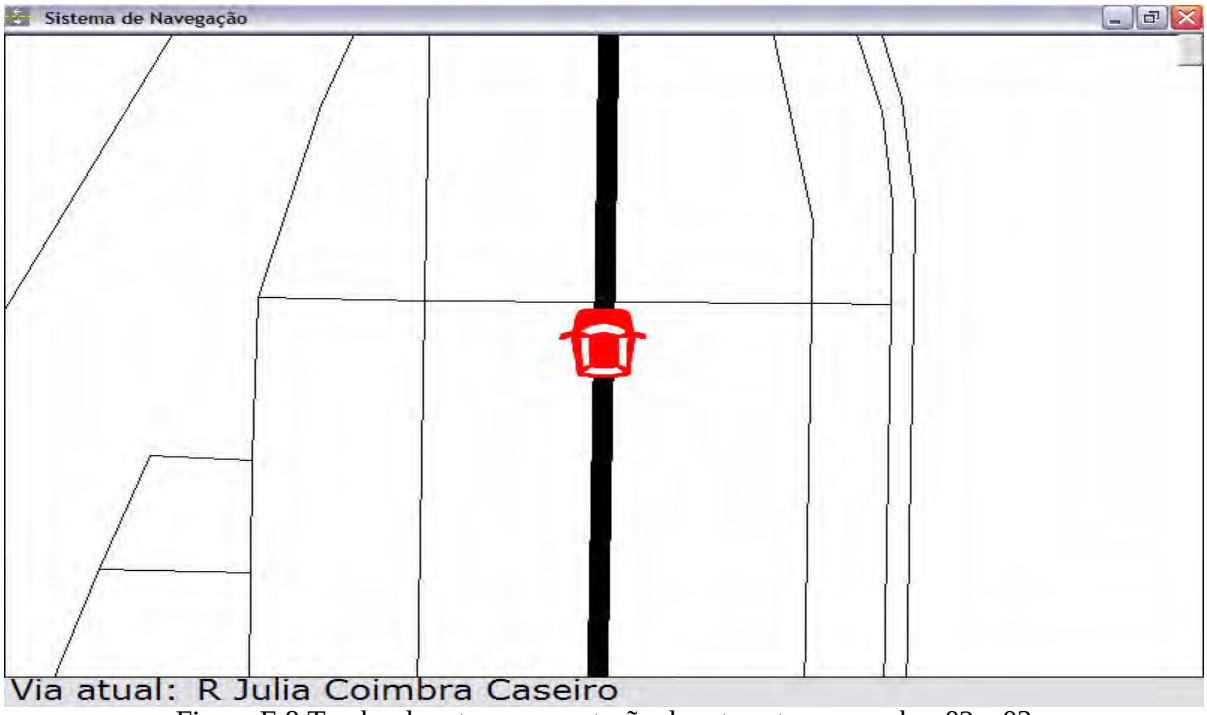


Figura E.8 Trecho de rota: representação de rota entre a manobra 02 e 03.

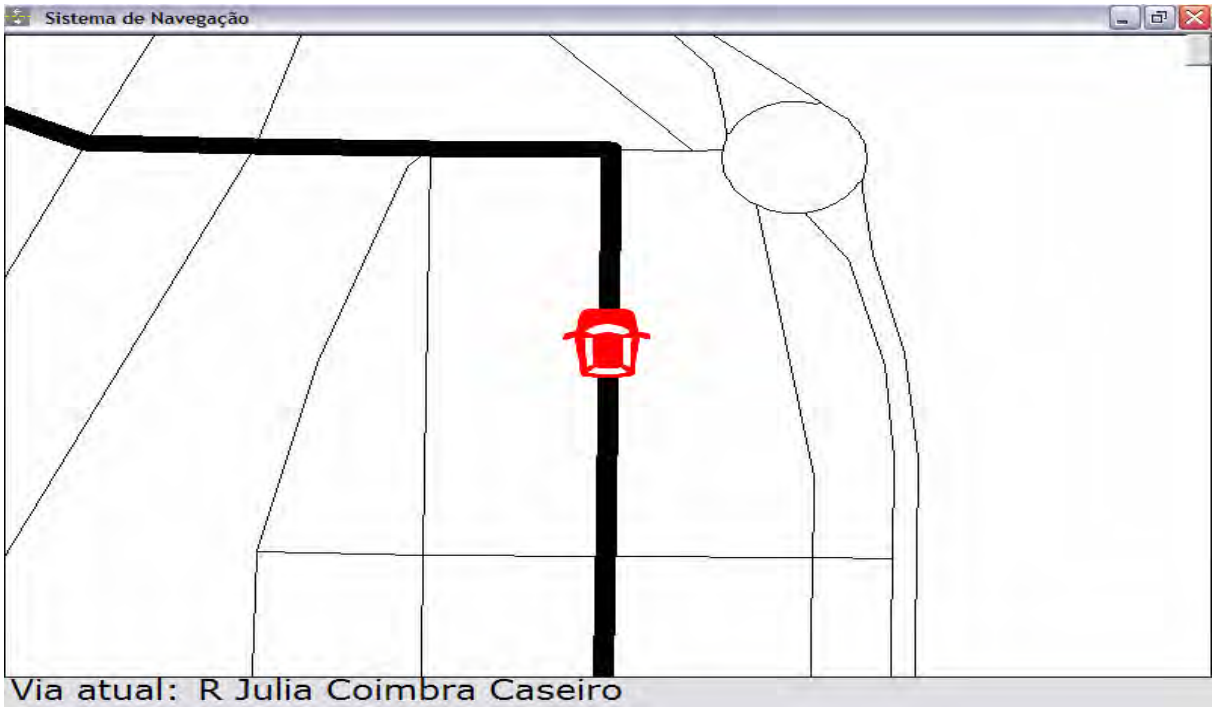


Figura E.9 – Manobra 03: representação de rota em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

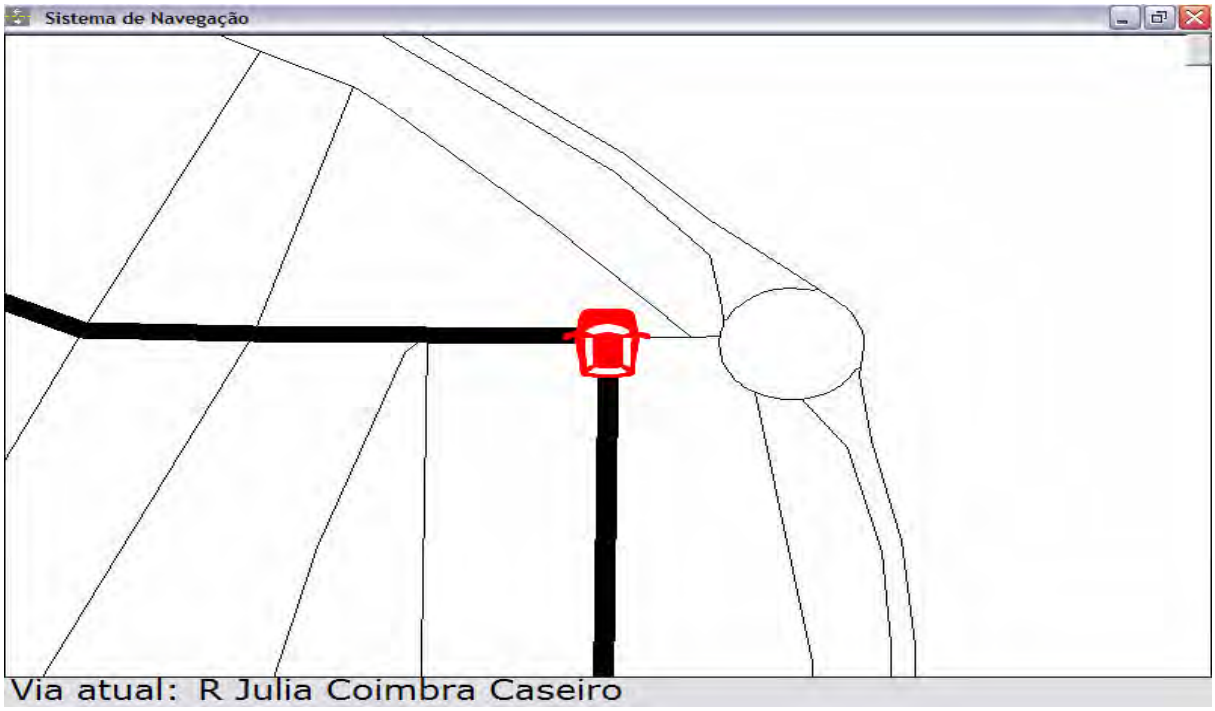


Figura E.10 – Manobra 03: representação de rota em manobra simples no início da operação de manobra.

Figura E.11 – Manobra 04: representação de rota + seta em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

Figura E.12 – Manobra 04: representação de rota + seta em manobra simples no início da operação de manobra.

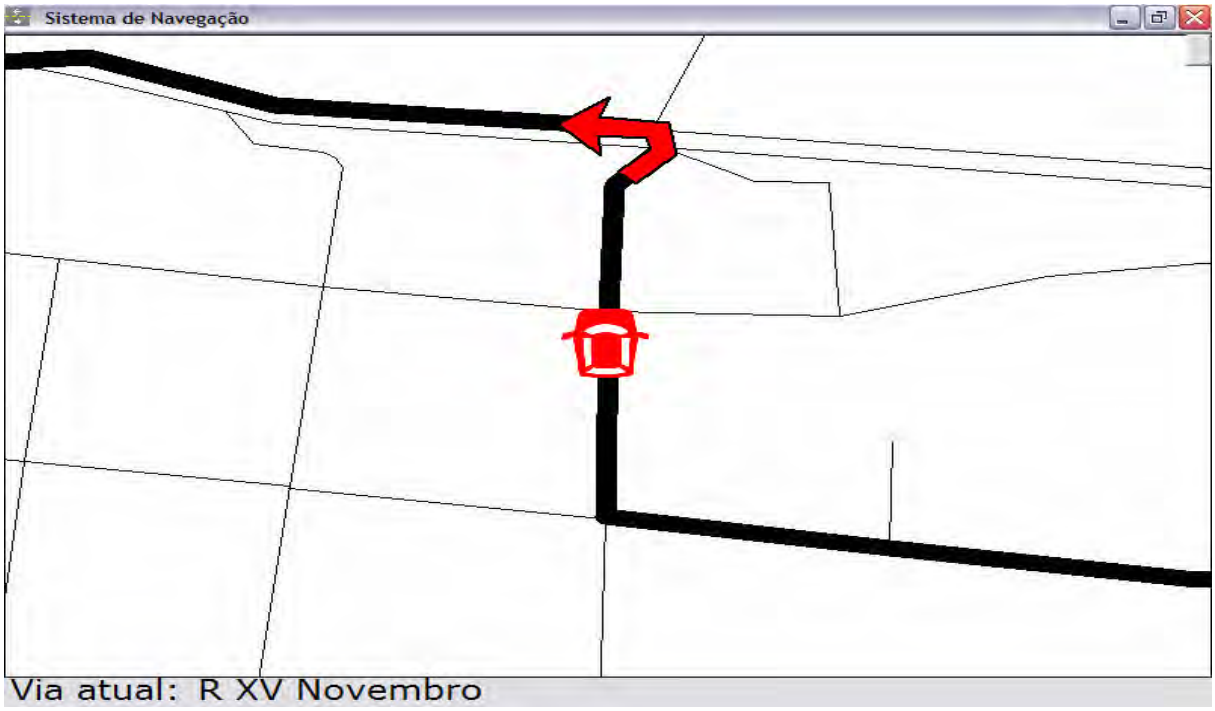


Figura E.13 – Manobra 05: representação de rota + seta em manobra complexa momento de disparo do *beep*.

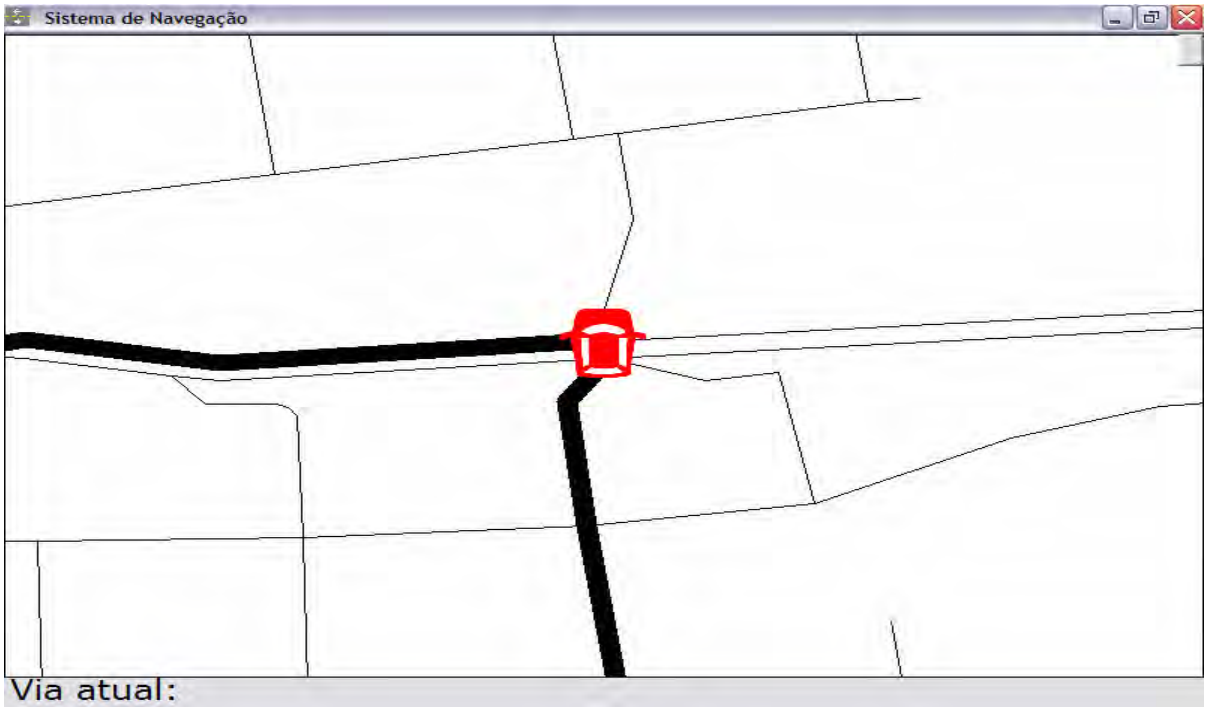


Figura E.14 – Manobra 05: representação de rota + seta em manobra complexa no início da operação de manobra.

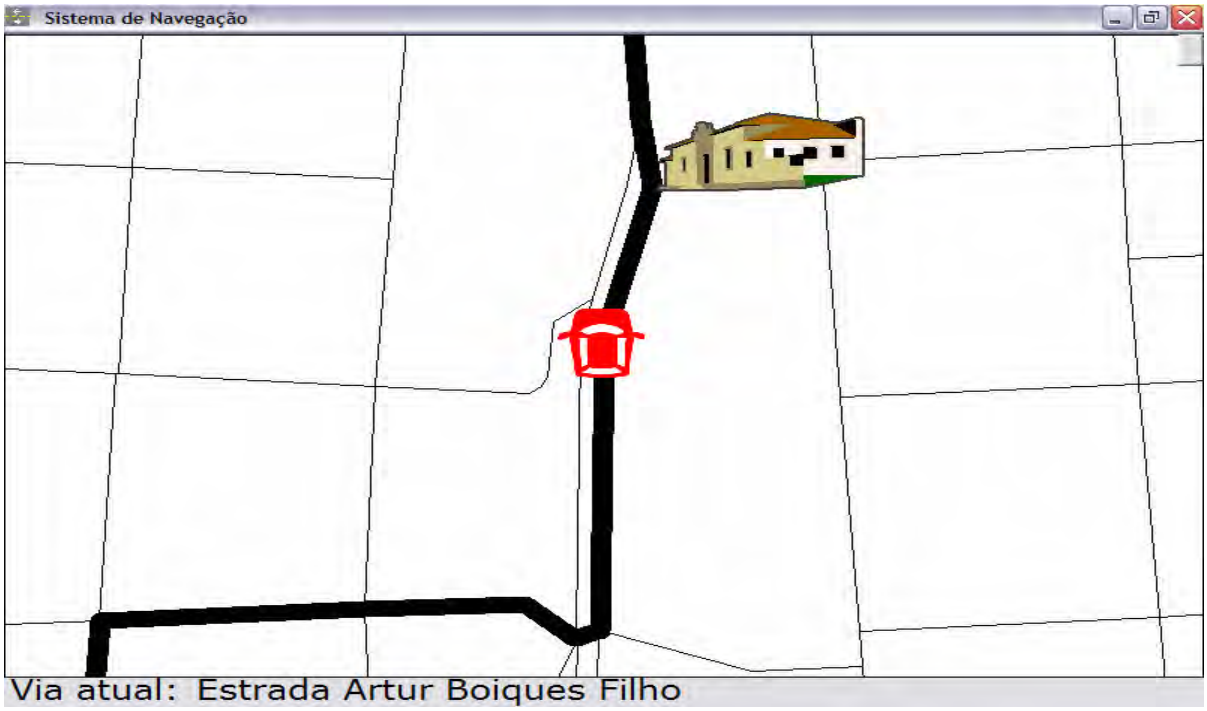


Figura E.15 - Trecho de rota: representação de rota + PR entre as manobras 05 e 06.

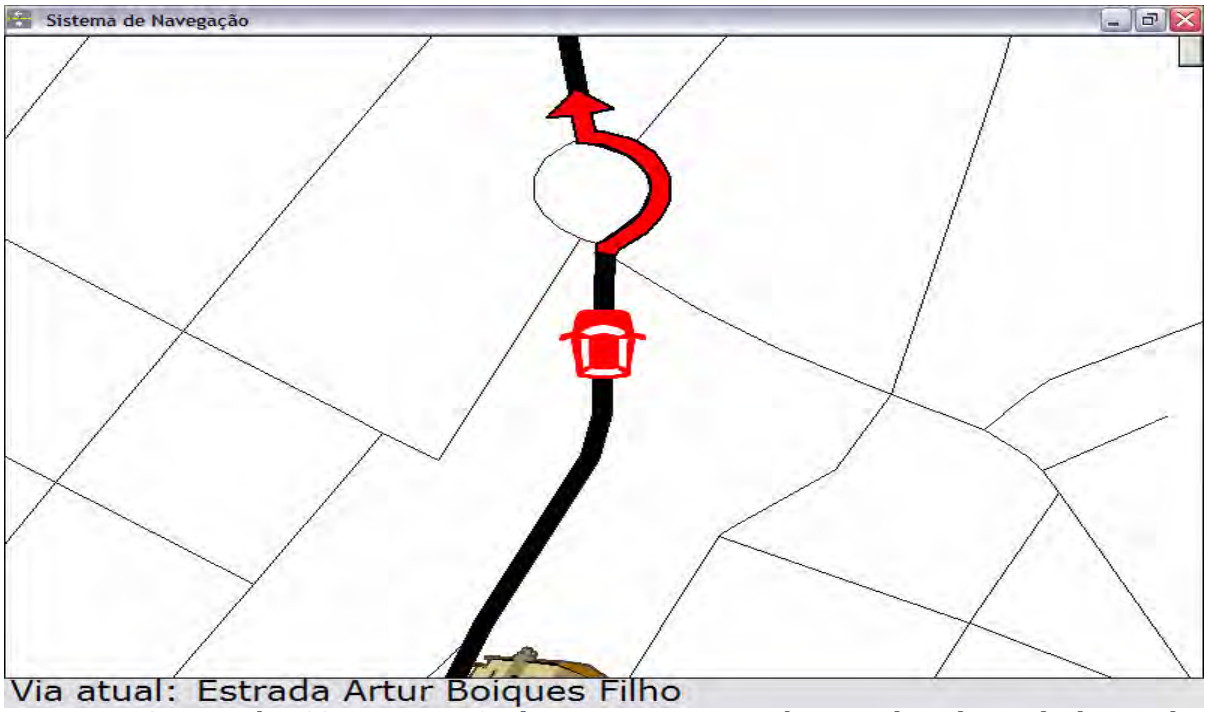


Figura E.16 – Manobra 06: representação de rota + seta em manobra complexa depois do disparo do *beep.*

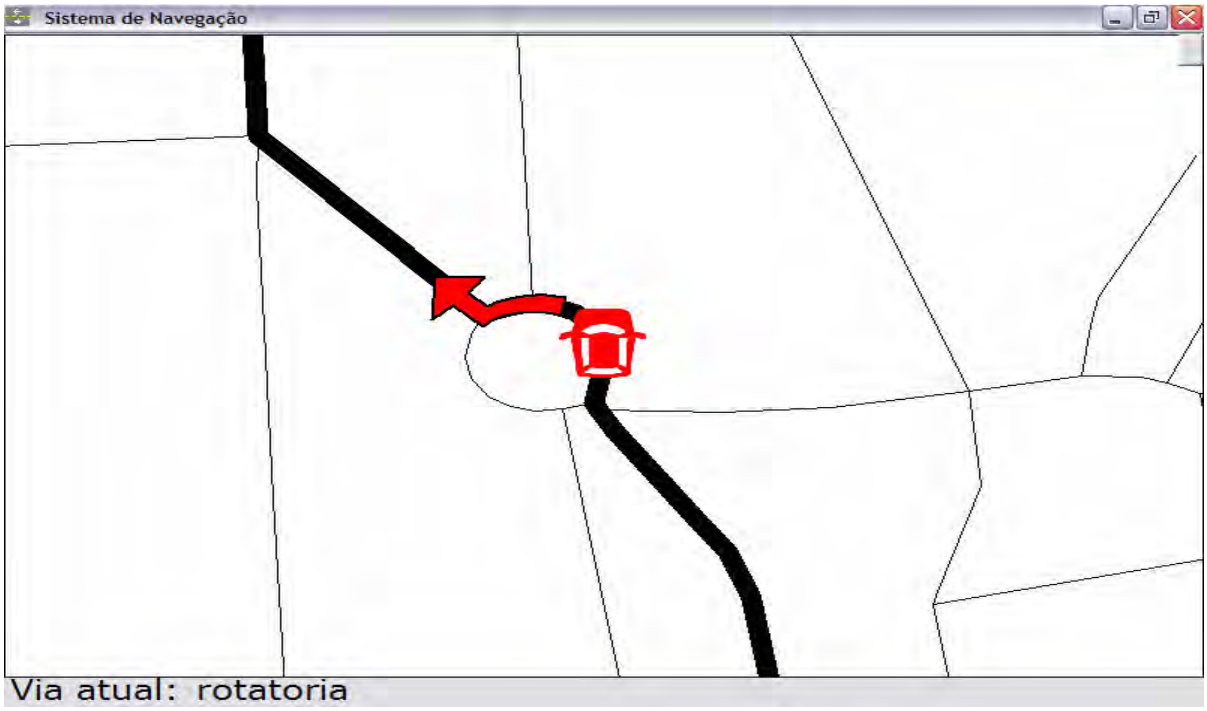


Figura E.17 – Manobra 06: representação de rota + seta na rotatória.

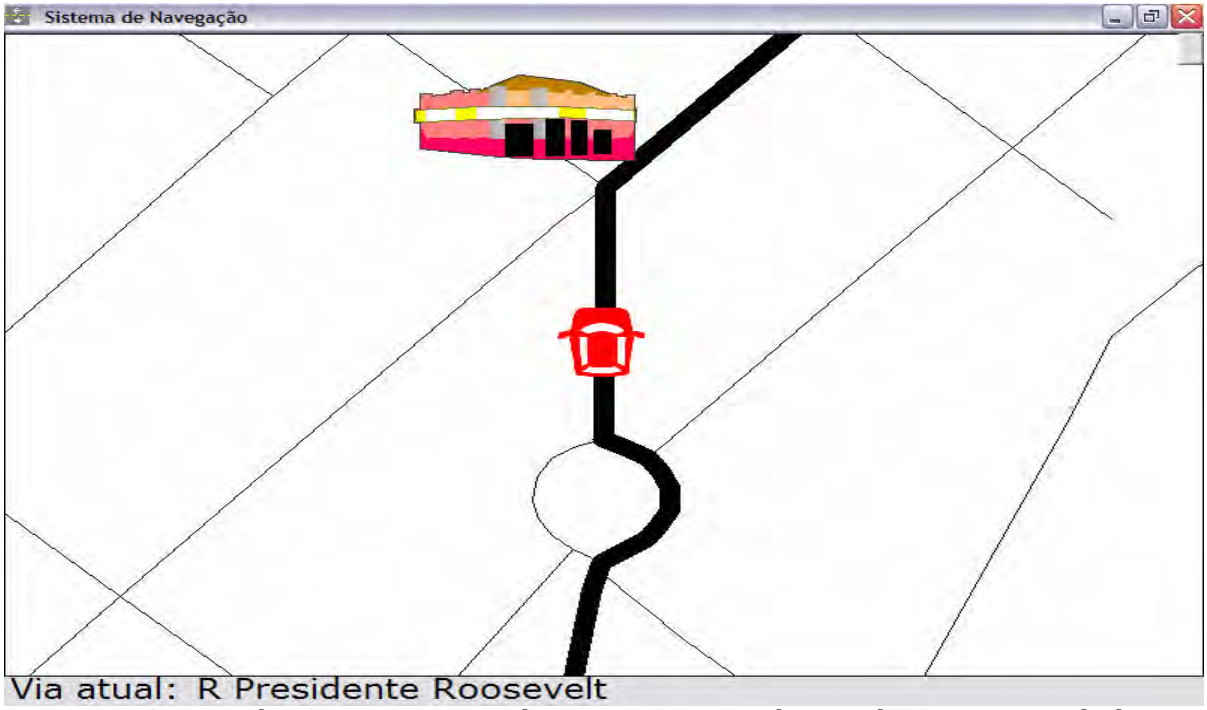


Figura E.18 – Manobra 07: representação de rota + PR em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

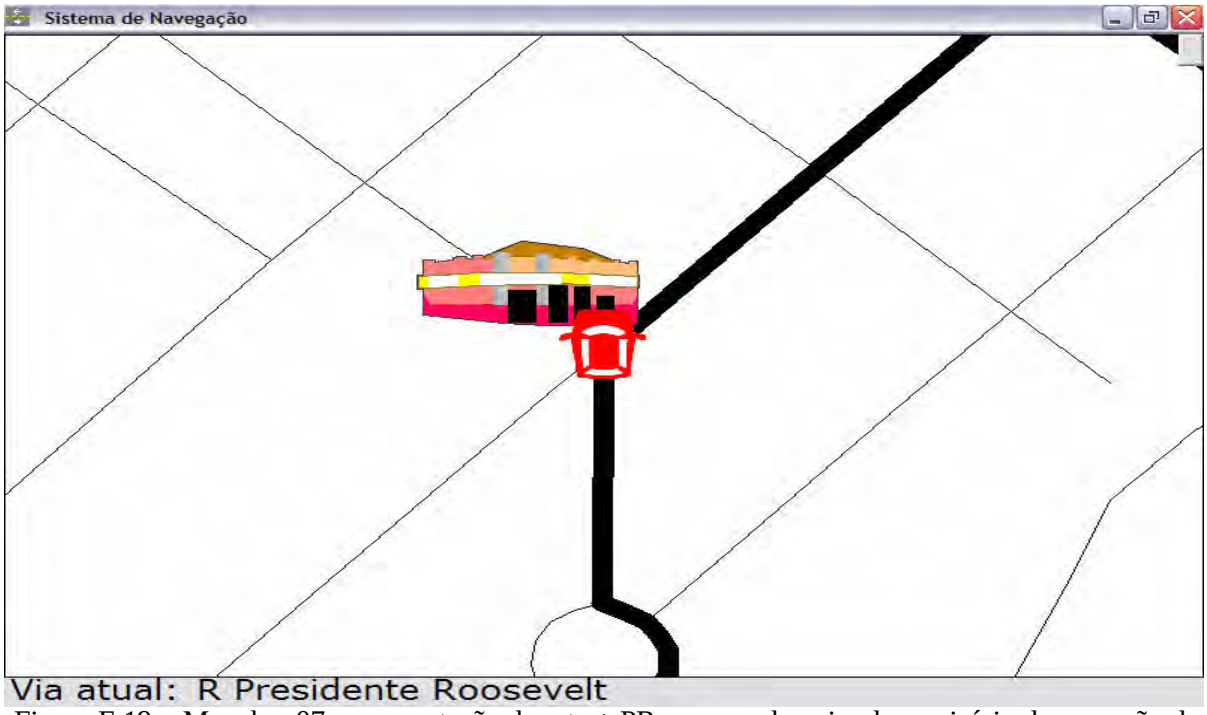


Figura E.19 – Manobra 07: representação de rota + PR em manobra simples no início da operação de manobra.

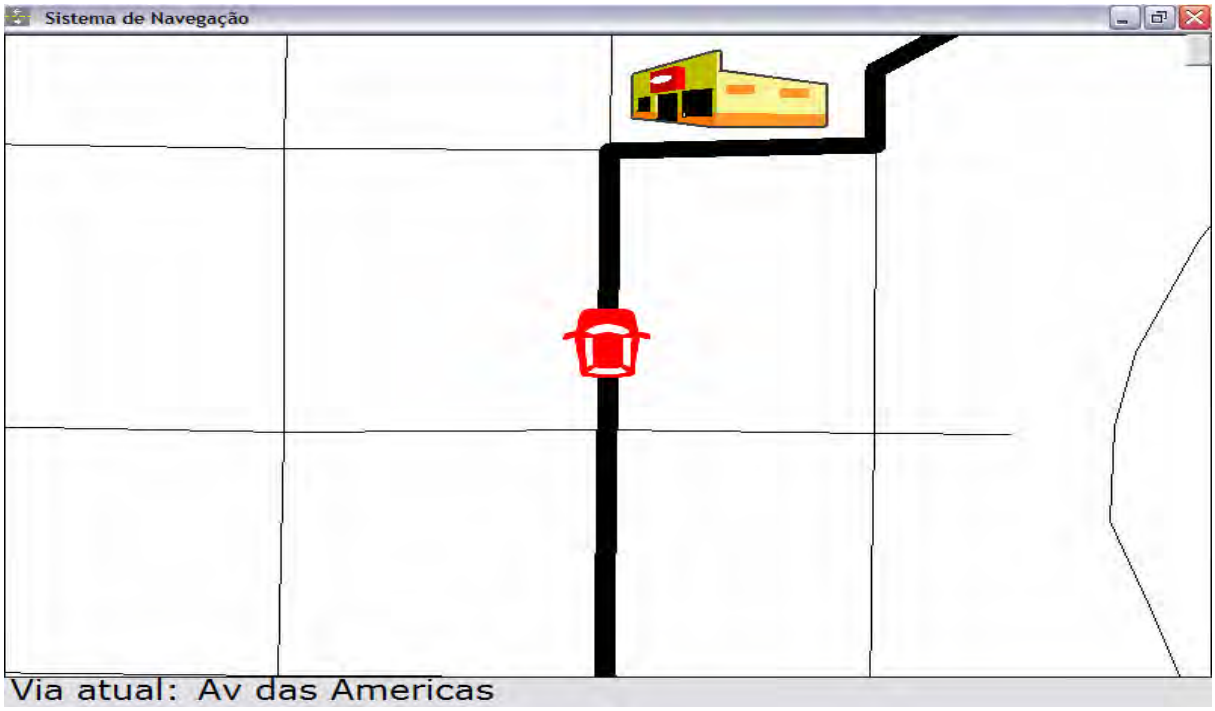


Figura E.20 – Manobra 08: representação de rota + PR em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

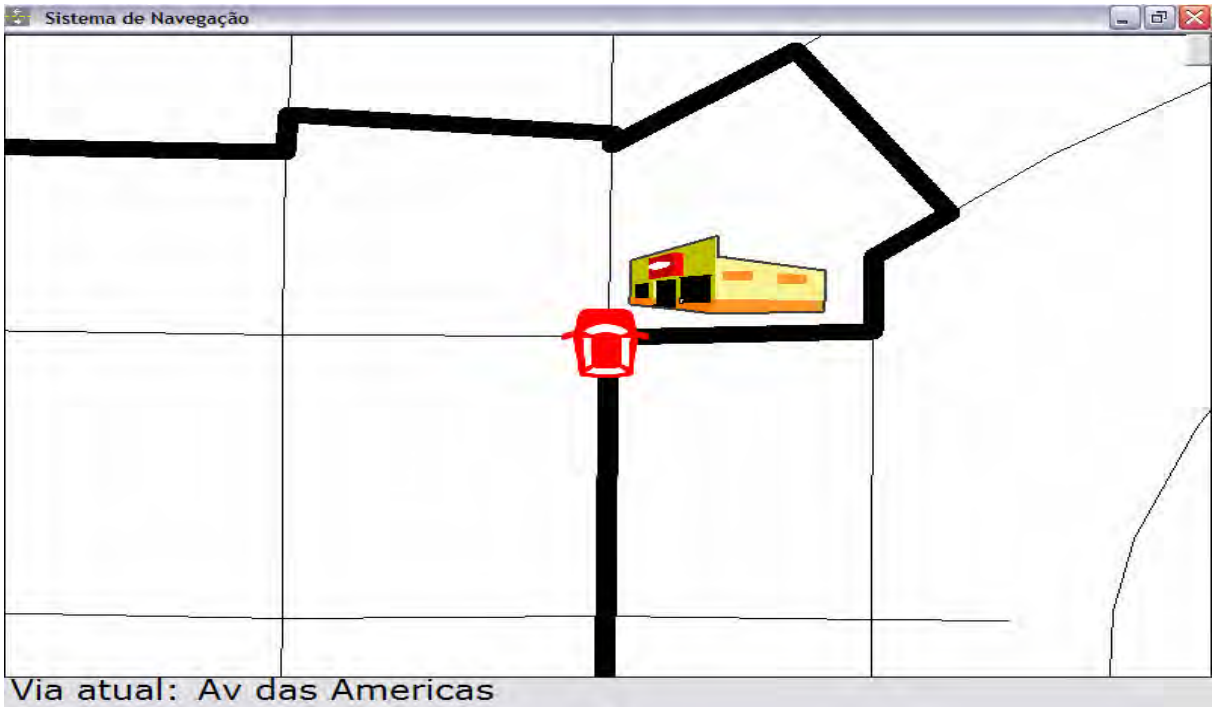


Figura E.21 – Manobra 08: representação de rota + PR em manobra simples no início da operação de manobra.

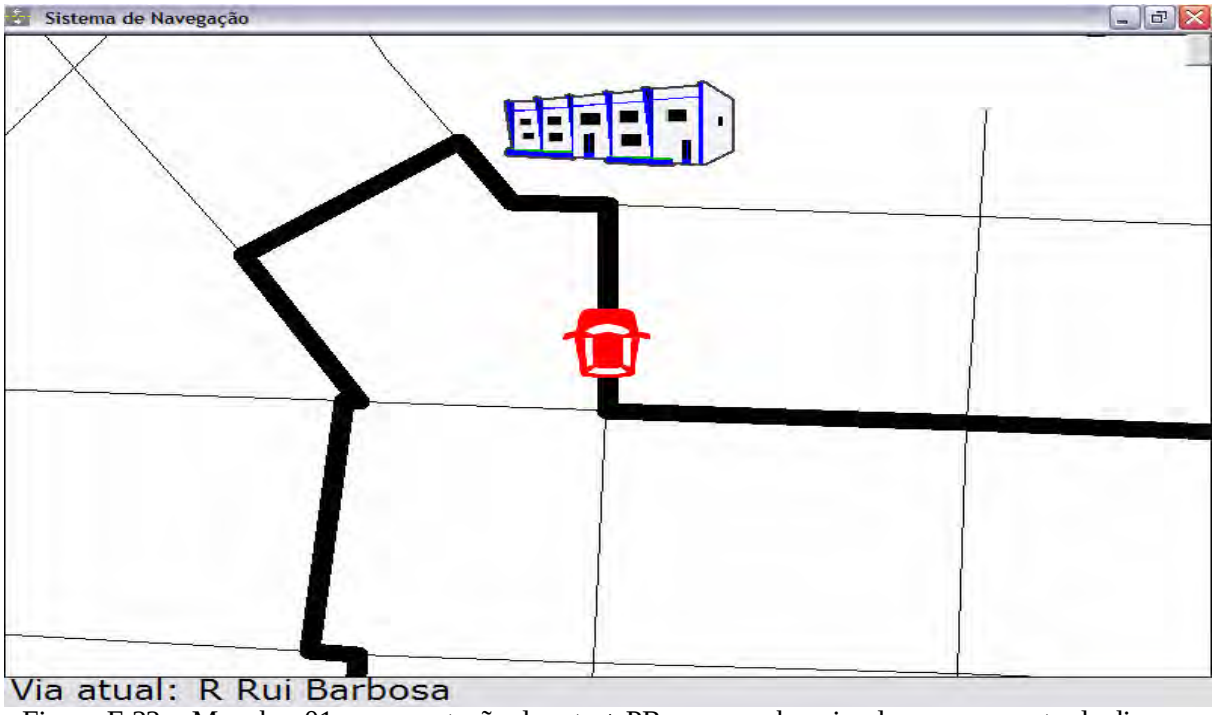


Figura E.22 – Manobra 01: representação de rota + PR em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

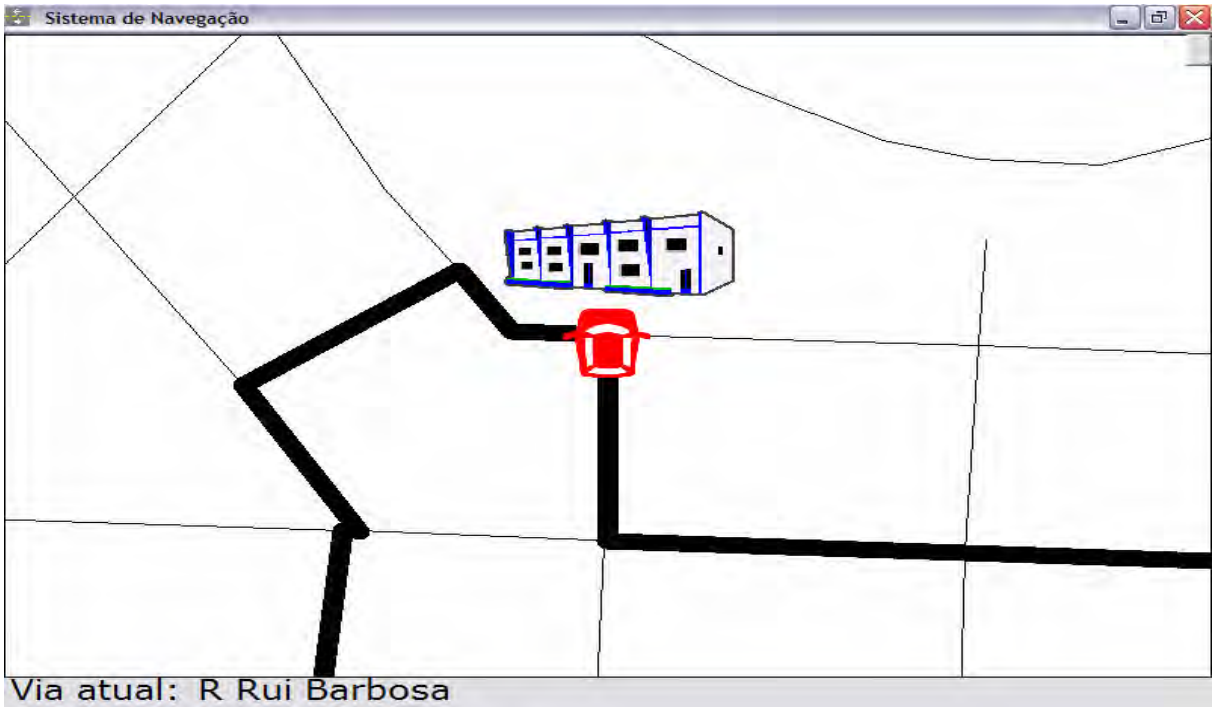


Figura E.23 – Manobra 09: representação de rota + PR em manobra simples no início da operação de manobra.

Figura E.24 – Manobra 10: representação de rota em manobra simples e trecho irregular no momento de disparo do *beep*.

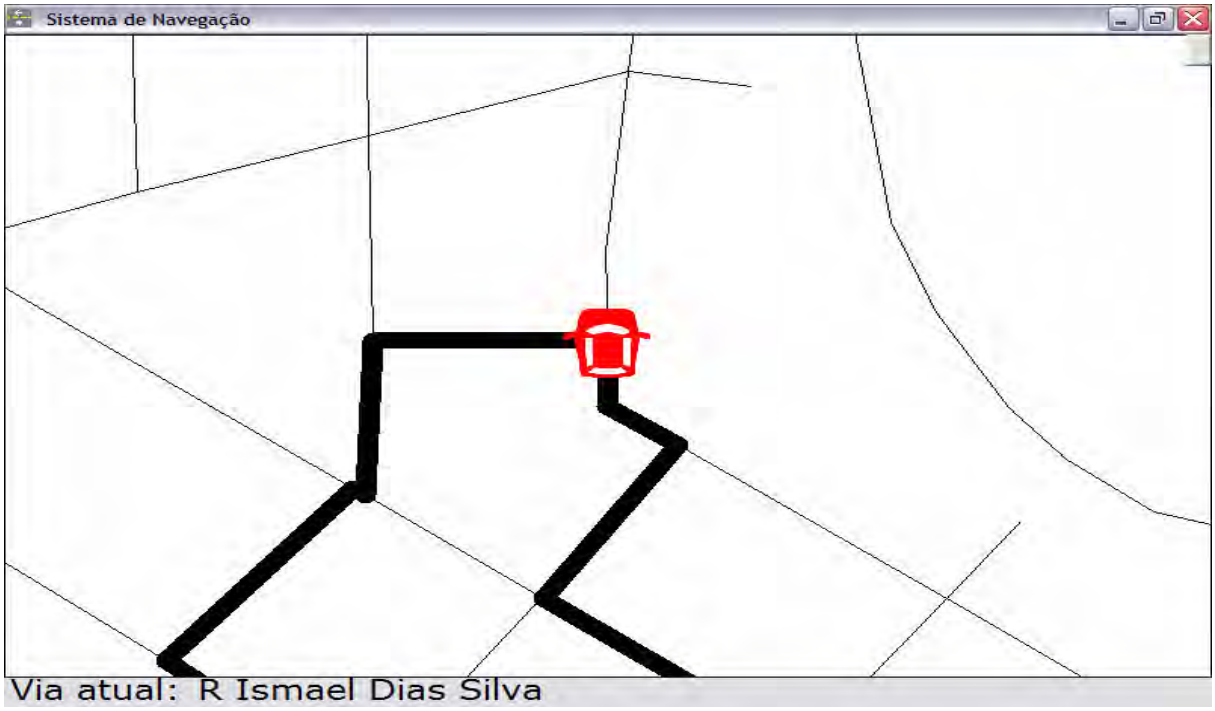


Figura E.25 – Manobra 10: representação de rota em manobra simples e trecho irregular no início da operação de manobra.

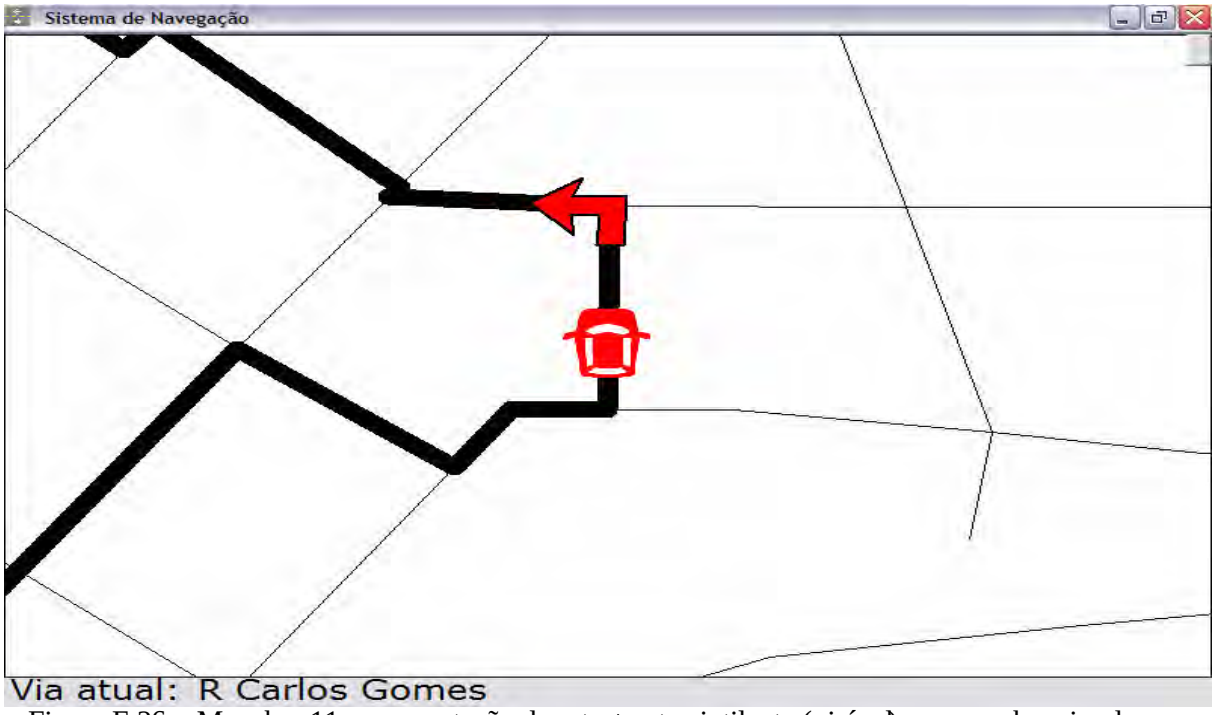


Figura E.26 – Manobra 11: representação de rota + seta cintilante (visível) em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

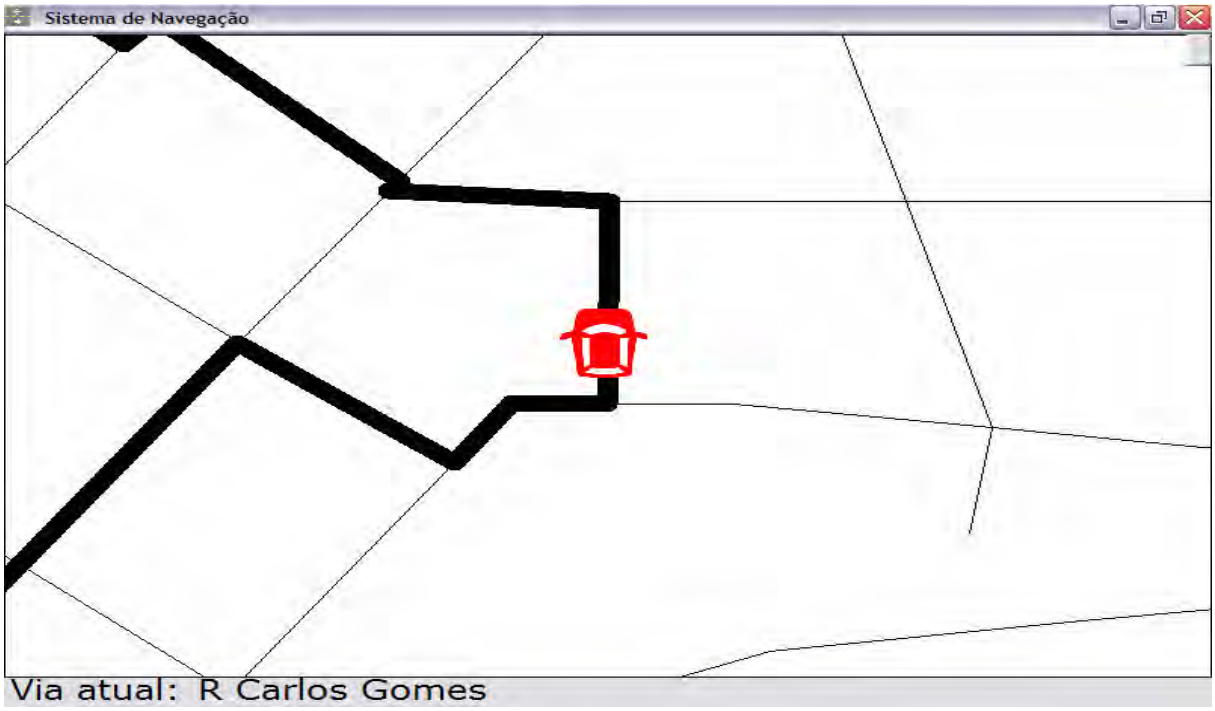


Figura E.27 – Manobra 11: representação de rota + seta cintilante (oculta) em manobra simples depois do disparo do *beep*.

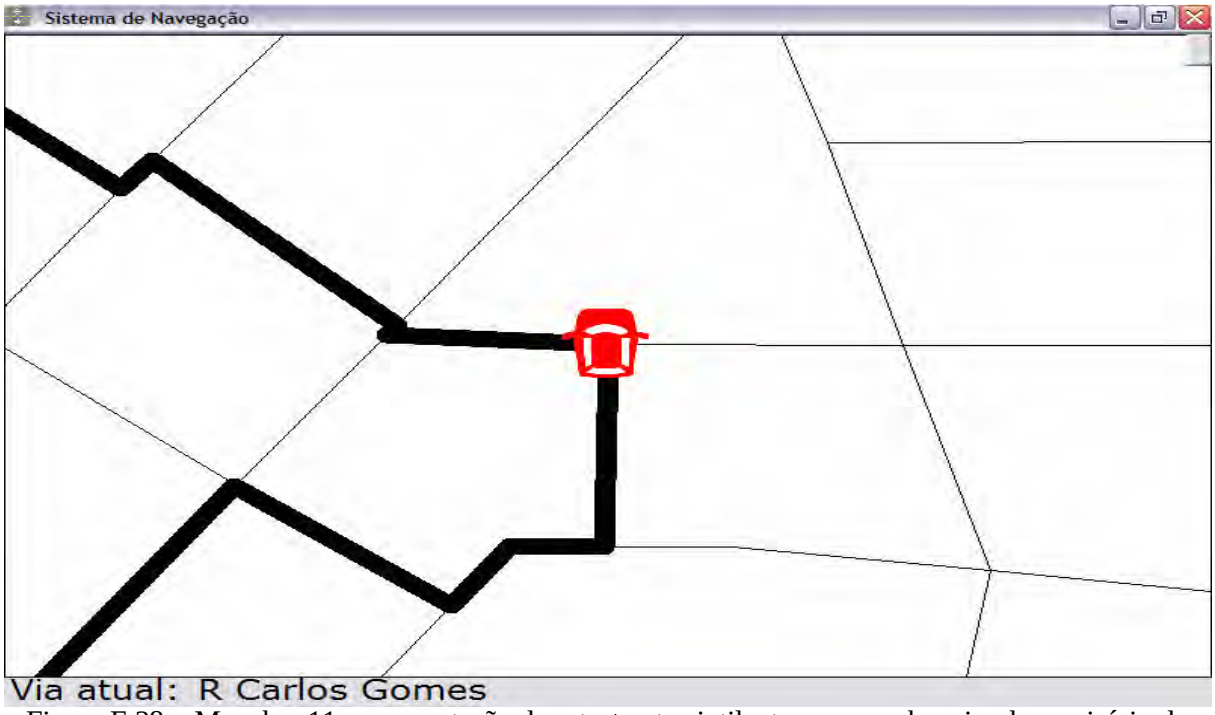


Figura E.28 – Manobra 11: representação de rota + seta cintilante em manobra simples no início da operação de manobra.

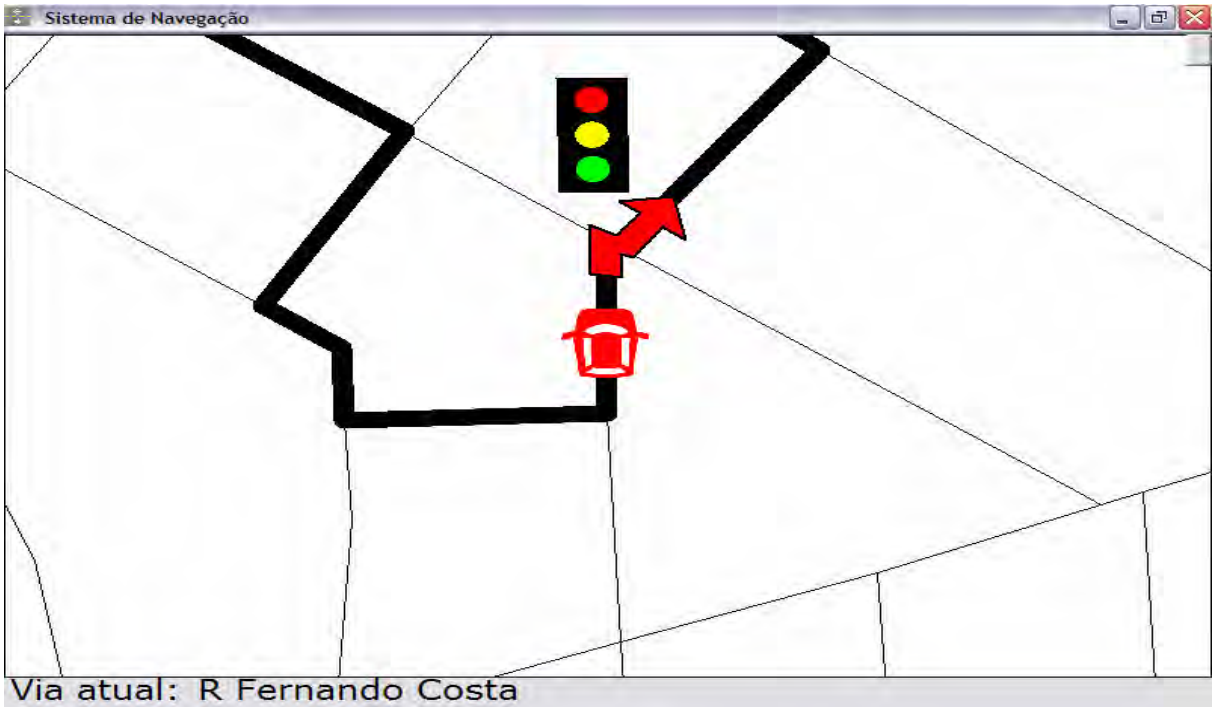


Figura E.29 – Manobra 12: representação de rota + seta + PR em manobra complexa momento de disparo do *beep*.

Figura E.30 – Manobra 12: representação de rota + seta + PR em manobra complexa no início da operação de manobra.

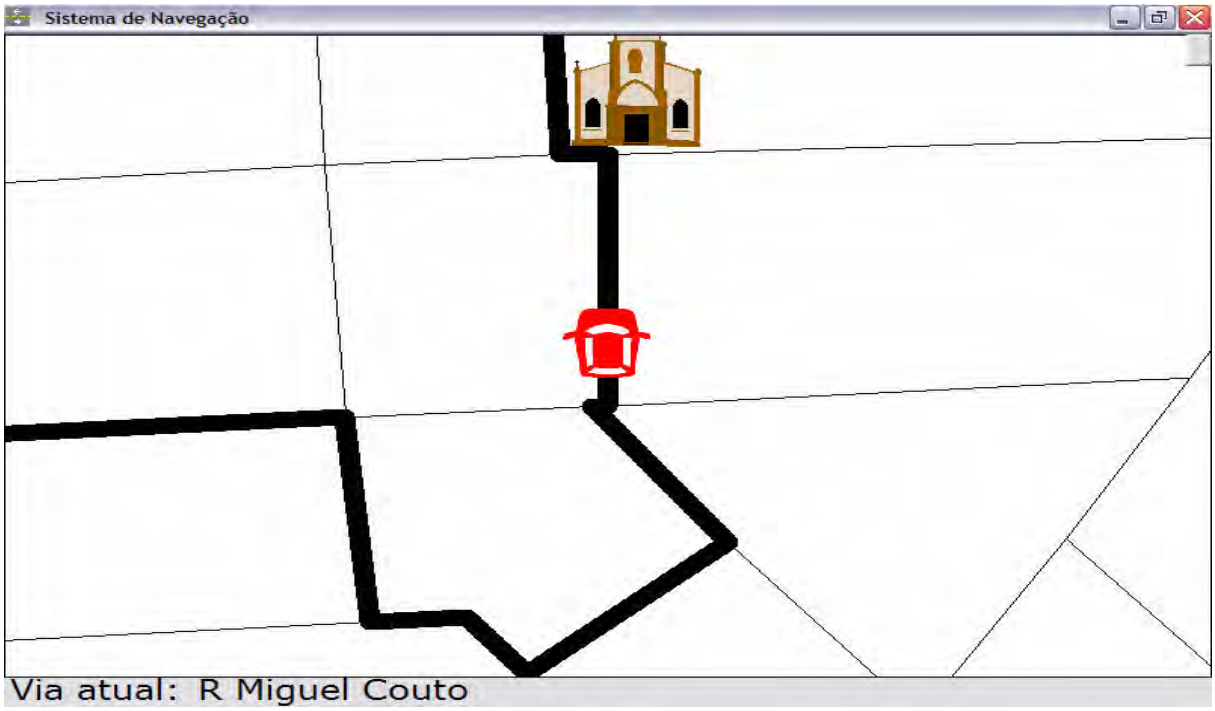


Figura E.31 – Manobra 13: representação de rota + PR em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

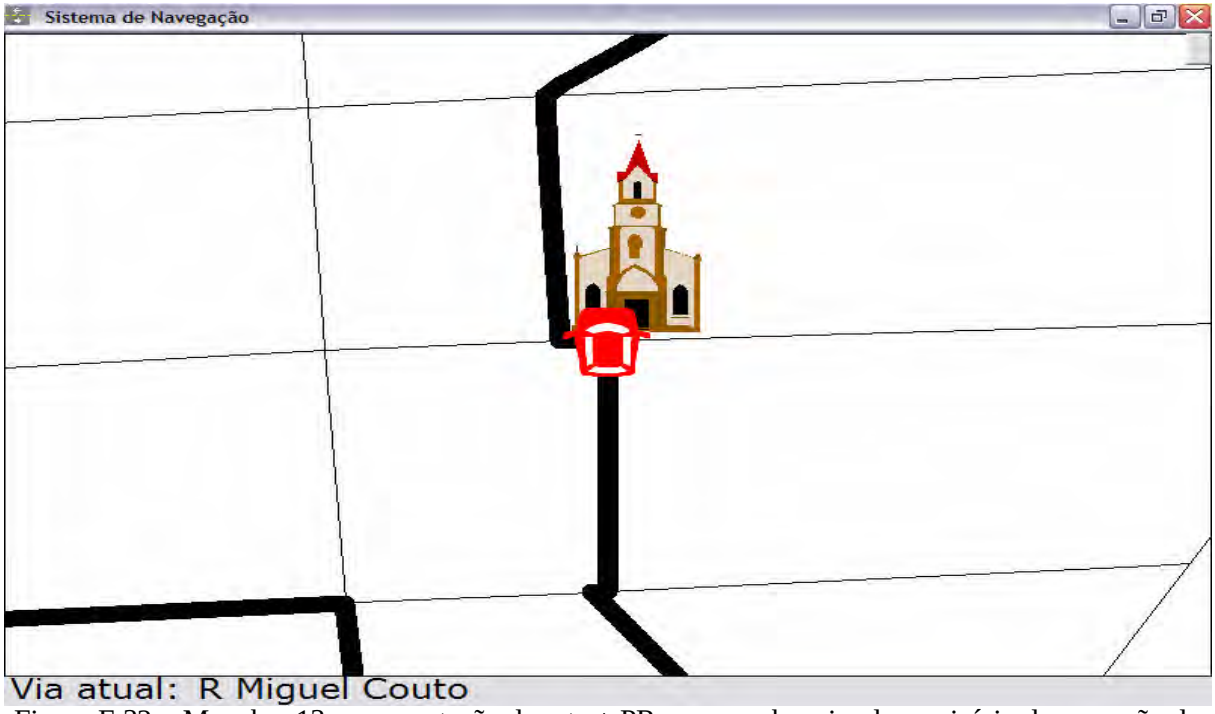


Figura E.32 – Manobra 13: representação de rota + PR em manobra simples no início da operação de manobra.

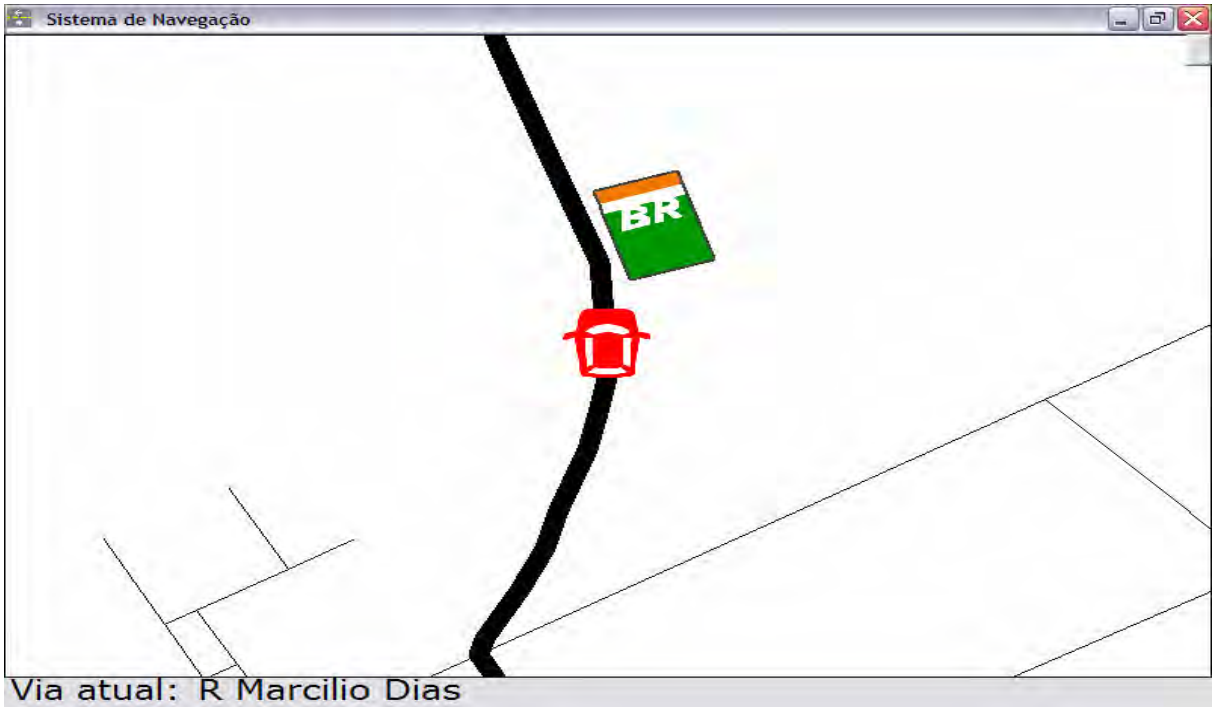


Figura E.33 – Trecho de rota: representação de rota + PR entre as manobras 13 e 14

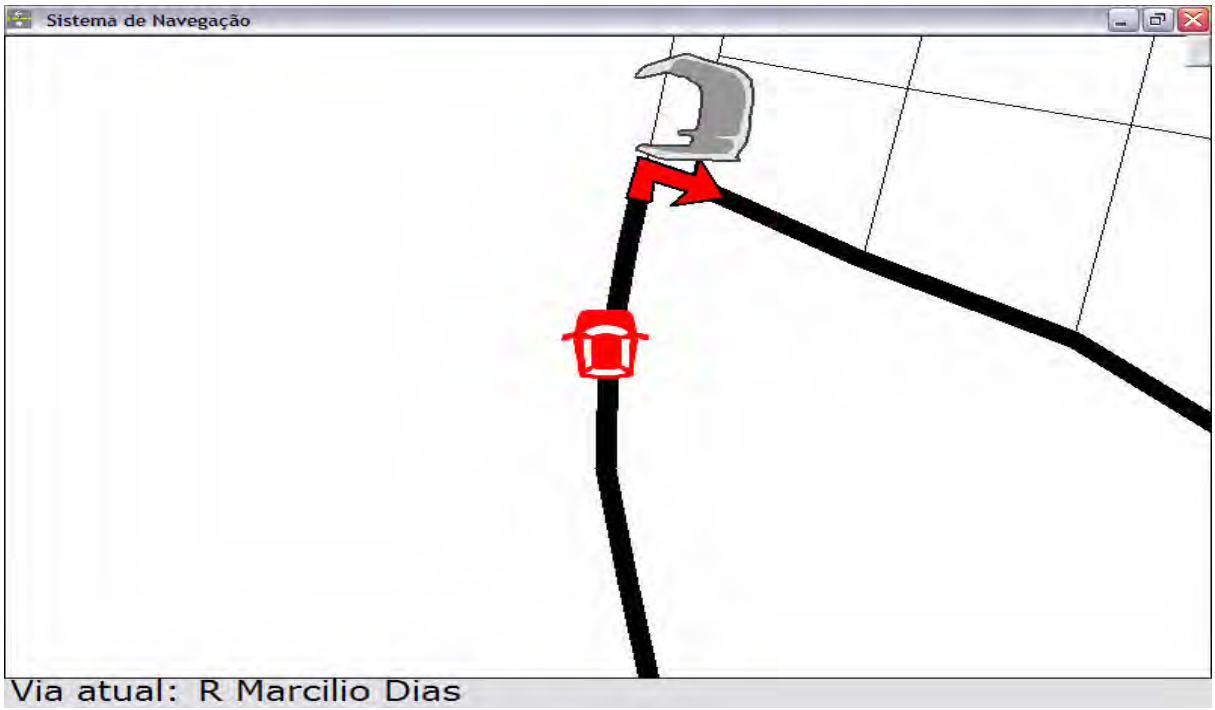


Figura E.34 – Manobra 14: representação de rota + seta + PR em manobra simples momento de disparo do *beep*.

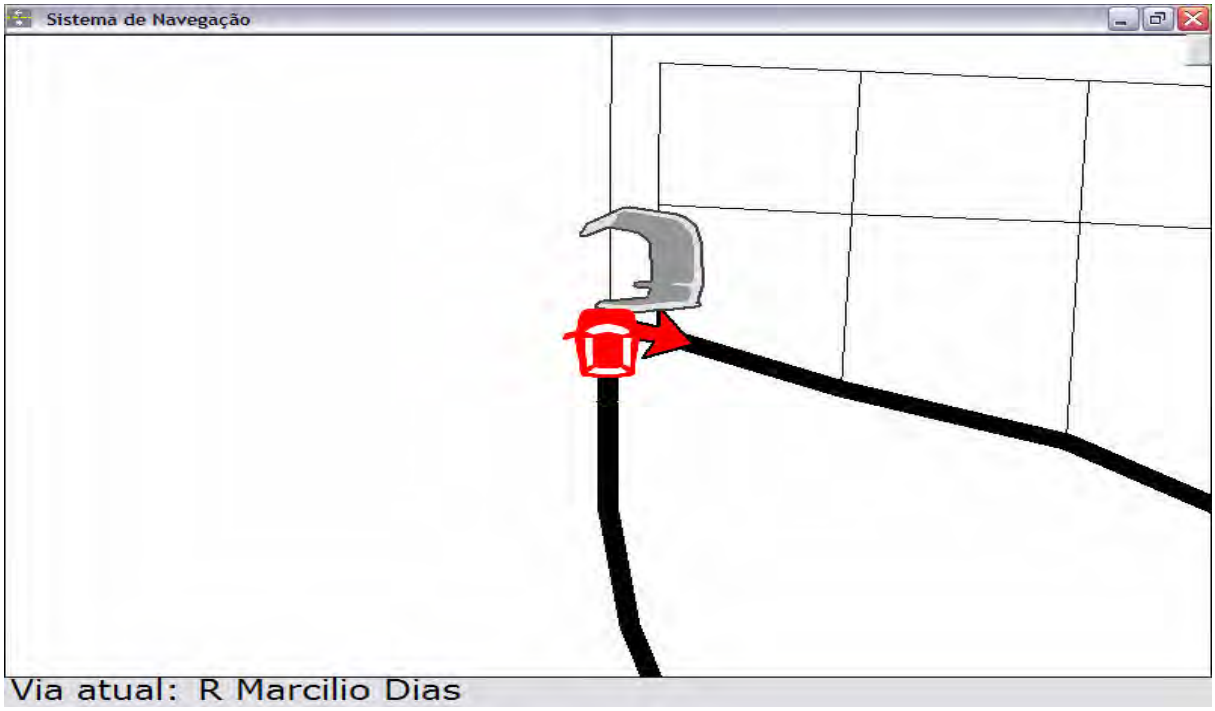


Figura E.35 – Manobra 14: representação de rota + seta + PR em manobra simples no início da operação de manobra.

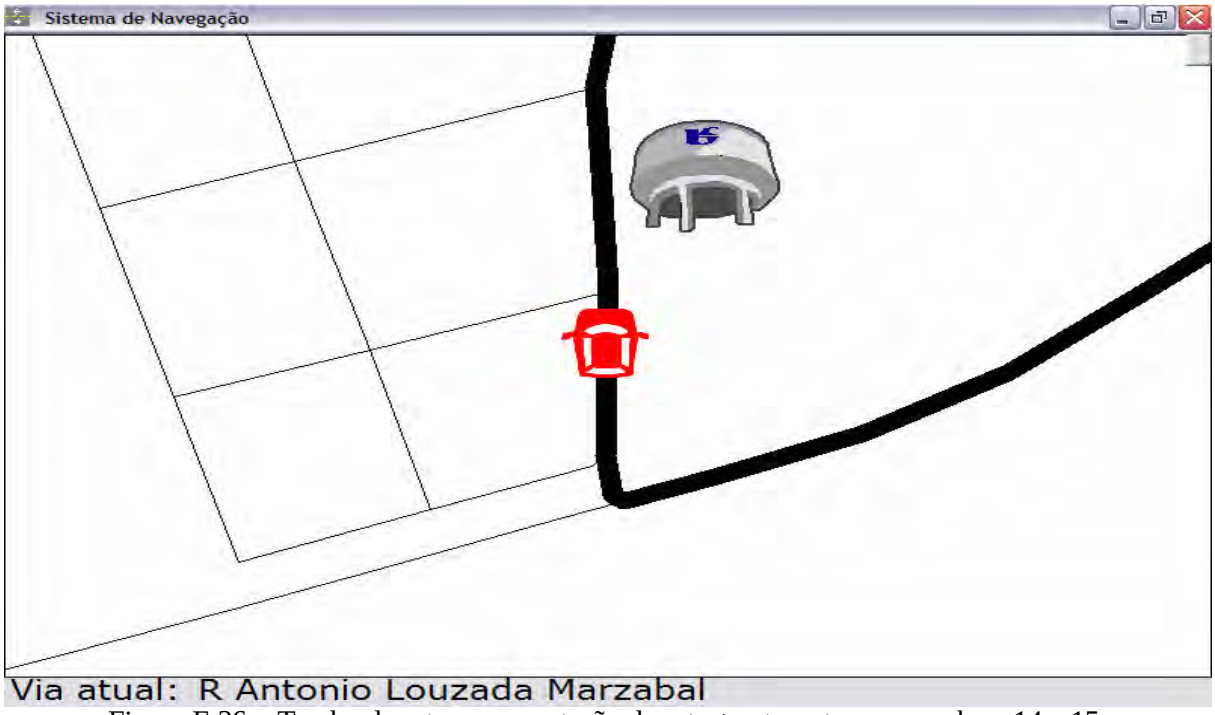


Figura E.36 – Trecho de rota: representação de rota + seta entre as manobras 14 e 15.

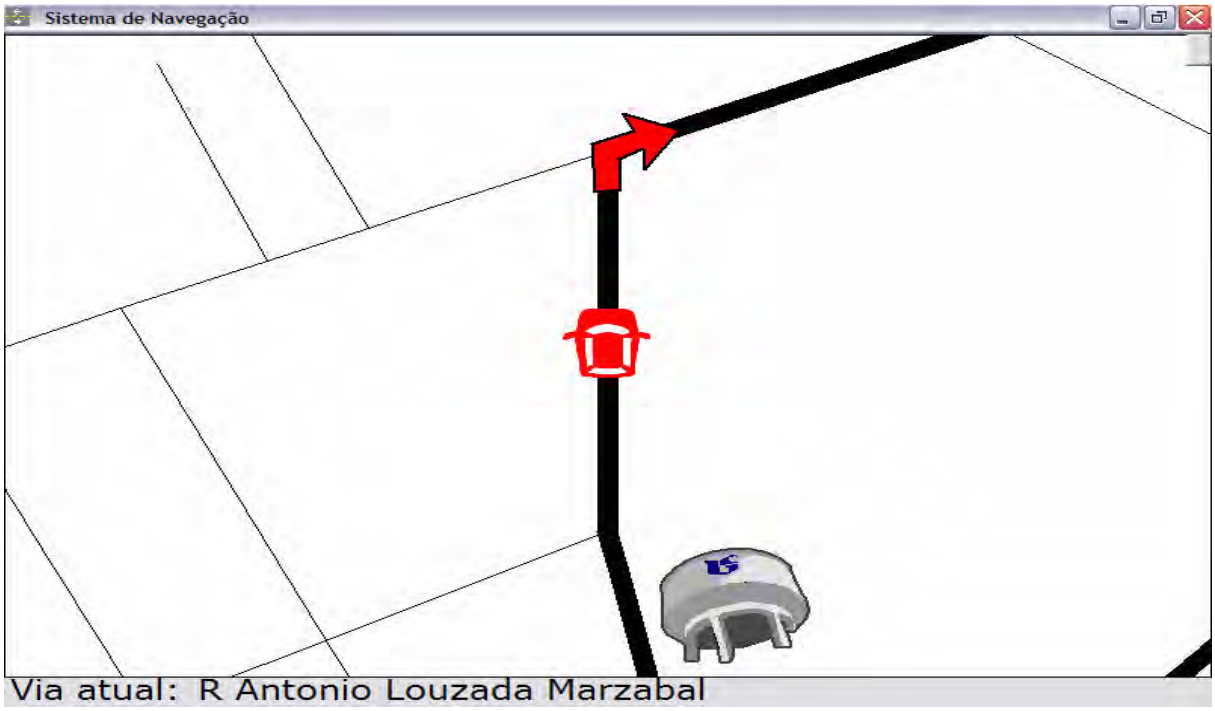


Figura E.37 – Manobra 15: representação de rota + seta cintilante em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

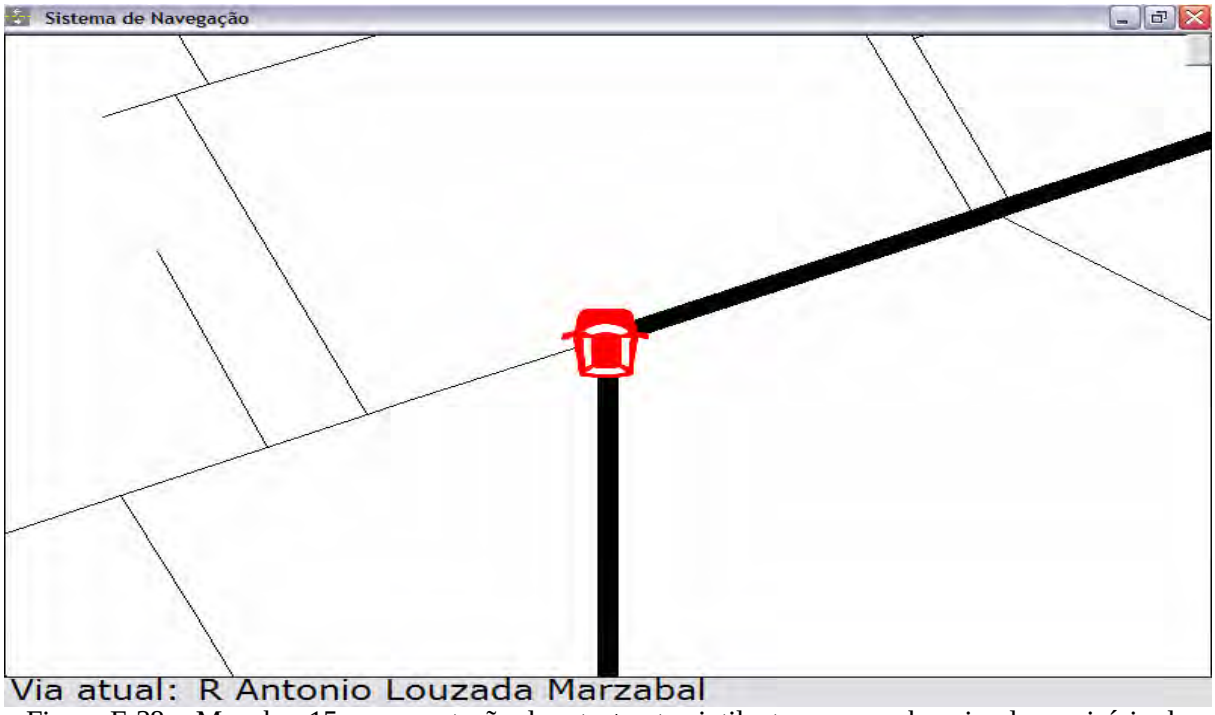


Figura E.38 – Manobra 15: representação de rota + seta cintilante em manobra simples no início da operação de manobra.

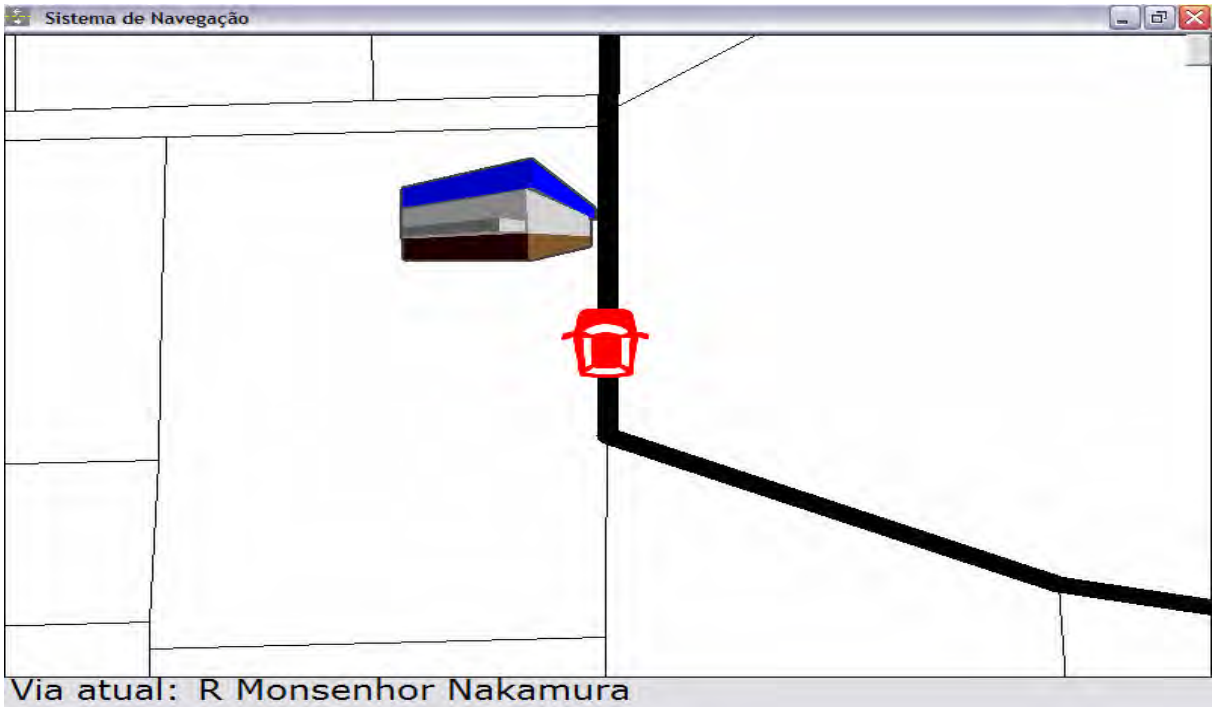


Figura E.39 - Trecho de rota: representação de rota + PR entre as manobras 15 e 16.

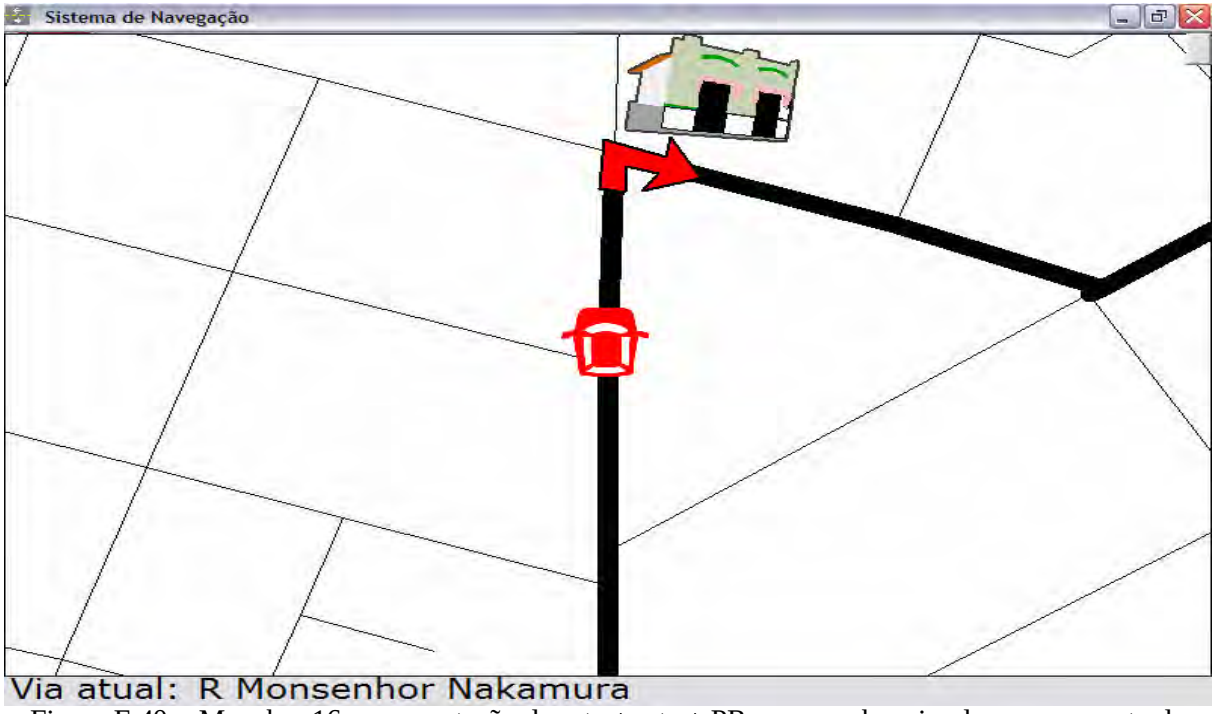


Figura E.40 – Manobra 16: representação de rota + seta + PR em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

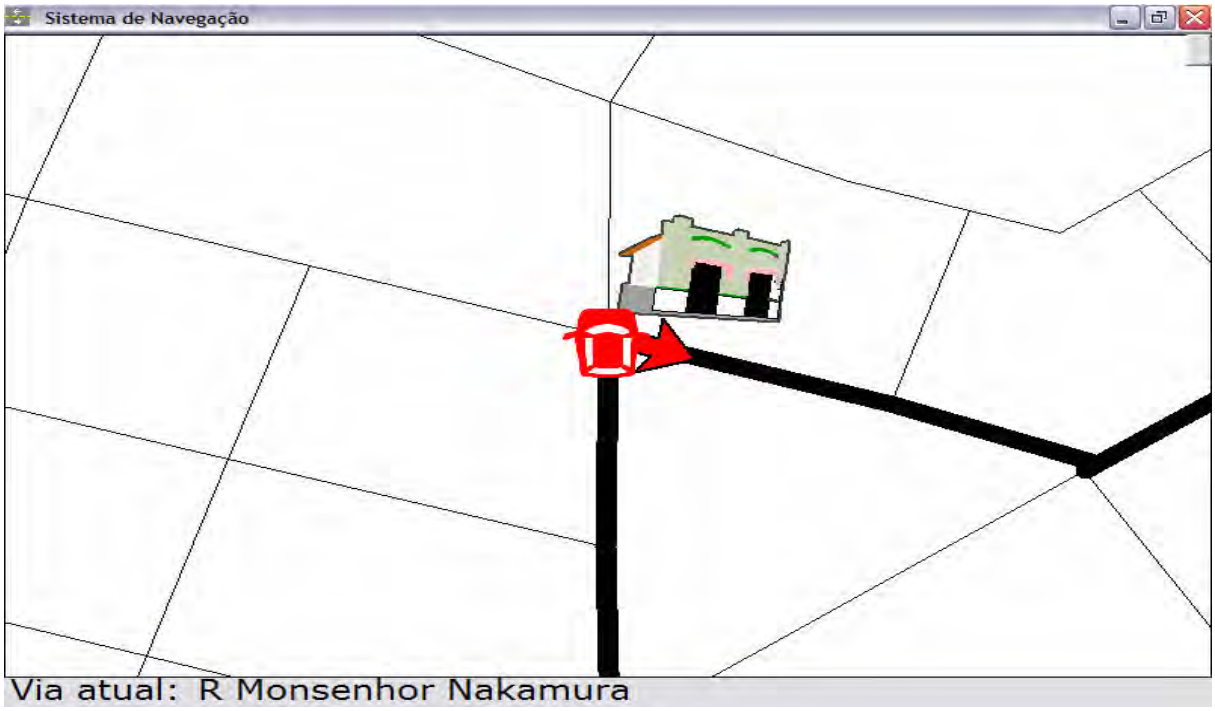


Figura E.41 – Manobra 16: representação de rota + seta + PR em manobra simples no início da operação de manobra.

Figura E.42 – Manobra 17: representação de rota + seta em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

Figura E.43 – Manobra 17: representação de rota + seta em manobra simples no início da operação de manobra.

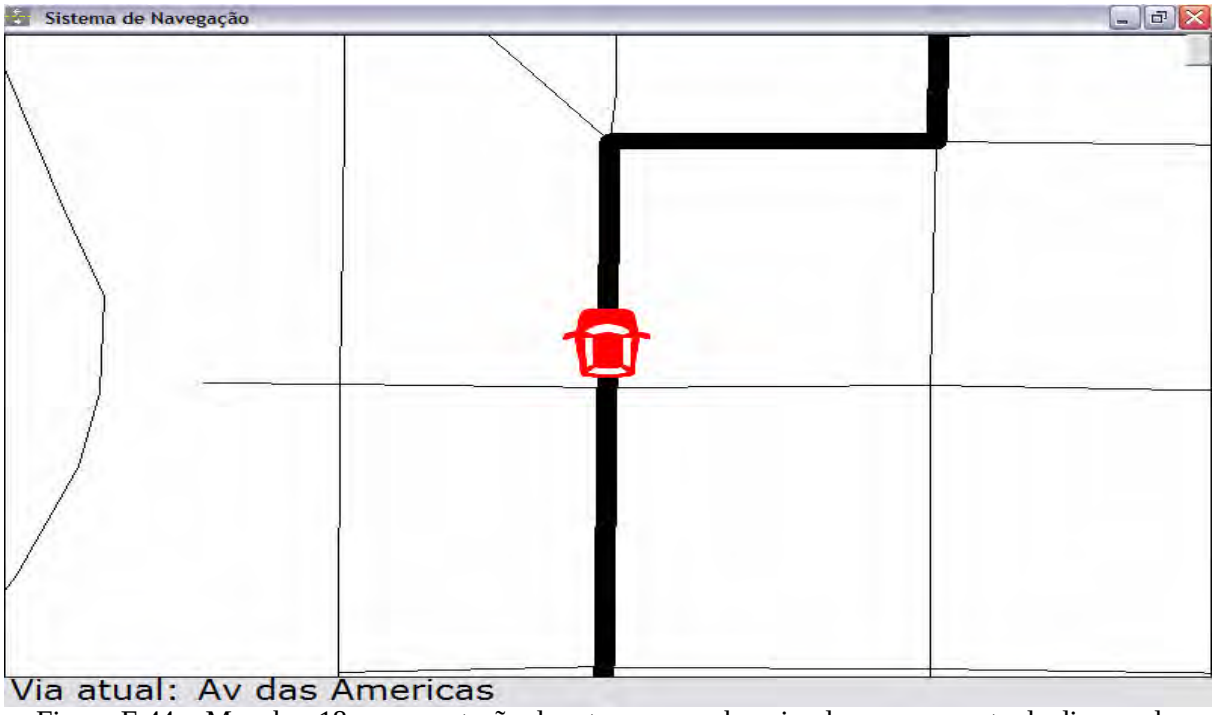


Figura E.44 – Manobra 18: representação de rota em manobra simples no momento de disparo do *beep.*

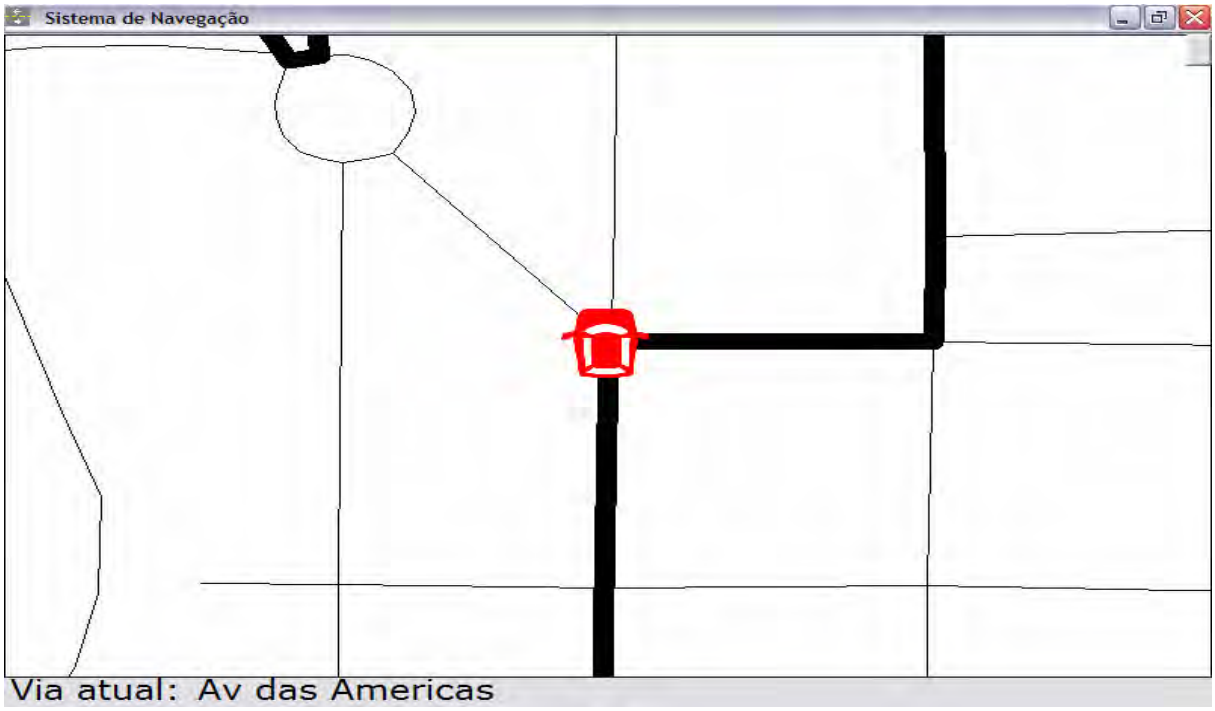


Figura E.45 – Manobra 18: representação de rota em manobra simples no início da operação de manobra.

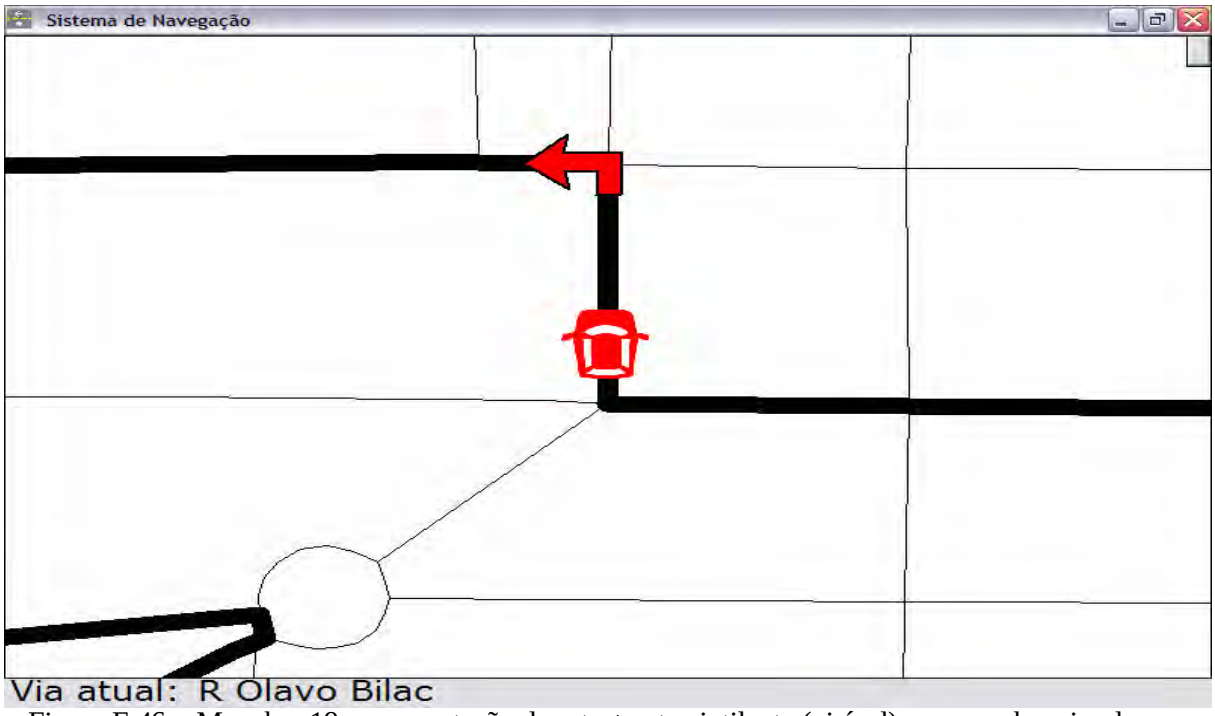


Figura E.46 – Manobra 19: representação de rota + seta cintilante (visível) em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

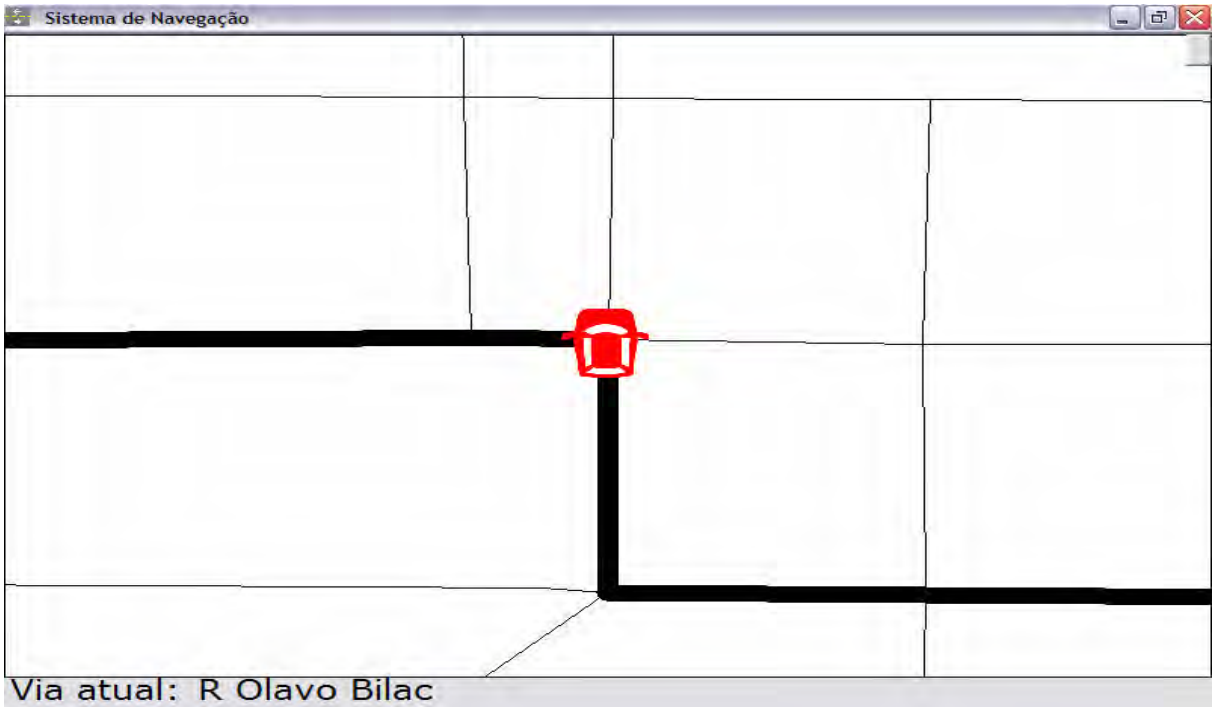


Figura E.47 – Manobra 19: representação de rota + seta cintilante (oculta) em manobra simples no início da operação de manobra.

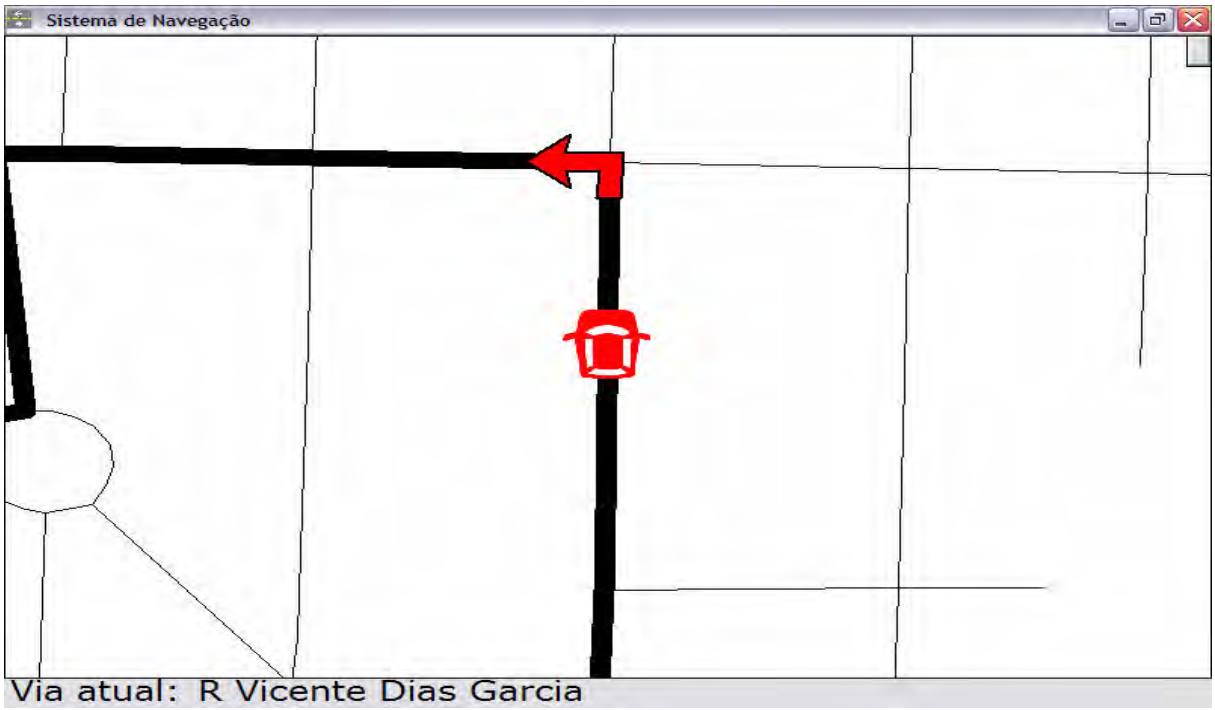


Figura E.48 – Manobra 20: representação de rota + seta em manobra simples no momento de disparo do *beep*.

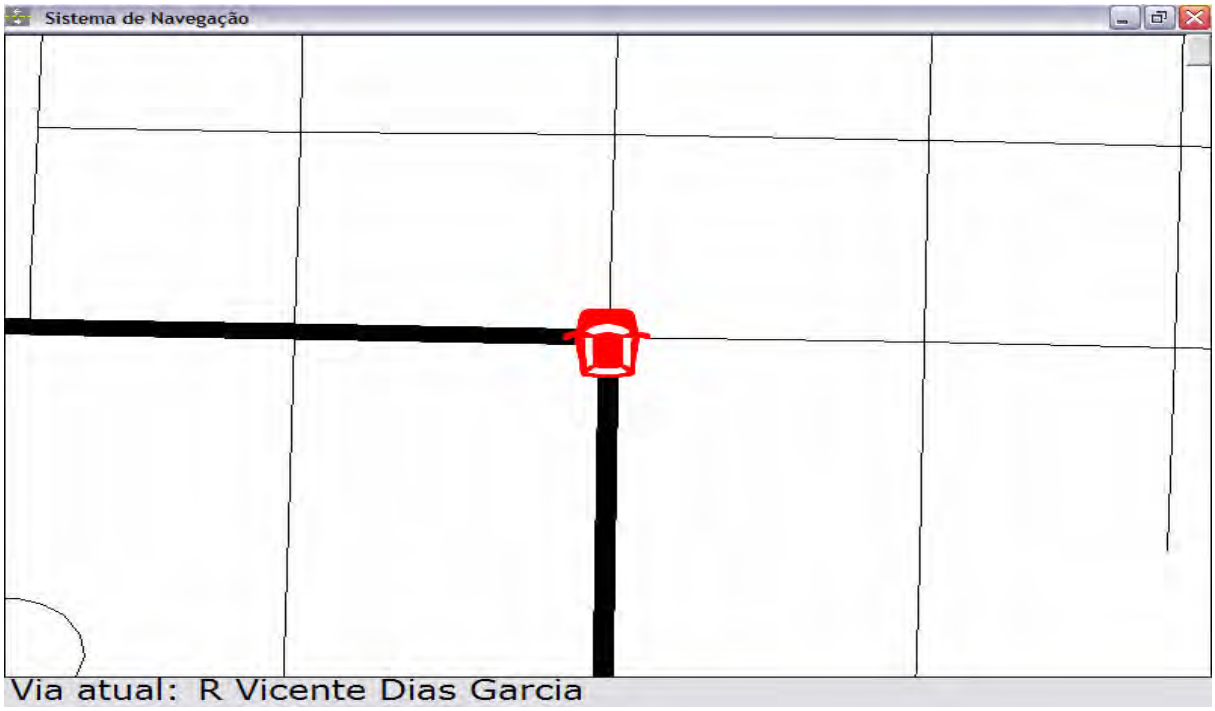


Figura E.49 – Manobra 20: representação de rota + seta em manobra simples no início da operação de manobra.

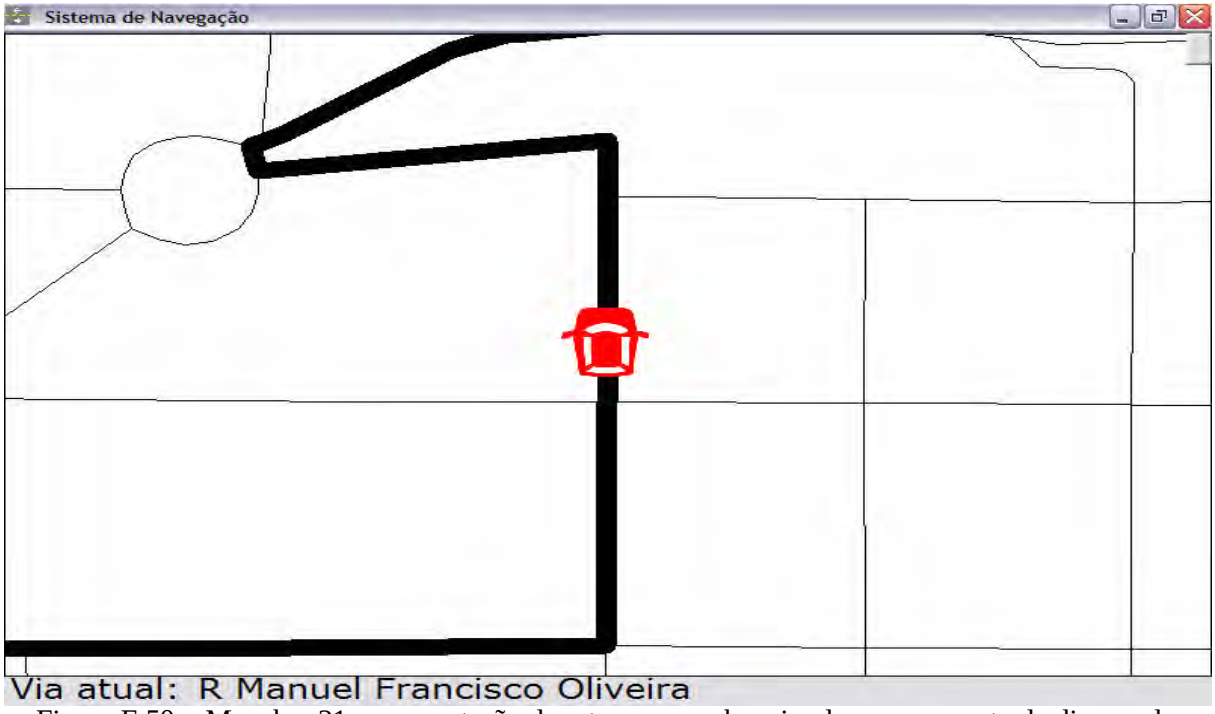


Figura E.50 – Manobra 21: representação de rota em manobra simples no momento de disparo do *beep.*

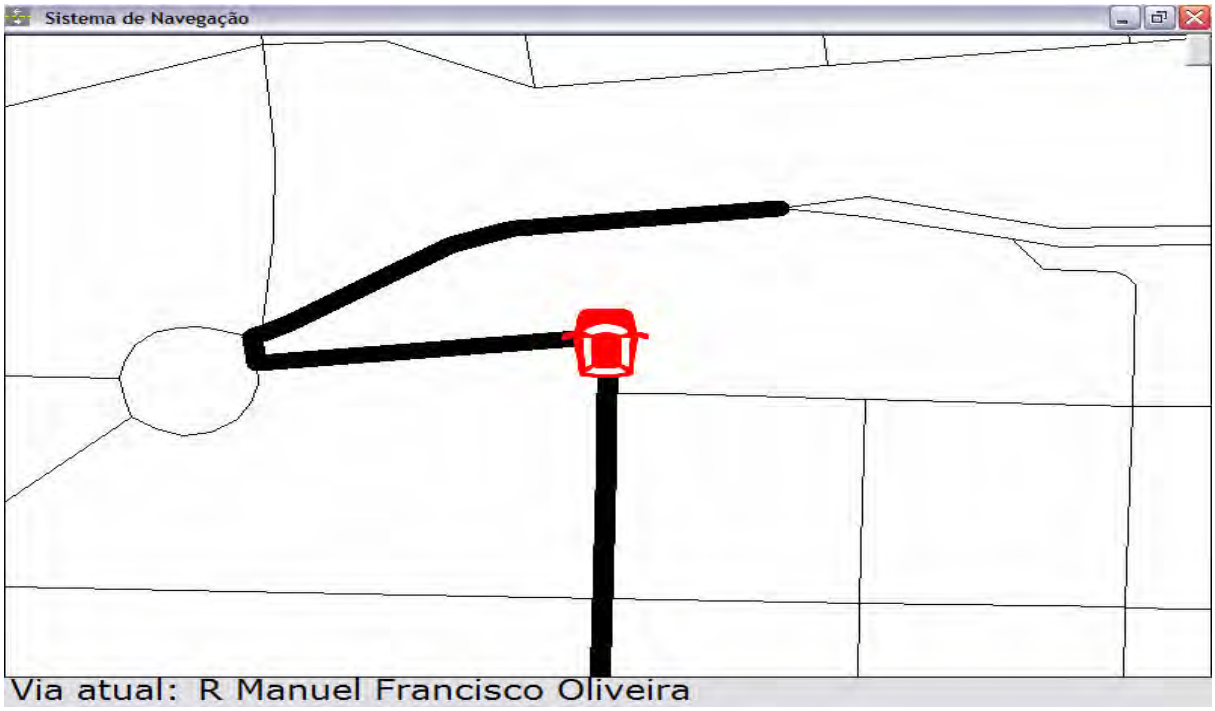


Figura E.51 – Manobra 21: representação de rota em manobra simples no início da operação de manobra.

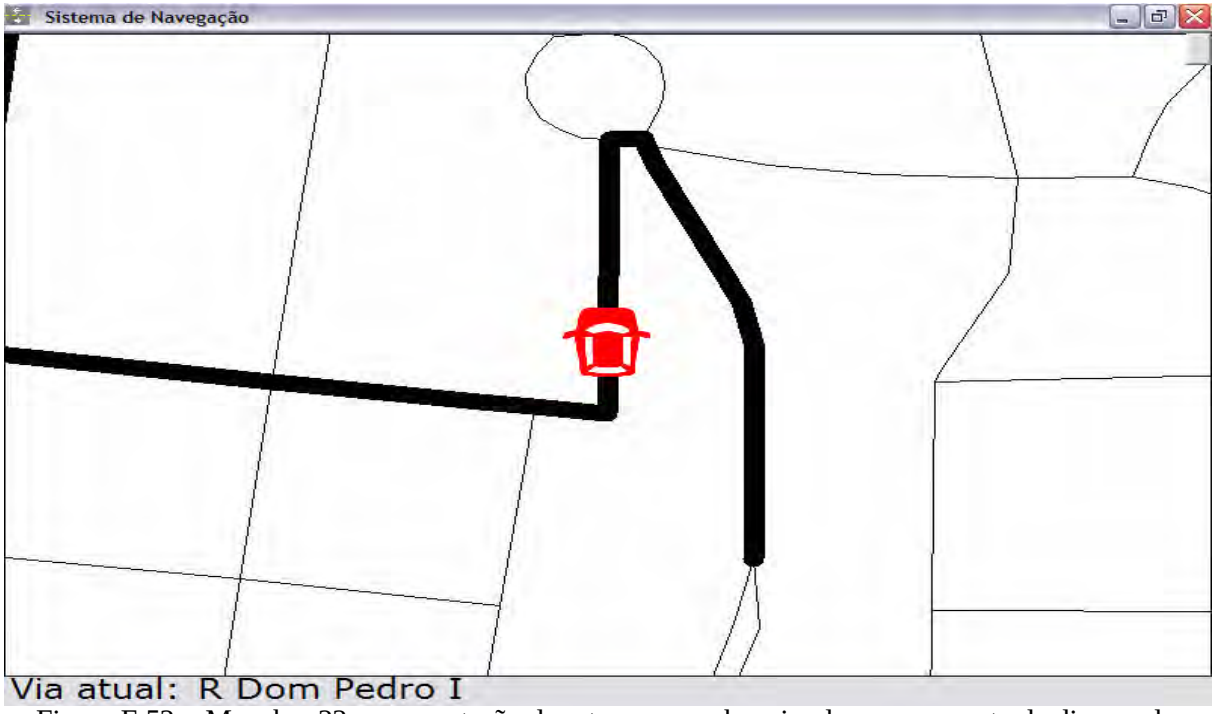


Figura E.52 – Manobra 22: representação de rota em manobra simples no momento de disparo do *beep.*

Figura E.53 – Manobra 22: representação de rota em manobra simples no início da operação de manobra.

Figura E.54 – Trecho de rota: Esquema de Seta “continue em frente”.

Figura E.55 – Manobra 23: Esquema de Seta “vire à direita”.

Figura E.56 – Manobra 24: Esquema de Seta “vire à esquerda”.

Figura E.57 – Manobra 25: Esquema de Seta para rotatória do tipo “vire à esquerda”.

APÊNDICE F – Questionário para caracterização dos motoristas.

QUESTIONÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO MOTORISTA. NÚMERO: _____

1. Características gerais

1.1 Dados pessoais

Nome: _____

Sexo: ☐ (M / F)

Idade: ☐☐ anos

1.2 Cidade onde mais viveu nos últimos 10 anos: _____

1.3 Cidade onde mora atualmente: _____

1.4 Telefone para contato: (____) _____

1.5 Data da avaliação: ____ / ____ / _____

2. Profissão e escolaridade

2.1 Profissão atual: _____

2.2 Informe o seu nível mais alto de escolaridade:

Favor circular o número apropriado e descrever o nome

NÍVEL		*CURSO*
Pós-doutorado	1	_____
Doutorado	2	_____
Mestrado	3	_____
Especialização	4	_____
Graduação	5	_____
Técnico - 2º grau	6	_____
2º grau completo	7	
1º grau completo	8	
1º grau incompleto	9	

se estiver cursando, favor informar o ano ☐

3. Experiência com automóvel

3.1 Indique o tipo de automóvel que mais dirige.

Favor marcar um X

☐ carro de passeio; ☐ caminhonete; ☐ ônibus; ☐ caminhão

3.2 Indique há quantos anos você possui carteira de habilitação:

☐☐ anos

3.3 Indique a categoria de sua carteira de habilitação:

☐ (A, B, C, D)

3.4 Aproximadamente, indique o número de dias que você dirige por semana:

☐ dias

3.5 Indique o número de anos que você dirige veículo:

☐☐ anos

3.6 Aproximadamente, indique quantos quilômetros você dirigiu nos últimos 24 meses:

☐☐☐☐☐ km

3.7 Indique, aproximadamente, o percentual de sua quilometragem (dos últimos 24 meses) feita nos seguintes tipos de vias:

Vias urbanas	☐☐☐ %
Rodovias de pista dupla	☐☐☐ %
Rodovias de pista única	☐☐☐ %
Estradas de terra - rural	☐☐☐ %
Total	100 %

3.8 Nos últimos 24 meses você fez alguma viagem dirigindo automóvel?

Favor marcar um X na opção

☐ sim ☐ não

se sim, aproximadamente, indique quantas vezes utilizou:

Favor marcar o número de vezes

☐ mapas antes da viagem
☐ mapas durante a viagem
☐ descrição do roteiro antes da viagem
☐ descrição do roteiro durante a viagem

3.9 Considerando a resposta indicada da questão 3.8, a maioria ocorreu em:

Favor marcar um X na opção – uma única escolha

☐ local conhecido ☐ local desconhecido ☐ aproximadamente igual para ambos

3.10 Indique o percentual em que dirige para cada um dos períodos abaixo:

Dia	☐☐☐ %
Noite	☐☐☐ %
Total	100%

4. Experiência com meios de comunicação

4.1 Você consulta mapas:

Favor marcar um X

☐ profissionalmente (ex.: planejamento, ensino etc.)
☐ não profissionalmente (ex.: referência em geral, viagens e passeios etc.)
☐ não utiliza

4.2 Nos últimos 24 meses, indique a freqüência na qual utilizou os seguintes meios de comunicação:

Favor utilizar a legenda

Mapa em papel no carro	☐
Mapa em microcomputador	☐
Mapa em computador de mão (*Palmtop*)	☐
Editores de texto (ex., Word, Excel etc.)	☐
Editores gráficos (ex., Corel, CAD etc.)	☐
Internet	☐
Sistemas de navegação	☐
GPS	☐

Legenda:	
Sempre	5
Quase sempre	4
Às vezes	3
Raramente	2
Nunca	1

4.3 Você já teve algum treinamento em:

Favor marcar um X

☐ leitura e interpretação de mapa
☐ construção de mapa
☐ nenhum

Se já teve algum treinamento, indique onde obteve:

Favor marcar um X – múltipla escolha

☐ escola de ensino médio ou fundamental
☐ colégio técnico
☐ universidade
☐ outro. *Por favor, especifique*: _____

4.4 Possui aparelho celular?

Favor marcar um X na opção

☐ sim ☐ não

Se sim, indique o percentual onde mais utiliza o aparelho:

No carro	☐☐☐	%
Em casa	☐☐☐	%
No local de serviço ou de estudo	☐☐☐	%
Em locais de entretenimento	☐☐☐	%
	Total	100%

5. Características oftalmológicas

5.1 Tem algum tipo de deficiência visual? (miopia, hipermetropia, astigmatismo etc.)

Favor marcar um X na opção

☐ sim ☐ não

Sem sim, utiliza óculos para dirigir?

Favor marcar um X na opção

☐ sim ☐ não

Sem sim, especifique se souber o tipo:

Favor marcar um X na opção

☐ Miopia
☐ Hipermetropia
☐ Astigmatismo
☐ Outro. *Por favor, especifique*: _____.

6. Habilidades para encontrar seu destino - baseado em Burnett (1998)

Favor marcar um X para cada resposta

6.1 Indique a habilidade que possui para encontrar seu destino quando dirige em <u>local desconhecido</u>:

( ) muito alta; ( ) alta; ( ) regular; ( ) baixa; ( ) muito baixa

6.2 Indique seu senso de direção e orientação:

( ) muito alto; ( ) alto; ( ) regular; ( ) baixo; ( ) muito baixo

6.3 Indique a habilidade que possui, como acompanhante, para auxiliar um motorista dirigir um automóvel:

( ) muito alta; ( ) alta; ( ) regular; ( ) baixa; ( ) muito baixa

6.4 Indique a habilidade que possui quando fornece instruções a um motorista (tanto escritas quanto por telefone):

( ) muito alta; ( ) alta; ( ) regular; ( ) baixa; ( ) muito baixa

6.5 Quando viaja em uma região desconhecida, indique a freqüência com que se perde:

( ) muito alta; ( ) alta; ( ) regular; ( ) baixa; ( ) muito baixa

6.6 Indique a freqüência que você confunde manobras esquerda com direita e vice-versa:

( ) muito alta; ( ) alta; ( ) regular; ( ) baixa; ( ) muito baixa

6.7 Indique a habilidade que possui para relembrar-se de uma rota desconhecida depois que a dirigiu pela primeira vez:

( ) muito alto; ( ) alto; ( ) regular; ( ) baixo; ( ) muito baixo

APÊNDICE G – Manual dos símbolos do sistema de navegação

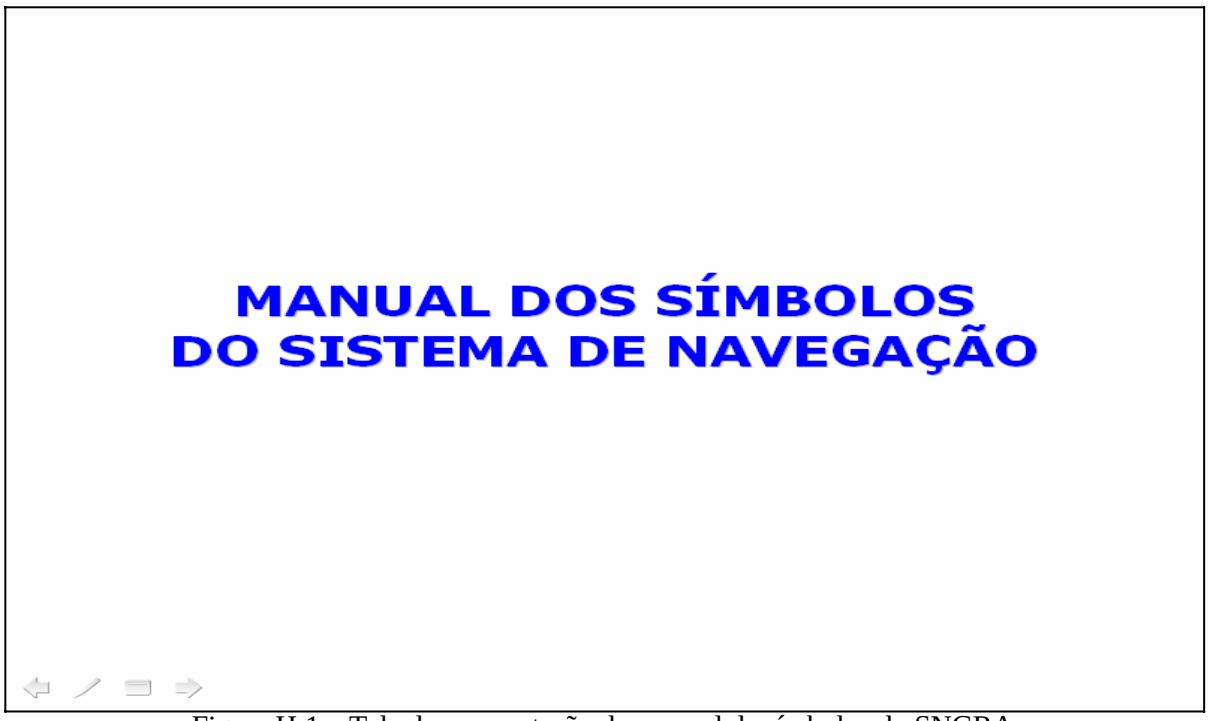


Figura H.1 – Tela de apresentação do manual de símbolos do SNGRA.

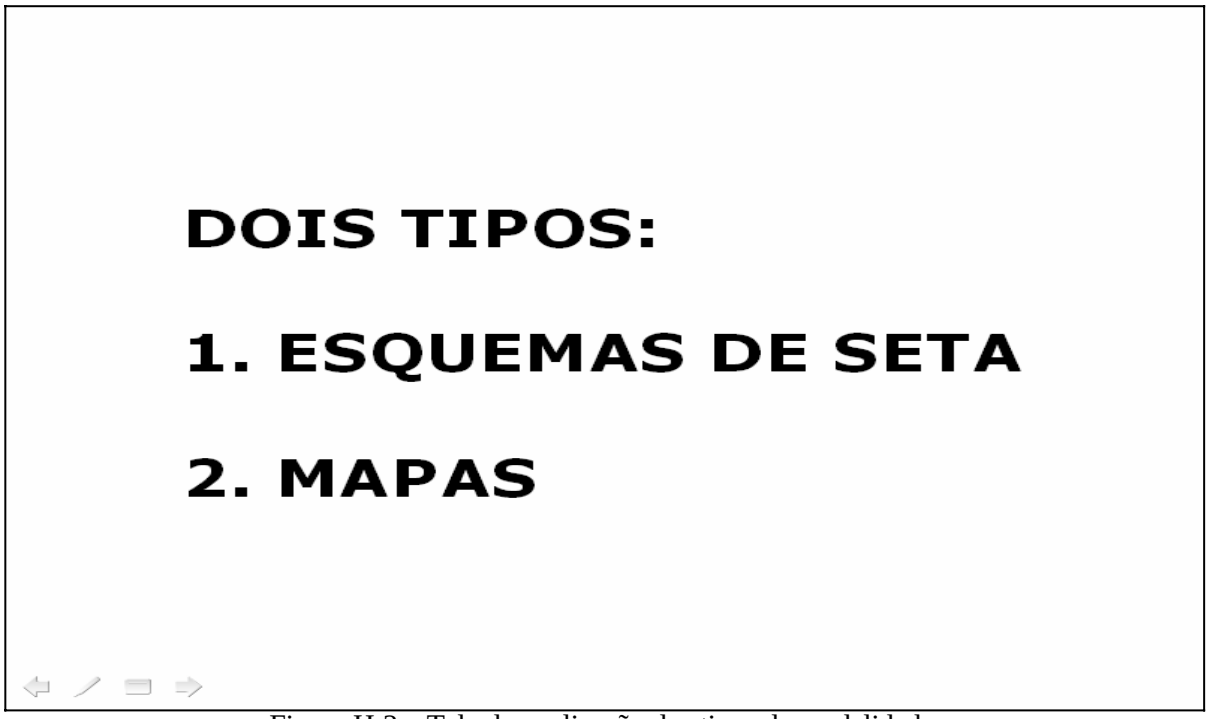


Figura H.2 – Tela de explicação dos tipos de modalidade.

Figura H.3 – Tela de introdução à modalidade Esquema de Seta.

Figura H.4 – Esquema de Seta do tipo "continue em frente".

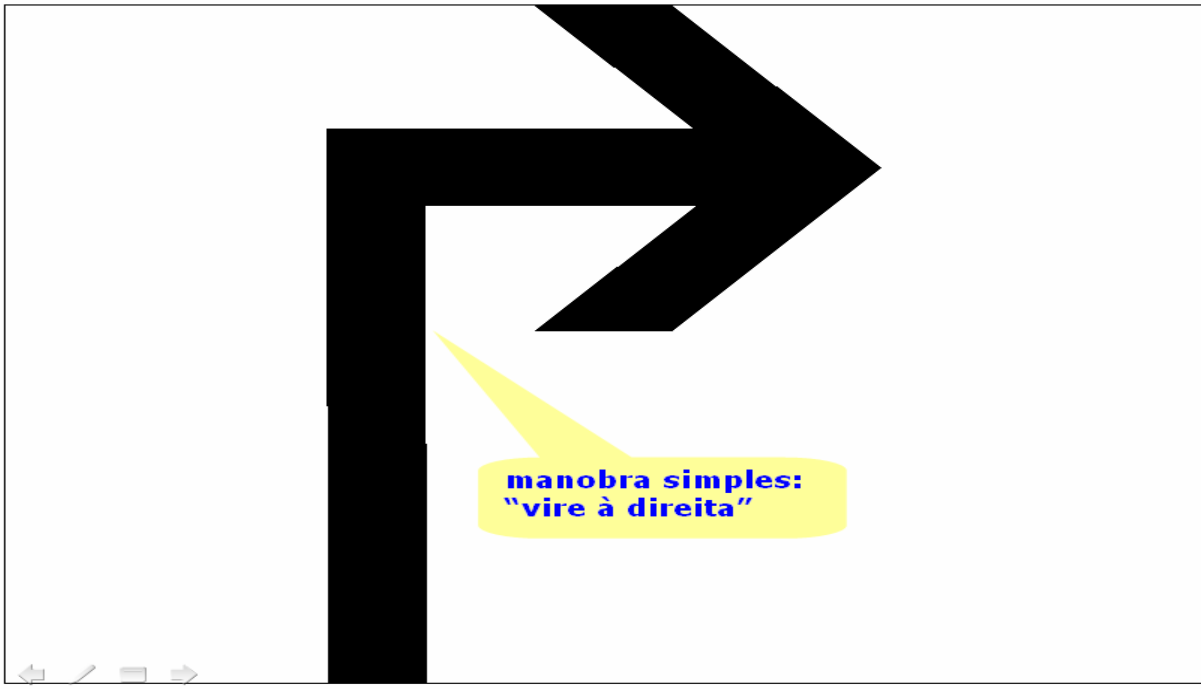


Figura H.5 – Esquema de Seta do tipo "vire à direita" em manobra simples.

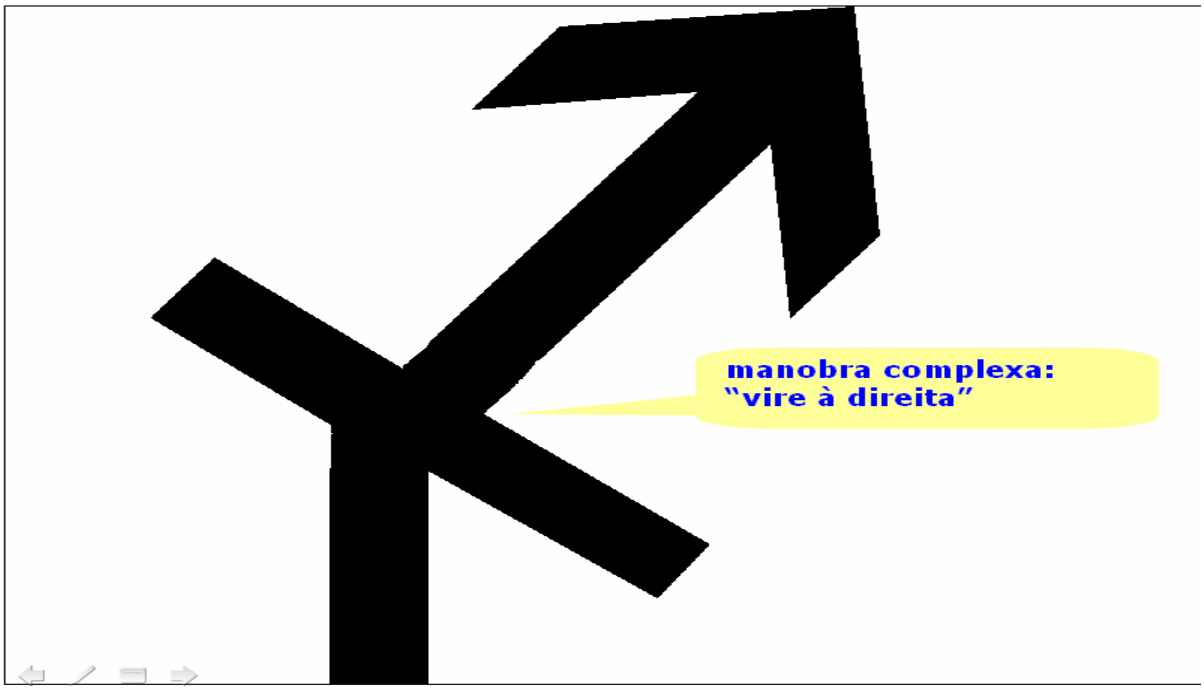


Figura H.6 – Esquema de Seta do tipo "vire à direita" em manobra complexa.

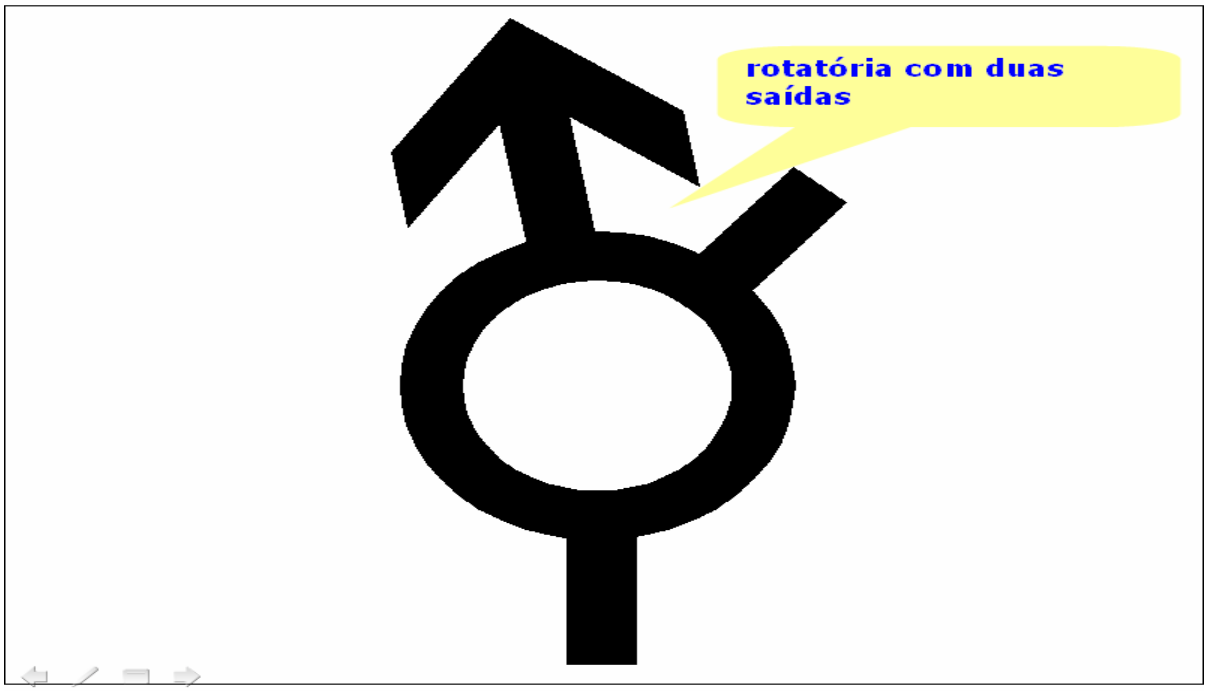


Figura H.7 – Esquema de Seta para rotatória.

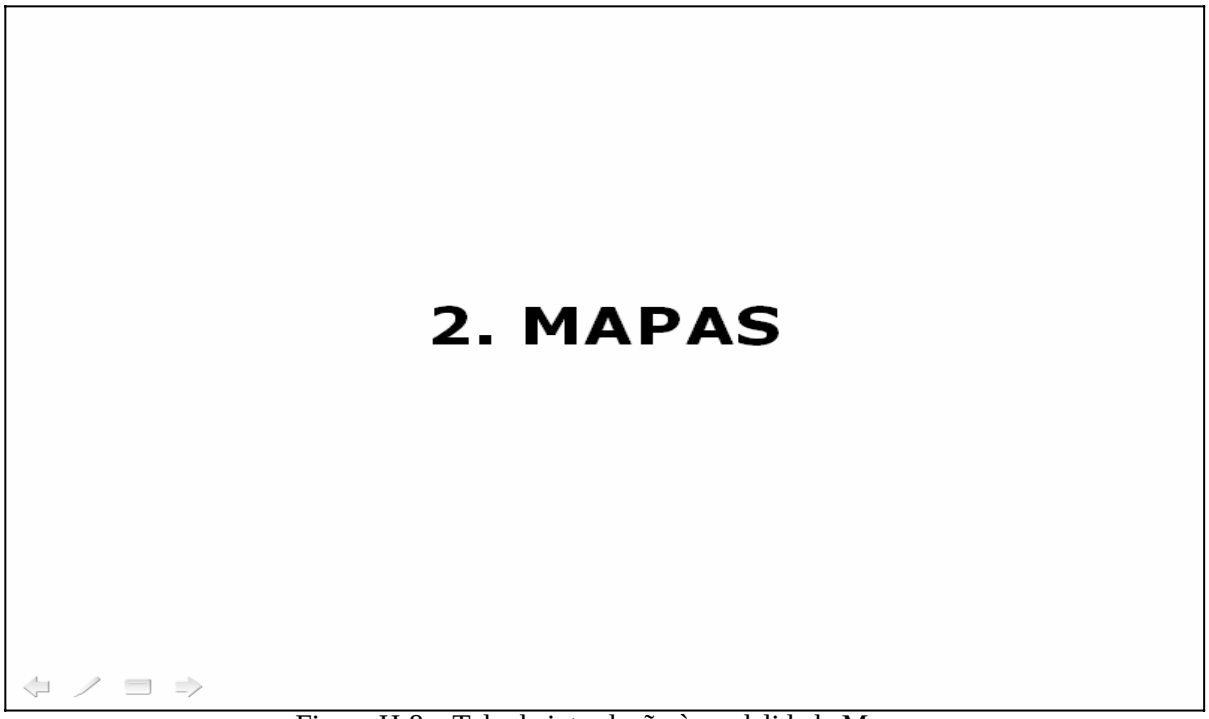


Figura H.8 – Tela de introdução à modalidade Mapa.

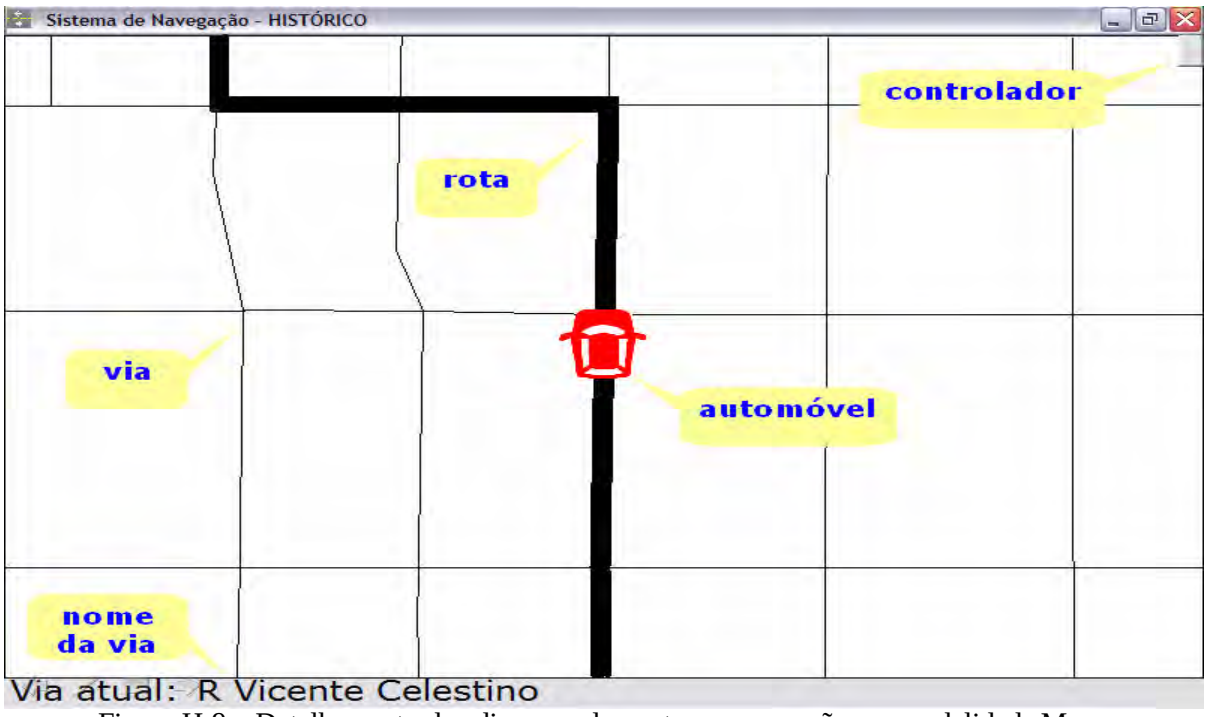


Figura H.9 – Detalhamento dos diversos elementos que compõem a modalidade Mapa.

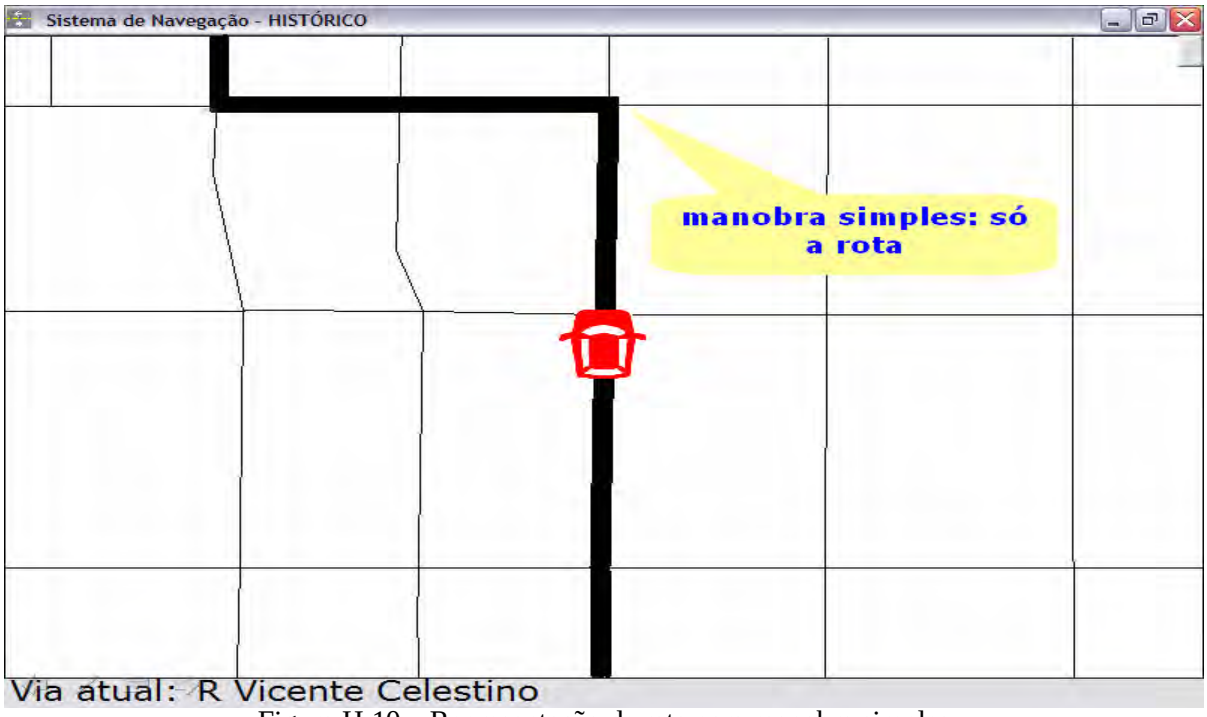


Figura H.10 – Representação de rota para manobra simples.

Figura H.11 – Representação de rota + seta para manobra simples.

Figura H.12 – Representação de rota + seta cintilante (visível e oculta) em manobra simples.

Figura H.13 – Representação de rota + PR em manobra simples.

Figura H.14 – Representação de rota + seta + PR em manobra simples.

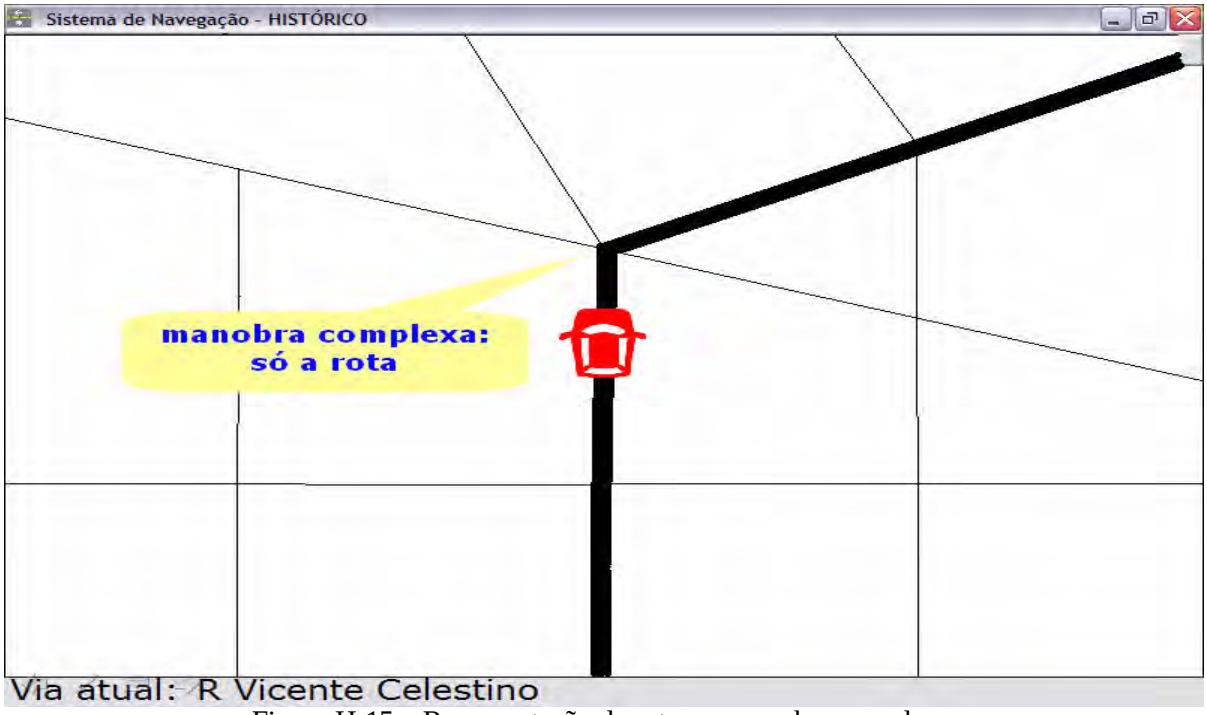


Figura H.15 – Representação de rota em manobra complexa.

Figura H.16 – Representação de rota + seta em rotatória.

Figura H.17 – Detalhes do funcionamento do som de *beep*.

APÊNDICE H – Roteiro do teste do SNGRA

Você participará de um teste que faz parte da pesquisa realizada pelo doutorando Edmur Azevedo Pugliesi, sob orientação da professora Mônica Modesta Santos Decanini, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, da FCT/Unesp. O objetivo desta pesquisa é avaliar a comunicação cartográfica de um Sistema de Navegação e Guia de Rota para Automóvel. Ainda, deve-se ressaltar que o anonimato do motorista será preservado. Siga as instruções abaixo para a realização do teste:

1. **CENÁRIO**: você terá que **viajar em uma cidade desconhecida** e terá que utilizar um **Sistema de Navegação** no seu automóvel para ajudá-lo a **fazer manobra** ("vire à direita" e "vire à esquerda") e **seguir cada trecho da rota** (manutenção no trecho da rota) em uma rota definida a priori. OBS.: (a) a **manobra** se refere à **mudança de via**; (b) um **trecho de rota** compreende um **trecho entre duas manobras**.

2. Será apresentado um vídeo de uma rota percorrida com um automóvel, na cidade de Álvares Machado, e a reprodução simultânea da trajetória do mesmo em um monitor de pequeno formato, através de **mapa** ou de **esquemas de setas**. Para o **mapa** serão apresentadas **diversas formas de orientação** para seguir cada **trecho da rota** e para fazer **manobras**. **Cada orientação** pode compreender: (a) **só a rota**, (b) **a rota e uma seta**, (c) **a rota e um ponto de referência**, (d) a **rota, a seta e um ponto de referência**. No meio da trajetória você será informado da mudança de representação através da seguinte frase: "**O mapa será substituído por setas**".

3. Sabendo-se que **um dos principais fatores** na direção de um automóvel é a **segurança no trânsito**, sua **principal tarefa** será **prestar atenção no vídeo como se estivesse dirigindo um automóvel nesta rota**, para evitar acidentes. Ao mesmo tempo, você deverá **seguir a orientação do sistema de navegação**, por meio de **consultas ao monitor** (**olhadas rápidas**) e utilizar **o teclado para informar o sentido da manobra** (**esquerda** ou **direita**).

4. Em **trechos de vias maiores que 100 metros**, o som de ***beep*** será **disparado 100 metros antes da manobra** e em **trechos menores ou iguais a 100 metros**, o ***beep*** será **disparado 20 metros depois da última manobra**. Lembre-se: **o sistema irá disparar um *beep* informando que uma manobra está para ser realizada**.

5. Para cada manobra, **logo após o *beep***, você pode fornecer **um único toque no teclado**. Somente duas teclas deverão ser utilizadas: a **tecla Z** para responder "**manobra à esquerda**" e a **tecla PONTO** para responder "**manobra à direita**". Além disso, esta **ação poderá ser expressa em voz alta** (**impressões e dúvidas**) com relação às orientações fornecidas pelo sistema, bem como, qualquer outra ocorrência que achar relevante. **Sinta-se a vontade** e **ignore a presença do pesquisador** que o acompanhará. Além disso, em caso de dúvidas sobre a execução das tarefas durante o teste, consulte rapidamente o pesquisador.

6. Quando estiver utilizando o teclado ou falando em voz alta, não se preocupe **se achar que sua resposta está "incorreta"**, portanto, **ignore** e continue prestando atenção no vídeo.

7. Cuidado para não fazer longas consultas ao monitor, pois o automóvel estará em movimento e a **falta de atenção para a direção poderá causar acidentes**.

8. Durante o teste, **você será filmado** por uma câmera e **sua voz será gravada** para facilitar a avaliação da comunicação deste sistema.

9. O tempo total do teste será de 20 minutos. O teste começará quando tocar o som do ***beep***.

Agradecemos sua participação,

Edmur Azevedo Pugliesi – Doutorando
Mônica Modesta Santos Decanini – Professora Orientadora

APÊNDICE I – Questionário para teste de preferência subjetiva das modalidades Mapa e Esquema de seta e dos tipos de representações cartográficas para Mapa.

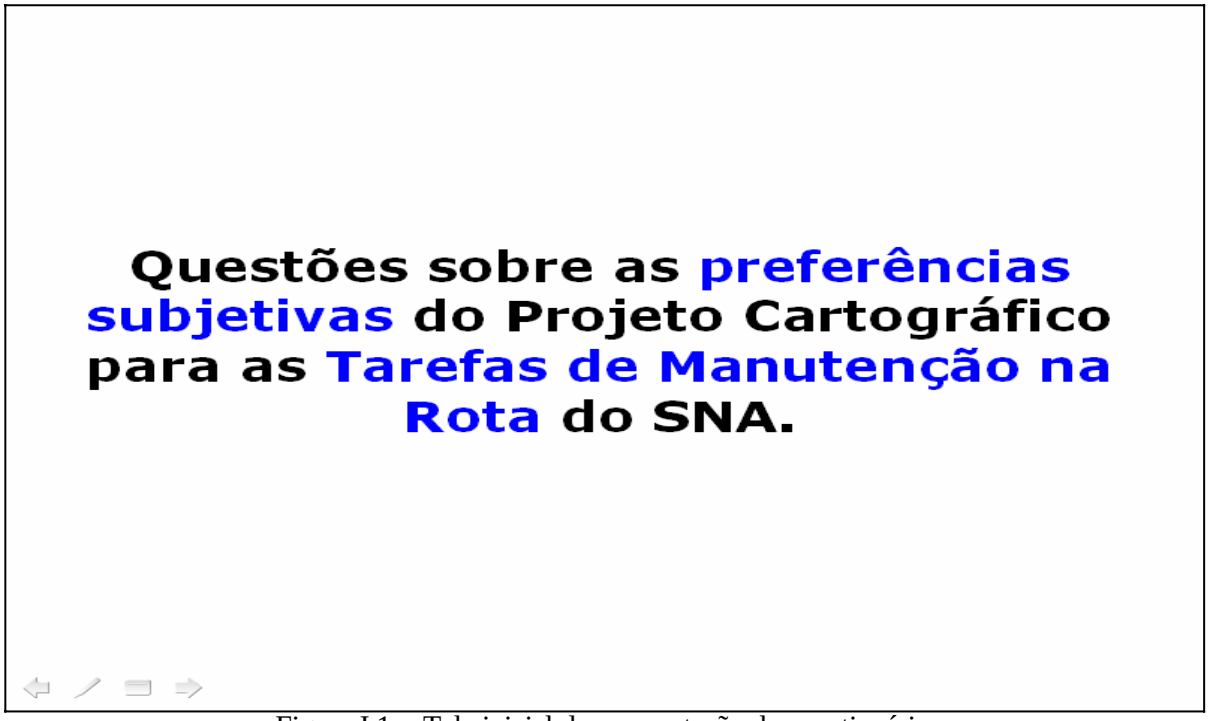


Figura I.1 – Tela inicial de apresentação do questionário.

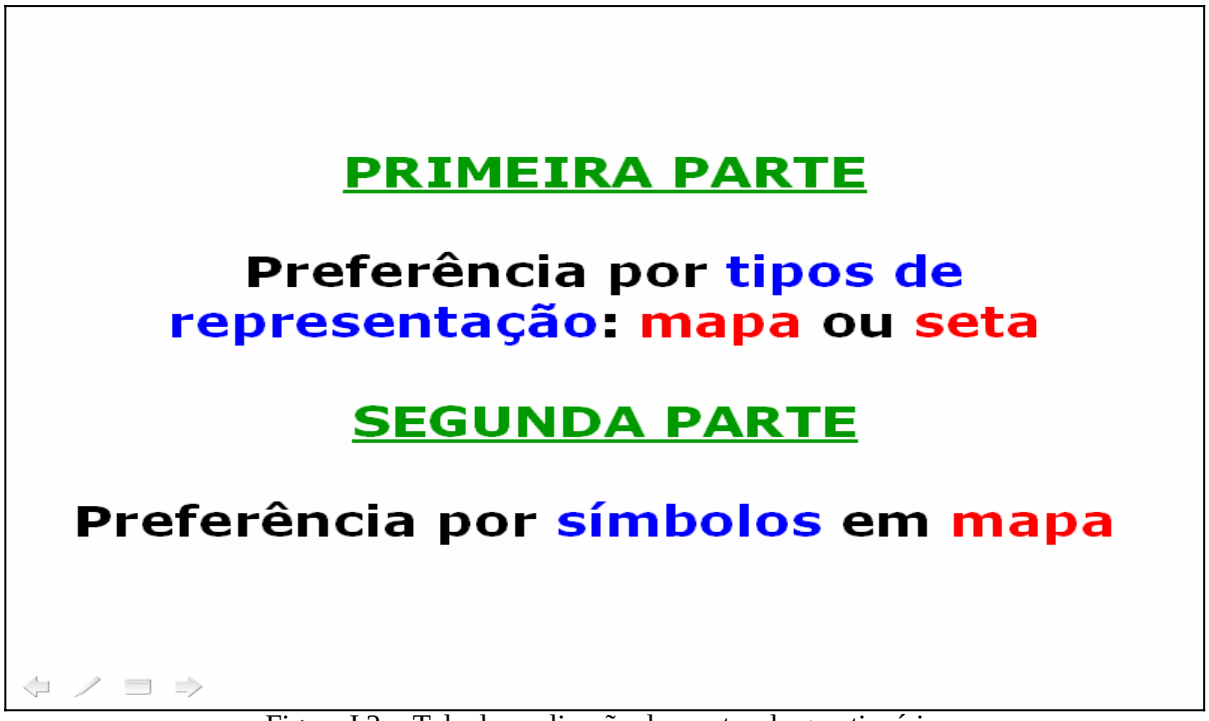


Figura I.2 – Tela de explicação das partes do questionário.

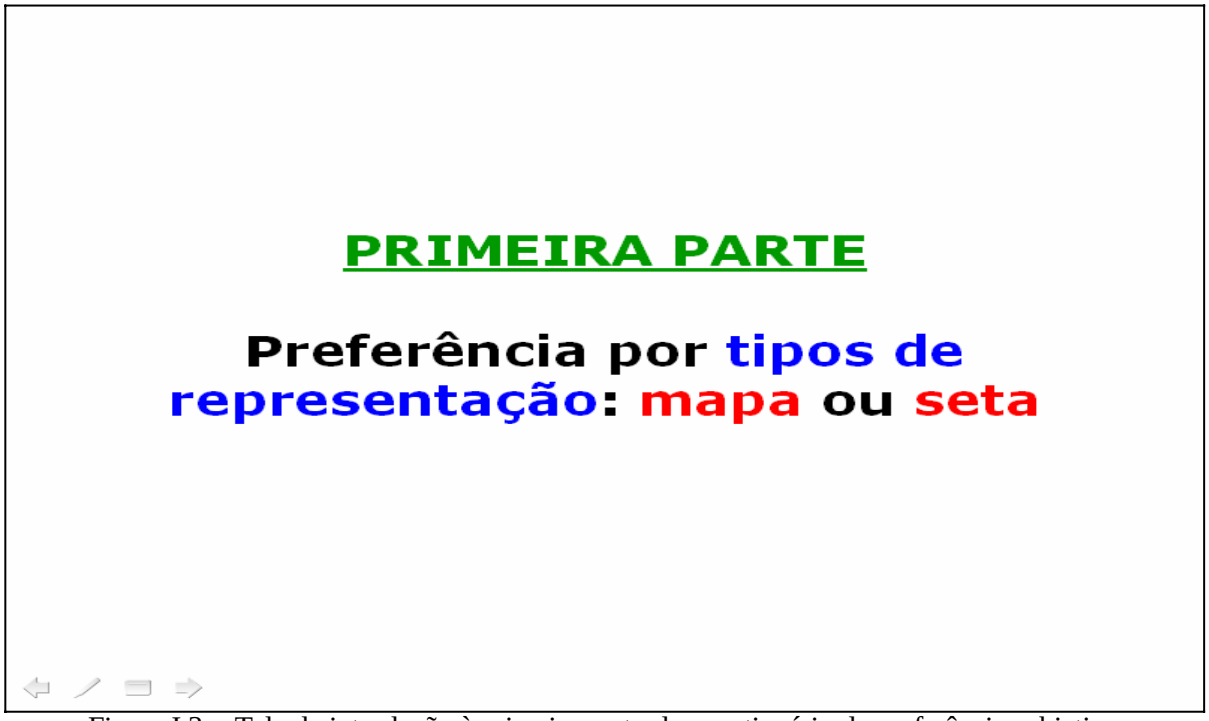


Figura I.3 – Tela de introdução à primeira parte do questionário de preferência subjetiva.

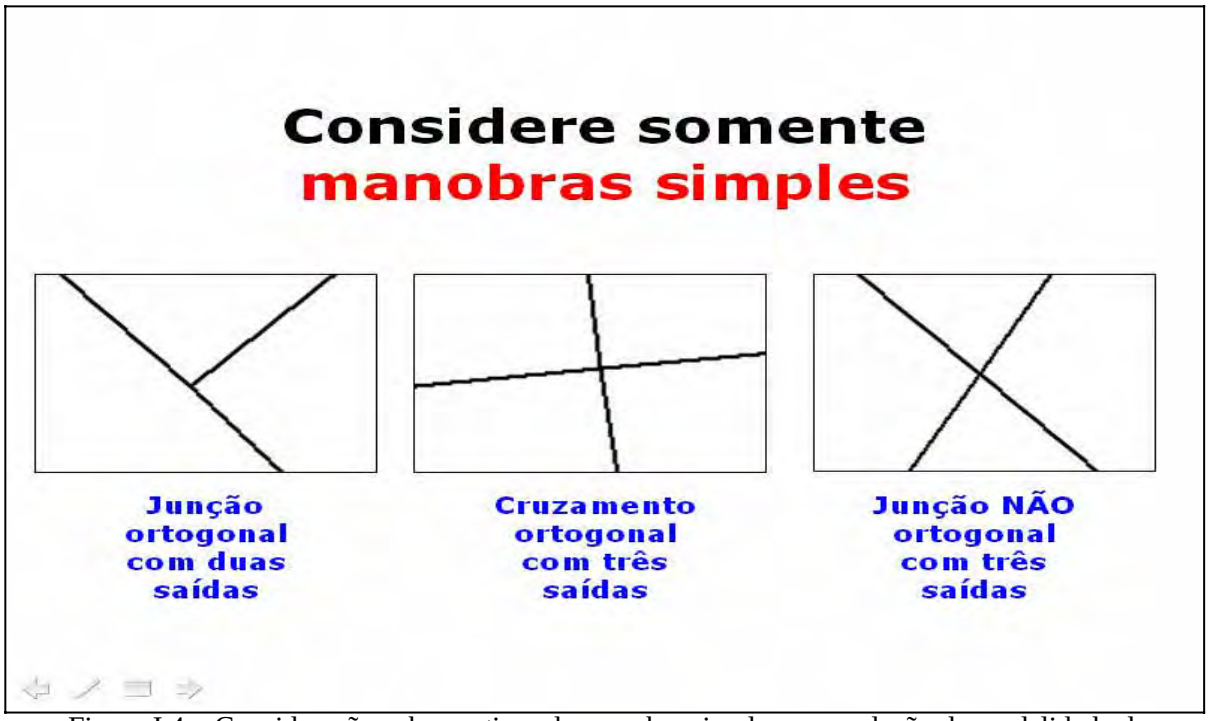


Figura I.4 – Consideração sobre os tipos de manobra simples para seleção da modalidade de representação.

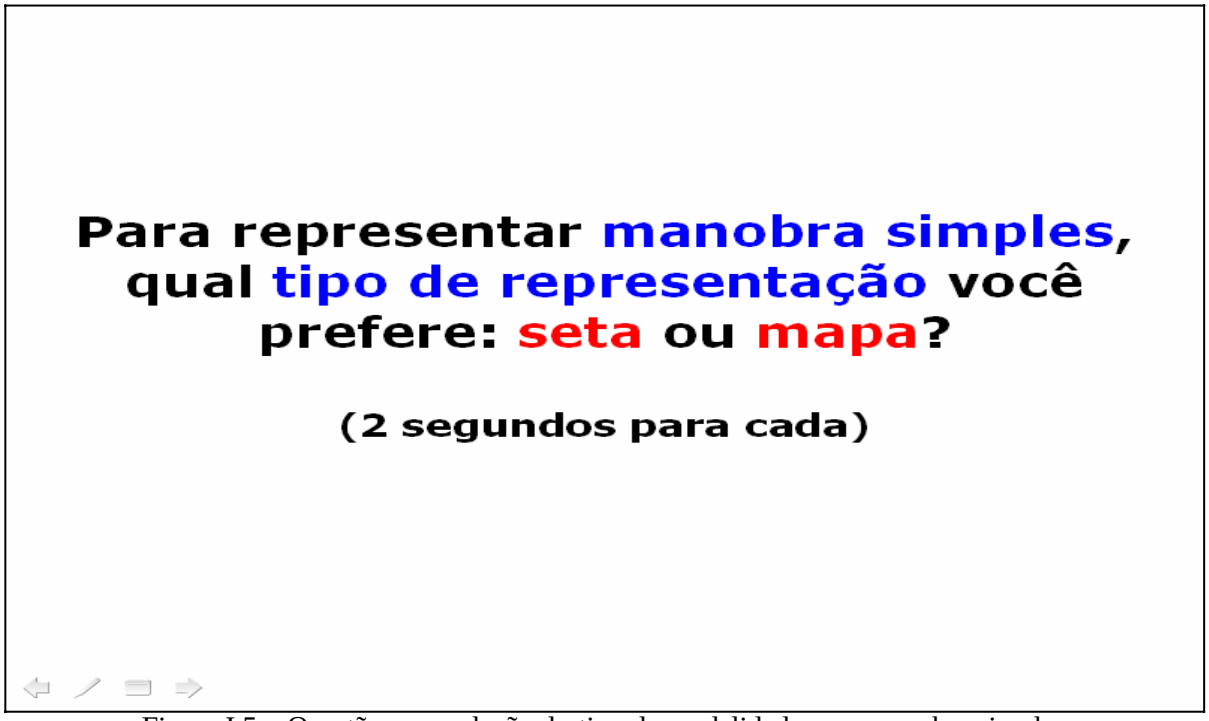


Figura I.5 – Questão para seleção do tipo de modalidade para manobra simples.

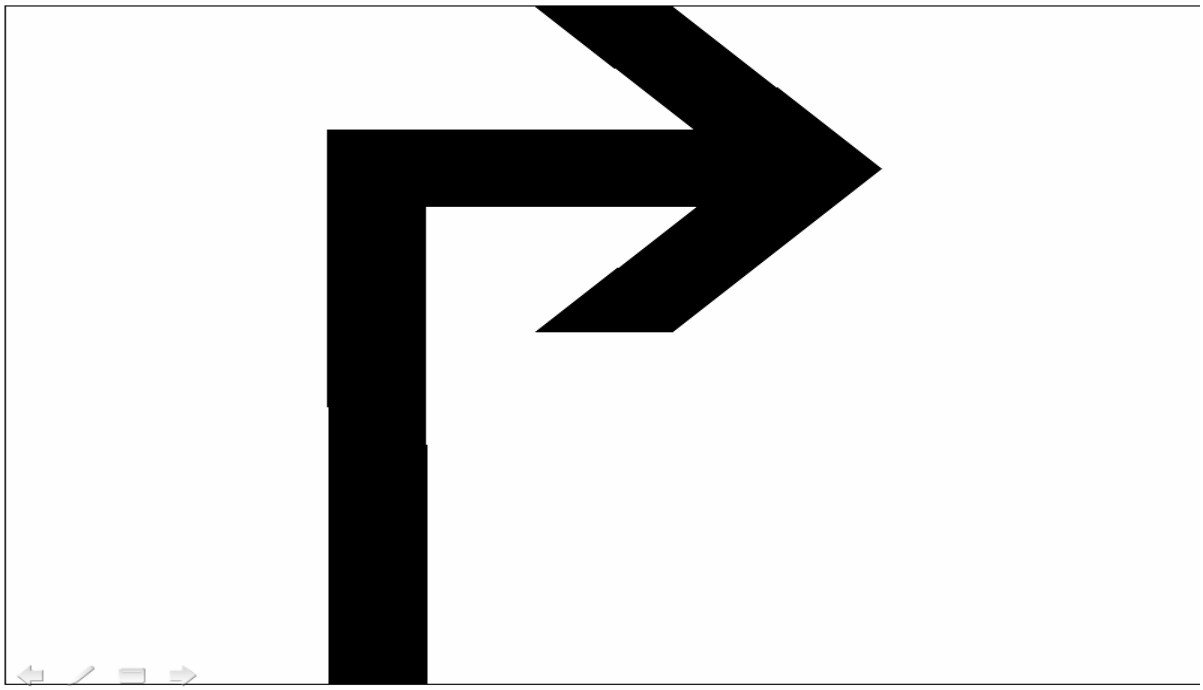


Figura I.6 – Esquema de Seta do tipo “vire à direita” para manobra simples.

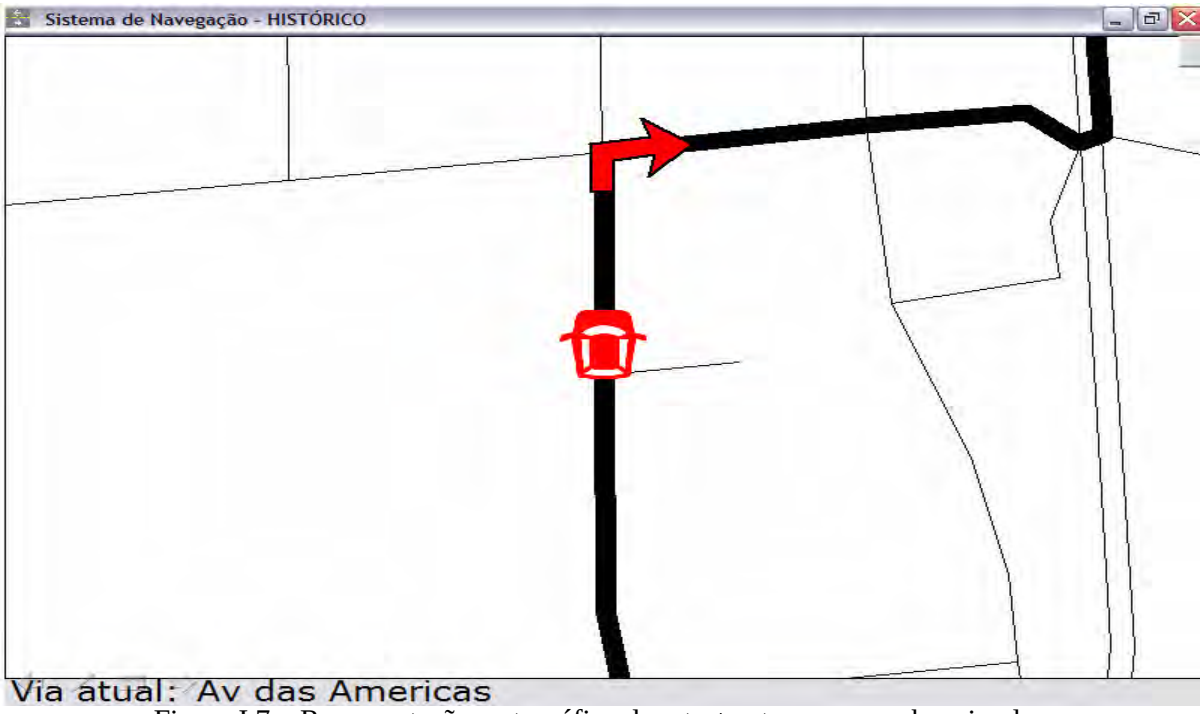


Figura I.7 – Representação cartográfica de rota + seta para manobra simples.

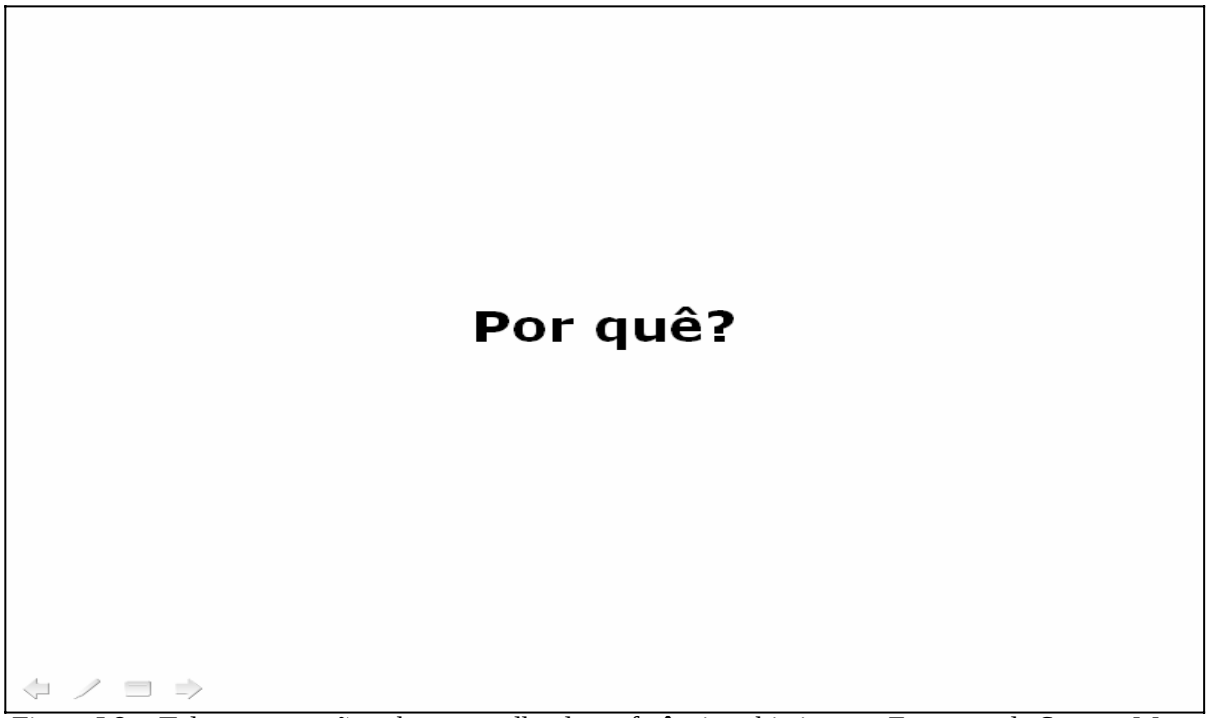


Figura I.8 – Tela com questão sobre a escolha da preferência subjetiva por Esquema de Seta ou Mapa para manobra simples.

Figura I.9 – Consideração sobre os tipos de manobra complexa para seleção da modalidade de representação.

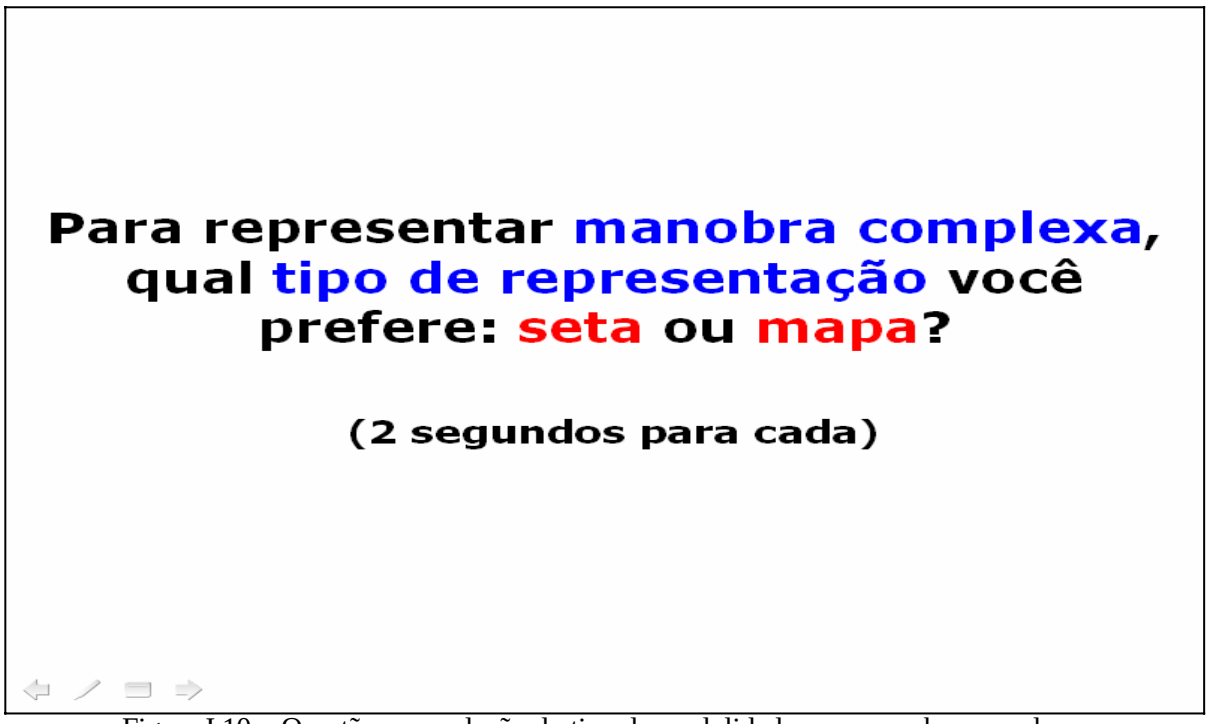


Figura I.10 – Questão para seleção do tipo de modalidade para manobra complexa.

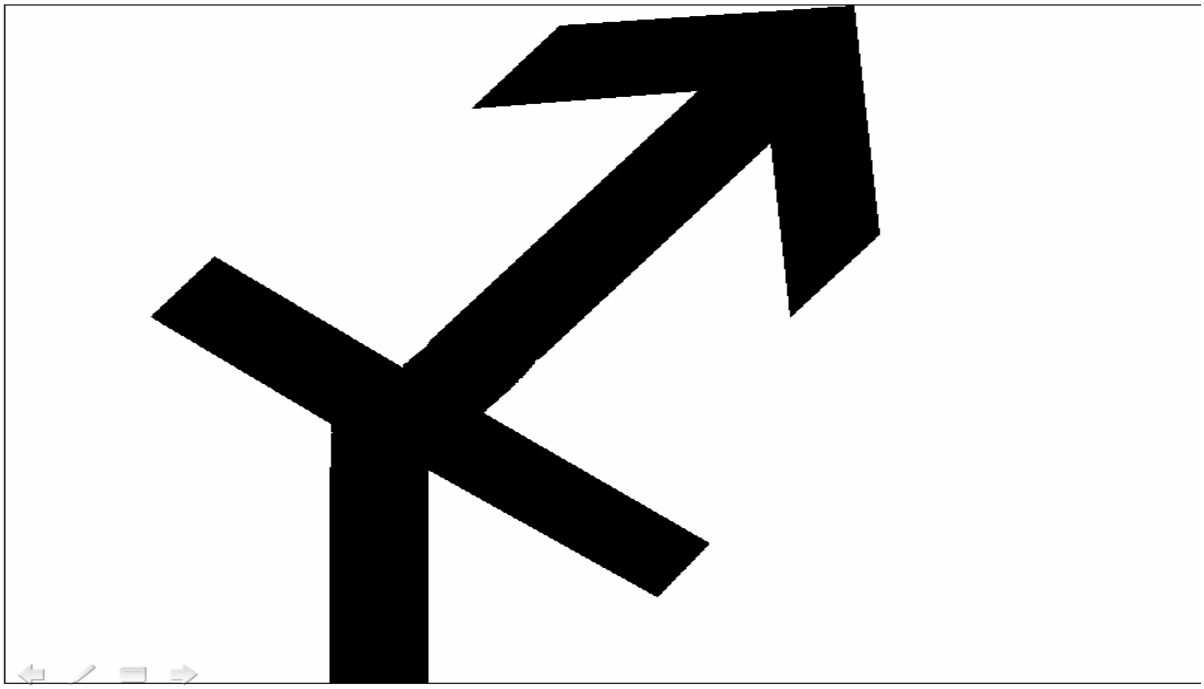


Figura I.11 – Esquema de Seta do tipo “vire à direita” para manobra complexa.

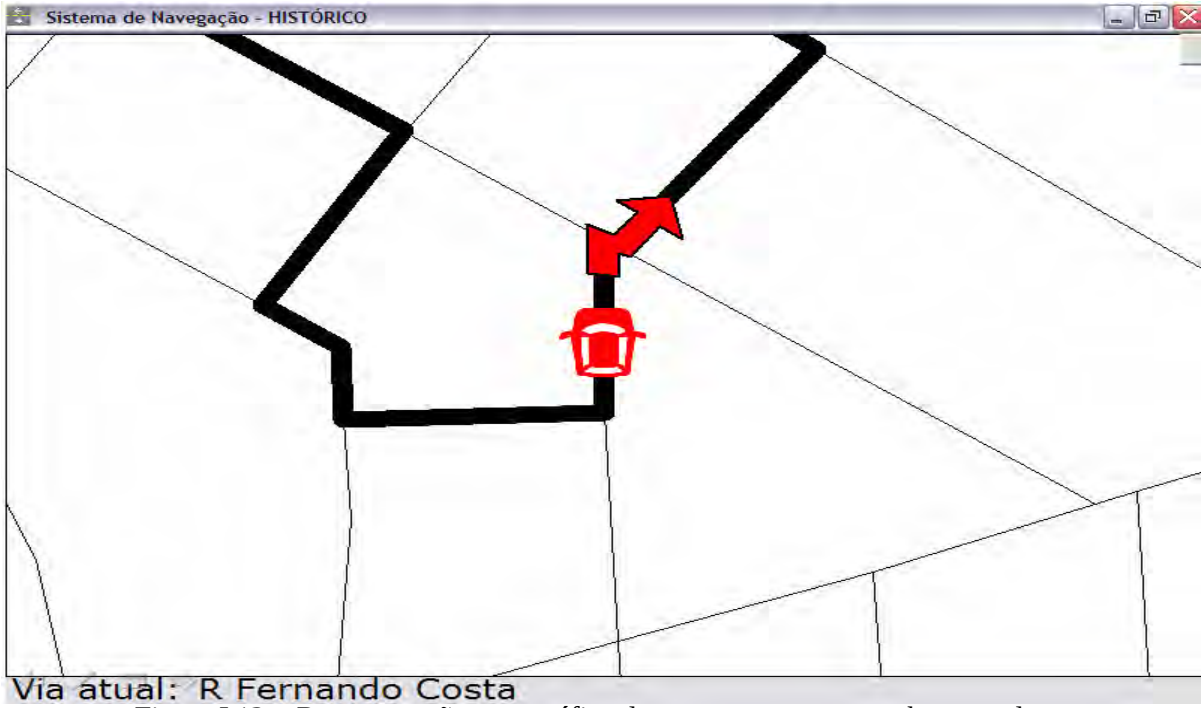


Figura I.12 – Representação cartográfica de rota + seta para manobra complexa.

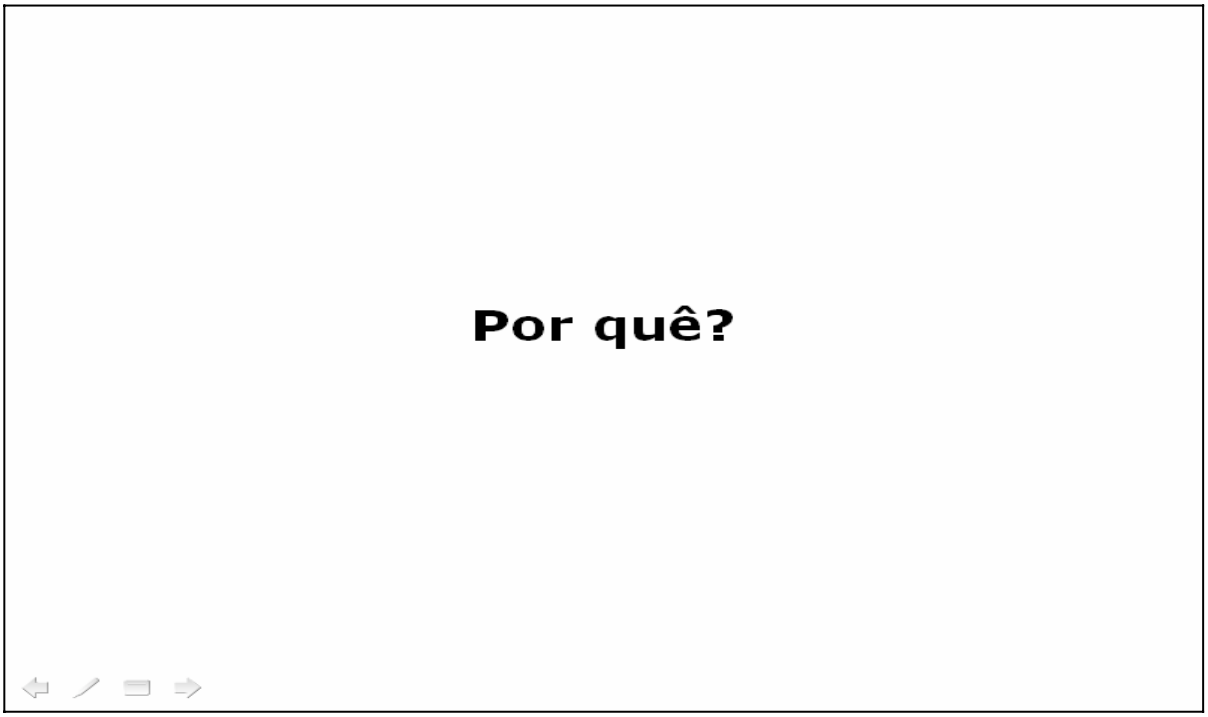


Figura I.13 – Tela com questão sobre a escolha da preferência subjetiva por Esquema de Seta ou Mapa para manobra complexa.

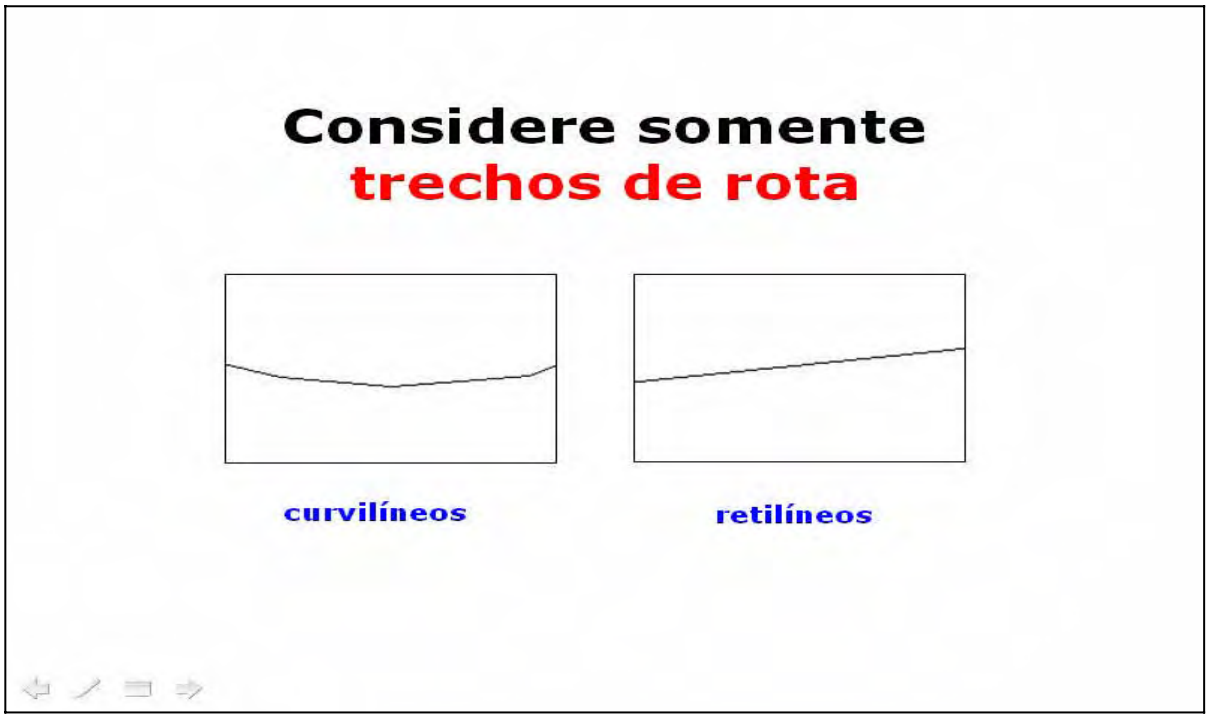


Figura I.14 – Consideração sobre os tipos de trechos de rota para seleção da modalidade de representação.

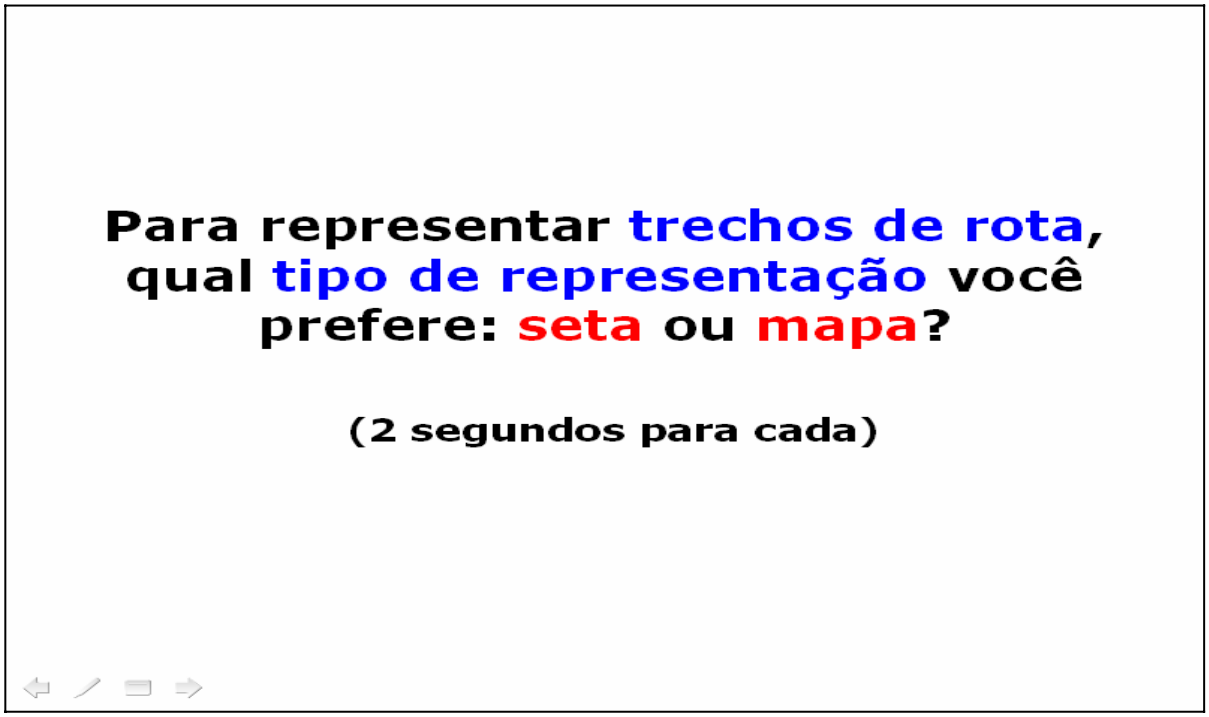


Figura I.15 – Questão para seleção do tipo de modalidade para manutenção no trecho de rota.

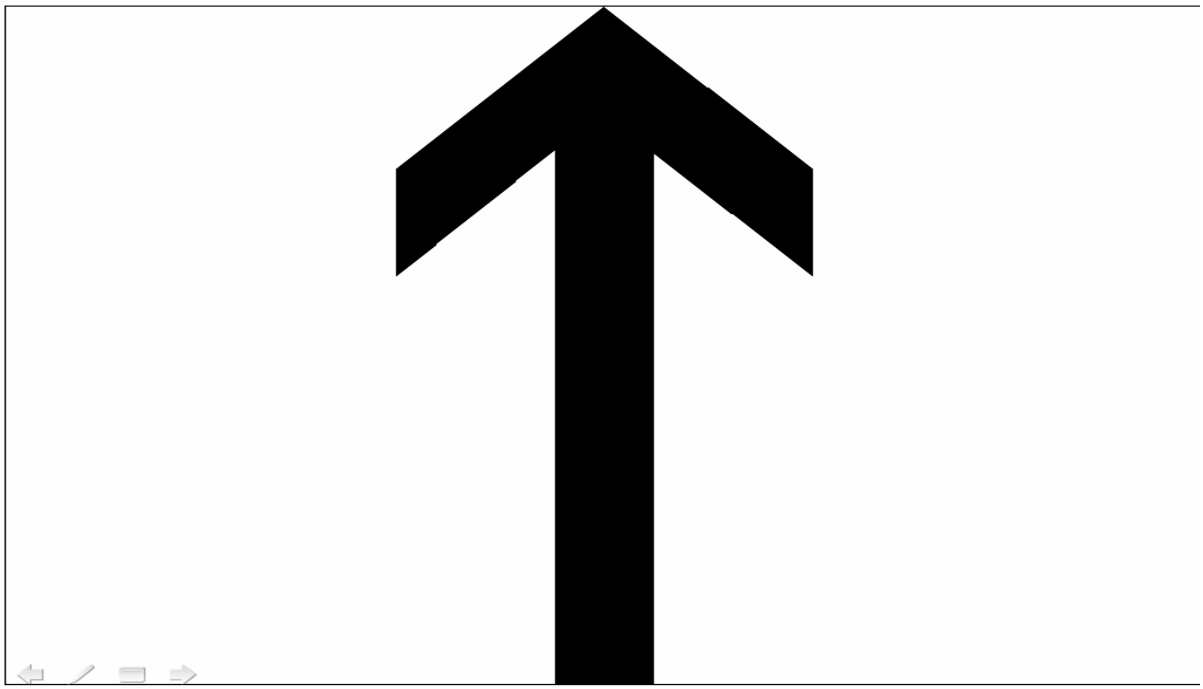


Figura I.16 – Esquema de Seta do tipo “siga em frente” para manutenção na rota.

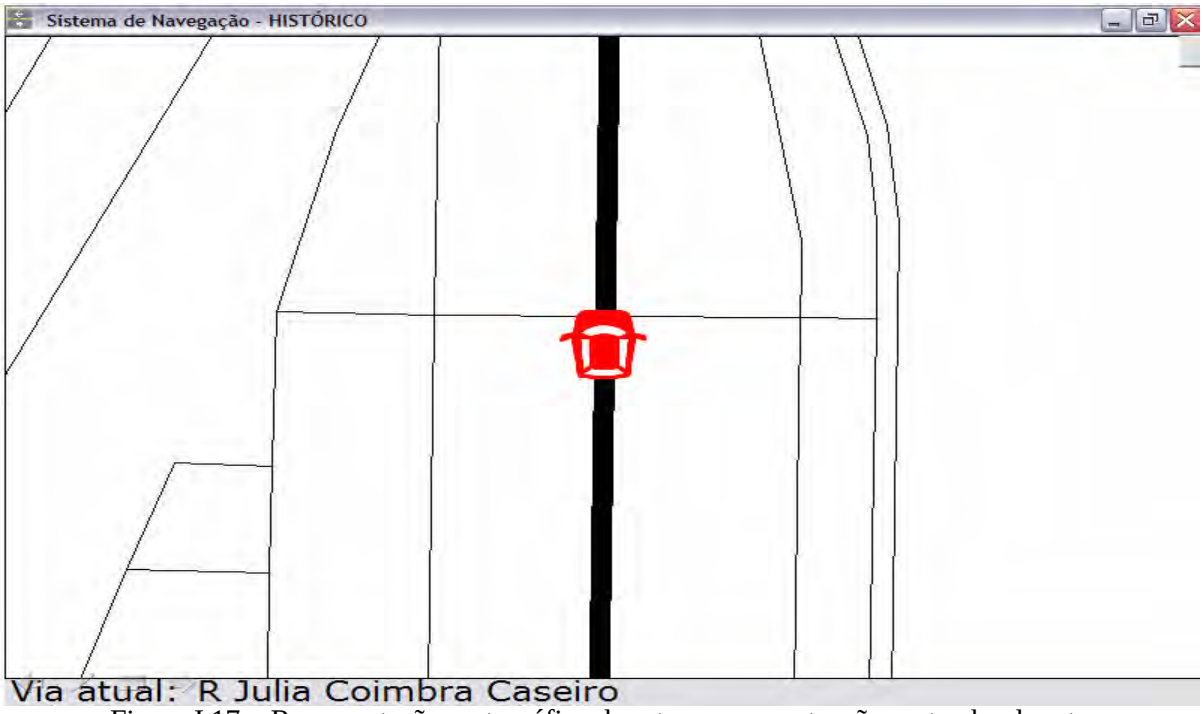


Figura I.17 – Representação cartográfica de rota para manutenção no trecho de rota.

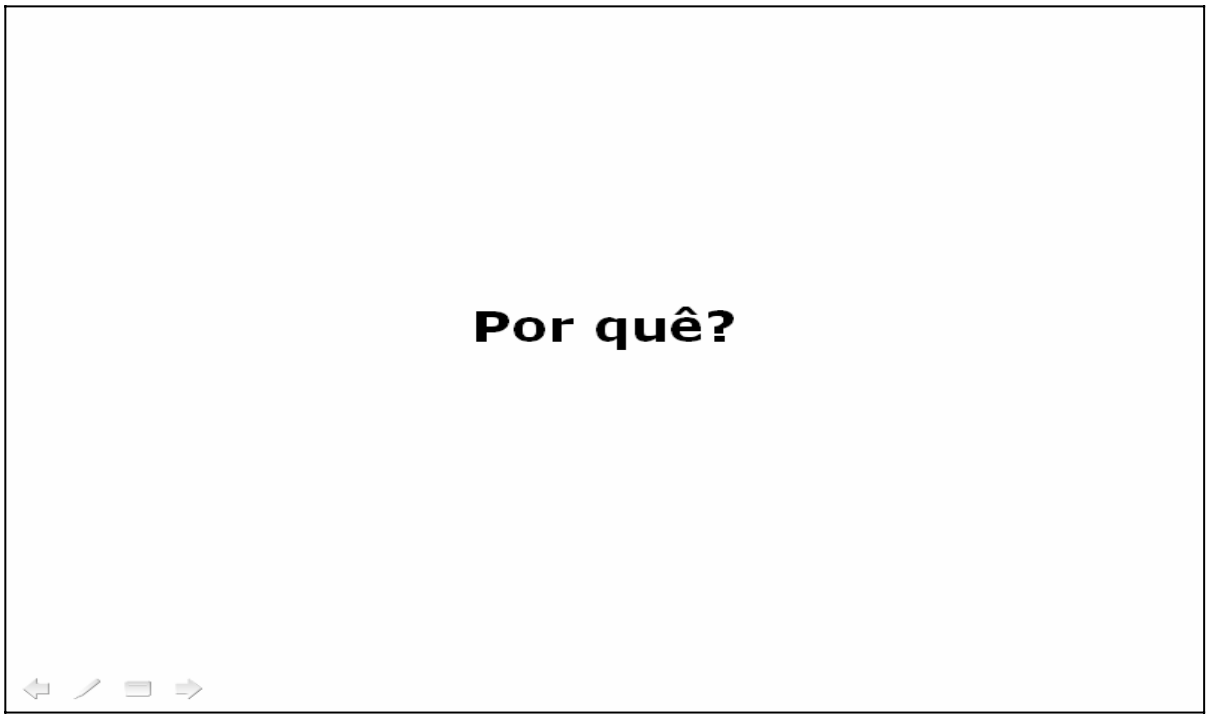


Figura I.18 – Tela com questão sobre a escolha da preferência subjetiva por Esquema de Seta ou Mapa para manutenção no trecho de rota.

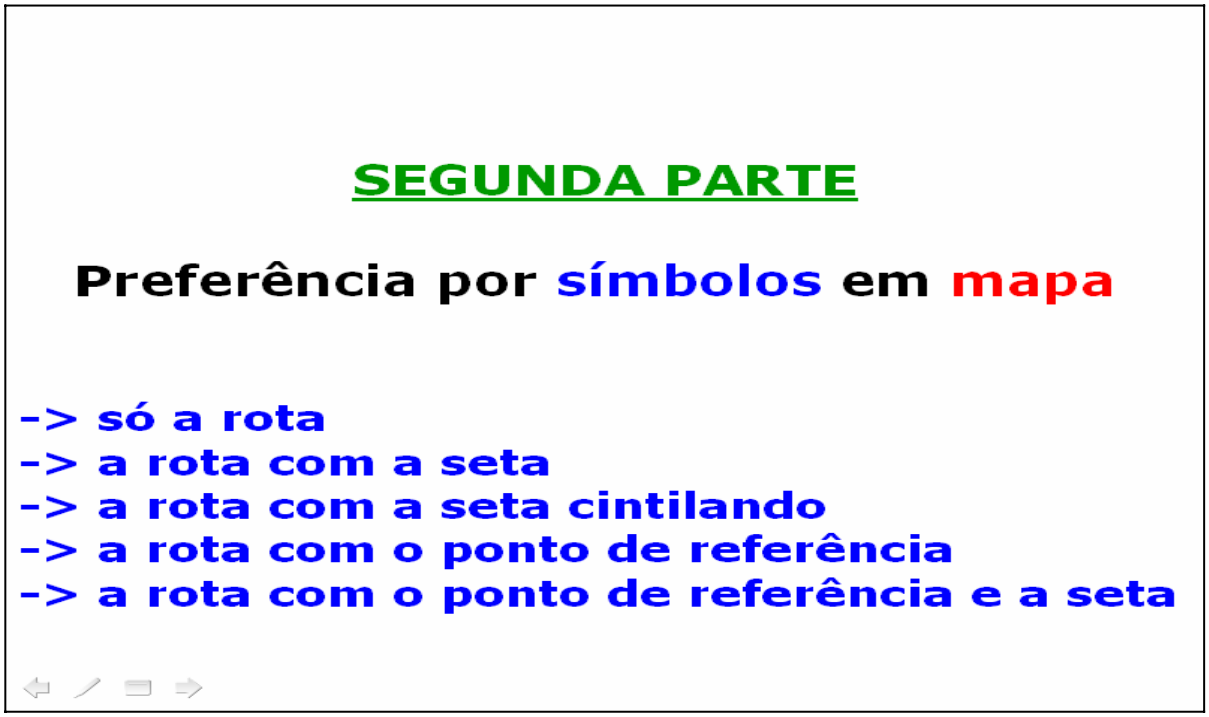


Figura I.19 – Tela de introdução à segunda parte do questionário de preferência subjetiva.

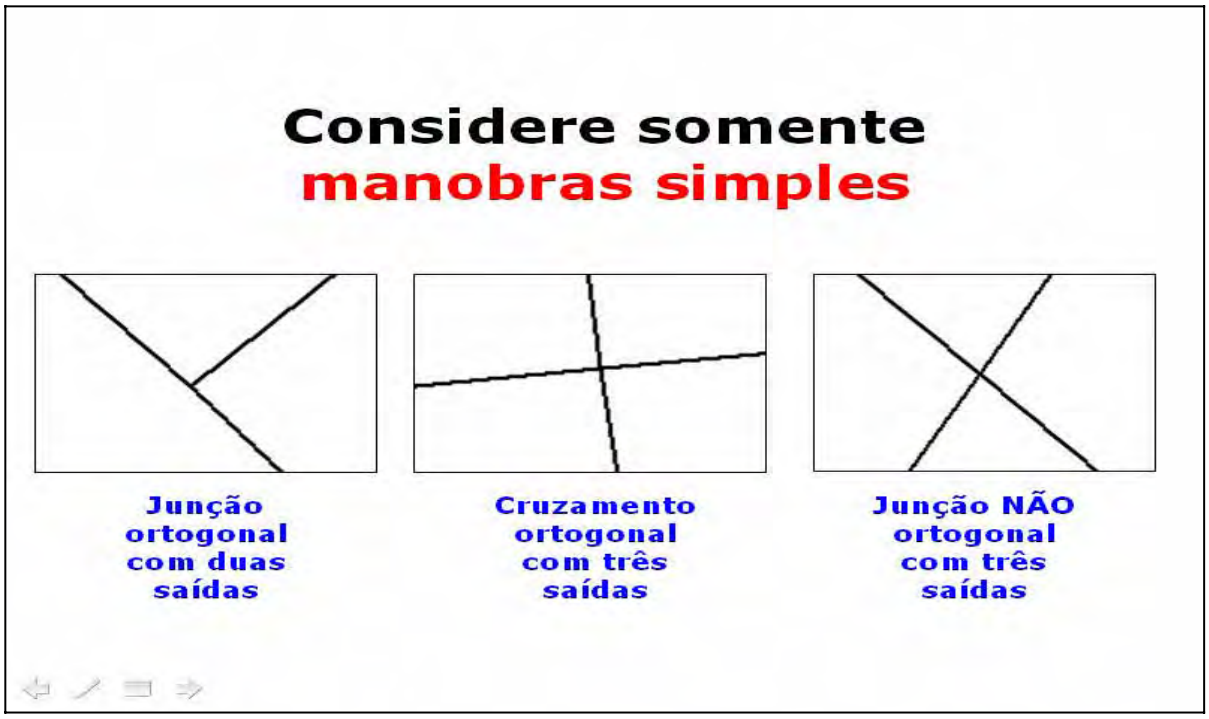


Figura I.20 – Consideração sobre os tipos de manobra simples para seleção da representação cartográfica da modalidade Mapa.

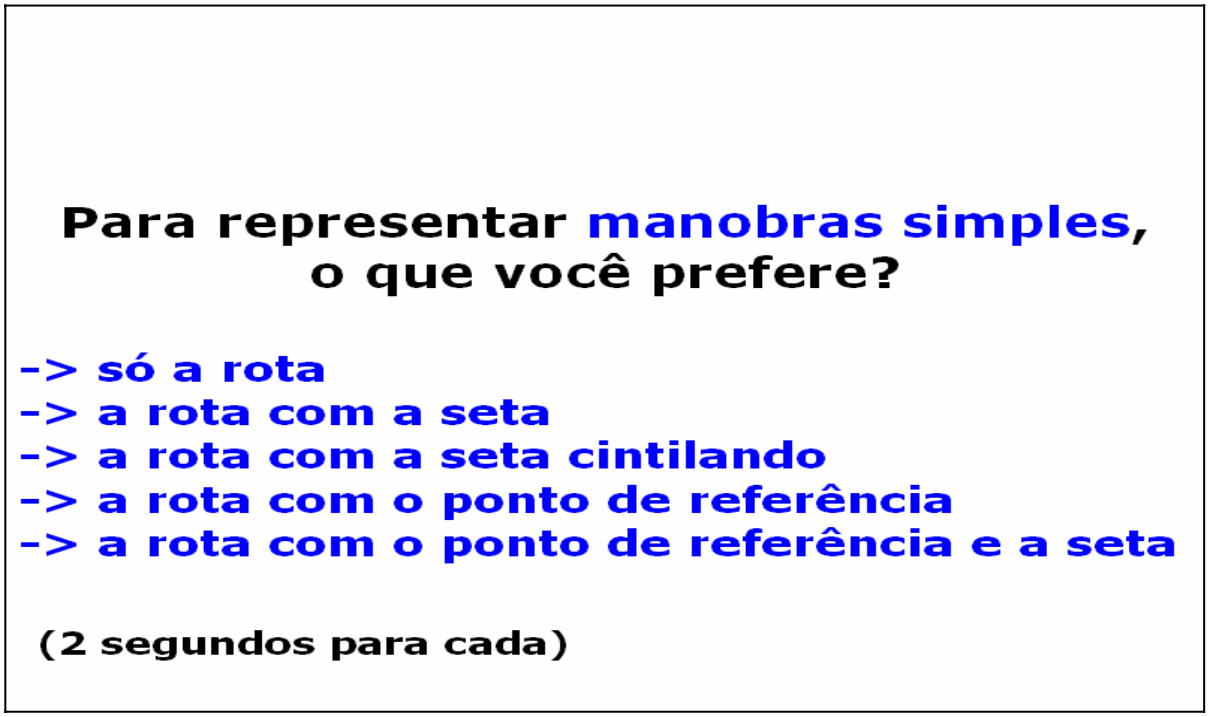


Figura I.21 – Questão para seleção do tipo de representação cartográfica para manobra simples.

Figura I.22 – Representação cartográfica de rota para manobra simples.

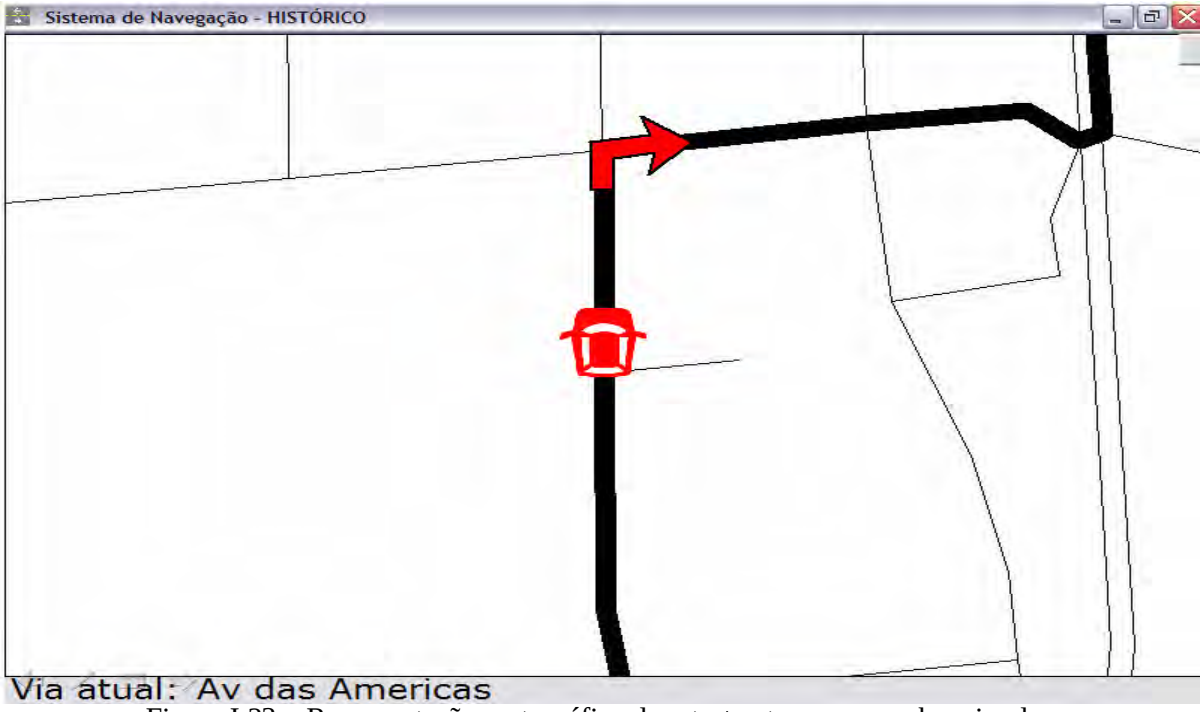


Figura I.23 – Representação cartográfica de rota + seta para manobra simples.

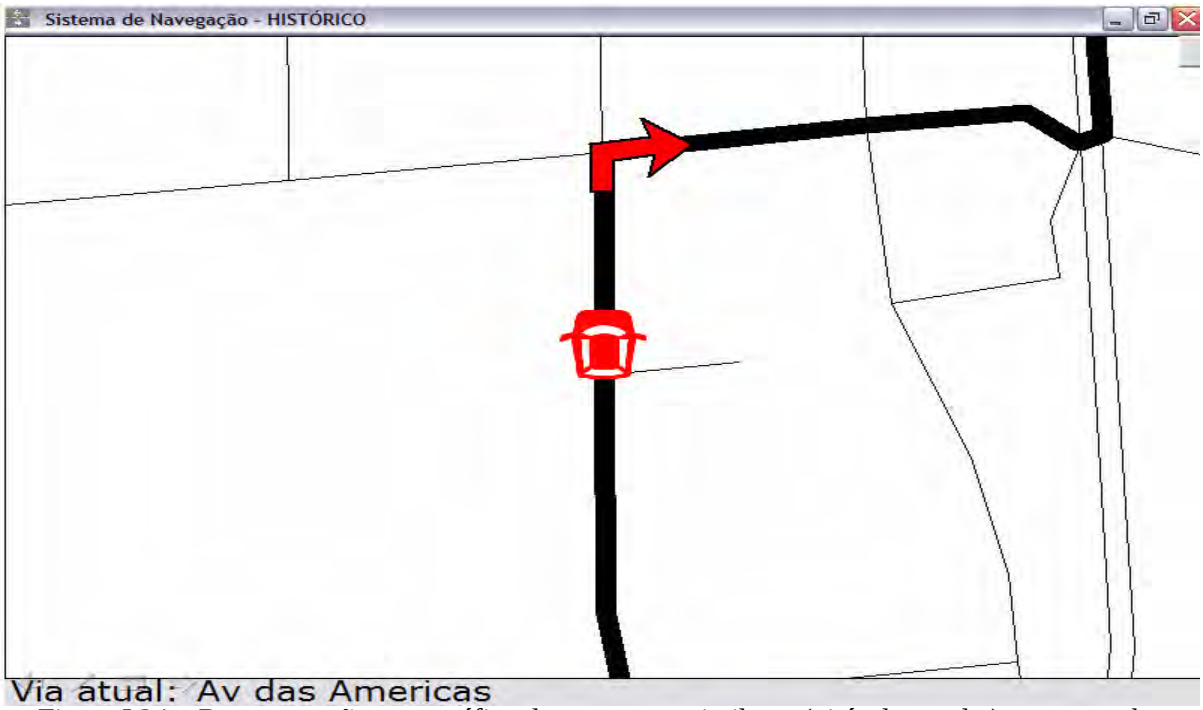


Figura I.24 – Representação cartográfica de rota + seta cintilante (visível e oculta) para manobra simples.

Figura I.25 – Representação cartográfica de rota + PR para manobra simples.

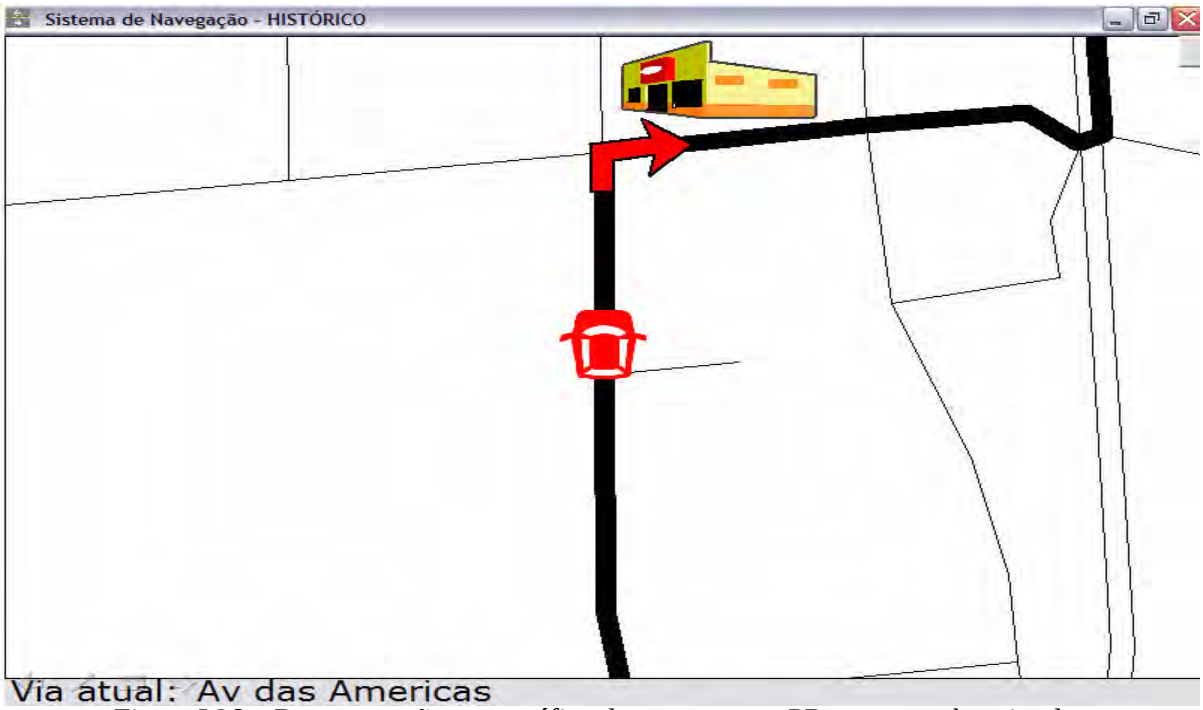


Figura I.26 – Representação cartográfica de rota + seta + PR para manobra simples.

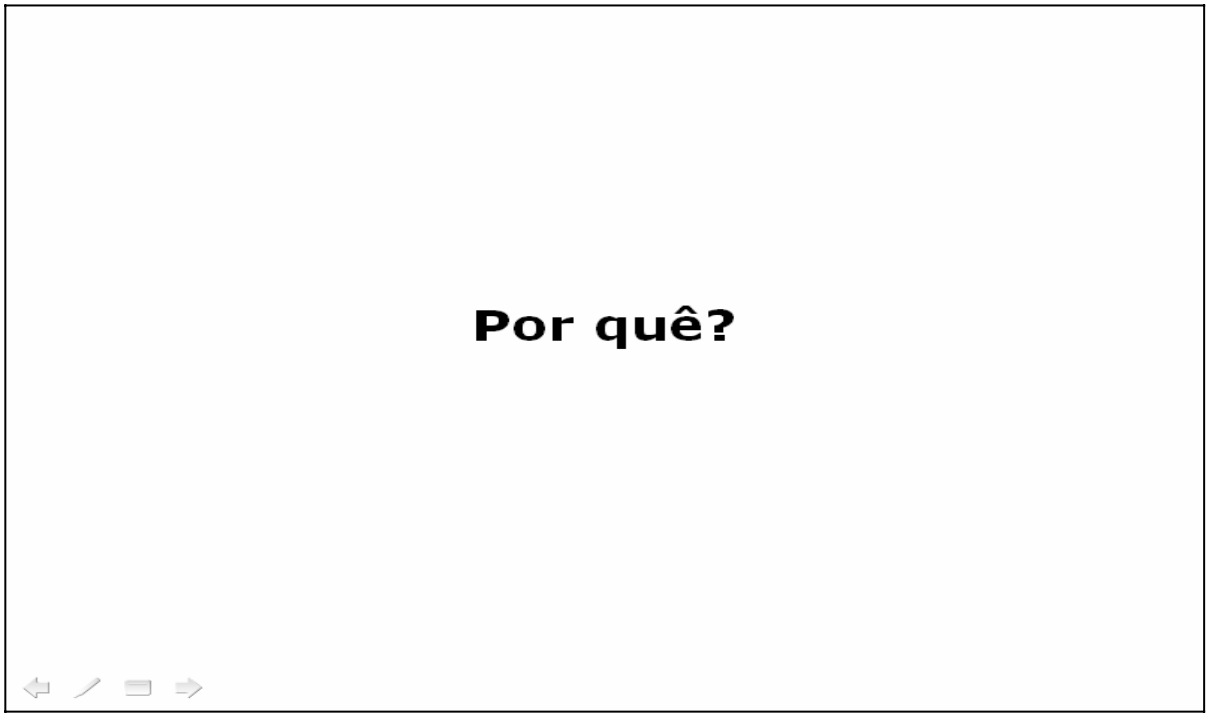


Figura I.27 – Tela com questão sobre a escolha da preferência subjetiva pelo tipo de representação cartográfica para manobra simples.

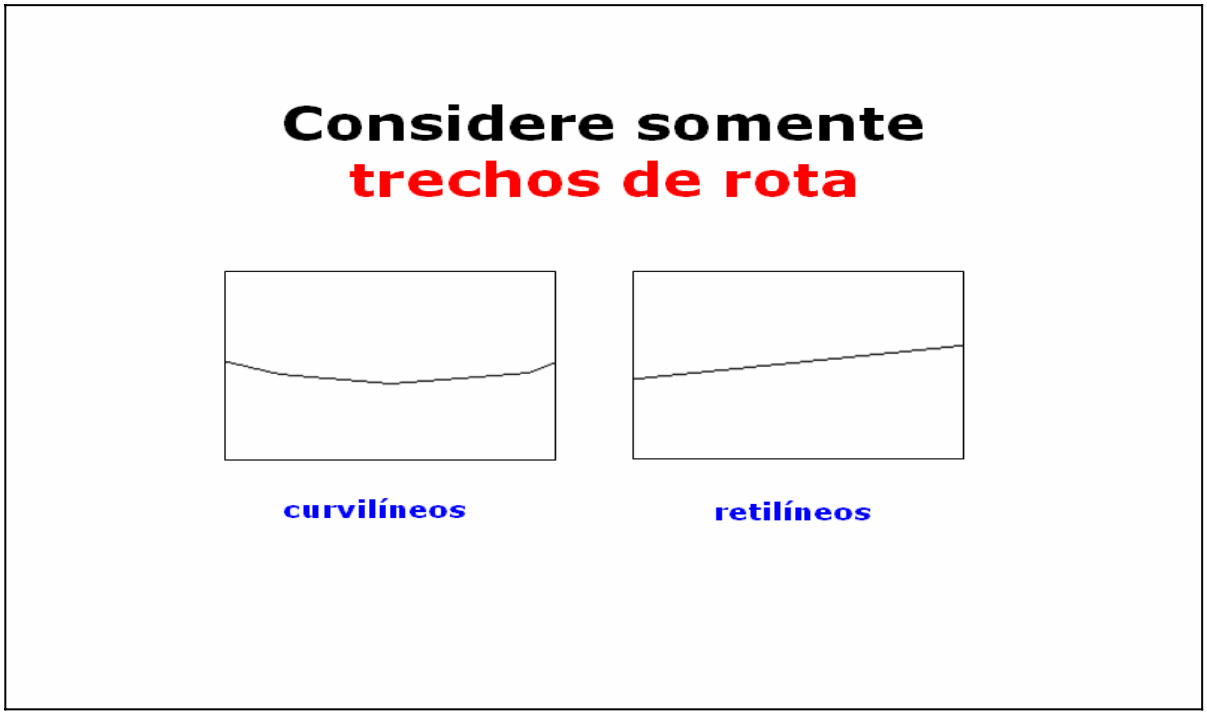


Figura I.28 – Consideração sobre os tipos de trechos de rota para seleção da representação cartográfica da modalidade Mapa.

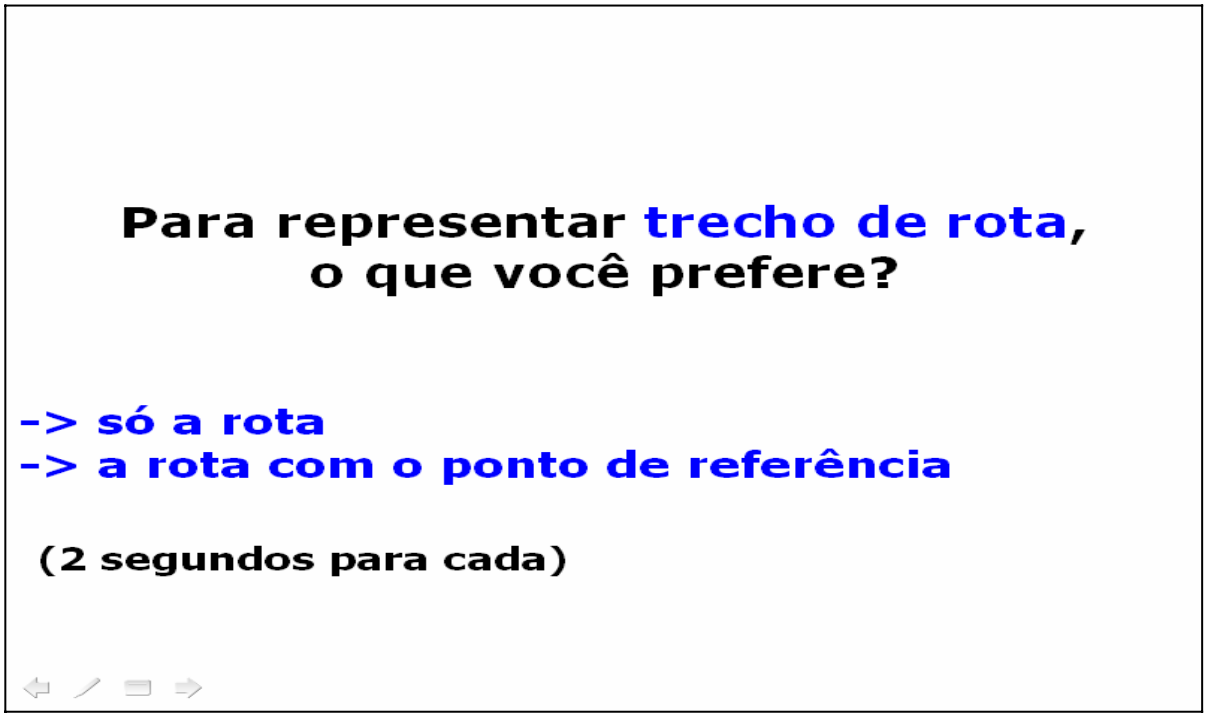


Figura I.29 – Questão para seleção do tipo de representação cartográfica para manutenção no trecho de rota.

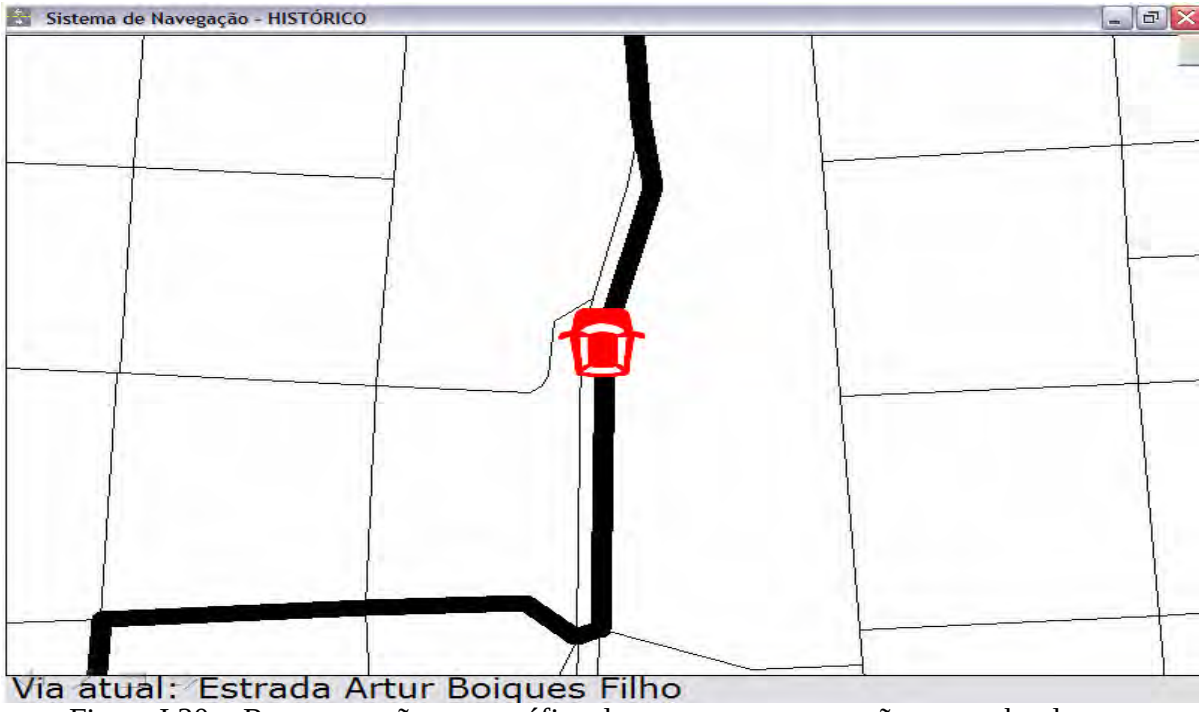


Figura I.30 – Representação cartográfica de rota para manutenção no trecho de rota.

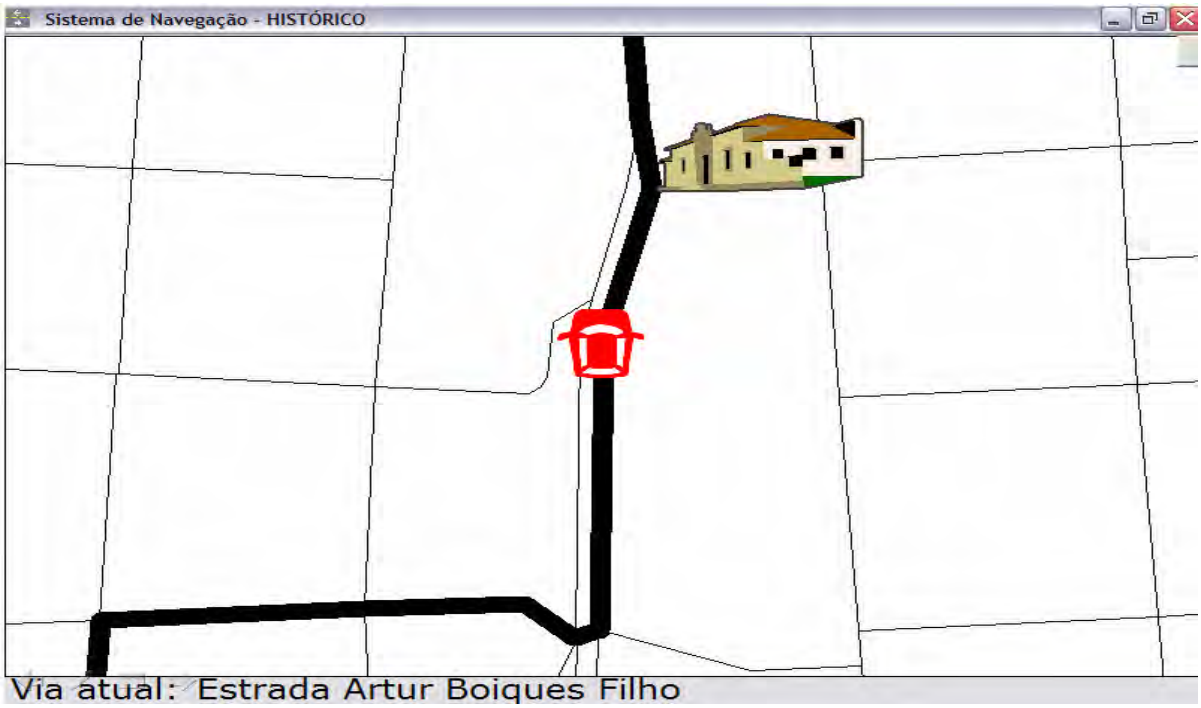


Figura I.31 – Representação cartográfica de rota + PR para manutenção no trecho de rota.

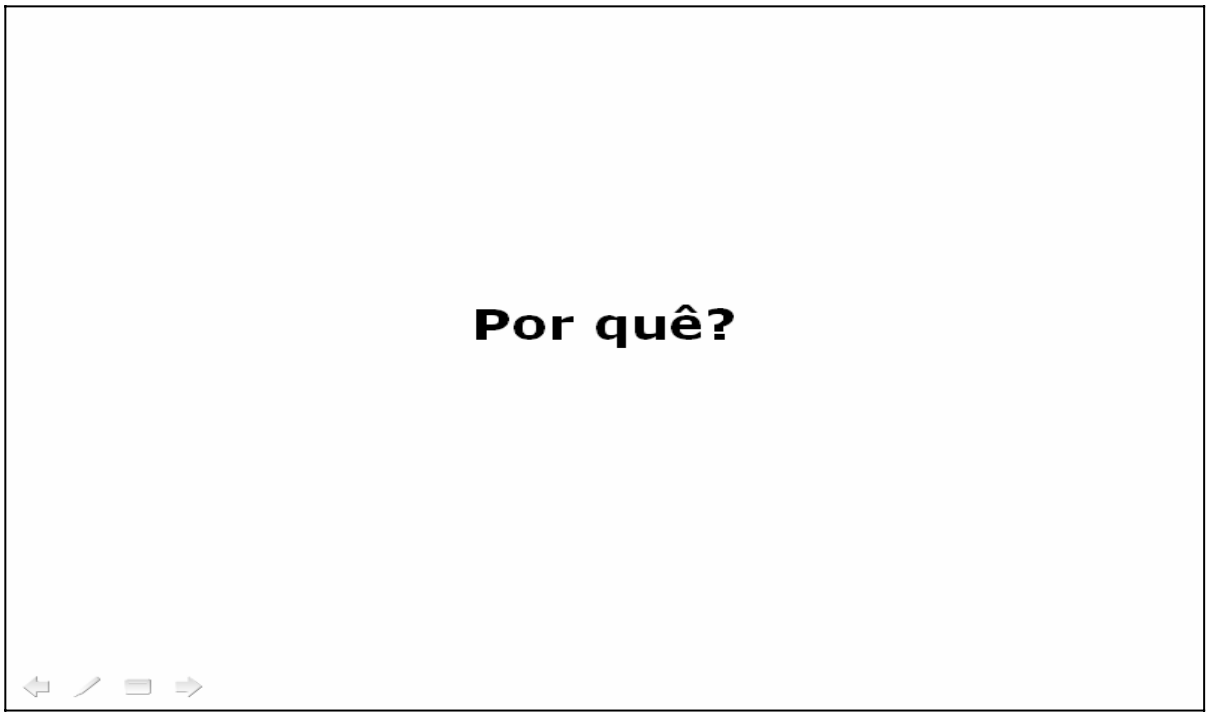


Figura I.32 – Tela com questão sobre a escolha da preferência subjetiva pelo tipo de representação cartográfica para manutenção no trecho de rota.

APÊNDICE J – Procedimento de extração dos dados de demanda visual

J.1 Determinação do tempo de ação da tarefa tática

Cada videoclipe, produzido com os participantes, possui características parecidas com o **videoclipe da rota**, tal como o momento de disparo do *beep* para todas as manobras ao longo da rota (em cada manobra), bem como o tempo de ação de cada operação tática. O videoclipe da rota produzido no campo foi convertido para meio digital, o qual resultou em um arquivo de aproximadamente 20 minutos. É importante ressaltar que o tempo de ação da operação tática (preparação para mudança de direção e realização da manobra) corresponde ao intervalo entre o momento de disparo do *beep* e o início da operação da manobra.

Para extrair os dados de demanda visual, utilizou-se o software de produção de filme Windows Movie Maker, o qual permite a recuperação dos quadros do vídeo em centésimos de segundo e garante uma boa precisão na extração dos dados (0,07 a 0,08 segundos para cada quadro). Entretanto, o início do videoclipe da rota não corresponde ao início da navegação real. Para resolver este problema, preparou-se um arquivo de projeto no software de produção de filme, por meio dos seguintes passos:

1. Importou-se o arquivo de videoclipe da rota;
2. Inseriu-se o videoclipe na linha do tempo e exibiu-se o gráfico de áudio correspondente aos quadros;
3. Reproduziu-se o videoclipe e pausou-se o mesmo no centro dos dois primeiros sinais de *beep* que informam o início da navegação em campo;
4. Dividiu-se em duas partes por meio da ferramenta *Dividir*. A posição inicial da parte direita corresponde ao início real da navegação. Então, selecionou-se a parte esquerda e esta foi removida (tecla DEL);
5. Gravou-se um arquivo de projeto com o videoclipe da rota.

Logo, o quadro inicial do videoclipe da rota no arquivo de projeto correspondeu ao intervalo entre os dois sinais de *beep*, o qual marca início da navegação em campo. Portanto, foi possível reproduzi-lo e, assim, anotar o momento de disparo de cada

beep para cada operação tática. Utilizou-se tanto o recurso de som do *notebook* (placa de som Realtek AC97 Audio), quanto o gráfico de áudio do Windows Movie Maker para localizar o som de *beep*, por meio da barra de busca de quadros e das ferramentas Quadro Anterior e Próximo Quadro. O Quadro J.1 apresenta o momento de disparo do *beep* para cada manobra, bem como o tempo de ação da operação tática.

Quadro J.1 – Momento de disparo do *beep* e tempo de ação da operação tática.

Manobra	**Momento de disparo do *beep* (em minutos e segundos)**	**Tempo de ação da operação tática (em segundos)**
1	00 m 40,13 s	15,6
2	01 m 05,13 s	06,80
3	02 m 18,27 s	14,07
4	03 m 26,73 s	13,13
5	**03 m 59,00 s**	**36,13**
6	05 m 20,93 s	13,73
7	06 m 00,87 s	14,6
8	**06 m 47,73 s**	**18,73**
9	07 m 15,20 s	13,4
10	**07 m 40,13 s**	**09,33**
11	07 m 59,27 s	15,53
12	08 m 28,73 s	10,47
13	09 m 01,80 s	14,53
14	10 m 34,67 s	07,00
15	11 m 29,13 s	12,13
16	**13 m 18,00 s**	**14,27**
17	**13 m 53,93 s**	**24,87**
18	**15 m 22,20 s**	**17,8**
19	**15 m 47,93 s**	**19,67**
20	16 m 42,93 s	13,47
21	17 m 28,27 s	16,13
22	17 m 51,80 s	19,8
23	18 m 45,67 s	09,67
24	19 m 24,73 s	15,13
25	21 m 11,20 s	13,33

J.2 Extração dos dados da demanda visual dos participantes

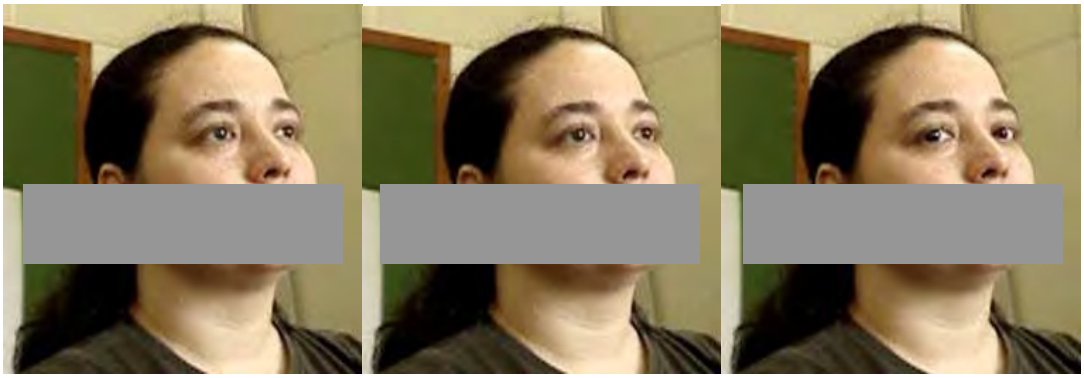
Por conseguinte, da mesma maneira que se fez para o vídeo da rota, preparou-se um arquivo de projeto no software de produção de filme para cada videoclipe de cada participante, produzido durante o teste de navegação. Então, a posição inicial de cada videoclipe correspondeu ao início real da navegação.

As representações selecionadas para avaliação da comunicação cartográfica do sistema correspondem às manobras 05, 08, 10, 16, 17, 18 e 19 (Quadro J.1). Para extrair os dados da demanda visual, considerou-se **o menor tempo de duração entre as representações de interesse** (9,33 segundos), o qual foi denominado de **tempo de ação compatível**. Do conjunto de representações selecionadas, isto permitiu determinar aquela eficiente, por meio de análise entre grupo de duas, considerando-se a mesma duração de tempo a partir do disparo do *beep*.

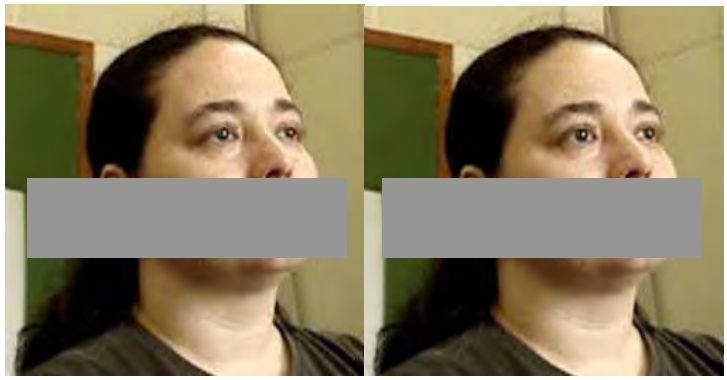
Cada videoclipe (referente a cada participante) deveria apresentar o mesmo momento de disparo do som de *beep* que o videoclipe da rota. Então, para cada videoclipe de cada participante, localizou-se o momento de disparo do *beep* e o tempo de ação compatível. Assim, realizou-se os seguintes passos para extrair os dados de demanda visual em cada tempo de ação compatível, no software de produção de filme (Windows Movie Maker):

1. Localizou-se o momento de disparo do *beep* tanto pela reprodução normal quanto pela locação do marcador de quadro presente na linha do tempo. Além disso, utilizou-se as ferramentas Quadro Anterior e Próximo Quadro para posicionar o marcador de quadro, exatamente no meio dos dois sinais de *beep*;
2. Dividiu-se o videoclipe em duas partes. A posição inicial da parte direita passou a corresponder ao início do tempo de ação de uma manobra em específico. Então, selecionou-se a parte esquerda e removeu-a;
3. Localizou-se o tempo de ação compatível de 9,33 segundos. No quadro selecionado, dividiu-se o videoclipe, novamente, em duas partes. Selecionou a parte direita e a removeu. O resultado é um trecho de vídeo que retrata somente os acontecimentos no tempo de ação compatível de uma única manobra;
4. Para contar do número de olhadas, reproduziu-se normalmente o trecho do videoclipe. Em seguida, para anotar a duração de cada olhada para o monitor de navegação que o participante realizou, reproduziu-se o vídeo quadro a quadro por meio das teclas Alt + seta direita e Alt + seta esquerda e anotou-se o **tempo inicial** e o **tempo final** de cada olhada. A partir destes dois momento, anotou-se a duração de cada olhada.

A seqüência de fotos do participante na Figura J.1 apresenta: (a) o momento em que o motorista permanecia com os olhos fixados para a via, (b) começou o movimento dos olhos para o monitor, (c) fixou os olhos no monitor por algum tempo, (d) retornou os olhos para a via e (e) fixou novamente para a via. Mensurou-se a duração de cada olhada partindo-se do momento em que os olhos se encontravam fixados para a via, iniciaram um movimento em direção ao monitor, permanecem lá por algum tempo e retornam, até se fixar na via novamente. A Tabela J.2 apresenta os dados de movimento dos olhos, extraídos de um outro participante, para cada manobra de interesse nas análises. A Tabela J.2 contém o momento inicial e o momento final de cada olhada, a duração de cada olhada, bem como algumas informações estatísticas básicas.



(a) (b) (c)



(d) (e)

Figura J.1 – Exemplo da seqüência de movimento dos olhos de um motorista. Reprodução autorizada pelo participante. Os direitos são reservados para esta pesquisa.

Tabela J.1 – Dados da análise do movimento dos olhos de um participante do teste de demanda visual.

Manobra	**Momento**			**Estatística básica**			
	Inicial	**Final**	**Duração**	**Mínima**	**Média**	**Máxima**	**Soma**
5							
	1.53	2.8	1.27	1.2	1.49	2	4.47
	3.8	5	1.2				
	6.33	8.33	2				
7							
	0	5.13	5.13	0.87	2.59	5.13	7.77
	6.2	7.07	0.87				
	7.53	9.3	1.77				
8							
	0	1.4	1.4	1.06	2.10	3.86	6.32
	3.07	4.13	1.06				
	4.67	8.53	3.86				
10							
	0	1.53	1.53	1	1.6	2.27	4.8
	3	5.27	2.27				
	5.8	6.8	1				
12							
	0	0.73	0.73	0.53	0.93	1.6	3.73
	1.93	3.53	1.6				
	4.2	4.73	0.53				
	8.33	9.2	0.87				
16							
	3.6	4.8	1.2	1.2	1.3	1.47	2.67
	5.4	6.87	1.47				
17							
	0	1.07	1.07	0.8	1.13	1.67	4.54
	3	4	1				
	4.93	6.6	1.67				
	7.07	7.87	0.8				
18							
	0	0.6	0.6	0.6	1.06	1.53	2.13
	1.47	3	1.53				
19							
	8.47	11.2	2.73	1.14	1.93	2.73	3.87
	18.13	19.27	1.14				

APÊNDICE K – Procedimento de extração dos dados de erro navegacional.

```
ID,COORDE,COORDN
40,452917,7558389
65,452840,7558449
138,452631,7558633
206,452272,7558569
239,452162,7558631
321,451822,7558683
361,451693,7558567
408,451484,7558480
435,451388,7558494
460,451355,7558559
479,451305,7558567
509,451270,7558499
542,451300,7558436
635,451186,7557897
689,450954,7557992
798,451132,7558509
834,451232,7558541
922,451532,7558485
948,451633,7558474
1003,451803,7558401
1048,451880,7558545
1072,451842,7558636
1125,451910,7558706
```

(a)

```
ID,COORDE,COORDN,MANOBRA
48,452891,7558422,'esquerda'
68,452831,7558442,'direita'
145,452608,7558663,'esquerda'
208,452263,7558570,'direita'
244,452158,7558645,'esquerda'
329,451792,7558663,'esquerda'
352,451701,7558608,'direita'
375,451643,7558511,'direita'
416,451435,7558474,'direita'
444,451381,7558536,'esquerda'
461,451355,7558559,'direita'
485,451292,7558554,'esquerda'
514,451281,7558486,'direita'
548,451301,7558409,'esquerda'
638,451178,7557877,'direita'
693,450939,7558010,'direita'
807,451164,7558565,'direita'
935,451594,7558492,'direita'
954,451635,7558451,'esquerda'
1011,451859,7558408,'esquerda'
1060,451873,7558606,'esquerda'
1082,451785,7558624,'direita'
```

(b)

Figura K.1 - Estrutura dos arquivos com a descrição do momento de disparo do *beep* (esquerda) e da posição em que o motorista respondeu a manobra (direita).

Para interpretar as respostas fornecidas pelos motoristas, fez-se a representação dos dados classificando-os e atribuindo-se diferentes cores aos atributos (Manobra à direita = roxo e Manobra à direita = laranja). A Figura K.2 e a Figura K.3 apresentam os mapas com os locais de manobra, bem como a localização do momento de disparo do *beep* para alertar o motorista. A Figura K.4 exibe o momento em que o participante de número 4 respondeu a manobra via teclado, enquanto a Figura K.5 mostra o tipo de manobra respondido (diferenciada pela cor). Para saber se o participante respondeu a manobra correta, bastou verificar a continuação da rota depois da manobra e compará-la com a cor corresponde ao tipo de manobra (direita ou esquerda). Se a cor esperada é diferente, então o motorista errou a manobra.

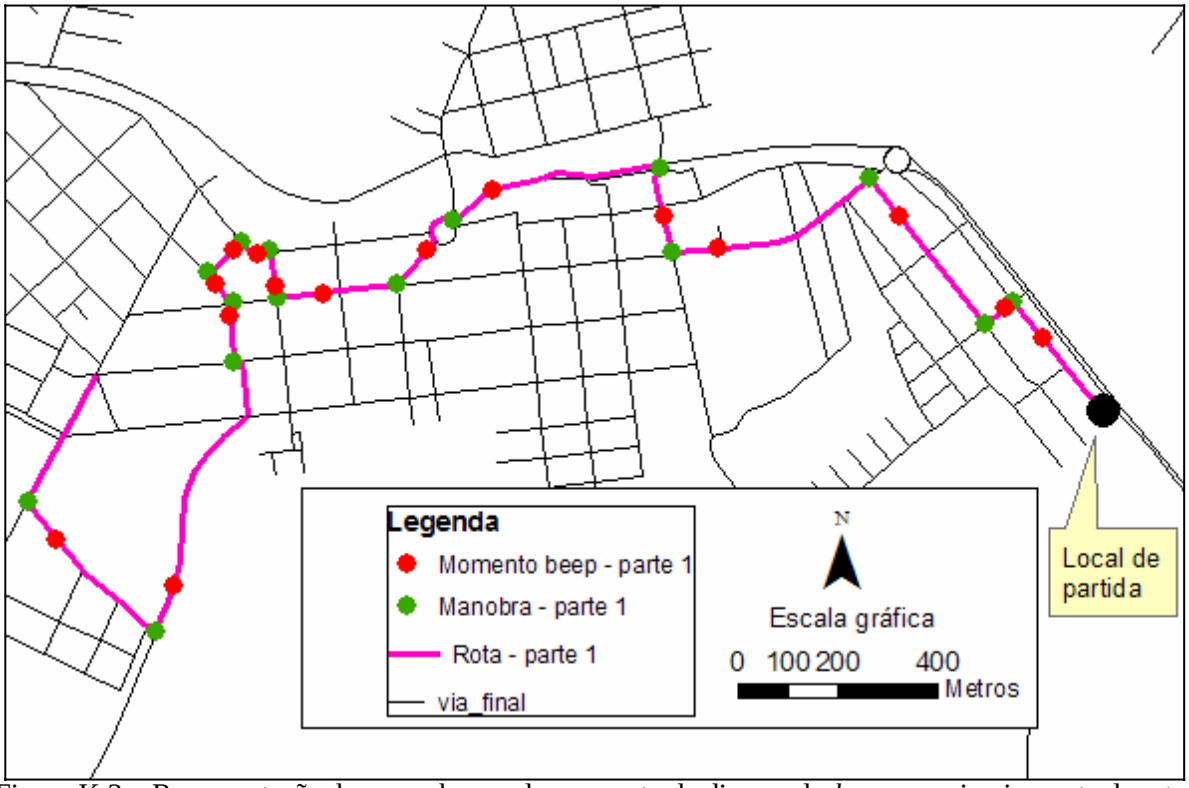


Figura K.2 – Representação das manobras e do momento de disparo do *beep* na primeira parte da rota.

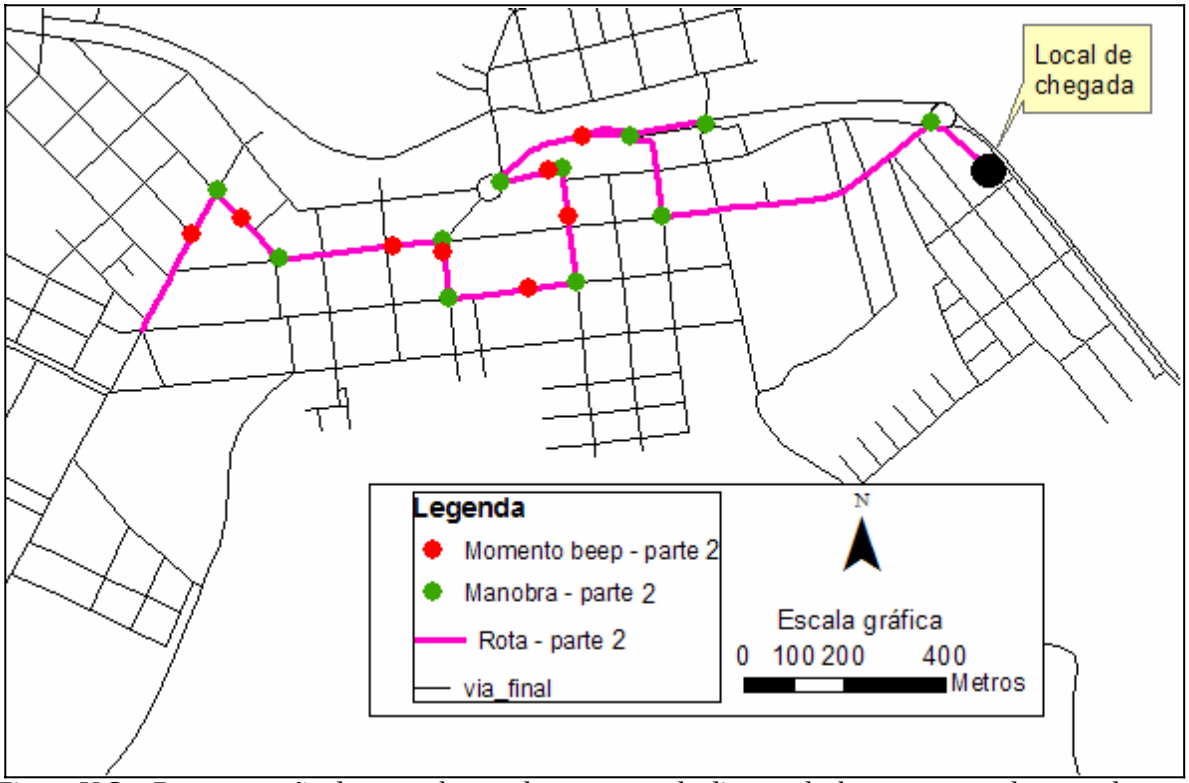


Figura K.3 – Representação das manobras e do momento de disparo do *beep* na segunda parte da rota.

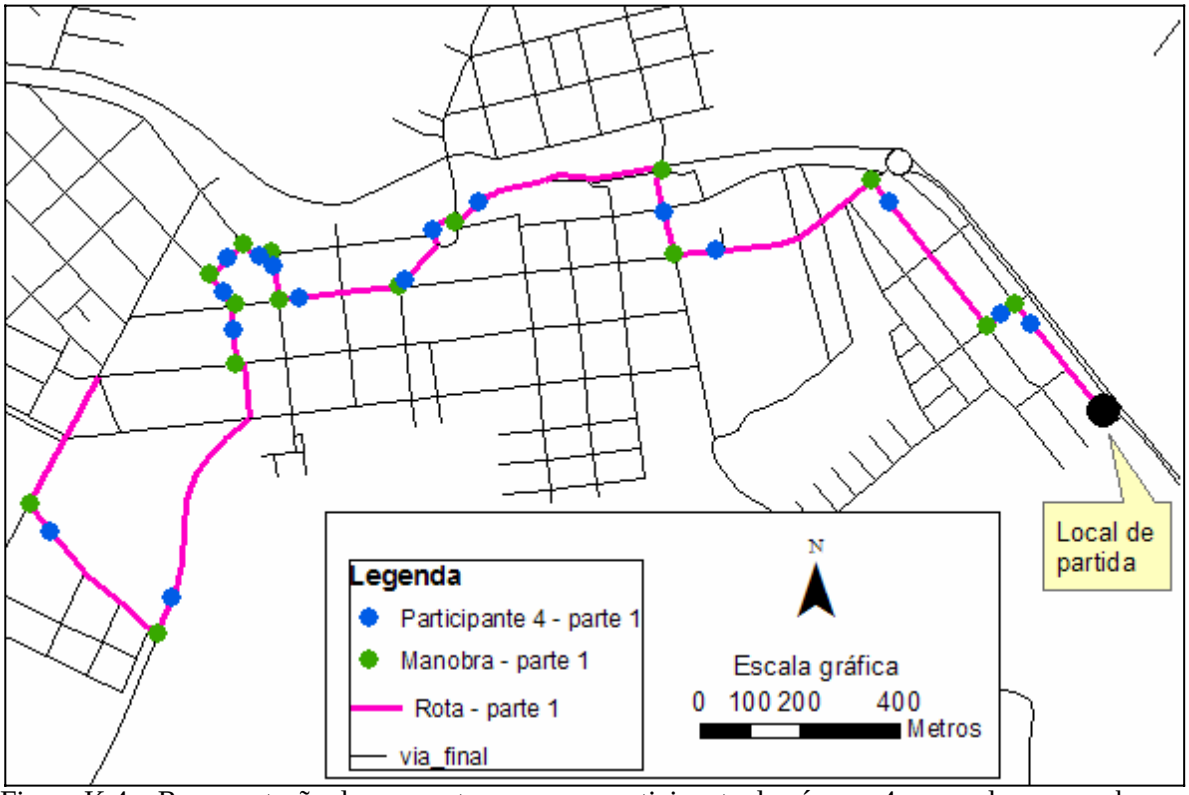


Figura K.4 – Representação do momento em que o participante de número 4 respondeu a manobra na primeira parte da rota.

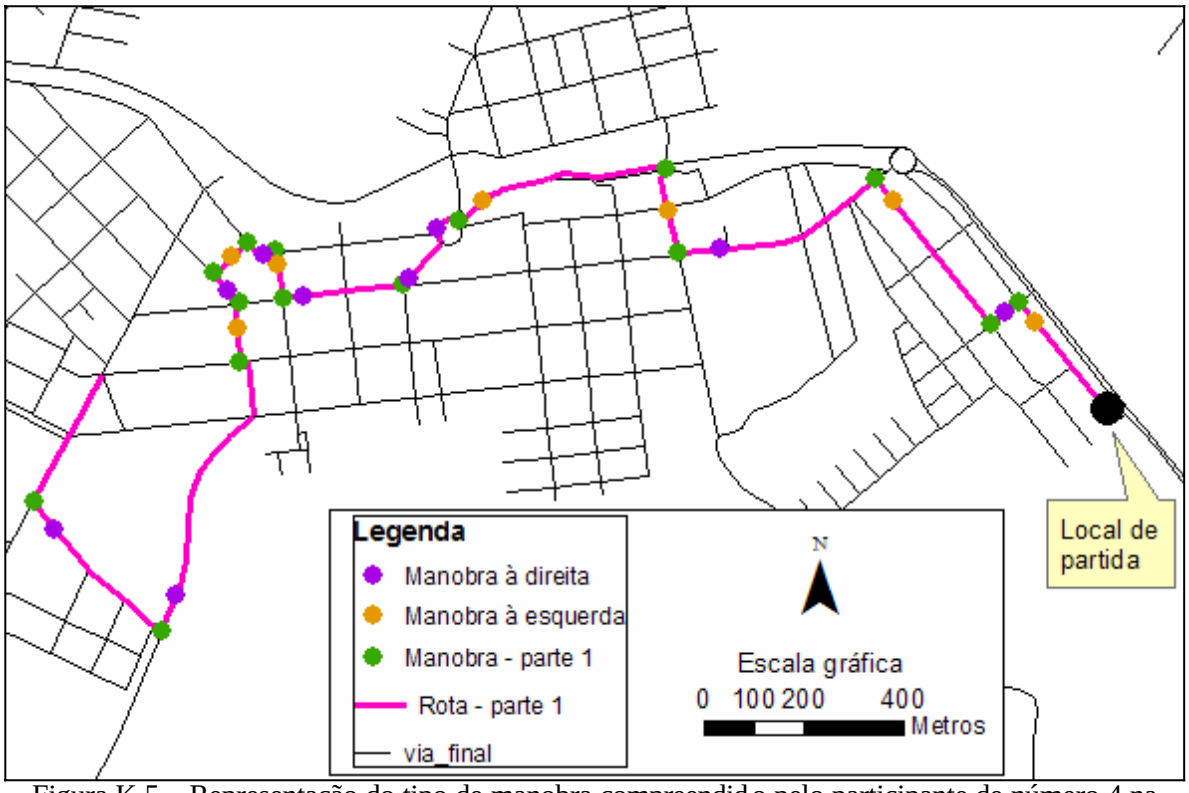


Figura K.5 – Representação do tipo de manobra compreendido pelo participante de número 4 na primeira parte da rota.

APÊNDICE L – Lista de comentário dos participantes.

CODIFICAÇÃO

MS-SETA-MAPA: prefere **seta** ou **mapa** para **manobra simples**?
MC-SETA-MAPA: prefere **seta** ou **mapa** para **manobra complexa**?
TR-SETA-MAPA: prefere **seta** ou **mapa** para **trechos de rota**?

MS-REPRESENTAÇÃO: prefere qual **tipo de representação** para **manobra simples**?
MC-REPRESENTAÇÃO: prefere qual **tipo de representação** para **manobra complexa**?
TR-REPRESENTAÇÃO: prefere qual **tipo de representação** para **trechos de rota**?

Participante 01:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu rapidamente)
Motivo: fornece a distância a ser percorrida; maior quantidade de informação; maior segurança.
MC-SETA-MAPA
Tipo: seta (demorou em responder)
Motivo: mais fácil de identificar a manobra; a informação de seta foi passada com menor grau de complexidade.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: maior segurança na trajetória.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: maior quantidade de informação, maior segurança.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR dá segurança na realização da manobra. Considera a representação de rota + seta + PR sobrecarregada de informação.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR dá maior segurança.

Participante 02:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu rapidamente)
Motivo: maior visibilidade da região; melhor localização espacial; só a seta é possível ser perder, ficou perdida, embora seja melhor de ver; o mapa permite ver o que está à direita e à esquerda.
MC-SETA-MAPA
Tipo: seta (demorou pra responder)
Motivo: o mapa ficou poluído visualmente, pois não mostra direito a manobra; o mapa mostra muita informação que não interessa, pois a de maior interesse está na manobra, preferiria o mapa caso fosse mais limpo.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: melhor localização espacial.

PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta (uma segunda escolha seria a rota + PR)
Motivo: considera a rota + seta + PR sobrecarregada de informação, porém depende do tipo de manobra, o PR do posto de combustível e do ponto de ônibus foi muito bom; o PR do semáforo também, embora ache que não há necessidade; a rota com a seta ficou mais limpa.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: nenhuma
Motivo: se a seta fosse diferente, preferiria a rota com a seta, achou o PR muito colorido e dispersou a atenção da direção porque teve que olhar várias vezes para associar o símbolo com o objeto no mundo real, olhou várias vezes para o mapa e ficou perdida.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: pelo fato de não haver manobra o PR ajuda na localização e orientação.

Participante 03:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: chama bastante a atenção, o símbolo é grande o suficiente para enxergar; pouca poluição visual
MC-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: fornece a idéia da complexidade da manobra; o mapa complica porque tem muita informação.
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta (pensou para responder)
Motivo: "são quase equivalentes"; são claras, simples, grandes, etc., embora a informação de mapa represente bem o seguimento do percurso.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: disse que algumas são equivalentes, pediu pra voltar, e afirmou que o PR dá segurança na realização da manobra; permite comparar o símbolo com o elemento do mundo real.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: tem o PR (embora chame muita atenção do motorista) e a seta, assim reforça o sentido, pela dificuldade da manobra (via quebrada).
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota
Motivo: o PR está muito elaborado, é quase uma fotografia, chama muito a atenção do motorista (olha demais para o monitor); pelo fato de não ter manobra a seta é melhor.

PARTICIPANTE 04:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: maior visibilidade do entorno; maior quantidade de referências.
MC-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: a manobra ficou mais clara de ser realizada; a seta do mapa parece curta e grossa; uma ponta no meio da seta atrapalhou compreender a direção.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa

Motivo: melhor identificação com o mapa; maior segurança vendo o mapa do que a seta, independente de conter um PR.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: compreende com mais clareza, sente maior segurança.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR (pediu pra ver novamente)
Motivo: quanto maior o número de pontos de apoio, maior é segurança.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: um ponto a mais para a segurança, pois confirma o local em que se encontra.

PARTICIPANTE 05:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: informa a posição atual do motorista em relação às vias e quadras; é didático; rapidez na extração de informação.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: simplicidade quando se está em linha reta; não tem como errar pelo fato de não fazer nenhuma manobra ou curva
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: disponibilidade de várias informações para não errar o caminho, mesmo que simples, principalmente por causa do PR.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o PR e a seta fornecem dados suficientes para não errar o caminho.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: no caso de cidade desconhecida, serve pra confirmar a localização no trecho.

PARTICIPANTE 06:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: mais claro; dá mais segurança; fornece uma visão da rota, pois informa para onde vai depois da manobra; o mapa é completo porque tem a seta.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: tem outras referências que a seta não tem; fornece o entorno.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR

Motivo: não tem poluição de informações e dá a certeza de que está no lugar certo; o PR no entorno é muito importante, pois não deixa dúvidas sobre a realização da manobra.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)

PARTICIPANTE 07:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu antes de encerrar a pergunta)
Motivo: fornece a noção do contexto espacial; possui informação do arredor; o mapa permite conhecer melhor os becos que estão ligados na rota; achou importante conhecer a distância até a manobra.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta (respondeu antes de encerrar a pergunta)
Motivo: é suficiente, pois não há detalhe de interesse porque o trecho é retilíneo.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta cintilante
Motivo: chamou mais a atenção.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: o semáforo é importante; a seta ficou muito ruim.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR dá segurança do percurso da rota.

PARTICIPANTE 08:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: maior facilidade de perceber o caminho e o tipo de manobra que será feita.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa (demorou pra responder e usou a expressão "eu acho")
Motivo: o mapa fornece mais informação do que a seta.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece uma visão do entorno; maior quantidade de informação, além de o mapa mostrar a rota.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta cintilante
Motivo: chama mais atenção para o tipo de manobra que deve ser realizada; acha o PR irrelevante porque chama muito a atenção e prejudica a direção do automóvel; maior relevância na realização da manobra; o fato de ficar procurando o PR na imagem atrapalha a direção.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: pelo fato de ser uma manobra complexa, o PR ajuda a identificar e compreender a manobra que deve ser feita.

TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR é um elemento a mais pra entender o caminho.

PARTICIPANTE 09:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: clareza visual; não há sentido ter muita informação para este tipo de tarefa.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: uma referência do entorno ajuda melhor a entender o contexto da manobra; a seta está mais concisa.
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: clareza visual; não há sentido ter muita informação, pois são irrelevantes.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota
Motivo: pra manobra simples, só a rota é suficiente; outras informações causam poluição visual.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: a desvantagem do PR é que pode mudar por causa dos efeitos do tempo e da troca de pintura.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR permite entender a localização em trechos retilíneos e curvilíneos; não ajudaria para manobras.

PARTICIPANTE 10:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece muito mais informação pra fazer a manobra.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: clareou as informações da manobra; fornece a rota e a localização de onde se encontra e para onde vai; possui a vantagem de ter a seta.
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: a trajetória é muito simples.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: o mapa fornece todas as vias, a seta ajuda a reforçar a manobra.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: o PR atrapalha porque a pessoa fica procurando no mundo real e isso prejudica a direção.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: pelo fato de não haver curva ou manobra, é importante que seja notável e visível (semáforo, edifício).

PARTICIPANTE 11:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece melhor o contexto espacial; maior segurança.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: o esquema de seta é pior porque não dá noção de contexto, do espaço ao arredor.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (idem para a manobra complexa)
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: segurança e confirmação do local em que está.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: a referência é importante, pois confirma a localização em que se encontra.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: (idem para as anteriores)

PARTICIPANTE 12:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece uma visão do que vai acontecer antes e depois da manobra.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa (pensou um pouco)
Motivo: (idem anterior)
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: o problema do mapa é que algumas vias irregulares parecem ser manobras, porém, o inconveniente da seta é que não dá visão do que vai acontecer depois da manobra.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta cintilante
Motivo: no caso de PR, só se fosse algum muito conhecido (agências bancárias e postos de combustíveis); dificuldade de relacionar o símbolo com o a referência no mundo real.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o semáforo é fácil de ser reconhecido, pois é simples.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: "ambas"
Motivo: o PR pode ajudar em determinados contextos.

PARTICIPANTE 13:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: melhor visão da trajetória e da manobra; a seta é importante.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: a seta pode confundir, pois não fornece uma visão clara da manobra.

TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: prefere o mapa embora a seta também seja quase tão boa quanto o mapa.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o PR é importante porque pode ser visto de longe, a seta cintilando chama muita atenção e irrita.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: compreende melhor a trajetória da manobra (idem para a resposta anterior).
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota
Motivo: embora com o PR também seja quase tão bom quanto.

PARTICIPANTE 14:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: a seta é muito localizada e o mapa dá uma visão geral do contexto.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: o automóvel auxilia na localização e a seta na direção.
TR-SETA-MAPA
Tipo: "ambas"
Motivo: não há como desviar do trajeto no caso de vias retilíneas.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: porque não tem muitos símbolos ao mesmo tempo; pode ser que a rota + seta + PR seja interessante em alguns locais.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: é suficiente pra localização e direção; a representação é clara.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + seta
Motivo: só a rota é pouco, precisa de mais elementos.

PARTICIPANTE 15:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: porque possui os elementos do entorno e facilita a localização.
MC-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: ficou mais limpo.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: mais claro, além do entorno ser importante.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: junta todos os elementos necessários para navegar nos trechos de rota e fazer manobras.

MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: maior número de elementos é muito importante, principalmente por causa do semáforo.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: ajuda compreender se está na rota correta.

PARTICIPANTE 16:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: é possível se localizar melhor; embora a seta seja mais direta porque não precisa olhar muito para o monitor.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (idem anterior), pelo fato do *beep* ser acionado um pouco antes, facilita a tarefa; com a seta pode entrar em alguma via anterior do tipo beco ou viela.
TR-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: o trecho é simples e retilíneo, não se prende muito para o monitor.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: achou estranho somente o PR, a seta deixa mais clara a manobra, o PR fica meio vago.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: reúne mais informações; o semáforo ajuda neste tipo de manobra complexa.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR para manobra é ruim; já no percurso ajuda a confirmar que está na rota correta.

PARTICIPANTE 17:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: a seta é instantânea; se pudesse alternar seria melhor; o mapa fornece todas as vias e dá mais segurança.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: apresenta todo o trajeto; pode ser visto o contexto do espaço.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: continua com a visão do todo.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o PR é um acréscimo importante pra confirmar a localização.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: pela clareza da referência.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + seta
Motivo: a referência confirma que está na rota correta.

PARTICIPANTE 18:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece a distância que resta para chegar até a manobra, enquanto a seta não.
MC-SETA-MAPA
Tipo: "ambas"
Motivo: ambas permitem perceber o caminho a ser percorrido.
TR-SETA-MAPA
Tipo: "ambas"
Motivo: permitem seguir o caminho correto, já que não tem mudança de direção.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o PR ajuda compreender se está no local correto, este mapa tem todas as informações pra não se perder (tal como o PR) e pra se localizar e se orientar (vias e posição do automóvel).
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: tem todas as informações necessárias.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota
Motivo: pelo fato de ser um trecho simples, não precisa tomar decisão.

PARTICIPANTE 19:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece maior segurança; melhor referência espacial, pois a seta fica muito subjetiva e parece que vai pular de um lugar para outro, enquanto o mapa dá a sensação de continuidade.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: o mapa fornece a seqüência da rota; no caso da seta parece que tudo acaba depois que se faz a manobra; o mapa antecede a distância da manobra subseqüente; só o esquema de seta parece que está em um espaço vazio.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (idem anterior) fornece a continuidade da rota; a orientação visual é mais importante que a sonora porque, talvez, estamos acostumados com este tipo de representação no trânsito.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: a referência visual do espaço dá maior segurança; a seta cintilante parece boa porque chama bem a atenção; consegue perceber todos os PR ao longo da rota; em geral, os PR's nos trechos de rota são melhores; sugeriu o nome "São Thomé" para o sistema.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: certeza de que está no caminho correto, bastaria com a presença do PR sem a seta.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: comprova que está no caminho correto; brincou dizendo "a gente não se perde, a gente se desorienta".

PARTICIPANTE 20:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece a noção de distância e informação para anteceder a manobra e se precaver; tem condições de contar o número de vias antes de chegar à manobra; o mapa dá mais conforto do que a seta; é mais tranqüilo.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: consegue se localizar melhor no mapa, embora a seta não deixe nada a desejar
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (idem para manobra simples e complexa)
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: o PR é mais importante do que a seta; os dois juntos sobrecarregam o sistema visual.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: a seta destaca melhor o caminho da manobra.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: dá certeza de que está no caminho correto, mesmo usando o sistema de navegação.

PARTICIPANTE 21:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: fornece as referências, percebe a inclinação das vias, a qual não é fornecida nas setas.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: consegue compreender melhor a complexidade da manobra.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa (embora considere a seta interessante)
Motivo: fornece as referências.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta cintilante
Motivo: o PR tem a desvantagem de está depois da manobra; acha que a cintilação fornece a localização imediata para onde o olho deve focar.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o PR é importante para confirmar um cruzamento complexo; a seta informa o trajeto da manobra.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: a edificação representada pelo PR é bastante notável naquela paisagem em específico.

PARTICIPANTE 22:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: consegue prever o que vai acontecer e, mesmo antes do *beep*, consegue se preparar para a manobra porque permite contar o número de vias que restam para chegar.

MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (idem anterior) principalmente em manobras que sucedem de vias curvas ou quebradas.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: a seta é “fria”; o mapa contém muito mais informação sobre o contexto da viagem.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: ajuda melhor a compreender a manobra; facilidade de entende o local em que se encontra, embora ache que outras pessoas que precisem de mais informação poderá incluir a seta.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: é suficiente, pois muita informação atrapalha.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: confirma que está no caminho correto.

PARTICIPANTE 23:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (se expressou dizendo "mapa né?, não tenho nem o que falar")
Motivo: fica mais claro, pois considera importante perceber a localização no contexto espacial; a seta não indica nada mais além da manobra, nem se está próximo; importância da localização do todo; no mapa consegue contar o número de vias que falta para chegar.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: embora a seta seja mais clara, com o mapa percebe-se o deslocamento; não vê desvantagem da seta, pois ela é clara.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa (se expressou dizendo "a solução é sempre o mapa”)
Motivo: a localização é fundamental.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: não gosta da cintilação, pois incomoda; o PR foi importante em algumas manobras complexas e os de baixa complexidade foram interessantes, tais como o semáforo e a caixa de água; muita informação incomoda.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: permite associar o símbolo com o objeto no mundo real pra facilitar a decisão.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: “ambas”
Motivo: o PR pode ser importante em alguns locais, tal como nas curvas.

PARTICIPANTE 24:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: sente mais segurança; percebe o contexto em que está inserido e percebe melhor o percurso; a seta não permite saber o que vai acontecer depois da manobra e o mapa fornece informação de distância e proximidade com a manobra e de orientação no espaço; considera a seta como sendo impositiva (“vire aqui” e não se sabe o que vai acontecer depois; sente insegurança).

MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: embora a seta fornecesse um detalhamento claro da manobra que o mapa não mostrou; a seta ajudou a entender com mais precisão a manobra.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: (idem para as anteriores) fornece a distância percorrida e a ser percorrida; consegue-se ter idéia da posição em relação à origem e o destino.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta
Motivo: o PR em questão não foi notável, porque não se destacou o suficiente do meio para ser uma referência; a seta cintilante chama muita atenção, tal como algo de errado que estaria acontecendo ou prestes a acontecer.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: em um cruzamento com semáforo realiza-se a manobra com mais cuidado, principalmente se estiver saindo de uma via preferencial.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: quando o PR é uma edificação que se destaca na paisagem, sua presença é importante para dar segurança ao motorista, principalmente se o trecho for longo (acrescentou dizendo "se eu tiver no caminho errado quando vou perceber isso?").

PARTICIPANTE 25:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu imediatamente)
Motivo: o campo visual é maior, tem a idéia do trajeto global; com a seta perde-se a noção de que está em um ambiente tridimensional; o mapa fornece uma visão periférica sobre o contexto espacial, pois sempre apresenta referências (via e PR); prestou atenção se ia voltar em algum lugar.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu imediatamente)
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu imediatamente)
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: é o mais completo, pois sempre apresenta referências (vias e PR), embora só a rota seja suficiente.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: tem mais detalhes (referências).
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples) lembrou que a descrição de trajetos que alguém passa contém PR.

PARTICIPANTE 26:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: seta (respondeu rapidamente)

Motivo: o mapa chama mais atenção e dá vontade de ficar olhando, porém da sensação de se perder nesta observação, porque é necessário pensar um pouco mais; a seta é imediata, mais clara e objetiva.
MC-SETA-MAPA
Tipo: seta
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa
Motivo: porque não tem mudança de direção, a quantidade de elementos do mapa diminuiu; quando a situação fica mais complexa é importante a presença de seta.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta cintilante
Motivo: com a seta, a tarefa fica mais clara, o PR distrai porque fica é necessário ficar procurando seu equivalente no mundo real e isto dificulta ainda mais, principalmente se tiver várias construções.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: o semáforo foi simples e não há problema; se fosse construção poderia dificultar e bastaria somente a seta sobre a rota.
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR (fez gestos de que tanto faz)
Motivo: como não tem que tomar decisões como no caso de manobras, fica interessante para confirmar que está no local correto.

PARTICIPANTE 27:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (respondeu imediatamente)
Motivo: indica as vias que estão próximas da manobra seguinte, dá segurança de que está no caminho correto.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa (demorou em responder; primeiro respondeu seta e depois decidiu mapa)
Motivo: fornece a trajetória e dá noção do espaço ao arredor.
TR-SETA-MAPA
Tipo: mapa (o mesmo motivo para manobra simples)
Motivo: consegue se localizar em relação ao espaço em que se encontra.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: quanto maior o número de informações é melhor pra não se perder.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + seta + PR
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: (o mesmo motivo para manobra simples)

PARTICIPANTE 28:
PARTE I
MS-SETA-MAPA
Tipo: mapa (disse antes de encerrar a pergunta)
Motivo: porque é possível conhecer o trajeto que vai percorrer; sabe quais são as outras vias ao arredor.
MC-SETA-MAPA
Tipo: mapa (demorou pra responder e disse "eu ainda prefiro o mapa")

Motivo: acha que fica mais clara a noção de espaço.
TR-SETA-MAPA
Tipo: “ambas”
Motivo: tanto um quanto o outro dá a noção de seguir a trajetória; de continuar na mesma via.
PARTE II
MS-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: basta a referência pra seguir a manobra.
MC-REPRESENTAÇÃO
Tipo: rota + PR
Motivo: a seta pode confundir; basta a referência pra seguir a manobra; sugeriu a representação de, somente, duas setas (uma para direita e outra para esquerda).
TR-REPRESENTACAO
Tipo: rota + PR
Motivo: tem a certeza de que está no caminho correto.