

FABRÍCIO ROSA AMORIM

**PERCEPÇÃO VISUAL DOS INDIVÍDUOS COM OU SEM DEFICIÊNCIA DE
VISÃO DE CORES EM MAPAS DE FLUXO DE VEÍCULOS ESTÁTICOS E
DINÂMICOS**



PRESIDENTE PRUDENTE

2018

FABRÍCIO ROSA AMORIM

**PERCEPÇÃO VISUAL DOS INDIVÍDUOS COM OU SEM DEFICIÊNCIA DE
VISÃO DE CORES EM MAPAS DE FLUXO DE VEÍCULOS ESTÁTICOS E
DINÂMICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas.

Área de concentração: Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais.

Orientador: Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi.

PRESIDENTE PRUDENTE

2018

A524p Amorim, Fabrício Rosa.
Percepção visual dos indivíduos com ou sem deficiência de visão de cores em mapas de fluxo de veículos estáticos e dinâmicos / Fabrício Rosa Amorim. -- Presidente Prudente, 2018
125 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências e Tecnologia
Orientador: Edmur Azevedo Pugliesi
Inclui bibliografia

1. Usabilidade. 2. Percepção Visual 3. Mapas de fluxo de veículos. 4. Símbolos estáticos e dinâmicos. 5. Daltonismo. I. Título

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PERCEPÇÃO VISUAL DOS INDIVÍDUOS COM OU SEM DEFICIÊNCIA DE VISÃO DE CORES EM MAPAS DE FLUXO DE VEÍCULOS ESTÁTICOS E DINÂMICOS

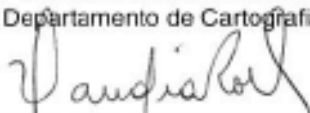
AUTOR: FABRÍCIO ROSA AMORIM

ORIENTADOR: EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS CARTOGRÁFICAS, área: AQUISIÇÃO, ANÁLISE E REPRESENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

Departamento de Cartografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Profa. Dra. CLAUDIA ROBBI SLUTER

Departamento de Geomática / Universidade Federal do Paraná


Profa. Dra. VILMA MAYUMI TACHIBANA

Departamento de Estatística / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 02 de março de 2018.

“Dedico este trabalho aos meus pais, à minha família
e aos queridos e próximos amigos”

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a Deus pelas benções que me concede.

À minha família, Mãe, Pai e irmãos pelo encorajamento diário, pelo incentivo.

Ao meu orientador Prof. Edmur Pugliesi, por estar ao meu lado durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos: Will, por ser companheiro e sempre me ajudar; Lorraine, por partilharmos moradia e conversas; Marcela e Cris, sempre presentes.

À Profa. Vilma Tachibana, pela contribuição estatística.

À Profa. Claudia Robbi, pelas considerações essenciais para a construção desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC), pela oportunidade de cursar o mestrado.

Aos discentes, docentes e funcionários do PPGCC.

Às pessoas que participaram dos experimentos.

Àqueles que de alguma forma colaboraram com o trabalho.

“O que muda não é a diferença.

São os olhos...”

(Rubem Alves, 1987)

RESUMO

Os mapas de fluxo representam a intensidade e a direção de um fenômeno no espaço. Variações na espessura de linhas, diferentes padrões de setas para transmitir direção, bem como diferentes cores (ordenadas ou não) podem ser utilizadas em sua composição. No entanto, algumas variações de matiz, brilho e saturação podem não ser adequadas a usuários com Deficiência na Visão de Cores (DVC), popularmente conhecidos como ‘daltônicos’. Com alguns cuidados, é possível utilizar cores acessíveis aos daltônicos e às pessoas com Visão Normal de Cores (VNC) em um único projeto de mapas. Ainda, o fenômeno de fluxo é dinâmico e possui a característica de deslocamento ao longo de trajetórias. Logo, as variáveis visuais dinâmicas também podem ser empregadas (ex.: para indicar a direção do fluxo). Até o momento, ainda são desconhecidas pesquisas acerca do projeto e avaliação da variável visual cor (valor) juntamente com variáveis dinâmicas em mapas lidos por pessoas daltônicas ou não. Para tanto, este trabalho visa avaliar a usabilidade (eficácia, eficiência e nível de satisfação) e a carga mental de trabalho subjetiva global (técnica NASA-RTLX) de mapas de fluxo de veículos estáticos e dinâmicos com cores ordenadas, os quais são percebidos por pessoas com VNC e pessoas com DVC. Oito mapas estáticos de fluxo de veículos foram produzidos, esses mapas posteriormente receberam recursos para torna-los dinâmicos. Em um experimento, pessoas com VNC e pessoas com DVC selecionaram rotas entre símbolos de origem e destino nos mapas produzidos, bem como desenharam essas rotas em mapas de papel. Uma área na cidade de Presidente-Prudente (escala 1:5000) apoiou o projeto dos mapas, exibidos em um *tablet* de 7”. Os resultados dessa pesquisa indicam que as pessoas com VNC e DVC obtiveram taxa de acertos (eficácia) semelhante para os mapas estáticos e dinâmicos. Conclui-se que as cores utilizadas nos mapas foram legíveis aos diferentes tipos de visão de cores. No entanto, as pessoas com VNC selecionaram as rotas mais rapidamente (mais eficientes) em comparação àquelas com DVC. Ainda, as pessoas com VNC foram mais rápidas quando fizeram uso de mapas dinâmicos, já as pessoas com DVC foram mais rápidas com os mapas estáticos. As pessoas com VNC também apresentaram maior carga cognitiva para o uso de mapas estáticos, enquanto as pessoas com DVC apresentaram maior carga cognitiva no uso de mapas dinâmicos. Contudo, os mapas dinâmicos apresentaram maior nível de satisfação por ambos os grupos de visão de cores. Recomenda-se o estudo de diferentes variações de símbolos estáticos e dinâmicos, além de outras cores, para representar o fluxo de veículos. Sobretudo, para as pessoas daltônicas.

Palavras-Chave: Mapas de Fluxo de Veículos; Percepção Visual; Usabilidade; Símbolos Estáticos e Dinâmicos; Daltonismo.

ABSTRACT

Flow maps represent the intensity and direction of a phenomenon in space. Variations in the thickness of lines, different patterns of arrows to convey direction, as well as distinct colors (ordered or not) can be used in their composition. However, some variations in hue, brightness, and saturation may not be appropriate for users with Color Vision Deficiency (CVD), popularly known as 'color blind'. With some care, it is possible to use colors accessible to color blind people and people with Normal Color Vision (NCV) in a single map project. Still, the flow phenomenon is dynamic and has the characteristic of displacement along trajectories. Therefore, dynamic visual variables can also be used (eg. to indicate the direction of flow). To date, research on the design and evaluation of the visual color variable (value) is still unknown along with dynamic variables on maps read by people who are blind or not. In order to do so, this work aims to evaluate the usability of static and dynamic vehicle flow maps with ordered colors, which are perceived by people with NCV and people with CVD. Eight static vehicle flow maps were produced, these maps were subsequently given the resources to make them dynamic. In one experiment, people with NCV and people with CVD selected routes between source and destination symbols on the maps produced, as well as designed these routes on paper maps. An area in the city of Presidente-Prudente (1: 5000 scale) supported the design of the maps, displayed on a 7 "tablet. The usability (efficacy, efficiency and level of satisfaction) and the global subjective mental load (NASA-RTLX technique) of these maps were evaluated. People with NCV and CVD obtained similar hit rates (efficacy) for the static and dynamic maps in the experiment. However, people with NCV have selected routes faster (more efficient) compared to those with CVD. Still, people with NCV were faster when using dynamic maps, since people with CVD were faster with static maps. People with NCV also had a higher cognitive load for the use of static maps, while people with CVD had a higher cognitive load in the use of dynamic maps. However, the dynamic maps presented higher levels of satisfaction by both groups of color vision. It is concluded that the colors used in the maps were readable to the distinct types of color vision. It is recommended to study different variations of static and dynamic symbols, in addition to other colors, to represent the flow of vehicles. Especially for colorblind people.

Keywords: Vehicle Flow Maps; Static and Dynamic Symbols; Daltons; Usability;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Teoria das cores aditivas e subtrativas.	17
Figura 2 - Modelo de cores RGB.	18
Figura 3 - Modelo de cores HSV.	19
Figura 4 - Percepção de cores de acordo com o tipo de visão de cores.	20
Figura 5 – Representação das vias e quadras	37
Figura 6 – Representação das vias, quadras e sentido das vias locais	38
Figura 7 – Representação das vias, quadras, sentido das vias locais e toponímias	39
Figura 8 – Representação das vias, quadras, sentido das vias locais, toponímias e símbolos de rota	40
Figura 9 – Mapa após a inserção das classes de fluxo de veículos.	43
Figura 10 – Esquema de construção dos mapas de fluxo de veículos.	48
Figura 11 – Representação 01 (Rep_01) percebida por tricromatas e dicromatas.	49
Figura 12 – Representação 02 (Rep_02) percebida por tricromatas e dicromatas.	49
Figura 13 – Representação 03 (Rep_03) percebida por tricromatas e dicromatas.	50
Figura 14 – Representação 04 (Rep_04) percebida por tricromatas e dicromatas.	50
Figura 15 – Representação 05 (Rep_05) percebida por tricromatas e dicromatas.	51
Figura 16 – Representação 06 (Rep_06) percebida por tricromatas e dicromatas.	51
Figura 17 – Representação 07 (Rep_07) percebida por tricromatas e dicromatas.	52
Figura 18 – Representação 08 (Rep_08) percebida por tricromatas e dicromatas.	52
Figura 19 – Exemplo da rota desenhada por um dos participantes.	68
Figura 20 - CMT subjetiva para os grupos de participantes e para os tipos de mapas.	73
Figura 21 - CMT subjetiva dos grupos de participantes para os tipos de mapas.	74
Figura 22 – Nível de satisfação pelas representações percebidas por tricromatas e dicromatas.	76
Figura 23 - Mapa 1 – Vias com linhas horizontais e verticais- Rota 1.	94
Figura 24 - Mapa 2 – Vias com linhas inclinadas - Rota 4.	94
Figura 25 - Mapa 3 - Vias com linhas horizontais e verticais - Rota 3.	95
Figura 26 - Mapa 4 - Vias com linhas inclinadas - Rota 2.	95
Figura 27 - Mapa 5 - Vias com linhas horizontais e verticais - Rota 4.	96
Figura 28 - Mapa 6- Vias com linhas inclinadas - Rota 1.	96
Figura 29 - Mapa 7 - Vias com linhas horizontais e verticais - Rota 2.	97
Figura 30- Mapa 8 - Vias com linhas inclinadas - Rota 3.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva e teste de normalidade para a escolha da rota.....	63
Tabela 2 - Estatística descritiva e teste de normalidade: tempo para seleção da rota.....	66
Tabela 3 - Partes corretas da rota desenhada	69
Tabela 4 - Carga Mental de Trabalho Subjetiva Global	72
Tabela 5 - Nível de satisfação por tipos de mapas	75
Tabela 8 - Tempo de resposta para a escolha da rota.....	108
Tabela 9 - Número de acertos para o desenho da rota	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Efetividade da percepção de variáveis visuais.....	23
Quadro 2 - Definições das sete dimensões do NASA RTLX.	31
Quadro 3 - Direção das rotas.....	41
Quadro 4 - Percepção visual das classes de fluxo por diferentes categorias de visão de cores.	42
Quadro 5 - Especificação do projeto cartográfico para o mapa de fluxo.....	45
Quadro 6 - Conjunto 01 de apresentação de mapas	60
Quadro 7 - Conjunto 02 de apresentação de mapas	60
Quadro 8 - Respostas dos participantes para a escolha da rota.....	108
Quadro 9 - Nota e comentários para a satisfação por tipos de mapas.....	109

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Delimitação do problema.....	2
1.2. Objetivos.....	6
1.3. Justificativa.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1. Processamento da Informação Visual.....	9
2.1.1. Cognição.....	10
2.1.2. Memória.....	10
2.2. Mapa Cognitivo e Seleção de Rota.....	12
2.2.1. Elementos de um Mapa Cognitivo.....	13
2.2.2. Decisões sobre Seleção de Rota.....	14
2.3. Percepção de Cores.....	15
2.3.1. Modelos de Especificação de Cores.....	16
2.3.2. Deficiência na Visão de Cores e Simuladores de Visão de Cores.....	19
2.4. Mapas Estáticos e Mapas Dinâmicos.....	21
2.4.1. Variáveis Visuais Estáticas e as Propriedades Perceptivas.....	22
2.4.2. Variáveis Visuais Dinâmicas.....	24
2.4.3. Recomendações para Produção de Símbolos Dinâmicos.....	25
2.5. Avaliação da Percepção Visual de Cores e Símbolos Dinâmicos em Mapas.....	27
2.5.1. Avaliação de Usabilidade.....	30
2.6. Percepção de Mapas de Fluxo de Veículos por Dicromatas e Tricromatas.....	32
3. PROJETO E PRODUÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES DE FLUXO.....	34
3.1. Projeto de Composição Geral dos Mapas de Fluxo de Veículos.....	35
3.2. Projeto Gráfico.....	36
3.3. Projeto dos Símbolos Dinâmicos.....	46
3.4. Mapas de Fluxo de Veículos e Análise da Percepção Visual do Projeto de Cores.....	47
4. EXPERIMENTO.....	53
4.1. Documentação para Avaliação dos Mapas.....	53
4.2. Participantes.....	55
4.3. Procedimento.....	57
4.4. Extração e Organização dos Dados.....	61
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	62
5.1. Taxa de Acertos para a Tarefa de Seleção de Rotas.....	63
5.2. Tempo de Resposta para a Tarefa de Seleção de Rotas.....	65
5.3. Número de Acertos para a Tarefa de Desenho de Rota.....	68
5.4. Carga Mental de Trabalho Subjetiva.....	71
5.5. Nível de Satisfação por tipos de Representações Estáticas e Dinâmicas.....	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNDICE A- Mapa de fluxo de veículos sob a percepção dos tricromatas e dicromatas.....	89
APÊNDICE B- Projeto dos Mapas de Fluxo de Veículos.....	94
APÊNDICE C- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	98
APÊNDICE D- Questionário de Caracterização do Participante.....	100
APÊNDICE E- Roteiro da Experimentação.....	101
APÊNDICE F- Manual de Símbolos do Mapa de Fluxo de Veículos.....	102

APÊNDICE G- Questionário de Avaliação do Experimento	104
APÊNDICE H- Respostas dos Participantes	107
APÊNDICE I- Respostas dos Participantes para os Experimentos	108
ANEXO A- Placas do Teste de Ishihara	110

1. INTRODUÇÃO

Os mapas de fluxo representam o movimento linear entre diferentes localizações (SLOCUM *et al.*, 2009). Esses mapas podem ser representados por padrões distintos, dentre os quais: radial; contínuo; rede; telecomunicações; e distribuído. Utilizam variação na espessura das linhas para representar dados quantitativos, além de outras variáveis visuais para dados qualitativos ou sequenciais (SLOCUM *et al.*, 2009). No caso de dados quantitativos, a percepção visual de hierarquia entre as classes de fluxo fica transcrita pela variável visual que seja capaz de transmitir ordem (MARTINELLI, 1998; SLOCUM *et al.*, 2009; HARROWER; BREWER, 2011).

Caso as relações entre os objetos ou conceitos sejam de ordem, a cor também permite criar classes que expressem fluxo ordenado (DENT *et al.*, 2009). A representação de classes de fluxo pode acontecer por meio do emprego das componentes da cor (matiz, saturação e valor), considerando a propriedade de percepção ordenada (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). Nesse sentido, as recomendações de mapeamento coroplético podem ser utilizadas para determinar o número de classes no mapa, bem como no projeto gráfico da representação do fluxo (SLOCUM *et al.*, 2009; MUEHLENHAUS, 2014).

A percepção visual de ordem pode ser transmitida por um único matiz ou por vários (DENT *et al.*, 2009; HARROWER; BREWER, 2011). Para o caso em que um único matiz é utilizado, tons claros representam valores baixos e tons escuros representam valores altos (HARROWER; BREWER, 2011). Para representar relações de ordem com o uso de mais de um matiz, os matizes verde, amarelo e vermelho (com variações de brilho e saturação) têm sido utilizados para representar diferentes intensidades de tráfego, como livre, moderado e pesado, respectivamente (DENT *et al.*, 2009).

Vários sistemas cartográficos tornaram-se ferramentas úteis para definir e indicar rotas para tarefas navegação, tanto nas versões móvel quanto escritório (DONG *et al.*, 2012). Esses sistemas também apresentam outras informações sobre o trânsito, como acidentes, obstruções, o

fluxo de veículos nas vias, etc. Para representar o fluxo de veículos, o esquema de cores policromático pode ser visto nos mapas *Google Maps*, *MapLink* e *Waze* (AMORIM; PUGLIESI, 2017; PEDROSA *et al.*, 2016). Por exemplo, o mapa da *Waze* utiliza o esquema de matizes amarelo, laranja e vermelho (claro e/ou escuro) para representar classes com diferentes intensidades de fluxo de veículos, no modo de implantação linear. Além do mais, há símbolos pontuais que se deslocam sobre as linhas (AMORIM; PUGLIESI, 2017).

Segundo uma revisão de literatura realizada por Pugliesi *et al.* (2013), para o contexto de Sistemas de Navegação e Guia de Rota (SINGRA), as avaliações da usabilidade das interfaces têm sido realizadas na cartografia por meio da aplicação de métodos de fatores humanos e ergonômicos. Segundo os autores, o desempenho na leitura dos símbolos em mapas pode ser avaliado por meio de medidas de usabilidade, tais como eficácia, eficiência e satisfação. Nesse contexto, os métodos de avaliação podem estar relacionados aos fatores: físicos e psicofisiológicos do usuário; cognitivos e comportamentais (organizados em: geral; do erro; da tarefa cognitiva; e da carga mental de trabalho); e do contexto do ambiente. Visto que os mapas de fluxo de veículos atualmente também estão presentes em SINGRA, a abordagem apresentada por Pugliesi *et al.* (2013) pode ser utilizada para avaliar esses mapas.

1.1. Delimitação do problema

Tradicionalmente, a variável visual denominada de tamanho tem sido utilizada para representar a magnitude do fluxo de veículos (SLOCUM *et al.*, 2009; DENT *et al.*, 2009). Entretanto, quando se trata de dispositivos móveis, representar o fluxo de veículos com a indicação dos dois sentidos na via, por meio da variação de espessura na linha, pode se tornar inviável devido à falta de espaço disponível. A espessura da linha pode comprometer a legibilidade dos demais símbolos cartográficos, obstruindo a representação das próprias vias e suas junções. Uma alternativa à substituição da variável visual tamanho tem sido apresentada pela utilização da variável visual cor para hierarquizar as classes de fluxo em mapas.

A representação dos dados quantitativos por meio de cores para remeter à percepção da variável visual valor requer a ponderação das dimensões da cor (matiz, brilho e saturação) (HARROWER; BREWER, 2011). Em particular, os diferentes matizes podem não codificar facilmente uma hierarquia visual para pessoas com visão normal de cores (BERTIN, 1983; OLSON; BREWER, 1997; MACEACHREN, 2005; SLOCUM *et al.*, 2009). Sob outra perspectiva, tratando-se de diferentes visões de cores, o valor é uma variável visual que pode ser percebida por pessoas que possuem qualquer deficiência na visão de cores (OLSON; BREWER, 1997). No entanto, essa variável possui potencialidade para ser interpretada equivocadamente por esses indivíduos, caso utilizada de maneira inadequada (OLSON; BREWER, 1997; AMORIM; PUGLIESI, 2017).

As tarefas de detecção e discriminação de cores em mapas podem ser complexas para os daltônicos, logo, deveriam ser consideradas em projetos cartográficos (MACEACHREN, 2005). Segundo Atchison *et al.* (2003), as pessoas com deficiência na visão de cores podem apresentar tempos de reação mais longos e cometer mais erros quando respondem aos sinais coloridos, quando comparadas às pessoas com visão normal de cores. Em contrapartida, o uso efetivo de mapas coloridos por daltônicos pode ser possível com o processo de ajuste de cores em mapas (OLSON; BREWER, 1997; JENNY; KELSO, 2007a; JENNY; KELSO, 2007b). Com isto, um mapa colorido pode ser elaborado com a escolha de cores adequadas, considerando as características perceptivas dos indivíduos e as propriedades perceptivas das variáveis visuais (OLSON; BREWER, 1997). Caso seja concebido um único projeto de cores para mapas, o mesmo pode possuir características perceptivas de cores abrangentes às diferentes categorias de visões de cores.

Investigações científicas sobre projeto cartográfico vêm sendo desenvolvidas para atender tanto às pessoas com visão normal de cores, quanto às pessoas com deficiência na visão de cores (JENNY; KELSO, 2007a; JENNY; KELSO, 2007b; PUGLIESI; DECANINI, 2011; CULP,

2012; KROGER *et al.*, 2013; DONG *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2014; PEDROSA *et al.*, 2016; AMORIM; PUGLIESI, 2017). Durante o processo de navegação em mapas, compreender determinados símbolos cartográficos pode ser uma tarefa complexa para pessoas com deficiência na visão de cores (MACEACHREN, 2005; PUGLIESI; DECANINI, 2011). Até o momento, poucos estudos investigaram a maneira mais apropriada de representar fluxo direcionado de veículos em mapas de fluxo com a utilização de cores, tanto para pessoas com visão normal de cores (DONG *et al.*, 2014), quanto para pessoas com deficiência na visão de cores (PEDROSA *et al.*, 2016; AMORIM; PUGLIESI, 2017).

Segundo Bertin (1983), um bom mapa temático não deveria envolver mais de uma variável visual, além da localização. Embora o valor seja apontado como uma boa variável para simbolizar dados ordinais em múltiplas aplicações (DOBSON 1983; MACEACHREN 1995), Dobson (1983) apontou que o uso de valor como a única variável visual do mapa pode apresentar baixo desempenho (eficácia e eficiência). A partir dos recentes avanços tecnológicos, é possível encontrar mapas de fluxo de veículos que utilizam a variável visual cor valor combinada com símbolos em movimento (AMORIM; PUGLIESI, 2017). As informações de cores e de movimento em símbolos dinâmicos são processadas separadamente pelo sistema visual humano (GHANDI *et al.*, 1999; BARTRAM; WARE, 2002; DUKACZEWSKI, 2014). Ainda, o processamento da informação visual de símbolos em movimento pode ser facilitado pelo uso da cor (DOBKINS; ALBRIGHT, 1993; BARTRAM; WARE, 2002; BARTRAM *et al.*, 2003).

Em comparação com os mapas estáticos, os mapas dinâmicos sempre foram complexos de produzir, o projeto de símbolos dinâmicos requer uma atenção especial (HARROWER, 2004). As dificuldades envolvidas na produção de mapas dinâmicos podem estar relacionadas tanto com a tecnologia envolvida (*softwares* e mídia de apresentação), quanto com o entendimento do processamento da informação visual dinâmica. O projeto de símbolos dinâmicos

carece das capacidades em tornar as mudanças visivelmente discerníveis e facilmente compreensíveis para o leitor (RENSINK, 2002).

As informações percebidas nos componentes dinâmicos podem representar mudanças ao longo do tempo. Logo, os usuários podem levar mais tempo para compreender seu significado. Durante esse processo de entendimento da informação dinâmica, mais conceitos podem ser adquiridos e retidos na memória quando comparados à informação estática (VAN MERRIËNBOER; AYRES, 2005; LIN; ATKINSON, 2011; OPACH *et al.*, 2014). Patton e Cammack (1996) avaliaram a eficácia e eficiência de mapas coropléticos (variável visual cor valor) estáticos e dinâmicos. Nesse estudo, ambas as medidas avaliadas apresentaram desempenho favorável para o uso dos mapas dinâmicos.

A animação deveria ser utilizada somente para atrair a atenção do leitor ou para transmitir um processo (representação de uma etapa a ser realizada pelo usuário) (DILLON 2006). Os símbolos dinâmicos em mapas, muitas vezes, podem desviar a atenção, distrair ou irritar o leitor, além de ofuscar as manifestações visuais estáticas (BERTIN, 1983; BARTRAM *et al.*, 2003; DUKACZEWSKI, 2014). Estudos psicológicos mencionam os recursos da simbologia dinâmica capazes de dominar o processamento da informação visual, além de servirem como um recurso de pré-atenção capaz de orientar a visão ou a atenção do leitor (LOWE, 1999; WOLFE; HOROWITZ, 2004; WOLFE, 2005). A orientação de atenção é um meio para melhorar o processamento cognitivo e promover a compreensão dos símbolos dinâmicos (LOWE, 1999; FISCHER; SCHWAN, 2009).

Johnson e Nelson (1998) avaliaram mapas de fluxo de veículos, estáticos (impressos e digitais) e dinâmicos, com o emprego da variável visual tamanho. No experimento, participantes foram solicitados a estudar os mapas e memorizar dois tipos de informação: dados de quantidade em locais especificados nos mapas e padrões de tendência que ocorreram nos mapas. Nessa avaliação, não foram encontradas diferenças na eficácia (taxa de acerto para memorização)

das respostas para os diferentes tipos de mapas. No entanto, os pesquisadores encontraram uma diferença significativa no tempo de resposta (eficiência). Os sujeitos que visualizaram os mapas de fluxo de veículos dinâmicos responderam mais rápido do que aqueles que visualizaram os mapas de fluxo estático (JOHNSON; NELSON, 1998).

Estudos sobre mapas de fluxo de veículos com representação de classes ordenadas por meio do emprego de cores e movimento ainda são desconhecidos, sobretudo quando considerada a percepção visual de daltônicos. No entanto, alguns mapas de fluxo de veículos fazem o uso desse esquema de representação dos dados, como o *Waze*. Ainda, com o avanço da tecnologia, a utilização de símbolos animados em mapas pode se tornar cada vez mais recorrente. Com a finalidade de investigar a percepção visual de pessoas com ou sem deficiência na visão de cores na utilização de linhas de fluxo coloridas estáticas ou dinâmicas, este trabalho busca responder à seguinte questão: “Quais tipos de representações (estáticas ou dinâmicas) apresentam maior usabilidade por pessoas com ou sem deficiência na visão de cores?”.

Presume-se que a utilização de mapas estáticos ou de mapas dinâmicos para a tarefa de planejamento de rota não terá diferença na eficácia entre os dois grupos de pessoas com diferentes visões de cores. Além do mais, os mapas que apresentarem dinamicidade nas setas para indicar a direção do fluxo de veículos serão mais eficazes do que os mapas estáticos. No entanto, a leitura dos mapas com representações dinâmicas pode requerer maior tempo, ou seja, menor eficiência.

1.2. Objetivos

O objetivo desta pesquisa é avaliar a usabilidade de mapas que representam fluxo direcionado de veículos junto à dois grupos de pessoas, um que possui deficiência na visão de cores e outro com visão normal de cores. Os objetivos específicos são:

- Projetar e produzir mapas de fluxo de veículos com símbolos estáticos;

- Projetar e produzir mapas de fluxo de veículos com símbolos dinâmicos;
- Analisar e comparar o desempenho de pessoas com e sem deficiência na visão de cores em tarefas de leitura dos mapas;
- Analisar e comparar a usabilidade, a carga mental de trabalho subjetiva e a satisfação pelos mapas.

1.3. Justificativa

Os mapas de fluxo de veículos podem ser utilizados por motoristas que estão no trânsito ou que estão planejando sua rota. Com o aumento da frota de veículos, é cada vez mais recorrente a demanda por informações de fluxo de veículos nas vias, visto o surgimento de engarrafamentos e trânsitos mais lentos nas cidades. Alguns mapas de fluxo de veículos são exibidos em mídias digitais, tanto para *desktop* quanto para *smartphone* (DONG *et al.*, 2014; PEDROSA *et al.*, 2016; AMORIM; PUGLIESI, 2017). Exemplos de mapas que utilizam dados atualizados de fluxo de veículos são oferecidos pelas empresas *Google (Google Maps)*, *Waze* e *Maplink* (AMORIM; PUGLIESI, 2017). Esses mapas disponibilizam informações sobre o tráfego e eventos que estão ocorrendo no trânsito (ex.: acidentes, obstruções, etc.).

O conhecimento acerca da localização geográfica do fluxo de veículos em mapas permite ao motorista realizar um novo planejamento de rota, além de auxiliar um planejador e/ou gestor urbano que esteja interessado na organização do território (DONG *et al.*, 2012). O número de componentes de exibição no mapa não pode ser ilimitado, pois a limitação dos recursos cognitivos e perceptivos do usuário devem ser levados em conta (OPACH *et al.*, 2014). As recomendações para simbolização de mapas estáticos são detalhadas em textos na área da Cartografia (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009).

Pesquisadores apontam que é necessário avaliar a usabilidade, a comunicação cartográfica e a atenção requerida em mapas dinâmicos quando comparados a mapas estáticos

(GRIFFIN *et al.*, 2006; HARROWER, 2007; LOWE; BOUCHEIX, 2010; OPACH *et al.*, 2014). Os estudos acerca de simbologia dinâmica pode considerar as seguintes abordagens: produção dos símbolos; avaliações cognitivas (percepção de cor e movimento em relação das diferentes categorias de visões de cores); comparação de métodos de representação (mapas estáticos e dinâmicos), avaliação das ferramentas do mapa (ex.: interação); avaliação do contexto e do conteúdo da informação; avaliação da retenção de conhecimentos (BLOK; KÖBBEN, 1998; FABRIKANT; GOLDSBERRY, 2005; GRIFFIN *et al.*, 2006; HARROWER, 2007; HARROWER; FABRIKANT, 2008; PEDROSA *et al.*, 2016; AMORIM; PUGLIESI, 2017).

Como Fabrikant e Goldsberry (2005) apontam, o desafio é entender como os símbolos dinâmicos são diferentes, sobretudo, para representar os diferentes tipos de dados possíveis, para serem lidos pelos diferentes tipos de usuários e para realizar as mais variadas tarefas de leitura. Vários modelos descrevendo o processo de comunicação cartográfica têm sido sugeridos, embora cada um apresente diferença em nível de complexidade. Contudo, todos parecem descrever as partes básicas, dentre as quais: o fenômeno do mundo real; a concepção do fenômeno pelo cartógrafo; o *design* e a simbolização de um mapa com base na concepção do cartógrafo; a percepção e a interpretação do leitor do mapa (MACEACHREN, 1995; MONTELLO, 2002).

Os mapas coloridos de fluxo de veículos nas vias podem ser projetados de maneira estática ou dinâmica (AMORIM; PUGLIESI, 2017). Esses mapas podem favorecer na economia de combustível de veículos, menor tempo de viagem entre trajetos, redução de estresse e aumento da qualidade de vida (DONG *et al.*, 2012). Para tanto, torna-se necessário que a representação para fluxo seja adequada na transmissão da informação ao maior número de usuários possíveis de maneira que comunique com rapidez e precisão informações importantes ao usuário do mapa. Logo, o projeto dos mapas carece de atenção quanto aos seus aspectos perceptivos, tanto para os símbolos estáticos quanto para os símbolos dinâmicos. Sobretudo, para que possam atender às pessoas com diferentes tipos de visão de cores.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Processamento da Informação Visual

O projeto cartográfico de um mapa pode ser concebido em função das capacidades e limitações perceptivas e cognitivas das pessoas. A tarefa de leitura do mapa é influenciada pelos processos cognitivos utilizados durante a interpretação da informação presente no mapa, bem como pelo tipo de informação existente na memória do indivíduo (MORRISON, 1974). Uma vez que o objetivo da representação cartográfica é apresentar o mundo real por meio de símbolos, a complexidade do mapa influencia o processamento da informação visual (ROBINSON *et al.*, 1995; DENT *et al.*, 2009).

A leitura de uma imagem visual acontece a partir da detecção, discriminação e identificação. A detecção é a habilidade de notar a presença de alterações no ambiente visto, a discriminação permite diferenciar o que é visto, já na identificação acontece o reconhecimento dos estímulos (MACEACHREN, 2005). O processamento da informação visual pode ser explicado por meio de um modelo de etapas, o qual é utilizado para descrever processos relacionados à memória humana (PETERSON, 1995).

O modelo de etapas envolve os registros na memória utilizados para caracterizar quantidades de informações distintas e limitadas, com diferentes características de processamento, armazenamento e tempo de retenção na memória (PETERSON, 1995; PUGLIESI *et al.*, 2013). Nas etapas de detecção e discriminação de um estímulo visual, a atenção é o elemento que determina a decisão do indivíduo em focar ou não determinados os objetos em uma cena (WICKENS *et al.*, 2004). Diante disso, assume-se que não há percepção se não houver atenção.

A atenção pode ser classificada em seletiva e em dividida. A atenção seletiva é caracterizada por priorizar um estímulo e ignorar os outros (WICKENS *et al.*, 2004; MACEACHREN, 2005). A atenção dividida é caracterizada por priorizar dois ou mais estímulos ao mesmo tempo, de modo a serem processados em paralelo (MACEACHREN, 2005; CYBIS *et al.*,

2010). As teorias da psicologia cognitiva, relacionadas ao processamento da informação visual, permitem entender como o reconhecimento de padrões funciona por meio dos processos da memória (PETERSON, 1995; WICKENS *et al.*, 2004; PUGLIESI *et al.*, 2013).

2.1.1. Cognição

A cognição pode ser definida como um processo de obtenção de conhecimento a partir de objetos ou ambientes. Os processos cognitivos se dão por meio de uma série de fatores, dentre os quais se destacam a percepção, descoberta, reconhecimento, imaginação, julgamento, memorização, conhecimento e fala (DOWNS; STEA, 1977; PETERSON, 1995). As pessoas adquirem, codificam, armazenam, decodificam e usam a informação proveniente dos processos cognitivos e utilizam para realizar tarefas de navegação (GOLLEDGE, 1999).

Compreender as interações das pessoas com o ambiente, bem como verificar os processos psicológicos envolvidos na reação do ser humano ao ambiente à sua volta, permite compreender o processo de aquisição de informação (sensação e percepção), a organização interna (percepção e cognição), o armazenamento na memória e a recuperação dessas memórias para utilização da informação (GOLLEDGE, 1999).

2.1.2. Memória

A memória é responsável pelo armazenamento da informação, contudo, faz parte do processo de cognição. O processamento cognitivo de retenção da informação visual pode ser classificado em três tipos, relacionados aos tipos de memória que o ser humano possui (PETERSON, 1995). Os tipos de memória são: icônica (relacionados à informação visual); de curta duração ou de trabalho; e de longa duração (PETERSON, 1995; WICKENS *et al.*; 2004; CYBIS *et al.* 2010).

A memória icônica (ou registro sensorio) é responsável por captar os estímulos e encaminha-los para uma estrutura de processamento que realiza o reconhecimento de informações

(PETERSON, 1995; WICKENS *et al.*, 2004; CYBIS *et al.*, 2010). O tempo que a informação é mantida ativa na memória icônica depende, também, da natureza do estímulo percebido (CYBIS *et al.*, 2010). No caso da percepção de um estímulo visual, o tempo necessário para iniciar o processo de reconhecimento e recuperar a informação na memória é da ordem de 500 milissegundos (PETERSON, 1995; ROYDEN *et al.*, 2001). A função da memória icônica é facilitar a extração e análise das características da mensagem, de maneira que as informações, cujas características são condizentes ao interesse do observador, ou que atraíam sua atenção, sejam selecionadas para serem processadas em uma estrutura de memória mais elaborada, denominada de memória de trabalho (CYBIS *et al.*, 2010).

A memória de trabalho é relacionada a um conjunto de registros especializados que relaciona informações de natureza distintas, como visual, sonora e tátil. Estes registros são coordenados por um processador ou executor central, o qual atua como um sistema de controle da atenção (WICKENS *et al.*, 2004; CYBIS *et al.*, 2010; PUGLIESI *et al.*, 2013). A função da memória de trabalho é relacionar as informações recebidas da memória icônica com as informações contidas na memória de longa duração (WICKENS *et al.*, 2004; PUGLIESI *et al.*, 2013). Na memória de trabalho, o tempo de retenção das unidades de informação é limitado. O limite máximo da capacidade de armazenamento é compreendido como sendo aproximadamente 7 ± 2 unidades de informação e que permanece entre cinco e trinta segundos. Após esse tempo, a maioria das informações podem ser perdidas ou esquecidas (WICKENS *et al.*, 2004; IIDA, 2005).

A memória de trabalho pode ser compreendida no contexto de três componentes básicos, responsáveis pela manutenção do funcionamento da informação na memória de trabalho, sendo: um componente de execução central (sistema de controle da atenção); um fichário de esboço visuoespacial (armazena a informação de maneira similar a uma forma espacial e ao mesmo tempo em que é utilizada); e um circuito fonológico (representa a informação verbal, na forma acústica (WICKENS *et al.*, 2004; IIDA, 2005; PUGLIESI *et al.*, 2013).

A memória de longa duração possui grande capacidade de armazenamento, e o tempo de retenção da informação pode levar muitos anos (WICKENS *et al.*, 2004; IIDA, 2005; CYBIS *et al.*, 2010; PUGLIESI *et al.*, 2013). As experiências e conhecimentos de um indivíduo estão localizados na memória de longa duração. Logo, a capacidade de armazenamento da memória de longa duração pode ser de muitos anos (IIDA, 2005). As unidades de informações não são retidas na memória de longa duração como itens aleatórios e desconexos, mas inter-relacionados, e são estas conexões que favorecem a recuperação mais rápida dos elementos armazenados (WICKENS *et al.*, 2004; IIDA, 2005).

2.2. Mapa Cognitivo e Seleção de Rota

Segundo Lynch (1960), as pessoas constroem suas representações cognitivas em ambientes ainda desconhecidos, para assim, extrair as informações consideradas mais relevantes. Segundo MacEachren (2005), o conhecimento do espaço (mapa cognitivo) é essencial para as atitudes, tomadas de decisão e comportamento dentro dos lugares (para fins de navegação). Um mapa cognitivo pode incluir informações espaciais sobre o meio ambiente, o que inclui a caracterização de locais, rotas, localizações, distâncias e direções (DOWNS; STEA, 1977). Esse mapa contém as relações entre pessoa-objeto (representação egocêntrica) e objeto-objeto (representação alocêntrica), porém não é uma representação perfeita ou fotográfica do espaço físico.

As representações espaciais feitas pelos seres humanos são incompletas, propensas a erros e fornecem distorções ou fragmentações. Assim, existe variabilidade entre os mapas cognitivos de diferentes indivíduos (LYNCH, 1960; GOLLEDGE, 1997). No contexto espacial, os mapas cognitivos são adquiridos principalmente através de viagens e interação com sistemas viários (ruas, avenidas, rodovias, etc.), e consequentemente, influenciam a viagem (CYBIS *et al.*, 2010). Esses mapas afetam pelo menos quatro tipos de decisões: permanecer ou ir; donde ir; a rota a seguir; e como chegar lá (MONTELLO, 1997).

O conhecimento baseado em rotas pode ser considerado o tipo de conhecimento espacial mais básico (GOLLEDGE, 1999). O aprendizado de uma rota pode ser verificado por meio da possibilidade de um pessoa alguns processos, tais como: executar uma rota aprendida partindo do destino e chegando na origem (reversão da rota); desempenhar rotas de direção iguais em experimentos sucessivos; reconhecer locais quando são exibidas fotografias de uma rota; descrever verbalmente uma rota; criar um produto espacial (como um mapa de esboço ou modelo tridimensional) com base no conhecimento recuperado; indicar estimativa de direção entre locais reais ou imaginados na rota (GOLLEDGE *et al.*, 2000). Esses procedimentos podem ser divididos entre aqueles que requerem memorização e recuperação da rota escolhida, bem como aqueles que exigem atualização espacial para estimar a distância e a direção necessárias para retornar a algum local específico (GOLLEDGE *et al.*, 2000).

2.2.1. Elementos de um Mapa Cognitivo

Diferentes pessoas, ao navegarem por determinados ambientes, podem não se comportar da mesma maneira. As diferenças dessas pessoas na navegação podem estar relacionadas às diferenças no nível de conhecimento do ambiente, aos objetivos distintos que traçam ao navegar pelo ambiente, bem como às diferenças em habilidade espacial (GOLLEDGE *et al.*, 2000). Os elementos externos do ambiente apoiam os processos cognitivos na tarefa de navegação em ambientes urbanos. Assim, contribuem na formação do mapa cognitivo humano. Esses elementos podem ser aprendidos, experimentados e registrados de forma quantitativa e qualitativa por meio de geometrias de representação.

A estrutura geométrica do conhecimento é basicamente constituída por pontos (ex.: marcos ou pontos de referência), linhas (ex.: vias e rotas), nós (junções das linhas), áreas (ex.: regiões e bairros), volume ou superfície (ex.: ladeiras) (LYNCH, 1960; GOLLEDGE, 1999). Os pontos podem ser quaisquer características notáveis e relativamente estacionárias, os quais estão associados às informações como identidade, localização e domínio na hierarquia. As linhas podem

possuir vários recursos, tais como comprimento, nós de conexão, direcionalidade de pontos de referência, linearidade ou curvatura e montagens em redes e hierarquias. As áreas são usadas como dispositivos de classificação espacial bidimensional e ajudam a estabelecer hierarquias de escala. Ainda, as configurações dos marcos e das rotas estão contidas nas áreas. As superfícies ou volumes podem simplesmente representar a superfície física ou as características sociais e qualitativas de uma área (LYNCH, 1960; GOLLEDGE, 1999).

2.2.2. Decisões sobre Seleção de Rota

Segundo Burnett (1998), ao responder algumas questões básicas que envolvem a navegação, os objetivos do processo de elaboração de um sistema navegação são contemplados. Essas questões podem ser: “o quê?”, “quando?” e “como?”. A comunicação na navegação ocorre entre realidade geográfica, informação, mapa e usuário (MORITA, 1993). O processo de navegação envolve três fases ou componentes: seleção de rota, manutenção em rota e chegada ao destino (SHEMYAKIN, 1962 *apud* BOARD, 1978).

O processo de seleção de rota corresponde ao planejamento que se faz sobre qual caminho selecionar, entre uma origem e um destino, sem necessariamente envolver movimento ou locomoção (GOLLEDGE, 1999; LOVELACE *et al.*, 1999). A seleção de rota pode fazer uso do mapa cognitivo do indivíduo, em que a representação espacial da informação se encontra armazenada na memória de longa duração (GOLLEDGE, 1999). No contexto da tarefa de navegação em automóvel, a fase de seleção da rota é uma ‘tarefa estratégica’ (MICHON, 1985). Neste sentido, Morita (1993) afirma que as questões pertencentes a esta fase são: ‘Onde estou?’ e ‘Aonde pretendo chegar?’. Para selecionar a rota, um conjunto de informações são requeridas, as quais podem incluir condições de trânsito (ex.: bloqueios na pista e congestionamentos) e tempo estimado da viagem, etc. (BURNETT, 1998).

Segundo Golledge e Gärling (2004), muitos critérios podem ser utilizados para decidir na seleção de rota, dentre os quais se destacam as seguintes características: rotas mais longas

ou mais curtas, menos curvas, com menos semáforos e menos obstáculos, mais rápidas, mais seguras; evitando congestionamento, desvios, curvas à esquerda, interseções ortogonais, situações possivelmente negativas, exposição a trânsito pesado; de acordo com o congestionamento real ou percebido; garantindo que a locomoção permaneça dentro de um determinado corredor envolvendo uma conexão direta entre origem e destino; maximizando esteticamente; minimizando o esforço, o custo, o número de transferências intermodais.

2.3. Percepção de Cores

A percepção de cor pelos seres humanos pode ser explicada pela teoria tricromática e pela teoria da oponência de cores (SLOCUM *et al.*, 2009; GOLDSTEIN, 2010). A percepção de cores, quando decorrente da estimulação relativa dos três tipos de cones presentes na retina (células fotorreceptoras), pode ser explicada pela teoria tricromática (SLOCUM *et al.*, 2009). Por outro lado, a teoria da oponência de cores sugere a existência de três canais de cores oponentes: vermelho-verde, azul-amarelo e branco-preto (SLOCUM *et al.*, 2009).

A cor pode ser utilizada para destacar o significado de uma mensagem, agrupar objetos de uma mesma classe e estabelecer hierarquias visuais em um mesmo cenário (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). A seletividade de cores pode ser percebida em matizes puros ou matizes não saturados, conforme o propósito de sua utilização (MARTINELLI, 1991). As cores podem diferenciar feições no mapa para uma variedade de propósitos por meio da relação figura-fundo (DENT *et al.*, 2009).

A utilização da cor no projeto cartográfico trata de uma realidade sensorial presente na comunicação visual, além de atuar sobre a emoção humana (MARTINELLI, 1991). Um mapa pode oferecer diferentes planos de informação ao usuário. No entanto, o ser humano apresenta uma tendência natural de organizar a composição visual em figura e fundo (MACEACHREN, 1994; ROBINSON *et al.*, 1995). Segundo a Teoria da Gestalt, a unificação e a segregação devem ser consideradas na formação de figura-fundo (GOMES FILHO, 2000). A unificação busca a igualdade

de estímulo (agrupamento), enquanto que a segregação busca a desigualdade (contraste). Os princípios de segregação de figura-fundo podem ser utilizados para promover a hierarquia visual em símbolos cartográficos. Por consequência, o contraste entre as feições (por meio da cor) pode ser percebido (DENT *et al.*, 2009).

Os diferentes tipos de contraste de cor auxiliam o cartógrafo em projetos de mapas temáticos, dentre os quais podem ser destacados: contraste de matiz; contraste de valor/brilho; contraste de saturação; contraste simultâneo (DENT *et al.*, 2009). O emprego do contraste de matiz permite, além de efeitos de clareza e legibilidade, diferentes níveis de hierarquia visual entre os diversos tipos de feições presentes no mapa. Nesse caso, os matizes devem ser selecionados com cautela, tais como o vermelho, o laranja e o amarelo.

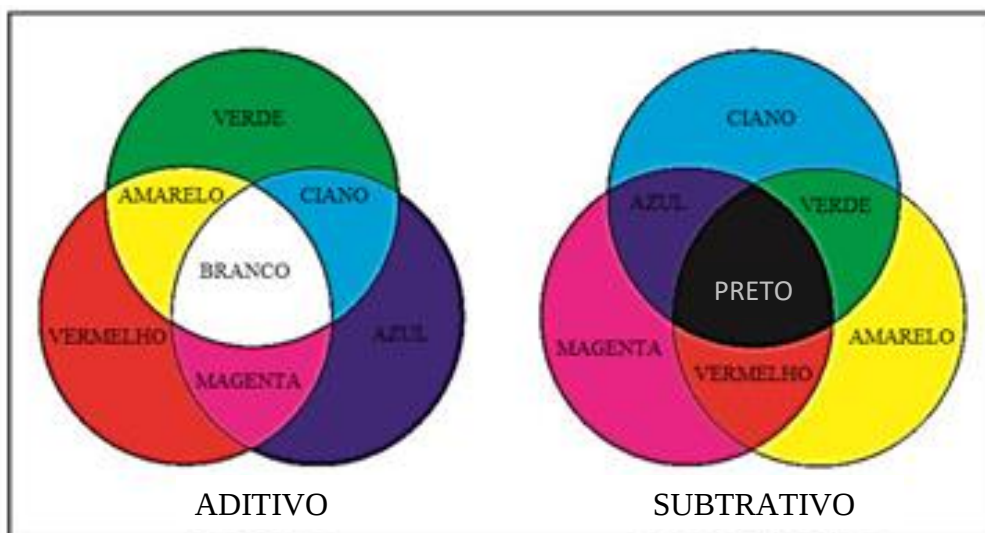
O contraste de valor/brilho estabelece a intensidade do contraste (ROBINSON *et al.*, 1995). No caso do contraste de saturação, as cores mais saturadas avançam e as menos saturadas recuam (DENT *et al.*, 2009). O contraste simultâneo está associado à cor percebida em uma determinada feição, que pode ser influenciada pela cor da feição vizinha. Sendo assim, o contraste simultâneo se baseia no princípio de que nenhuma cor tem valor por si só. Para tanto, um matiz pode ser acentuado, atenuado ou modificado pela influência das cores justapostas (DENT *et al.*, 2009).

2.3.1. Modelos de Especificação de Cores

Em concordância com maneira a qual uma cor é percebida, no computador ou no papel, duas teorias de cor podem ser aplicadas: teoria da cor aditiva e a teoria da cor subtrativa (Figura 1). A teoria da cor aditiva considera a composição da luz branca a partir de três cores primárias (vermelho, verde e azul), as quais não podem ser compostas por outras cores (DENT *et al.*, 2009). A partir da mistura das cores primárias em proporções iguais, as cores secundárias (ciano, amarelo e magenta) são formadas. Contudo, quando combinadas diferentes intensidades das cores primárias, é possível gerar qualquer número de outras cores (PETERSON, 2014). A teoria da

cor subtrativa não é baseada nas primárias aditivas de luz emitida, mas em tintas ou pigmentos sobre o papel. Essas tintas degradam os comprimentos de onda da energia que é incidida e subtraem a energia que está sendo absorvida pela tinta, refletindo a energia restante.

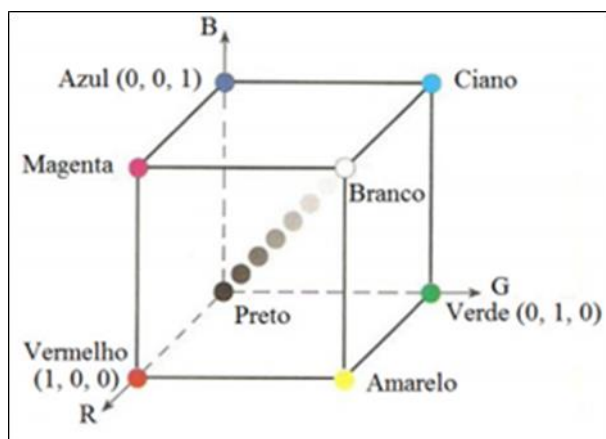
Figura 1 - Teoria das cores aditivas e subtrativas.



Fonte: Adaptado de Dent *et al.* (2009).

As cores podem ser dimensionadas por meio de modelos de especificação de cores (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). O modelo RGB (*Red, Green, Blue* ou Vermelho, Verde, Azul) descreve uma cor em particular em termos da intensidade de cada cor primária, numa escala de 0 a 1 ou entre uma escala definida, comumente adotada de 0 a 255 (PETERSON, 2014). Para tanto, a cor branca corresponde a intensidade máxima das três cores primárias (255, 255, 255), enquanto o preto corresponde à intensidade nula (0, 0, 0). Os três parâmetros do sistema RGB formam um espaço tridimensional em formato de cubo (Figura 2). De acordo com o cubo apresentado, as três cores primárias estão localizadas nas extremidades dos eixos (x, y, z), o preto está representado na origem dos eixos, enquanto o branco está na extremidade da diagonal em relação à origem (SLOCUM *et al.*, 2009).

Figura 2 - Modelo de cores RGB.

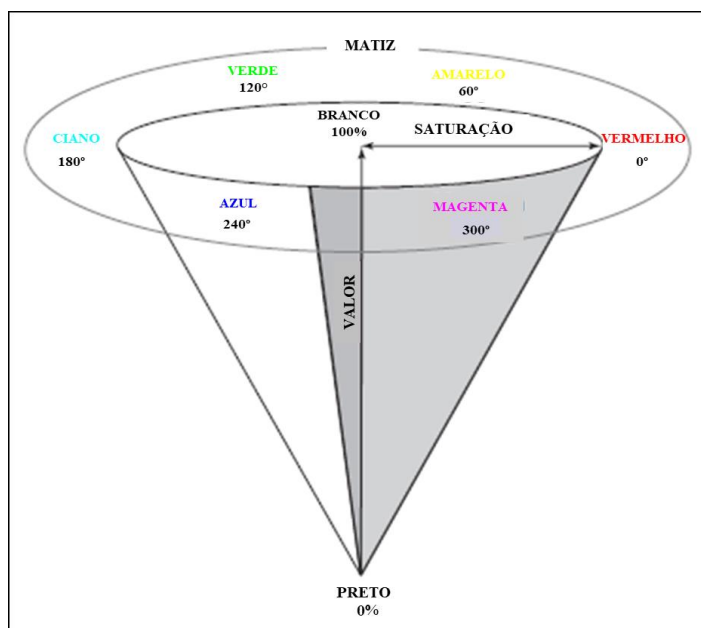


Fonte: Adaptado de Gonzalez e Woods (2010).

O modelo HSV (*Hue, Saturation, Value* ou Matiz, Saturação, Valor) refere-se às dimensões das cores e pode ser visualizado como um cone invertido (Figura 3) (DENT *et al.*, 2009). A borda da superfície superior do cone representa os matizes saturados, distribuídos em uma circunferência que varia de 0° a 360° . A saturação é indicada pela posição do eixo do cone até a cor pura e é mensurada em termos de porcentagem (PETERSON, 2014). Por fim, a direção vertical do cone indica o valor da cor, o qual varia do preto ao branco. O valor da cor é mensurado em porcentagem. Logo, caso a pigmentação ocorra sobre uma superfície branca, o preto possui valor 0% e o branco 100%.

Semelhantes ao modelo HSV, inserem-se os modelos HSB (*Hue, Saturation Brightness* ou Matiz, Saturação e Brilho) e HSL/HLS (*Hue, Saturation, Lightness* ou Matiz, Saturação e Luminosidade/Leveza). Embora brilho e luz possam parecer sinônimos, em termos práticos, a leveza pode ser pensada como a quantidade de luz refletida, enquanto que o brilho é referenciado ao preto e indica a quantidade luz captada no olho humano (DENT *et al.*, 2009).

Figura 3 - Modelo de cores HSV.



Fonte: Adaptado de Dent *et al.* (2009).

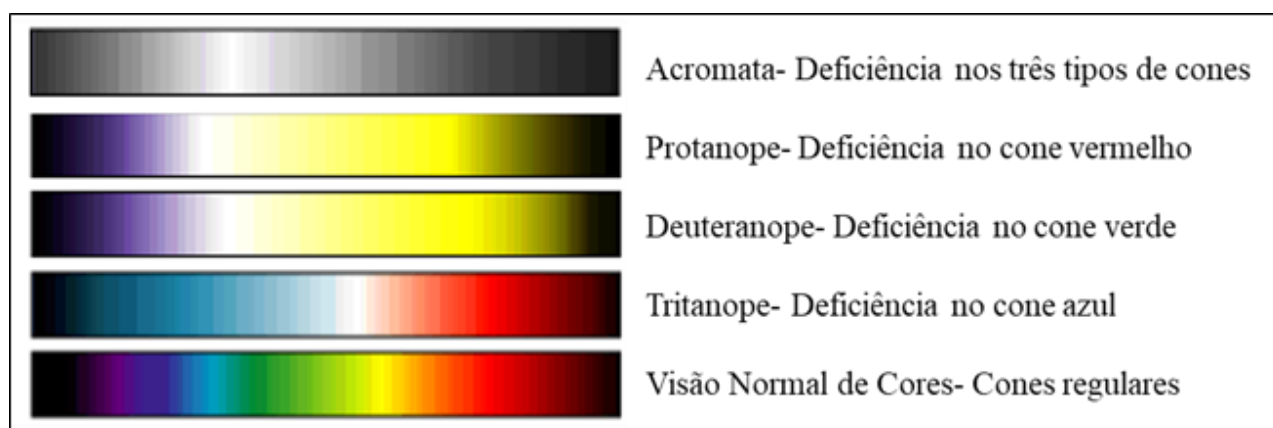
2.3.2. Deficiência na Visão de Cores e Simuladores de Visão de Cores

Cerca de 8% dos homens e 0,4 % das mulheres possuem algum tipo deficiência na visão de cores (POKORNY *et al.*, 1979; RIGDEN, 1999). No que concerne à visão de cores, as seguintes categorias podem ser destacadas: tricromatas, dicromatas e monocromatas (SHARPE *et al.*, 1999; SARDEGNA *et al.*, 2002). A percepção visual de cores por diferentes categorias de visão de cores é ilustrada na Figura 4. Os indivíduos tricromatas ‘normais’ apresentam funcionamento regular nos três tipos de cones presentes na retina, logo possuem visão normal de cores. O indivíduo classificado como tricromata anômalo possui deficiência leve ou moderada na visão de cores e, nesse caso, os três cones retiniais funcionam, porém há um deslocamento no pico de sensibilidade retinal (SHARPE *et al.*, 1999; SARDEGNA *et al.*, 2002).

O indivíduo dicromata possui dois tipos de cones com funcionamento regular e um tipo de cone deficitário, os dicromatas podem ser classificados como protanopes (deficiência no cone vermelho), deuteranopes (deficiência no cone verde) e tritanopes (deficiência no cone azul). Os dicromatas apresentam alto grau de severidade na deficiência de visão de cores. Para tanto, a

visão de cores dos deuteranopes é deficitária em relação aos protanopes visto a maior dificuldade em perceber contrastes entre as cores (RIGDEN, 1999; ATCHISON *et al.*, 2003). O indivíduo que apresenta incapacidade de reconhecer ou distinguir qualquer cor pode ser denominado monocromata ou acromata. Esses indivíduos apresentam deficiência nos três tipos de cones presentes na retina e percebem as diferentes cores com variações de brilho (POKORNY *et al.*, 1979; SHARPE *et al.*, 1999; RIGDEN, 1999).

Figura 4 - Percepção de cores de acordo com o tipo de visão de cores.



Fonte: Adaptado de Sharpe *et al.* (1999).

Os simuladores de visão de cores permitem às pessoas com visão normal de cores compreenderem a maneira como os indivíduos deficientes em visão de cores percebem as mesmas (OLSON; BREWER, 1997). Esses simuladores têm sido empregados para ajustar as cores para a criação de símbolos cartográficos. Oliveira *et al.* (2014) verificaram o resultado do processo de transformação de cores dos seguintes simuladores: *Web-Safe Palette*; *Vischeck*; *Chromatic Vision Simulator* e *Color Oracle*. Os resultados obtidos por meio do processo de simulação de cores apontaram que o *Color Oracle* é o que melhor representa a visão de cores dos dicromatas (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Jenny e Kelso (2007a; 2007b) desenvolveram e utilizaram o aplicativo *Color Oracle* para simular a visão de cores dos dicromatas (protanope, deuteranope e tritanope). O *Color Oracle* possibilita essa simulação a partir da seleção (em um menu suspenso) de uma categoria de

deficiência de visão de cores. Culp (2012) trabalhou com o conceito de acessibilidade de mapas para usuários daltônicos (protanope, deuteranope e tritanope) por meio de um processo que denominou ‘recoloração’ de imagem, com base em algoritmo computacional.

2.4. Mapas Estáticos e Mapas Dinâmicos

Os mapas estáticos são construídos a partir de variáveis visuais com duas dimensões do plano e outras variáveis correspondentes ao tema (DIBIASE *et al.*, 1992). As variáveis visuais estáticas podem ser aplicadas nas dimensões espaciais de mapas ou imagens. Por outro lado, os mapas dinâmicos são caracterizados pela mudança contínua na apresentação de fenômenos espaciais. Esses mapas são consequências importantes da recente mudança tecnológica na cartografia (SLOCUM *et al.*, 2009). Os mapas dinâmicos podem envolver as variáveis de animação visuais, bem como dinâmicas, estáticas e de interação (possibilidade de um usuário interagir com um dado ou interface no mapa, ou seja, possibilidade de mudança da visualização do mapa) (DIBIASE *et al.*, 1992). Os mapas dinâmicos também são chamados de mapas com animação visual em alguns casos, para enfatizar a sua diferença com os mapas estáticos (KRAAK; BROWN, 2001).

Na cartografia, é possível classificar a animação visual em temporal e não temporal (PETERSON, 1995; KRAAK, 1999). Animações visuais temporais representam variações de atributos e de localização de feições no mapa ao longo do tempo. Portanto, o dinamismo dos fenômenos pode ser apreciado no tempo e no espaço (PETERSON, 1995; MARTINELLI, 1998). No que concerne ao tempo, a animação visual é traduzida pelas transformações de tempo que se sucedem (KRAAK *et al.*, 1997). No espaço, o dinamismo do fenômeno se manifesta através de transformações de forma, posição, dentre outras (PETERSON, 1995; MARTINELLI, 1998). Por outro lado, a animação não temporal é utilizada para ilustrar relações espaciais não relacionadas com o tempo (PETERSON, 1995).

A literatura com abordagens a respeito de símbolos dinâmicos pode ser categorizada em dois grupos, a de produção e a de avaliação (BLOK; KÖBBEN, 1998; HARROWER, 2007). A produção dos símbolos do mapa envolve a definição dos atributos (variáveis visuais estáticas e dinâmicas). A avaliação de mapas dinâmicos pode ser dividida em três categorias gerais: avaliação de ferramentas, comparação de métodos e abordagem cognitiva (BLOK; KÖBBEN, 1998; HARROWER, 2007).

2.4.1. Variáveis Visuais Estáticas e as Propriedades Perceptivas

Jacques Bertin (1983) foi o primeiro a descrever um sistema de marcas gráficas ou variáveis visuais para codificar fenômenos geográficos por meio de símbolos cartográficos (SLOCUM *et al.*, 2009). Bertin (1983) exemplificou as variáveis visuais para as diferentes dimensões espaciais ou modos de implantação de símbolos (pontual, linear e zonal). O autor definiu duas classes de variáveis para a imagem: variáveis do plano (x e y) e seis variáveis visuais ou retiniais (tamanho, valor, granulação, cor, orientação e forma). Segundo MacEachren (1995), a variável visual cor definida por Bertin (1983) era subdividida, de modo implícito: o matiz (a cor pura) e o valor (quantidade de energia refletida por uma cor) (MACEACHREN, 1994).

As sínteses do sistema de variáveis visuais podem ser encontradas nos didáticos de cartografia, tais como em: Robinson *et al.* (1995); MacEachren (2005); Dent *et al.* (2009); Slocum *et al.* (2009). As taxonomias ou subdivisões das variáveis visuais são distinguidas e aceitas de diferentes maneiras por cada autor, de acordo com seu uso ou referência. Tyner (2010) sintetizou taxonomias para as variáveis visuais adotadas na cartografia. Contudo, apenas quatro variáveis visuais (tamanho, forma, matiz e valor) pareciam ser utilizadas como unanimidade, além da variável do plano (x e y). Um conjunto de variáveis visuais é apresentado no Quadro 1, bem como os respectivos níveis de efetividade das propriedades perceptivas de cada uma das variáveis visuais. A efetividade de representação das variáveis visuais é representada por cinza escuro, cinza médio e cinza claro, para as efetividades ótima, média e baixa, respectivamente.

A variável visual do mapa deve ser selecionada em consonância com a natureza do dado a ser representado e a propriedade perceptiva adequada (MACEACHAREN, 2005; SLOCUM *et al.*, 2009). Logo, essa variável será capacitada para transcrever a relação fundamental entre os objetos e conceitos (diversidade/similaridade, ordem, proporção). O mapa pode representar diferenças entre lugares (o quê?) por meio de variáveis visuais qualitativas, também pode representar a relação de ordem ou hierarquia entre lugares e conceitos (em que ordem?), por meio de valores. Ainda, o mapa pode expressar a relação de proporcionalidade entre lugares e conceitos (quanto?) quando a relação entre dois símbolos diferentes pode ser interpretada como proporção por meio de variáveis visuais quantitativas (BERTIN, 1983; MARTINELLI, 1991).

Quadro 1 - Efetividade da percepção de variáveis visuais

VARIÁVEIS VISUAIS	Exemplo	Efetividade de Representação		
		Quantitativa	Ordenada	Qualitativa
Posição Bertin (1983)				
Tamanho Bertin (1983)				
Cor (Matiz) Bertin (1983)			a	
Cor (Valor) Bertin (1983)			e	
Cor (Saturação) Morrison (1974)				
Orientação Bertin (1967/1983)		f	f	
Granulação Bertin (1967/1983)				
Densidade ou espaçamento Slocum (1999)		b	b	
Forma Bertin (1967/1983)				
Arranjo Morrison (1974)				
Foco MacEachren (1995)				
Resolução MacEachren (1995)			e	
Transparência MacEachren (1995)			e	
Altura (Slocum <i>et al.</i> , 1999)		C	d	

(a) Devem ser cuidadosamente ordenados. (b) Não é esteticamente agradável. (c) Problemas com unidades de medida e de seta de norte omitidas. (d) Utilizar com cautela. (e) A saturação segrega figura-fundo. (f) Habilidade limitada. Fonte: Adaptado de MacEachren (2005), Slocum *et al.* (2009), Halik (2012).

2.4.2. Variáveis Visuais Dinâmicas

Os símbolos cartográficos dinâmicos podem ser concebidos com a utilização de variáveis similares ao conjunto de variáveis visuais de Bertin (1983). O projeto de mapas dinâmicos pode considerar os aspectos das variáveis gráficas de animação visual citadas por Peterson (1995), bem como as variáveis dinâmicas definidas por DiBiase *et al.* (1992) e MacEachren (1995). Embora exista a diferença na denominação dessas variáveis, entende-se os seus significados como semelhantes. No entanto, neste trabalho buscou-se manter a denominação dessas variáveis, utilizada por cada autor.

As variáveis gráficas de animação visual foram classificadas por Peterson (1995) da seguinte maneira: tamanho (ex.: alterações causadas por mudanças no valor); forma (ex.: mudança na forma do símbolo); posição (ex.: movimento no mapa para indicar mudança e posição); velocidade (ex.: variação na velocidade para acentuar o intervalo de mudança); ponto de vista (ex.: mudança no ângulo de observação, o qual pode ser utilizado para destacar ou recuar uma representação, por meio de técnicas de profundidade); distância (ex.: mudança na escala); cena (ex.: utilizar efeitos de desaparecimento, mistura e suavização para indicar transição); textura, padrão, sombreamento e cor (variáveis gráficas que podem representar uma mudança em perspectiva para um objeto tridimensional, também podem ser usadas para cintilar uma parte do mapa para enfatizar um objeto ou um conceito).

As variáveis dinâmicas que têm sido utilizadas no projeto de mapas dinâmicos são aquelas definidas por DiBiase *et al.* (1992): duração, intervalo de mudança e ordem. A duração é associada ao número de unidades de tempo que uma cena pode ser visualizada. O intervalo de mudança é uma proporção da magnitude de mudança na posição (e atributos) entre cenas,

particionada pela duração de cada cena. A ordem está relacionada a uma sequência cronológica em que as cenas são exibidas.

MacEachren (1995) adicionou as variáveis dinâmicas momento no tempo, frequência e sincronização. O momento no tempo se refere à data em que ocorre mudança no espaço. A frequência corresponde ao número de vezes que uma cena é repetida em uma série de mudanças no espaço em relação a uma unidade de tempo. A sincronização pode ser empregada para criar dois padrões de símbolos que se movimentam ao mesmo tempo e de forma ordenada.

2.4.3. Recomendações para Produção de Símbolos Dinâmicos

A produção de mapas dinâmicos pode consistir na reprodução sequencial de imagens estáticas, processo chamado de “*flip-book*” (HARROWER, 2004). Do ponto de vista do *design*, a literatura acerca dos mapas dinâmicos recomenda o uso de transições suaves, em dissemelhança ao processo “*flip-book*” (LOBBEN, 2003; MACEACHREN; DIBIASE, 1991). Uma segunda abordagem acerca da produção desses mapas pode ser apresentada em dispositivos visuais, de forma suave e com mais opções de projeto. Nesse caso, a produção da transição dos símbolos pode ser especificada numericamente (ex.: tamanho, cor, direção e velocidade) (HARROWER, 2004).

Os símbolos dinâmicos podem ser projetados para representar mudanças em seus locais, atributos e/ou tempo de exibição (KRAAK, 1999; ANDRIENKO *et al.*, 2003; HARROWER, 2004). Blok (1999) propôs três classes principais para caracterizar a mudança dos símbolos dinâmicos: exibição/ocultação (existência ou não existência de um objeto); mutação (mudança no atributo temático); e movimento (mudança na localização). A mutação pode ser produzida com base nas variáveis visuais propostas na cartografia. A mudança na localização de um objeto requer outro objeto como referência para articular que o objeto mudou sua localização (HARROWER, 2002). A mudança no tempo de exibição está relacionada ao momento que o leitor

observa o símbolo, também pode estar relacionada à mudança no tempo ou na data da informação exibida no dispositivo visual (BLOK, 1999).

Woods (1995) definiu critérios para apoiar o controle e a direção da atenção para as representações dinâmicas, os quais são requeridos durante suas produções. Os seguintes critérios apontados pelo autor podem ser descritos como: acessibilidade (ex.: o usuário deve ser capaz de ler a informação); informações (o sinal deve conter informações suficientes para o usuário captar a atenção para a área sinalizada); e economia mental (a representação deve ser processada sem esforço cognitivo excessivo) (WOODS, 1995).

Em uma revisão bibliográfica realizada por Mayer e Moreno (2003), recomendações para o projeto de símbolos dinâmicos foram apontadas. As recomendações desses autores consideraram: reduzir a carga de trabalho perceptiva visual, quando possível (ex.: transmitir por som); segmentar o conteúdo (ex.: fornecer pausas dentro da animação); incluir pré-treinamento (ex.: uma introdução narrada); eliminar material prejudicial à percepção visual (ex.: transições complexas); destacar os símbolos mais importantes (ex.: elevando-os na hierarquia visual); colocar conteúdos relacionados o mais próximo possível (ex.: de forma temporal e / ou espacial); eliminar redundâncias (ex.: usar texto ou narração); “individualizar” conteúdo (ex.: conforme as diferentes habilidades dos usuários) (MAYER; MORENO, 2003).

Dukaczewski (2014) apresenta recomendações e diretrizes preliminares para adicionar movimento em uma interface: pequenos movimentos periódicos são, geralmente, relativamente melhor percebidos em comparação às cores ou às formas em todo o campo visual; movimentos com amplitudes visuais pequenas (1° de ângulo visual) são altamente detectáveis, amplitudes menores que 1° podem ter tempos de resposta mais lentos; movimentos lineares lentos podem ser detectados com ótima precisão, bons tempos de resposta não são considerados intrusivos ou distrativos; as taxas de atualização entre 20 e 30 quadros por minuto são suficientes para induzir a percepção de movimento contínuo.

Segundo os estudos de Mayer, *et al.* (2002), a velocidade de apresentação de símbolos dinâmicos pode afetar o processamento cognitivo da informação dinâmica. Altas velocidades de apresentação podem acentuar eventos globais (isto é, macro eventos), enquanto que velocidades baixas podem acentuar eventos locais (isto é, micro eventos). No entanto, a percepção de movimento pode ser prejudicada, principalmente, pelo conteúdo, e não pela velocidade de apresentação.

2.5. Avaliação da Percepção Visual de Cores e Símbolos Dinâmicos em Mapas

Segundo Dukaczewski (2014), é possível distinguir dois grupos principais de determinantes perceptivos que podem influenciar a leitura das variáveis visuais estáticas e dinâmicas. O primeiro grupo está relacionado às propriedades perceptivas das variáveis visuais estáticas e dinâmicas. O segundo grupo está relacionado aos fatores externos dos usuários ao lerem mapas estáticos e dinâmicos. Esse grupo pode ser associado às: diferentes capacidades cognitivas; necessidades pelos símbolos (relacionadas aos propósitos do mapa e da leitura); e propriedades psicossomáticas (relacionados às saúdes mental e física) (DUKACZEWSKI, 2014).

A percepção visual de símbolos estáticos e de símbolos dinâmicos em mapas pode ser examinada por meio de rastreamento ocular, métricas estatísticas ou coleta de dados gerais, durante a realização de experimentos. No geral, as seguintes avaliações cognitivas podem ser utilizadas para examinar a percepção visual de símbolos estáticos e dinâmicos: fixação visual de símbolos; avaliação da usabilidade, questionários qualitativos (WICKENS *et al.*, 2004; IIDA, 2005; POOLE; BALL, 2005; KRASSANAKIS *et al.*, 2013; PUGLIESI *et al.*, 2013).

O uso da cor pode facilitar a detecção de movimento (DOBKINS; ALBRIGHT, 1993). Os símbolos coloridos e em movimento são processados separadamente pelo sistema visual humano (GHANDI *et al.*, 1999; BARTRAM; WARE, 2002; DUKACZEWSKI, 2014). A utilização de movimento adicionado à cor e à forma do símbolo pode ser favorável à percepção visual do mesmo (BARTRAM *et al.*, 2003). Em particular, esse favorecimento pode ocorrer para os casos em

que a intenção do projeto seja atrair a atenção do usuário para a borda da tela do computador. Na periferia visual, as propriedades perceptivas dos deficientes ou não na visão de cores são quase semelhantes (WYSZECKI; STILES, 1982). Entretanto, segundo Wickens *et al.* (2004), a atenção requerida para se observar objetos em movimento na periferia visual pode acrescentar carga cognitiva ou nível de estresse ao observador.

O sistema visual humano é capaz de perceber, rastrear e prever o movimento. Podemos rastrear até cinco objetos em movimento de forma paralela e sem acréscimo de esforço cognitivo (PYLYSHYN *et al.*, 1994). Na fixação visual de símbolos, seis métricas estatísticas têm sido consideradas para a análise de cada cena visual (KRASSANAKIS *et al.*, 2013). Essas métricas vem sendo baseadas em medidas de rastreamento do movimento dos olhos, as quais incluem: métrica de sucesso (detecção); métrica de duração (eficiência); duração métrica percentual (porcentagem média de duração requerida); métrica de número (número médio de fixações); métrica de porcentagem (porcentagem média do número de fixações), tempo até a primeira fixação (indica o valor médio de duração) (POOLE; BALL, 2005; KRASSANAKIS *et al.*, 2013).

As diferenças na aprendizagem causadas por símbolos estáticos e dinâmicos foram estudadas por Höffler e Leutner (2007). Os autores analisaram 26 pesquisas que trataram do uso de símbolos dinâmicos em comparação aos símbolos estáticos. Em geral, os autores encontraram um efeito positivo no uso de símbolos dinâmicos e identificaram algumas variáveis significativas, como o realismo e o tipo de conteúdo de aprendizagem. Os autores afirmam que os símbolos dinâmicos que contêm certos níveis de realismo ou que estão focados nas habilidades motoras apresentam melhores resultados na transmissão de informação, em comparação à sua forma estática (HÖFFLER; LEUTNER, 2007). A análise de Höffler e Leutner (2007) foi confirmada por Berney e Bétrancourt (2016).

Griffin *et al.* (2006) compararam a eficácia e a eficiência de mapas dinâmicos em relação a uma série de mapas estáticos, especificamente em relação à habilidade de usuários em

identificar agrupamentos que se movem ao longo do espaço e do tempo. Os leitores responderam mais rapidamente e identificaram mais padrões corretamente ao usar mapas dinâmicos do que ao usar mapas estáticos em série. Opondo aos resultados encontrados por Griffin *et al.* (2006), para Opach *et al.* (2014), as informações mostradas nos componentes dinâmicos causam mudanças ao longo do tempo e os usuários tendem a passar mais tempo observando-os, em comparação com o componente estático, em que a informação é fixa.

As discrepâncias de resultados em eficácia e eficiência encontradas nos estudos de Griffin *et al.* (2006) e Opach *et al.* (2014) podem ser alguns fatores, tais como: conteúdo de informação desigual e não equivalente em condições experimentais; o nível de interatividade do usuário com o mapa dinâmico; a possibilidade de controlar o ritmo da sequência; o tipo da tarefa do leitor; se os símbolos dinâmicos eram condizentes com os processos que pretendiam transmitir (GRIFFIN *et al.*, 2006; HÖFFLER; LEUTNER, 2007).

Segundo Van Merriënboer e Ayres (2005), os símbolos dinâmicos representam dois desafios para a memória de trabalho, ao contrário da forma estática. A informação em símbolos dinâmicos pode ser transitória e, a menos que seja ensaiada, permanecerá na memória de trabalho por não mais do que alguns segundos. Como os símbolos estáticos não causam mudança na cena visual ao longo do tempo, os mesmos podem ser revistos constantemente, assim, atualizadas na memória de trabalho. Van Merriënboer e Ayres (2005) apontam que os símbolos dinâmicos têm um efeito maior do que os símbolos estáticos para saturar a memória de trabalho.

A visão humana é muito sensível ao movimento, tanto para deslocamento quanto para transformação (BERTIN, 1983; MACEACHREN, 2005; PETERSON, 1995). A capacidade de observar objetos em movimento pode variar conforme o nível de atenção para a tarefa que está sendo realizada. No entanto, pode não ser o movimento por si que atrai a atenção, mas sim a aparência de um novo objeto no campo visual. Um movimento pode ser percebido somente se sua velocidade permanecer dentro de um intervalo específico de valores aos quais o sistema visual é

sensível. Caso seja muito rápido, dificilmente poderá ser percebido visualmente. Logo, a velocidade da apresentação pode ser diminuída para que o movimento seja visível (MAYER *et al.*, 2002).

2.5.1. Avaliação de Usabilidade

A usabilidade é a qualidade que caracteriza o uso de um sistema interativo (CYBIS *et al.*, 2010). A usabilidade é definida como a medida de um produto utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos com eficácia, eficiência e satisfação, em um determinado contexto de uso (ABNT, 2002). A eficácia é a acurácia e completude alcançadas em objetivos específicos pelo usuário. A eficiência pode ser relacionada aos recursos dispendidos em relação à acurácia e abrangência para os usuários alcançarem objetivos. A satisfação é a ausência do desconforto para o uso de um produto, relacionada também ao nível de aceitação pelo produto (ABNT, 2002). A avaliação da usabilidade pode ser baseada na inspeção de potenciais problemas, além da observação do comportamento e coleta de dados do usuário (WICKENS *et al.*, 2004).

Em uma revisão de literatura apresentada por Pugliesi *et al.* (2013), os autores apresentam os principais métodos utilizados na avaliação da usabilidade de sistemas de navegação. Esses métodos podem envolver aspectos físicos, psicofisiológicos e cognitivos-comportamentais do usuário (PUGLIESI *et al.*, 2013). O aspecto físico relaciona-se ao esforço ou desconforto muscular sentido pelo usuário ao utilizar um produto. O aspecto psicofisiológico pode ser definido em termos de níveis de conflitos entre o ego da pessoa e uma situação. Ainda, esse aspecto pode estar relacionado aos distúrbios afetivos a partir da fadiga física e sofrimento (HEDGE, 2005). Os aspectos cognitivos-comportamentais podem ser divididos quanto às avaliações: geral (técnicas de observação, entrevistas, etc.); da tarefa cognitiva (análise da tarefa, esforço cognitivo requerido, etc.); do erro (predição e redução de erros sistemáticos); e da carga mental de trabalho - CMT (estimativa de índices global e específico) (PUGLIESI *et al.*, 2013).

A carga mental de trabalho depende de fatores sociais e culturais, da tarefa, da capacidade intelectual ou nível de conhecimento, da capacidade psicomotora, da formação

acadêmica e profissional, fatores ambientais, entre outros (WILSON; EGGEMEIER, 2006; WICKENS *et al.*, 2004). Os métodos NASA (*National Aeronautics and Space Administration – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço*) podem ser utilizados para medir subjetivamente a carga mental de trabalho. Esses métodos podem ser classificados conforme suas versões, tais como o NASA-TLX (*Task Load Index- Índice de Carga de Tarefa*) e o NASA-RTLX (*Raw Task Load Index- Índice de Carga de Tarefa Bruta*) (FAIRCLOUGH, 1991; BURNETT, 1998).

O NASA-RTLX é um procedimento de taxa multidimensional que provê uma pontuação global da carga de trabalho baseada em uma média ponderada de avaliações em sete dimensões de: exigência mental, exigência física, exigência temporal, satisfação/rendimento, esforço e nível de frustração (FAIRCLOUGH, 1991). O NASA-RTLX (Quadro 2) engloba as variáveis do NASA-TLX, porém adiciona uma sétima dimensão, a distração. A técnica NASA-RTLX fornece a informação da magnitude de diferentes fontes de cargas por meio da análise de escalas para cada dimensão. Assim, a análise da carga mental de trabalho pode ser realizada de maneira global (todas as dimensões) ou separadamente (cada dimensão).

Quadro 2 - Definições das sete dimensões do NASA RTLX.

Dimensões	Definições
Exigência Mental	Este fator refere-se a quaisquer demandas perceptivas e mentais (ex.: pensar, decidir, raciocinar, lembrar, olhar, memorizar etc.) exigidas.
Exigência Física	Este fator refere-se à quantidade de atividade física que uma tarefa necessita.
Demanda Temporal	Este fator refere-se à pressão ou assédio sentidos durante uma tarefa.
Distração	Este fator corresponde à distração sentida durante uma tarefa.
Esforço	Este fator se refere aos esforços mental e físico exigidos para obter determinado nível de rendimento em uma tarefa.
Nível de Frustração	Este fator refere-se à quantidade de irritação/frustração/preocupação sentidas durante uma tarefa
Nível de Satisfação	Este fator mensura o nível de satisfação conforme rendimento e desempenho sentidos durante em uma tarefa.

Fonte: Adaptado de Fairclough (1991).

2.6. Percepção de Mapas de Fluxo de Veículos por Dicromatas e Tricromatas

Os mapas de fluxo são representações que buscam simular o movimento linear de fenômenos de um local para outro. Esses mapas podem ser indicados para representar deslocamentos no espaço, indicando direção ou não (DENT *et al.*, 2009; SLOCUM *et al.*, 2009). A literatura busca classificar os diferentes tipos de mapas de fluxo, dentre os quais destacam-se os mapas de fluxo radial, de rede e distribuídos (DENT *et al.*, 2009). A projeção, a escala da linha, os símbolos e a legenda para mapas de fluxo requerem atenção devido à complexa estrutura gráfica do mapa (DENT *et al.*, 2009). Os mapas de fluxo não são restritos a representar movimento apenas por linhas e setas estáticas. Para tanto, essas linhas e setas podem ser dinâmicas (MUEHLENHAUS, 2014). O mapa de fluxo de veículos pode ser concebido sem o uso de símbolos direcionais pois são utilizados para mostrar a organização e natureza ordenada dos sistemas circulação nas vias (DENT *et al.*, 2009).

A análise da representação de fluxo de veículos do mapa *Google Maps* foi realizada em um trabalho preliminar (PEDROSA *et al.*, 2016). Os autores observaram que a utilização dos matizes verde, amarelo e vermelho em uma mesma rampa de cores pode ser fonte de um problema para o motorista daltônico compreender a ordem do fluxo. Essa observação considera tanto para o motorista protanope, quanto o deuteranope. Ao mesmo tempo em que as cores verde, amarelo e vermelho se apresentam com propriedades perceptivas de natureza seletiva e ordenativa para os motoristas com visão normal de cores, as mesmas não se apresentam de maneira similar aos indivíduos com deficiência na visão de cores. Mais especificamente, os matizes verde e amarelo da representação das vias são percebidos como a mesma categoria de informação.

Em um outro trabalho preliminar, a partir das análises dos mapas Waze, Maplink e Google Maps, notou-se a presença de possíveis representações de difícil percepção de ordem por pessoas com deficiência na visão de cores (AMORIM; PUGLIESI, 2017). Esses mapas de fluxo de veículos são representados de diferentes maneiras entre os sistemas. No entanto, parece ser possível

utilizar essas cores, de forma adequada, porém com alguns ajustes, aos diferentes tipos de visão de cores dos usuários. A utilização de um único matiz para representar um conjunto de classes ordenadas parece ser o maior impedimento para a percepção da hierarquia entre as classes de fluxo, quando percebidas por dicromatas. Um outro possível problema encontrado nos mapas estudados parece ser a utilização de cores que se destacam entre as demais, como o matiz amarelo. Fator que poderia conduzir a atenção do leitor às classes mais destacadas no mapa (AMORIM; PUGLIESI, 2017).

Johnson e Nelson (1998) avaliaram mapas impressos, mapas digitais estáticos e mapas dinâmicos para os mesmos dados de linhas de fluxo graduadas (variável visual tamanho). Os sujeitos foram solicitados a estudar os mapas e memorizar dois tipos de informação: dados de quantidade em locais especificados nos mapas e padrões de tendência que ocorreram nos mapas. Os autores avaliaram a eficácia e a eficiência de cada técnica em tarefas de memorização dos dados simbolizados. Os resultados encontrados não mostraram diferenças na eficácia comparando os tipos de mapas. No entanto, as pessoas que visualizaram os mapas dinâmicos de fluxo foram mais eficientes nas respostas do que aqueles que visualizaram os mapas estáticos.

Uma abordagem de rastreamento do movimento do olho foi proposta por Dong (2014). Mapas de fluxo de veículos com animação representados por três variáveis visuais (matiz, tamanho e frequência) foram avaliados em valores de eficácia e de eficiência. O autor apontou que os matizes vermelho, amarelo e ciano podem transmitir informações do mapa mais eficazmente do que os outros matizes estudados. O tamanho foi considerado mais útil do que cores para mapas animados e mapas estáticos. Verificou-se que a usabilidade da frequência, do matiz e do tamanho estava relacionada ao tamanho da mídia de exibição. A cor, a direção e o tamanho dos símbolos foram considerados capazes de atrair e guiar a atenção visual das pessoas quando exibidos como estímulos estáticos. A usabilidade do brilho da cor foi considerada discutível (DONG, 2014).

3. PROJETO E PRODUÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES DE FLUXO

Esta etapa teve como objetivo descrever o projeto e a produção de um conjunto de mapas estáticos e outro conjunto de mapas dinâmicos para representar a intensidade e a direção do fluxo de veículos. Esta atividade foi desenvolvida em três etapas: análise de sistemas existentes; projeto gráfico; produção dos mapas. Na etapa de análise, um conjunto de mapas de fluxo que se apresentam no modo *online* foi analisado quanto à acessibilidade por parte dos indivíduos que possuem deficiência na visão de cores (Apêndice A). A partir das etapas de projeto e produção, um total de 16 representações cartográficas foi concebido, oito estáticas e oito dinâmicas. As estáticas receberam símbolos pontuais estáticos para representar a direção do fluxo de veículos. Para conceber as dinâmicas, os símbolos pontuais foram utilizados para criar movimento e reforçar a percepção de direção do fluxo.

Os mapas produzidos, além de representar as intensidades do fluxo nos segmentos de vias, também exibem símbolos pontuais com a forma de setas. Esses símbolos pontuais são apresentados sobre as classes de fluxo com o propósito de indicar a direção do fluxo em cada mão da via, sendo que as vias se apresentavam com duas mãos. A localização da linha do fluxo está sobre a mão da via para cada um dos dois lados da via (vias arteriais). Os símbolos pontuais que indicam a direção das vias arteriais e do fluxo de veículos foram sobrepostos às linhas que indicam o fluxo.

As representações cartográficas, especificamente as classes de fluxo de veículos, foram concebidas observando-se as capacidades perceptivas de contraste por pessoas com diferentes visões de cores. Nessa etapa, o simulador de visão de cores Color Oracle foi utilizado para promover acessibilidade aos mapas. O projeto dos mapas foi dividido em projeto de composição geral e projeto gráfico, conforme abordagem proposta por Decanini e Imai (2000). O projeto dos símbolos dinâmicos foi concebido de acordo com as recomendações na literatura em cartografia e fatores humanos.

No caso dos mapas dinâmicos, empregou-se a dinamicidade nas setas produzidas para o mapa estático, com a finalidade de adicionar uma pista a mais sobre a direção do fluxo de veículos. As oito representações cartográficas foram produzidas no *software ArcGIS*, enquanto que os símbolos pontuais estáticos e dinâmicos que representam a direção do fluxo de veículos foram produzidos no *Microsoft Power Point*.

3.1. Projeto de Composição Geral dos Mapas de Fluxo de Veículos

A elaboração de um produto cartográfico deveria considerar um conjunto de variáveis interdependentes (KEATES, 1989), as quais são definidas no projeto de composição geral. As variáveis interdependentes contribuíram para definir a ordem de percepção da informação dos fluxos em primária, secundária e terciária, além dos níveis de medida e das dimensões espaciais. Por conseguinte, o projeto de composição geral envolveu a caracterização e a organização dos dados geográficos da área de estudo, a seleção da escala de representação do mapa e a seleção da mídia para apresentar a informação. Todos esses elementos foram norteados pelo propósito do mapa e a maneira de utilização por parte do usuário.

A concepção do projeto se baseou na tarefa de seleção de uma possibilidade de rota por um usuário, por meio de memorização do trajeto e das intensidades de fluxo ao longo do percurso selecionado, de modo que o usuário do mapa possa partir de uma origem e alcançar um destino. As representações cartográficas foram produzidas com o propósito de serem exibidas em um monitor de tela de sete polegadas (*Tablet Samsung* modelo SM, com resolução 1024x768). A escala 1:5000 foi adotada em função do enquadramento dos pontos de origem e destino da tarefa a ser realizada.

A região geográfica de estudo está localizada no município de Presidente Prudente- SP, região oeste do estado de São Paulo. A base cartográfica de Presidente Prudente foi utilizada, disponível pelo *OpenStreetMap.org* (dados abertos e de fonte voluntária para mapeamento global), com a data de 09 de março de 2017. Os critérios adotados para a seleção da

área de estudo foram: pertencer à área urbana; ter a presença de malha viária regular, incluir vias arteriais e locais; possuir cruzamento de quatro vias arteriais com a possibilidade de realizar apenas duas manobras ao longo de uma rota pré-estabelecida.

Para a concepção dos mapas, foram consideradas as seguintes informações: malha viária; quadras; cruzamentos; localização do usuário (origem); destino; fluxo de veículos (baixo, moderado e alto); toponímias das vias; e direção do fluxo de veículos. Visto a importância dessas feições durante o processo de escolha de uma rota, essas mesmas foram agrupadas em dois grupos. O primeiro grupo foi denominado de temático (intensidade do fluxo, direção do fluxo e rota) e o segundo grupo foi denominado de contexto do ambiente (quadras, sistema viário e toponímias).

Para evitar que o participante do experimento identificasse a área e isso pudesse interferir na tomada de decisão durante as tarefas de seleção de rotas, o traçado de algumas vias foi alterado, bem como as toponímias originais das vias foram substituídas por outras fictícias e as vias foram rotacionadas. Dois padrões de representações cartográficas resultaram a partir da rotação das vias, sendo: vias com linhas horizontais e verticais; e vias com linhas inclinadas.

3.2. Projeto Gráfico

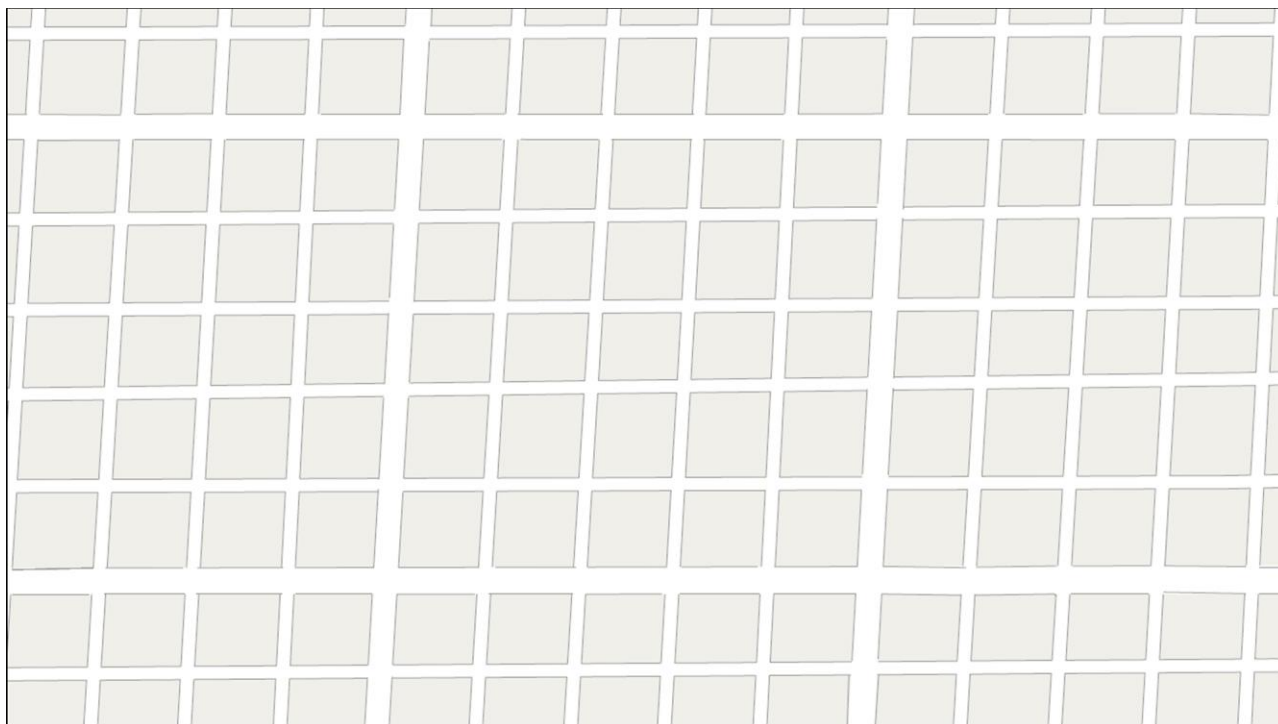
Os símbolos cartográficos selecionados para apoio à navegação foram organizados em função das categorias de informação, hierarquia visual, dimensão espacial (ponto, linha ou área) e nível de medida (neste caso, classe única e ordinal), além das especificações do projeto gráfico de cada elemento. Para tanto, foi necessária a preparação da base cartográfica e das camadas que apoiam a representação das classes de fluxo.

O eixo das vias foi utilizado para a produção das informações de quadra, via, fluxo de veículos, direção do deslocamento e localização de origem e de destino. Cada uma destas informações foi construída em planos, compreendidos como camadas distintas em banco de dados geográficos, no *software ArcGIS*. A largura das vias arteriais e locais foi determinada a partir da

escala adotada (1:5000). O modelo de especificação de cores HSV (*Hue, Saturation, Value* ou Matiz, Saturação, Valor) foi utilizado nesta etapa do projeto.

As quadras e as vias foram projetadas para serem percebidas em plano visual que recuasse visualmente em relação aos demais símbolos do mapa (Figura 5). As quadras foram preenchidas e contornadas com cinza para contribuir com a segregação de figura-fundo em relação às classes de fluxo. As bordas das quadras ficaram mais escuras (matiz 0, saturação 0, valor 56) que o preenchimento (matiz 60, saturação 3, valor 94), já as vias receberam a cor branca (matiz 0, saturação 0, valor 100).

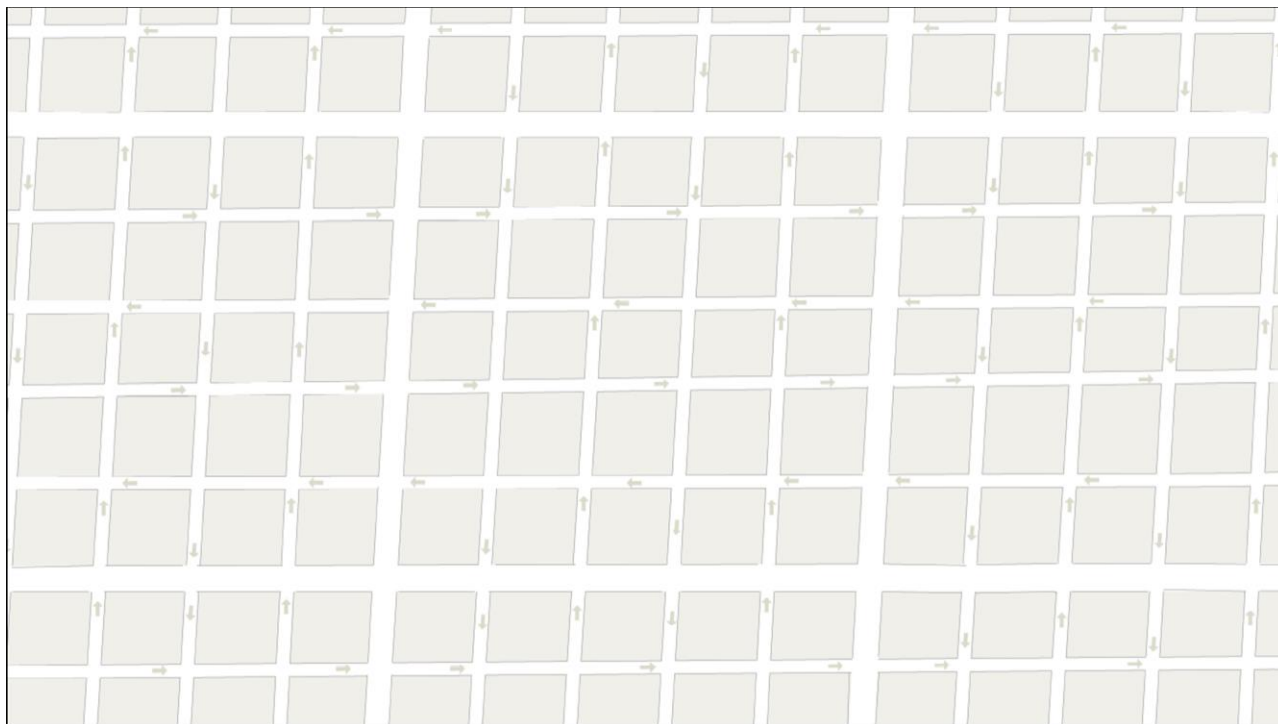
Figura 5 – Representação das vias e quadras



As setas de direção das vias locais foram representadas em cinza com o mesmo padrão utilizado para representar o fundo das quadras (matiz 60, saturação 3, valor 94). A direção da seta acompanha a via com o intuito de indicar a direção do deslocamento dos veículos. Os símbolos de direção da via foram dispostos de duas maneiras: toda quadra que delimitasse as vias arteriais recebeu um símbolo de direção da via; e a cada duas quadras distantes desses símbolos, o

símbolo pontual de direção da via também foi inserido (Figura 6). Para tanto, quando o sentido da via local encontrava a via arterial, o símbolo foi disposto mais próximo da via arterial.

Figura 6 – Representação das vias, quadras e sentido das vias locais

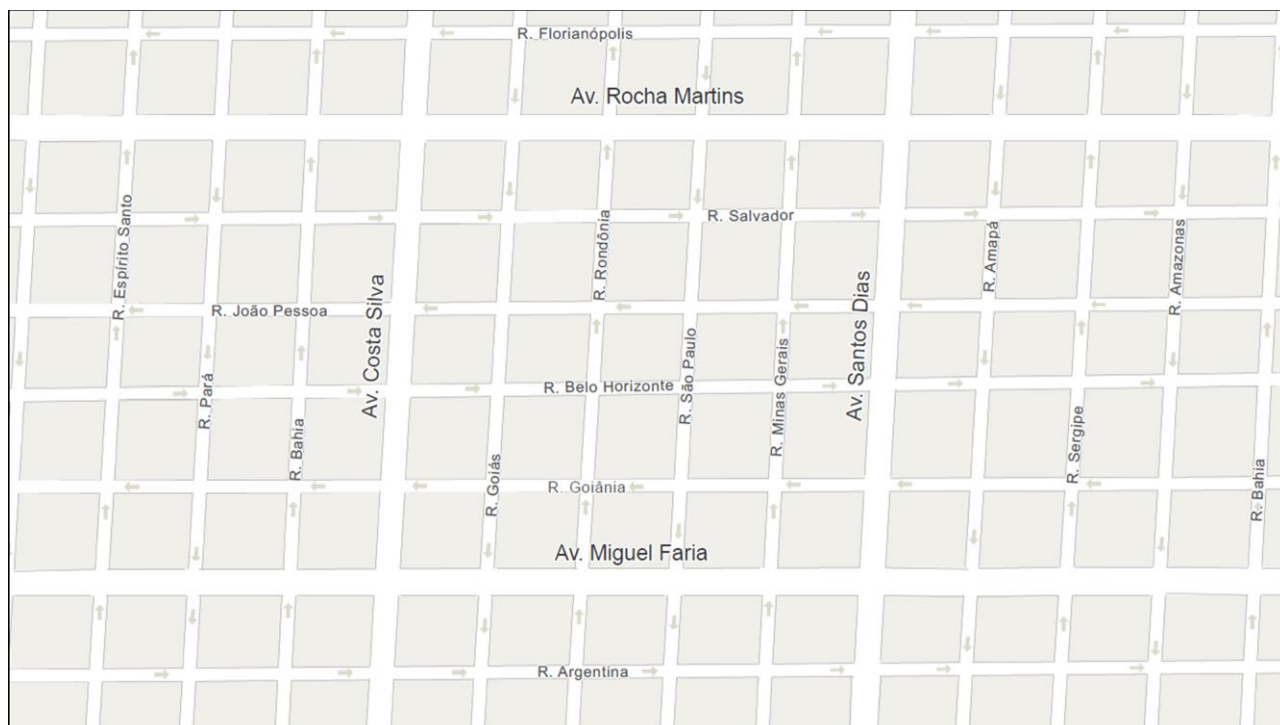


O projeto de posicionamento das toponímias de vias foi realizado de maneira distinta entre as vias arteriais e as vias locais. Todas as vias foram identificadas com uma ou duas palavras. As toponímias das vias locais foram identificadas com nomes de estados e capitais brasileiras, já as toponímias das avenidas ou vias arteriais foram identificadas por sobrenomes comuns de pessoas.

As toponímias das vias locais receberam tamanho de 10 pontos e cor cinza (matiz 0, saturação 0, valor 31), enquanto as vias arteriais receberam tamanho de 14 pontos e cor preta (matiz 0, saturação 0, valor 20). Assim, torna-se possível estabelecer hierarquia visual entre as mesmas pelo tamanho. Para facilitar a segregação figura-fundo no mapa, as toponímias das vias arteriais foram contornadas com máscara branca de 0,85 pontos.

As toponímias das vias locais foram dispostas sobre as vias, enquanto que as toponímias das vias arteriais foram posicionadas ao lado destas (Figura 7). No segundo caso, a proximidade do nome da via com a própria representação de via e de fluxos permitiu agrupamento perceptivo e aumento da legibilidade na exibição das classes de fluxo.

Figura 7 – Representação das vias, quadras, sentido das vias locais e toponímias

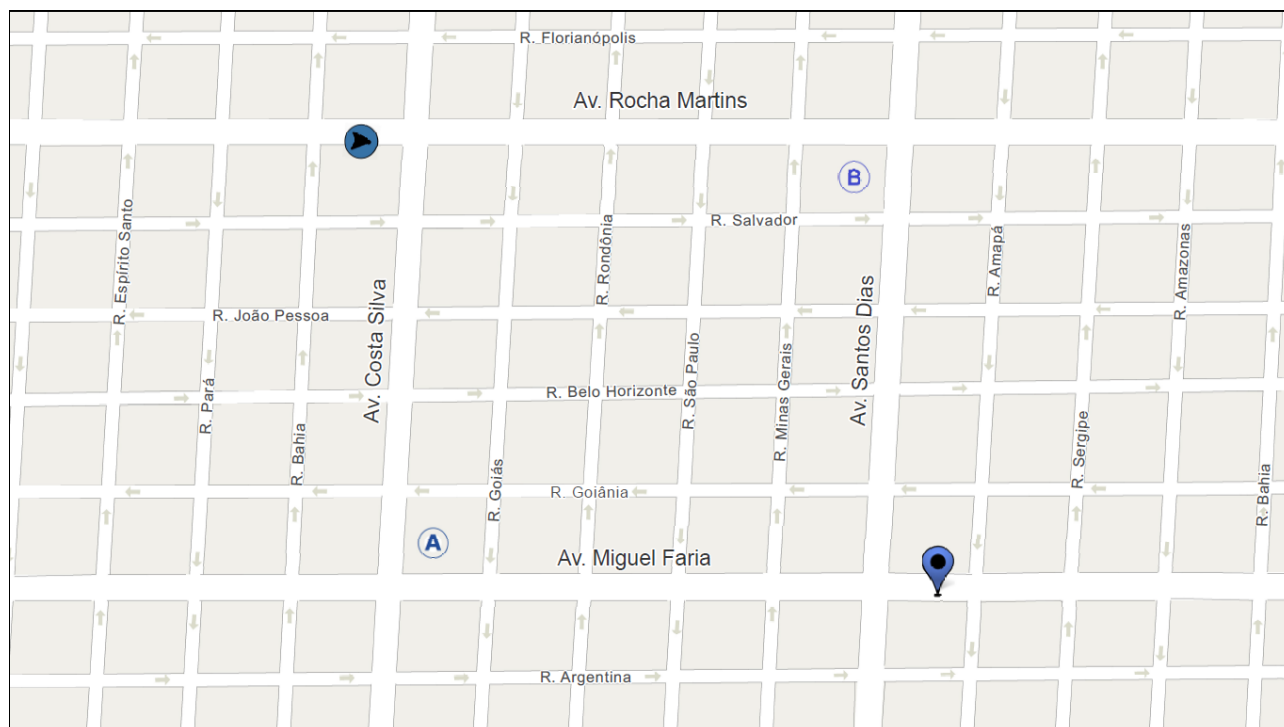


O azul (matiz 223, saturação 58, valor 86) foi utilizado para preenchimento dos símbolos pontuais de origem e destino da rota, esses símbolos foram contornados em preto (matiz 0, saturação 0, valor 0). Para os símbolos de origem e destino, torna-se possível discerni-los das demais cores do mapa quando considerada a percepção de cores das pessoas dicromatas e tricromatas. Ou seja, enquanto as demais feições podem ser percebidas em tons de cinza, amarelo ou vermelho, conforme o tipo de visão de cores do leitor, o azul será percebido como uma classe diferente.

A partir dos símbolos de origem e destino presentes no mapa, dois caminhos podem ser observados entre os mesmos, considerando apenas os caminhos pelas vias arteriais. Os

caminhos foram especificados com os símbolos pontuais “A” (primeira rota) e “B” (segunda rota). Esses símbolos foram dispostos nos mapas em extremidades opostas (próximas às rotas) (Figura 8). Os símbolos utilizados para distinguir os caminhos foram projetados com a mesma cor azul (matiz 223, saturação 58, valor 86) utilizada para os símbolos de origem e destino, porém sem o contorno.

Figura 8 – Representação das vias, quadras, sentido das vias locais, toponímias e símbolos de rota



As possíveis rotas entre os símbolos de origem e destino foram selecionadas considerando esquemas de rotação do mapa. Para se definir a direção das rotas, considerou-se a rotação das vias (vias com linhas horizontais e verticais; e vias com linhas inclinadas) utilizada nas duas representações. As direções das rotas seguem as referências do próprio mapa (Quadro 3): norte para a parte superior; sul para a parte inferior; leste para a parte direita; e oeste para a parte esquerda. Para tanto, cada representação possui quatro tipos de rotação considerando-se a rota partindo de alguma lateral do mapa.

Quadro 3 - Direção das rotas

	Norte para Sul	Sul para Norte
Oeste para Leste	Rota 1 - 	Rota 2 - 
Leste para Oeste	Rota 3 - 	Rota 4 - 

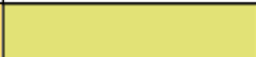
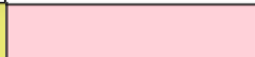
O projeto gráfico para representar as classes de fluxo foi conduzido com cuidado especial para indicar: segregação com a base cartográfica; separação entre as linhas de fluxo com direções opostas das vias; separação entre as linhas de fluxo e as bordas das quadras; e percepção visual de hierarquia entre as diferentes intensidades de fluxo. Sobretudo, essas indicações estavam focadas em permitir a leitura facilitada de hierarquia entre as classes de fluxo quando percebidas pelas distintas categorias de visão dos usuários (tricromatas e dicromatas). O projeto das linhas de fluxo seguiu as recomendações para representação de ordem com o emprego de cores (DENT *et al.*, 2009; HARROWER; BREWER, 2011), de mapeamento coroplético (MUEHLENHAUS, 2014; SLOCUM *et al.* 2009), bem como em um estudo preliminar (AMORIM; PUGLIESI, 2017).

A construção da camada de fluxo de veículos ocorreu por meio do processo de copiar e colar os eixos de logradouro da base cartográfica, bem como de deslocá-los até as proximidades da borda da quadra. Uma vez que as vias arteriais possuem mão dupla, isto foi feito para ambos os lados de cada via arterial. Três classes de fluxo de veículos foram consideradas neste projeto: baixo, moderado e alto. O baixo número de classes de fluxo (se comparado com os sistemas estudados) foi escolhido para simplificar a percepção de hierarquia por meio de diferentes matizes (AMORIM; PUGLIESI, 2017).

A propriedade perceptiva de ordem entre as classes de fluxo para os usuários com diferentes tipos de visão de cores (visão normal de cores, tricromatas anômalos e dicromatas) foi escolhida para três matizes visualmente diferentes (vermelho, laranja e amarelo) (SLOCUM *et al.* 2009; OLSON; BREWER, 1997). A escolha dessas cores também considerou o estudo de preliminar realizado por Amorim e Pugliesi (2017). Nesse estudo, os autores avaliaram a representação de fluxo de veículos por meio de cores nos mapas *Google Maps*, *Waze* e *Maplink*.

O simulador de visão de cores *Color Oracle* foi utilizado de maneira iterativa durante a etapa da seleção das cores para representar as classes de fluxo de veículos. Assim, buscou-se que em um único projeto, pessoas dicromatas e tricromatas pudessem compreender as classes de fluxo de veículos com hierarquia (Quadro 4). Para tanto, a percepção de ordem entre as classes de fluxo de veículos ocorre, principalmente, por meio da variação de matiz para as pessoas com visão normal de cores e variação de saturação (em um único matiz) por pessoas com deficiência na visão de cores. Assim, por meio do modelo de especificação de cores HSV, as cores são descritas como: amarelo para o fluxo baixo (matiz 46, saturação 54 e valor 100); laranja para o fluxo moderado (matiz 29, saturação 60 e valor 100); e vermelho para fluxo alto (matiz 7, saturação 60 e valor 100).

Quadro 4 - Percepção visual das classes de fluxo por diferentes categorias de visão de cores.

	Visão Normal de Cores	Protanopes	Deutanopes	Tritanopes
Fluxo Baixo				
Fluxo Moderado				
Fluxo Alto				

A espessura da linha que representa o fluxo de veículos foi determinada de modo a cobrir 80% ou 1,8mm da largura da mão da via a qual pertence, centralizada entre o eixo do logradouro e a borda da quadra. A escolha dessa espessura se deve para que a mesma seja percebida de maneira separada das quadras e da outra mão da via (com sentido de fluxo oposto). Logo, a representação da linha do fluxo de veículos em cada mão da via é afastada 1,00mm da borda da quadra e 1,00mm do eixo de logradouro.

As classes de fluxo foram distribuídas na área observando-se a capacidade de retenção de informação pela memória de trabalho (Figura 9). Para tanto, buscou-se por um número relativamente baixo de unidades de informação para representar o fluxo em cada rota, considerando a quantidade de classes ao longo de um percurso entre a origem e o destino do usuário. Segundo

veículos. Os símbolos pontuais que descrevem a direção do fluxo foram distribuídos ao longo das representações de fluxo de modo que preservassem a legibilidade do mapa.

A camada de direção do deslocamento do fluxo foi representada por um símbolo pontual com forma de seta. Buscou-se que o mesmo fosse intuitivo quanto ao seu significado para remeter a ideia de direção. O símbolo pontual que representa a direção do fluxo de veículos mantém padrão similar aos mapas de fluxo de veículos que utilizam cores e que estão disponíveis na *Web* (AMORIM; PUGLIESI, 2017). Isto foi feito tanto para compor uma parte da base cartográfica, quanto o tema de direção do fluxo sobre as linhas de fluxo. Os símbolos de direção do fluxo de veículos foram dispostos no mapa sobre as linhas de fluxo, a quantidade desses símbolos é proporcional ao número de frentes de quadras às quais delimitam a localização do fluxo de veículos. Portanto, a cada frente de quadra um símbolo pontual de direção do fluxo foi disposto.

O preenchimento dos símbolos pontuais de direção do fluxo de veículos foi produzido com a utilização de gradiente de cor, logo, a parte desse símbolo pontual que indica a direção foi escurecida por meio da variação de valor. Portanto, a extremidade que aponta para o deslocamento foi escurecida e a outra extremidade ficou com a característica quase similar à da linha do fluxo de veículos. Para o preenchimento desses símbolos, o modelo de especificação de cores HSL foi utilizado e as cores que indicam a parte da direção do símbolo podem ser descritas como: vermelho (matiz 5, saturação 253 e luminosidade 116) para o fluxo alto de veículos; laranja (matiz 20, saturação 253 e luminosidade 116) para o fluxo moderado de veículos; e amarelo (Matiz 33, saturação 253 e luminosidade 116) para o baixo fluxo.

A especificação do projeto gráfico dos mapas estáticos está organizada no Quadro 5. A categoria de informação foi dividida quanto às classes de símbolos. Os elementos de informação são as partes que constituem a categoria de informação. Um exemplo de cada símbolo foi inserido para facilitar a compreensão. O nível de medida de cada classe e a sua hierarquia visual

estão presentes, também. As unidades de medida dos símbolos foram expressas e as cores utilizadas no projeto foram especificadas pelo modelo RGB.

Quadro 5 - Especificação do projeto cartográfico para o mapa de fluxo

Categoria de informação	Elemento de informação	Nível de Medida	Símbolo	Dimensão Espacial	Hierarquia visual	Unidade de medida (mm)	Cor (RGB)
Quadra	Quadras	Classe única		Área	3ª	-	Preenchimento (240, 240, 233) Contorno (178, 178, 178)
Sistema viário	Avenidas Arteriais (Com fluxo)	Ordinal		Área	3ª	Largura 4,0mm	Preenchimento (255, 255, 255)
	Vias Locais			Área	2ª	Largura 2,0mm	Preenchimento (255, 255, 255)
	Direção das vias locais	Classe única		Ponto	2ª	Comprimento 4,0mm Espessura 2,0mm	Preenchimento (240, 240, 233)
Toponímia	Avenida	Ordinal	Av. Pará	-	2ª	Arial Tamanho 14pt.	Preenchimento (52, 52, 52)
	Vias Locais		R. Goiás	-	2ª	Arial Tamanho 10pt.	Preenchimento (78, 78, 78)
Intensidade do fluxo	Baixo	Ordinal		Linha	1ª	Espessura 2,0mm	Preenchimento (255, 223, 117)
	Moderado			Linha	1ª	Espessura 2,0mm	Preenchimento (254, 176, 102)
	Alto			Linha	1ª	Espessura 2,0mm	Preenchimento (254, 120, 102)
Direção do fluxo	Direção do fluxo Baixo	Ordinal		Ponto	1ª	Comprimento 6,0mm Espessura 2,0mm	Parte clara (255, 223, 117) Parte escura (240, 189, 0)
	Direção do fluxo Moderado			Ponto	1ª	Comprimento 6,0mm Espessura 2,0mm	Parte clara (254, 176, 102) Parte escura (245, 117, 1)
	Direção do fluxo Alto			Ponto	1ª	Comprimento 6,0mm Espessura 2,0mm	Parte clara (254, 120, 102) Parte escura (254, 36, 6)
Rota	Origem	Classe única		Ponto	1ª	Diâmetro 10mm	Preenchimento (56, 115, 168) Borda (0, 0, 0)
	Destino			Ponto	1ª	Comprimento 5mm Espessura 12mm	Preenchimento (56, 115, 168) Borda (0, 0, 0)
	Opção de rota			Ponto	1ª	Diâmetro 10mm	Preenchimento (56, 115, 168)

3.3. Projeto dos Símbolos Dinâmicos

Nesta etapa, foram utilizados os resultados obtidos no projeto gráfico concebido para os mapas estáticos. A dinamicidade foi criada por meio da aplicação de movimento às setas que indicam a direção do fluxo, até então estáticas. As representações cartográficas foram construídas no ArcGIS e salvas em formato *.tiff*. Posteriormente, essas representações foram inseridas no *software Microsoft Power Point*, o qual dispõe de ferramentas para produzir o efeito de deslocamento no símbolo pontual de direção do fluxo de veículos.

No processo de criação do movimento para os símbolos pontuais que indicam direção do deslocamento do fluxo sobre as linhas de fluxo, foram consideradas as características das variáveis com animação visual apontadas por Peterson (1995), bem como as variáveis dinâmicas definidas por DiBiase *et al.* (1992) e MacEachren (1995), além das recomendações de projeto de símbolos dinâmicos apontadas por Woods (1995), Mayer *et al.* (2002), Mayer e Moreno (2003), Harrower, 2004, e Dukaczewski (2014).

A variável visual estática selecionada para os mapas de fluxo de veículos é a cor (valor). O uso da cor pode facilitar a detecção de movimento, além de a mesma parecer não ser influenciada por símbolos em movimento (GHANDI *et al.*, 1999; BARTRAM; WARE, 2002; DUKACZEWSKI, 2014). Além disso, o movimento de símbolos pode ser associado ao movimento dos carros (no mundo real e no mapa), além de possibilitar adicionar uma dimensão de codificação extra à visualização da informação (BARTRAM; WARE, 2002). Nesse sentido, a variável com animação visual posição (movimento espacial) foi aplicada no intuito de expressar a direção do movimento dos veículos. Entretanto, ressalta-se que o movimento criado para representar a direção do fluxo não é hierarquizado. Logo, a velocidade da mudança da posição é similar para as três classes.

Os símbolos pontuais dinâmicos de direção do fluxo de veículos foram dispostos no mapa sobre as linhas de fluxo. A quantidade desses símbolos manteve a característica do projeto

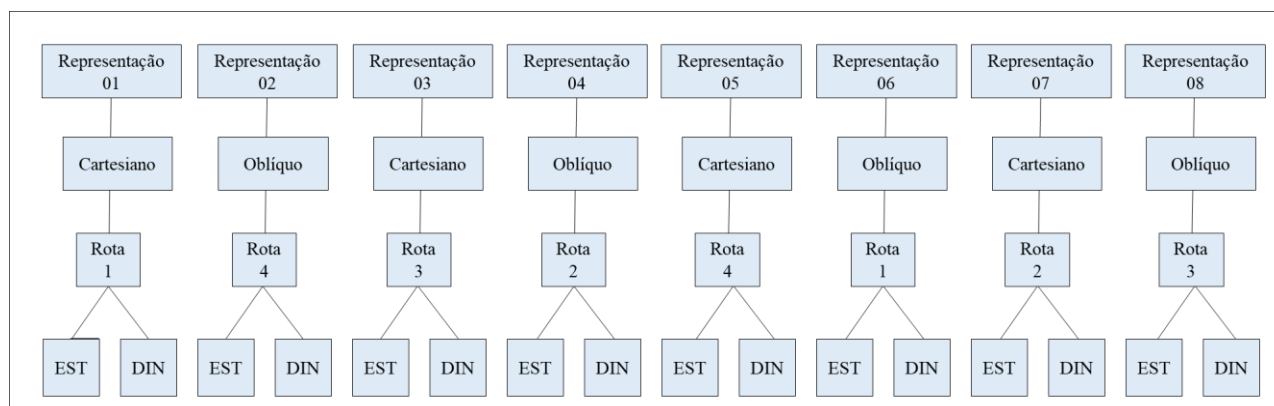
dos mapas estáticos. Portanto, à cada face de quadra, foi disposto sobre as linhas de fluxo de veículos um símbolo pontual para direção do fluxo. As características de composição da dinamicidade dos símbolos pontuais da direção do fluxo de veículos por meio de setas foram especificadas considerando suas propriedades perceptivas e sua função de representação no mapa, assim os seguintes são descritos:

- Velocidade: 0,25 centímetros por segundo;
- Intervalo de mudança: A cada quatro segundos, um novo símbolo dinâmico é inserido sobre a linha do fluxo de veículos;
- Sincronização: A distância entre os símbolos dinâmicos, bem como sua tendência de movimento para a mesma direção são sincronizadas. A sincronização é propiciada pela relação entre a velocidade e o intervalo de mudança dos símbolos pontuais dinâmicos.

3.4. Mapas de Fluxo de Veículos e Análise da Percepção Visual do Projeto de Cores

O conjunto de dezesseis representações cartográficas foi elaborado com o intuito de representar a tarefa de seleção de rota em um mapa de fluxo de veículos. Para cada representação cartográfica, foram sobrepostos símbolos pontuais estáticos para composição de oito mapas estáticos, bem como foram sobrepostos símbolos pontuais dinâmicos para composição de mais oito mapas dinâmicos. O resultado é um total de oito mapas projetados e produzidos para as vias com padrão cartesiano de linhas horizontais e verticais (quatro mapas estáticos e quatro mapas dinâmicos), e um outro total de oito mapas projetados e produzidos para as vias com padrão de linhas inclinadas (quatro mapas estáticos e quatro mapas dinâmicos). A figura 10 apresenta a ordem de construção dos mapas estáticos (EST) e dinâmicos (DIN), bem como a rotação das vias (cartesiano retangulares e oblíquo) e a direção das rotas (rota 1, rota 2, rota 3 e rota 4).

Figura 10 – Esquema de construção dos mapas de fluxo de veículos.



Durante o projeto das linhas de fluxo de veículos e dos símbolos pontuais que representam a direção do fluxo de veículos, o simulador de visão de cores *Color Oracle* foi utilizado de forma iterativa para verificar o processo de transformação de cores nesses mapas. Para cada tipo de visão de cores, os mapas devem transmitir a ordem do fluxo de veículos, bem como a direção do fluxo. Para isto, considerou-se os aspectos da percepção de cor dos tricromatas (visão normal de cores) e dicromatas: Protanope (deficiência no cone vermelho); Deuteranope (deficiência no cone verde); e Tritanope (deficiência no cone azul). As cores escolhidas para representar as linhas de fluxo de veículos, idealmente devem transmitir ao leitor do mapa a ideia de hierarquia.

Nota-se que os objetivos foram alcançados para essa etapa. As oito representações estáticas projetadas e produzidas (descritas neste capítulo) são apresentadas nas figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18. Para cada representação produzida, utilizou-se o simulador de visão de cores *Color Oracle* para verificar como as diferentes categorias de visão de cores às percebem. As versões desses mapas próximas ao tamanho da mídia de apresentação (*tablet 7"*) são apresentadas no Apêndice B.

Figura 11 – Representação 01 (Rep_01) percebida por tricromatas e dicromatas.

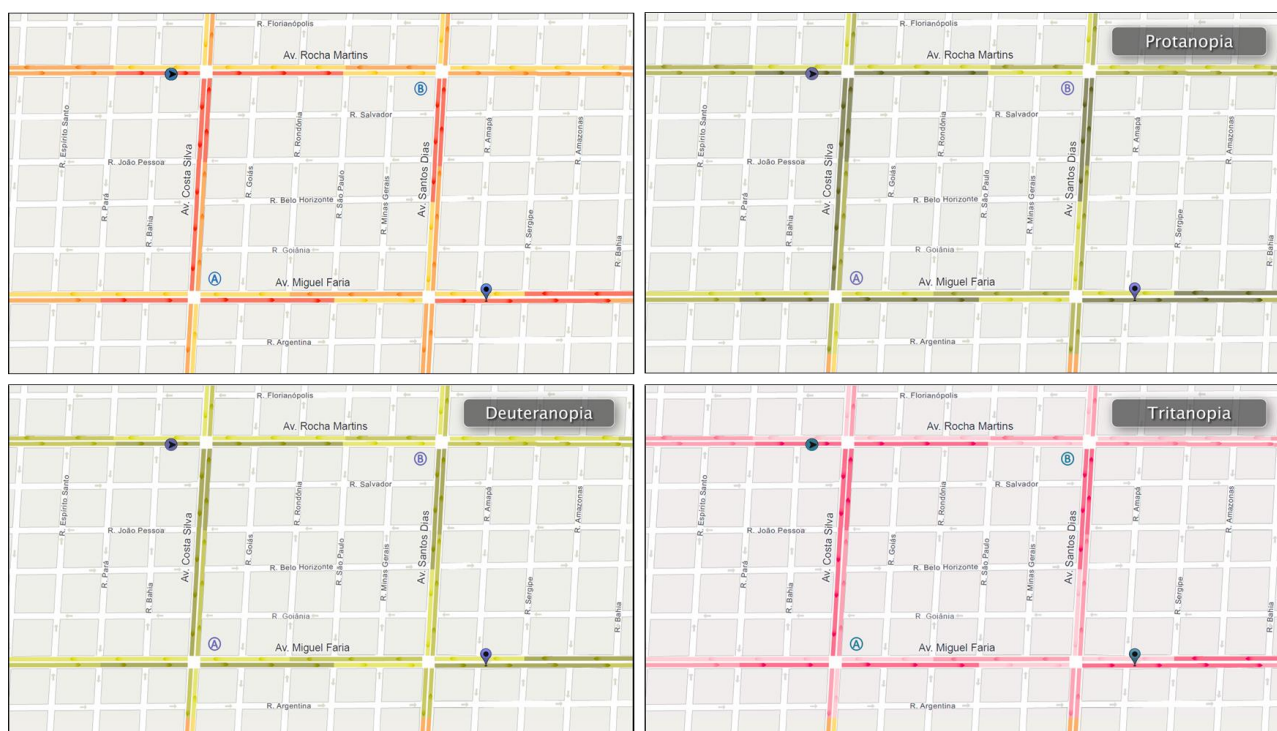


Figura 12 – Representação 02 (Rep_02) percebida por tricromatas e dicromatas.

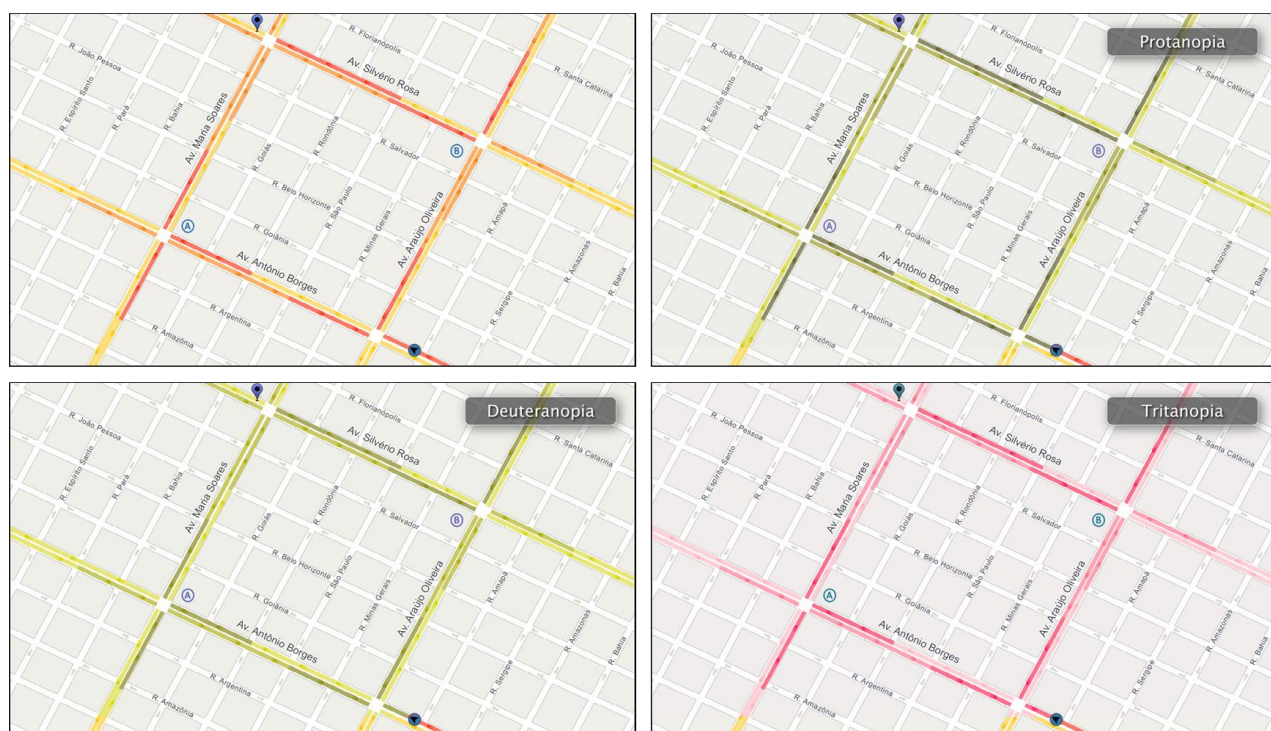


Figura 13 – Representação 03 (Rep_03) percebida por tricromatas e dicromatas.

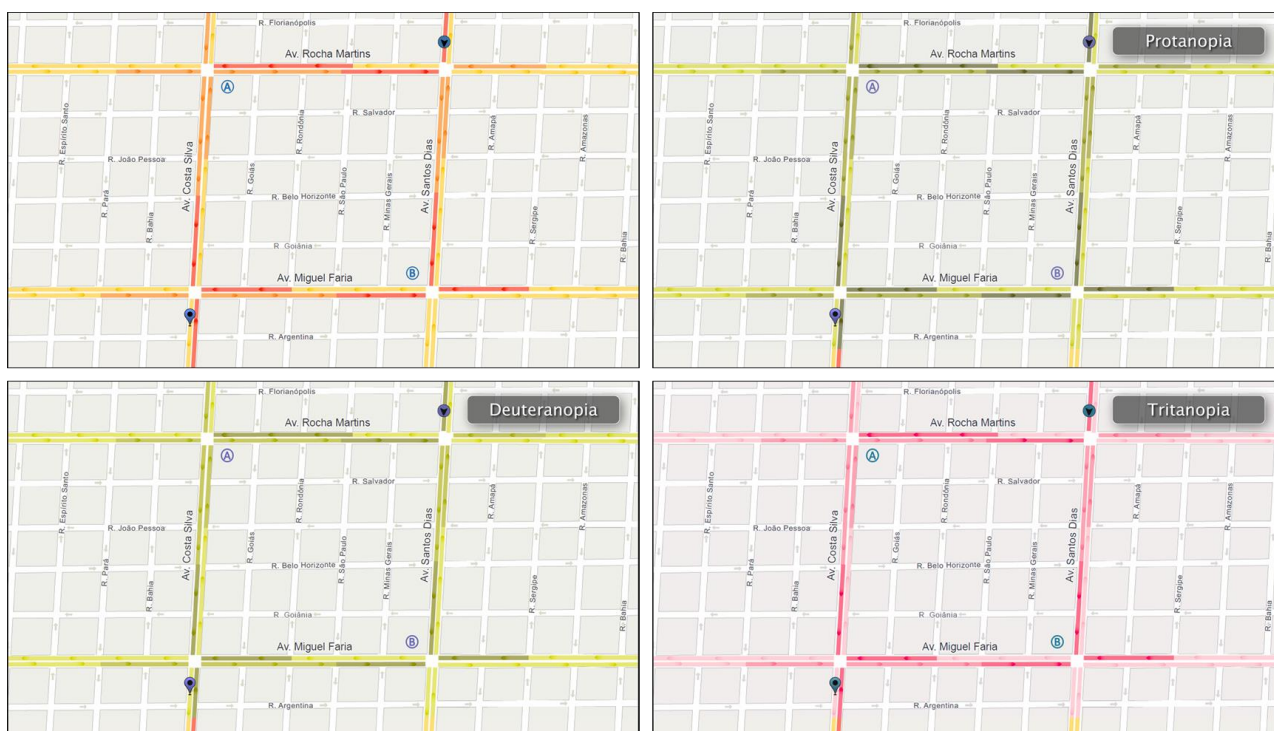


Figura 14 – Representação 04 (Rep_04) percebida por tricromatas e dicromatas.

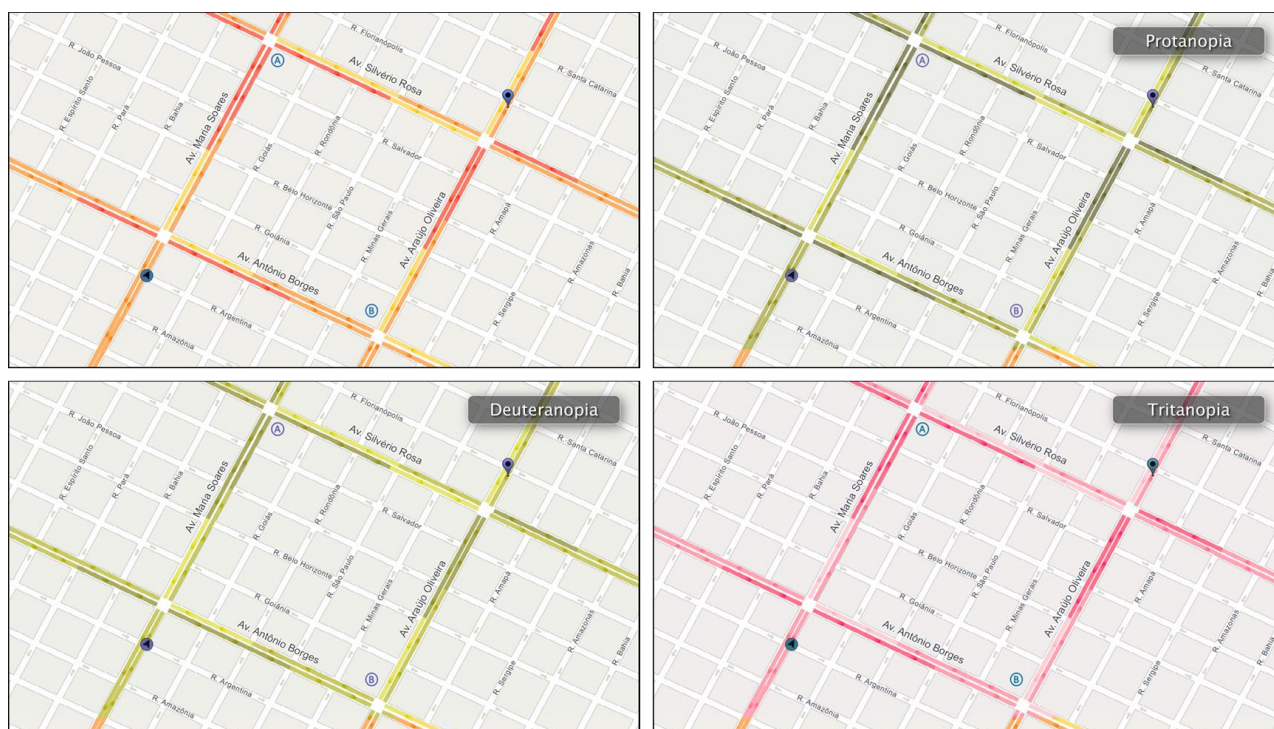


Figura 15 – Representação 05 (Rep_05) percebida por tricromatas e dicromatas.

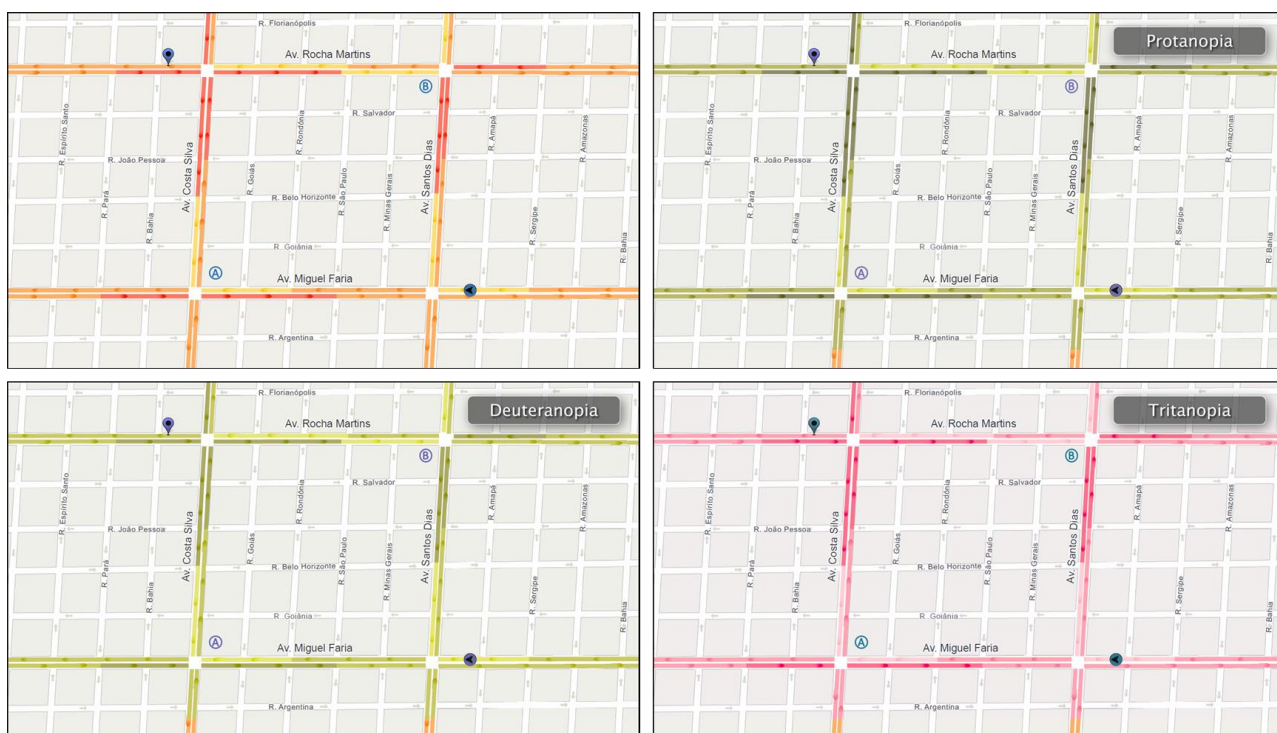


Figura 16 – Representação 06 (Rep_06) percebida por tricromatas e dicromatas.

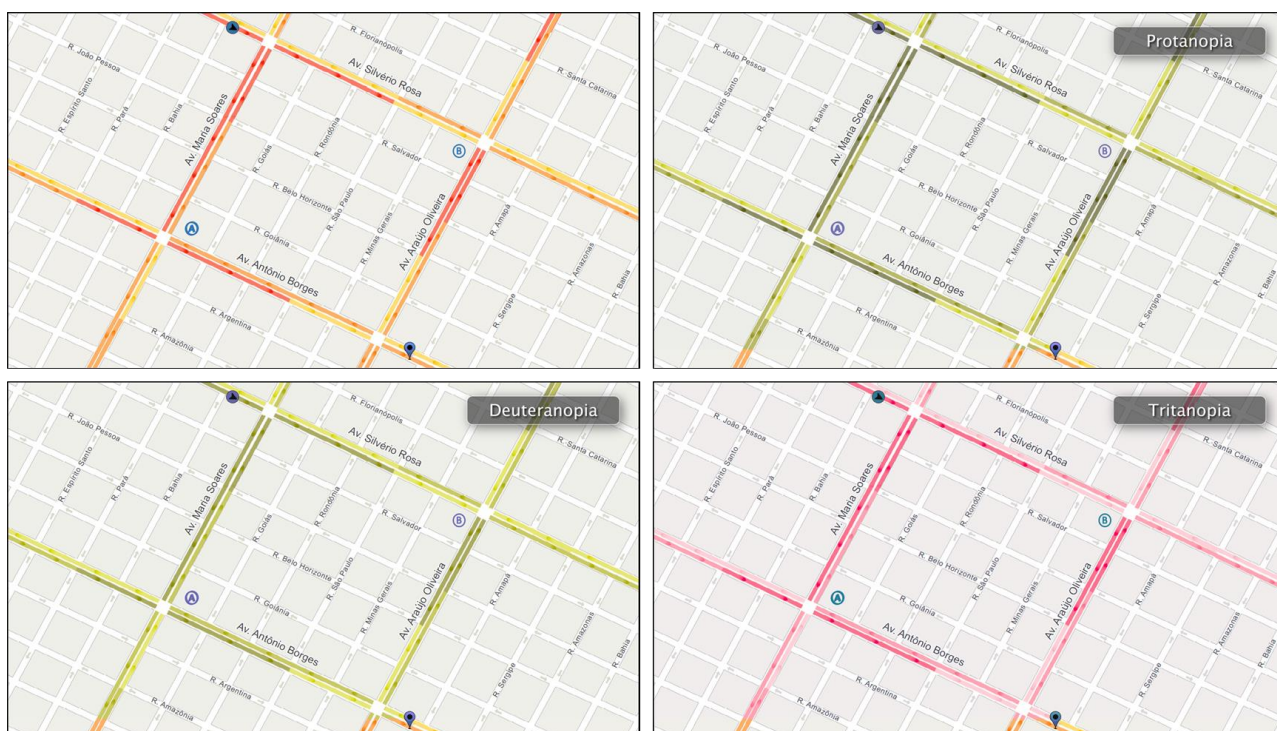


Figura 17 – Representação 07 (Rep_07) percebida por tricromatas e dicromatas.

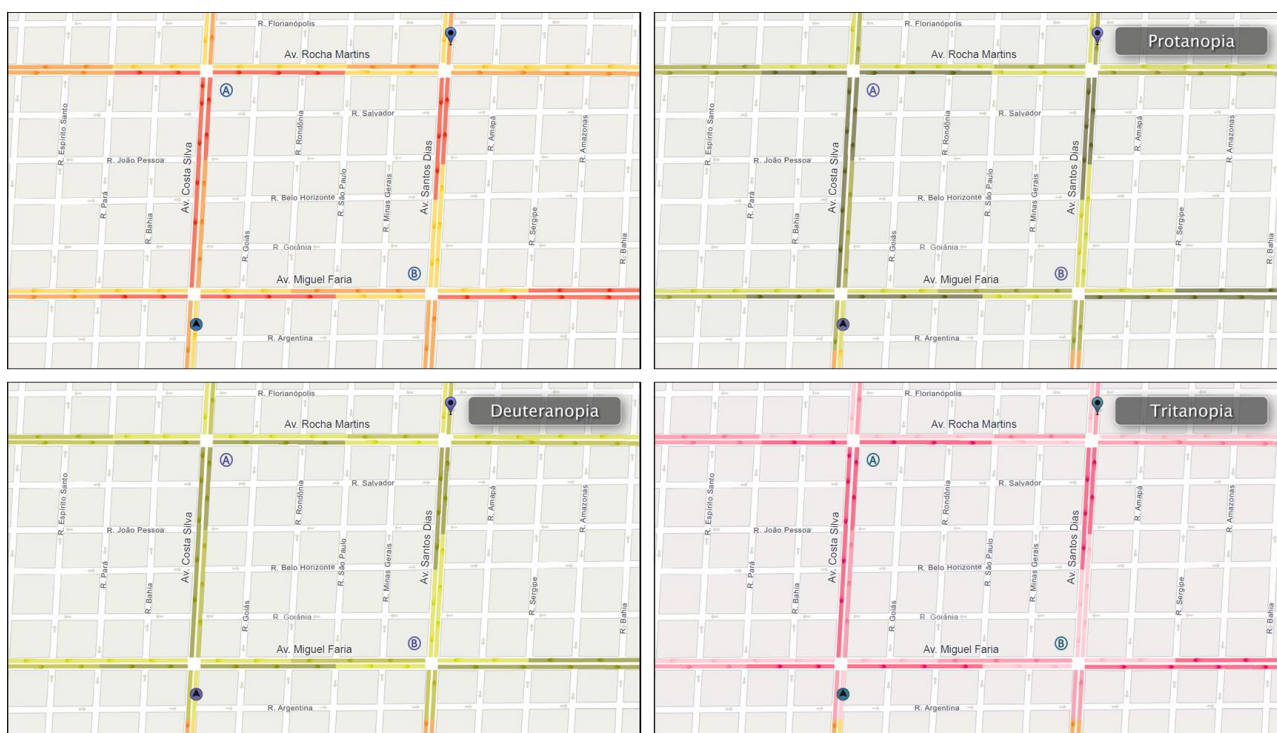
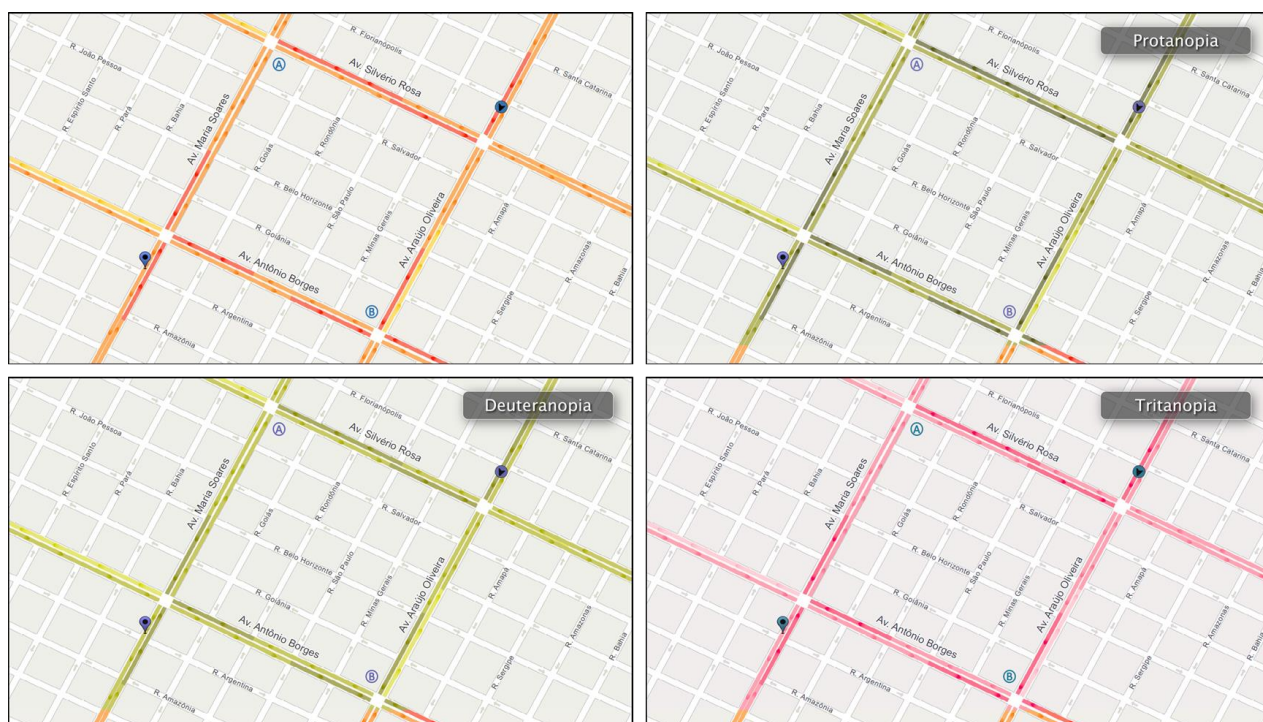


Figura 18 – Representação 08 (Rep_08) percebida por tricromatas e dicromatas.



4. EXPERIMENTO

O experimento foi delineado a partir da definição das tarefas. As tarefas foram determinadas para verificar o desempenho de pessoas daltônicas ou não durante a etapa de seleção de rotas. Este capítulo compreendeu as seguintes etapas: (1) preparação dos documentos para avaliação dos mapas junto aos voluntários dos experimentos; (2) seleção e recrutamento de voluntários para os experimentos; (3) procedimento de realização dos experimentos; (4) extração e organização dos dados coletados nas entrevistas.

4.1. Documentação para Avaliação dos Mapas

Para conduzir os experimentos, foram elaborados os seguintes documentos: termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice C); questionário de caracterização do participante (Apêndice D); roteiro da experimentação (Apêndice E); manual de símbolos do mapa de fluxo de veículos (Apêndice F); questionário de avaliação dos mapas e do experimento (Apêndice G). Esses documentos, juntamente com o projeto de pesquisa, foram enviados ao Comitê de Ética em Pesquisa, através da Plataforma Brasil, de acordo com os requisitos da Resolução CNS 466/12, da Norma Operacional 01/2013 e do Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Unesp – Campus de Presidente Prudente. A documentação foi aprovada e não houve a necessidade de alteração.

O termo de consentimento livre e esclarecido foi elaborado com a função de enfatizar o objetivo da pesquisa, e de registrar a aceitação formal do candidato em participar do experimento (Apêndice C). O questionário de caracterização do participante foi elaborado com o propósito de coletar informações a serem utilizadas nas análises sobre os grupos de participantes (Apêndice D). Também, tem o propósito de coletar informações sobre características que podem ajudar na explicação de possíveis valores atípicos que podem apresentar grandes afastamentos dos

demais da série de dados (ex.: idade; experiência com mapa de fluxo; característica oftalmológica; nível de escolaridade).

Para os participantes que declararam possuir deficiência na visão de cores, isso foi verificado por meio da realização do teste de Ishihara (Anexo A). Após, iniciou-se os procedimentos da experimentação. O roteiro da experimentação foi preparado com o intuito de descrever as etapas, bem como as tarefas do participante durante o experimento (Apêndice E). O roteiro da experimentação foi entregue ao participante em formato impresso e também foi lido pelo pesquisador.

O manual de símbolos dos mapas de fluxo de veículos (Apêndice F) foi preparado para familiarizar o participante com os tipos de mapas que seriam utilizados. Este documento objetivou apoiar a tarefa de seleção da rota. O manual de símbolos foi exibido aos participantes em forma de apresentação no *Microsoft Power Point*, em monitor de 7", bem como também foi explicado verbalmente pelo pesquisador. Rótulos explicativos foram adicionados aos símbolos dos mapas no manual.

Para avaliar a carga mental de trabalho subjetiva, um questionário de avaliação do experimento e dos mapas de fluxo foi elaborado (Apêndice G). Para isto, adotou-se a técnica NASA-RTLX (FAIRCLOUGH, 1991; BURNETT, 1998), a qual permite estimar o índice de carga mental de trabalho subjetiva, por meio de um conjunto de sete componentes: exigência mental, exigência física, demanda temporal, nível de distração, esforço requerido, nível de frustração e nível de satisfação. Os participantes receberam o questionário impresso e assinalaram valores em escala (de 0 a 10) para cada componente. Mais de uma pergunta foi apresentada em cada componente, o que dependeu do tipo da informação requerida para cada tipo de mapa apresentado durante o experimento (estático e dinâmico).

O questionário de satisfação por tipos de mapas de fluxo de veículos foi composto por duas questões relacionadas com cada tipo de mapa apresentado (estático e dinâmico), e a nota

variou de 0 a 10 (Apêndice G). Para cada conjunto de mapas avaliado, o participante foi questionado quanto ao motivo que o levou a atribuir as notas sobre a satisfação acerca dos tipos de mapas.

4.2. Participantes

Para alcançar o objetivo deste trabalho, dois grupos de participantes foram selecionados para participar dos experimentos. O primeiro grupo foi formado por pessoas com visão normal de cores (tricromatas) e o segundo grupo foi formado por pessoas portadoras de deficiência na visão de cores (dicromatas). O recrutamento dos participantes foi realizado por abordagem pessoal, divulgação por e-mail, redes sociais, bem como pela fixação de panfletos nos murais da faculdade. Quanto aos que manifestaram interesse em participar dos testes e que atendiam aos critérios, a sua presença foi solicitada para ir ao local de realização dos experimentos.

A partir da seleção dos participantes, dois grupos com dez integrantes foram formados. O número pequeno de participantes foi devido à dificuldade de encontrar pessoas portadoras de deficiência na visão de cores. Foi feita uma análise das características dos participantes a partir da consulta do questionário de caracterização do participante (Apêndice D). A análise do teste de Ishihara aplicado aos participantes que declararam possuir deficiência na visão de cores comprovou essa deficiência para todos os participantes daquele grupo. No entanto, não foi possível classificar os participantes quanto às disfunções na visão de cores que os mesmos possuíam.

Os dois grupos de participantes foram compostos por pessoas do sexo masculino, com idades entre 18 e 40 anos. Os participantes do grupo de tricromatas apresentaram idade média de 29 anos, enquanto que o grupo de dicromatas apresentou idade média de 27 anos. Todos os vinte participantes declararam possuir ensino médio completo, mais especificamente: 10% dos participantes possuíam até o ensino médio completo; 20% dos participantes declararam possuir ensino superior incompleto; e 70% dos participantes declararam possuir ensino superior completo.

Os participantes foram questionados quanto às suas experiências na utilização de mapas. No grupo de tricromatas, 40% declararam possuir alta experiência, 30% média experiência e 30% baixa experiência. No grupo de dicromatas, 40% dos participantes declararam possuir alta experiência no uso de mapas, 40% média experiência e 20% baixa experiência. Os participantes foram questionados quanto às suas experiências no uso de mapas em GPS de navegação. No grupo de tricromatas, 20% declararam possuir alta experiência, 40% média experiência e 40% baixa experiência. No grupo de dicromatas, 50% declararam possuir alta experiência no uso de mapas em GPS de navegação, 30% média experiência e 20% baixa experiência.

A experiência dos participantes quanto a utilização de mapa de fluxo de veículos foi investigada no questionário de caracterização dos participantes. Para o grupo de tricromatas, 90% dos participantes declararam já haver utilizado esse tipo de mapa, enquanto 80% dos participantes do grupo de dicromatas já haviam utilizado. Os participantes informaram utilizar mapas de fluxo de veículos principalmente durante viagens, em cidades desconhecidas e de porte grande. Esses mapas estavam acessíveis a esses participantes por meio de aplicativos de celular e/ou no ‘GPS’ do automóvel.

Embora os participantes tenham declarado ter feito a utilização de mapas de fluxo de veículos, nem todos atribuíram suas interpretações como de fácil entendimento. Dentre os participantes do grupo de tricromatas que já utilizaram mapa de fluxo de veículos declaram fácil o seu entendimento. Dentre os participantes do grupo de dicromatas que já utilizaram esse tipo de mapa, 50% declarou haver dificuldades no seu entendimento. Ambos os grupos de participantes atribuíram notas elevadas quanto à importância da representação de fluxo de veículos em mapas. No grupo dos tricromatas, a média atribuída à importância da disponibilidade de informação de congestionamento foi de 8,55, enquanto que essa média para o grupo de dicromatas foi de 8,85.

4.3. Procedimento

Após a entrada do participante no laboratório, o experimentador fez uma explanação breve sobre o objetivo da pesquisa e o motivo de se avaliar mapas de fluxo de veículos, tanto estáticos quanto dinâmicos), para pessoas que possuem ou não deficiência na visão de cores. Na sequência, o participante foi convidado a ler e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice C). Uma entrevista estruturada de caracterização individual do participante (Apêndice D) foi aplicada após assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Os participantes que declararam possuir deficiência na visão de cores foram submetidos ao teste de Ishihara (Anexo A), para confirmar a presença da deficiência de cores.

Na sequência, o experimentador fez a apresentação do roteiro da experimentação ao participante (Apêndice E). O participante foi conscientizado de que deveria compreender a tarefa como se estivesse, de fato, com um automóvel estacionado em uma via, em cidade desconhecida e fazendo uso de um 'GPS de navegação' para selecionar uma rota que partisse de sua origem e alcançasse o destino desejado. Ainda, o participante deveria considerar um dia útil da semana para realização dessa rota, por volta das 18:00 horas, quando o trânsito de veículos é mais intenso. Por isto, as vias poderiam apresentar congestionamento acentuado.

A tarefa de contextualização com o mundo real foi realizada pela leitura do Apêndice E pelo experimentador, enfatizou-se que a compreensão do roteiro da pesquisa, de maneira séria, conduziria a uma tarefa bem-sucedida. Foi destacado que os sistemas de navegação selecionam rotas por meio de critérios distintos, dentre os quais se destaca a intensidade do fluxo. No entanto, a decisão é do motorista, e isto é feito com base nos dados de fluxo que lhes são apresentados no mapa.

Com o intuito de se deslocar até o destino, o participante deveria escolher uma rota a partir da sua localização e, neste caso, a melhor rota é a que o permite alcançar o destino mais rapidamente, ou seja, a que apresenta menor intensidade de fluxo. Para a seleção da rota, haviam

somente duas opções no mapa e que, embora escolhesse uma rota ou outra, em qualquer uma das duas haveria uma conversão (manobra) que atravessasse a pista dos carros que vem na direção oposta e que isto é resolvido pela sinalização presente na via. Isto foi importante para não comprometer possíveis interpretações que possam ser consideradas, de maneira não pretendida, pelo pesquisador.

O participante foi familiarizado com os mapas, por meio da apresentação do manual de símbolos (Apêndice F) e de dois mapas similares aos que encontrariam durante o experimento. Esses mapas tiveram a finalidade de nivelar o conhecimento sobre as representações cartográficas, bem como dos procedimentos empregados durante o experimento. Os mapas pré-experimentais apresentaram os dois tipos (estático e dinâmico) ao participante de maneira sequencial, o primeiro mapa com o tipo estático e o segundo mapa com o tipo dinâmico, ou com essa ordem invertida. Após essa etapa de contextualização e conhecimento dos mapas, iniciou-se os experimentos. Durante o experimento, foram coletados dados para as variáveis tempo de resposta e número de acertos (escolha da rota e desenho correto dos locais e intensidades de fluxo).

Primeiramente, foi apresentado na tela do *tablet* um mapa com intensidades e direções do fluxo de veículos, bem com símbolos de origem e destino de uma rota, distinguidas por símbolos “A” e “B”. A tarefa foi selecionar mentalmente uma rota que partisse da origem e chegasse ao destino. Em seguida, informar o experimentador qual a rota escolhida (A ou B). Com o intuito de minimizar tendências, o segundo mapa apresentou representações diferentes, as variações foram quanto: à direção das vias do mapa (vias com linhas horizontais e verticais; e vias com linhas inclinadas); aos locais de origem e destino da rota (rota 1, rota 2, rota 3 ou rota 4); e ao tipo de representação do fluxo de veículos (estático ou dinâmico).

O participante teve até 30 segundos para observar o mapa e escolher a melhor rota. A escolha da rota foi aconselhada a ser baseada nos critérios apontados por GOLLEDGE e GÄRLING (2004), tais como: mais rápidas; evitando congestionamento; situações possivelmente

negativas; exposição a trânsito pesado; de acordo com o congestionamento real ou percebido; garantindo que a locomoção permaneça dentro de um determinado corredor envolvendo uma conexão direta entre origem e destino; minimizando o esforço. O método adotado para a coleta dos dados dessa tarefa consistiu em solicitar que o participante respondesse, em voz alta, com gravação de sua resposta para posterior análise. Quando a rota foi selecionada, o participante informou (“rota A” ou “rota B”). As respostas foram gravadas pelo sistema de áudio do *Tablet* para facilitar a coleta de dados.

O participante pôde observar o mapa até o final dos 30 segundos iniciais, para que assim, fosse possível memorizar a rota traçada, bem como as intensidades de fluxo da rota. Após os 30 segundos de observação do mapa, um mapa em papel com quadras em cinza e vias em branco foi entregue ao participante para desenhar a rota utilizando três lápis com cores relacionadas às categorias de fluxo representadas nos mapas visualizados. Cada participante utilizou um total de oito mapas diferentes, sendo quatro estáticos e quatro dinâmicos.

A apresentação dos dezesseis mapas produzidos na etapa do projeto dos mapas foi dividida em dois conjuntos, sendo que cada conjunto continha oito mapas (quatro estáticos e quatro dinâmicos), um para cada representação. Os esquemas de apresentação dos conjuntos de mapas são apresentados no Quadro 5 (primeiro conjunto) e no Quadro 6 (segundo conjunto). Assim, o tipo dos mapas apresentados no primeiro conjunto foi exibido com tipo diferente no segundo conjunto. Portanto, para o mapa apresentado de forma estática no primeiro conjunto, o mesmo foi exibido de forma dinâmica no segundo conjunto.

Cinco participantes de cada grupo (conforme o tipo de visão de cores) fizeram a leitura de um conjunto de mapas (conjunto 01), os outros cinco participantes fizeram a leitura do outro conjunto de mapas. Essa forma de divisão propiciou que cada mapa pudesse ser analisado conforme seu tipo (estático e dinâmico) por cada grupo de participantes (visão normal de cores e deficientes na visão de cores).

Quadro 6 - Conjunto 01 de apresentação de mapas

Mapa	Representação	Tipo	Rota	Resposta Correta
01	Linhas Horizontais e Verticais	Estático	01	B
02	Linhas Inclínadas	Dinâmico	04	A
03	Linhas Horizontais e Verticais	Estático	03	B
04	Linhas Inclínadas	Dinâmico	02	A
05	Linhas Horizontais e Verticais	Dinâmico	04	B
06	Linhas Inclínadas	Estático	01	B
07	Linhas Horizontais e Verticais	Dinâmico	02	B
08	Linhas Inclínadas	Estático	03	B

Quadro 7 - Conjunto 02 de apresentação de mapas

Mapa	Representação	Tipo	Rota	Resposta Correta
01	Linhas Horizontais e Verticais	Dinâmico	01	B
02	Linhas Inclínadas	Estático	04	A
03	Linhas Horizontais e Verticais	Dinâmico	03	B
04	Linhas Inclínadas	Estático	02	A
05	Linhas Horizontais e Verticais	Estático	04	B
06	Linhas Inclínadas	Dinâmico	01	B
07	Linhas Horizontais e Verticais	Estático	02	B
08	Linhas Inclínadas	Dinâmico	03	B

Posteriormente, o experimentador apresentou o questionário de avaliação dos mapas (Apêndice G). Nessa etapa, foram coletadas medidas sobre a carga mental de trabalho subjetiva ocorrida durante a leitura dos mapas e realização desenho da rota, bem como foi coletado o nível de satisfação pelos mapas estáticos e dinâmicos. A literatura recomenda que a coleta de dados da carga mental de trabalho ocorra instantes após a realização da tarefa, para que as informações não sejam esquecidas pelo indivíduo (YOUNG; STANTON, 2005; PUGLIESI *et al.*, 2013). O questionário NASA-RTLX foi utilizado na coleta desses dados durante o experimento. No preenchimento do questionário NASA-RTLX (Apêndice G), o participante foi orientado a marcar graduações para cada pergunta em cada uma das sete dimensões.

Cada pergunta no questionário de avaliação dos mapas conteve um total de 10 graduações, fracionadas de meio em meio, com a presença de números a cada número inteiro. Para o preenchimento do questionário, o pesquisador fez a leitura do texto explicativo dessas escalas, contextualizando com a tarefa de navegação realizada. Um questionário que permitiu identificar o

nível de satisfação por tipos em mapas de fluxo direcionado de veículos também contou a atribuição de nota (de 0 a 10) para cada tipo de mapa (estático e dinâmico) apresentado. Ainda, o participante foi orientado a justificar sua escolha por meio de respostas escritas.

4.4. Extração e Organização dos Dados

Os dados foram organizados conforme investigações iniciais, tais como: tempo de resposta de seleção da rota, escolha da rota (acerto), desenho da rota (número de partes corretas representadas em desenho), carga mental de trabalho subjetiva e nível de satisfação por tipos de representação. Os dados foram organizados de acordo com o tipo de visão de cores: pessoas com visão normal de cores e pessoas com deficiência na visão de cores. Parte dos dados foram coletados por meio de respostas escritas pelo participante e/ou pelo experimentador, bem como do registro da voz do participante, por meio do próprio dispositivo de exibição dos mapas.

A partir da reprodução dos arquivos de áudio, foi feita a extração dos dados e os mesmos foram organizados em planilhas do Microsoft Excel para posterior etapa de análise dos resultados. O desenho da rota foi coletado por meio de um esboço da rota e do fluxo transcritos em um mapa contendo somente uma base cartográfica. Os dados de índice de carga mental de trabalho foram coletados por meio da técnica NASA-RTLX (Apêndice G). A extração dos dados sobre a satisfação dos participantes pelos tipos de representações ocorreu por meio de avaliação dos mapas (Apêndice G). As justificativas dos participantes para a escolha de um tipo de mapa foram coletadas no formulário de avaliação dos mapas (Apêndice G).

A extração dos dados de seleção de rota consistiu em analisar os seguintes documentos: formulário de respostas (Apêndice H); reprodução dos arquivos de áudio gravados durante o experimento; desenho da rota. Os arquivos de áudio foram reproduzidos no *Windows Media Player*, e as respostas dos participantes foram verificadas com as respostas transcritas pelo experimentador (Apêndice H).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para determinar a usabilidade das representações cartográficas projetadas, os seguintes dados foram analisados: tempo para selecionar a rota; número de acertos para selecionar a rota; número de acertos para a transcrever o fluxo de veículos ao longo da rota; carga mental de trabalho subjetiva; nível de satisfação por tipos de representações. Os dados coletados durante os experimentos foram analisados quanto às diferenças no tipo de visão de cores dos grupos de participantes (Visão Normal de Cores - VNC *versus* Deficientes na Visão de Cores - DVC) e quanto aos tipos de mapas (Estáticos - EST *versus* Dinâmicos - DIN). As análises estatísticas foram realizadas no software *Minitab Pro 16*. O tipo de análise estatística empregada (paramétrica ou não paramétrica) levou considerou os resultados dos testes de normalidade sobre os dados coletados.

Os valores para os dados de cada grupo de participantes e para cada tipo de mapas foram analisados quanto às suas distribuições (normal ou não) por meio do teste de Shapiro-Wilk. Nesse teste de normalidade, os valores de p que forem menores que 0,05 são considerados fora da distribuição com normalidade (nível de significância a 95%). Logo, os testes de hipótese foram definidos para analisar os conjuntos de dados. Para os dados que apresentaram distribuição normal, o teste de hipótese selecionado foi o teste paramétrico t -Student (para duas amostras dependentes ou independentes). Para os dados que não apresentaram normalidade, o teste de hipótese selecionado foi o não paramétrico de Wilcoxon (para duas amostras dependentes), bem como o teste não paramétrico de Mann-Whitney (para duas amostras não dependentes).

As hipóteses testadas foram: H_0 : não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos analisados, contra H_1 : há diferença estatisticamente significativa entre os grupos analisados. Com a aplicação dos testes de hipótese, caso o valor de p encontrado seja menor ou igual a 0,05 (nível de significância a 95%) a hipótese nula será rejeitada.

5.1. Taxa de Acertos para a Tarefa de Seleção de Rotas

Esta etapa compreendeu a análise da taxa de acertos para a tarefa de seleção de rotas. Para apoiar na determinação da eficácia das representações, o conjunto de oito mapas, apresentado a cada participante, foi analisado quanto à taxa de acertos na tarefa de seleção das rotas. As respostas corretas (rota A ou rota B) foram consideradas nos cálculos, essas repostas foram determinadas com base na rota que liga os dois pontos mais rapidamente. No total, todos os dez participantes com visão normal de cores escolheram um total de oitenta rotas (oito por participante, uma para cada representação cartográfica utilizada), sendo quarenta para os mapas estáticos e quarenta para os mapas dinâmicos. Esses valores também se aplicam aos participantes com deficiência na visão de cores. A análise do desempenho dos grupos de participantes e dos tipos de mapas considerou as médias das taxas de acertos de cada grupo, para cada uma das oito representações.

Considerando os dois grupos de categorias de visão de cores dos participantes e os tipos de mapas em um único conjunto, a taxa de acertos para cada representação foi de: Rep_01= 70%; Rep_02= 80%; Rep_03= 65%; Rep_04= 65%; Rep_05= 50% (menor valor); Rep_06= 90%; Rep_07= 95% (maior valor); Rep_08= 90%. A Tabela 1 mostra a estatística descritiva e o teste de normalidade para a escolha da rota correta nas oito representações cartográficas, descritas em termos de: categorias de visão de cores ou tipos de mapas (Grupo); número total de acertos para a escolha da rota por cada grupo (N°); porcentagem ou taxa de acertos para a tarefa (%); desvio padrão amostral da taxa de acertos (DPA); valor p no teste de normalidade da taxa de acertos dos grupos (Shapiro-Wilk).

Tabela 1 - Estatística descritiva e teste de normalidade para a escolha da rota

Grupo	N°	%	DPA	Shapiro-Wilk	Grupo	N°	%	DPA	Shapiro-Wilk
Total	121	75,63	3,14	p > 0,100	VNC-EST	31,00	77,5	0,83	p > 0,100
VNC	63	78,75	1,55	p > 0,100	VNC-DIN	32,00	80,0	1,31	p > 0,100
DVC	58	72,50	2,25	p > 0,100	DVC-EST	30,00	75,0	1,16	p > 0,100
Mapa Estático	62	77,50	1,28	p > 0,100	DVC-DIN	28,00	70,0	1,85	p > 0,100
Mapa Dinâmico	60	75,00	2,27	p > 0,100					

Os valores de taxa de acertos para a tarefa de seleção de rotas pelos grupos de participantes apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (valor de $p > 0,100$). Portanto, o teste paramétrico t-Student foi selecionado para a análise das diferenças de taxa de acertos para essa tarefa. As hipóteses testadas foram: H_0 : não há diferença estatisticamente significativa na escolha da rota correta entre os grupos, contra H_1 : há diferença estatisticamente significativa na escolha da rota correta entre os grupos.

Considerando os mapas estáticos e os mapas dinâmicos pertencendo a um único conjunto e a análise em função do tipo de visão de cores, os participantes com visão normal de cores obtiveram 78,75% em taxa de acertos na tarefa de seleção de rotas, enquanto as pessoas com deficiência na visão de cores obtiveram 72,50%. As pessoas com visão normal obtiveram taxa de acertos superior às pessoas com deficiência na visão de cores para as representações 01, 02 e 03; taxa de acertos semelhante para as representações 05 e 08; e taxa de acertos inferiores para 04 e 08. Logo, parece haver um desempenho semelhante entre os grupos de participantes quando considerados os diferentes tipos de mapas. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras não dependentes) não encontrou diferença significativa na escolha da rota correta entre os grupos de participantes (valor de $p = 0,530$), logo não se rejeita H_0 .

Considerando os diferentes tipos de visão de cores (VNC e DVC) pertencendo a um único grupo e a análise em função do tipo de representação, a taxa de acertos correspondeu a 74,40% para os mapas estáticos, enquanto os mapas dinâmicos obtiveram uma taxa de acertos de 70%. Em comparação aos mapas dinâmicos, a taxa de acertos para os mapas estáticos foi superior nas representações 01, 03, 04, 05 e 07; semelhante para a representação 08; e inferior para as representações 02 e 06. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes) não encontrou diferença significativa na escolha da rota correta entre os tipos de mapas (valor de $p = 0,763$), logo não se rejeita H_0 .

A taxa de acertos para a tarefa de seleção de rotas foi analisada em função do tipo de visão de cores. Os participantes com visão normal de cores tiveram acertos de 77,5% com os mapas estáticos e 80% com os mapas dinâmicos. Esses participantes obtiveram taxa de acertos superior nos mapas estáticos para as representações 04, 05, 07 e 08 e inferior para as representações 01, 02, 03 e 06. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes) não encontrou diferença significativa na escolha da rota correta entre o mapa estático e o mapa dinâmico (valor de $p = 0,826$), logo não se rejeita H_0 .

Os participantes com deficiência na visão de cores tiveram acertos de 75% com os mapas estáticos e 70% com os mapas dinâmicos. Esses participantes obtiveram taxa de acertos superior ao fazer uso dos mapas estáticos para as representações 01, 03 e 05; semelhante às representações 06 e 07; e inferior com as representações 02, 04 e 08. Com a aplicação do teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes), não foi encontrada diferença significativa na escolha da rota correta entre o mapa estático e o mapa dinâmico (valor de $p = 0,528$), logo não se rejeita H_0 .

Os mapas estáticos e dinâmicos foram analisados separadamente quando percebidos pelos diferentes grupos de visão de cores. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras não dependentes) indicou que não houve diferença significativa na escolha da rota correta, obtendo os valores de p iguais a 0,809 e 0,545 para cada tipo de representação, respectivamente. Logo, não se rejeita H_0 .

5.2. Tempo de Resposta para a Tarefa de Seleção de Rotas

Esta etapa compreendeu a análise do tempo de resposta para a tarefa de seleção de rotas. O conjunto de oito representações cartográficas, apresentado a cada participante, foi analisado quanto à média do tempo para a escolha da rota feita em cada representação. Todos os valores de tempo foram considerados nessa análise, mesmo para as rotas escolhidas incorretamente (rota A e

rota B). Os dez participantes com visão normal de cores escolheram oitenta rotas (totais) entre as oito representações, sendo quarenta para os mapas estáticos e quarenta para os mapas dinâmicos. Esses valores também se aplicam aos participantes com deficiência na visão de cores.

Considerando os quatro grupos analisados, o tempo médio para a escolha em cada mapa foi de: Rep_01= 12,7s (menor valor); Rep_02= 14,95s; Rep_03= 16,73s; Rep_04= 13,17s; Rep_05= 16,02s; Rep_06= 16,34s; Rep_07= 13,4s; Rep_08= 17,62s (maior valor). A Tabela 2 mostra a estatística descritiva e o teste de normalidade para o tempo de escolha da rota com as oito representações cartográficas descritas em termos de: categorias de visão de cores ou tipos de mapas (Grupo); tempo total para a escolha da rota por cada grupo (Total); média do tempo de escolha de rota (Média); desvio padrão amostral da taxa de acertos (DPA); valor p para o teste de normalidade da taxa de acertos dos grupos (Shapiro-Wilk).

Tabela 2 - Estatística descritiva e teste de normalidade: tempo para seleção da rota

Grupo	Total	Média	DPA	Shapiro-Wilk	Grupo	Total	Média	DPA	Shapiro-Wilk
Total	2411,35	15,07	1,92	>0,100	VNC-EST	528,45	13,21	3,25	>0,100
VNC	936,47	11,63	1,61	>0,100	VNC-DIN	408,02	10,20	1,81	>0,100
DVC	1474,88	18,43	2,55	>0,100	DVC-EST	667,58	16,69	2,86	>0,100
Estático	1196,03	14,95	2,61	>0,100	DVC-DIN	807,30	20,18	2,70	>0,100
Dinâmico	1215,32	15,19	2,03	>0,100					

Os valores de tempo de escolha da rota para os grupos de participantes e tipos de mapas apresentaram distribuição normal conforme o teste de Shapiro-Wilk (valor de $p > 0,100$). Para tanto, o teste paramétrico t-Student foi utilizado para a análise das diferenças no tempo de resposta para essa tarefa. As hipóteses testadas foram: H_0 : não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos, contra H_1 : há diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Considerando os mapas estáticos e os mapas dinâmicos em um único conjunto, as pessoas com visão normal de cores escolheram as rotas com a média de tempo igual a 11,63 segundos, enquanto as pessoas com deficiência na visão de cores escolheram as rotas com a média de tempo igual a 18,43 segundos. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras não

dependentes) encontrou diferença significativa na escolha da rota correta entre os grupos de participantes (valor de $p < 0,01$), logo se rejeita H_0 .

Considerando os diferentes tipos de visão de cores em um único conjunto, a média do tempo para escolha das rotas nos mapas estáticos foi de 14,95 segundos, enquanto nos mapas dinâmicos foi de 15,19 segundos. Em comparação aos mapas dinâmicos, o tempo de resposta para os mapas estáticos foi superior nas representações 06 e 08; similar para a representação 01 e 04; e inferior para as representações 02, 03, 05 e 07. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes) não indicou haver diferença significativa no tempo de escolha das rotas entre os tipos de mapas (valor de $p = 0,709$), logo não se rejeita H_0 .

O tipo de visão de cores foi analisado quanto ao tempo médio para escolha das rotas nos diferentes tipos de mapas. Os participantes com visão normal de cores selecionaram as rotas com tempo médio de 13,21 segundos nos mapas estáticos e 10,20 segundos nos mapas dinâmicos. Esses participantes levaram um tempo superior nos mapas estáticos para as representações 01, 02, 04, 05, 06 e 08; e inferior nas representações 03 e 07. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes) não encontrou diferença estatisticamente significativa entre o mapa estático e o mapa dinâmico (valor de $p = 0,01$), logo se rejeita H_0 .

Os participantes com deficiência na visão de cores selecionaram as rotas com tempo médio de 16,69 segundos nos mapas estáticos e 20,18 segundos nos mapas dinâmicos. Esses participantes gastaram menos tempo para escolher as rotas em todas as representações, com exceção na representação 08, onde o tempo foi similar para os mapas estáticos e dinâmicos. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes) indicou haver diferença estatisticamente significativa na escolha da rota entre os diferentes tipos de mapas para esses participantes (valor de $p = 0,008$). Portanto, rejeita-se H_0 .

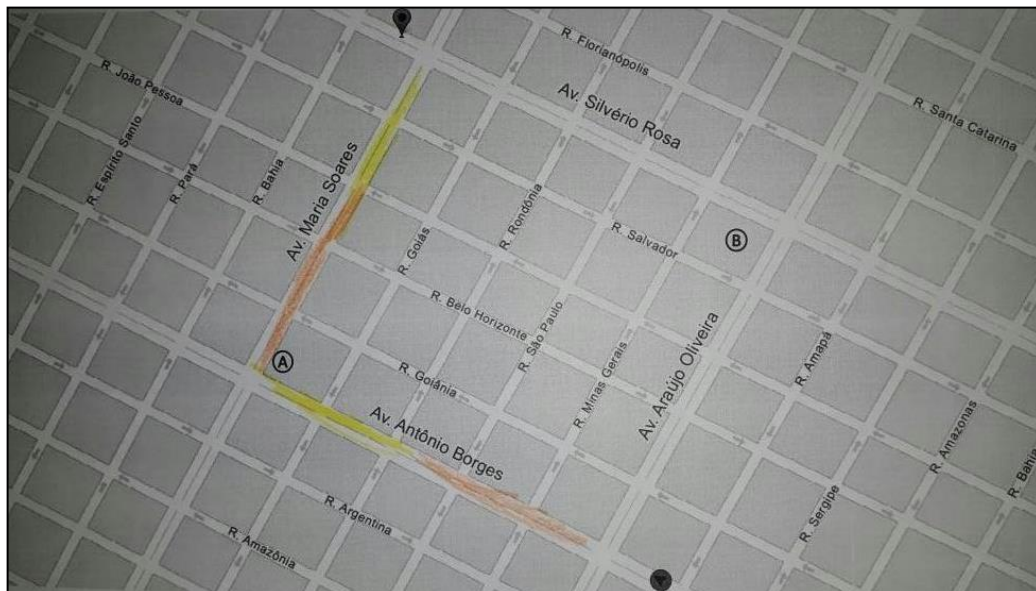
Considerando a utilização do mapa estático por pessoas com diferentes tipos de visão de cores, o teste paramétrico t-Student (para duas amostras não dependentes) indicou que

houve diferença significativa no tempo de escolha da rota. Esse resultado também se aplica ao tempo de resposta para os mapas dinâmicos. Os valores de p obtidos para cada tipo de representação foram iguais a 0,003 e 0,001, respectivamente. Logo, rejeita-se H_0 .

5.3. Número de Acertos para a Tarefa de Desenho de Rota

Esta etapa compreendeu a análise do número de acertos para a tarefa de desenho da rota escolhida, a qual foi composta de 10 segmentos (adjacentes às faces de quadras), divididos em três categorias de fluxo de veículos (baixo, moderado e alto). O conjunto de oito representações cartográficas, apresentado a cada participante, foi analisado quanto a taxa de acertos nessa tarefa para ajudar a determinar a eficácia das representações. Todas as rotas desenhadas foram consideradas nesta análise, mesmo aquelas rotas selecionadas incorretamente (rota A ou rota B). A figura 19 apresenta exemplos dos desenhos realizados pelos participantes durante essa tarefa.

Figura 19 – Exemplo da rota desenhada por um dos participantes



Considerando os diferentes tipos de mapas, bem como os diferentes grupos de visão de cores, as taxas de acertos na tarefa de desenho dos segmentos das rotas para cada mapa foi: Rep_01= 78%; Rep_02= 66% (menor valor); Rep_03= 79%; Rep_04= 74%; Rep_05= 88%;

Rep_06= 90%; Rep_07= 90,5% (maior valor); Rep_08= 80,5%. A Tabela 3 mostra a estatística descritiva e o teste de normalidade para a taxa de acertos nessa tarefa considerando as oito representações cartográficas, descritas em termos de: categorias de visão de cores ou tipos de mapas (Grupo); número de segmentos desenhados corretamente (N°); taxa de acertos para o desenho da rota (%); desvio padrão amostral da taxa de acertos (DPA); valor p para o teste de normalidade da taxa de acertos (Shapiro-Wilk). A análise do desempenho dos grupos de participantes e tipos de mapas considerou as médias dos números de acertos, para cada uma das oito representações cartográficas.

Tabela 3 - Partes corretas da rota desenhada

Grupo	N°	%	DPA	Shapiro-Wilk	Grupo	N°	%	DPA	Shapiro-Wilk
Total	1267	79,18	2,98	p > 0,100	VNC-EST	315	78,75	3,64	p > 0,100
VNC	645	80,62	3,35	p > 0,100	VNC-DIN	330	82,50	3,06	p > 0,100
DVC	622	77,75	2,59	p > 0,100	DVC-EST	317	79,25	2,63	p > 0,100
Mapa Estático	632	79,00	3,18	p > 0,100	DVC-DIN	305	76,25	2,54	p > 0,100
Mapa Dinâmico	635	79,37	2,79	p > 0,100					

Os valores de taxa de acerto para cada mapa mostraram normalidade nos dados conforme o teste de Shapiro-Wilk (valor de p > 0,100). Para tanto, o teste paramétrico t-Student foi utilizado para a análise das diferenças de taxa de acertos para essa tarefa. As hipóteses testadas foram: H_0 : considerando o desenho dos segmentos da rota escolhida, não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos, contra H_1 : considerando o desenho dos segmentos da rota escolhida, há diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Considerando os mapas estáticos e os mapas dinâmicos em um único conjunto, as pessoas com visão normal de cores desenharam corretamente 80,62% dos segmentos para as rotas escolhidas, já as pessoas com deficiência na visão de cores desenharam corretamente 77,75%. As pessoas com visão normal obtiveram taxa de acertos superior às pessoas com deficiência na visão de cores para as representações 01, 03 e 07; taxa de acertos semelhante para a representação 06; e taxa de acertos inferiores nas representações 02, 04, 05 e 08. O teste paramétrico t-Student (para

duas amostras não dependentes) não encontrou diferença significativa no desenho da rota entre os diferentes grupos de participantes (valor de $p = 0,544$), logo não se rejeita H_0 .

Considerando os diferentes tipos de visão de cores em um único conjunto, 79% das partes nos mapas estáticos foram certas e 79,37% nos mapas dinâmicos. Em comparação aos mapas dinâmicos, a taxa de acertos para os mapas estáticos foi superior nas representações 03, 05, 06 e 07; e inferior para as representações 01, 02, 04 e 08. Com a aplicação do teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes), não foi encontrada diferença significativa no desenho da rota para os mapas estáticos e os mapas dinâmicos (valor de $p = 0,951$), logo não se rejeita H_0 .

O tipo de visão dos participantes foi analisado quanto à média de partes corretas desenhadas para cada representação cartográfica. Os participantes com visão normal de cores desenharam corretamente 78,75% dos segmentos quando utilizaram mapas estáticos e 82,50% quando utilizaram mapas dinâmicos. Esses participantes obtiveram taxa de acertos superior nos mapas estáticos para as representações 05, 06 e 07; e inferior para as representações 01, 02, 03, 04 e 08. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras dependentes) não encontrou diferença estatisticamente significativa entre os diferentes os tipos de mapas para essa tarefa (valor de $p = 0,609$), logo não se rejeita H_0 .

Os participantes com deficiência na visão de cores desenharam corretamente 79,25% dos segmentos de rotas quando fizeram uso de mapas estáticos e 76,25% quando fizeram uso de mapas dinâmicos. Esses participantes obtiveram taxa de acertos superior ao fazer uso dos mapas estáticos para as representações 03, 05 e 06; semelhante para a representação 07; e inferior nas representações 01, 02, 04 e 08. O teste paramétrico t-Student (duas amostras dependentes) não encontrou diferença estatisticamente significativa na tarefa por esse grupo de participantes ao utilizarem os diferentes tipos de mapas (valor de $p = 0,599$). Logo, não se rejeita H_0 .

Considerando a utilização do mapa estático e do mapa dinâmico por pessoas com diferentes tipos de visão de cores, o teste paramétrico t-Student (para duas amostras não

dependentes), indicou que não houve diferença significativa no desenho das partes das rotas, obtendo valores de p iguais a 0,711 e 0,321 para cada tipo de mapa, respectivamente. Logo, não se rejeita H_0 .

5.4. Carga Mental de Trabalho Subjetiva

Esta etapa compreendeu a análise da Carga Mental de Trabalho (CMT) subjetiva, a qual foi obtida pela análise dos diferentes tipos de mapas e pela análise dos os diferentes grupos de participantes. Para a análise da carga mental de trabalho subjetiva, foram consideradas as setes escalas do questionário NASA-RTLX (FAIRCLOUGH, 1991; BURNETT, 1998). As escalas do questionário NASA-RTLX consideradas foram: Exigência Mental (EM); Exigência Física (EF); Exigência Temporal (ET); Nível de Distração (ND); Nível de Esforço (NE); Nível de Frustração (NF); Nível de Satisfação (NS). O Apêndice G apresenta o questionário utilizado para avaliar cada uma das sete escalas do método desta etapa.

As médias para cada uma das sete componentes do questionário NASA-RTLX foram calculadas. Para simplificar a aplicação do teste, optou-se por aplicar o NASA-RTLX sem a obtenção dos pesos para as escalas, os quais são utilizados na estimativa da CMT subjetiva global, conforme abordado em Burnett (1998) e por Pugliesi *et al.* (2017). Para tanto, desconsiderou-se a componente ‘Nível de Satisfação’ na estimativa da média global. Logo, o índice de CMT global foi resultante da média aritmética de seis componentes: EM; EF; ET; ND; NE; NF (Tabela 4). Posteriormente, a componente NS foi analisada de maneira separada.

A análise da CMT subjetiva global foi procedida em duas etapas. Na primeira etapa foi investigado se houveram diferenças na CMT subjetiva entre os diferentes grupos de participantes (visão normal de cores *versus* deficiência na visão de cores), bem como se houveram diferença na CMT subjetiva entre os diferentes tipos de mapas (estático *versus* dinâmico). Essa análise consistiu em avaliar as seis escalas da carga mental de trabalho global para cada grupo, com

exceção do nível de satisfação. Na segunda etapa foi investigado se houveram diferenças na CMT subjetiva dos diferentes grupos de participantes ao lerem o mesmo tipo de mapa.

Tabela 4 - Carga Mental de Trabalho Subjetiva Global

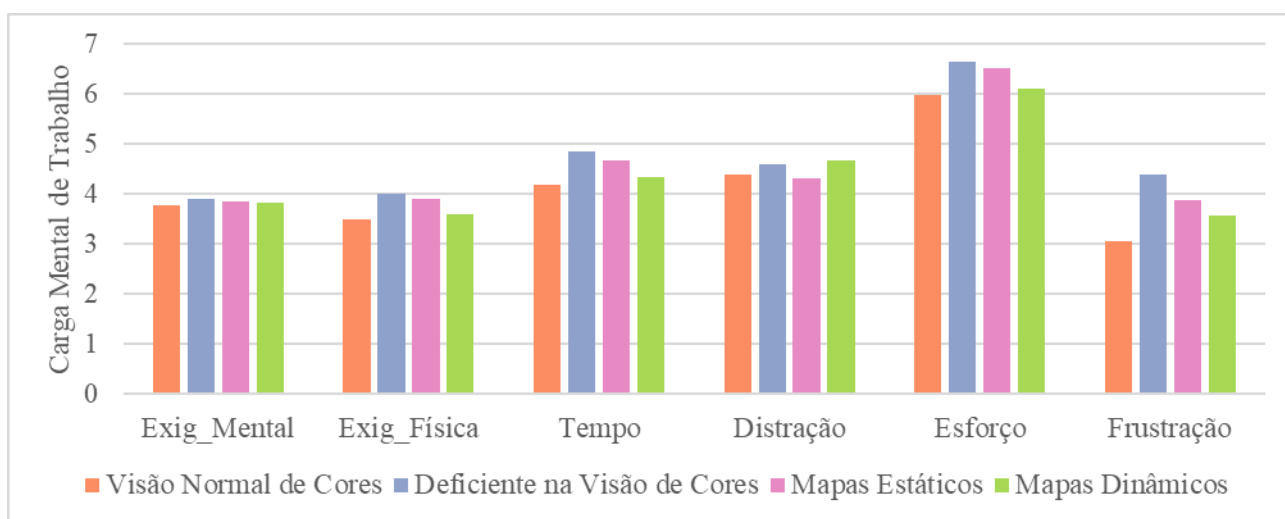
Grupo	EM	EF	ET	ND	NE	NF	CMT subjetiva global	Shapiro-Wilk
VNC	3,78	3,50	4,18	4,40	5,98	3,05	4,15	>0,100
DVC	3,90	4,00	4,85	4,60	6,65	4,40	4,73	0,060
Estático	3,85	3,90	4,68	4,33	6,53	3,88	4,53	0,019
Dinâmico	3,83	3,60	4,35	4,68	6,10	3,58	4,35	>0,100
VNC-EST	4,00	4,00	4,85	4,85	6,65	3,45	4,63	>0,100
VNC-DIN	3,55	3,00	3,50	3,95	5,30	2,65	3,66	>0,100
DVC-EST	3,70	3,80	4,50	3,80	6,40	4,30	4,42	0,031
DVC-DIN	4,10	4,20	5,20	5,40	6,90	4,50	5,05	>0,100

De acordo com os resultados do teste de Shapiro-Wilk, algumas das variáveis se apresentam com distribuição normal, porém outras não. Diante disso, desenvolveu-se as análises aplicando testes estatísticos paramétricos (teste t-Student) e não-paramétricos (Wilcoxon para conjuntos dependentes e Mann-Whitney para conjuntos não dependentes). As hipóteses testadas foram: H_0 : não há diferença significativa na carga mental de trabalho subjetiva entre os grupos, contra H_1 : há diferença significativa na carga mental de trabalho subjetiva entre os grupos.

A CMT subjetiva global foi comparada entre os dois tipos de visão de cores considerando os dois tipos de representação cartográfica como um único conjunto. As pessoas com visão normal de cores apresentaram CMT igual a 4,15, enquanto as pessoas com deficiência na visão de cores apresentaram CMT igual a 4,73. Com a aplicação do teste paramétrico t-Student (para duas amostras não dependentes), não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para a CMT subjetiva global entre os diferentes grupos de pessoas (valor de $p = 0,340$), logo não se rejeita H_0 . As pessoas com visão normal de cores e as pessoas com deficiência na visão apresentaram médias 6,3 e 7,55 para a componente NS, respectivamente.

A CMT subjetiva global foi comparada entre os dois tipos de representações considerando todos os participantes. Os mapas estáticos apresentaram CMT igual a 4,53, enquanto os mapas dinâmicos apresentaram CMT igual a 4,35. O teste não paramétrico Wilcoxon (para duas amostras dependentes) não identificou diferença estatisticamente significativa para a CMT subjetiva pelos diferentes tipos de mapas (valor de $p = 0,513$), logo não se rejeita H_0 . Os mapas estáticos e os mapas dinâmicos apresentaram 5,92 e 7,0 para a componente NS, respectivamente. A figura 20 mostra a CMT subjetiva para os diferentes grupos de participantes e diferentes tipos de mapas.

Figura 20 - CMT subjetiva para os grupos de participantes e para os tipos de mapas.



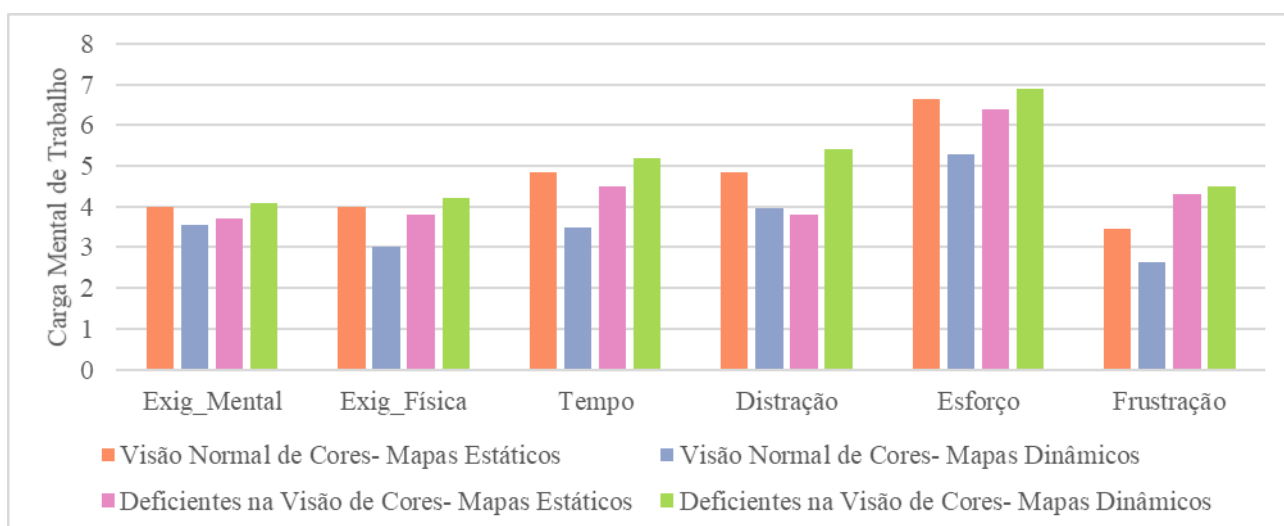
Os participantes com visão normal de cores apresentaram CMT subjetiva global de 4,63 em relação aos mapas estáticos e de 3,66 para os mapas dinâmicos. O teste paramétrico de t-Student (para duas amostras dependentes) indicou haver diferença estatisticamente significativa para a CMT subjetiva global entre os dois grupos de mapas, quando lidos por pessoas com visão normal de cores (valor de $p = 0,001$), logo se rejeita H_0 . Os mapas estáticos e os mapas dinâmicos quando lidos por essas pessoas apresentaram médias 6,3 e 7,55 para a componente NS, respectivamente.

Os participantes com deficiência na visão de cores apresentaram CMT subjetiva global de 4,63 e de 3,66 pelos mapas estáticos e pelos mapas dinâmicos, respectivamente. Com a

aplicação do teste não paramétrico de Wilcoxon (para duas amostras dependentes) não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para a CMT subjetiva global entre os dois tipos de mapas quando lidos pessoas com deficiência na visão de cores (valor de $p = 0,186$), logo não se rejeita H_0 . Os mapas estáticos e os mapas dinâmicos quando lidos por essas pessoas apresentaram médias 5,55 e 6,45 para a componente NS, respectivamente.

A CMT subjetiva foi analisada para o caso em que o mesmo tipo de mapa foi lido por pessoas com diferentes categorias de visão de cores. Considerando a utilização do mapa estático por pessoas com diferentes tipos de visão de cores, o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (para duas amostras não dependentes) não indicou diferença estatisticamente significativa, o valor de $p = 0,573$ foi obtido. Logo, não se rejeita H_0 . No entanto, para a leitura do mapa dinâmico, o teste t-Student (para duas amostras não dependentes) indicou haver diferença estatisticamente significativa na CMT subjetiva entre os diferentes tipos de visão de cores, obtendo valor de $p = 0,037$. Logo, se rejeita H_0 . A figura 21 apresenta a CMT subjetiva para os diferentes grupos de participantes quando fizeram leitura dos diferentes tipos de mapas.

Figura 21 - CMT subjetiva dos grupos de participantes para os tipos de mapas.



5.5. Nível de Satisfação por tipos de Representações Estáticas e Dinâmicas

O nível de satisfação pelos tipos de mapas foi analisado nesta etapa, cada grupo de participantes atribuiu notas de 0 a 10 para cada tipo de mapa. Ressalta-se que, enquanto o Nível de Satisfação (NS) esteve relacionado ao desempenho dos participantes conforme a realização das tarefas, o nível de satisfação desta etapa visa avaliar os projetos gráficos dos mapas do experimento. A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva e o resultado do teste de normalidade para o nível de satisfação dos participantes quanto aos tipos de mapas, descritas em termos de: grupos de visão de cores e tipos de mapas (Grupo); valor total para o somatório das notas para cada grupo (Soma); média do somatório do nível de satisfação (Média); desvio padrão amostral para os valores de satisfação (DPA); valor p para o nível de satisfação pelos grupos (Shapiro-Wilk).

Tabela 5 - Nível de satisfação por tipos de mapas

Grupo	Soma	Média	DPA	Shapiro-Wilk	Grupo	Soma	Média	DPA	Shapiro-Wilk
Total	314	7,85	1,83	$p > 0,100$	VNC-EST	71,5	7,15	1,68	$p > 0,100$
VNC	159	7,95	1,76	$p > 0,100$	VNC-DIN	87,5	8,75	1,51	$p > 0,100$
DVC	155	7,75	1,92	$p > 0,100$	DVC-EST	73,0	7,3	2,00	$p > 0,100$
Mapa Estático	144,4	7,22	1,80	$p = 0,080$	DVC-DIN	82,0	8,2	1,83	$p > 0,100$
Mapa Dinâmico	169,4	8,47	1,65	$p > 0,100$					

Os valores para o nível de satisfação pelas representações apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Para tanto, o teste paramétrico t-Student foi utilizado na análise das diferenças de nível de satisfação pelos tipos de mapas. As hipóteses testadas foram: H_0 : não há diferença significativa pela satisfação das representações entre os grupos, contra H_1 : há diferença significativa pela satisfação entre os grupos.

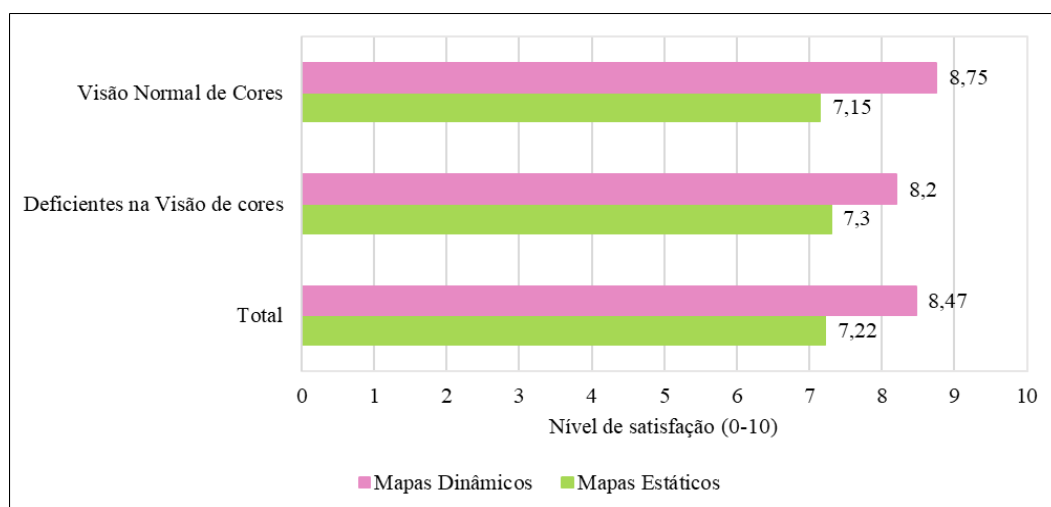
Os participantes com visão normal de cores atribuíram nota 7,95 para os mapas, enquanto os participantes com deficiência na visão de cores atribuíram nota 7,75. O teste paramétrico t-Student (para duas amostras não dependentes) não encontrou diferença significativa pelo nível de satisfação para os tipos de mapas entre os grupos de participantes (valor de $p = 0,734$), logo não se rejeita H_0 . Os mapas estáticos foram avaliados com nota 7,22, enquanto os mapas dinâmicos receberam nota 8,47. O teste paramétrico *t-Student* (para duas amostras dependentes)

encontrou diferença significativa pelo nível de satisfação entre os mapas estáticos e os mapas dinâmicos (valor de $p = 0,014$), logo se rejeita H_0 .

Os participantes com visão normal de cores avaliaram os mapas estáticos com nota média 7,15, enquanto os mapas dinâmicos foram avaliados com nota média 8,75. Os participantes com deficiência na visão de cores avaliaram os mapas estáticos com nota média de 7,3, já os mapas dinâmicos receberam a nota média de 8,2. Com a aplicação do teste paramétrico *t-Student* (para duas amostras dependentes), não foi encontrada diferença estatisticamente significativa pela satisfação entre os mapas estáticos e os mapas dinâmicos entre os grupos de participantes; os valores de $p = 0,062$ e $0,144$ foram obtidos, respectivamente. Logo, não se rejeita H_0 para ambos os casos.

Considerando a satisfação pelo mapa estático e pelo mapa dinâmico por pessoas com diferentes tipos de visão de cores, o teste paramétrico *t-Student* (para duas amostras não dependentes), indicou que não houve diferença significativa na satisfação; os valores de p iguais a 0,858 e 0,457 foram obtidos para cada tipo de representação, respectivamente. Na figura 22, os valores médios de nível de satisfação atribuídos a cada tipo de representação percebido pelos diferentes tipos de visão de cores são apresentados.

Figura 22 – Nível de satisfação pelas representações percebidas por tricromatas e dicromatas.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi avaliar e comparar o desempenho, a carga mental de trabalho subjetiva e a satisfação por diferentes tipos de mapas (estáticos e dinâmicos) que representam o fluxo direcionado de veículos junto às pessoas que apresentam deficiência ou não na visão de cores. A partir da revisão de literatura realizada, presumiu-se que para tarefas de planejamento de rota, um mesmo tipo de mapa não apresentaria diferença na eficácia quando observados pelas diferentes categorias de visão de cores (dicromatas e tricromatas) (hipótese validada). Ainda, presumiu-se que para ambas as categorias de visão cores, os mapas estáticos poderiam apresentar menor eficácia, se comparados aos mapas dinâmicos (hipótese refutada). Por outro lado, a leitura dos mapas estáticos poderia requerer menor tempo, ou seja, maior eficiência (hipótese validada para os tricromatas e refutada para os dicromatas). As seguintes atividades foram realizadas nesta pesquisa: projeto dos mapas (análise de sistemas existentes, projeto de mapas estáticos e de mapas dinâmicos); avaliação dos mapas (experimento, análise dos dados).

Os projetos gráficos dos mapas *Google Maps*, *Waze* e *Maplink* foram estudados em uma primeira etapa (AMORIM; PUGLIESI, 2017). Esses mapas representam a temática de fluxo de veículos na via, além de outras temáticas. No estudo realizado, encontrou-se que a utilização de mais de um matiz (com variações de brilho e saturação), para representar mais de uma classe de fluxo de veículos, parece ser o maior impedimento para a percepção ideal da hierarquia pelos dicromatas. Para os tricromatas, a utilização de cores com propriedade perceptiva qualitativa (quando observadas por tricromatas) foi outro problema encontrado pelos autores.

O projeto de cores dos mapas desta pesquisa considerou as percepções de cores ordenadas com esquemas multimatizes (quando percebido por pessoas com visão normal de cores) e esquema com um único matiz (quando percebido por pessoas com deficiência na visão de cores). A propriedade perceptiva de ordem entre as classes de fluxo para os usuários com diferentes tipos de visão de cores foi escolhida para três matizes visualmente diferentes (vermelho, laranja e

amarelo), conforme abordagem proposta por Slocum *et al.* (2009) e Olson e Brewer (1997). O simulador de visão de cores *Color Oracle* foi utilizado nessa etapa para compreender a percepção visual dos dicromatas e tricromatas e realizar ajustes de brilho e saturação nas cores selecionadas.

Para o projeto dos mapas de fluxo de veículos, construídos no *ArcGIS*, os símbolos desses mapas foram agrupados em: categoria temática (intensidade do fluxo, direção do fluxo e rota); e categoria de contexto do ambiente (quadras, sistema viário e toponímias). Após a etapa de construção dos mapas no *ArcGIS*, os mesmos foram salvos em formato de imagem e inseridos no *software Microsoft Power Point*. Nessa etapa, foram produzidos os símbolos pontuais que indicam a direção do fluxo de veículos por meio de setas. Para cada representação cartográfica, foram sobrepostos símbolos pontuais estáticos para composição de oito mapas estáticos, bem como foram sobrepostos símbolos pontuais dinâmicos (com deslocamento sobre as linhas de fluxo) para composição de oito mapas dinâmicos. A animação criada nos símbolos pontuais que se deslocam sobre as linhas do fluxo não teve o intuito de adicionar pista de ordem no fluxo, mas somente pista de direção do fluxo de veículos.

A concepção do projeto dos mapas se baseou nas tarefas seleção e descrição gráfica de rotas por voluntários durante um experimento, conforme abordagem acerca da avaliação de rotas proposta por Golledge *et al.* (2000). A descrição gráfica foi baseada no conhecimento recuperado da memória de trabalho e executada por meio de desenho realizado em mapa impresso. Logo, esse procedimento requereu a memorização e a recuperação da rota escolhida. Nessa etapa, foram coletadas medidas sobre: as eficácias (taxas de acertos) na escolha das rotas e no desenho de partes corretas das mesmas; a eficiência (tempo) na escolha das rotas; a carga mental de trabalho subjetiva ocorrida durante a leitura dos mapas; e o nível de satisfação pelos tipos de mapas.

Os mapas estáticos e os mapas dinâmicos apresentaram a mesma eficácia nas tarefas de seleção e de desenho das rotas, para os diferentes tipos de visão de cores. Considerando apenas as pessoas com visão normal de cores, os resultados corroboram com os achados de

Johnson e Nelson (1998) e não suportam os achados de Dobson (1983). Os resultados quanto à eficácia na leitura das representações indicam que é possível utilizar variações de matizes (com mesmos níveis de brilho e saturação) para representar as classes de fluxo de veículos, considerando-se a visão dicromata e tricromata em um único projeto. O processo de ajuste de cores do mapa promoveu acessibilidade às pessoas com deficiência na visão de cores, o que confirma os achados de Olson e Brewer (1997) e Jenny e Kelso (2007a; 2007b) e requer reconsideração aos achados de Atchison *et al.* (2003). No entanto, os resultados encontrados para a eficiência e para a carga mental de trabalho subjetiva foram distintos entre os dicromatas e os tricromatas.

Os resultados encontrados para o tempo gasto na seleção de rotas indicaram que houveram diferenças significativas na eficiência entre os diferentes tipos de mapas, bem como entre os diferentes tipos de visão de cores dos participantes. Observou-se que, no geral, as pessoas com visão normal de cores levaram cerca de três segundos a mais para escolher as rotas nos mapas estáticos, se comparados aos mapas dinâmicos. Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por Dobson (1983), Patton e Cammack (1996) e Griffin *et al.* (2006) e opõem-se aos resultados encontrados por Van Merriënboer e Ayres (2005), Lin e Atkinson (2011) e Opach *et al.* (2014).

As pessoas com visão normal de cores levaram cerca de três segundos a menos para realizar a leitura dos mapas estáticos se comparadas às pessoas dicromatas. Esses resultados corroboram com os achados de Atchison *et al.* (2003). As pessoas com deficiência na visão de cores levaram cerca de sete segundos a mais para selecionar as rotas nos mapas dinâmicos. Logo, as pessoas com visão normal de cores parecem ser mais eficientes no uso de mapas dinâmicos, enquanto as pessoas com deficiência na visão de cores parecem ser mais eficientes no uso de mapas estáticos.

Os resultados encontrados para avaliar a Carga Mental de Trabalho (CMT) subjetiva global, técnica NASA-RTLX (FAIRCLOUGH, 1991; BURNETT, 1998), indicaram haver

diferenças no uso dos diferentes tipos de mapas quando considerados os diferentes tipos de visão de cores dos participantes. No geral, as pessoas com visão normal de cores apresentaram CMT subjetiva global inferior em relação às pessoas com deficiência na visão de cores. Para as pessoas com visão normal de cores, a CMT subjetiva global foi maior para os mapas estáticos. Esse resultado requer reconsideração aos achados de corroboram com os achados de Bertin (1983), Bartram *et al.* (2003) e Dukaczewski (2014). Por outro lado, as pessoas com deficiência na visão de cores apresentaram CMT subjetiva global menor para os mapas estáticos.

A maior carga mental apresentada por ambos os grupos de visão de cores foi correspondente a componente "nível de esforço", este fator se refere ao esforço mental exigido para obter determinado nível de rendimento em uma tarefa. Logo, para que isso ocorra, é requerida a atenção do participante. Para o caso dos mapas dinâmicos, caso a atenção dos participantes tenha sido conduzida pelos símbolos dinâmicos, isso pode ter melhorado o processamento cognitivo e pode ter promovido a compreensão desses símbolos. Esse apontamento corrobora com os trabalhos de Lowe (1999) e Fischer e Schwan (2009).

Os resultados encontrados para avaliar o nível de satisfação indicaram que, no geral, os mapas dinâmicos foram superiores nessa avaliação. As pessoas com visão normal de cores apresentaram nível de satisfação menor para as representações estáticas. Os mesmos resultados foram encontrados para as pessoas com deficiência na visão de cores. Apesar de ambos os grupos tenham apresentado nível satisfação superior para a leitura dos mapas dinâmicos, cabe ressaltar a que eficácia foi semelhante para o uso de ambos os tipos de mapas. No entanto, as pessoas com deficiência na visão de cores foram menos eficientes e apresentaram maior carga mental de trabalho subjetiva na leitura dos mapas dinâmicos. Logo, essas pessoas podem apresentar desempenho inferior na leitura desse tipo de mapa.

Futuras análises de mapas de fluxo de veículos, com grupos maiores de participantes, podem apoiar os resultados encontrados nesta pesquisa. Recomenda-se novos estudos

para avaliar o desempenho na leitura de símbolos em mapas de fluxo de veículos por pessoas dicromatas e tricromatas. Sobretudo, para o projeto desses mapas com o uso de outras variáveis visuais estáticas (ex.: esquemas multimatiz e único matiz, formas, tamanho) e / ou outras variáveis visuais dinâmicas (ex.: tamanho, velocidade). A utilização de outras variáveis visuais estáticas e outras variáveis visuais dinâmicas ainda carece de estudos para promover maior acessibilidade às pessoas durante o uso efetivo de mapas de navegação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIENKO, N., ANDRIENKO, G., & GATALSKY, P. Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review. **Journal of Visual Languages & Computing**, 14(6), p. 503-541, 2003.

AMORIM; PUGLIESI, Mapa de fluxo de veículos sob a percepção dos tricromatas e dicromatas In: **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva**, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 169-173, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores - NBR- 9241 Parte 11 - **Orientações sobre Usabilidade**, Rio de Janeiro. p. 21, 2002.

ATCHISON, D. A.; PENDERSEN, C.; DAIN, S.; WOOD, J. M. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. **Human Factors**, 45(3), p. 495–503, 2003.

BARTRAM, L.; WARE, C. Filtering and brushing with motion. **Information Visualization**, v. 1, n. 1, p. 66-79, 2002.

BARTRAM, L.; WARE, C.; CALVERT, T. Moticons: detection, distraction and task. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 58, n. 5, p. 515-545, 2003.

BATTERSBY, S. E.; GOLDSBERRY, K. P. Considerations in design of transition behaviors for dynamic thematic maps. **Cartographic Perspectives**, n. 65, p. 16-32, 2010.

BERNEY, S.; BÉTRANCOURT, M. Does animation enhance learning? A meta-analysis. **Computers & Education**, v. 101, p. 150-167, 2016.

BERTIN, J. **Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps**. Madison: University of Wisconsin. p. 415, 1983.

BLOK, C. **Monitoring Change: Characteristics of Dynamic Geospatial Phenomena for Visual Exploration**. In: International Cartographic Association – ICA, 19, Ottawa, Canadá, Aug. 1999.

BLOK, C.; KÖBBEN, B. A **Web Cartography Forum**: an evaluation site for visualization tools, 1998.

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.

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

CABANAGH, P.; ANSTIS, The contribution of color to motion in normal and color-deficient observers. **Vision research**, v. 31, n. 12, p. 2109-2148, 1991.

CAIVANO, J. **Visual texture as a semiotic system**. Semiotica. 1990.

CULP, G. M. Increasing Accessibility for Map Readers with Acquired and Inherited Colour Vision Deficiencies: A Re-Colouring Algorithm for Maps. **The Cartographic Journal**, v. 49, n. 4, p.302–311, 2012.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade**: Conhecimentos, Métodos e Aplicações. São Paulo: Novatec, p. 344, 2010.

DECANINI, M. M. S.; IMAI, N. N. Mapeamento na Bacia do Alto Paraguai: Projeto e Produção Cartográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 52, p. 65-75, 2000.

DENT, B. D.; TORGUSON, J. S.; HODLER, T. W. **Cartography: Thematic Map Design**. 6° ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 2009.

DIBIASE, D.; MACEACHREN, A. M.; KRYGIER, J. B.; REEVES C. Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization, **Cartography and Geographic Information Systems**, p. 201-214, 1992.

DILLON, A. HCI Hypermedia: Usability Issues. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2. ed. University of Louisville, Kentucky, USA: Taylor & Francis, p. 1101-1104, 2006.

DOBSON, J. D. Automated Geography. **The Professional Geographer**. Volume 35, Issue 2, 1983.

DOBKINS, K. R.; ALBRIGHT, T. D. What happens if it changes color when it moves?: psychophysical experiments on the nature of chromatic input to motion detectors. **Vision research**, v. 33, n. 8, p. 1019-1036, 1993.

DONG, W.; RAN J.; WANG J. Effectiveness and efficiency of map symbols for dynamic geographic information visualization. **Cartogr. Geogr. Inform.**, 39: 98–106, 2012.

DONG, W. *et al.* Using eye tracking to evaluate the usability of animated maps. *Science China Earth Sciences*, v. 57, n. 3, p. 512-522, 2014.

DOWNS, R. M.; STEA, D. **Maps in minds**: Reflections on cognitive mapping. New York: Harper & Row, 1977.

DUKACZEWSKI, D. R. Designing Simple and Complex Animated Maps for Users from Different Age Groups, Employing the Appropriate Selection of Static and Dynamic Visual and Sound Variables Thematic. **Cartography for the Society, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, Springer International Publishing Switzerland, 2014.

FABRIKANT, S. I.; GOLDSBERRY, K. Thematic relevance and perceptual salience of dynamic geovisualization displays. In: **Proceedings, 22th ICA/ACI International Cartographic Conference**, A Coruña, Spain. 2005.

FAIRCLOUGH, S. H. **Adapting the TLX to assess driver mental workload**. Drive I Project V1017 Bertie Report No, v. 71, 1991.

GANDHI, S. P.; HEEGER, D. J.; BOYNTON, G. M. Spatial attention affects brain activity in human primary visual cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 6, p. 3314-3319, 1999.

GARTNER, G.; HUANG, H. (Ed.). Progress in Location-Based Service. **Springer International Publishing**, 2017.

GOLDSTEIN, E. B. (Ed.). **Encyclopedia of perception**. Sage, 2010.

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

GOLLEDGE, R. G.; STIMSON, R. J. Spatial behavior: A geographic perspective. New York: **The Guilford Press**. 1997.

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

GOLLEDGE, R. G., GÄRLING, T. Cognitive maps and urban travel. In: HENSHER, D. A.; BUTTON, K. J.; HAYNES, K. E.; STOPHER, P. R. **Handbook of Transport Geography and Spatial Systems**. 1^a ed. Cap. 9. p. 501–511, 2004.

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

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, p. 509, 2000.

GRIFFIN A. M.; MACEACHREN A. M.; HARDISTY F.; STEINER E.; LI B. A Comparison of Animated Maps with Static Small-Multiple Maps for Visually Identifying Space-Time Clusters, **Annals of the Association of American Geographers**, 96(4), p. 740-753, 2006.

HALIK, L. The analysis of visual variables for use in the cartographic design of point symbols for mobile Augmented Reality applications. **Geodesy and Cartography** Vol. 61, 2012, p. 19-30, 2012.

HARROWER, M. A look at the history and future of animated maps. *Cartographica*: **The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, v. 39, n. 3, p. 33-42, 2004.

HARROWER, M., The Cognitive Limits of Animated Maps, **Cartographica**, p. 349-357, 2007.

HARROWER, M.; BREWER, C. A. ColorBrewer. org: an online tool for selecting colour schemes for maps. **The map reader**: Theories of mapping practice and cartographic representation, p. 261-268, 2011.

HARROWER M.; FABRIKANT S. The role of map animation for geographic visualization, In Dodge, McDerby, Turner (Eds.), **Geographic Visualization**, pp. 49-65, London, 2008.

HEDGE, A. Physical Methods. In: STANTON, N. A. *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**. USA: CRC Press LLC. Cap. 2, 2005.

- HILLSTROM, A. P.; YANTIS, S. Visual motion and attentional capture. **Attention, Perception, & Psychophysics**, v. 55, n. 4, p. 399-411, 1994.
- HÖFFLER, T. N.; LEUTNER, D. Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. **Learning and instruction**, v. 17, n. 6, p. 722-738, 2007.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- JENNY, B.; KELSO, N. V. Color Design for the Color Vision Impaired. **Cartographic Perspectives**, 58, p. 61-67, 2007a.
- JENNY, B.; KELSO, N. V. Designing maps for the colour-vision impaired. **Bulletin of the Society of Cartographers SoC**, 41, p. 9-12, 2007b.
- JOHNSON, H.; NELSON E. S. Using Flow Maps to Visualize Time-Series Data: Comparing the Effectiveness of a Paper Map Series, a Computer Map Series, and Animation. **Cartographic Perspectives**, No. 30, p. 47-64, 1998.
- KEATES, J. S. **Cartographic design and production**. 2nd ed. New York: Longman Group, 1989.
- KRASSANAKIS, V. Exploring the map reading process with eye movement analysis. In: Proceedings of the **International Workshop on Eye Tracking for Spatial Research**, Scarborough, UK. p. 2-5, 2013.
- KRAAK, M.-J.; EDSALL, R. M.; MACEACHREN, A. M. Cartographic animation and legends for temporal maps: exploration and or interaction. **Anais: 18th International Cartography Conference**, p. 253-262, 1997.
- KRAAK, M. J. Cartography and the use of animation. In: W. Cartwright, M. P. Peterson, & G. Gartner, **Multimedia Cartography**. Berlin: Springer-Verlag, p. 173-180, 1999.
- KRAAK, M. J., BROWN, A., **WEB Cartography**, Taylor & Francis, England, 2001.
- KRÖGER, J.; SCHIEWE, J.; WENINGER, B. Analysis and Improvement of the Open-StreetMap Street Color Scheme for Users with Color Vision Deficiencies. In: **26th International Cartographic Conference**, 2013.
- LIN, L.; ATKINSON, R. K. Using animations and visual cueing to support learning of scientific concepts and processes. **Computers & Education**, v. 56, n. 3, p. 650-658, 2011.
- LOBBEN, A. Classification and application of cartographic animation. **The Professional Geographer**, v. 55, n. 3, p. 318-328, 2003.
- LOVELACE, K.; HEGARTY, M.; MONTELLO, D. Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments. In: FREKSA, C.; MARK, D. (Eds.). **Spatial Information Theory**. Springer, Berlin, p. 65-82. 1999.
- LOWE, D. G. Object recognition from local scale-invariant features. In: **Computer vision**, 1999. The proceedings of the seventh IEEE international conference on. IEEE, 1999. p. 1150-1157.

- LOWE, R.; BOUCHEIX, J. M., Attention direction in static and animated diagrams, In: A.K. Goel, M. Jamnik, & N.H. Narayanan (Eds), **Diagrammatic Representation and Inference**, Springer Berlin Heidelberg. p. 250-256, 2010.
- LYNCH, K. **A imagem da Cidade**. São Paulo. Martins Fontes, 1997. Versão original publicada em 1960.
- MACEACHREN, A. M. Visualization in modern cartography: setting the agenda. **Visualization in modern cartography**, v. 28, n. 1, p. 1-12, 1994.
- MACEACHAREN, A. M. Visualizing Uncertain Information. **Cartographic Perspectives**, Guilford Press, 1995.
- MACEACHREN, A. M. **How maps work**: Representation, Visualization and Design. London: The Guilford Press, 2005.
- MACEACHREN, A. M.; DIBIASE, D. Animated maps of aggregate data: Conceptual and practical problems. **Cartography and Geographic Information Systems**, v. 18, n. 4, p. 221-229, 1991.
- MARR, David. Vision. 1982.
- MARTINELLI, M., **Curso de Cartografia Temática**. São Paulo: Contexto, p. 180, 1991.
- MARTINELLI, M., **Gráficos e Mapas**: Construa-os você mesmo. São Paulo: Moderna, 1998.
- MATSUNO, T.; TOMONAGA M. Visual search for moving and stationary items in chimpanzees (Pan troglodytes) and humans (Homo sapiens). **Behavioural Brain Research**, p. 219-232, 2006.
- MAYER, R. E. Multimedia learning. In: Psychology of learning and motivation. **Academic Press**. p. 85-139, 2002.
- MAYER, R. E.; MORENO, R. Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. **Educational psychologist**, v. 38, n. 1, p. 43-52, 2003.
- MICHON, J. A. A critical view of driver behaviour models. In: EVANS, L.; SCHWING, R. S. **Human behaviour and traffic safety**. University of Groningen, New York: Plenum Press, p. 485-502, 1985.
- MONTELLO, D. R. Cognitive map-design research in the twentieth century: Theoretical and empirical approaches. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 29, n. 3, p. 283-304, 2002.
- MONTELLO, D. R. The perception and cognition of environmental distance: Direct sources of information. In S. C. Hirtle & A. U. Frank (Eds.), **Spatial information theory**: A theoretical basis for GIS. Proceedings of COSIT '97. Berlin: Springer-Verlag, p. 297-311, 1997.
- MORITA, T. Grading of the Map Functions in Navigation System. In: **16th International Cartographic Conference**. Cologne, Alemanha, p. 1109-1118, 1993.
- MORRISON, J. L. A theoretical framework for cartographic generalization with emphasis on the process of symbolization. **International Yearbook of Cartography**, p. 115-127, 1974.

- MUEHLENHAUS, I. **Web Cartography** - Map Design for Interactive and Mobile Devices, 2014.
- OLIVEIRA, R. F.; PUGLIESI, E. A.; RAMOS, A. P. M.; DECANINI, M. M. S. Simulador de Visão de Cores para Aplicação na Cartografia: Da Visão Tricromata Normal para a Visão do Daltônico Dicromata. In: **V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, 2014.
- OLSON, J. M.; BREWER, C. A. An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments. **Annals of the Association of American Geographers**. Published by: Taylor & Francis, v. 87, n. 1, p. 103-134, 1997.
- OPACH, T.; GOŁĘBIEWSKA, I.; FABRIKANT, S. I. How do people view multi-component animated maps? **The Cartographic Journal**, v. 51, n. 4, p. 330-342, 2014.
- PATTON, D. K.; CAMMACK, R. G. An examination of the effects of task type and map complexity on sequenced and static choropleth maps. *Cartographic design: Theoretical and practical perspectives*, p. 237-252, 1996.
- PEDROSA, S. N.; PUGLIESI, E. A.; AMORIM, F. R. Percepção de Mapas de Fluxo por Motorista Daltônicos. In: **XXVIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP**, Presidente Prudente. Trabalhos apresentados na 1º Fase do XXVIII CIC, 2016.
- PETERSON, G. N. **GIS cartography: a guide to effective map design**. CRC Press, 2014.
- PETERSON, M. P. **Interactive and animated cartography**. 1.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- POKORNY, J.; SMITH, V. C.; VERRIEST, G.; PINCKERS, A. J. L. G. **Congenital and Acquired Color Vision Defects**. Grune and Stratton, New York, 1979
- POOLE, A.; BALL, L. J.; PHILLIPS, P. In search of salience: A response-time and eye-movement analysis of bookmark recognition. In: **People and computers XVIII—Design for life**. Springer, London, p. 363-378, 2005.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S. Cartographic Design of In-car Route Guidance for Color-Blind Users. In: **XXV International Cartographic Conference**. Enlightened view on Cartography and GIS, Paris, 2011.
- PUGLIESI, E. A.; DECANINI, M. M. S.; RAMOS, A. P. M.; TSUCHIYA, I. Métodos para Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Navegação e Guia de Rota. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 5, n. 65, p. 571-589. 2013.
- PUGLIESI, E. A.; RAMOS, A. P. M.; OLIVEIRA, R. F.; TACHIBANA, V. M. Efeitos de cintilação em símbolos de setas que indicam direção de manobra: avaliação da preferência e da carga mental de trabalho. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 2, 2017.
- RENSINK, R. A. Change detection. **Annual review of psychology**, v. 53, n. 1, p. 245-277, 2002.
- RIGDEN, C. The eye of the beholder – Designing for colour-blind users. **British Telecommunications Engineering**, v. 17, 1999.

- ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. **Elements of Cartography**, sixth edition. John Wiley & Sons, Inc. 1995.
- ROYDEN, C. S.; WOLFE J. M.; KLEMPEN N. Visual search asymmetries in motion and optic flow fields. **Perception & Psychophysics**, p. 436-444, 2001.
- SARDEGNA, J.; SHELLY, S.; RUTZEN, A. R.; STEIDL, S. M. **The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment**. 2 ed., New York: Facts On File, 2002.
- SHARPE, L.T.; STOCKMAN, A.; JÄGLE, H.; NATHANS, J. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. **Color Vision - From genes to perception**. Cambridge Press, 1999.
- SLOCUM, A. T.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3rd ed. Prentice Hall, 2009.
- TVERSKY, B.; MORRISON, J. B.; BETRANCOURT, M. Animation: can it facilitate?. **International journal of human-computer studies**, v. 57, n. 4, p. 247-262, 2002.
- VAN MERRIËNBOER, J. J. G.; AYRES, Paul. Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning. **Educational Technology Research and Development**, p. 5-13, 2005.
- WICKENS, C. D.; LEE J. D.; LIU Y.; BECKER S. G. **An Introduction to Human Factors Engineering**. 2nd ed. California: Pearson Prentice Hall. p. 608, 2004.
- WILSON, G. F.; EGGEMEIER, F. T. Mental Workload Measurement. In: KARWOWSKI, W. **International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors**. 2. ed. University of Louisville, Kentucky, USA: Taylor & Francis. p. 814- 817, 2006.
- WOLFE, J. M.; HOROWITZ, T. S. What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it?. **Nature reviews neuroscience**, v. 5, n. 6, p. 495, 2004.
- WOODS, D. The alarm problem and directed attention in dynamic feault management. **Ergonomics**, 1995.
- WYSZECKI, G.; STILES, W. S. **Color science**. New York: Wiley, 1982.
- YOUNG, M. S.; STANTON, N. A. Applying Interviews to Usability Assessment. In: STANTON, N. A.; *et al.* **The handbook of human factors and ergonomics methods**, cap. 29, 2005.

APÊNDICE A- Mapa de fluxo de veículos sob a percepção dos tricromatas e dicromatas

(Trabalho completo publicado e apresentado no XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia).

MAPA DE FLUXO DE VEÍCULOS SOB A PERCEPÇÃO DOS TRICROMATAS E DICROMATAS

F. R. Amorim¹, E. A. Pugliesi²

^{1,2} Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia

²Departamento de Cartografia

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

Comissão III - Cartografia

RESUMO

A visualização do fluxo de veículos nas vias por meio de mapas, permite ao usuário a possibilidade de compreender o comportamento do fenômeno de fluxo em um dado momento. O uso deste tipo de informação pode auxiliar no planejamento urbano, bem como nas decisões que os motoristas tomam para as tarefas de planejamento e manutenção de rotas. A variável visual cor-matiz vem sendo utilizada para representar a hierarquia do fluxo de veículos em mapas. As informações representadas por cores deveriam ser compreendidas com facilidade, independentemente do tipo de visão de cores do usuário (ex.: tricromática, tricromática anômala e dicromática). Em qualquer um dos casos, a aplicação da variável visual cor deveria transcrever de maneira apropriada a ordem do fluxo, conforme sua magnitude. No entanto, se as diferentes intensidades de fluxo não são percebidas em consonância com seus referentes, podem ocorrer prejuízos no processo de comunicação cartográfica. Este trabalho apresenta o resultado da análise dos projetos gráficos de mapas de fluxo de veículos percebidos por pessoas tricromatas normais e dicromatas. Os projetos cartográficos estudados são das empresas *Maplink*, *Waze* e *Google (Google Maps)*. A área de estudo localizada na cidade de São Paulo-SP foi utilizada para comparar os projetos de cada mapa de fluxo de veículos. O simulador de visão de cores *Color Oracle* foi empregado para compreender como os dicromatas percebem os mapas. Os resultados indicam possíveis problemas na identificação de hierarquia para as classes de fluxo de veículos nos mapas estudados. Sugere-se a concepção de um projeto de mapa com cores universais.

Palavras chave: Mapa de Fluxo, Projeto cartográfico, Simulação da Visão de Cores, Deficiência na Visão de Cores.

ABSTRACT

The visualization of vehicles flow on roads through maps allows the user the possibility to understand the flow behavior at a given moment. The use of this type of information can aid in urban planning as well as the decisions that drivers take for route planning and maintenance tasks. The color-hue visual variable has been used in maps to represent the hierarchy of vehicles flow. The information represented by color should be easily understood, regardless of the user's type of color vision (eg. trichromatic, anomalous trichrome and dichromatic). In any case, the application of the color visual variable should appropriately transcribe the order of the flow, according to its magnitude. However, if the different flow intensities are not perceived in line with their referents, there may be losses in the cartographic communication process. This work presents the results of the analysis of the graphic designs of vehicle flow maps perceived by normal and dichromatic trichromates. The cartographic projects studied are from companies Google (Google Maps), Waze and Maplink. The area located in the city of São Paulo-SP was used to compare the designs of each vehicle flow map. The Color Vision Simulator Color Oracle was used to understand how dichromats perceive maps. The results indicate possible problems in the identification of hierarchy for the vehicle flow classes in the maps studied. It is suggested to design a map project with universal colors.

Keywords: Flow Maps, Cartographic project, Color Vision Deficiency.

1- INTRODUÇÃO

Os mapas de fluxo são representações que buscam simular o movimento linear do objeto alvo de um local para outro (Dent *et al.*, 2009). Esses mapas podem indicar direção ou não (Dent *et al.*, 2009). A variação hierárquica de classes de fluxo pode considerar a espessura das linhas de fluxo e/ou outras variáveis visuais, como é o caso da cor (matiz, saturação e valor da cor). No segundo caso é necessário considerar as propriedades de percepção ordenada que cada uma pode oferecer (Dent *et al.*, 2009; Slocum *et al.*, 2009).

Com o aumento da frota de veículos, é cada vez mais comum a demanda por informações de fluxo de veículos nas vias. Atualmente, estão disponíveis diversos aplicativos de localização e navegação para uso em *smartphone*, os quais podem ser utilizados por motoristas. As informações sobre tráfego de veículos podem ser representadas nesses mapas concomitantemente com a tarefa de manutenção em rota, o deslocamento por um percurso previamente planejado.

Os mapas *Maplink*, *Google Maps* e *Waze* representam o fluxo de veículos por meio da variável visual cor. As cores verde, amarelo, laranja, vermelho e cinza têm sido consideradas na representação desses mapas de fluxo. No entanto, determinadas cores utilizadas em mapas de fluxo de veículos podem não ser percebidas com a variação de ordem. A percepção de ordem deveria condizer com a natureza do fenômeno, quando utilizada por pessoas que possuem deficiência na visão de cores (Pedrosa *et al.*, 2016). Nesse caso, a leitura de sinais coloridos que tenham sido elaborados para atender às pessoas com visão normal de cores pode ser mal sucedida, resultando em maior tempo de leitura, maior número de erros e, consequentemente, frustração (Atchison *et al.*, 2003).

Embora a percepção de cores possa ocorrer de maneira diferenciada entre pessoas com deficiência no sensor visual e por pessoas com visão normal de cores, é possível utilizar cores com propriedades de percepção ordenada que sejam adequadas para essas pessoas em um único mapa (Olson e Brewer, 1997). Pelo fato da detecção e a discriminação de cores poderem ser incertas quando realizadas por pessoas que possuem deficiência na visão de cores, os projetos de mapas deveriam considerar esta característica perceptiva (MacEchren, 2005).

Os simuladores de visão de cores permitem aos projetistas providos de visão normal de cores compreenderem como ocorre a percepção de cores por parte dos indivíduos deficientes na visão cores (Olson e Brewer, 1997). Com isto, é possível apontar problemas de projeto gráfico que possam interferir nos processos de comunicação cartográfica por parte do grupo de pessoas com disfunção na visão de cores e, consequentemente, elaborar recomendações para a melhoria desses projetos.

2- PERCEPÇÃO DE CORES

A percepção de cores pode variar entre uma pessoa e outra, ou conforme a quantidade de luz que incide sobre um objeto que é percebido pelo olho humano. Em mapas impressos, quando a luz incide sobre um objeto, algumas cores são absorvidas e outras são refletidas, assim, o observador interpreta as cores refletidas (Dent *et al.*, 2009). No caso de mídias digitais, as cores que alcançam os olhos provêm de luz emitida (Dent *et al.*, 2009).

A cor é constituída por três dimensões: tom ou matiz, saturação ou croma; valor ou brilho (Dent *et al.*, 2009; Slocum *et al.*, 2009). Matiz é o nome atribuído às várias cores percebidas, já a saturação é compreendida como a pureza da cor em relação a uma escala de cinza neutra (Slocum *et al.*, 2009). O valor corresponde a quantidade de luz branca incidente sobre a cor; possui uma escala finita que parte do preto em direção ao branco, frequentemente especificada como porcentagem da presença de luz e pode ser especificada de 0% a 100% (Dent *et al.*, 2009).

A percepção de cores, quando decorrente da estimulação relativa dos três tipos de cones presentes na retina (células fotorreceptoras), pode ser explicada pela teoria tricromática (Slocum *et al.*, 2009). Os três tipos de cones são responsáveis pela captação de comprimentos de onda longos, médios e curtos, correspondendo às cores vermelho, verde e azul.

No que concerne à visão de cores, as seguintes categorias podem ser destacadas: tricromatas, dicromatas e monocromatas (Sardegna *et al.*, 2002). A categoria de tricromatas normais apresenta o funcionamento regular nos três tipos de cones presentes na retina e possuem visão normal de cores. O indivíduo classificado como tricromata anômalo possui deficiência leve ou moderada na visão de cores. Nesse caso, os três cones retiniais funcionam, porém há um deslocamento no pico de sensibilidade retinal (Sharpe *et al.*, 1999).

O dicromata possui dois tipos de cones com funcionamento regular e um tipo de cone deficitário. Por sua vez, podem ser classificados como protanopes (deficiência no cone vermelho), deutanopes (deficiência no cone verde) e tritanopes (deficiência no cone azul). O indivíduo que apresenta incapacidade de reconhecer ou distinguir qualquer cor pode ser denominado acromata (Sharpe *et al.*, 1999).

2.1- Percepção de cores em relações de ordem

Para representar dados de natureza ordenada, um único matiz pode ser utilizado, bem como um conjunto de matizes que se encontram próximos uns dos outros no círculo cromático (amarelo, laranja e vermelho) (Harrower e Brewer, 2011). Contudo, apresentem a propriedade de percepção da variável visual valor (Harrower e Brewer, 2011; Slocum *et al.*, 2009). A diferença de valor é facilmente percebida por pessoas com os três tipos de deficiência (e é minimamente confusa) (Olson e Brewer, 1997). Para representar em ordem por meio do valor da cor, os tons claros são apropriados para baixas intensidades,

enquanto que os tons escuros estão para altas intensidades (Harrower e Brewer, 2011).

Utilizar diferentes matizes para indicar uma ordem nos dados pode ser difícil. Os matizes selecionados devem ser cuidadosamente ordenados, tais como o vermelho, laranja e o amarelo (Slocum *et al.*, 2009). Contudo, o uso de mais de um matiz para representar dados ordenados, pode fornecer melhor contraste entre as classes se comparados a variação de ordem com um único matiz. Utilizar esses esquemas exige cuidado especial durante a etapa do projeto, pois as três dimensões da cor podem mudar simultaneamente de um matiz para o outro (Harrower e Brewer, 2011).

3- PERCEPÇÃO DE CORES EM MAPAS DE FLUXO DE VEÍCULOS

Os mapas *Google Maps*, *Waze* e *Maplink* representam o fluxo de veículos por meio de cores. As cores empregadas nesses mapas foram analisadas quanto à percepção de cores das pessoas tricromatas e dicromatas. A cidade de São Paulo-SP foi utilizada como área de estudo, mais especificamente no entorno da praça Quatorze Bis. O critério para seleção da área de estudo consistiu em dispor de uma representação que contemplasse todas as classes de fluxo de veículos que os mesmos adotam.

A área de estudo foi capturada e, o simulador de visão de cores *Color Oracle* (Jenny e Kelso, 2017) foi utilizado para compreender a percepção dos dicromatas. De um conjunto de simuladores de visão de cores estudados por Oliveira *et al.* (2014), este foi o que melhor representou a visão de cores dos dicromatas. As cores utilizadas para representar o fluxo de veículos em cada mapa foram coletadas com o programa *IrfanView*. Essas cores foram utilizadas na construção de quadros para facilitar a compreensão dos diferentes tipos de visões de cores.

A análise das cores na área mapeada permite avaliar a presença de contraste simultâneo entre as feições, além de verificar a espessura das linhas de fluxo. A espessura da linha de fluxo pode facilitar ou dificultar a compreensão de ordem entre as classes. A análise das cores por meio de quadros visa evidenciar, de maneira isolada, a propriedade perceptiva que cada variação de 'cor' possui.

O mapa *Maplink* representa o fluxo de veículos por meio de cinco classes: livre, fluindo, intenso, lento e bloqueado (Maplink, 2017). Para a percepção dos tricromatas, a classe de fluxo livre apresenta propriedade perceptiva de seletividade e as demais classes são ordenadas (Figura 1a). A percepção de ordem para as classes fluindo, intenso e lento parece ser adequada aos tricromatas e dicromatas. Os protanopes podem apresentar dificuldade na leitura e associar o fluxo livre como sendo fluxo intenso e o fluxo lento como sendo fluxo bloqueado (Figura 1d). A categoria de fluxo fluindo, representada pela cor amarela, se destaca entre as demais classes quando percebida por protanopes e deuteranopes. Os

deuteranopes podem associar o fluxo livre como sendo fluxo intenso ou lento (Figura 1g). Para os tritanopes, a percepção das cores parece se assemelhar com as propriedades de ordem, similarmente percebidas pelos tricromatas (Figura 1j). O Quadro 1 destaca as cores que são percebidas pelos diferentes grupos de visão de cores.

Quadro 1- Percepção de cores para o mapa *Maplink*

Categoria de fluxo	Tricromata	Prota nope	Deuter anope	Trita nope
Livre				
Fluindo				
Intenso				
Lento				
Bloqueado				

O mapa *Google Maps* representa o fluxo de veículos por meio de quatro classes: rápido, fluindo, intenso e lento (Google Maps, 2017). Para a percepção dos tricromatas, a representação da classe de fluxo rápido apresenta propriedade perceptiva de seletividade e as demais classes são ordenadas (Figura 1b). As representações nesse mapa parecem ser adequadas para os dicromatas. No entanto, o contraste é baixo, principalmente aos deuteranopes (Figura 1h). Embora se consiga fazer as distinções, pode requerer maior tempo de busca visual para compreensão. Para a percepção dos protanopes, pode ocorrer maior dificuldade para diferenciar os fluxos intenso e lento (Figura 1e). Para os tritanopes, as propriedades perceptivas apresentam as mesmas características percebidas por tricromatas (Figura 1k). O Quadro 2 destaca as cores que são percebidas pelos diferentes grupos de visão de cores.

Quadro 2 - Percepção de cores do mapa *Google Maps*.

Categoria de fluxo	Tricromata	Prota nope	Deuter anope	Trita nope
Rápido				
Fluindo				
Intenso				
Lento				

O mapa *Waze* representa o fluxo de veículos por meio de quatro classes: leve, moderado, intenso e parado (Waze, 2017). As representações nesse mapa parecem ser adequadas aos tricromatas e dicromatas, embora apresentem baixo contraste. Os tricromatas e dicromatas podem perceber a classe de fluxo leve com maior contraste dentre as demais. O Quadro 3 destaca as cores que são percebidas pelos diferentes grupos de visão de cores.

Quadro 3 - Percepção de cores para o mapa *Waze*.

Categoria de fluxo	Tricromata	Prota nope	Deuter anope	Trita nope
Leve				
Moderado				
Intenso				
Parado				

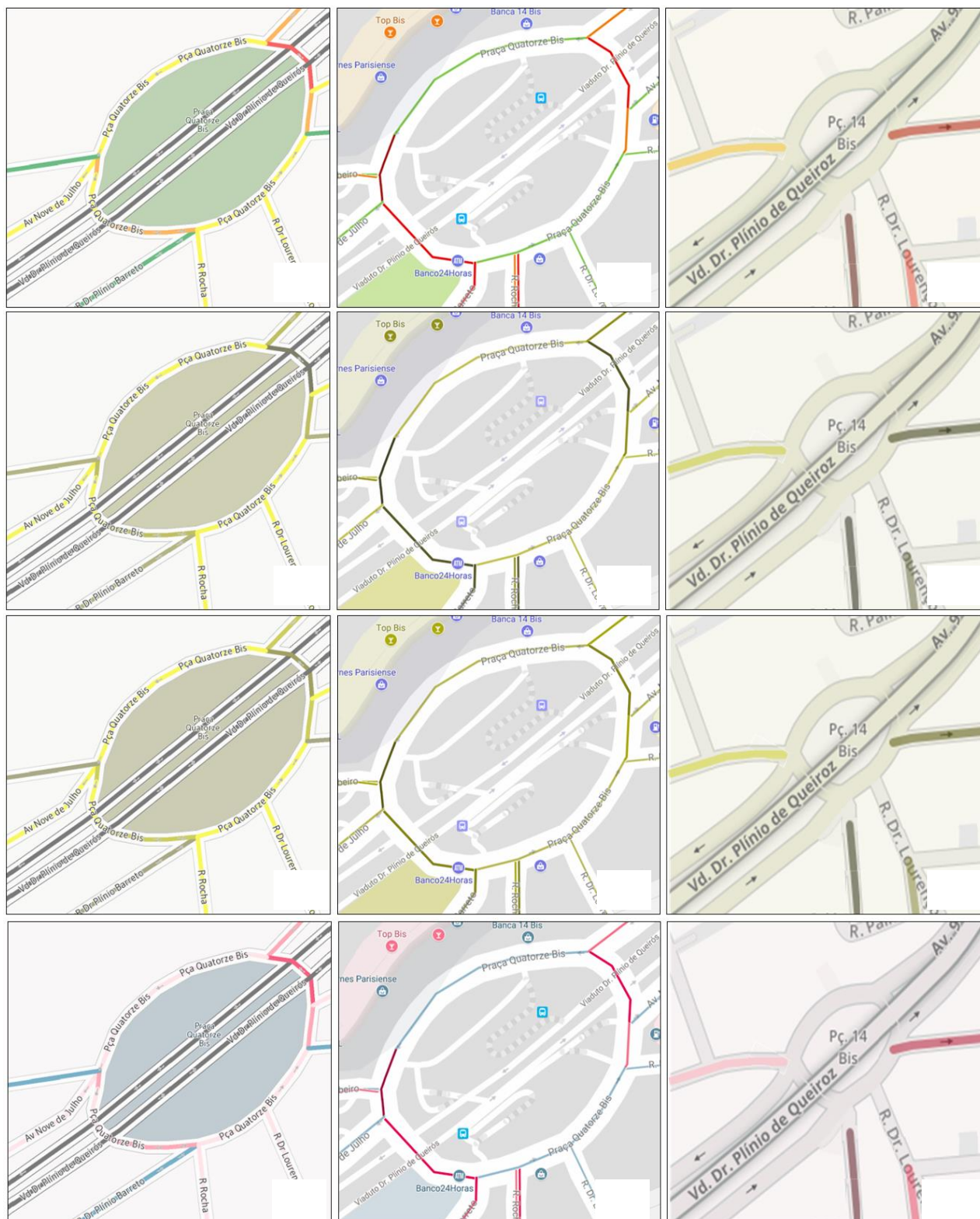


Fig. 1 - Mapas Maplink (a), Google Maps (b) e Waze (c) expostos na primeira linha e suas respectivas simulações para visão de cores protanope (segunda linha), deuteranope (terceira linha) e tritanope (quarta linha). Cada coluna representa um sistema.

4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises dos mapas Waze, Maplink e Google Maps, notou-se a presença de possíveis representações de difícil percepção de ordem por pessoas com deficiência na visão de cores. O projeto dos mapas estudados parece ter sido concebido considerando as características de percepção de cores dos tricromatas. No entanto, parece ser possível utilizar essas cores, de forma acessível, porém com alguns ajustes, aos diferentes tipos de visão de cores dos usuários. Esses mapas de fluxo de veículos são representados de diferentes maneiras entre os sistemas. O número de classes de fluxo, as cores e as espessuras utilizadas para representar a linha do fluxo de veículos são distintas entre os mapas.

A utilização de um único matiz para representar mais de uma classe ordenada, parece ser o maior impedimento para a percepção ideal da hierarquia entre as classes de fluxo quando percebidas por dicromatas. O contraste entre as classes que expressam ordem precisa ser compreensível de maneira eficaz e eficiente por todos os grupos de indivíduos, independentemente do tipo de tipo de visão de cores das pessoas. Um outro possível problema encontrado nos mapas estudados parece ser a utilização de cores que se destacam entre as demais, como o matiz amarelo. Fator que poderia conduzir a atenção do leitor às classes mais destacadas no mapa.

A etapa de seleção de cores para uso em mapas de fluxo de veículos pode ser apoiada por simuladores de visão de cores, tal como o *Color Oracle*. A percepção de ordem em mapas de fluxo, por meio da variável visual cor, carece de estudos mais aprofundados.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atchison, D. A.; Pendersen, C.; Dain, S.; Wood, J. M., 2003. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. Human Factors, p. 495–503.

Dent, B. D. Cartography: Thematic Map Design. 6º ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 2009.

Google Maps, 2017. Região de São Paulo - SP. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/>>. Acesso em: Ago. de 2017.

Harrower, M.; Brewer, C. A., 2011. ColorBrewer. org: an online tool for selecting colour schemes for maps. The map reader, p. 261-268.

Jenny, B.; Kelso, N. V., 2017. Design for the Color Impaired. Disponível em: <<http://colororacle.org>>. Acesso em: Ago. de 2017.

MacEachren, A. M., 2005. How maps work: Representation, Visualization and Design. London: The Guilford Press.

Maplink, 2017. Região de São Paulo - SP. Disponível em: <<http://transito.maplink.global>>. Acesso em: Ago. de 2017.

Oliveira, R. F.; Pugliesi, E. A.; Ramos, A. P. M.; Decanini, M. M. S., 2014. Simulador de Visão de Cores para Aplicação na Cartografia: Da Visão Tricromata Normal para a Visão do Daltônico Dicromata. In: V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Olson, J. M.; Brewer, C. A. , 1997. An Evaluation of Color Selections to Accommodate Map Users with Color-Vision Impairments. Annals of the Association of American Geographers. Published by: Taylor & Francis, v. 87, n. 1, p. 103-134.

Pedrosa, S. N.; Pugliesi, E. A.; Amorim, F. R. 2016. Percepção de Mapas de Fluxo por Motorista Daltônicos. In: XXVIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP, Presidente Prudente. Trabalhos apresentados na 1º Fase do XXVIII CIC.

Sardegna, J.; Shelly, S.; Rutzen, A. R.; Steidl, S. M., 2002. The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment. New York: Facts On File.

Sharpe, L.T.; Stockman, A.; Jägle, H.; Nathans, J., 1999. Opsin genes, cone pigments, color vision and color blindness. Color Vision - From genes to perception. Cambridge University Press.

Slocum, A. T.; McMaster, R. B.; Kessler, F. C.; Howard, H. H., 2009. Thematic Cartography and Geovisualization. 3rd ed. Prentice Hall.

Waze, 2017. Região de São Paulo- SP. Disponível em: <<https://www.waze.com>>. Acesso em: Ago. de 2017.

APÊNDICE B- Projeto dos Mapas de Fluxo de Veículos

Figura 23 - Mapa 1 – Vias com linhas horizontais e verticais- Rota 1.

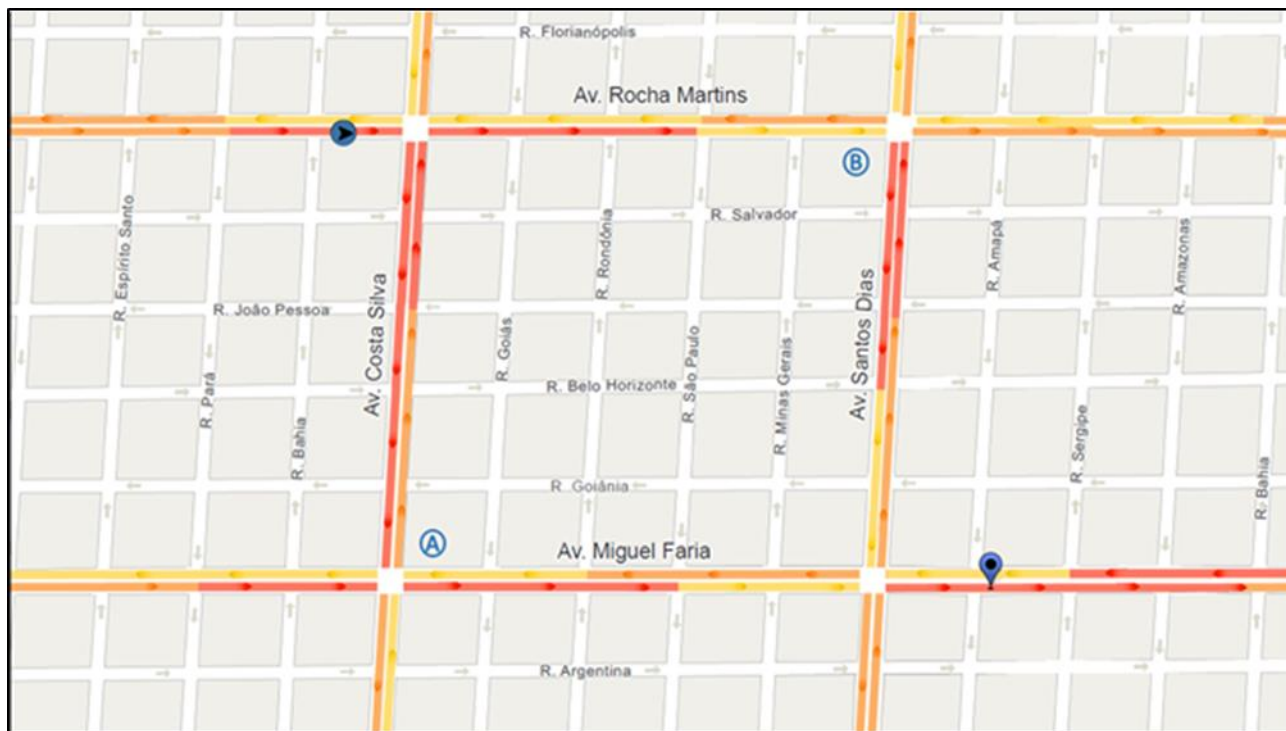


Figura 24 - Mapa 2 – Vias com linhas inclinadas - Rota 4.

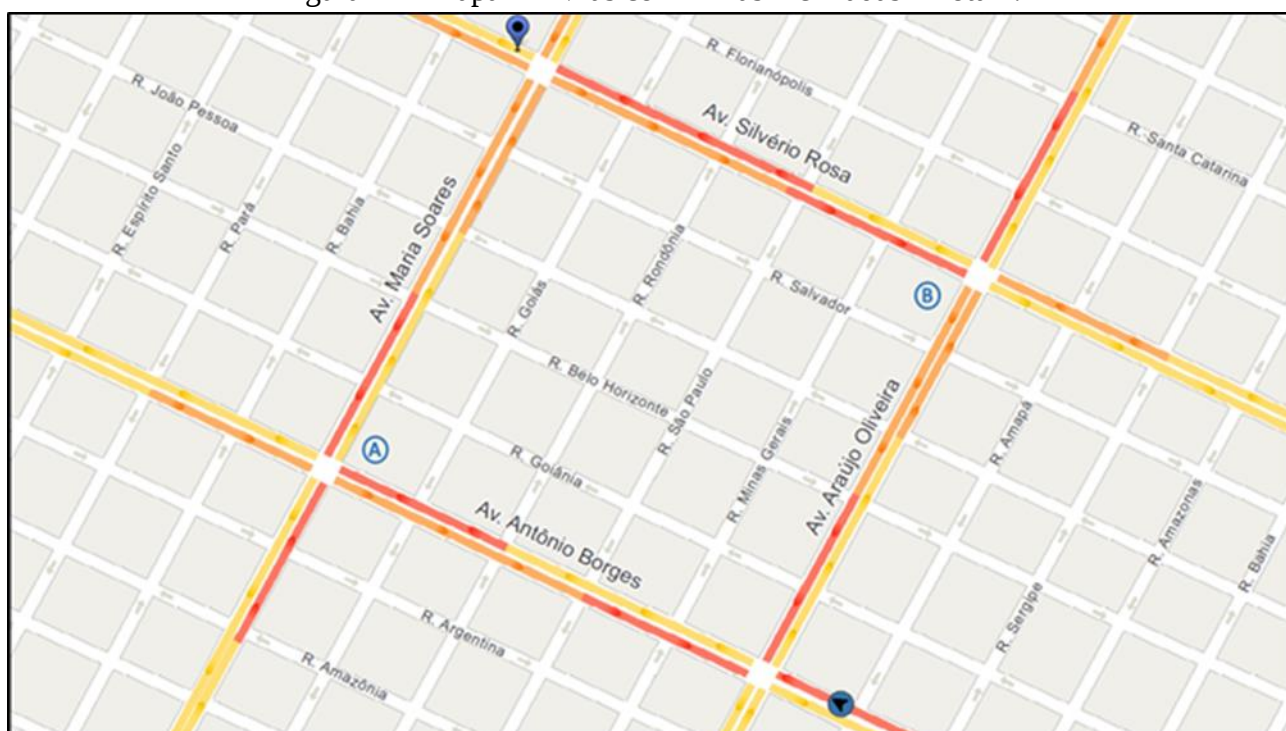


Figura 25 - Mapa 3 - Vias com linhas horizontais e verticais - Rota 3.

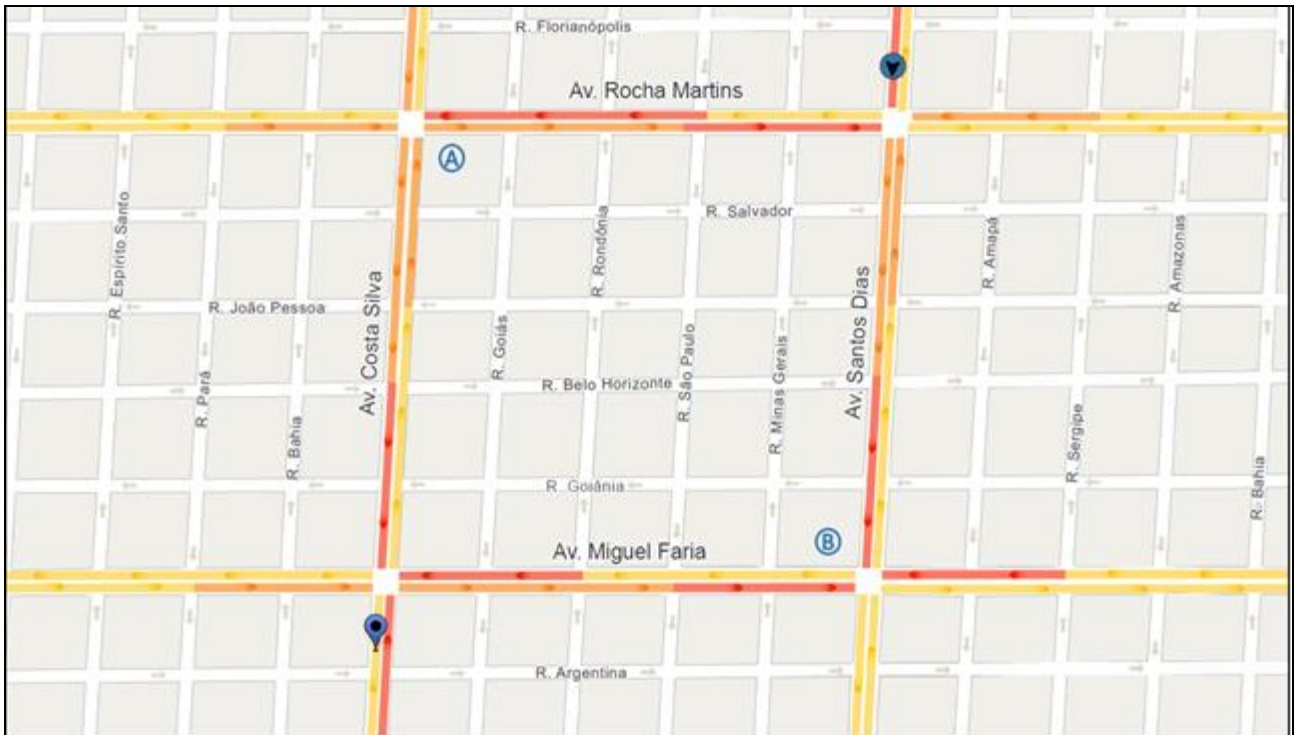


Figura 26 - Mapa 4 - Vias com linhas inclinadas - Rota 2.

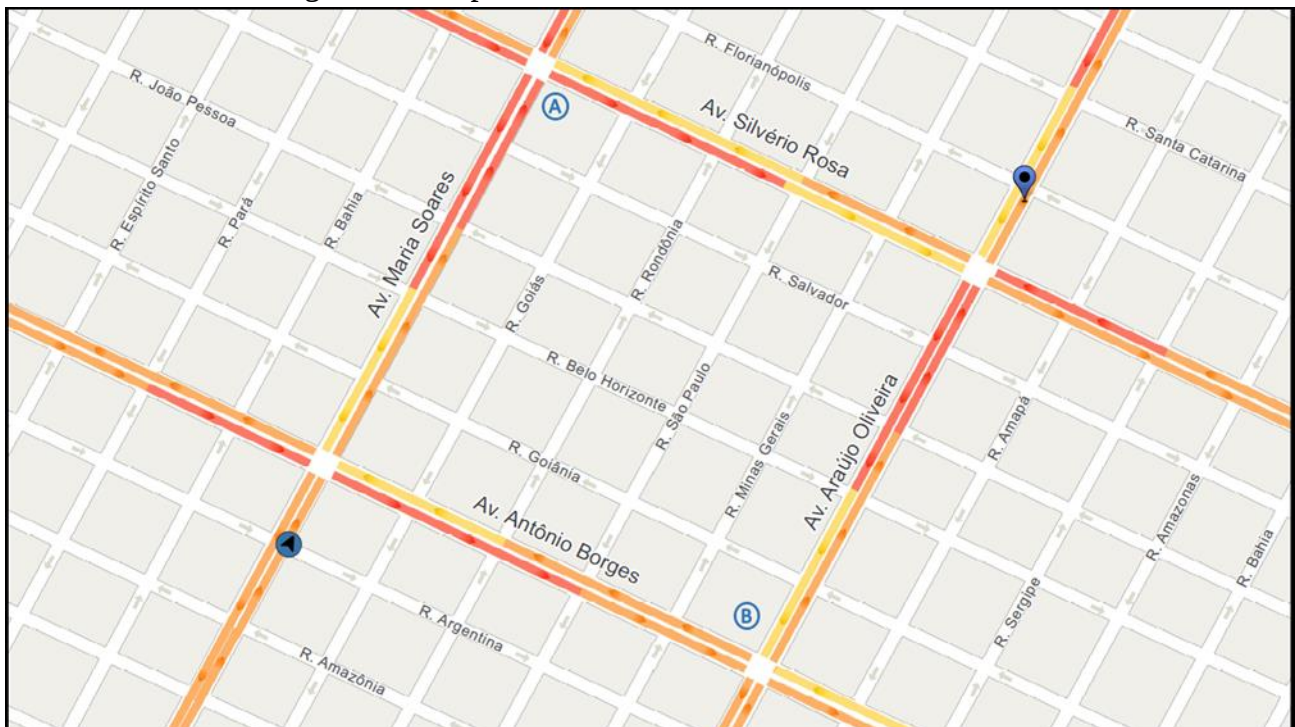


Figura 27 - Mapa 5 - Vias com linhas horizontais e verticais - Rota 4.

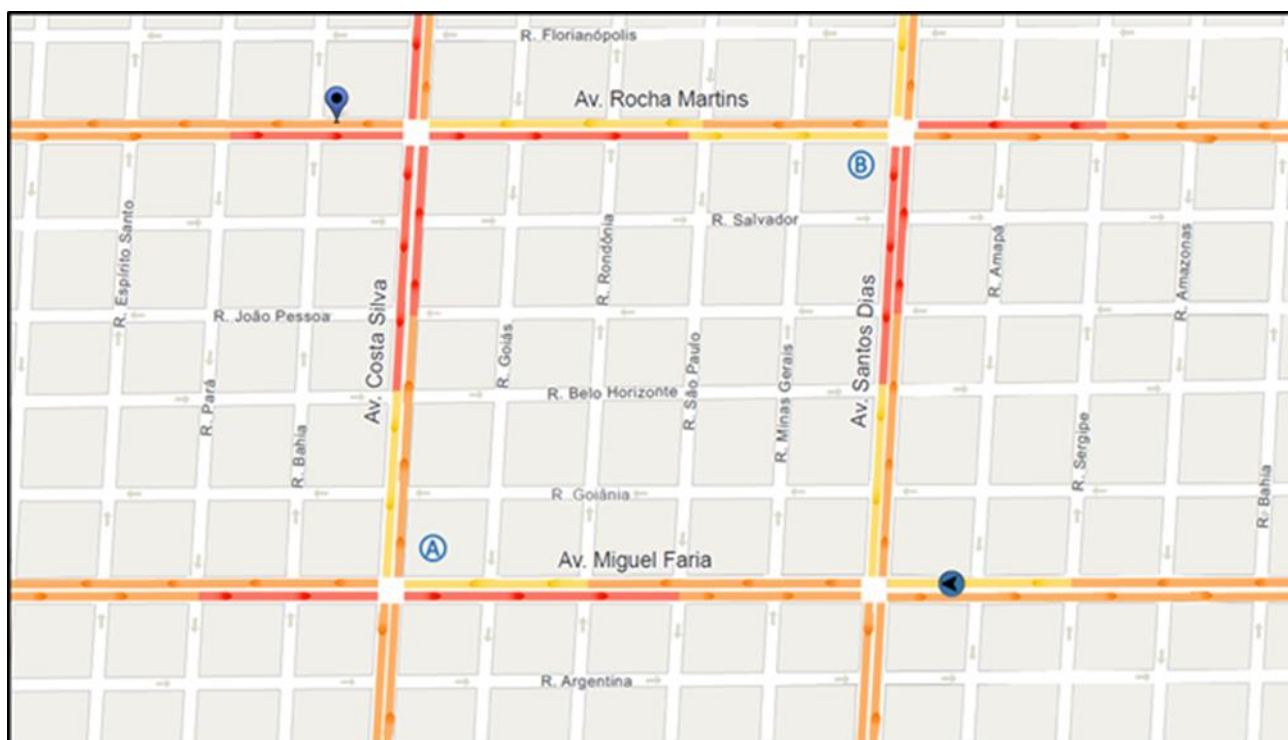


Figura 28 - Mapa 6- Vias com linhas inclinadas - Rota 1.

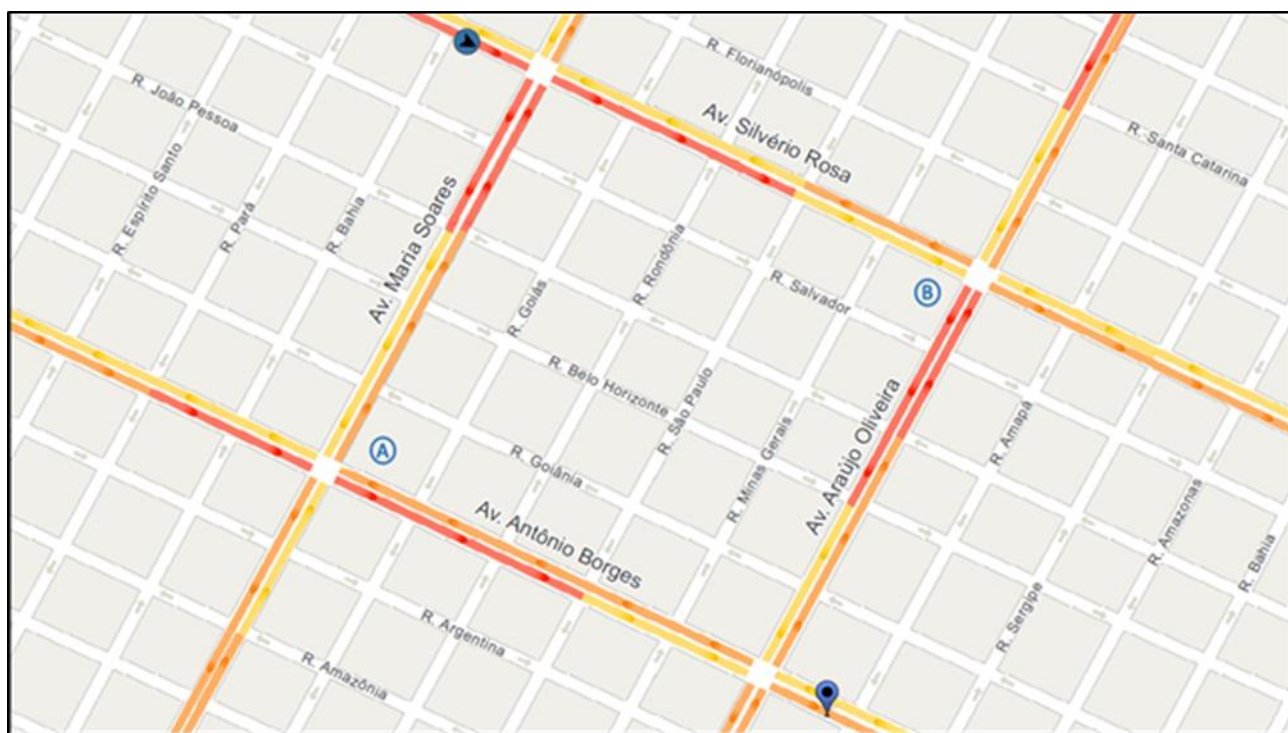


Figura 29 - Mapa 7 - Vias com linhas horizontais e verticais - Rota 2.

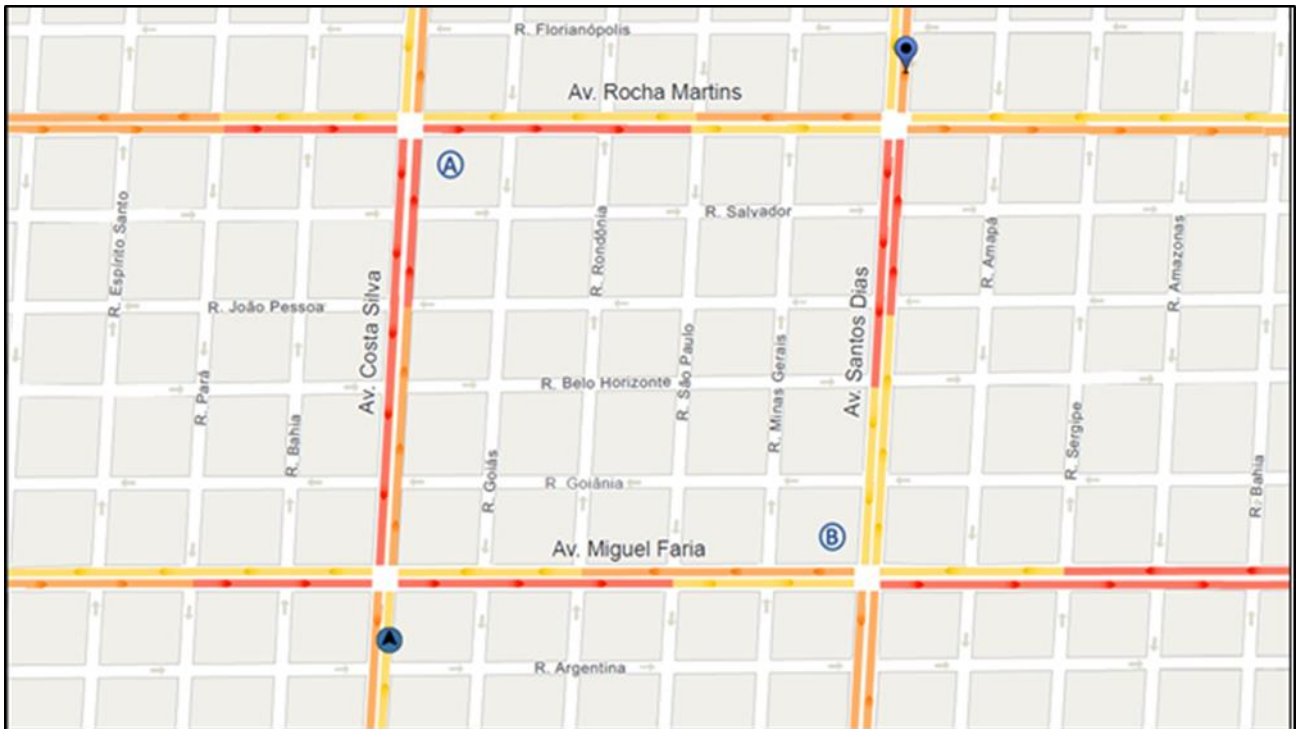
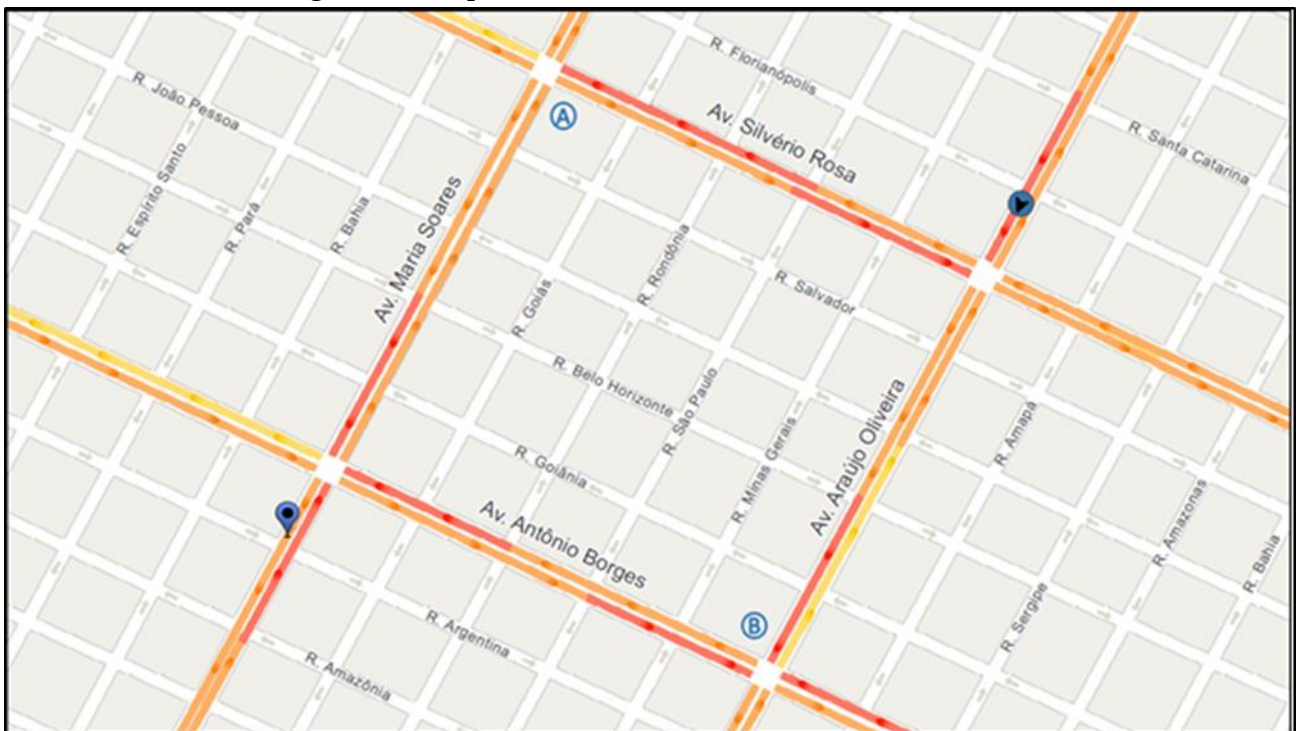


Figura 30- Mapa 8 - Vias com linhas inclinadas - Rota 3.



APÊNDICE C- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da pesquisa: PERCEPÇÃO VISUAL DOS INDIVÍDUOS COM OU SEM DEFICIÊNCIA EM VISÃO DE CORES EM MAPAS DE FLUXO DE VEÍCULOS ESTÁTICOS E DINÂMICOS.

Nome do (a) Pesquisador (a): Fabrício Rosa Amorim

Nome do (a) Orientador (a): Edmur Azevedo Pugliesi

Contexto da pesquisa: esta pesquisa tem o objetivo de avaliar a qualidade da comunicação de mapas que representam fluxo de veículos, junto a pessoas que possuem deficiência na visão de cores ou não.

Participantes da pesquisa: para serem considerados aptos a participarem do experimento, os participantes devem: Grupo 01: possuir deficiência na visão de cores (daltonismo), sexo masculino, idade acima de 18 anos e inferior a 40 anos, ter utilizado pelo menos uma vez mapa de fluxo de veículos.

Grupo 02: possuir visão normal de cores, sexo masculino, idade acima de 18 anos e inferior a 40 anos, ter utilizado pelo menos uma vez mapa de fluxo de veículos.

Natureza da pesquisa: o Sr. está sendo convidado a participar desta pesquisa que tem por finalidade: avaliar a qualidade da comunicação de mapas com símbolos cartográficos lineares, tanto estáticos quanto dinâmicos, os quais representam fluxo de veículos. O conhecimento obtido no experimento poderá fornecer à indústria e à academia recomendações de projeto de mapas desta natureza para pessoas com deficiência na visão de cores.

Envolvimento na pesquisa: ao participar desta pesquisa o Sr. permitirá que o experimentador: (i) aplique um questionário de caracterização do participante para coleta de algumas informações básicas; (ii) solicite a leitura e reprodução de mapas de fluxo direcionado (estático ou dinâmico); (iii) aplique um questionário de Carga mental de trabalho subjetiva, após o Sr. finalizar a tarefa com os mapas. Além disso, o Sr. permitirá que o experimentador registre as respostas. O Sr. tem liberdade de se recusar a participar e, ainda, se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Sempre que quiser poderá pedir mais informações para o experimentador. Deve-se salientar que o seu anonimato será preservado.

Explicação do ambiente da pesquisa: - A pesquisa será realizada dentro de uma sala com boa iluminação, temperatura agradável e o mínimo de ruídos possíveis. Haverá nessa sala: mesa; cadeiras; um equipamento do tipo *tablet*; lápis e papel.

- O Sr. (Sra.) fará uso de 01 mapa colorido com símbolos estáticos ou dinâmicos que representem as direções do fluxo de veículos; 01 mapa impresso em papel. Todos os mapas possuem quadras, vias, setas com sentidos das vias, nomes das vias, seu local de origem e seu local de destino.

- Sua tarefa será observar um mapa possuindo sua localização e seu destino final para traçar uma rota. O mapa colorido possui o tema de fluxo de veículos. A partir de um ponto inicial mostrado no mapa, determine sua rota para chegar ao ponto final. O Sr. deverá sinalizar ao pesquisador quando encontrar a melhor rota. Após sinalizar, o Sr. terá mais um tempo para memorizar os locais e intensidades de fluxo de veículos presentes em sua rota e, então, repassá-la para um mapa em papel.

- Este procedimento se repetirá por oito vezes e cada mapa colorido estará disponível por até 30 segundos. Após o experimento, o Sr. responderá um questionário sobre a satisfação pelos mapas de fluxo direcionado de veículos.

Sobre as entrevistas: serão aplicados: (i) um questionário de caracterização do participante, (ii) durante o experimento, suas considerações serão gravadas acerca das tarefas, bem como sobre as representações de fluxo nos mapas apresentados. (iii) questionário sobre a satisfação pelos mapas de fluxo de veículos em sistemas de navegação.

Riscos e desconforto: a participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas e não envolve nenhum tipo de risco à saúde física e (ou) mental do Sr. Nenhum dos procedimentos aplicados oferece riscos à sua dignidade.

Confidencialidade: todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador e seu orientador (e/ou grupo de pesquisa) terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados desta pesquisa.

Benefícios: ao participar desta pesquisa o Sr. não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo produza informações importantes quanto aos tipos de representações estáticas e dinâmicas para mapas de fluxo de veículos. Ressalta-se que, o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item confidencialidade.

Pagamento: o Sr. não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo. Obs.: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa.

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Orientador

Pesquisador: Fabrício Rosa Amorim – Mestrando (34) 99123-8103

Orientador: Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi (18) 99782-6568

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

Vice-Coordenadora: Profa. Dra. Andreia Cristiane Silva Wiezzel

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526

E-mail: cep@fct.unesp.br

APÊNDICE D- Questionário de Caracterização do Participante

Número do participante: _____

1. Dados pessoais

Nome: _____

Idade: _____ anos Telefone: (____) _____

E-mail: _____

2. Escolaridade

Nível de escolaridade: _____

Profissão: _____

3. Características oftalmológicas

3.1 Você tem algum tipo de deficiência na visão (ex.: miopia, astigmatismo, hipermetropia, etc.)?

☐ Sim ☐ Não

Se sim, se souber, especifique o tipo:

☐ miopia ☐ astigmatismo ☐ hipermetropia ☐ outro

4. Experiência com mapa

4.1 Que nível de experiência você considera ter com o uso de mapa?

☐ Alto

☐ Médio

☐ Baixo

☐ Nenhum

4.1.1 Que nível de experiência você considera ter com o uso de GPS de navegação?

☐ Alto

☐ Médio

☐ Baixo

☐ Nenhum

5. Experiência com mapas de fluxo de veículos.

5.1 Você já usou?

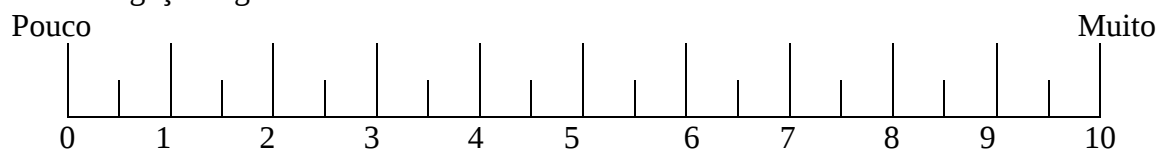
☐ Sim ☐ Não

Se sim, em quais momentos/situação/contexto você costuma utilizá-lo?

5.2 O mapa de fluxo que você usou é de fácil interpretação?

☐ Sim ☐ Não

5.3 Em uma escala de zero a dez, qual a importância da representação de fluxos de veículos para mapas de navegação e guia de rota?



5.4 Caso você seja motorista, costuma mudar de vias para evitar congestionamento?

☐ Sim ☐ Não

APÊNDICE E- Roteiro da Experimentação

O objetivo desta pesquisa é compreender o desempenho da leitura de mapa de fluxo de veículos, com símbolos estáticos e símbolos dinâmicos. Em caso de eventuais dúvidas, peça esclarecimento sempre que julgar necessário. Siga as instruções abaixo para a realização do experimento.

Cenário do experimento:

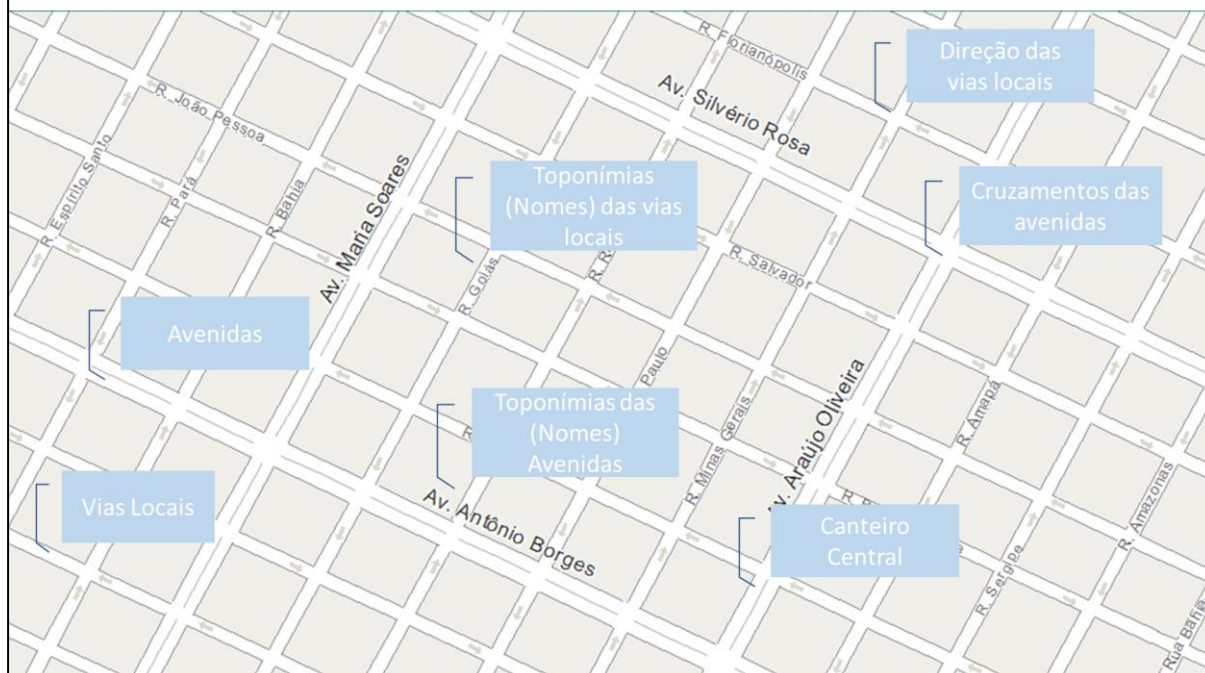
1. Suponha que você esteja em uma cidade desconhecida fazendo uso de um GPS de navegação com o módulo de trânsito ativo. Você pretende se deslocar da sua localização até um suposto destino. Suponha que isto aconteça em qualquer dia da semana (exceto sábado, domingo e feriado) e que seja por volta das 18:00 horas. Por isto, as vias apresentam congestionamento acentuado.
2. Você utilizará alguns mapas de fluxo de veículos. Está presente no mapa, além das informações que mostram sua localização e o destino para onde você irá, um total de três categorias de fluxo de veículos (baixo, moderado e parado/congestionado). Imagine que para se deslocar até o destino, você deverá escolher uma rota que parta da sua localização. A melhor rota a ser escolhida é a que o permita alcançar o destino mais rapidamente.
3. As seguintes tarefas serão realizadas:
 - a. Tarefa de orientação: encontrar sua localização atual (origem) e a localização para onde vai (destino);
 - b. Será apresentado um mapa colorido (podendo ser estático ou animado). Observar as intensidades e direções do fluxo de veículos na via;
 - c. Determinar uma rota que alcance a localização de destino mais rapidamente, denominada “Rota A” ou “Rota B”. Quando tiver decidido, fale em voz alta “Rota A” ou “Rota B”. Memorizar a rota escolhida;
 - d. Memorizar os segmentos da rota e as intensidades de fluxo em cada segmento;
 - e. Em um mapa acinzentado, em papel, desenhar a rota selecionada, bem como as intensidades de fluxo em cada segmento.
4. O passo anterior será feito com diferentes mapas, durante 8 vezes.

Obs.: Antes de iniciar o experimento, lhe será apresentado um manual de símbolos do “GPS de navegação” para familiarizá-lo com os mapas utilizados. O tempo total do experimento incluindo a parte de questionário é de aproximadamente 30 minutos.

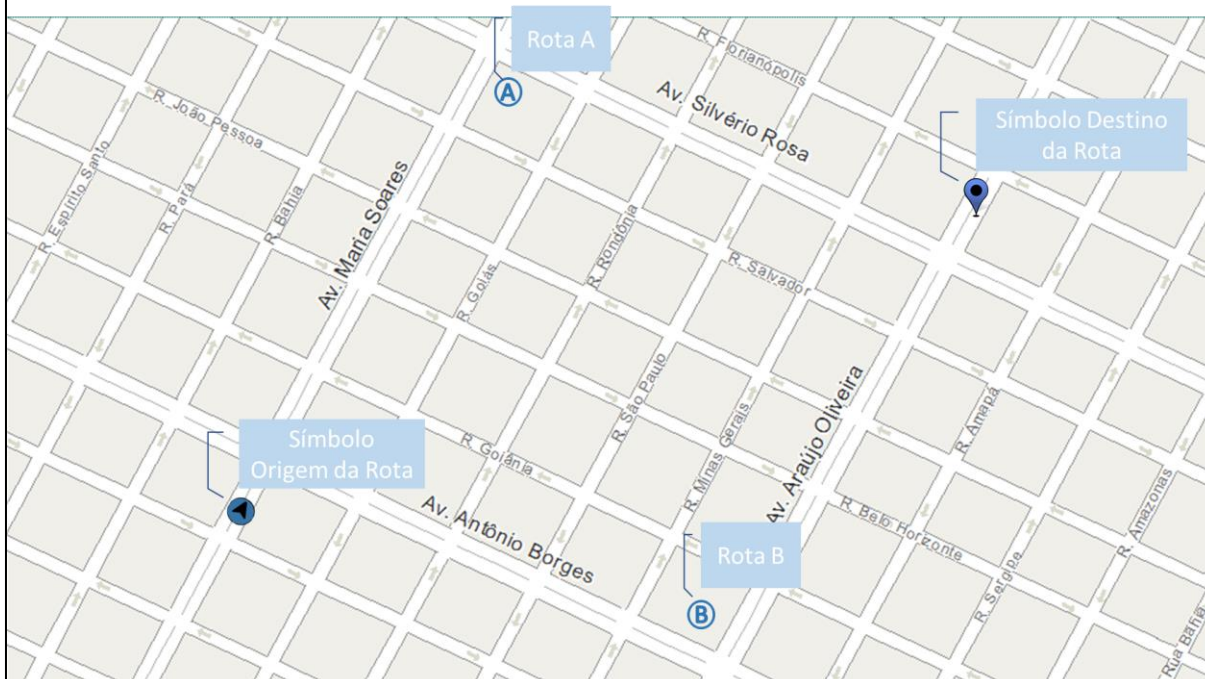
Agradecemos a sua participação, o seu anonimato será preservado.
 Fabrício Rosa Amorim – mestrando em Ciências Cartográficas

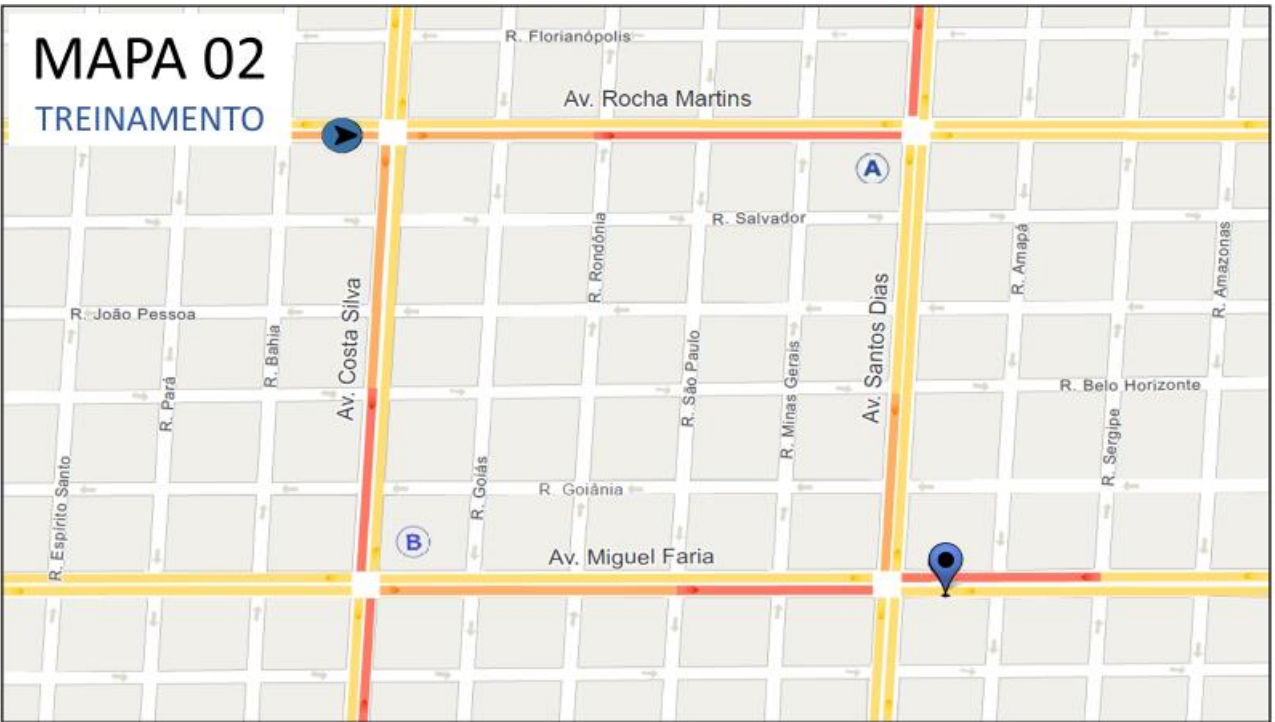
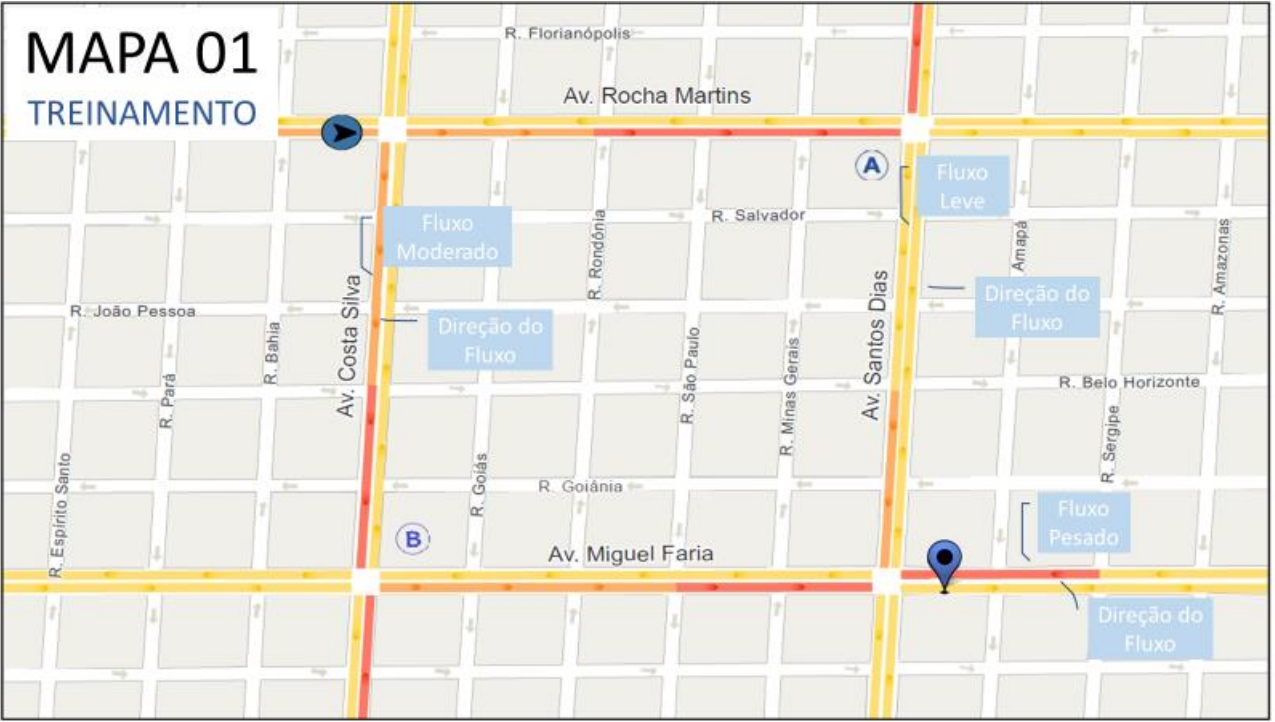
APÊNDICE F- Manual de Símbolos do Mapa de Fluxo de Veículos

Manual de Símbolos para Mapa de Fluxo Direcionado de Veículos na Via



Manual de Símbolos para Mapa de Fluxo Direcionado de Veículos na Via





APÊNDICE G- Questionário de Avaliação do Experimento

Número do participante: _____

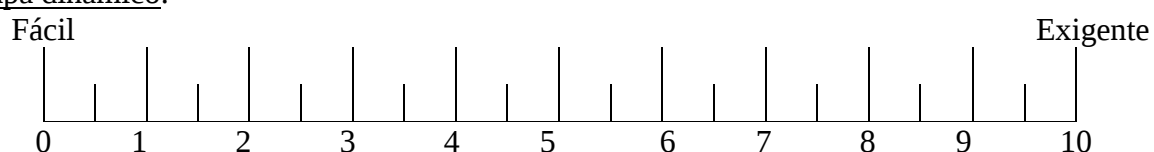
Por favor, leia atentamente as perguntas abaixo. Classifique suas respostas nas escalas abaixo para cada um desses fatores.

1. A tarefa de memorizar os locais e intensidades de fluxo de veículos (para desenhá-los no papel) foi fácil ou exigente?

No mapa estático:

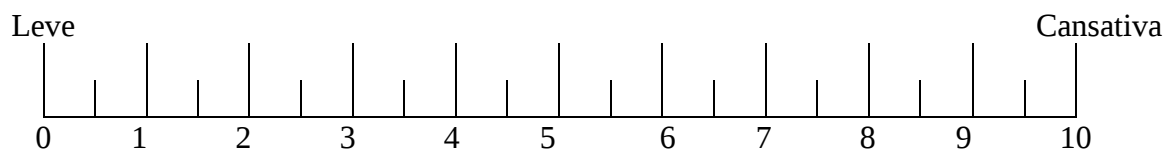


No mapa dinâmico:

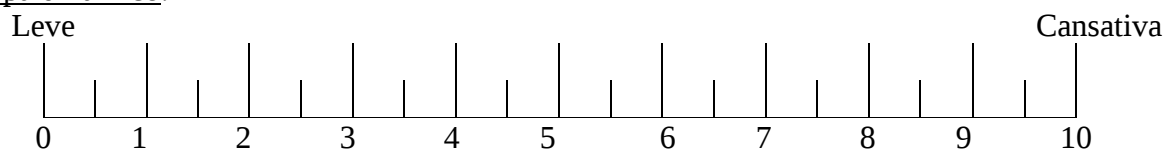


2. A tarefa de observar o fluxo direcionado de veículos foi leve ou cansativa?

No mapa estático:

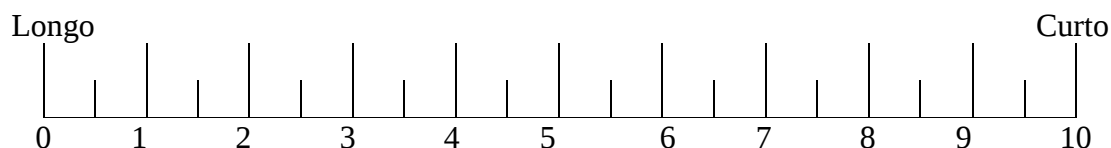


No mapa dinâmico:

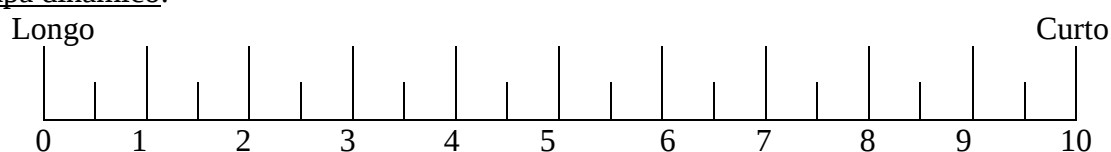


3. O tempo para observar os locais e intensidades de fluxo direcionado de veículos foi longo ou curto?

No mapa estático:

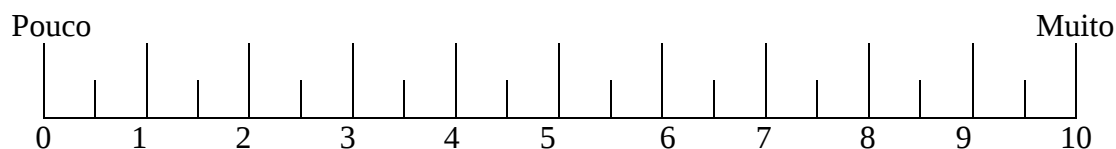


No mapa dinâmico:

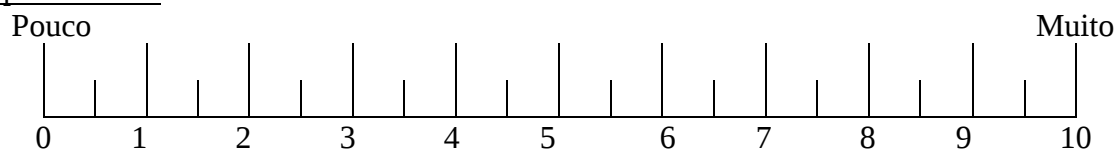


4. A tarefa de observar os símbolos de direção do fluxo foi pouco ou muito distrativa?

No mapa estático:

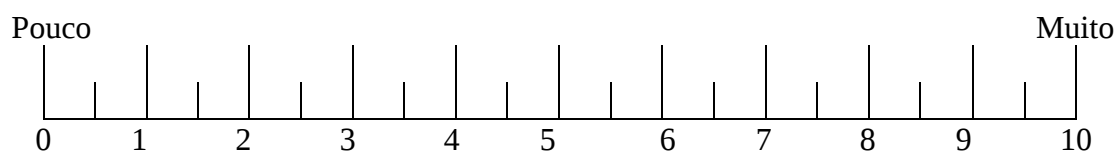


No mapa dinâmico:

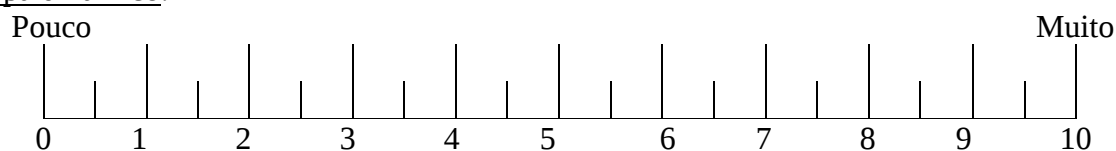


5. A tarefa de recordar os locais e intensidade te exigiu pouca ou muita concentração?

No mapa estático:

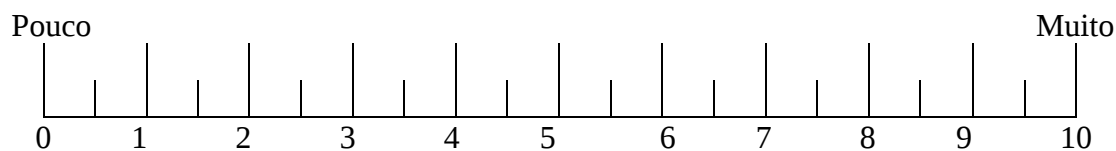


No mapa dinâmico:



6. Com o decorrer das tarefas, você se sentiu pouco ou muito estressado para completar as tarefas?

No mapa estático:



No mapa dinâmico:

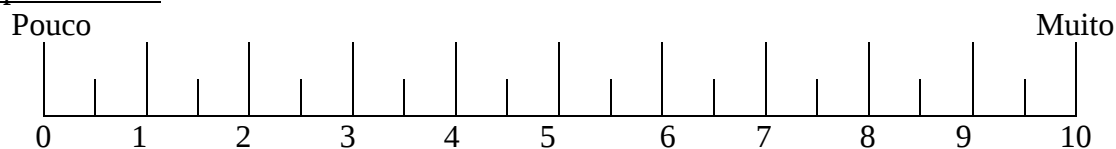


7. Você acha que teve muito ou pouco sucesso ao realizar a seleção da rota (rota A ou rota B)?

No mapa estático:

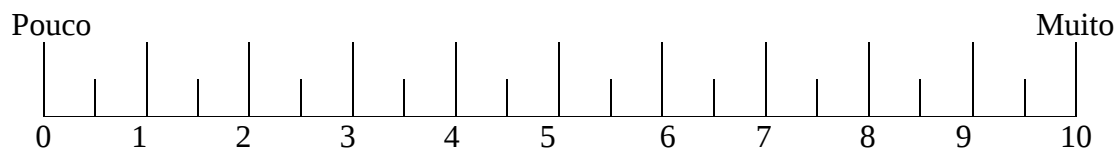


No mapa dinâmico:

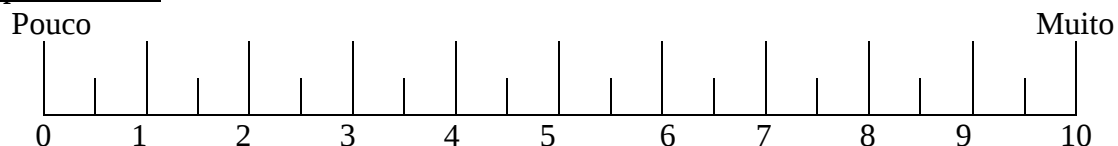


8. Você acha que teve muito ou pouco sucesso ao realizar a tarefa de repassar para o papel os locais e intensidades de fluxo de veículos?

No mapa estático:

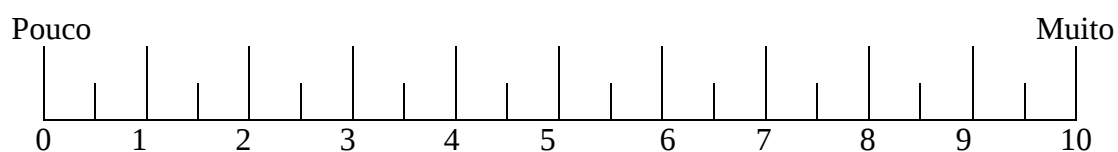


No mapa dinâmico:

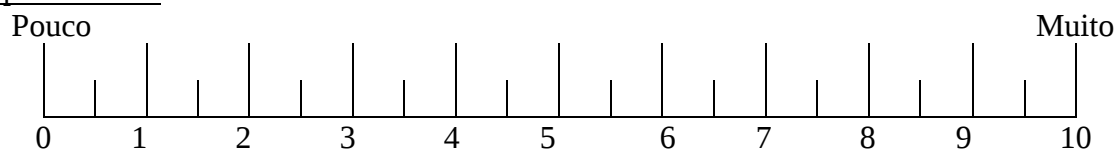


9. De forma geral, que nota você atribui aos projetos gráficos dos mapas? Por quê?

No mapa estático:



No mapa dinâmico:



APÊNDICE H- Respostas dos Participantes

Número do participante: _____

Conjunto de Mapas: ()01 ()02

Mapa 01: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 02: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 03: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 04: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 05: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 06: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 07: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

Mapa 08: () Rota A () Rota B

Comentários/ Observações durante a etapa: _____

APÊNDICE I- Respostas dos Participantes para os Experimentos

Quadro 8 - Respostas dos participantes para a escolha da rota

Participante	Idade	Tipo de Visão	Conjunto	Rep_01	Rep_02	Rep_03	Rep_04	Rep_05	Rep_06	Rep_07	Rep_08
1	27	VNC	2	B	A	B	A	B	B	B	A
2	23	VNC	2	B	A	B	A	A	B	B	B
3	26	VNC	2	B	A	B	A	B	B	B	B
4	27	VNC	2	B	A	B	B	B	B	B	B
5	27	VNC	2	B	B	B	A	A	B	B	B
6	21	VNC	1	B	A	B	A	B	B	B	B
7	27	VNC	1	A	A	A	B	A	B	B	B
8	39	VNC	1	B	A	B	A	A	A	B	B
9	38	VNC	1	B	A	B	B	B	A	B	B
10	36	VNC	1	A	A	B	B	A	B	A	B
11	30	DVC	1	B	A	B	B	A	B	B	B
12	40	DVC	1	B	A	B	A	A	B	B	A
13	40	DVC	1	B	A	A	A	B	B	B	B
14	26	DVC	1	B	A	A	A	A	B	B	B
15	21	DVC	1	B	A	B	A	B	B	B	B
16	23	DVC	2	A	A	A	B	B	B	B	B
17	20	DVC	2	B	A	B	A	A	B	B	B
18	26	DVC	2	A	B	A	A	B	B	B	B
19	23	DVC	2	A	B	A	B	B	B	B	B
20	21	DVC	2	A	B	A	A	A	B	B	B

Tabela 8 - Tempo de resposta para a escolha da rota

Participante	Idade	Tipo de Visão	Conj.	Rep_01	Rep_02	Rep_03	Rep_04	Rep_05	Rep_06	Rep_07	Rep_08
1	27	VNC	2	8,04	19,26	11,15	18,73	13,04	10,51	9,34	15,42
2	23	VNC	2	4,12	17,37	12,07	9,44	18,41	7,45	12,40	15,29
3	26	VNC	2	3,71	4,65	11,01	8,47	8,72	6,56	7,57	9,60
4	27	VNC	2	9,48	10,41	16,33	9,58	12,41	8,08	12,59	12,53
5	27	VNC	2	8,80	13,53	15,34	17,69	14,21	12,04	13,53	10,30
6	21	VNC	1	6,00	13,12	4,92	11,35	6,98	19,81	12,85	20,17
7	27	VNC	1	10,37	13,53	11,38	12,73	12,09	13,10	14,14	15,15
8	39	VNC	1	16,82	10,27	13,72	8,46	14,86	17,20	6,45	17,36
9	38	VNC	1	11,18	11,69	12,44	10,61	12,15	23,90	6,78	14,77
10	36	VNC	1	14,06	5,54	10,36	7,61	7,53	16,55	13,98	20,43
11	30	DVC	1	15,19	11,09	13,05	18,24	26,81	20,19	13,99	17,12
12	40	DVC	1	21,15	17,41	17,03	23,40	23,75	13,77	17,52	23,34
13	40	DVC	1	13,57	25,19	30,00	18,60	18,54	26,95	17,82	21,95
14	26	DVC	1	7,62	30,00	20,02	9,68	30,00	16,51	24,47	27,87
15	21	DVC	1	10,38	19,33	17,93	12,60	19,18	12,50	17,78	17,26
16	23	DVC	2	15,93	13,13	26,38	12,99	11,42	16,61	13,01	30,00
17	20	DVC	2	16,45	13,42	21,86	14,92	25,01	14,64	13,27	9,50
18	26	DVC	2	10,83	18,19	23,63	10,43	20,72	18,69	19,31	20,19
19	23	DVC	2	14,31	12,89	17,42	13,86	13,42	26,48	11,05	21,79
20	21	DVC	2	28,33	18,98	28,67	14,14	11,21	25,26	22,81	24,93

Tabela 9 - Número de acertos para o desenho da rota

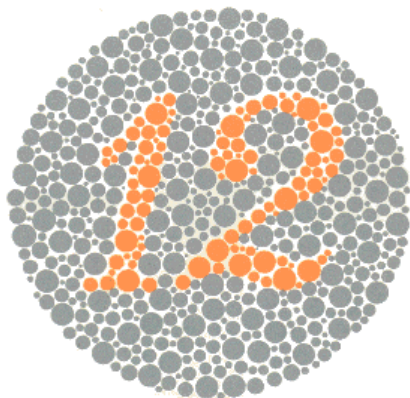
Participante	Idade	Tipo de Visão	Conjunto	Rep_01	Rep_02	Rep_03	Rep_04	Rep_05	Rep_06	Rep_07	Rep_08
1	27	VNC	2	8	10	7	9	9	10	10	10
2	23	VNC	2	10	10	10	10	10	10	10	10
3	26	VNC	2	10	0	10	5	10	10	10	10
4	27	VNC	2	10	10	10	0	4	2	10	10
5	27	VNC	2	10	0	10	10	10	10	10	10
6	21	VNC	1	10	9	10	10	10	10	10	10
7	27	VNC	1	10	0	10	0	10	10	5	0
8	39	VNC	1	10	9	8	9	5	10	10	9
9	38	VNC	1	8	10	10	10	5	6	10	0
10	36	VNC	1	0	5	7	8	0	10	8	10
11	30	DVC	1	10	8	10	10	10	10	10	10
12	40	DVC	1	6	9	10	9	3	10	10	9
13	40	DVC	1	4	7	0	9	5	9	7	9
14	26	DVC	1	4	3	7	9	4	10	9	10
15	21	DVC	1	10	9	10	10	9	8	8	0
16	23	DVC	2	8	10	8	8	10	10	7	10
17	20	DVC	2	10	5	5	10	10	5	10	7
18	26	DVC	2	10	7	5	8	9	8	9	9
19	23	DVC	2	0	7	4	10	7	9	10	8
20	21	DVC	2	8	4	4	4	8	9	8	10

Quadro 9 - Nota e comentários para a satisfação por tipos de mapas

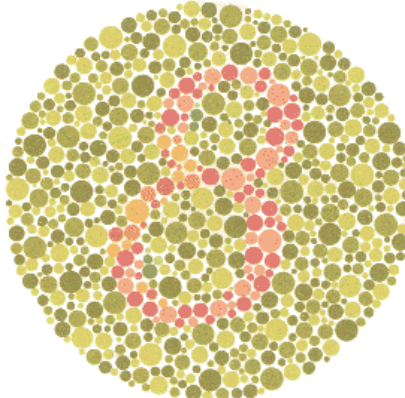
Part.	EST	DIN	Comentários
1	6	9	Com a movimentação das setas, fica mais fácil a associação com as vias.
2	8,5	10	Mais fácil de associar com os lados da pista (esquerdo e direito), para associar com a localização e chegada ao destino.
3	7,5	5,5	O mapa estático é mais fácil de escolher a melhor rota para o ponto de chegada. O mapa dinâmico causa maior distração na escolha da rota.
4	7	9	As cores amarelo e laranja eram mais fáceis de serem confundidas. No mapa dinâmico, a diferenciação foi mais fácil.
5	8	10	O mapa dinâmico é mais fácil de visualizar e mais rápido de entender o fluxo de veículos.
6	5	9	O mapa dinâmico indica a mão da via de maneira mais intuitiva.
7	8	8	Ambos os mapas são fáceis de visualizar.
8	9,5	10	Ambos os mapas estão bons, porém o dinâmico atraiu mais e parecia mais real.
9	4	10	O mapa animado condiz mais com a realidade, facilita a compreender a direção do congestionamento e é mais atrativo.
10	8	7	O mapa estático é mais simples, menos distrativo, as cores lembram um semáforo.
11	10	10	Ambos os mapas são fáceis de visualizar, compreender e escolher a melhor rota.
12	4	5	Maior facilidade para enxergar as cores no estático, no dinâmico ficou mais difícil perceber a cor pelo símbolo estar em movimento.
13	7	9,5	Orienta melhor, não distrai, melhor para entender a dinâmica do espaço
14	4	8,5	Por mais que eu já conheça que a via é a da direita ou esquerda, o mapa dinâmico faz a percepção ser imediata.
15	7	5	O movimento causou confusão por ser acrescido com as cores, porém ajuda a escolher a rota.
16	9	10	O movimento torna o mapa mais interessante e exige menos esforço para saber o sentido da via.
17	9	8	O movimento dos pontinhos com as setas não me atraiu. Os dois projetos ficaram muito bons, mas houve dificuldade para diferenciar amarelo e laranja quando estavam próximos.
18	8	9	Mais tempo observando o movimento, porém ele é melhor para entender e é mais bonito.
19	7	8	Maior facilidade de entender os mapas dinâmicos, mais atrativos, parecem modernos.
20	8	9	O mapa dinâmico é mais bonito, parece que teve cuidado maior para fazê-lo, diferenciar as cores ficou mais fácil com ele.

ANEXO A- Placas do Teste de Ishihara

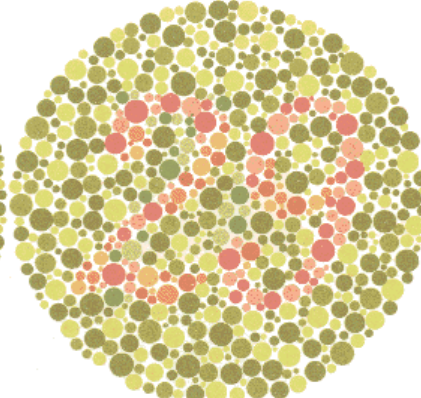
Placa 1



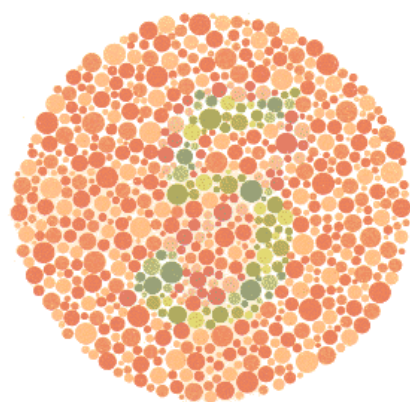
Placa 2



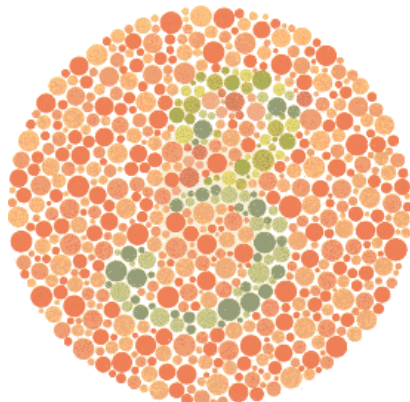
Placa 3



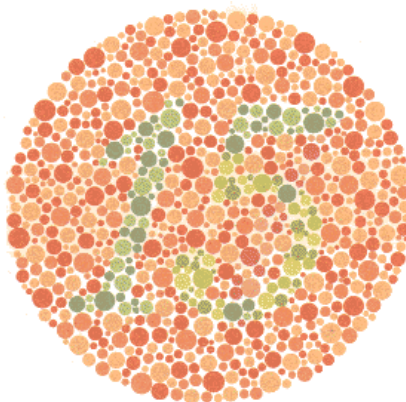
Placa 4



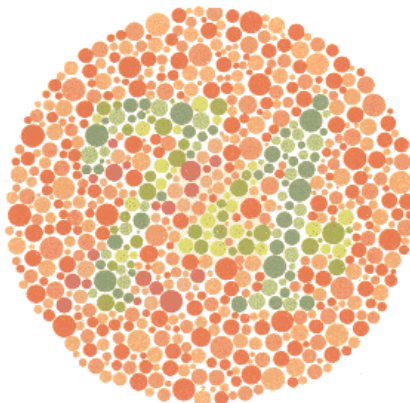
Placa 5



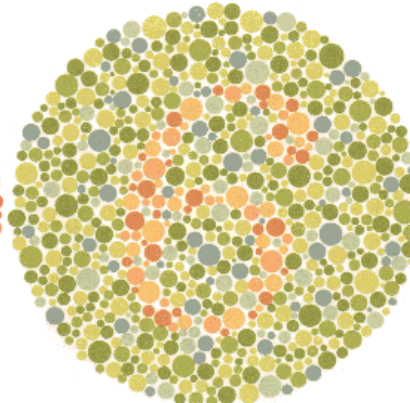
Placa 6



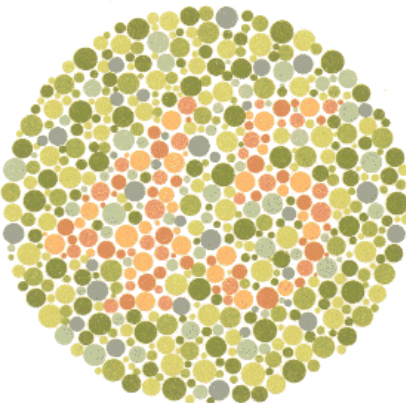
Placa 7



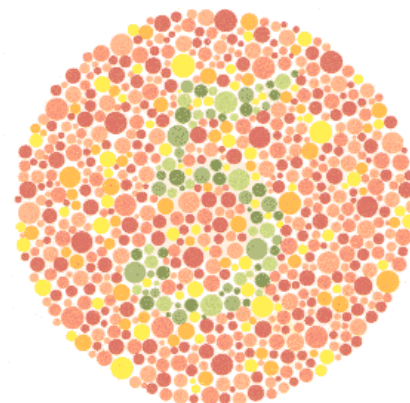
Placa 8



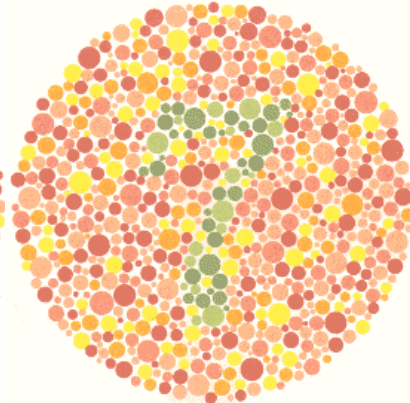
Placa 9



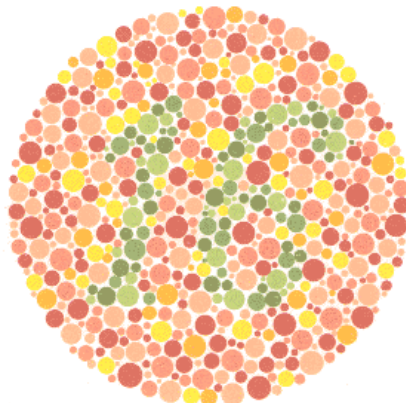
Placa 10



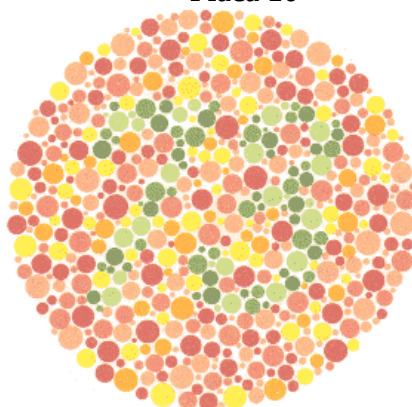
Placa 11



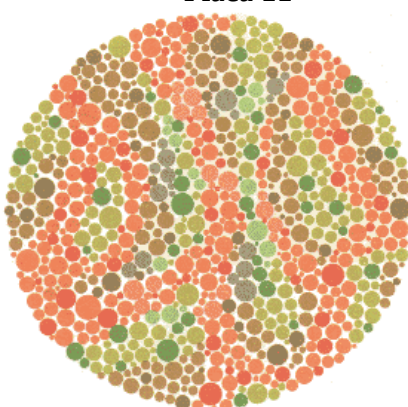
Placa 12



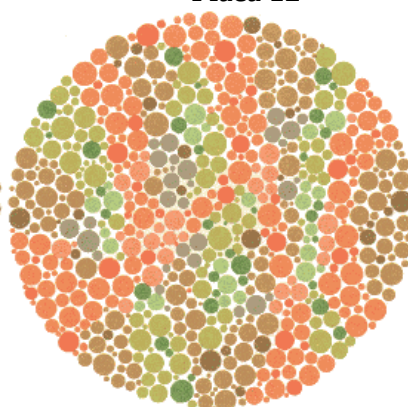
Placa 10



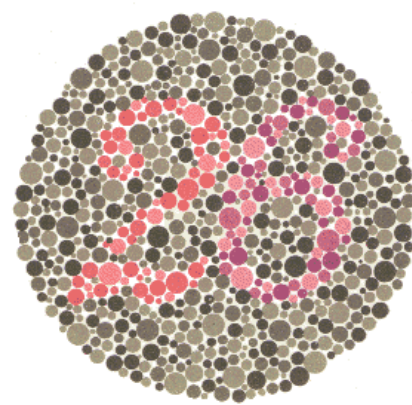
Placa 11



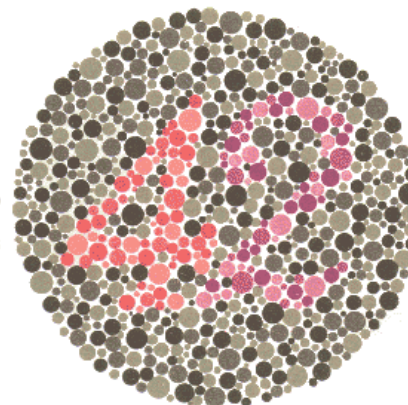
Placa 12



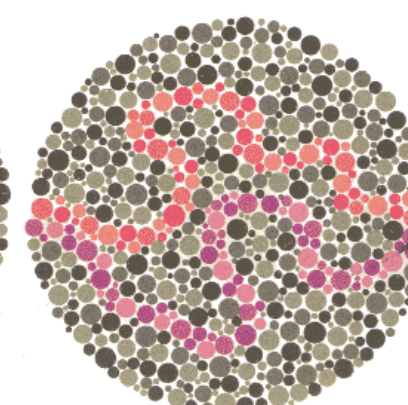
Placa 13



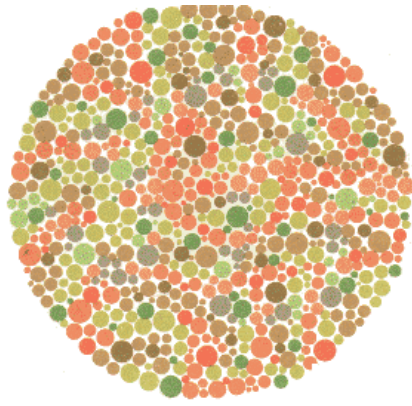
Placa 14



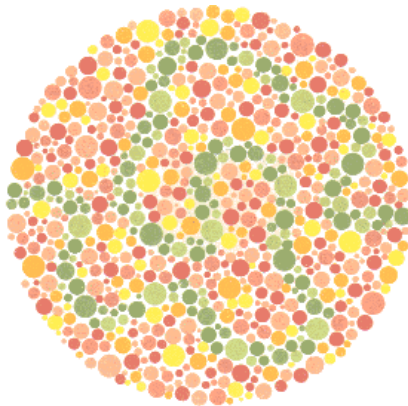
Placa 15



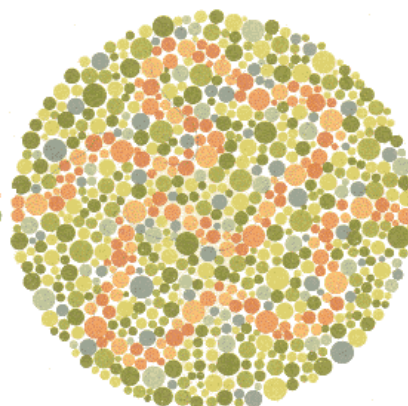
Placa 16



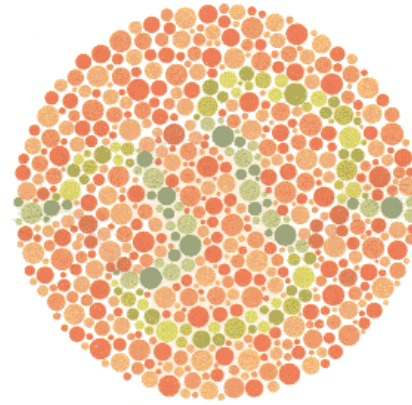
Placa 17



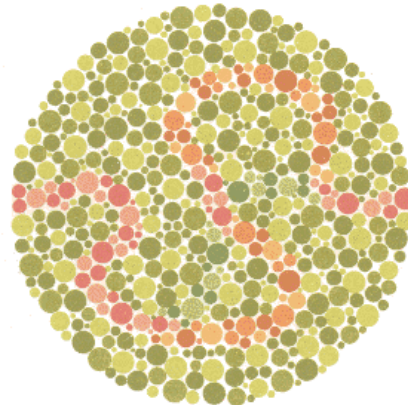
Placa 18



Placa 19



Placa 20



Placa 21

