

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Carlo Fiori; José Henrique Medeiros Monteiro; Lucianna Tiemi Shinye; Natan
Lorenzini Fallaguasta

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ESCOLHA DE
TRECHOS QUANTO À SUA ADEQUABILIDADE AO SISTEMA
CICLOVIÁRIO, BASEADO NOS MÉTODOS ATUAIS, COM
VALIDAÇÃO POR SIMULAÇÃO**

Trabalho de Formatura para Engenharia Civil II

São Paulo

2017

Carlo Fiori; José Henrique Medeiros Monteiro; Lucianna Tiemi Shinye; Natan
Lorenzini Fallaguasta

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ESCOLHA DE TRECHOS QUANTO
À SUA ADEQUABILIDADE AO SISTEMA CICLOVIÁRIO, BASEADO NOS
MÉTODOS ATUAIS, COM VALIDAÇÃO POR SIMULAÇÃO**

Trabalho final de conclusão de curso de
graduação apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo.

Área de habilitação: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luiz Marte

São Paulo

2017

Catalogação-na-publicação

Fiori, Carlo

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ESCOLHA DE
TRECHOS QUANTO À SUA ADEQUABILIDADE AO SISTEMA CICLOVIÁRIO,
BASEADO NOS MÉTODOS ATUAIS, COM VALIDAÇÃO POR SIMULAÇÃO / C.
Fiori, J. H. M. Monteiro, L. T. Shinye, N. L. Fallaguasta -- São Paulo, 2017.
175 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Mobilidade ativa 2.Rede cicloviária 3.Infraestrutura cicloviária
4.Metodologia 5.Simulação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Transportes II.t. III.Monteiro, José Henrique
Medeiros IV.Shinye, Lucianna Tiemi V.Fallaguasta, Natan Lorenzini

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso professor e orientador Prof. Dr. Claudio Luiz Marte, responsável pelos esclarecimentos e direcionamentos, fundamentais para a consolidação das motivações do grupo neste trabalho. Agradecemos ao Prof. Dr. Felipe Issa Kabbach Junior e ao Prof. Dr. Gabriel Feriancic, que participaram da primeira banca e expuseram suas opiniões e orientações, essenciais para o bom desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos ao Bruno Oliveira Musso, pelas orientações para a utilização do software PTV-Visum, e aos demais integrantes de seu grupo do Trabalho de Conclusão de Curso “Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego” (2017) da Escola Politécnica, Fábio Gripp Mangabeira Albernaz, Gabriela Therese Richert Tonus e Léon-Henrique Checchia Boucher, por nos terem disposto seus resultados deste trabalho, que serviram de base para as nossas atividades de simulação. Agradecemos aos estudantes Daniel Mendonça Duarte e Mariana Schirmer de Luca e ao Aleksandro Sérgio da Silva pelas considerações e ideias compartilhadas acerca deste trabalho.

Dedicamos este trabalho às nossas famílias e nossos amigos, os quais nos apoiaram em todos os desafios durante a graduação. Dedicamos também a todos os professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo que fizeram parte da nossa formação como engenheiros politécnicos.

RESUMO

A mobilidade urbana sustentável e o transporte alternativo são temas que vêm repercutindo em diversos países e fazendo parte de planos políticos e incentivos no mundo inteiro, com destaque para as bicicletas. Diferente de países como Holanda, Alemanha e China, o Brasil ainda é iniciante nos planos e medidas traçados para o sistema cicloviário. São Paulo constatou no seu mais recente plano de 2014 a expansão de 498,3 km de rede cicloviária na cidade. Contudo, surgiram questionamentos quanto à correta alocação dessa rede, o que traz à tona uma discussão sobre a metodologia adotada.

Em um primeiro momento, a revisão bibliográfica de metodologias nacionais e internacionais foi o foco deste trabalho. Dos estudos bibliográficos como o Plano de Mobilidade de São Paulo, Diretrizes Europeias, Plano de Groningen (NL), Plano de São Francisco (EUA) e o Plano de estratégia de mobilidade em bicicletas do México foram extraídos e adaptados alguns critérios, de forma a se elaborar uma metodologia mais adequada à situação brasileira.

Para melhor explicar, exemplificar e testar a metodologia formada, foi feito um estudo para uma região específica da cidade de São Paulo. Fez-se uma análise de dados acerca de demanda de viagens, intermodalidade, segurança pessoal, velocidade de fluxo, saturação física da via e topografia utilizando os softwares PTV-Visum e Google Maps. Utilizando o método de decisão AHP (Analytic Hierarchy Process) para os critérios mencionados e algumas alternativas de rotas de bicicleta, foi feita uma classificação dessas rotas, de forma a se estabelecer as melhores configurações de rede cicloviária para a região. Por fim, foi feita uma simulação no PTV-Visum de algumas configurações de rede na infraestrutura viária existente, de forma a se poder pré-visualizar os impactos de uma possível implantação, e verificou-se que os impactos no trânsito de automóveis seriam relativamente pequenos, podendo até ser levemente benéficos, para o exercício proposto.

Palavras-chave: mobilidade sustentável, bicicleta, metodologia, rede cicloviária, infraestrutura cicloviária, simulação

ABSTRACT

Sustainable urban mobility and alternative transport, specially cycling, are themes that have been reverberating in several countries and are part of political plans and incentives around the world. Unlike some countries, such as Netherlands, Germany and China, Brazil is still a newcomer to strategic plans and measures for the bicycle system. São Paulo confirmed in its most recent mobility plan, of 2014, the expansion of 498.3 km of its cycling network throughout the city. Nevertheless, there have been some issues regarding the placement of the cycling infrastructure, which brings up the discussion of this topic.

Firstly, the focus of the study was a bibliographical review based on the national and some internationals methodologies of cycling. From the bibliographic studies, which were the São Paulo Mobility Plan, European Guidelines, Groningen Plan (NL), San Francisco Plan (USA) and Mexico Bicycle Mobility Strategy Plan, some criteria have been extracted and adapted to elaborate a methodology more suitable to the Brazilian situation.

To better understand and to test the new methodology proposed in this work, a case study was applied for a specific area of the city of São Paulo. The data analysis on travel demand, intermodality, safety, flow velocity, road space and topography was done using the softwares PTV-Visum and Google Maps. In sequence, using the AHP (Analytic Hierarchy Process) decision method, a classification of routes was made to establish the best cycling network for the region. At last, a PTV-Visum simulation was done for two different network configurations to analyze the impacts of a possible deployment. The results showed that the impacts of the implementation of the cycling network on the car traffic would be relatively small, or even slightly beneficial.

Keywords: sustainable mobility, bicycle, methodology, cycling network, cycling infrastructure, simulation

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	16
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. OBJETIVOS	21
1.2. MÉTODO DE PESQUISA	22
1.3. CRONOGRAMA	23
2. REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1. ESTUDO PRELIMINAR	24
2.2. METODOLOGIAS ATUAIS	28
2.2.1. SISTEMA CICLOVIÁRIO DE SÃO PAULO	29
2.2.2. SISTEMAS CICLOVIÁRIOS PELO MUNDO	32
2.2.2.1. Diretrizes europeias	33
2.2.2.1.1. Necessidades do ciclista - distância percorrida	34
2.2.2.1.2. Requisitos de qualidade para a infraestrutura cicloviária	35
2.2.2.1.3. Planejamento da rede: rede utilitária e recreacional	37
2.2.2.2. Groningen, NL	39
2.2.2.3. São Francisco, EUA	40
2.2.2.3.1. Padrões/tipos de viagem e suas necessidades	41
2.2.2.3.2. Uso da pesquisa OD como indicador	42
2.2.2.3.3. Conforto e manutenção da via	42
2.2.2.3.4. Previsão de conversão de modal	44
2.2.2.4. Cidade do México, MX	45
2.2.2.4.1. Diagnóstico da cidade	46
2.2.2.4.2. Etapa de implementação	51

2.2.2.4.3. Critérios de qualidade da rede no âmbito do planejamento	52
2.2.2.4.4. Rede de infraestrutura cicloviária	54
2.2.2.4.5. Integração à rede de transporte público	60
2.2.2.4.6. Outras medidas	61
2.2.2.4.7. Estratégia de implementação	62
2.2.3. CONSOLIDAÇÃO DAS METODOLOGIAS	63
2.3. ASPECTOS TÉCNICOS DO SISTEMA CICLOVIÁRIO	64
2.3.1. VIAS DE TRÁFEGO COMPARTILHADO	65
2.3.2. CICLOFAIXAS	65
2.3.3. CICLOVIAS	68
2.4. MÉTODO AHP	69
3. PROPOSTA DE METODOLOGIA	72
4. PARTE PRÁTICA	77
4.1. REGIÃO DE ESCOLHA	77
4.2. LAYERS	78
4.2.1. DEMANDA DE AUTOMÓVEIS DA VIA: MACROSSIMULAÇÃO	78
4.2.1.1. Critério distância percorrida	82
4.2.1.2. Critério de fluxo verificado	85
4.2.1.3. Resultados PTV Visum — Faixas de direções preferenciais de fluxo e Layer OD	86
4.2.2. INTERMODALIDADE	89
4.2.3. SEGURANÇA PESSOAL	91
4.2.4. VELOCIDADE RELATIVA AUTOMÓVEIS/BICICLETA	94
4.2.4.1. Layer e notas	95
4.2.5. SATURAÇÃO FÍSICA DA VIA	96
4.2.6. TOPOGRAFIA	97
4.3. SELEÇÃO DAS ROTAS POTENCIAIS	98

4.4. ESCOLHA DAS MELHORES ROTAS - MÉTODO AHP	104
4.4.1. QUANTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS	104
4.4.2. MÉTODO AHP ETAPA 1 - ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS	106
4.4.3. MÉTODO AHP ETAPA 2 - PESOS DOS CRITÉRIOS	106
4.4.4. MÉTODO AHP ETAPA 3 - PESOS DAS ROTAS	108
4.4.5. MÉTODO AHP ETAPA 4 - MATRIZ RESULTANTE E HIERARQUIA	109
4.4.6. CONSOLIDADO - CLASSIFICAÇÃO FINAL	109
4.5. DEFINIÇÃO DA REDE CICLOVIÁRIA	111
4.5.1. CENÁRIO A	111
4.5.2. CENÁRIO B	112
4.6. SIMULAÇÃO	113
4.6.1. CENÁRIO REFERENCIAL	115
4.6.2. CENÁRIO A	117
4.6.2.1. Alterações previstas na via	117
4.6.2.2. Alocação de Demanda e Nível de Serviço	120
4.6.2.3. Comparação	121
4.6.3. CENÁRIO B	126
4.6.3.1. Alterações previstas na via	126
4.6.3.2. Alocação de Demanda e Nível de Serviço	128
4.6.3.3. Comparação	129
4.7. DISCUSSÃO - RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM A INFRAESTRUTURA ATUAL	131
5. CONCLUSÃO	136
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRÓXIMOS PASSOS	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
GERAL	141
DISSERTAÇÕES E TESES	142

ENDEREÇOS ELETRÔNICOS	142
INDEX	144
ANEXOS	146
A - Linhas de Desejo obtidas pelo PTV-Visum	146
B - Matriz OD refinada	158
C - Tabelas e etapas do método AHP para os trechos 1, 2, 3, 4, 5 e 6	159
a. Trecho 1	159
b. Trecho 2	160
c. Trecho 3	161
d. Trecho 4	163
e. Trecho 5	164
f. Trecho 6	165
D - Relatório Fotográfico das vias	167
a. Cenário A	167
b. Cenário B	172

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte)
BR	Brasil
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CEU	Centros Educacionais Unificados
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
EUA	Estados Unidos da América
MX	México
NL	Holanda (Netherlands)
PDE	Plano Diretor Estratégico
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SFMTA	San Francisco Municipal Transportation Agency (Agência Municipal de Transporte de São Francisco)
TC	Transporte Coletivo
TI	Transporte Individual
TNM	Transporte Não Motorizado
ZTC	Zonas de Trânsito Calmo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Divisão modal por porte de município - 2014	24
Figura 2: Crescimento do uso de bicicleta em diversas cidades estadunidenses	25
Figura 3: Disposição atual da malha cicloviária da cidade de São Paulo	26
Figura 4: Divisão de viagens de bicicleta por distância percorrida	35
Figura 5: Exemplo de hierarquia na rede cicloviária	38
Figura 6: Exemplo esquemático de integração das redes utilitária a recreacional – um usuário poderia utilizar a rota recreacional por motivos utilitários, deslocando-se de um centro ao outro	39
Figura 7: Mapa de ciclovias de Groningen, as cores indicando o fluxo diário de bicicletas	40
Figura 8: LTS	43
Figura 9: Distribuição das viagens de São Francisco por modal em 2010 e 2018 (previsto)	44
Figura 10: Velocidades médias durante os horários de pico de veículos de transporte público, veículos motorizados e bicicletas, da esquerda para a direita, na Cidade do México	46
Figura 11: Etapas de implementação de um sistema cicloviário	46
Figura 12: Mapa de segurança	48
Figura 13: Mapa de probabilidade de conversão modal	50
Figura 14: Mapa de isócronas multimodais	51
Figura 15: ZTCs e barreiras urbanas	55
Figura 16: A infraestrutura cicloviária deve estar localizada no lado direito da rua, entre a calçada e a faixa de velocidade mais baixa	56
Figura 17: Todas as interseções devem ser contínuas e marcadas com uma sinalização especial. As cores e o design utilizado para sinalização serão exclusivos para a infraestrutura rodoviária	56
Figura 18: Deve-se seguir a direção do trânsito, exceto em parques, pontes e em espaços sem passeios de veículos	57
Figura 19: Quando separações físicas são necessárias, as ciclovias devem estar separadas de automóveis por um elemento de confinamento com uma largura mínima de 50 centímetros	57
Figura 20: Devem terminar sua jornada em outra infraestrutura rodoviária, espaços públicos, parques, etc., sempre intervindo integralmente as interseções do terminal	58
Figura 21: Devem contemplar uma largura ótima que permita uma coexistência confortável e seguro entre diferentes veículos	58
Figura 22: Nos semáforos, eles devem ter semáforos e áreas de espera para ciclistas, para dar aos ciclistas 3 a 5 segundos de vantagem para o início da partida	59
Figura 23: O espaço necessário pode ser obtido redistribuindo o espaço do fluxo veicular apagando uma faixa de trânsito ou estreitando a largura de pistas existentes. Pode-se usar também a pista de estacionamento da via pública	59

Figura 24: Devem ser estabelecidos em rotas estratégicas, entre ou próximo de centros de comércio, emprego e habitação, nós públicos e de transporte	60
Figura 25: Estacionamentos de bicicleta e sua ordem de implementação	61
Figura 26: Etapas de implementação da infraestrutura cicloviária	62
Figura 27: Concepção típica de vias com faixas de tráfego compartilhado. Na esquerda, sem faixa de estacionamento, na direita, com faixa de estacionamento	65
Figura 28: Concepção típica de vias com ciclofaixas	65
Figura 29: Nível de segregação por pinturas no pavimento	66
Figura 30: Nível de segregação por pinturas e elementos discretos	67
Figura 31: Nível de segregação por outros modos	68
Figura 32: Concepção típica de ciclovia com dois sentidos de circulação	68
Figura 33: Etapa 1 do método AHP	69
Figura 34: Etapa 2 do método AHP	70
Figura 35: Etapa 3 do método AHP	71
Figura 36: Etapa 4 do método AHP	71
Figura 37: Fluxograma das etapas da metodologia proposta	72
Figura 38: Exemplo de trecho X com rotas potenciais a, b e c	74
Figura 39: Região a ser estudada em detalhe	78
Figura 40: Adequação do zoneamento elaborado pela Pesquisa OD 2007 para a região de estudo	82
Figura 41: Distância média do trajeto e bicicleta	83
Figura 42: Distribuição das viagens de bicicleta por quilometragem	85
Figura 43: Layout 1 de viagens de carro (para viagens de até 3 km)	87
Figura 44: Layout 2 de viagens de carro (para viagens de 3 a 5 km)	87
Figura 45: Layout 3 de viagens de carro (para viagens de 5 a 7 km)	88
Figura 46: Layer OD (soma dos layouts 1, 2 e 3)	88
Figura 47: Layer Intermodalidade	90
Figura 48: Layer Segurança Pessoal - vias onde tiveram assaltos e furtos da categoria “outros” da Polícia Militar do Estado de São Paulo	93
Figura 49: Exemplo de critério de seleção de infraestrutura para ciclistas em vias urbanas	95
Figura 50: Layer Velocidades Relativas	96
Figura 51: Layer de Topografia	98

Figura 52: Sobreposição dos Layers OD e Intermodalidade	99
Figura 53: Layer OD com separação por blocos (trechos) e numeração para referência	100
Figura 54: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 1	101
Figura 55: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 2	101
Figura 56: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 3	102
Figura 57: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 4	102
Figura 58: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 5	103
Figura 59: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 6	103
Figura 60: Configuração da rede do cenário A	111
Figura 61: Configuração da rede do cenário B	112
Figura 62: Rede utilizada na simulação	114
Figura 63: Alocação de demanda na rede no cenário Referencial	116
Figura 64: Nível de serviço na rede no cenário Referencial	117
Figura 65: Cenário A dividido por trecho	118
Figura 66: Alocação de demanda na rede no cenário A	120
Figura 67: Nível de serviço na rede no cenário A	121
Figura 68: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - A	123
Figura 69: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - A (zoom em região de interesse)	123
Figura 70: Utilização do FlowBundle para um link (em rosa) da rua Estados Unidos	125
Figura 71: Cenário B dividido por trecho	126
Figura 72: Alocação de demanda na rede no cenário B	128
Figura 73: Nível de serviço na rede no cenário B	129
Figura 74: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - B	130
Figura 75: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - B (zoom em região de interesse)	130
Figura 76: Disposição atual da infraestrutura cicloviária, onde vias vermelhas são ciclovias, e vias amarelas são ciclorrotas	133
Figura 77: Mapeamento das velocidades permitidas nas vias, onde vias brancas são até 30km/h, vias verdes são 40km/h e vias azuis são 50km/h ou mais	134
Figura 78: Linhas com mais de 200 viagens para todas as zonas, 0 a 7 km de distância	146
Figura 79: Linhas com mais de 200 viagens de 0 a 3 km de distância	147
Figura 80: Linhas com mais de 200 viagens de 3 a 5 km de distância	148

Figura 81: Linhas com mais de 200 viagens de 5 a 7 km de distância	149
Figura 82: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona A	150
Figura 83: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona B	151
Figura 84: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona C	152
Figura 85: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona D	153
Figura 86: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona E	154
Figura 87: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona F	155
Figura 88: Linhas com mais de 200 viagens, partindo da Macrozona F	156
Figura 89: Linhas com mais de 100 viagens, internas da região de estudo	157
Figura 90: Cenário A dividido por trecho	167
Figura 91: Trecho AB	168
Figura 92: Trecho BC	168
Figura 93: Trecho BK	168
Figura 94: Trecho CD	168
Figura 95: Trecho EF	168
Figura 96: Trecho FG	168
Figura 97: Trecho GH	169
Figura 98: Trecho GI	169
Figura 99: Trecho IL	169
Figura 100: Trecho JQ	169
Figura 101: Trecho KJ	169
Figura 102: Trecho LM	169
Figura 103: Trecho MN	170
Figura 104: Trecho MR	170
Figura 105: Trecho NO	170
Figura 106: Trecho OP	170
Figura 107: Trecho QT	170
Figura 108: Trecho RS	170
Figura 109: Trecho RV	171
Figura 110: Trecho TW	171

Figura 111: Trecho UX	171
Figura 112: Trecho VW	171
Figura 113: Trecho WX	171
Figura 114: Trecho WZ	171
Figura 115: Trecho XY	171
Figura 116: Trecho CU	171
Figura 117: Cenário B dividido por trecho	172
Figura 118: Trecho A'B'	173
Figura 119: Trecho B'C'	173
Figura 120: Trecho C'D'	173
Figura 121: Trecho B'G	173
Figura 122: Trecho G'F'	173
Figura 123: Trecho F'L'	173
Figura 124: Trecho L'M'	174
Figura 125: Trecho M'Q'	174
Figura 126: Trecho Q'T'	174
Figura 127: Trecho A'K'	174
Figura 128: Trecho K'J'	174
Figura 129: Trecho K'P'	174
Figura 130: Trecho O'P'	175
Figura 131: Trecho P'Q'	175
Figura 132: Trecho Q'R'	175
Figura 133: Trecho R'S'	175
Figura 134: Trecho H'I'	175
Figura 135: Trecho C'N'	175
Figura 136: Trecho N'R'	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Hierarquia dos aspectos mais importantes, de acordo com o uso pretendido da infraestrutura cicloviária	35
Tabela 2: Tempo de viagem de trabalho	42
Tabela 3: Resultado da variação de demandas de 2007 e 2012	81
Tabela 4: Legenda Intermodalidade	90
Tabela 5: Notas Velocidades Relativas	96
Tabela 6: Notas por característica da via	97
Tabela 7: Legenda de inclinação por cor e suas respectivas notas	98
Tabela 8: Notas de quantificação dos critérios “Velocidade Relativa”, “Saturação Física” e “Topografia”	105
Tabela 9: Alternativas de rotas e critérios do método AHP	106
Tabela 10: Matriz de comparação dos critérios	107
Tabela 11: Resultados dos pesos dos critérios, com justificativas	108
Tabela 12: Trecho 1 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	109
Tabela 13: Trecho 1 - Matriz resultante de notas segundo critérios	109
Tabela 14: Trecho 1 - Notas finais e classificação	109
Tabela 15: Classificação das rotas por trecho	110
Tabela 16: Comparação dos resultados globais de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e A sem taxa potencial de conversão	121
Tabela 17: Comparação dos resultados globais de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e A com taxa potencial de conversão	122
Tabela 18: Comparação dos resultados de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e A para algumas vias específicas utilizando o FlowBundle	125
Tabela 19: Comparação dos resultados globais de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e B	129
Tabela 20: Comparação dos resultados de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e B para algumas vias específicas utilizando o FlowBundle	131
Tabela 21: Matriz OD de 2007 ajustada para 2012 segundo fator de expansão	158
Tabela 22: Trecho 1 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	158
Tabela 23: Trecho 1 - Matriz resultante de notas segundo critérios	160
Tabela 24: Trecho 1 - Notas finais e classificação	160
Tabela 25: Trecho 2 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	161

Tabela 26: Trecho 2 - Matriz resultante de notas segundo critérios	161
Tabela 27: Trecho 2 - Notas finais e classificação	161
Tabela 28: Trecho 3 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	162
Tabela 29: Trecho 3 - Matriz resultante de notas segundo critérios	162
Tabela 30: Trecho 3 - Notas finais e classificação	162
Tabela 31: Trecho 4 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	163
Tabela 32: Trecho 4 - Matriz resultante de notas segundo critérios	163
Tabela 33: Trecho 4 - Notas finais e classificação	163
Tabela 34: Trecho 5 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	164
Tabela 35: Trecho 5 - Matriz resultante de notas segundo critérios	165
Tabela 36: Trecho 5 - Notas finais e classificação	165
Tabela 37: Trecho 6 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios	166
Tabela 38: Trecho 6 - Matriz resultante de notas segundo critérios	166
Tabela 39: Trecho 6 - Notas finais e classificação	166

1. INTRODUÇÃO

Na história da humanidade, a questão da mobilidade sempre esteve atrelada ao desenvolvimento da sociedade. Além do contínuo crescimento populacional como um todo, eventos notórios como a Revolução Industrial, que geraram extensas mudanças nas configurações demográficas das cidades, culminaram em um aumento populacional nas cidades não acompanhado por um desenvolvimento proporcional da infraestrutura das mesmas. Com o passar dos anos, a mobilidade urbana das cidades foi se comprometendo e, até os dias de hoje, vem sendo um assunto amplamente discutido dentro da sociedade e tendo cada vez mais espaço, inclusive no meio político.

Dado esse contexto, os transportes alternativos têm ganhado cada vez mais visibilidade. Propostas sustentáveis de transporte urbano são implementadas por todo o mundo, e uma das mais presentes é a ampliação do transporte cicloviário. Embora seja mais antigo que o próprio automóvel, só recentemente os países começaram a incluir a bicicleta nas políticas de planejamento urbano, propondo infraestruturas para a circulação segura dos ciclistas e ações de incentivo ao uso da bicicleta ante ao transporte particular com automóveis. O uso da bicicleta vem crescendo expressivamente, e, atualmente, países como a Holanda, Alemanha e China já têm a bicicleta como meio indispensável para a mobilidade urbana.

Apesar da Holanda ser conhecida internacionalmente como o país do ciclista, onde 26% de todo o volume de tráfego é feito por bicicleta¹, foi somente a partir de 1973 que o governo holandês começou a se direcionar para um planejamento cicloviário. De acordo com o documentário *“How the Dutch got their cycle paths”*² (“Como os holandeses conseguiram suas ciclovias”), em 1975 o governo passou a financiar alguns municípios para efetuar mudanças em ruas para possibilitar o trânsito seguro de ciclistas. Essas mudanças aumentaram o uso desse modo (ciclismo) da ordem de 75% nessas cidades. Com o tempo e o desenvolvimento de um planejamento cicloviário nacional, houve diversos impactos positivos para a sociedade holandesa, dos quais destacam-se as mortes de crianças no trânsito que caíram de mais de 400 em 1975 para 14 em 2010.

¹ DUTCH CYCLING EMBASSY. **Os peritos mundiais de ciclismo**

² WAGENBUUR, Mark. **How the Dutch got their cycle paths**

Os benefícios sociais da implementação de um Sistema Cicloviário não se limitam à questão de segurança física. Conforme o Plano de Mobilidade Urbana de São Paulo (2015)³, existem benefícios econômicos, sociais, urbanos, ambientais e de saúde, citados a seguir:

“Os principais benefícios econômicos do fomento ao uso da bicicleta são o baixo custo de aquisição do veículo, a racionalização do tempo de viagem, a otimização do investimento imobiliário urbano com circulação, a redução de custos com saúde pública e com gastos em transportes e a dinamização dos usos do solo, em especial comércio e serviços de pequeno porte, promovendo a integração dos cidadãos às comunidades. Além disso, o custo da distribuição de cargas no meio urbano é otimizado através do uso de bicicletas de carga.

Os principais benefícios sociais são a ampliação das opções de mobilidade e acesso à cidade, ampliação da segurança física na circulação de todos os modos, melhoria dos indicadores de saúde e expectativa de vida, que geram por consequência melhoria na qualidade de vida.

Os principais benefícios urbanos são a redistribuição equitativa dos usos no espaço viário, a ampliação da atratividade dos centros urbanos e a requalificação à paisagem urbana.

Os principais benefícios ambientais são a redução de emissão de poluentes atmosféricos, minimização da poluição sonora e de vibrações e a redução da dependência de recursos não renováveis.”

Todavia, além do espaço urbano nas grandes cidades ser demasiado restrito para suportar o número de atividades nelas existentes, os recursos governamentais são sempre limitados, por serem divididos entre os diferentes setores da sociedade, como saúde, segurança (física, no que remete acidentes de trânsito, e pessoal, no que remete assaltos e furtos), educação, mobilidade, etc. Assim, é essencial saber tomar as medidas mais eficientes e eficazes, que gerem mais valor para a sociedade com o menor custo de tempo e capital. Chega-se, portanto, ao impasse de “como ponderar entre as inúmeras medidas a serem potencialmente tomadas”, ou “como realizar o melhor planejamento”. No contexto de mobilidade, o planejamento cicloviário requer definir quais serão as melhores vias para se implantar uma estrutura

³ PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano Municipal de Mobilidade Urbana 2015**

cicloviária, para que os recursos sejam bem alocados e gerem maior retorno à sociedade.

O planejamento cicloviário engloba uma ampla variedade de aspectos a serem considerados, que não só tornam mais complexa a tomada de decisão, como abrem espaço para uma grande subjetividade na análise. Desta forma, o desenvolvimento de uma metodologia eficiente, com critérios bem definidos e ponderados, e usando-se das tecnologias disponíveis de planejamento de tráfego tanto para coleta de informações importantes quanto para fornecer “insights” importantes sobre as propostas de implementação, se torna essencial no contexto atual.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia de escolha de trechos quanto à sua adequabilidade ao sistema cicloviário, a fim de maximizar ganhos que a implementação desses sistemas pode gerar. Assim, o projeto engloba os objetivos específicos:

- Análise das metodologias atuais de escolha de trechos quanto à sua adequabilidade ao sistema cicloviário, tanto do município de São Paulo quanto de países que são referência no assunto, selecionando seus fatores chave de sucesso;
- Identificação e correlação dos principais aspectos para definir se um dado trecho é propício para conter uma ciclovia/ciclofaixa;
- Definição de uma metodologia com base nos aspectos identificados;
- Aplicação e validação da nova metodologia em uma determinada região de interesse da cidade de São Paulo, com simulação comparativa das vias de enfoque.

1.2. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa consistiu em duas etapas: revisão bibliográfica, com consolidação das informações na elaboração de uma metodologia, e estudo de caso, com análise de dados através da utilização de softwares específicos.

A revisão bibliográfica realizada teve como foco o estudo tanto da conceituação e contextualização de um Sistema Cicloviário quanto das atuais metodologias de referência acerca da implementação de um Sistema Cicloviário eficiente. As metodologias estudadas foram: Plano de Mobilidade de São Paulo (Brasil - BR); Diretrizes Europeias; Plano de Groningen (Holanda - NL); Plano de São Francisco (Estados Unidos - EUA); e Plano da Cidade do México (México - MX). A partir das informações obtidas neste estudo bibliográfico, elaborou-se uma proposta de metodologia para a escolha de configuração de uma rede cicloviária.

No estudo de caso, procurou-se detalhar, exemplificar e testar a metodologia formada, e, para tanto, foram coletados diversos dados referentes aos critérios estabelecidos na mesma. Para a análise de dados, procuraram-se informações disponibilizadas acerca de demanda de viagens, topografia, velocidade de fluxo e segurança pessoal. Os dados foram analisados através dos softwares PTV-Visum e Google Maps.

1.3. CRONOGRAMA

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ESTUDO PRELIMINAR

Diante do contexto atual, a mobilidade consta como um grave problema em grandes cidades. Pesquisas da ANTP⁴, realizadas em 2014 no Brasil, mostraram o comportamento do uso modal de transporte conforme a densidade de população, evidenciando que a porcentagem de viagens com Transporte Não Motorizado (TNM) decrescia conforme o aumento da população, diferente do Transporte Individual (TI) e Transporte Coletivo (TC), conforme a Figura 1:

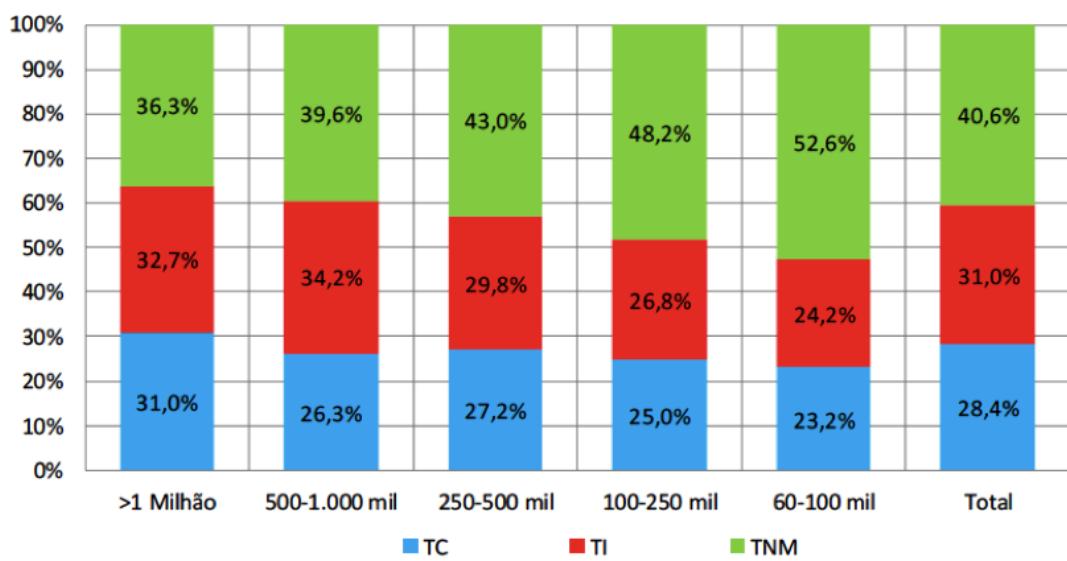


Figura 1: Divisão modal por porte de município - 2014

Fonte: ANTP, 2014

De fato, esse é um fenômeno observado em diversos países do mundo, onde as políticas de incentivo ao automóvel no pós-guerra, somadas aos avanços tecnológicos na indústria e à reestruturação dos sistemas de transporte coletivo a partir da década de 60, levaram a um aumento do conflito viário com as bicicletas, consolidando assim esse modal apenas como uma opção de lazer em grande parte dos países.

O Brasil, especialmente São Paulo, sofre com o problema de incentivo desse modal há muitos anos. Igualmente à maioria das metrópoles do planeta, os ciclistas são minoria em relação aos usuários de outros meios de transporte: Segundo a

⁴ ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Sistema de Informações da Mobilidade de Urbana:** Relatório Geral 2014

Pesquisa de Mobilidade da Região Metropolitana de São Paulo⁵ (Metrô de São Paulo, 2012), enquanto o total de viagens diárias na região metropolitana de automóveis corresponde a 12 milhões, cerca de 10 milhões de ônibus, 3 milhões de metrô e 2 milhões de trem, as bicicletas correspondiam a apenas 200 mil, no ano de 2012 (antes da ampliação do sistema cicloviário).

Entretanto, diversas medidas vêm modificando essa situação pelo mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, a pesquisa acerca do impacto sobre o uso de bicicleta na implantação de um sistema cicloviário, realizada pela Momentum Mag⁶, em 2012, mostraram aumentos na malha cicloviária de até 200%, como mostrado na Figura 2 a seguir:



Figura 2: Crescimento do uso de bicicleta em diversas cidades estadunidenses
Fonte: <<http://momentummag.com/features/protected-bike-lanes-by-the-numbers/>>

A cidade de São Paulo tem acompanhado essas tendências nos últimos anos. Entre 2007 e 2010, a CPTM e o metrô, controlados pelo governo estadual já na gestão José Serra em 2006, liberaram o transporte de bicicletas em alguns horários, e instalaram bicicletários nas estações e construíram duas ciclovias, uma ao lado do rio Pinheiros e outra na Radial Leste. Além disso, nos anos seguintes, foram criadas as ciclofaixas de lazer, o serviço de empréstimo de bicicletas Bike Sampa e ciclofaixas

⁵ METRO. Pesquisa de Mobilidade Urbana 2012

⁶ MOMENTUM MAG. Protected Bike Lanes by the Numbers

fixas pontuais em Moema, na zona sul, na gestão de Gilberto Kassab (2006 - 2012) e desde 2013, projetos de construção ou reforma de edifícios paulistanos precisam incluir um bicicletário para obter o alvará. Por fim, durante o mandato do ex-prefeito Fernando Haddad (2013 - 2017), São Paulo concretizou um plano de 400 km de sistema cicloviário, espalhando assim, obras de ciclovias/ ciclofaixas pela cidade, completando 498,3 km de vias com tratamento cicloviário permanente, sendo 468 km de ciclovias/ciclofaixas e 30,3 km de ciclorrotas⁷ (CET). A disposição atual da malha cicloviária da cidade é mostrada na Figura 3:

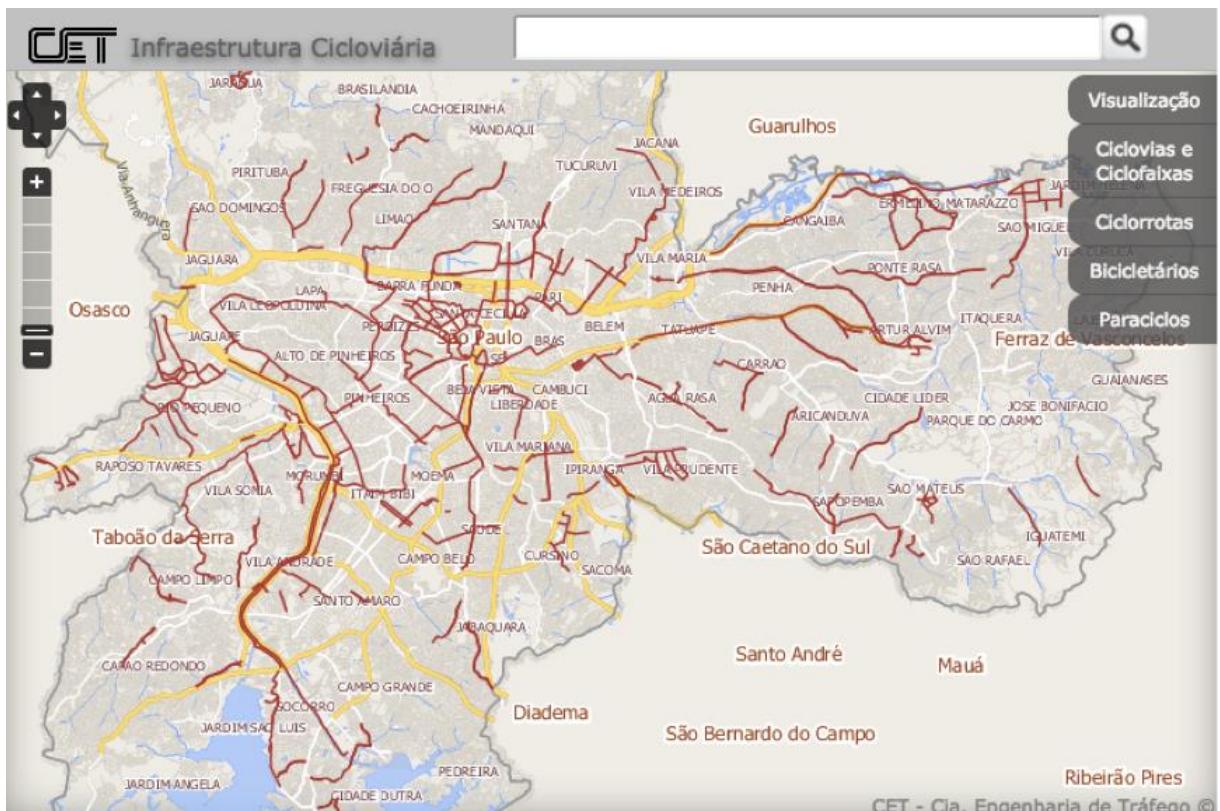


Figura 3: Disposição atual da malha ciclovíária da cidade de São Paulo

Fonte: CET

O governo prevê implantar 1.300 km de ciclovias na cidade até 2030. Ademais, foi constituído um comitê para discutir o uso de bicicletas, com 20 representantes, vindos das cinco regiões da cidade⁸.

Esses conjuntos de medidas vêm apresentado diversos resultados positivos, como evidenciado por diferentes meios:

⁷ Companhia de Engenharia de Tráfego

⁸ PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Plano Municipal de Mobilidade Urbana 2015

- Contagens realizadas em algumas vias principais da cidade para a análise de tendências no uso da bicicleta, que também comprovam esse aumento do uso de bicicletas com a implantação de um sistema cicloviário (CET, 2015).
- Segundo o Instituto de Pesquisas Datafolha⁹ (2015), 51% das pessoas afirmam terem usado ciclovias ante a 47% em 2014, e 66% eram a favor das faixas e 27% contra.
- Segundo a Folha de São Paulo¹⁰ (2016), o sistema de empréstimos de bicicletas Bike Sampa praticamente dobrou sua utilização entre os períodos de 2014 para 2015: De abril de 2014 a março de 2015, foram feitos 470 mil empréstimos, enquanto o mesmo intervalo de 2015 para 2016 apresentou 884 mil empréstimos.
- Ainda segundo a Folha de São Paulo (2016), nas linhas da CPTM, houve, em 2016, 7.695 embarques de ciclistas por mês, 41% a mais do que em 2014, e, no Metro, 22% mais bicicletas foram levadas em 2016, quando comparadas a 2014. Além disso, o uso dos 29 bicicletários da CPTM cresceu 26% nesse mesmo período.

No entanto, ao mesmo tempo que muitos paulistas notaram esses benefícios, críticas e questionamentos sobre a qualidade da metodologia também surgiram de uma parte da população. Segundo a Folha São Paulo¹¹, algumas dessas críticas vêm da implementação que desconsidera as particularidades locais e a falta de planejamento.

Hoje, o mapa das ciclovias na região central se espalha por uma vasta área. No entanto, conforme se avança para bairros mais distantes, o cenário muda. Muitas estruturas da periferia não têm a malha cicloviária adequada, e a malha existente não conta com conexões entre trechos ou entre terminais de ônibus, estações de trem ou metrô, o que limita muito o uso do modal. Isso tudo vem trazendo críticas por parte da população: 24% da população entende que as ciclofaixas trouxeram mais prejuízos

⁹ Instituto de Pesquisas Datafolha: “**80% aprovam ciclovias em São Paulo; sobe aprovação a Haddad**”. Publicado em 22 de setembro de 2016

¹⁰ Folha São Paulo: “**Muita tinta e dois anos, ciclovias passam a fazer parte da cidade**”. Publicado em 2 de junho de 2016

¹¹ Folha de São Paulo: “**Apesar de popular, ciclovia implantada por Haddad é alvo de crítica**”. Publicado em 25 de setembro de 2014.

que benefícios à cidade de São Paulo (Instituto de pesquisas Datafolha, 2014).

Nessa conjuntura, com o objetivo de desenvolver uma metodologia na implantação de Ciclovias/Ciclofaixas, o contato com associações de cicloativistas, pesquisas acadêmicas, referências bibliográficas, e startups relacionadas ao assunto foi considerado essencial pelo grupo. Assim, o tópico seguinte é especificamente voltado para a análise das metodologias existentes, tanto o método aplicado no Brasil, quanto o estudo de métodos internacionais.

2.2. METODOLOGIAS ATUAIS

De acordo com o PDE¹² de São Paulo de 2014, "o Sistema Cicloviário é caracterizado por um sistema de mobilidade não motorizado e definido como o conjunto de infraestruturas necessárias para a circulação segura dos ciclistas e de ações de incentivo ao uso da bicicleta" (artigo 248). Sendo assim, ele não se restringe apenas à estrutura cicloviária, mas possui diversos outros aspectos complementares que precisam atuar simultaneamente para um bom funcionamento do modal bicicleta, assim como o incentivo ao mesmo. Estes elementos constitutivos do Sistema Cicloviário são definidos pelo Plano de Mobilidade de São Paulo:

- “ • Rede Cicloviária Estrutural, que se constitui da implementação de infraestrutura viária para a circulação de bicicletas, incluindo a sinalização cicloviária;
- Sistema de compartilhamento de bicicletas;
- Estacionamentos de bicicletas;
- Ações complementares: as ações e programas complementares à infraestrutura tem como objetivo promover o uso da bicicleta como meio de transporte, estando compreendidas nas áreas de educação, mobilização social, comunicação e outros.”

Contudo, não faz parte do escopo deste trabalho analisar todos os elementos mencionados acima. A intenção de estabelecer uma metodologia restringe-se apenas a melhorar o processo de alocação e avaliação de vias para a formação de uma Rede Cicloviária Estrutural adequada ao uso da bicicleta.

Para a elaboração dessa metodologia, é importante aproveitar as metodologias já existentes, que possuem um expertise já acumulado, e não simplesmente criar algo

¹² PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano Diretor Estratégico (PDE) de São Paulo de 2014**

do zero. Desta forma, é importante, antes de tudo, realizar um estudo da metodologia atual utilizada na cidade de São Paulo, assim como das metodologias de regiões-modelo em termos de Sistema Cicloviário.

2.2.1. SISTEMA CICLOVIÁRIO DE SÃO PAULO

Conforme o dossiê “A História dos Estudos de Bicicletas na CET”¹³ o primeiro Plano de Ciclovias da cidade de São Paulo data de fevereiro de 1981, tendo sua segunda versão elaborada em maio de 1994. Desde essa época, foram desenvolvidos estudos, planos, projetos e ações nem sempre concretizados, mas que permitiram o desenvolvimento de noções e diretrizes a serem aproveitadas para os tempos atuais.

Em 2010 a CET desenvolveu um Plano de Ciclovias através de uma análise preliminar dos dados da Pesquisa Origem e Destino 2007 do METRÔ com a identificação das regiões da cidade onde foi registrado o maior número de viagens de bicicleta por motivo trabalho. Além dessa análise, foram igualmente levadas em conta as seguintes informações (A História dos Estudos de Bicicletas na CET, p. 44):

- “ • Propostas de rotas de bicicletas dos Planos Regionais Estratégicos das subprefeituras abrangidas pelas áreas selecionadas;
- Vistorias realizadas em campo, a partir de observação “in loco” da presença de bicicletas circulando junto ao tráfego, o seu usuário e o tipo de utilização do veículo (transporte próprio, transporte de passageiro ou transporte de carga);
- Presença de integração intermodal promovida pela existência de bicicletários em estações do METRÔ e CPTM;
- Presença de pólos de interesse tais como CEUs, escolas, etc;
- Registro e localização dos acidentes com bicicletas na região;
- Conectividade entre os percursos.”

Tais informações demonstram de maneira geral um foco nas questões de demanda atual e demanda potencial de bicicletas, integração intermodal, conectividade e segurança física. Outros fatores complementares também foram considerados numa segunda prioridade (A História dos Estudos de Bicicletas na CET, p. 45):

¹³ MALATESTA, M. E. B. **A história dos estudos de bicicletas na CET**

- “ • Presença de ciclistas na via (leito veicular ou calçadas);
- Espaço viário disponível na calçada, na pista ou nos canteiros centrais;
 - Características do tráfego: volume veicular, velocidade, composição da frota, especialmente se a via é itinerário de ônibus ou rota de caminhão;
 - Volume de pedestres na calçada ou atravessando a pista, inclusive se há acúmulo dos mesmos nas calçadas em função de pontos de ônibus, saídas de escolas, etc.;
 - Características topográficas da via, horizontal (reta ou sinuosa) e vertical (acliffe e declive);
 - Características de uso do solo - residencial, comercial, serviços, indústria, presença de pólos geradores como escolas, hospitais, shoppings;
 - Características e condições de conservação do pavimento da pista e do revestimento das calçadas;
 - Situação da calçada em relação a acesso de veículos aos lotes (guias rebaixadas para acesso veicular);
 - Regulamentação de estacionamento ao longo da via, presença de acessos veiculares aos lotes, recuo de lote para estacionamento a 45° ou 90°;
 - Presença de arborização, calçadas verdes, praças;
 - Presença e quantidade de vias transversais ao longo da via;
 - Presença de pontos de ônibus, terminais de ônibus, estações de METRÔ, estações de trem;
 - Presença de paraciclos, bicicletários ou sistemas de bicicleta de aluguel.”

Atualmente, o PDE de 2014 colocou um enfoque maior no desenvolvimento de um Sistema Cicloviário mais efetivo e abrangente. Foram elaboradas diretrizes para a Rede Cicloviária Estrutural, que foram colocadas no Plano de Mobilidade Urbana do Município de São Paulo feito em 2015 (p. 102 e 103):

“A implantação da Rede Cicloviária Estrutural deve atender às seguintes diretrizes:

- **Conectividade:** os percursos cicloviários devem conectar origens e destinos de viagens para que o ciclista possa fazer uso eficiente da rede. Os pontos de conexão funcionam como nós de integração dos trajetos, possibilitando ao usuário programar o seu caminho da forma como melhor lhe convier;
- **Ligações perimetrais e radiais:** a constituição da Rede Cicloviária deve possibilitar a conexão do centro aos bairros, através de estruturas radiais, e também a conexão entre eles através de estruturas perimetrais, possibilitando assim a consolidação de uma malha que permita ao usuário definir seu trajeto, articulando assim também as

centralidades;

- **Linearidade:** busca-se que o usuário faça o seu trajeto através da menor distância possível de viagem. Nesse sentido, deve ser considerado que a definição de vias com maior atratividade para a bicicleta está sendo considerada na ótica da circulação da bicicleta, independente do sentido de direção dos outros modos;
- **Intermodalidade:** conexão com os terminais e estações de transporte coletivo e seus pontos nodais, particularmente através da implantação de estacionamento de bicicletas nestes locais, assim como de ações que possibilitem o transporte de bicicletas pelos veículos do transporte coletivo;
- **Funcionalidade relativa ao uso do solo:** é importante considerar na definição da via a função que a mesma desempenha na política de uso do solo, de forma a ser atrativa ao usuário do modo bicicleta;
- **Funcionalidade relativa à hierarquia viária:** as vias de função estrutural na hierarquia viária devem ser objeto prioritário para a inclusão de infraestrutura cicloviária;
- **Incorporação de novas vias:** todas as vias estruturais a serem construídas ou alargadas deverão prever a implantação de estrutura cicloviária.”

Por fim, em um complemento posterior ao Plano de Mobilidade Urbana de 2015, é sugerida a elaboração de indicadores para o planejamento, gestão e avaliação das ações do Sistema Cicloviário. Para a criação desses indicadores, propõe-se considerar os seguintes componentes¹⁴:

- “ • segurança física (número de óbitos e acidentes)
- uso da bicicleta (número de viagens ou de usuários)
- utilização da Rede Cicloviária Estrutural
- qualidade da Rede Cicloviária Estrutural
- evolução das metas de implementação do Sistema Cicloviário
- manutenção da Rede Cicloviária Estrutural”

Cabe lembrar que o Plano Cicloviário de São Paulo não é vinculado a legislações e regulamentações de ciclistas na cidade quanto ao uso desse modal perante aos outros modais de transporte.

¹⁴ PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano de Mobilidade Urbana do Município de São Paulo 2015: Plano de Mobilidade de São Paulo - Modo Bicicleta**

2.2.2. SISTEMAS CICLOVIÁRIOS PELO MUNDO

Com o intuito de melhorar a metodologia presente na cidade de São Paulo, foi feito um estudo de alguns exemplos de cidades ao redor do mundo que estão se desenvolvendo rapidamente no quesito do transporte cicloviário. Assim, buscou-se diretrizes de planejamento cicloviário mais completas, bem como boas práticas e maus exemplos que permitissem tirar conclusões construtivas acerca do tema. Com as informações obtidas, procurou-se então adequar as boas práticas de planejamento cicloviário às necessidades e realidades do povo brasileiro.

Todos os planos trazem diversas diretrizes para a infraestrutura cicloviária, bem como práticas com a finalidade de fomentar a migração dos outros modais de transporte para a bicicleta. Contudo, para efeito deste trabalho, vale ressaltar que o foco das análises se dará exclusivamente no âmbito da Rede Cicloviária Estrutural, não entrando nos méritos de sistema de compartilhamento de bicicletas, bicicletários e ações complementares de incentivo ao uso da bicicleta.

As cidades e os planos regionais selecionados têm, cada um, a sua importância dada por um aspecto diferente. Tratam-se das (1) diretrizes europeias¹⁵, (2) o caso de Groningen, NL¹⁶, (3) o caso de São Francisco, EUA¹⁷, e (4) o caso da Cidade do México, MX¹⁸. O contexto de cada uma é explicado a seguir:

As diretrizes europeias se fazem presentes aqui como um grupo de diversos documentos com recomendações e boas práticas no fomento da bicicleta como meio de transporte diário. Sua relevância se apoia no fato de que muitas cidades europeias que são referências mundiais em estrutura cicloviária e no uso e cultura da bicicleta, possuindo grande parte de suas populações usando diariamente o modal como principal meio de transporte, baseiam seus planos de mobilidade nessas diretrizes. Assim, elas se tornam essenciais para qualquer análise na área, independente das particularidades de cada localidade.

É interessante analisar especificamente o caso da cidade de Groningen, na

¹⁵ DIRK DUFOUR, LIGTERMOET & PARTNERS. **Presto Cycling Policy Guide**

¹⁶ DIRK DUFOUR, LIGTERMOET & PARTNERS. **Fietsberaad Publication number 7**

¹⁷ San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA). **SFMTA: Bicycle Strategy**

¹⁸ GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE e UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. **Estrategia de Movilidad en Bicicleta de la Ciudad de México**

Holanda, pois ela é uma das referências europeias de cidades que possuem alta utilização de bicicletas, contemplando mais de 40% de suas viagens totais realizadas por bicicleta. O caso de Groningen é especialmente interessante por ser uma cidade em que o planejamento urbano como um todo gira em torno da utilização de bicicleta, de modo que, além de investimentos em infraestrutura cicloviária, a cidade conta com restrições ao uso de automóveis e diversos incentivos ao abandono do uso desse modal. Soma-se a isso o fato de dois dos integrantes do grupo terem realizado seus intercâmbios na cidade e vivenciado pessoalmente a forte cultura local de ciclismo, com todas as suas peculiaridades.

A análise da cidade de São Francisco se viu relevante por partilhar algumas similaridades com a cidade de São Paulo. Além de possuir topografia de grandes declividades, como é o caso de muitas regiões da cidade de São Paulo, a capital do estado americano se encontra em situação semelhante, de relativamente baixo desenvolvimento do transporte cicloviário, e anseio por um aumento significativo da participação da bicicleta nas viagens diárias de sua população. Com esse intuito, houve a criação de um plano estratégico de mobilidade focado em bicicletas, que será estudado mais a fundo nas próximas sessões.

E por fim a Cidade do México, capital do México, que traz um exemplo de megacidade, com dezenas de milhões de habitantes e com todos os problemas próprios de um país em desenvolvimento, dentre os quais destaca-se a questão da violência. Além disso, a cidade ainda está em fase de desenvolvimento de uma cultura ciclista, sendo, portanto, uma base mais próxima da realidade brasileira.

2.2.2.1. Diretrizes europeias

A análise das diretrizes europeias toma por base o documento “PRESTO Cycling Policy Guide Infrastructure” (DUFOUR & LIGTERMOET, 2010), um manual de recomendações na implantação do sistema cicloviário nas cidades, desenvolvido por um conjunto de organizações de planejamento cicloviário europeias. É importante ressaltar que a realidade brasileira pode ser bastante distinta da maioria das cidades europeias, o que geraria inadequações do modelo europeu no país. Contudo, o documento contribui para o conhecimento aprofundado das maiores necessidades e prioridades dos ciclistas, gerando *insights* essenciais para a construção de um modelo de planejamento adequado a qualquer realidade, inclusive a brasileira.

Segundo o guia, a total segregação das redes cicloviária e de veículos motorizados é vista como ideal em termos de segurança física para o ciclista e de conversão de demanda, principalmente para os usuários inexperientes. Todavia, por restrições espaciais e econômicas, o guia propõe uma abordagem hierárquica da rede, com a segurança física como preocupação primordial. Desta forma, o mesmo sugere segregar as redes onde existam grandes volumes de tráfego e/ou práticas de altas velocidades e sugere misturá-las onde é possível manter um nível mínimo de segurança física.

O documento aborda diversos aspectos relacionados à infraestrutura, focando no ponto de vista do ciclista, principalmente do utilitário, que tem a bicicleta como meio principal de deslocamento diário. Serão abordadas separadamente cada parte, selecionando apenas as informações mais relevantes para este trabalho.

2.2.2.1.1. Necessidades do ciclista - distância percorrida

A bicicleta é usada principalmente para pequenas distâncias. Mais de 80% das viagens de bicicleta percorrem menos de 5 km. Isso mostra que o transporte cicloviário é essencialmente um meio de transporte local. A Figura 4 a seguir mostra a parcela de viagens de bicicleta por categoria de distância para a região de Flandres na Bélgica, sendo que em outros países ou regiões podem ser encontradas divisões similares.

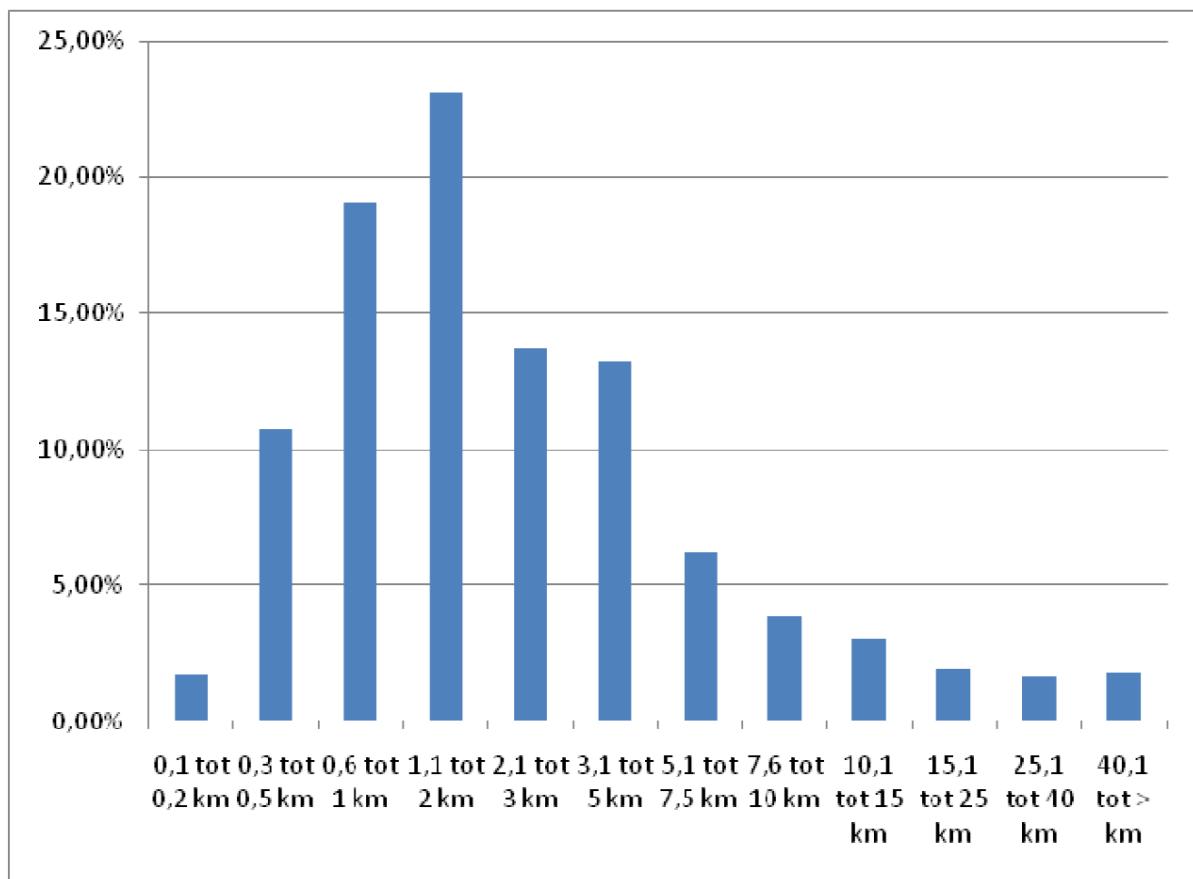


Figura 4: Divisão de viagens de bicicleta por distância percorrida

Fonte: PRESTO Cycling Policy Guide Infrastructure (OVG Flanders 2001 - Travel behavior survey)

2.2.2.1.2. Requisitos de qualidade para a infraestrutura cicloviária

A hierarquia das principais características que devem compor um sistema cicloviário é definida na metodologia com relação ao uso pretendido (viagem utilitária ou viagem recreacional), conforme ilustrado na Tabela 1 a seguir.

Utility cycle network	Recreational cycle network
Safety	Safety
Directness	Attractiveness
Cohesion	Cohesion
Comfort	Comfort
Attractiveness	Directness

Tabela 1: Hierarquia dos aspectos mais importantes, de acordo com o uso pretendido da infraestrutura cicloviária

Fonte: PRESTO Cycling Policy Guide Infrastructure

As cinco principais características para ambos os usos pretendidos, recreativo e utilitário, englobam os pontos:

- **Seguridade:** Um fator predominante na segurança física do ciclista é a velocidade relativa dos veículos em relação à bicicleta. No plano, locais com tráfego acima de 30 km/h, requerem demarcação clara das faixas de cada modal, para garantir a segurança física do ciclista. Vias com velocidades acima de 50 km/h, por sua vez, requerem segregação física é necessária, ou seja, deve ser implantada necessariamente uma ciclovia. Onde não for possível realizar tais medidas, o alerta ao usuário deve ser feito de maneira clara ou a circulação deverá ser restrita.
- **Diretividade:** Por conta de o tempo de viagem ser extremamente importante para as viagens utilitárias, as rotas devem ser o mais direto possível da origem ao destino do usuário. Quanto mais direta for a rede, ou seja, quanto maior for a sua diretividade, mais competitivo se torna o modal em relação ao automóvel, inclusive para distâncias cada vez maiores. No caso de haver preferência semafórica ao ciclista, uma rede cicloviária direta pode garantir um tempo de viagem inferior ao carro, tornando-se ainda mais atraente.
- **Coesão:** Trata-se de extensão pela qual ciclistas conseguem viajar sem interrupção. Quanto menor o número de interrupções e desvios na rede para o maior número de destinos possível mais atrativa se torna a rede. Neste ponto considera-se também a questão da conexão com outros modais de transporte para suprir alguns trechos do percurso.
- **Atratividade:** Se relaciona com a percepção do ciclista sobre a via. É importante considerar que esse tema é extremamente pessoal e variável, sendo complexo se estabelecer regras. Além de design e paisagem, esse fator também inclui a percepção de segurança pessoal, o que é particularmente importante durante o período noturno.
- **Conforto:** Aqui o requisito tem maior importância para o uso recreacional da rede, exigindo menos do ciclista tanto física quanto mentalmente.

É importante frisar que, geralmente, a rota mais direta se dá por avenidas grandes e de alto tráfego, exigindo a separação física dos modais. Rotas alternativas, apesar de menos diretas, podem trazer mais atratividade e segurança. Rotas dentro de parques tem alta diretividade, atratividade e conforto, exceto durante a noite, onde

os dois últimos parâmetros têm seus valores invertidos.

Rotas utilitárias devem ser rápidas e diretas para que funcionem na rotina dos usuários, mesmo que menos atrativas e confortáveis. Para as viagens recreacionais, desvios são uma preocupação menor.

2.2.2.1.3. Planejamento da rede: rede utilitária e recreacional

Para que a bicicleta seja utilizada como meio de transporte diário dos indivíduos, a rede cicloviária deve focar em conectar regiões residenciais a destinos funcionais, como centros comerciais, de compras, trabalho, educação etc.

Para a implementação da infraestrutura cicloviária, primeiramente deve-se identificar os maiores pares Origem-Destino (OD) da região em estudo. A depender do tamanho da região, um centro pode ser considerado como um único nó ou como várias regiões menores, a fim de se definir rotas mais localizadas. Os pares OD podem ser conectados com simples retas sobre o mapa da região.

A fase seguinte conta com o detalhamento das retas criadas em linhas de influência primárias, criando rotas mais diretas possíveis ligando os pares OD. A partir daí, deve-se identificar todos os pontos de possível falta de coesão, verificando, também, os demais critérios considerados. Nesta etapa, é possível utilizar programas computacionais para auxiliar na identificação dessas linhas de influência primárias.

Posteriormente, deve-se criar uma hierarquia na rede, considerando o nível de infraestrutura de cada via e a distância entre os nós que ela conecta sem interrupções. Neste ponto, distingue-se três principais tipos de rotas, conforme ilustrado na Figura 5 a seguir. As rotas principais serão a espinha dorsal da rede e concentrarão os principais fluxos, conectando regiões com diferentes funcionalidades na cidade e unindo os principais nós da rede. As rotas locais principais, por sua vez, terão função de distribuição dentro dos centros, entre as suas principais localidades, como escolas, universidades, shoppings, etc. Por fim, as rotas locais serão responsáveis pela cobertura do interior do bairro. Na prática, o planejamento não se atém às rotas locais, por se tratarem de vias com baixo volume e baixas velocidades. Assim, nessas rotas, a infraestrutura independente para bicicletas não se faz necessária, em geral.

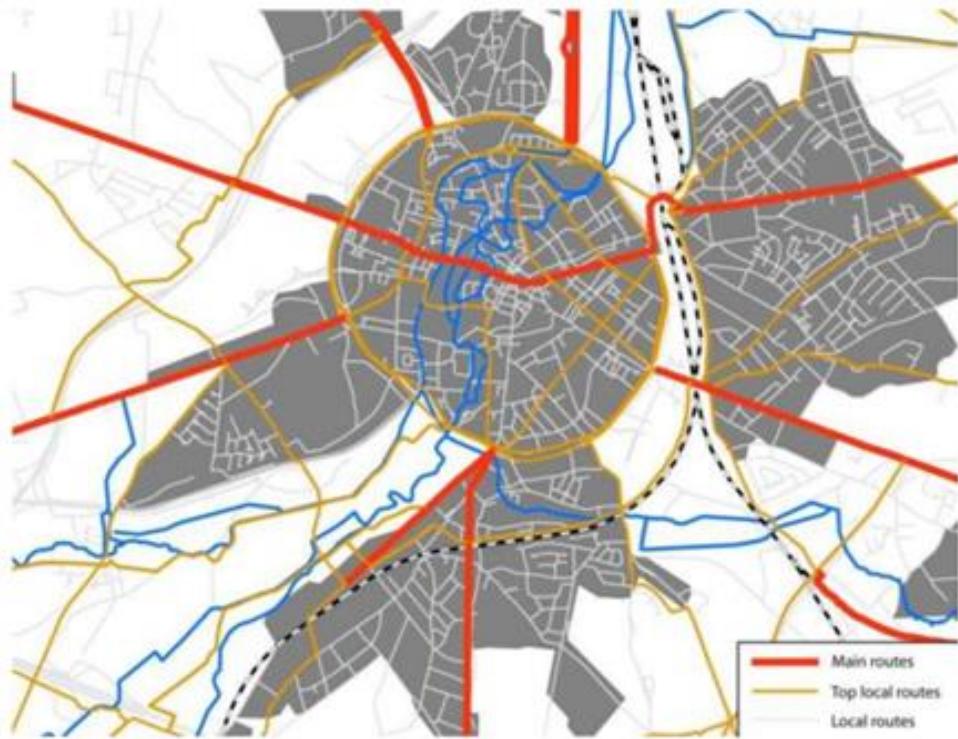


Figura 5: Exemplo de hierarquia na rede cicloviária

Fonte: PRESTO Cycling Policy Guide Infrastructure

Por fim, deve-se estabelecer que as redes utilitária e recreacional devem ser complementares e se sobrepor na maioria dos casos. As redes têm de ser combinadas de maneira que a rota recreacional sirva também como rota alternativa à utilitária, caso o usuário deseje um caminho mais calmo ou menos íngreme, como ilustrado esquematicamente na Figura 6 a seguir. Essa integração é extremamente benéfica para o aprimoramento da coesão da rede.

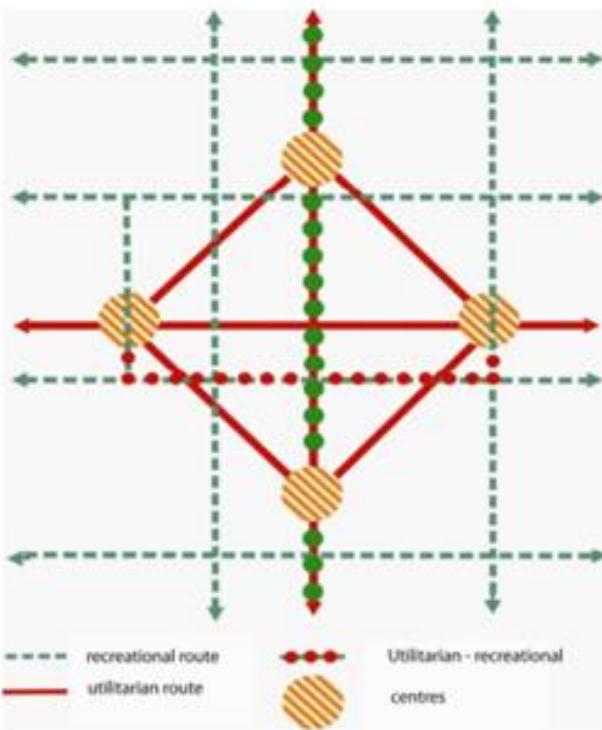


Figura 6: Exemplo esquemático de integração das redes utilitária a recreacional – um usuário poderia utilizar a rota recreacional por motivos utilitários, deslocando-se de um centro ao outro

Fonte: PRESTO Cycling Policy Guide Infrastructure

2.2.2.2. Groningen, NL

A cidade de Groningen, no norte da Holanda, é conhecida por suas políticas agressivas de promoção ao uso de bicicletas, e números expressivos. A cidade conta com a sua compactação e algumas políticas restritivas de automóveis para suportar o fato de que 40% de suas viagens totais são atualmente realizadas por bicicletas (DUFOUR & LIGTERMOET, 2009). Quase todos os edifícios são encontrados dentro de um raio de 5 km, sendo que, em um raio de 3 km do centro da cidade, 78% de todos os residentes vivem e 90% dos trabalhos podem ser encontrados.

Em termos de escolha de localidades para a infraestrutura cicloviária, a cidade conta tanto com ciclovias locais, quanto com ciclovias espalhadas radialmente do centro da cidade como pode ser visto na Figura 7. Essas são as vias que em geral compreendem o maior fluxo de bicicletas, principalmente por conta de ligarem os bairros residenciais até o centro da cidade, e, portanto, são responsáveis por garantir a diretrividade das rotas. É interessante notar como essas rotas seguem as diretrizes europeias apontadas no “PRESTO Cycling Policy Guide Infrastructure”, caracterizando principalmente as “rotas principais” e as “rotas principais locais”.



Figura 7: Mapa de ciclovias de Groningen, as cores indicando o fluxo diário de bicicletas
Fonte: Fietsberaad, 2009

Apesar de não possuir ciclovias no centro da cidade, nessa região o trânsito de carros é restrito, o que faz com que as ruas sejam utilizadas principalmente por bicicletas.

Por fim, a cidade conta com uma ampla infraestrutura cicloviária que vai além das ciclofaixas, ciclovias e ciclorrotas. Por toda a cidade estão distribuídos bicicletários públicos, e estacionamentos de bicicletas vigiados em tempo integral, o que contribui para o sucesso da cidade na área de mobilidade urbana.

2.2.2.3. São Francisco, EUA

A análise toma como base o documento “SFMTA: Bicycle Strategy” de 2013 (SFMTA, 2013), que estabelece uma série de objetivos para a cidade de São Francisco até 2018. Esses objetivos giram em torno do incentivo e melhoria da infraestrutura para bicicletas na cidade, tendo como modelo cidades europeias com alto grau de desenvolvimento neste modal.

No plano estratégico identificam-se três etapas com características bem distintas. A primeira etapa relaciona-se ao desenvolvimento da infraestrutura física da rede, focando principalmente no quesito segurança física e sensação de segurança

física do ciclista, cruciais para que novos usuários, mesmo que inexperientes, passem a utilizar esse modal. A segunda etapa refere-se a ações de fomento ao uso da bicicleta, aliada a outros modais de transporte não privado. A terceira etapa tem relação com o aumento do impacto econômico da mudança. Será analisada apenas a primeira etapa deste plano, por ser o foco deste trabalho.

A metodologia adotada pelo plano identifica como principais parâmetros a serem analisados a topografia da cidade e como os padrões de viagem se distribuem pela mesma (pesquisa origem/destino), identificando também o motivo dessas viagens.

2.2.2.3.1. Padrões/tipos de viagem e suas necessidades

Inicialmente o plano segmenta o uso da bicicleta em três padrões distintos. Esses padrões são: viagens no perímetro externo; viagens de/para o centro da cidade; e viagens locais ou dentro da vizinhança apenas. Em seguida, identifica as diferentes necessidades do usuário em cada caso.

Para viagens na periferia do município é dado como prioridade o incremento da infraestrutura básica para bicicletas, pois nas regiões mais afastadas a rede ainda é deficitária e fragmentada, com locais pouco definidos para o trânsito de bicicleta. A conexão dessa rede com as rotas chamadas “crosstown” (de/para o centro) também é dada como prioritária.

As viagens “crosstown”, têm como características principais o maior volume de demanda, distribuição bem delimitada pela topografia, devido à maior distância dessas viagens, e uma preferência clara do usuário por certas rotas. Esse tipo de viagem merece atenção especial, pois representa o usuário que se locomove diariamente das regiões residenciais para os centros comerciais, e vice-versa, nos horários de pico. Esse é o usuário de maior interesse na perspectiva econômica da cidade. Aqui, a maior necessidade do usuário é o tempo de viagem, e por isso a diretrividade e fluidez do caminho são os aspectos mais críticos. Desta forma, uma rota sem interrupções e desvios é essencial, sendo que, em geral, estas rotas se dão através de grandes avenidas e, portanto, a segurança física, via separação física da faixa de rolamento dos automóveis, é imperativa.

Por fim, usuários nas viagens locais ou de vizinhança têm por preferência uma rede mais dispersa, conectada às demais redes. Além disso, valorizam a sensação de segurança física dos usuários, principalmente os usuários de lazer, mais presentes nas vias locais.

2.2.2.3.2. Uso da pesquisa OD como indicador

Utilizando a pesquisa OD, com as viagens e seus motivos, o plano ciclovário de São Francisco identifica o potencial de viagens a serem convertidas para bicicleta, sem aumento do tempo de locomoção. Para fins de ilustração, observa-se na Tabela 2 que aproximadamente 15,6% dos moradores de São Francisco gastam menos de 15 minutos na viagem para o trabalho. Considerando que essas viagens se dão no horário de pico, pode-se afirmar que as distâncias de deslocamento são relativamente curtas. Isso implica que o trajeto de bicicleta, provido de infraestrutura adequada, teria um tempo de viagem similar, o que facilitaria conversões do modal automóvel para o modal bicicleta.

Travel Time to Work Data			
Travel time	United States	California	San Francisco
Less than 15 minutes	28.6 %	25.2 %	15.6 %
15 to 29 minutes	36.0 %	35.2 %	35.9 %
30 to 44 minutes	19.7 %	21.2 %	27.6 %
45 to 59 minutes	7.5 %	7.9 %	10.1 %
60 minutes or more	8.2 %	10.6 %	10.9 %

Tabela 2: Tempo de viagem de trabalho
Fonte: U.S. Census Bureau American Community Survey, 2007

2.2.2.3.3. Conforto e manutenção da via

Considera-se crucial na escolha pelo uso da bicicleta como principal modal a manutenção do nível de conforto ao longo do trajeto, acima do conforto absoluto do mesmo. Quedas significativas na qualidade ou na sensação de segurança física ao longo da rede são fatores impeditivos para muitos usuários. Nesse ponto, uma alternativa é utilizar o LTS, que basicamente identifica os locais que necessitam de mudança ou melhoramento da rede de acordo com o nível de conforto do trecho.

O nível de conforto leva em consideração, qualitativamente, (i) a separação física entre o espaço para a bicicleta e o espaço para os outros automóveis, (ii) a largura das faixas de rolamento dos automóveis, (iii) a largura da faixa de bicicletas,

(iv) a velocidade de tráfego adjacente, (v) a existência de *bikesheds* e outras estruturas adequadas às bicicletas, (vi) a existência de cruzamentos ou faixas para pedestres cruzarem, e (vii) a demografia. Assim, as vias são classificadas segundo 4 categorias: **LTS 1** - *Confortável para todos os grupos de usuários*, **LTS 2** - *Confortável para a maioria de adultos e jovens experientes*, **LTS 3** - *Confortável para adultos experientes ou intermediários*, e **LTS 4** - *Tolerável apenas para os ciclistas mais experientes*. Na Figura 8, encontra-se um exemplo de uma ciclorrota que liga o Golden Gate Park até o final da Market Street, em São Francisco. Naturalmente, os trechos pelo parque se apresentam mais confortáveis aos ciclistas, se comparados aos trechos pela Market Street, onde a infraestrutura ciclovária é dividida com outros modais.



Figura 8: LTS
Fonte: SFMTA Bicycle Strategy

Colisões: Identificar na rede existente a distribuição das colisões e acidentes envolvendo bicicletas. Tratar então, caso a caso, as localidades mais críticas, seja melhorando a sinalização, desviando o tráfego de bicicletas das vias com alta exposição a automóveis em alta velocidade ou tornando a bicicleta prioritária em interseções e conversões com maior demanda.

2.2.2.3.4. Previsão de conversão de modal

Um último ponto relevante do plano de São Francisco é a previsão de uma redistribuição das viagens pelos modais, após as implementações previstas. Segundo o plano, ao final de 5 anos – entre a implantação, em 2013, e 2018 – projeta-se um aumento da porcentagem de viagens de bicicleta de 3.5% do total de viagens (dados de 2010) para 8 - 10% em 2018. Isso representaria um aumento no número de viagens de bicicleta, devido à conversão de modal, de 157%, redistribuindo as viagens conforme a Figura 9:

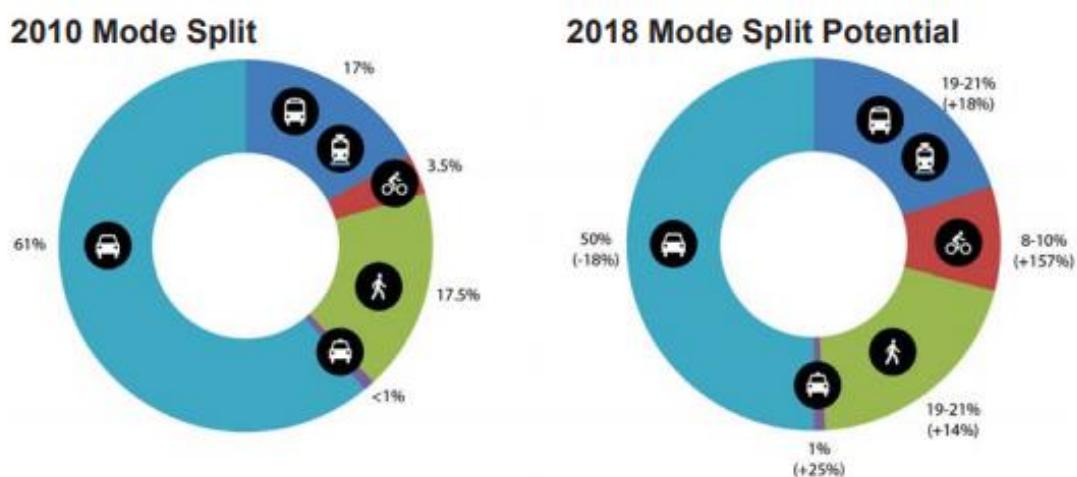


Figura 9: Distribuição das viagens de São Francisco por modal em 2010 e 2018 (previsto)

Fonte: SFMTA Bicycle Strategy

Partindo do pressuposto que esse aumento no número de viagens de bicicleta possa ser alcançado por qualquer cidade que implemente um Sistema Cicloviário eficiente, tais informações são importantes para a estimativa¹⁹ de uma taxa potencial de conversão modal para a bicicleta no caso de São Paulo. Com essa taxa potencial de conversão pode-se analisar, através de simulações, o impacto da implementação de um Sistema Cicloviário eficiente na mobilidade da cidade paulistana, verificando se a diminuição da quantidade de viagens de outros modais, como o automóvel, compensaria as interferências geradas no fluxo pela implantação de uma infraestrutura cicloviária.

Aplicando o aumento verificado no plano de São Francisco para os dados de

¹⁹ Vale ressaltar que essa “taxa potencial de conversão modal” se trata mais de uma estimativa de potencial de conversão do que uma real previsão dos impactos da implementação de uma infraestrutura cicloviária. Esta última opção seria a mais desejável, contudo exigiria a elaboração de um modelo de divisão modal, infactível para efeitos deste trabalho por conta de sua complexidade.

São Paulo (Metrô de São Paulo, 2012), o número de viagens de bicicleta de 2012, de aproximadamente 337.645 viagens, aumentaria 125%, ou seja, seria originado um aumento de mais 422.056 viagens de bicicletas diárias por conversão de modais. Nesse âmbito, levando em conta que a proporção de viagens de ônibus e de automóveis é equivalente em São Paulo (ambas em aproximadamente 26% do total), admite-se como premissa que a conversão de bicicletas se origine igualmente dos dois modais. Desta forma 211.028 viagens se originariam de viagens de automóveis. Essas novas viagens, portanto, representariam uma taxa potencial de conversão de automóveis para bicicleta de ~1.7% (211.028/12.541.100).

2.2.2.4. Cidade do México, MX

Esta análise se dá através da série de documentos “Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México”, composto por sete partes, as quais discutem de maneira aprofundada a situação da cidade na época em que foi elaborado o plano e detalha todas as etapas que compreendem a implantação de um sistema cicloviário.

Para efeitos deste trabalho, dentro dessa série de documentos será dada maior atenção à parte referente à estratégia de implantação e planejamento da rede cicloviária, o documento “Estrategia de movilidad en bicicleta”. Este documento condensa de modo geral as informações discutidas e levantadas nas demais partes do estudo.

A motivação apresentada para o desenvolvimento de um plano de mobilidade urbana focado em mobilidade ativa, tendo a bicicleta como principal modal de viagens utilitárias, se dá em grande parte pelo fato da velocidade média de veículos motorizados durante os horários de pico estar em aproximadamente 12 km/h contra 16,4 km/h da bicicleta (Figura 10), o que possibilita uma redução do tempo de percurso, e pelo fato da cidade ser em sua maioria plana, considerada ciclável em 37,7% de sua área, com inclinações de até 6%. Em complemento a essas questões, há também uma maior disponibilização de capital da população, gerados pela economia de combustível e outros gastos relativos aos automóveis particulares. Além disso, existem também ganhos significativos nas áreas de saúde e sustentabilidade. Tais motivos pertencem a uma realidade muito próxima à das grandes cidades brasileiras e podem, portanto, ser incorporados como incentivos às medidas brasileiras de mobilidade ativa.



2.2.2.4.1. Diagnóstico da cidade

O plano de implementação de um sistema cicloviário consiste em diversas etapas, mostradas na Figura 11 a seguir:

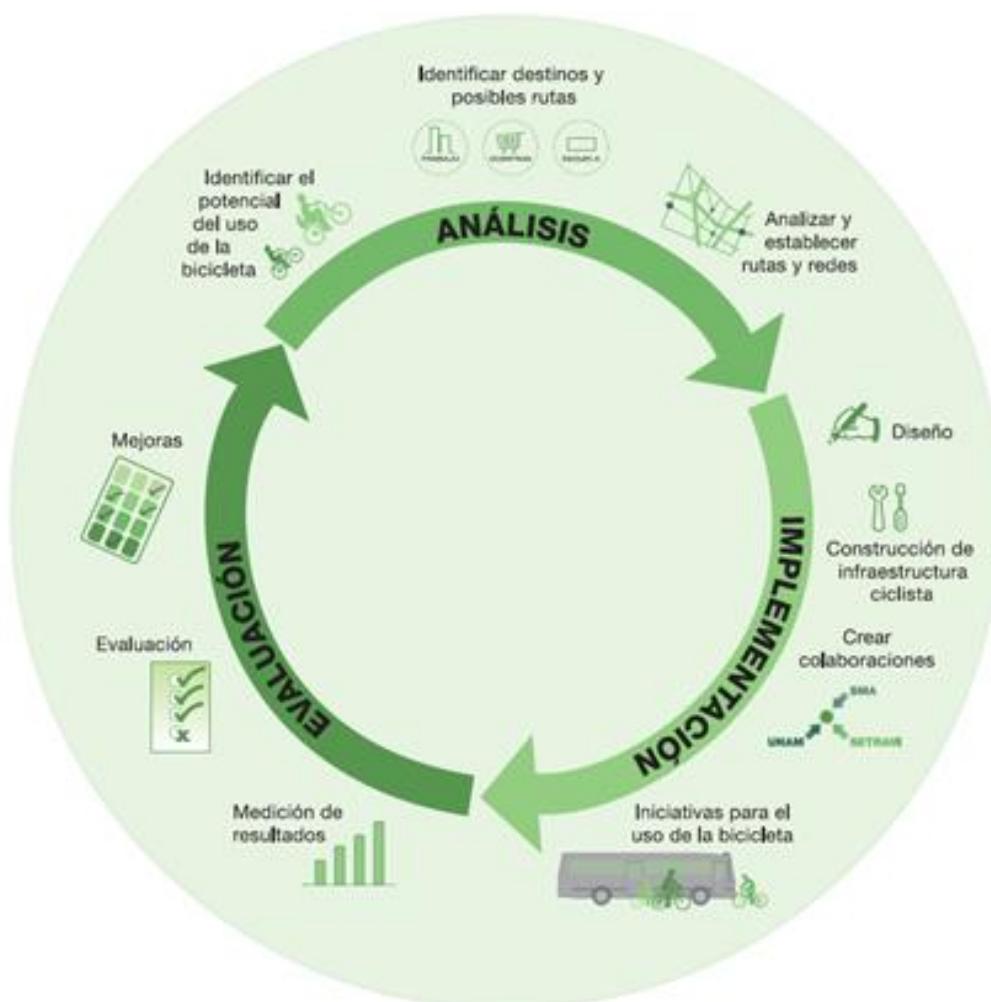


Figura 11: Etapas de implementação de um sistema cicloviário
Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

Conforme mostrado, a 1^a etapa para a implementação de um sistema cicloviário consiste em uma análise da cidade. Para tanto, é feito um levantamento de dados relevantes para o desenho de rotas potenciais. As principais informações são mostradas nos itens subsequentes:

Condições físico-ambientais e urbanas e questão da segurança

São identificadas, na região de estudo, áreas que possuam praças e espaços públicos amplos e vias com alto índice de arborização, por uma questão de conforto ao ciclista e, portanto, atratividade do modal. Segue-se, então, um diagnóstico da parte física, determinando a hierarquia das vias da cidade (vias arteriais, locais, expressas etc.), a tipologia das vias e cruzamentos e ainda quais são as barreiras urbanas, regiões de maior dificuldade de transposição. Essa análise tem grande importância, pois indica o nível de modificação que seria necessária para que uma bicicleta circule com segurança na via e o nível de conectividade e interrupções que a rede terá, principalmente devido a cruzamentos. Também permite visualizar por quais caminhos serão vencidas as barreiras urbanas, buscando os pontos “permeáveis” da infraestrutura existente.

Ademais, é feito um mapeamento da rede de transporte público, essencial para a questão da intermodalidade, aspecto importante para a rede cicloviária. Também é determinada a tipologia de traço urbano: ortogonal, irregular, radial ou mista.

Ainda dentro das condições urbanas, tem-se a questão de risco de segurança física e/ou pessoal, cuja análise é verificada na Figura 12. Regiões onde há grande número de crimes podem ser tratadas como barreiras para o uso da bicicleta, já que modificam a percepção de conforto devido ao ambiente inseguro. Um investimento maior no espaço público durante a implantação da infraestrutura cicloviária, ao entorno da ciclovia, se faz necessário para melhorar a percepção geral de segurança e as condições de utilização do usuário.

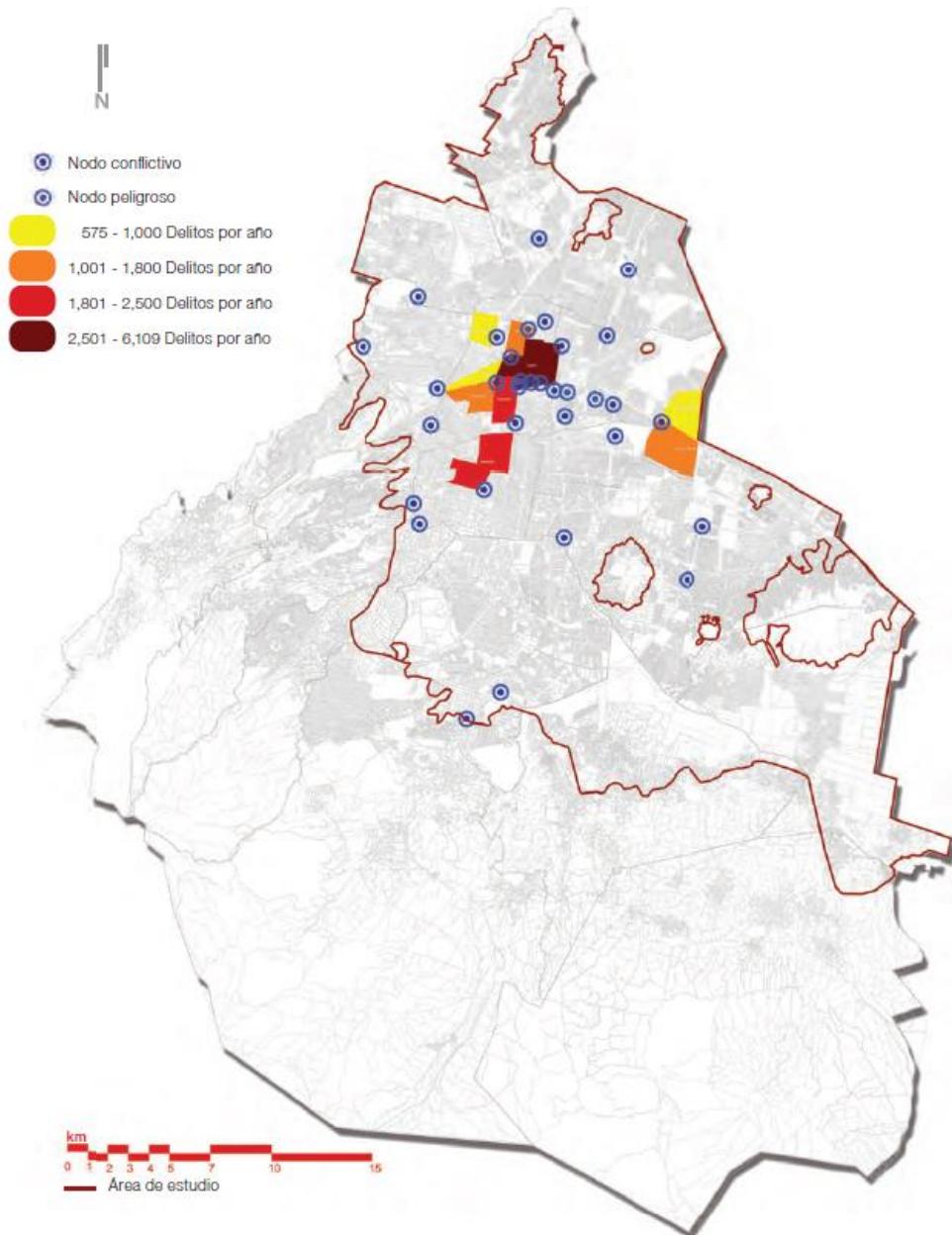


Figura 12: Mapa de segurança
 Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

Condições de tráfego na cidade

Importante na identificação das zonas com maior potencial e necessidade por infraestrutura, este diagnóstico se inicia na atual divisão modal das viagens da cidade, separando-as em sua distribuição e meios, isto é, o modo de transporte e as porcentagens que circulam dentro da área de estudo. São mapeadas as regiões com alta quantidade de viagens mistas, feitas com mais de um modal, as quais têm potencial para a substituição de um de seus modais pelo modal bicicleta. Mapeia-se igualmente o motivo dessas viagens: trabalho, estudo, lazer, entre outros.

São, então, analisados os pares OD da região, identificando suas distâncias médias e destacando aquelas de maior relevância. Filtra-se as viagens para aquelas de motivo trabalho, que são as em maior volume e rotineiras, de forma a permitir restringir o foco da análise.

Por fim, os pares OD são divididos por nível socioeconômico e tempo de viagem. Nesse ponto, vale ressaltar a importância de atender regiões carentes de transporte massivo, pois possuem mais viagens mistas e um potencial de conversão maior, devido ao fato de terem uma população de nível socioeconômico mais baixo.

Condições atuais de mobilidade em bicicleta

Observa-se como se distribuem atualmente as viagens de bicicleta na cidade, realizando um levantamento de número de bicicletas por distrito e identificando os pares OD recorrentes. No caso da Cidade do México, chegou-se à conclusão que a maior parte dessas viagens são feitas por motivo trabalho (57%) e são intradistritais em sua maioria. Já as interdistritais se concentram nas regiões periféricas, carentes de transporte massivo, e vão em direção aos centros de emprego.

Potencial de conversão modal

Através da análise de todas as informações coletadas no diagnóstico da cidade e das condições para implementação do sistema cicloviário, é gerado um mapa de probabilidade de conversão modal para cada par OD. Para tal é criado um mapa de “calor” mostrando os principais pontos de concentração residencial e de emprego na cidade, assim como as linhas de desejo de maior probabilidade de conversão a partir deles. Este mapa permite indicar quais as principais rotas a serem contempladas num primeiro momento de implantação e é mostrado na Figura 13:

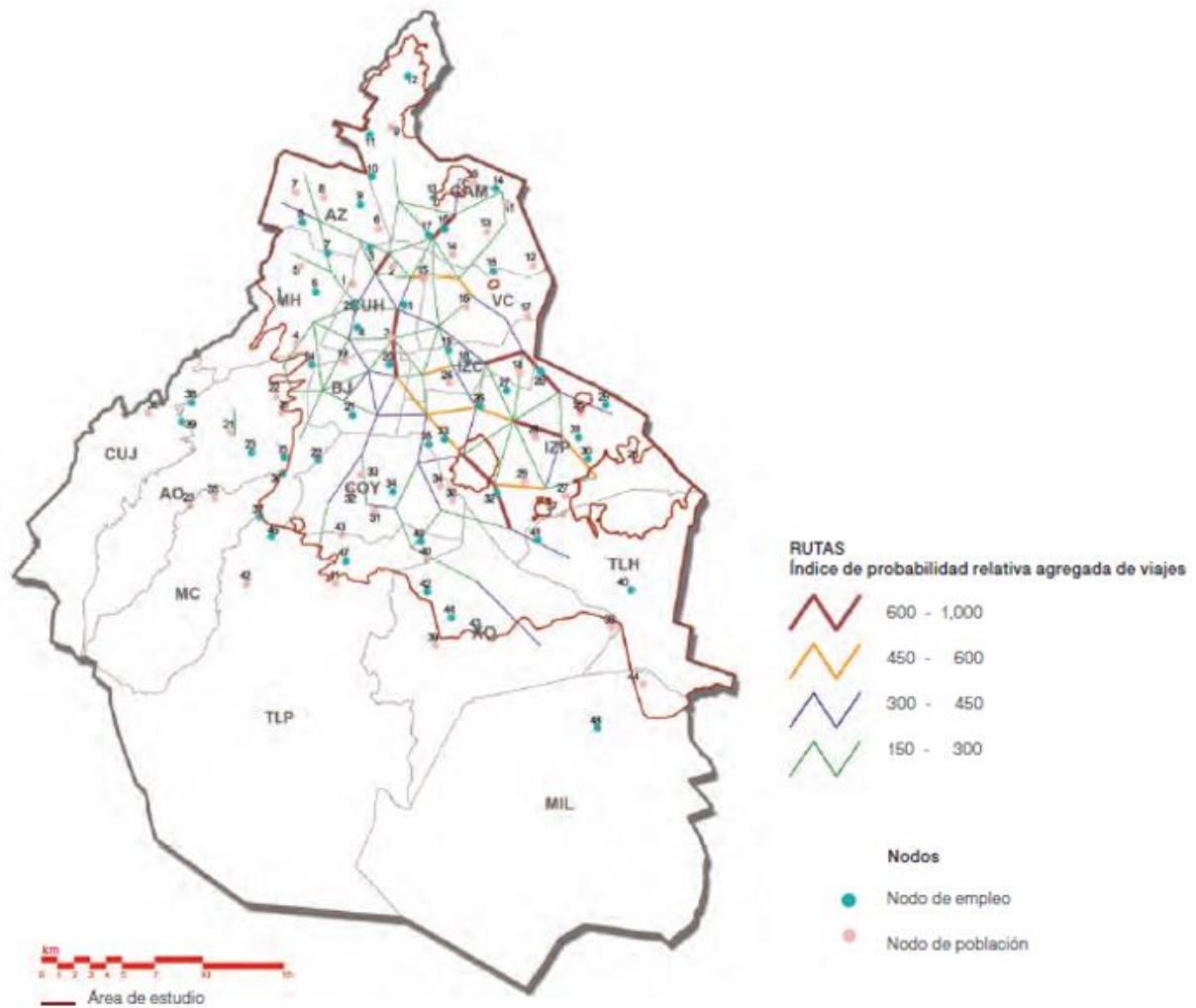


Figura 13: Mapa de probabilidade de conversão modal
Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

Contudo, tais rotas contemplam apenas as viagens de/para o centro com a bicicleta como modal único. Sendo assim, para que haja possibilidade do uso da bicicleta também em viagens multimodais, especialmente para os usuários de regiões mais periféricas, faz-se necessário um estudo complementar das viagens que utilizam o transporte massivo no início ou no final do trajeto e que têm suas origens/destinos em até 15 minutos de bicicleta das estações de metrô. A partir desse estudo, gera-se um mapa de isócronas como se vê na Figura 14:

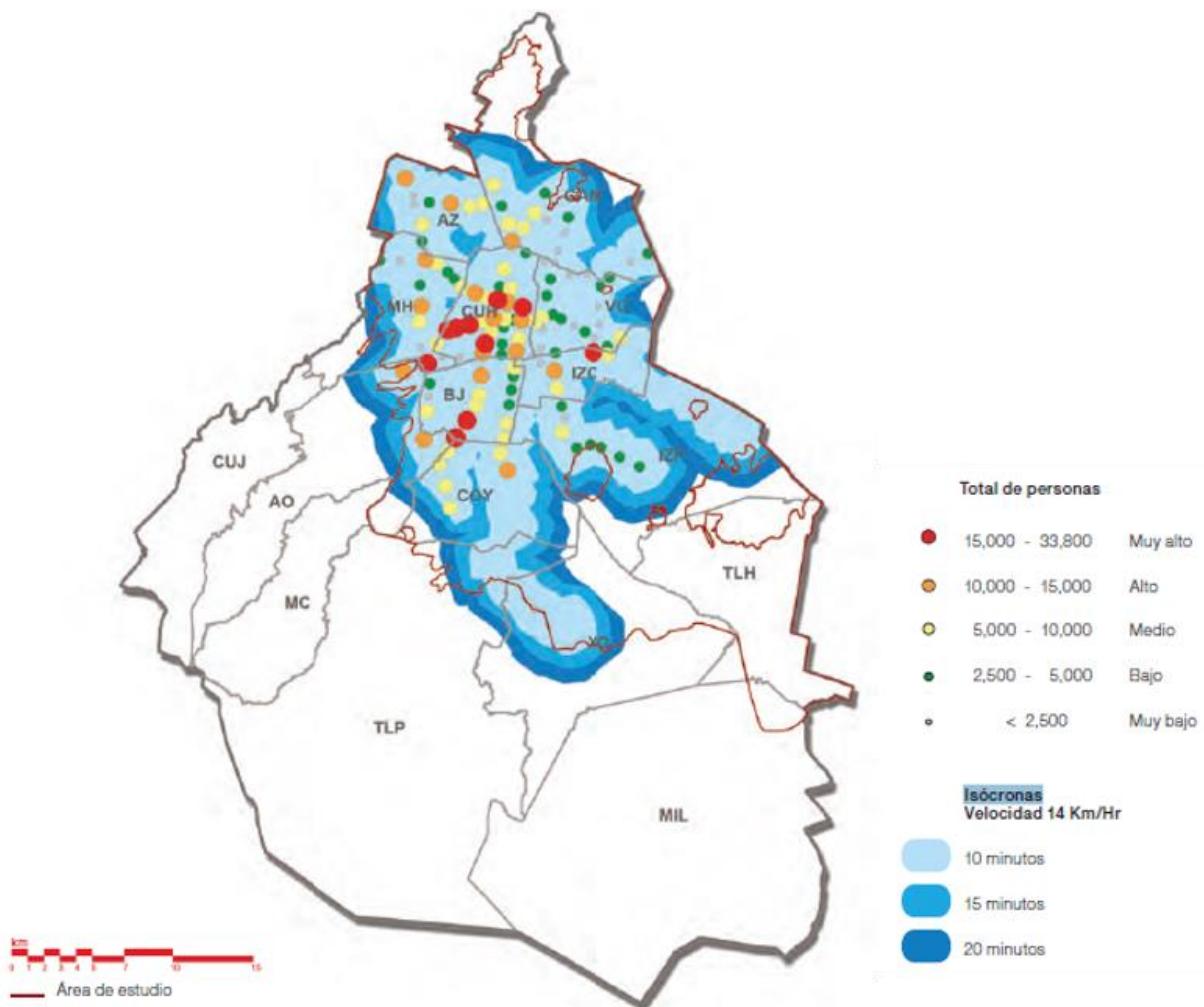


Figura 14: Mapa de isócronas multimodais
Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

2.2.2.4.2. Etapa de implementação

A etapa de implementação do Sistema Cicloviário possui quatro focos principais para chegar ao objetivo de criar uma cultura de uso da bicicleta na Cidade do México. Será dada atenção apenas para os dois primeiros, pois são os únicos relacionados com a implementação Rede Cicloviária Estrutural, escopo deste trabalho.

O primeiro objetivo consiste no aumento da segurança física para os ciclistas. Para tanto, procura-se criar uma rede de ciclovias para trajetos de no máximo 4 km mais 10 minutos de caminhada. Essa rede possui infraestrutura própria e se localiza em “Zonas de Trânsito Calmo” (ZTC), ou seja, zonas com imposição de redução de velocidade e restrições de circulação.

O segundo objetivo consiste em integrar a bicicleta à rede de transporte público da cidade. Para tanto concebe-se uma rede cicloviária que sirva os usuários dos pontos de transporte público até os pontos de origem/destino que estão em até 15 minutos de bicicleta. Complementa-se essa medida com a permissão e facilitação do acesso de bicicletas dentro do transporte público e a criação de estacionamentos próprios e seguros para bicicleta.

Os outros dois focos da metodologia consistem no aumento do acesso a bicicletas por meio de estações de aluguel em locais estratégicos e fomento da cultura através de publicidade e políticas públicas.

2.2.2.4.3. Critérios de qualidade da rede no âmbito do planejamento

A fim de assegurar que a infraestrutura seja planejada e executada de forma a gerar as melhores condições para o ciclismo urbano, criou-se uma lista de critérios para identificar problemas, planejar e avaliar a infraestrutura cicloviária. Tais critérios são detalhados a seguir:

Integração

A infraestrutura deve ser implantada nos principais locais de circulação, nos principais pontos de origem e destino da cidade e em todas as escalas: bairros, distritos comerciais, nós de transporte público, áreas recreativas entre outros. Desta forma permite-se gerar opções com finalidades distintas para todas as camadas da população.

As rotas devem ser tão diretas quanto possível, ainda que a distância seja maior, pois assim é possível aumentar a velocidade de deslocamento e, portanto, reduzir o tempo de trajeto. Desta forma, torna-se uma opção atraente integrar a infraestrutura junto de grandes ruas e avenidas.

Também estão incluídas neste critério a priorização de caminhos em áreas restritas apenas ao transporte não motorizado. É preferível, sempre que possível, integrar a infraestrutura com a rede para pedestres e prover estacionamentos próprios para bicicleta nos pólos atratores e geradores de tráfego, assim como ao longo das ciclovias principais.

Proteção

A infraestrutura deve ser atrativa a todos, sejam jovens ou idosos, usuários novos ou experientes. Deve ser desenhada para reduzir a interferência entre os diferentes tipos de veículos e proteger o ciclista de acidentes. Para tanto, deve haver separação física com espaços claramente definidos e de acordo com o uso da via. Além disso, procura-se que seja unidirecional e sempre que possível do lado direito da via quando estiver junta do trânsito motorizado, pois cicloviás no canteiro central reduzem a conectividade da rede. As cicloviás também devem ter sinalização adequada e serem de boa visibilidade aos motoristas de modo a minimizar o risco de acidentes.

No quesito de segurança contra violência, a *segurança pessoal*, procura-se alocar a infraestrutura cicloviária em locais com alta densidade populacional, uso público contínuo e vigilância contínua. Deve-se evitar locais desertos com falta de iluminação, considerados não seguros. Estacionamentos devem ser preferencialmente vigiados e deve ser evitado passar por túneis e pontes. Como já mencionado anteriormente, uma melhoria em locais com grande incidência de delitos é necessária.

Conforto

O conforto aqui de modo geral diz respeito às condições de conservação e aspecto da rede. Uma rede em más condições não é atrativa para novos entrantes e muito menos garante a segurança física de seus usuários. Também são desejáveis, sempre que possível, rotas com boas condições de ventilação, sombra de vegetação, ruído e qualidade do ar, além da existência de pontos de parada e descanso.

Está igualmente incluído nesse critério a sinalização e distinção da rede. Ela deve ser fácil de ser reconhecida, entendida e utilizada por qualquer um, com sinalização e demarcação adequadas.

Por fim, a direvidade é um aspecto importante para esse critério. Deve-se prover a maior velocidade média nos trajetos e continuidade, sem interrupções, desvios e obstáculos. Ademais, é importante atentar à amplitude da via, dando espaço para diversos tipos de bicicleta e dando a possibilidade de ultrapassagem.

Lazer

A rede de ciclovias não deve ser vista apenas como um meio de transporte utilitário. A metodologia recomenda fortemente que as rotas de bicicleta passem por locais onde há atividades de lazer e fluxo de pessoas, como parques e praças. Nesses locais, é preferível haver espaço de largura para dois ciclistas por sentido.

2.2.2.4.4. Rede de infraestrutura cicloviária

Na fase de diagnóstico, foram estabelecidos 84 nós de emprego e habitação (nós OD) na área de estudo e encontradas 7.056 linhas de desejo teóricas. A partir dessas linhas, foram observados os fluxos reais de usuários de transporte público e privado e gerou-se linhas hipotéticas unindo os nós de maneira radial a partir do centro. Assim, foram identificadas as rotas potenciais para cada fluxo. Para cada uma dessas rotas determinou-se, enfim, as características urbanas locais desejáveis para a construção e bom funcionamento da rede.

Como ponto de união e dispersão das rotas a serem concebidas, foram utilizadas áreas públicas, como praças, zonas históricas e áreas verdes, de forma a contemplar o uso recreativo da rede. Com isto é gerada a rede hipotética principal, considerada a espinha dorsal do sistema.

De maneira a contemplar as viagens em escala local, internas ou entre bairros, foi aplicada a medida de “Zonas de Trânsito Calmo”, explicada anteriormente. Com a implementação dessas zonas (Figura 15), são necessárias apenas pequenas adequações de impacto desprezível para garantir a segurança física do ciclista. Tal medida possui como objetivo complementar o desincentivo ao uso do transporte privado, na medida em que a redução de velocidade fomenta a conversão de usuários para outros modais, dentre os quais a bicicleta.

Por fim, para a escolha definitiva das vias que irão compor a rede, é elaborada uma matriz de decisão multicritério, levando em conta, além dos aspectos já citados (potencial de conversão modal, integração a rede de transporte massivo, segurança física e pessoal, proteção e diretrividade), obstáculos e barreiras urbanas (Figura 15), secção típica da via, fluxo de veículos e a qualidade da via, tudo de maneira a comportar os critérios de desenho básicos estipulados.



Figura 15: ZTCs e barreiras urbanas
Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

Os critérios de desenho básicos estão listados a seguir nas Figuras 16 a 24:

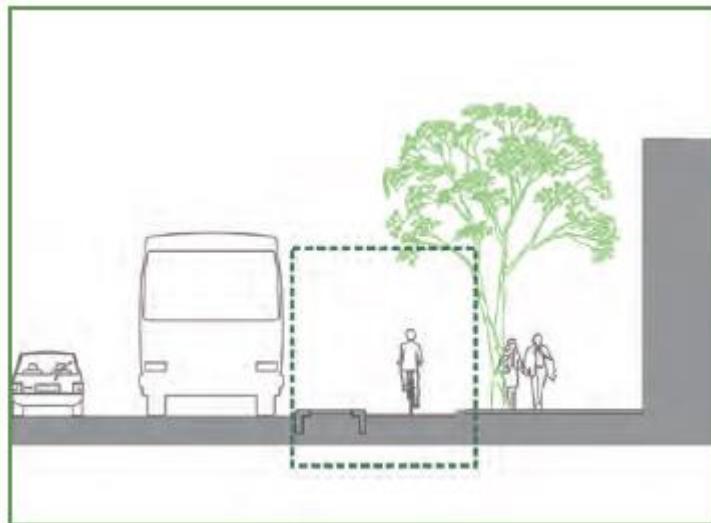


Figura 16: A infraestrutura cicloviária deve estar localizada no lado direito da rua, entre a calçada e a faixa de velocidade mais baixa

Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

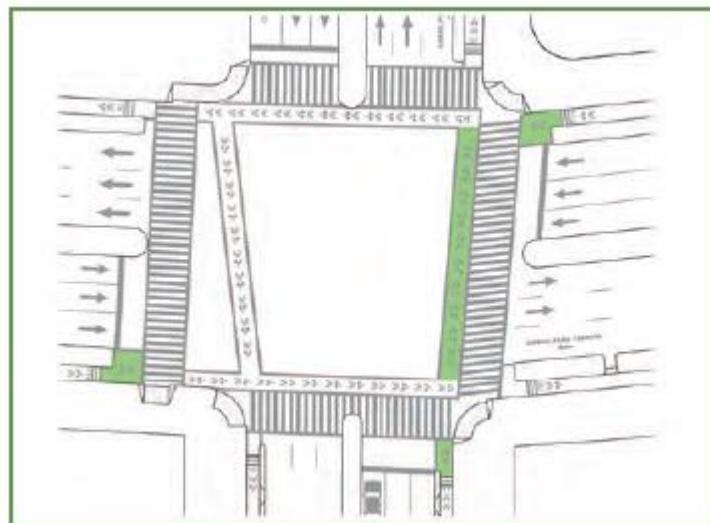


Figura 17: Todas as interseções devem ser contínuas e marcadas com uma sinalização especial. As cores e o design utilizado para sinalização serão exclusivos para a infraestrutura rodoviária

Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

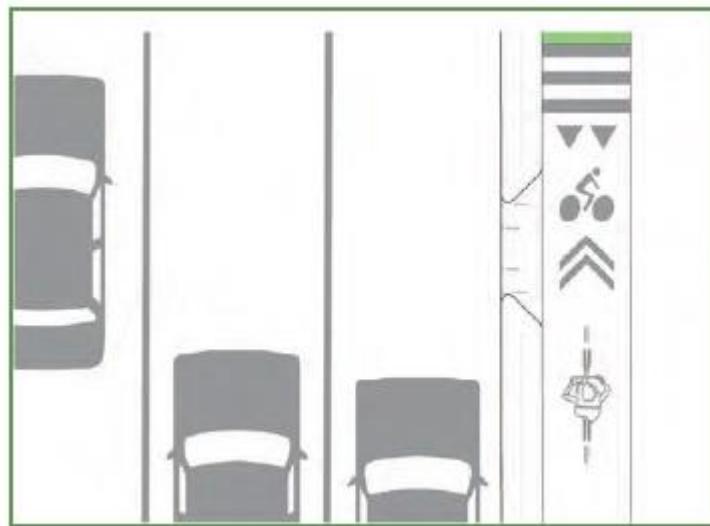


Figura 18: Deve-se seguir a direção do trânsito, exceto em parques, pontes e em espaços sem passeios de veículos

Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

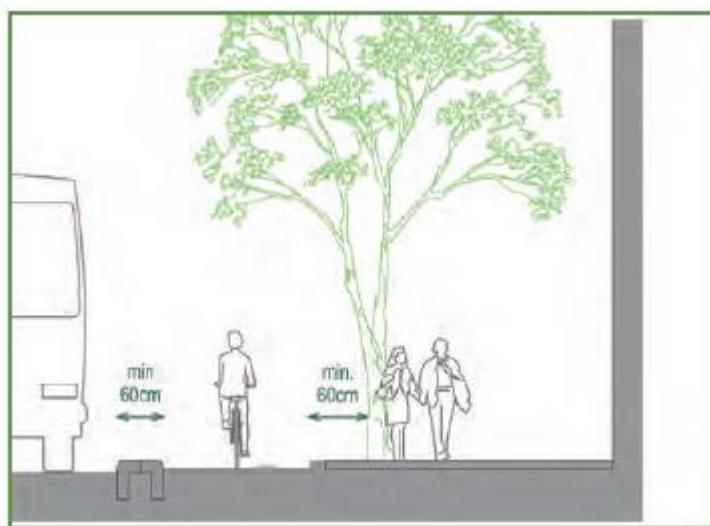


Figura 19: Quando separações físicas são necessárias, as ciclovias devem estar separadas de automóveis por um elemento de confinamento com uma largura mínima de 50 centímetros

Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

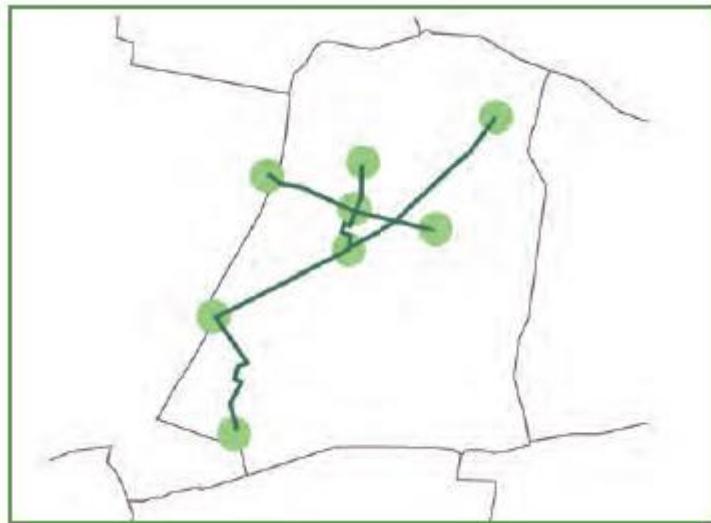


Figura 20: Devem terminar sua jornada em outra infraestrutura rodoviária, espaços públicos, parques, etc., sempre intervindo integralmente as interseções do terminal
Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

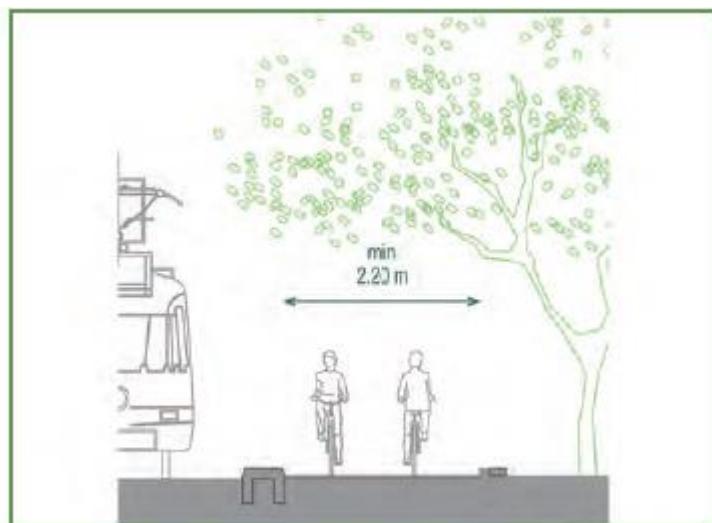


Figura 21: Devem contemplar uma largura ótima que permita uma coexistência confortável e seguro entre diferentes veículos
Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

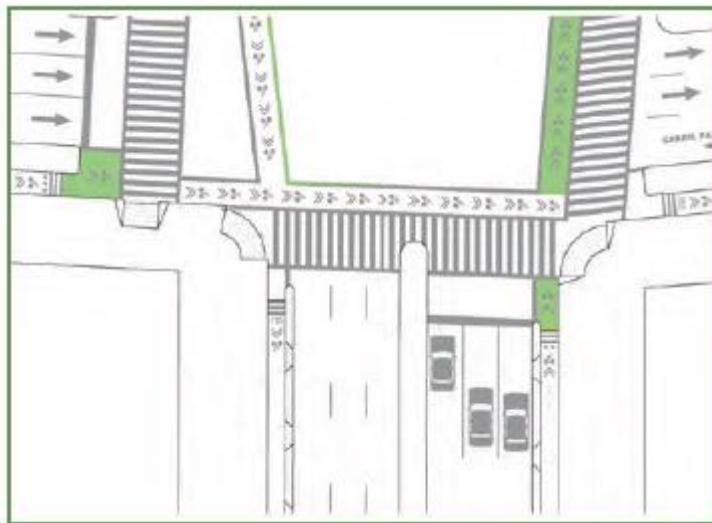


Figura 22: Nos semáforos, eles devem ter semáforos e áreas de espera para ciclistas, para dar aos ciclistas 3 a 5 segundos de vantagem para o início da partida

Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

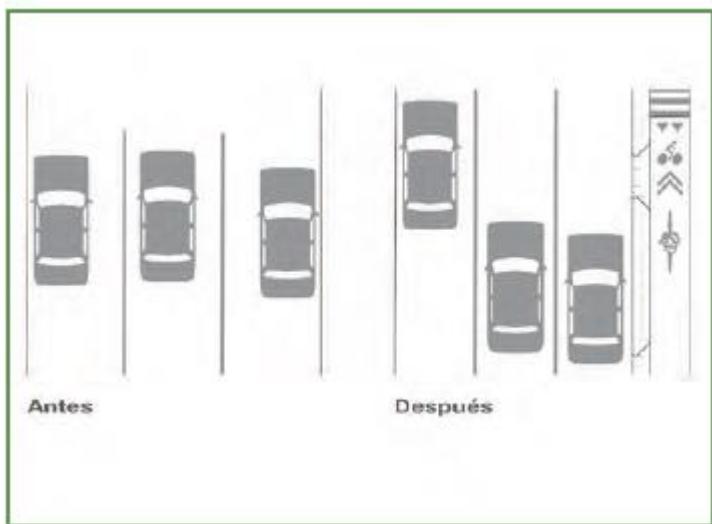


Figura 23: O espaço necessário pode ser obtido redistribuindo o espaço do fluxo veicular apagando uma faixa de trânsito ou estreitando a largura de pistas existentes. Pode-se usar também a pista de estacionamento da via pública

Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

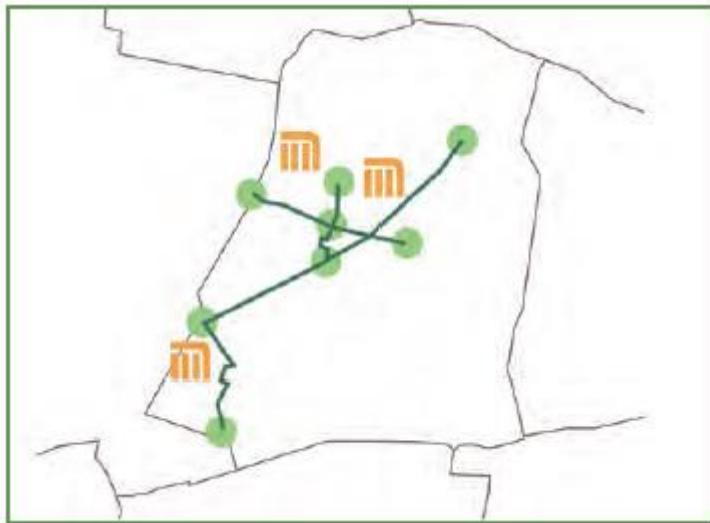


Figura 24: Devem ser estabelecidos em rotas estratégicas, entre ou próximo de centros de comércio, emprego e habitação, nós públicos e de transporte

Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

As etapas de implementação estão atreladas à implementação da rede principal. Em toda via local interna de um bairro será implantada uma ZTC, principalmente em áreas abrangidas por zonas de influência de comércio, escolas, mercados e estacionamento de bicicleta. Essas zonas podem variar de tamanho, mas em geral possuem um raio de 800 m.

2.2.2.4.5. Integração à rede de transporte público

O foco da integração com o transporte público é fomentar a mudança cultural, inserindo a bicicleta nas viagens multimodais. Para tanto, duas medidas necessárias são a criação de estacionamentos para bicicleta, com acessos fáceis e rápidos ao ponto de tomada do transporte público, e a possibilização de transporte de bicicleta dentro dos mesmos.

Para estabelecer a localização e capacidade dos estacionamentos propostos, foram contados, através da pesquisa Origem/Destino, o número de usuários que utilizam uma determinada estação de Metrô que se enquadram em pelo menos um dos dois critérios a seguir: pessoas que caminham de suas casas por até 10 minutos para chegarem à estação; ou pessoas que utilizam algum outro meio de transporte e estejam dentro das isócronas de 10 a 15 minutos de bicicleta (aproximadamente 4 km) da estação. São consideradas também as características da população num determinado bairro, sendo mais estratégicas a instalação desses estacionamentos nas estações da periferia da cidade, as quais possuem uma maior parcela da

população utilizando ativamente a bicicleta. Desta forma, a ordem de instalação será iniciada pelas estações da periferia e indo em direção ao centro, conforme Figura 25:

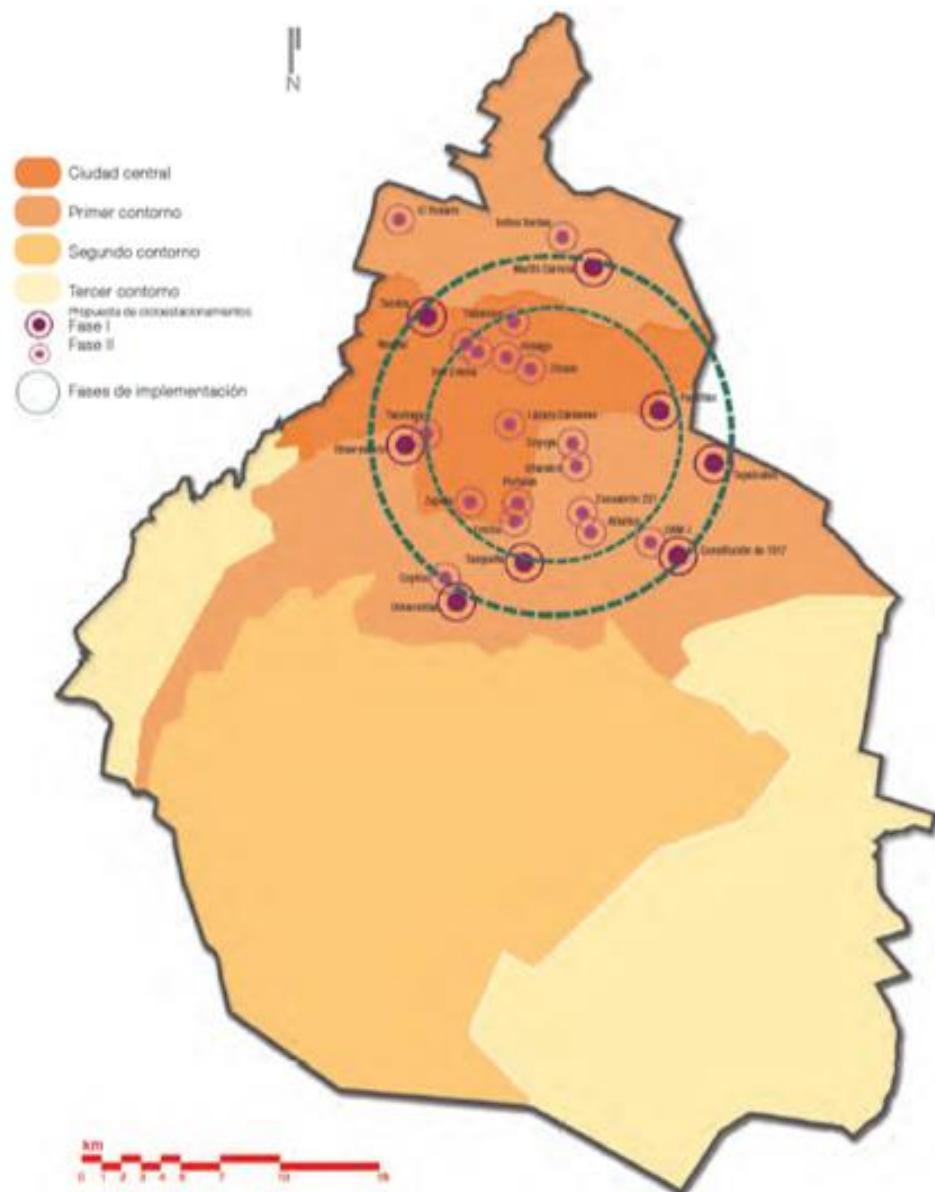


Figura 25: Estacionamentos de bicicleta e sua ordem de implementação
Fonte: Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México

2.2.2.4.6. Outras medidas

A metodologia discorre ainda sobre medidas de acesso a bicicletas públicas e ações culturais e de socialização para fomentar o uso da bicicleta. Contudo, embora sejam essenciais para a eficácia do projeto, não serão abordadas aqui pois fogem do escopo deste trabalho, que versa apenas sobre a implantação de uma Rede Cicloviária Estrutural.

2.2.2.4.7. Estratégia de implementação

No caso da Cidade do México, a implementação física da rede foi dividida em quatro etapas, com intervenções progressivas conforme o nível de importância dos pares OD, definida pela probabilidade de conversão de usuários. Estas intervenções contemplam a implantação da rede cicloviária e o estabelecimento das ZTC. Contemplam igualmente a alocação de estacionamentos de bicicleta nas zonas periféricas e a criação de um sistema de bicicletas públicas. Essas medidas começam pelo centro e nos terminais de transporte público, progressivamente conectando bairros através da rede e indo em direção à periferia, conforme Figura 26:

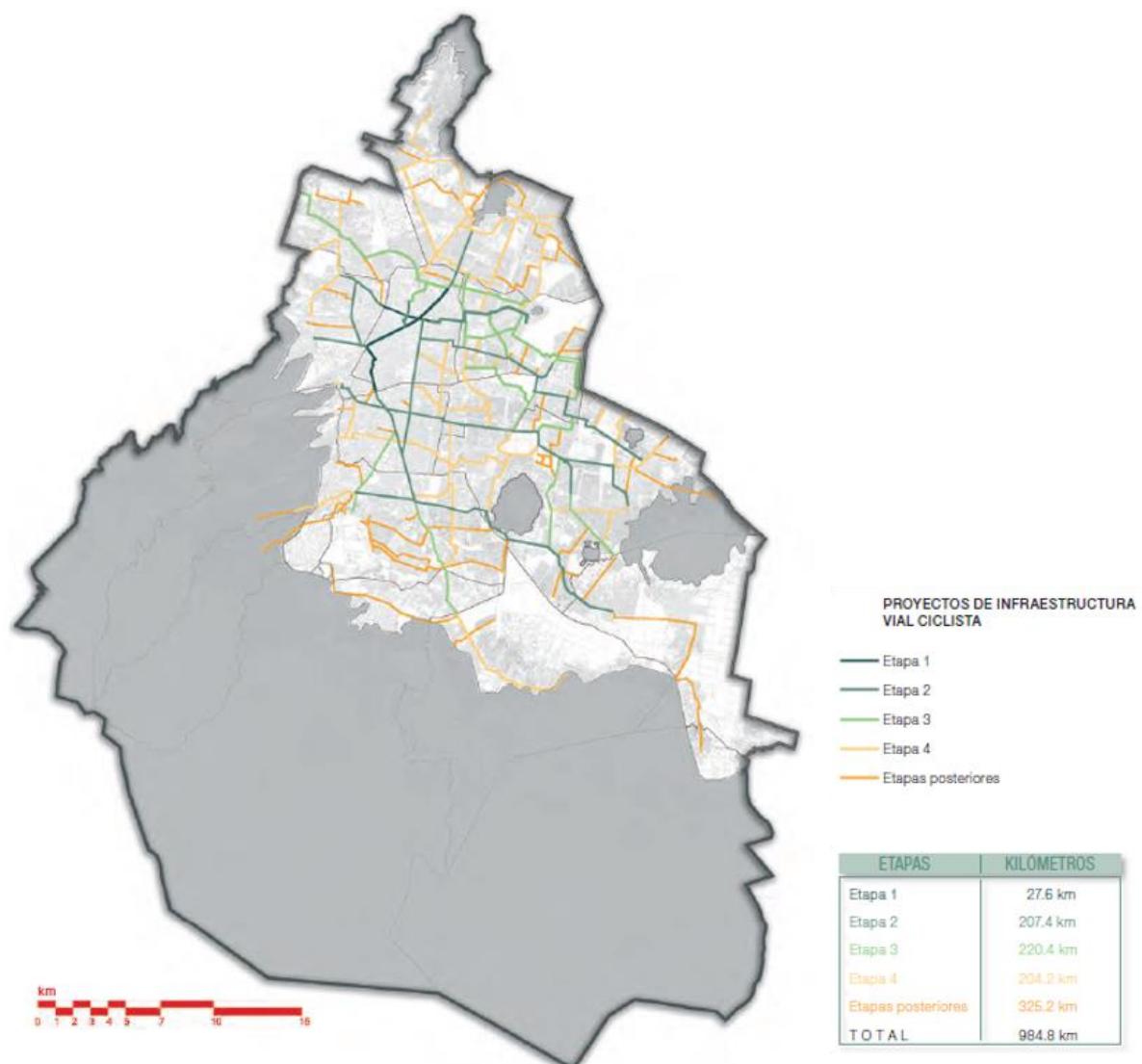


Figura 26: *Etapas de implementação da infraestrutura cicloviária*
Fonte: *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*

2.2.3. CONSOLIDAÇÃO DAS METODOLOGIAS

A metodologia proposta na seção 3 deste trabalho utiliza como base as bibliografias anteriormente analisadas adequando-se às condições de São Paulo, sempre que possível. Deste modo, buscou-se complementar a metodologia da cidade paulistana, que é atualmente baseada nas diretrizes (i) conectividade, (ii) ligações perimetrais e radiais, (iii) linearidade, (iv) intermodalidade, (v) funcionalidade relativa ao uso do solo, (vi) funcionalidade relativa à hierarquia viária e incorporação de novas vias. Tais diretrizes foram conceitualmente utilizadas para definir os layers de análises, e para delimitar a pré-seleção de rotas.

As diretrizes europeias trazem ideias relevantes relacionadas ao comportamento dos ciclistas. A metodologia aponta que a utilização da bicicleta se limita a pequenas distâncias, sendo mais de 80% das viagens de bicicleta as que percorrem menos de 5 km, o que é utilizado na delimitação das viagens em estudo na criação do layer de demanda, como será visto posteriormente. Para esse layer, utiliza-se, também, os conceitos de diretividade da infraestrutura cicloviária. Utilizam-se os conceitos de segurança física do ciclista, seguridade, que considera faixas de velocidade e suas respectivas infraestruturas necessárias, para a definição do layer de velocidade relativa. Por fim, uma série de fatores, como coesão, conforto e diretividade são relevantes para a etapa de pré-seleção das rotas.

Tanto de Groningen quanto das diretrizes europeias, tira-se a importância da consideração da hierarquia das vias existentes e da concepção de uma rede cicloviária com vias radiais e axiais em relação ao centro, relevante principalmente na concepção de infraestrutura cicloviária para a cidade como um todo. No caso de Groningen, principalmente, citam-se não só medidas de fomento ao uso da bicicleta, como de desincentivo ao uso do automóvel, que, apesar de não tratadas neste trabalho, são de suma importância para a mudança de cultura da população, e devem ser endereçados no longo prazo, como é sugerido nos próximos passos.

A metodologia de São Francisco trata de uma cidade que ainda começa a evoluir sua infraestrutura cicloviária e possui limitações comuns a São Paulo e outras grandes cidades, como o relevo acidentado. Assim, a metodologia foi essencial para a criação do layer de topografia, determinando a declividade das ruas como um fator limitante na decisão de rotas, considerando um limite de inclinação adequado ao

objetivo de convencer novos usuários inexperientes a usarem bicicleta. Além disso, a metodologia trata da questão de prover segurança física através das infraestruturas, e a importância da presença de outros modais ao redor, fatores diretamente relacionados à concepção do layer de velocidade relativa. A metodologia de São Francisco também trata mais diretamente da previsão de demanda utilizando-se da matriz OD da cidade, que foi utilizado no layer de demanda, e posteriormente na parte de simulação. Por fim, tal metodologia traz ideias de conversão modal, que são levadas em consideração na parte de simulação dos resultados.

A metodologia da Cidade do México, por sua vez, é a que mais se aproxima da cidade de São Paulo, devido ao tamanho de sua população e relevo similares. Assim, a metodologia como um todo foi utilizada como base para o formato da nova metodologia como sobreposição sequencial das análises dos aspectos relevantes. Pontualmente, destaca-se a consideração da intermodalidade nas decisões de rotas e a sensação de segurança pessoal, em relação à violência, sendo roubos e furtos os maiores problemas, muitas vezes relacionados com a falta de iluminação e com o fluxo de veículos e pessoas. Por ser baseada em outras metodologias de sucesso, a metodologia da Cidade do México confirma aspectos já levantados pelas outras metodologias, como o uso de informações de demanda, previsão de conversão modal, velocidade relativa e diretividade, e sugere análises detalhadas das rotas a serem implementadas, visando prever os impactos do projeto, o que foi abordado como a etapa de simulação dos resultados.

2.3. ASPECTOS TÉCNICOS DO SISTEMA CICLOVIÁRIO

Ao implementar um sistema cicloviário, o projeto deve contemplar elementos de riscos para os ciclistas, volumes de tráfego de ciclistas, diferencial de velocidade entre automóvel e bicicleta, conflito com os automóveis nas travessias e intersecções e conflitos com pedestres nos espaços partilhados. Em termos técnicos, e para efeitos de simplificação, aglomeram-se as modalidades de sistemas cicloviários em (I) “vias de tráfego compartilhado”, (II) “ciclofaixas”, e (III) “ciclovias”, cada um com diferentes características de projeto recomendadas de acordo com o nível de serviço em volume de tráfego de cada via. Segundo a AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials²⁰), essas três modalidades de infraestrutura devem seguir

²⁰ Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte, em tradução livre

os seguintes parâmetros:

2.3.1. VIAS DE TRÁFEGO COMPARTILHADO



Figura 27: Concepção típica de vias com faixas de tráfego compartilhado. Na esquerda, sem faixa de estacionamento, na direita, com faixa de estacionamento

Fonte: PTR2378 - Projeto de infraestrutura de vias de transportes terrestres, aula 9, slides 117 e 119

Para essa modalidade, as recomendações são larguras de 4,2 m para cada sentido da via, caso não haja faixa de estacionamento, e 6,6 m para cada sentido da via, caso haja faixa de estacionamento. Como essas vias têm velocidades abaixo de 40km/h, a concepção padrão possui uma faixa de rolamento por sentido da via, sendo que, em muitos casos (como é o caso da região estudada), muitas dessas vias possuem apenas um sentido.

2.3.2. CICLOFAIXAS



Figura 28: Concepção típica de vias com ciclofaixas

Fonte: PTR2378 - Projeto de infraestrutura de vias de transportes terrestres, aula 9, slide 121

Como nessa modalidade o trânsito de bicicletas possui uma faixa exclusiva, a largura das faixas de tráfego de veículos não precisa seguir as mesmas recomendações que na seção anterior. Já as ciclofaixas devem ter no mínimo 1,5 m de largura por sentido de circulação de bicicletas. O seu nível de segregação deve ser avaliado de acordo com as condições do tráfego motorizado adjacente (ambiente de velocidade e volume de tráfego). Segue nas Figuras 29 a 31 os diferentes níveis de segregação possíveis:

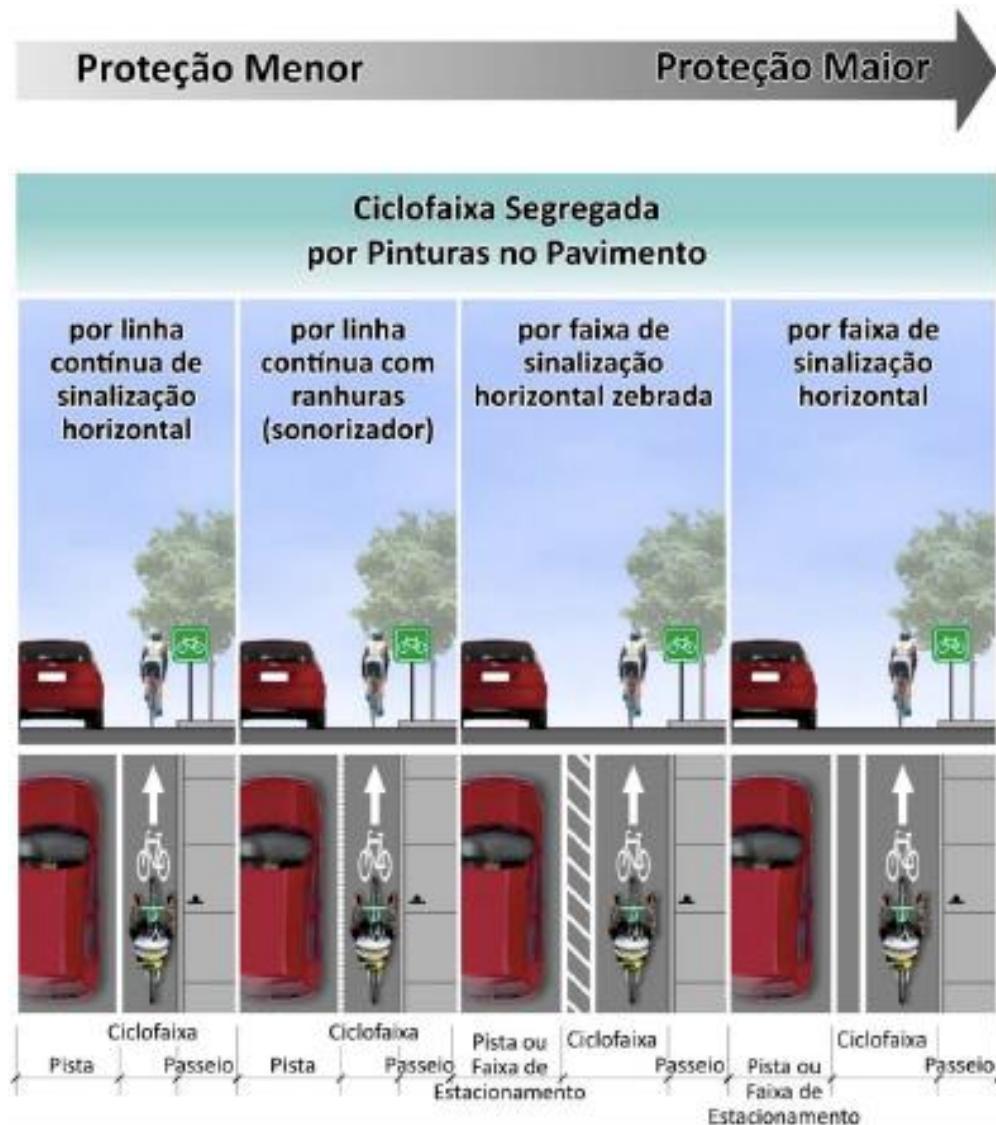


Figura 29: Nível de segregação por pinturas no pavimento

Fonte: IBPI, Initiative for Bicycle and Pedestrian Innovation, 2012. *Creating Walkable + Bikeable Communities* (adaptada por Felipe Issa Kabbach Junior)

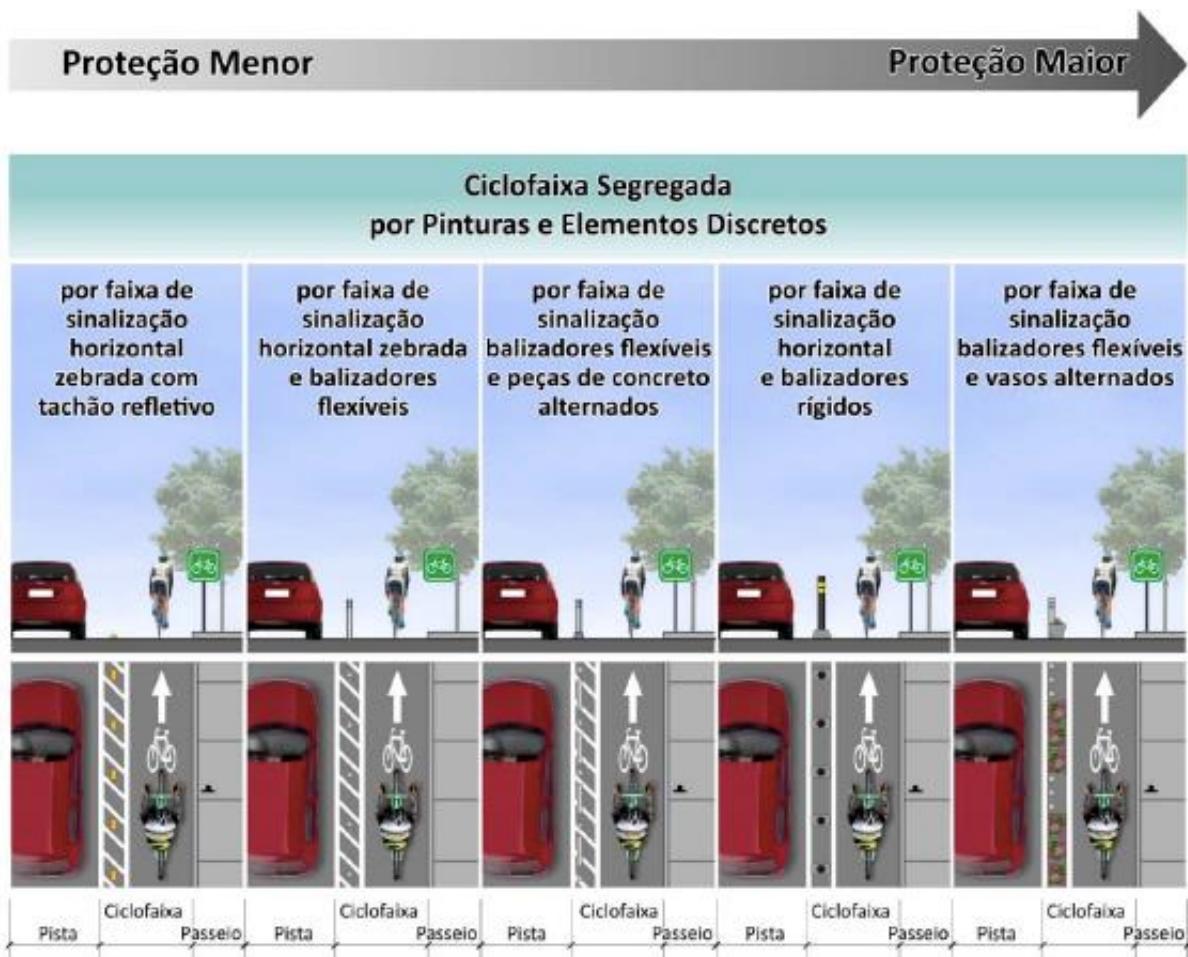


Figura 30: Nível de segregação por pinturas e elementos discretos

Fonte: IBPI, Initiative for Bicycle and Pedestrian Innovation, 2012. Creating Walkable + Bikeable Communities (adaptada por Felipe Issa Kabbach Junior)

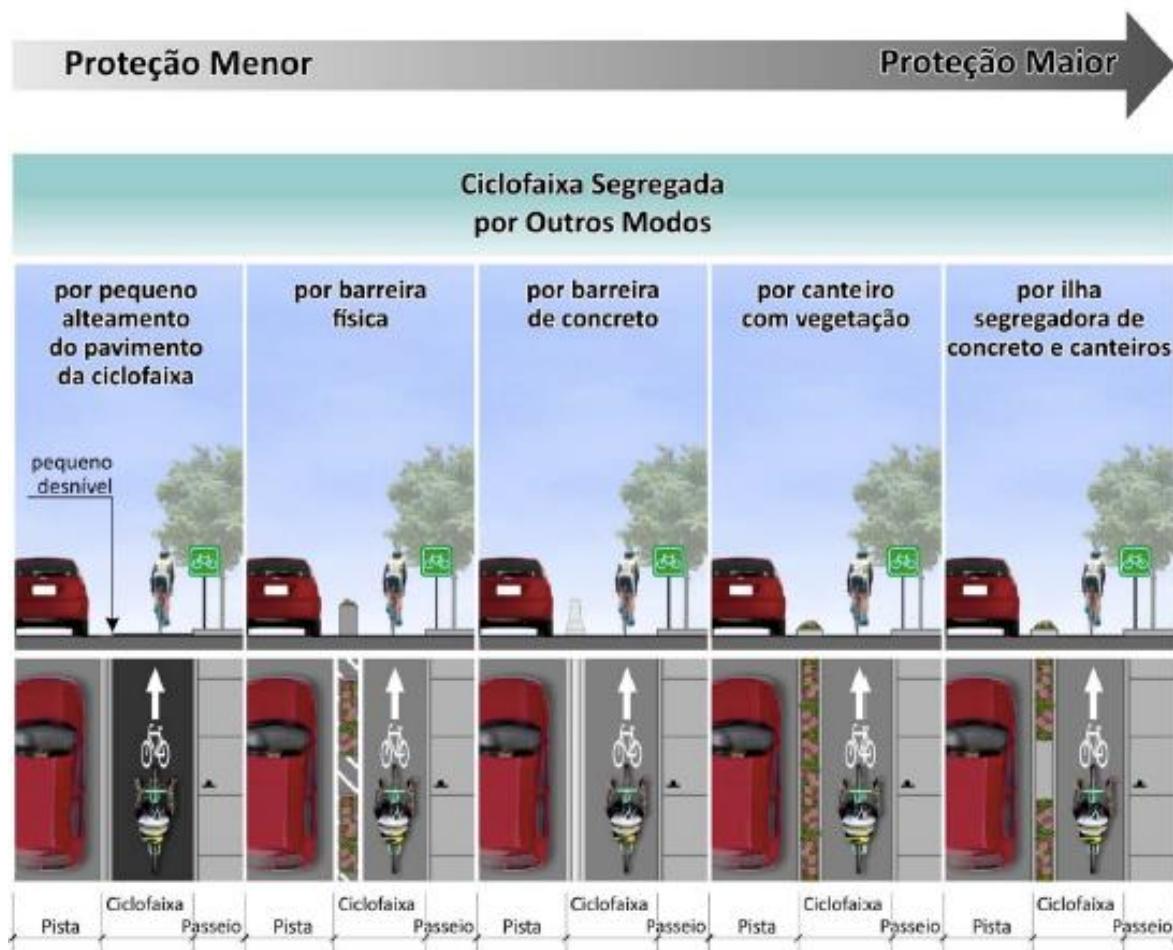


Figura 31: Nível de segregação por outros modos

Fonte: IBPI, Initiative for Bicycle and Pedestrian Inovation, 2012. Creating Walkable + Bikeable Communities (adaptada por Felipe Issa Kabbach Junior)

2.3.3. CICLOVIAS

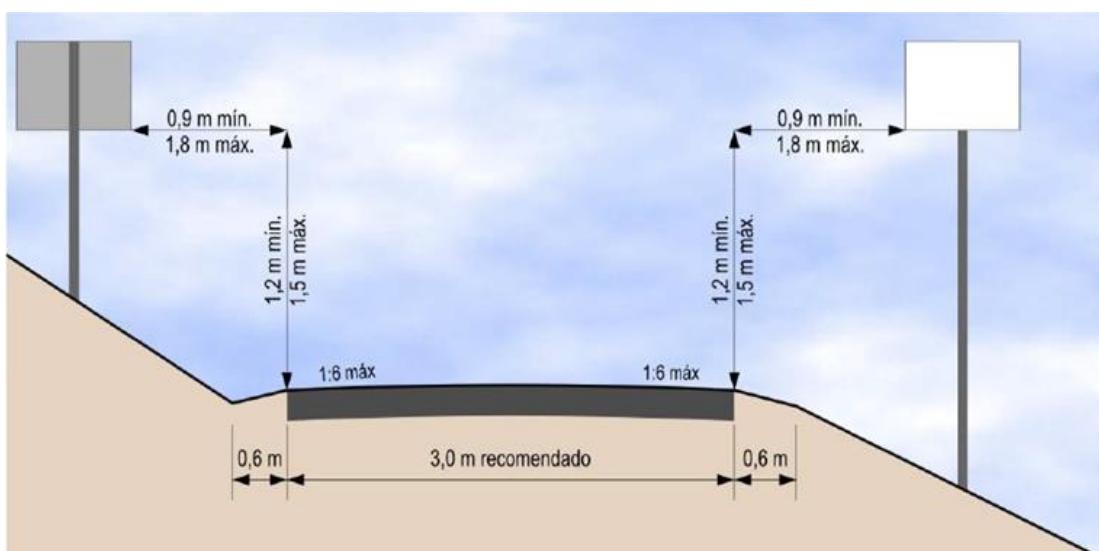


Figura 32: Concepção típica de ciclovia com dois sentidos de circulação

Fonte: PTR2378 - Projeto de infraestrutura de vias de transportes terrestres, aula 9, slide 127

Por fim, ciclovias são tratadas de maneira independente quanto a concepção e posição relativa a via de automóveis, e a largura recomendada é 3 m para uma via com fluxo nos dois sentidos. Além disso, outras distâncias devem ser respeitadas, como a distância mínima de separação da via de automóveis, que pode variar conforme o tipo de separação, mas recomenda-se no mínimo 0,6 m, distância e altura mínima de placas de trânsito, dentre outras. Vale ressaltar que, apesar de ser a concepção de infraestrutura cicloviária mais segura, é a opção mais custosa, exigindo maiores investimentos e tempo de implementação.

2.4. MÉTODO AHP

Lidando com a definição de uma metodologia de escolha, é essencial ter uma abordagem tão objetiva e sólida quanto possível. Além as alternativas de rotas, os critérios e suas respectivas influências devem ser analisados minuciosamente e, sempre que possível, comparados individualmente, a fim de se ter uma visão completa da situação. Nessa conjuntura, o uso de um processo de escolha de vias analítico, como o AHP (*Analytical Hierarchy Process*), se viu vital para o projeto, como será tratado mais adiante.

Segundo o *Decision Support Systems Glossary* (2006)²¹, o método AHP consiste em uma “tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia”, ou seja, ele analisa diferentes opções segundo critérios com importâncias relativas diferentes. O método segue uma sucessão de etapas para determinar um ranking total para as alternativas em questão.

A primeira etapa do método engloba definir quais são as alternativas (no caso, as rotas) a serem comparadas e hierarquizadas, e quais são os critérios, ou fatores, que influenciarão na hierarquia das alternativas, e eventualmente na definição do conjunto ótimo de vias da rede.

<u>Alternativas</u>	<u>Critérios</u>
Alternativa A	Critério x
Alternativa B	Critério y
	Critério z

Figura 33: Etapa 1 do método AHP
Fonte: *Decision Support Systems Glossary*, 2006

²¹ National Cooperative Education Statistics System. Guide to Decision Support Systems

A segunda etapa consiste em estabelecer hierarquias entre os critérios. Cada critério é comparado individualmente com os outros, sendo atribuídas “notas”, variando de 1 a 9 (1 sendo equivalente e 9 extremamente mais importante) ou de 1 a 1/9 (1 sendo equivalente e 1/9 extremamente menos importante), sendo todos os valores discretos. As “notas” compõem a “matriz de comparação dos critérios”. Vale notar que as matrizes devem ser consistentes (o que é medido numericamente), de modo que se um dado critério x for muito mais importante que o critério y e apenas um pouco mais importante que o critério z, o critério z deverá ser mais importante que o critério y. Essa situação é exemplificada na Figura 34 abaixo. A leitura deve ser realizada linha por linha, de modo que, no exemplo, pela primeira linha, tem-se que o critério x é muito mais importante (6) que o critério y, e o critério x é um pouco mais importante que o critério z (3), e assim por diante. A partir da matriz, obtém-se o Vetor de Eigen, que caracteriza a importância relativa entre os diferentes critérios, sendo que quanto maior a porcentagem, mais importante é o critério. Seguindo o exemplo abaixo, o Critério X obteve importância de 67%, o Critério Y obteve importância de 11%, e o Critério Z obteve importância de 22%.

	Critério x	Critério y	Critério z
Critério x	1	6	3
Critério y	1/6	1	1/2
Critério z	1/3	2	1

→

Vetor de Eigen
67%
11%
22%

Figura 34: Etapa 2 do método AHP
Fonte: Decision Support Systems Glossary, 2006

A terceira etapa consiste na análise das alternativas (ou rotas) de acordo com cada critério. Analogamente à segunda etapa, define-se uma “matriz de comparação das alternativas” para cada critério, respeitando a consistência da matriz. A partir daí, define-se um Vetor de Eigen para cada critério. A Figura 35 ilustra essa etapa para o critério x, onde, segundo esse dado critério, a Alternativa A é um pouco melhor (3) que a Alternativa B. Isso resulta em um Vetor de Eigen de valor de 75% referente à Alternativa A, e 25% referente à Alternativa B.

Critério x		Alternativa A	Alternativa B	→	Vetor de Eigen	
Alternativa A	1	3	75%			
Alternativa B	1/3	1	25%			

Figura 35: Etapa 3 do método AHP
Fonte: Decision Support Systems Glossary, 2006

A quarta e última etapa consiste em aglomerar os Vetores de Eigen obtidos na terceira etapa em uma “matriz resultante”, e multiplicar a matriz pelo Vetor de Eigen obtido na segunda etapa. O resultado é o vetor de pesos resultantes, que simboliza a hierarquia que deve ser atribuída às alternativas. Conforme ilustrado na Figura 36 a seguir, os vetores de cada critério resultantes da terceira etapa (a comparação das alternativas em relação a cada critério) são aglomerados em uma matriz, que é multiplicada pelo vetor resultante da segunda etapa (a comparação dos critérios). O resultado, é o vetor com os pesos resultantes das alternativas e, portanto, a hierarquia das alternativas.

Alternativa A	Critério x	Critério y	Critério z	X	Vetor de Eigen		→	Pesos resultantes	
	75%	50%	30%		67%	11%		Alternativa A	62%
	25%	50%	70%		22%	50%		Alternativa B	38%

Figura 36: Etapa 4 do método AHP
Fonte: Decision Support Systems Glossary, 2006

Na sequência de figuras do exemplo acima, pode-se concluir que a análise das duas alternativas segundo os 3 critérios x, y e z resultou em uma superioridade relevante da alternativa A em relação à alternativa B.

Por ser um método que procura quantificar e objetivar critérios qualitativos e subjetivos, tanto a matriz de comparação dos critérios quanto cada matriz de comparação das alternativas devem ter sua justificação devidamente documentada. Para que outros possam entender o encaminhamento rumo a determinada escolha, é necessário que esteja bem clara a razão para que os critérios ou alternativas tenham notas relativas superiores ou inferiores entre si.

3. PROPOSTA DE METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida englobando ideias das metodologias mapeadas, incluindo a metodologia de São Paulo. De maneira geral, uma série de fatores foram levados em consideração para se chegar efetivamente a quais vias devem possuir infraestrutura cicloviária e, destas, quais devem ser priorizadas na implantação. Compõe-se, assim, um “caminho” ou “fluxo” de análises, conforme Figura 37 a seguir:

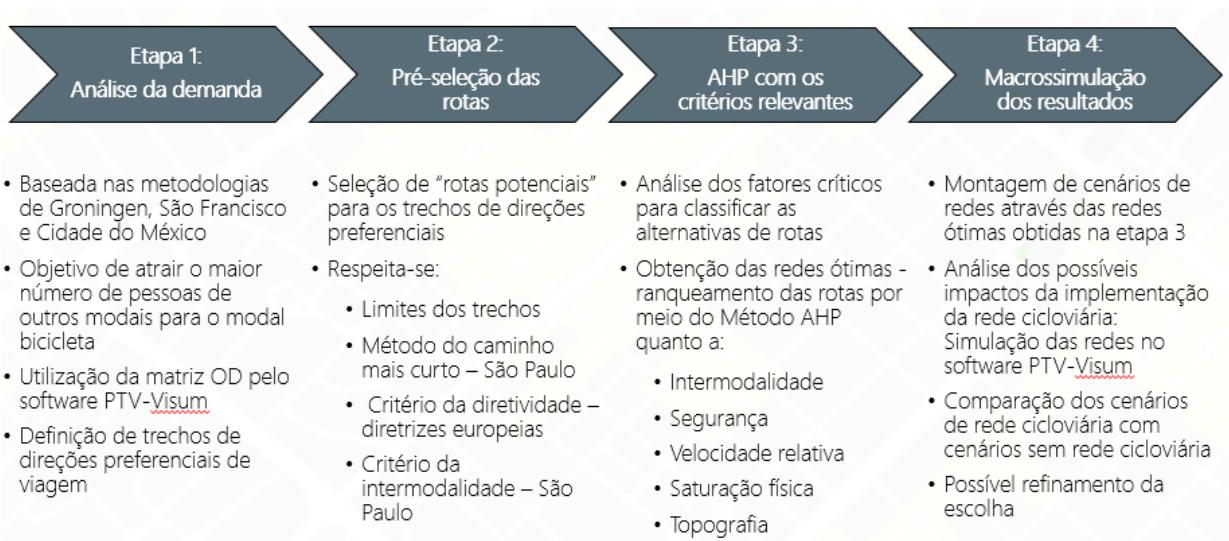


Figura 37: Fluxograma das etapas da metodologia proposta

Conforme ilustrado no fluxograma acima, as possibilidades de rede cicloviária são obtidas pela análise da demanda (**etapa 1**), seguida pela pré-seleção das rotas (**etapa 2**), que são comparadas através do Método AHP segundo os critérios de intermodalidade, segurança pessoal, velocidade relativa, saturação física e topografia (**etapa 3**). Tal comparação resulta nas opções de rotas mais indicadas. Por fim, na (**etapa 4**) é realizada a simulação através do Software Visum, com o intuito de se comparar os resultados. Tais etapas serão explicadas em maiores detalhes nos parágrafos seguintes.

A **etapa 1** baseia-se nos métodos de Groningen, NL (seção 2.2.2.2.), de São Francisco, EUA (seção 2.2.2.3.) e da Cidade do México, MX (seção 2.2.2.4.). Esta etapa consiste em determinar quais seriam as rotas que atrairiam o maior número de pessoas de outros modais para o modal bicicleta, ainda sem considerar outros aspectos impeditivos, como topografia, segurança pessoal, seguridade, impacto na infraestrutura viária, etc. Para tanto, utiliza-se a matriz OD de São Paulo, através do

software de modelagem macroscópica PTV-Visum, a fim de se obter as “linhas de desejo”²² dos automóveis a uma distância pré-determinada da região escolhida. Com essas linhas de desejo, estima-se o que seria uma demanda potencial de utilização de bicicleta, seguindo o raciocínio de que parte das pessoas que utilizam o automóvel para um trajeto curto poderiam converter-se em utilizadores de bicicleta para um trajeto ligando os mesmos pontos, caso houvesse um Sistema Cicloviário²³ adequado.

Desta forma, é possível obter quais são os pares “origem/destino” mais relevantes para se considerar na análise e, a partir daí, utilizando as linhas de desejo pelo software PTV-Visum, formar faixas de direções preferenciais de viagem. Utilizando o software Google Maps²⁴ para essas regiões de interesse, são estabelecidos, portanto, os trechos relevantes. Tais trechos (faixas por onde as linhas de desejo poderiam ser alocadas) são compostos por inúmeras possibilidades de rotas que supririam a maior parte da demanda por bicicletas.

Neste ponto, realiza-se a **etapa 2**, uma “pré-seleção” das rotas potenciais de cada trecho, conforme ilustrado na Figura 38 abaixo, levando em consideração (i) os limites dos trechos, (ii) o método de caminho mais curto (critério linearidade da metodologia de São Paulo), (iii) o critério de diretividade (das diretrizes europeias), e (iv) o critério de intermodalidade abordado pela metodologia de São Paulo. Para este último, trata-se basicamente de fazer com que as rotas a serem traçadas passem necessariamente pelas estações de metrô/trem e terminais de ônibus e preferencialmente por pontos de ônibus de vias estruturais, da maneira mais curta e com menos curvas e conversões possível, sempre respeitando os limites das faixas. Para auxílio nesse processo, recomenda-se a confecção de um layer mostrando a disposição das infraestruturas citadas (estações, terminais e pontos de ônibus), indicando igualmente as vias estruturais. Ressalta-se que o critério de intermodalidade

²² Denominadas “*desire lines*” no software PTV-Visum, são linhas retas que representam graficamente um par origem-destino de uma matriz OD, indicando direção, sentido e fluxo, seja para todos os modais ou para um modal específico.

²³ Vale notar que o conceito de Sistema Cicloviário utilizado é aquele apresentado pela metodologia de São Paulo, sendo composto por 4 elementos constitutivos, a saber: Rede Cicloviária Estrutural, sistema de compartilhamento de bicicletas, estacionamentos de bicicletas e ações e programas complementares. Para atrair efetivamente novos usuários para o modal bicicleta não se pode desprezar nenhum destes elementos.

²⁴ Tanto o software PTV-Visum, quanto o Google Maps, não são necessariamente os únicos que se encaixam na metodologia, podendo ser substituídos por outros softwares com as mesmas funções exigidas pela mesma.

se faz mais relevante próximo às periferias, onde é mais patente o problema da “última milha”²⁵, que poderia ser resolvido com a utilização da bicicleta.

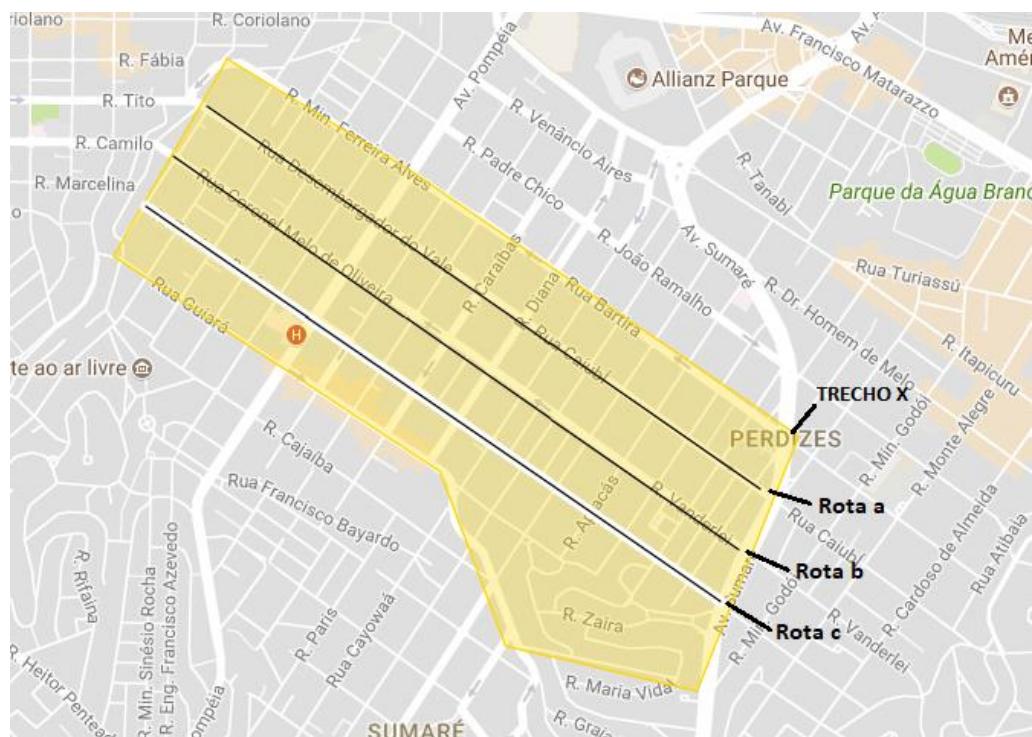


Figura 38: Exemplo de trecho X com rotas potenciais a, b e c

Tendo definidas as rotas potenciais para cada trecho prossegue-se para a **etapa 3**, a análise dos fatores críticos para classificar essas alternativas de rotas, de acordo com os aspectos considerados nas metodologias estudadas. As possibilidades de rede cicloviária obtidas pela análise da demanda seriam, portanto, sobrepostas por layers de **intermodalidade, segurança pessoal** (metodologia de São Paulo e plano da Cidade do México), **velocidade relativa** entre automóveis e bicicletas (diretrizes europeias), **saturação física** da via²⁶ (plano da Cidade do México) e **topografia**²⁷ (plano de São Francisco). Estes layers devem ser analisados individualmente, por meio do processo AHP, onde cada um dos critérios será hierarquizado e serão dadas notas para cada alternativa de rota. Para facilitar e tornar mais objetivo esse processo para os layers de **velocidade relativa, saturação física e topografia**, faz-se uma pré-classificação com um critério de notas estabelecido de acordo com dados

²⁵ O problema da “última milha” na mobilidade urbana relaciona-se à dificuldade, mais presente na periferia, de traslado dos usuários de transporte coletivo do ponto de desembarque até o seu destino final e vice-versa.

²⁶ O termo saturação física da via se refere às condições físicas e espaço das vias para recebimento de infraestrutura cicloviária.

²⁷ O termo topografia aqui se refere apenas à inclinação das vias.

referentes aos respectivos layers. Com essa pré-classificação, passa-se, então, à atribuição de notas pelo processo AHP, como será mostrado posteriormente.

Uma vez classificadas as principais rotas, são montadas algumas redes cicloviárias, compondo os melhores cenários possíveis. Daí parte-se para a última etapa da metodologia, a **etapa 4**. Esta consiste em simular a rede viária no software PTV-Visum no cenário atual (no caso, sem infraestrutura cicloviária) e no(s) cenário(s) escolhido(s), a fim de melhor analisar quais seriam os impactos da implementação da rede cicloviária no fluxo viário. Para tanto, faz-se mister prever a alocação da via de bicicleta dentro das vias escolhidas. A concepção da implementação física da infraestrutura cicloviária não será aprofundada, já que, neste ponto, basta que sejam compreendidos: as diretrizes mais gerais como tipologia da via de bicicleta (ciclovia, ciclofaixa, ciclorrota, etc.), seu posicionamento dentro ou fora da pista de rolamento²⁸ e a necessidade de exclusão de faixas ou espaço de estacionamento na via.

A etapa de simulação pode ser feita para mais de uma alternativa de solução, priorizando-se sempre os trechos classificados como mais promissores, permitindo comparar as alternativas entre si. Por se tratar de um software de modelagem macroscópica, o PTV-Visum permite analisar uma vasta região, o que possibilita uma boa pré-visualização dos impactos de uma possível implantação da rede cicloviária.

Além de permitir encontrar os eventuais pontos de conflito da nova rede, tanto referentes ao uso de bicicletas, quanto ao uso de outros modais e suas interações, é esperado que esta etapa de simulação ilustre a situação, de modo a facilitar conclusões e ideias que permitam um possível refinamento da rede escolhida, tanto em termos de escolha de rotas, quanto em relação à alocação da infraestrutura cicloviária na via. Desta forma, pode-se retroalimentar o processo simulando redes que já foram refinadas de forma iterativa.

Neste ponto termina a metodologia proposta. As etapas seguintes seriam o projeto de implantação da rede cicloviária escolhida, onde se aproveitariam as diretrizes e ideias levantadas na etapa de simulação, e, por fim, a execução propriamente dita, com todas as suas devidas peculiaridades. Estas etapas não serão abordadas por não se tratarem do foco deste trabalho.

²⁸ Local da via pública destinado ao tráfego de veículos.

Nas partes seguintes deste trabalho, a metodologia acima apresentada será posta em prática para uma região de escolha, a fim de que se possa entender com maior detalhe, e em termos práticos, como haverá de funcionar esta nova proposta.

4. PARTE PRÁTICA

4.1. REGIÃO DE ESCOLHA

O grupo optou por focar o desenvolvimento da metodologia de escolha de vias na região dos Jardins, na cidade de São Paulo, SP, considerando uma situação hipotética de inexistência da infraestrutura cicloviária ali presente para a aplicação da metodologia. O escopo do projeto envolve diversas complexidades e obstáculos atrelados às posições geográficas, que vão desde a disponibilidade de dados essenciais para a definição dos layers até a familiaridade com a região em questão e a facilidade de acesso para realizar estudos em campo. Além disso, por conta de o projeto conter uma fase que consiste na aplicação da metodologia proposta, quanto maior a região de aplicação, maior a multiplicidade dos parâmetros, e, portanto, maior a complexidade de efetivação dessa aplicação. Assim, uma região limitada e de área reduzida é mais adequada para o escopo do projeto.

A escolha da cidade de São Paulo se baseou no fato de ser a cidade de residência do grupo, o que possibilita um desenvolvimento mais próximo do projeto e auxilia na captação dos dados. Ademais, é a cidade mais populosa do país, com 12 milhões de pessoas, cerca de 5.8% da população brasileira²⁹ (IBGE, 2016), e é a capital do estado de São Paulo, que gera cerca de um terço de toda a riqueza produzida no Brasil (Governo do Estado de São Paulo, 2017), evidenciando a sua importância no cenário nacional.

A escolha de uma região de estudo como parte da cidade, por sua vez, foi necessária devido à complexidade da conclusão do escopo do projeto em uma região tão grande quanto a cidade de São Paulo. Com esse intuito, levou-se em consideração que muitas das informações disponibilizadas por fontes como a CET e institutos de pesquisa, se apresentam limitadas para regiões periféricas da cidade, o que limita a gama de opções de regiões. Optou-se, portanto, por conduzir o estudo na região dos Jardins, devido a sua localização relativamente central, sua importância como polo econômico da cidade como um todo e também devido a um fator relacionado à comodidade de obtenção de dados, principalmente pela disponibilidade de malhas já criadas e calibradas para a região, o que agiliza todo o processo de obtenção de dados

²⁹ IBGE: população em São Paulo

de fluxo de veículos e bicicletas, que serão utilizados para o desenvolvimento de alguns layers. Ademais, a região possui atualmente uma malha cicloviária, com aproximadamente 16 km de sistema cicloviário (CET, 2017), que, embora esteja sendo desprezada para efeitos de aplicação da metodologia, será utilizada ao final desse estudo de caso para comparar com os resultados obtidos.

A região escolhida, apresentada na Figura 39, possui área aproximada de 10,4 km², com 16 km de ciclovias implantadas, e é limitada pelas vias: Avenida Rebouças, Avenida Paulista, Avenida Brigadeiro Luiz Antônio, Avenida Juscelino Kubitschek e Marginal Pinheiros.

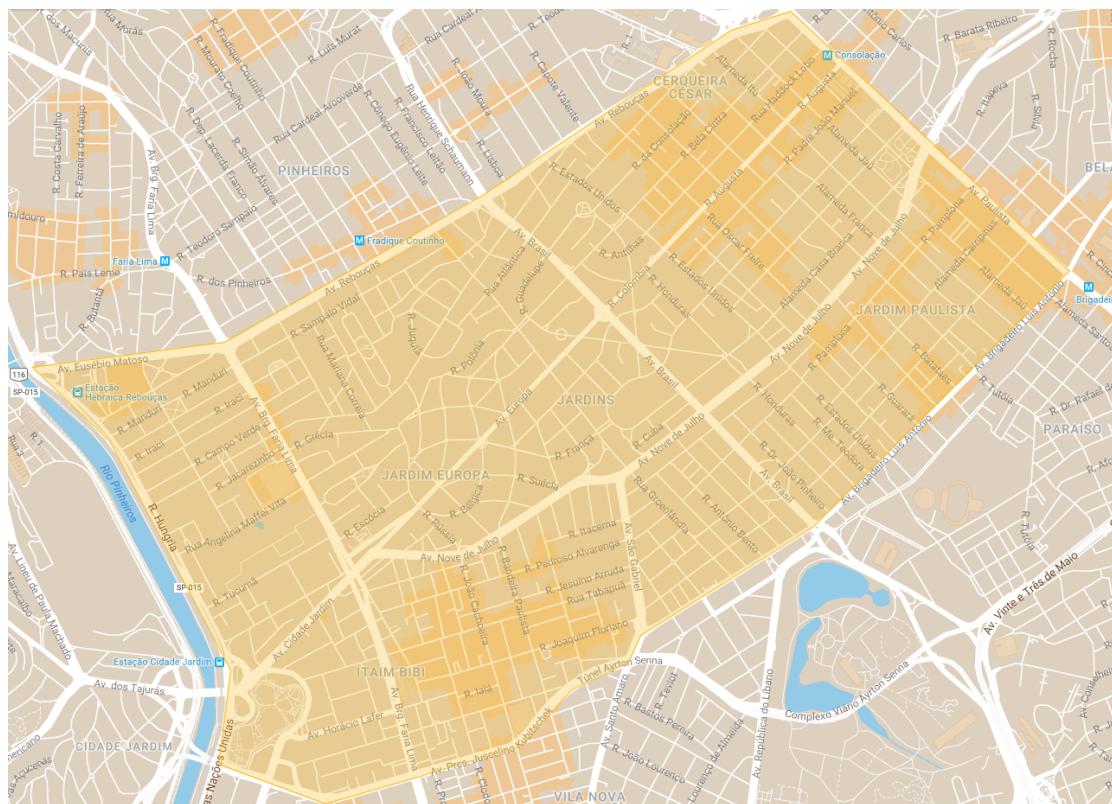


Figura 39: Região a ser estudada em detalhe

4.2. LAYERS

4.2.1. DEMANDA DE AUTOMÓVEIS DA VIA: MACROSSIMULAÇÃO

A ideia de analisar as demandas de viagens dos automóveis privados e não apenas de bicicletas, veio da noção, obtida no estudo de bibliografia, de que a Rede Cicloviária Estrutural tem como objetivo principal a conversão de viagens de outros modais, principalmente dos modais de automóveis privados, para o modal bicicleta. Isso se dá, seja pela entrada de novos usuários de bicicleta, seja pelo aumento de

frequência de utilização de bicicletas por parte dos usuários já existentes. Dado que com a implementação de novas vias de bicicleta é mais provável e significativa a atração de novos entrantes do que o aumento de viagens dos usuários já existentes, decidiu-se focar em analisar as rotas dos potenciais novos entrantes, dos quais destacam-se os usuários de transporte particular motorizado.

Conforme mencionado na seção 3, com o objetivo de se projetar as “linhas de desejo” para a área escolhida, o grupo utilizou o software PTV-Visum e as pesquisas OD da cidade de São Paulo. A análise inicial focou apenas em veículos privados motorizados – automóveis particulares, táxis e motos – utilizando os dados da matriz OD de São Paulo de 2007³⁰ do período de pico da manhã, corrigida de acordo com um fator de expansão, baseado na matriz OD da Pesquisa de Mobilidade 2012 do Metrô. Esta última, apesar de ser atualmente a pesquisa mais recente, foi realizada em menor granularidade. Suas regiões de origem/destino são maiores que as regiões da matriz de 2007, o que impossibilitaria uma análise mais detalhada da região escolhida, por mais que os dados estivessem mais atuais. Além disso, a pesquisa de 2012 contou com uma menor amostragem, possivelmente resultando em uma maior imprecisão. Assim, aplicou-se o fator de expansão baseado no aumento global do número de viagens entre as duas matrizes, aplicando-o, posteriormente, a cada uma das linhas da matriz OD de 2007 (cada linha possuindo uma Origem-Destino diferente). O grupo entende, entretanto, que essa simplificação pode levar a resultados imprecisos e enganosos, e que, para uma análise mais precisa, deveriam ser utilizados dados mais atuais e na correta granularidade.

Esse método do fator de expansão foi tirado do Trabalho de Conclusão de Curso “Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego” (2017) da Escola Politécnica³¹, onde é explicado e detalhado da seguinte forma:

“Em primeiro lugar, elaborou-se a matriz de viagens para as horas pico manhã e tarde, de acordo com a Pesquisa de Mobilidade de 2012, da mesma forma com que foi elaborada a matriz de 2007.

³⁰ Recomenda-se utilizar sempre os dados mais atualizados de forma a se ter uma maior precisão. Na data em que este trabalho foi elaborado, a matriz OD de 2007 era a mais completa e segunda mais recente. O trabalho foi terminado antes da publicação da matriz OD de 2017.

³¹ MUSSO, B. O.; ALBERNAZ, F. G. M.; TONUS, G. T. R.; BOUCHER, L. H. C. **Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego**

Estimou-se que, no ano de 2012, a demanda de viagens na RMSP foi de 1.5 milhões de viagens na hora pico da manhã e 1.4 milhões de viagens na hora pico tarde. Verificou-se um aumento na demanda de 16% e 27%, para as horas pico manhã e tarde, respectivamente, se comparado a 2007.

Em seguida, identificaram-se entre as 31 zonas de tráfego da Pesquisa de Mobilidade de 2012, 6 zonas de tráfego cujas áreas contêm integralmente as áreas de zonas da Pesquisa OD 2007. Ou seja, identificaram-se as 6 zonas de tráfego da Pesquisa de Mobilidade de 2012 que possam ter suas demandas de viagens no ano de 2007 determinadas pelos dados da Pesquisa OD de 2007.

Abaixo, a *[Tabela 3]* apresenta a variação relativa de demanda entre os possíveis pares OD entre as 6 zonas da base da Pesquisa de Mobilidade de 2012 nas horas pico manhã e tarde, respectivamente. As demandas de viagens na matriz elaborada para o modelo dos pares OD, cujas zonas estejam contidas nessas 6 zonas da base da Pesquisa de Mobilidade 2012, foram expandidas de acordo com essas variações específicas indicadas. Todos os outros pares OD cujas zonas não podem representar integralmente as 6 zonas da base da Pesquisa de Mobilidade de 2012, tiveram suas demandas expandidas segundo as variações de demanda.

ZONA ORIGEM	ZONA DESTINO	Hora Pico Manhã			Hora Pico Tarde		
		2007	2012	Δ	2007	2012	Δ
1	1	10683	13942	30%	11097	19710	78%
1	14	2397	5240	119%	2727	2877	6%
1	15	2347	2382	2%	3524	3194	-9%
1	16	2396	608	-75%	3760	3988	6%
1	22	890	0	0%	844	1637	94%
1	23	2885	4520	57%	5902	3622	-39%
14	1	3486	4279	23%	2755	4249	54%
14	14	5958	6835	15%	5264	5158	-2%
14	15	4088	5989	47%	3468	2811	-19%
14	16	1101	1687	53%	1607	781	-51%
14	22	1201	1384	15%	1415	1008	-29%
14	23	3596	3307	-8%	5046	3935	-22%
15	1	4400	3991	-9%	2686	3012	12%
15	14	3978	4232	6%	3070	3304	8%
15	15	15429	19743	28%	10530	13680	30%
15	16	2995	2950	-2%	4548	4980	9%
15	22	1256	521	-59%	1231	864	-30%
15	23	1246	1424	14%	1356	2487	83%
16	1	5254	2727	-48%	2619	1279	-51%
16	14	2490	2445	-2%	819	1325	62%
16	15	5275	6320	20%	2921	2836	-3%
16	16	12696	11776	-7%	9736	4869	-50%
16	22	961	0	0%	472	576	22%
16	23	990	1417	43%	742	578	-22%
22	1	1383	1003	-27%	355	144	-59%
22	14	1729	2046	18%	914	435	-52%
22	15	1660	1275	-23%	1367	0	0%
22	16	673	472	-30%	433	144	-67%
22	22	8626	14636	70%	8432	10768	28%
22	23	1950	1731	-11%	1536	638	-58%
23	1	6714	6298	-6%	2370	3249	37%
23	14	7367	5040	-32%	2630	2582	-2%
23	15	2657	4437	67%	947	826	-13%
23	16	810	765	-6%	533	683	28%
23	22	1340	191	-86%	1382	2221	61%
23	23	15660	17248	10%	15178	15434	2%

Tabela 3: Resultado da variação de demandas de 2007 e 2012

Fonte: Musso, Albernaz, Tonus, Boucher. Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego

Verifica-se que a variação de demanda entre os anos de 2007 e 2012 é bem variada entre os diferentes pares OD: em alguns houve reduções e aumento de demanda de diversas ordens de grandeza. A variação de demanda total para as horas pico da manhã e tarde na matriz OD elaborada para modelo após essa expansão foi de 17% e 16% respectivamente.”

Foi escolhido o período de pico da manhã para a análise pelo fato de ser o período mais crítico do dia, onde as viagens estão mais concentradas e têm maior probabilidade de serem feitas por motivo de trabalho. Ademais, foi utilizada a agregação de zonas da matriz OD de São Paulo 2007, também feita no Trabalho de

Conclusão de Curso “Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego” (2017), que utilizou a mesma região em sua análise. A ideia de agregar zonas da matriz OD veio da praticidade de fazê-lo para zonas mais distantes da região de análise, por ter uma influência desprezível sobre os resultados pretendidos e facilitar enormemente o processamento do software e a análise dos resultados. A Figura 40 compara o zoneamento original da Pesquisa OD com o zoneamento final determinado:

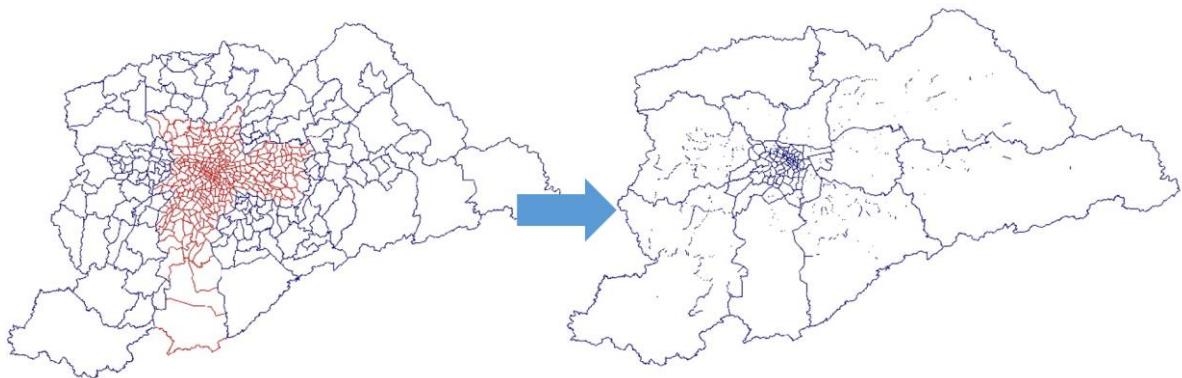


Figura 40: Adequação do zoneamento elaborado pela Pesquisa OD 2007 para a região de estudo
Fonte: Musso, Albernaz, Tonus, Boucher. *Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego*

De posse das novas zonas e da matriz OD refinada, que consta no Anexo B deste trabalho, o grupo partiu para a filtragem das “linhas de desejo”, dado que nem todas as origem-destino interessam ao estudo. Para tanto, foram utilizados três critérios: cruzar a região de estudo, distância percorrida e fluxo verificado. O primeiro critério é autoexplicativo e sua filtragem foi feita através da anulação dos valores de fluxo dos pares OD que não tinham suas linhas de desejo cruzando a região de estudo (ex: par OD 88-87 teve seu fluxo zerado na matriz OD). Os demais critérios serão explicados a seguir.

4.2.1.1. Critério distância percorrida

A fim de estabelecer qual seria uma distância percorrida limite para novas viagens de bicicleta foram consultadas pessoas e grupos envolvidos no fomento do uso da bicicleta. As estimativas relatadas variaram de 5 a 10 km percorridos no máximo por viagem. Para reforçar esses valores, foi encontrada uma pesquisa de perfil dos usuários de bicicleta na cidade de São Paulo³², feita em agosto de 2015 pela Associação de Ciclistas Urbanos de São Paulo (CICLOCIDADE) em parceria com a

³² CICLOCIDADE (ASSOCIAÇÃO DOS CICLISTAS URBANOS DE SÃO PAULO) E CIDADE A PÉ (ASSOCIAÇÃO PELA MOBILIDADE A PÉ EM SÃO PAULO). **A mobilidade Ativa na Cidade de São Paulo**

ONG Transporte Ativo, que mostra a distribuição das distâncias médias percorridas no principal trajeto (mais frequente) feito de bicicleta na semana. A pesquisa não possui validação estatística, entretanto é uma pesquisa feita em São Paulo e que possui informações a respeito de distâncias percorridas. Os resultados são fornecidos na Figura 41:

Qual a distância média do seu principal trajeto feito em bicicleta?

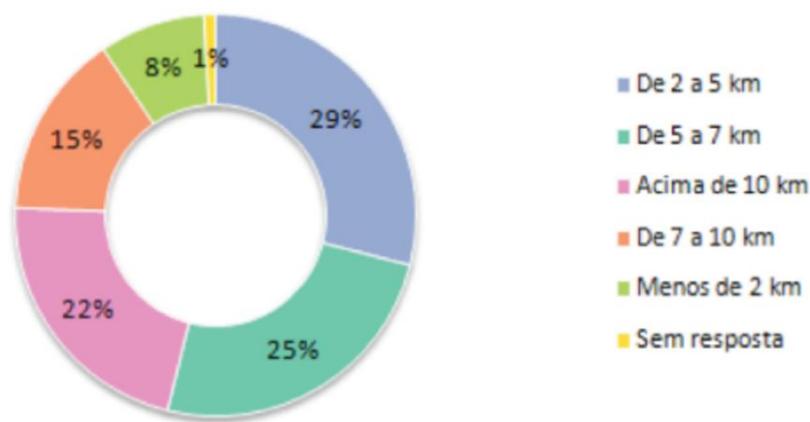


Figura 41: Distância média do trajeto e bicicleta

Fonte: CICLOCIDADE - A mobilidade Ativa na Cidade de São Paulo (agosto de 2015)

Desta figura depreende-se que cerca de 37% dos usuários entrevistados costumam usar bicicleta para trajetos inferiores a 5 km. Já 62% usam para trajetos inferiores a 7 km. Percebe-se igualmente que há um número expressivo de entrevistados que percorrem uma distância superior a 10 km em seu principal trajeto (22%). A esse respeito, conclui-se que devem se tratar de usuários experientes com um bom condicionamento físico e que tiveram contato facilitado com a pesquisa, pelo fato desta ter sido feita por cicloativistas. De qualquer forma, para esse grupo, a rede não influencia significativamente sua escolha modal.

Para esses dados, um tanto subjetivos, usou-se como complemento a bibliografia internacional das diretrizes europeias estudada anteriormente, para a qual se tem que 80% das viagens de bicicleta percorrem menos de 5 km. Seguindo esse raciocínio, cidades como Paris, Lyon e Barcelona, com modelos de programas de compartilhamento de bicicletas bem consolidados, adotaram para o dimensionamento

desses programas distâncias máximas de 5 km³³ (QUAY COMMUNICATIONS INC, 2008). O problema destas informações, por sua vez, é que existem diferenças culturais entre a Europa e o Brasil que tornam menos aplicável esse valor para o caso brasileiro. Um aspecto importante a ser considerado é a variação da sensibilidade do usuário à distância percorrida de acordo com a sua renda e a sua facilidade de acesso a outros modais, sendo que usuários de menor renda e dificuldade de acesso a outros modais estão mais suscetíveis a aceitar percorrer distâncias maiores. Para resolver tal variação subjetiva, estabeleceu-se que tal critério considera uma distância limite em relação a um "usuário médio", que, portanto, não tem esse limite distorcido nem para cima nem para baixo. Contudo é interessante notar que, de maneira geral, o Brasil possui uma renda média menor e uma menor disponibilidade de acesso a outros modais que os países europeus.

Como último ponto de triangulação, foram analisados os dados de uso de bicicleta da Pesquisa OD de 2007. Como observado na Figura 42 abaixo, em 2007 80% das viagens de bicicleta percorriam até 7 km. Com os investimentos recentes, espera-se que a maior disponibilidade de infraestrutura cicloviária tenha não só aumentado o número de viagens como um todo, mas estimulado principalmente as viagens de pequena distância de ciclistas principiantes. Assim, estima-se que nos últimos 10 anos esse percentual de viagens de bicicleta que percorrem até 7 km deve ter aumentado.

³³ QUAY COMMUNICATIONS INC. **TransLink Public Bike System Feasibility Study**

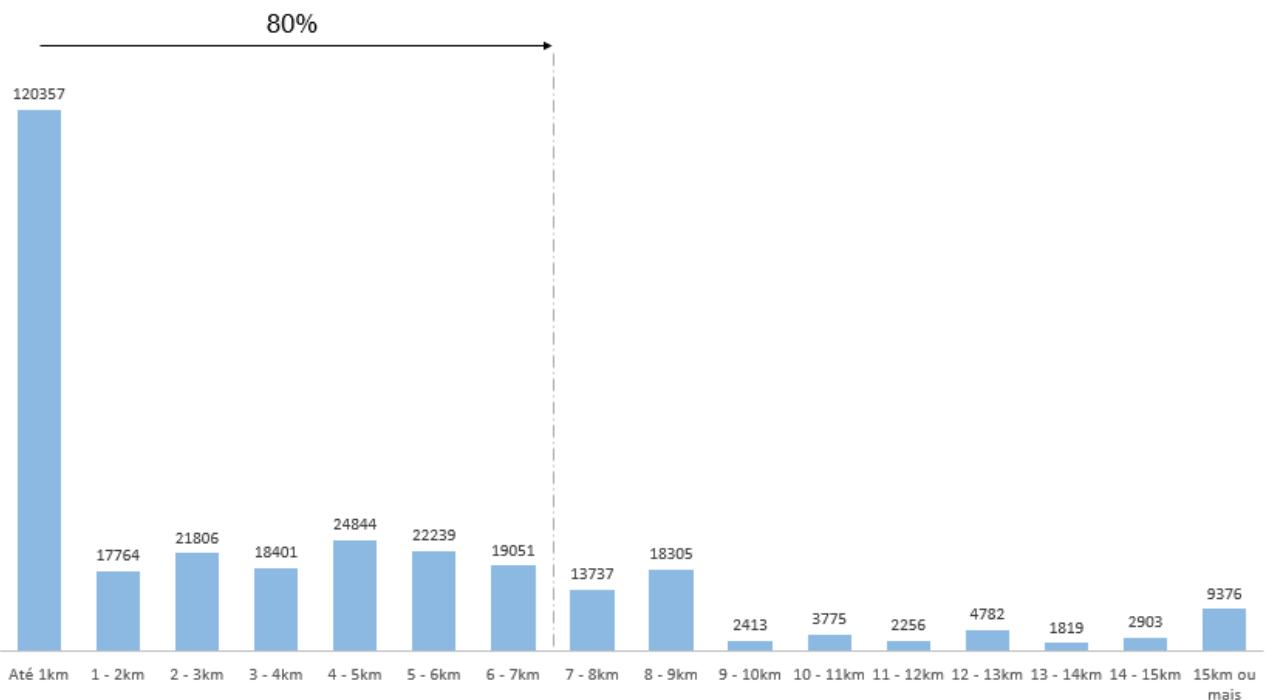


Figura 42: Distribuição das viagens de bicicleta por quilometragem

Fonte: Pesquisa OD 2007

Com todas essas considerações e tendo como foco da Rede Cicloviária Estrutural a atração de novas viagens de bicicleta, optou-se por desconsiderar as viagens superiores a 7 km, pois são mais raras e por motivos mais específicos e geralmente pouco recorrentes. Desta forma, dividiu-se as viagens em dois grupos, em relação à distância percorrida: 0 - 5 km (para o qual a conversão modal se daria de forma mais facilitada) e 5 - 7 km (para o qual a conversão modal se daria com menor intensidade).

Na filtragem das viagens de acordo com as distâncias percorridas, cortou-se inicialmente todas as zonas que estavam completamente fora de um raio de 7 km da região de estudo (zonas 69 a 88). Em seguida, os pares OD foram filtrados de acordo com a distância entre eles, seguindo as delimitações já explicitadas.

4.2.1.2. Critério de fluxo verificado

Por uma questão de visualização, o grupo optou por filtrar fluxos menores que 200 para a sua análise principal. Entretanto, para não correr o risco de desprezar uma série de pequenos fluxos com direções parecidas que totalizasse um fluxo maior que os analisados, optou-se por fazer uma análise complementar das linhas de desejo separadas por macrozonas de origem, considerando fluxos a partir de 100. Para tanto,

as zonas de estudo (1 a 68) foram agrupadas em 6 macrozonas:

- Macrozona A: 18, 19, 21, 22, 39-43 e 64
- Macrozona B: 20, 23, 44-49 e 65-67
- Macrozona C: 24-29 e 50-53
- Macrozona D: 30-35 e 55-60
- Macrozona E: 17, 36-38 e 61-63
- Macrozona F (zonas internas da rede): 1-16

4.2.1.3. Resultados PTV Visum — Faixas de direções preferenciais de fluxo e Layer OD

Com os critérios de filtragem definidos, fez-se a análise no PTV-Visum. Os resultados mais relevantes são mostrados no ANEXO A deste relatório.

De posse desses resultados, partiu-se para a montagem do layer de “rotas potenciais” na plataforma Google Maps, usando a ferramenta “My Maps”. Para tanto, inicialmente foram montadas faixas de direções preferenciais de fluxo, com valores de fluxo de automóveis, criadas a partir da agregação das linhas de desejo de direções próximas. Formaram-se 3 layouts para representar as direções por faixa de distância percorrida (até 3 km, de 3 a 5 km e de 5 a 7 km). Com a sobreposição desses 3 layouts formou-se, por fim, o que será doravante denominado “Layer OD”. Os resultados são mostrados nas Figuras 43 a 46:

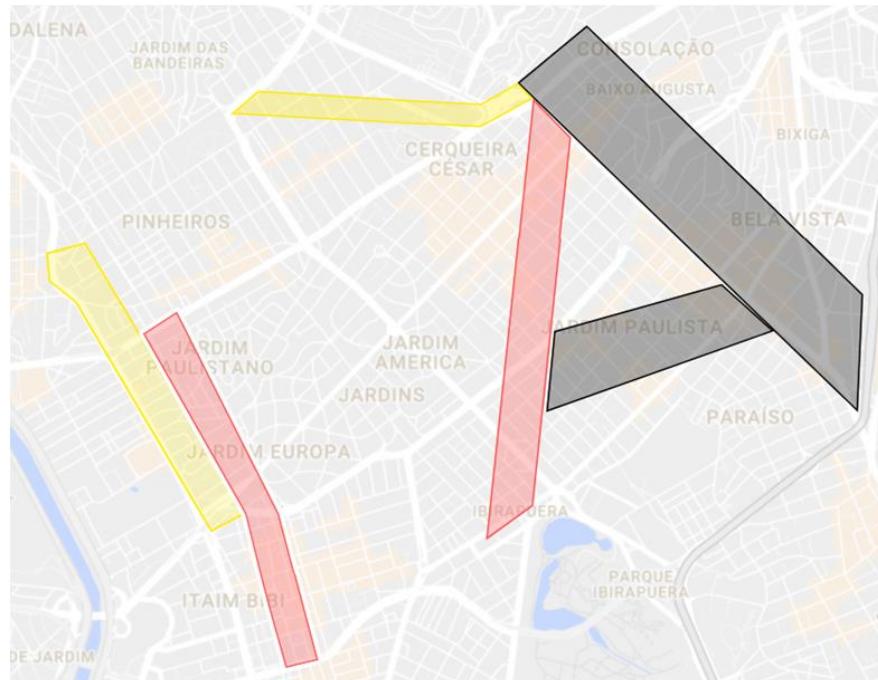


Figura 43: Layout 1 de viagens de carro (para viagens de até 3 km)

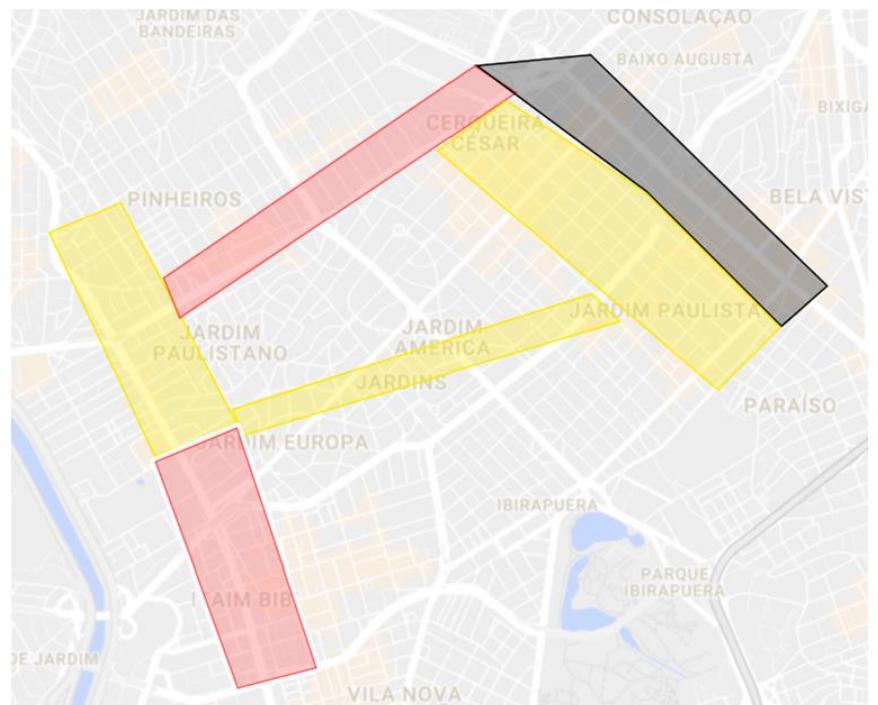


Figura 44: Layout 2 de viagens de carro (para viagens de 3 a 5 km)

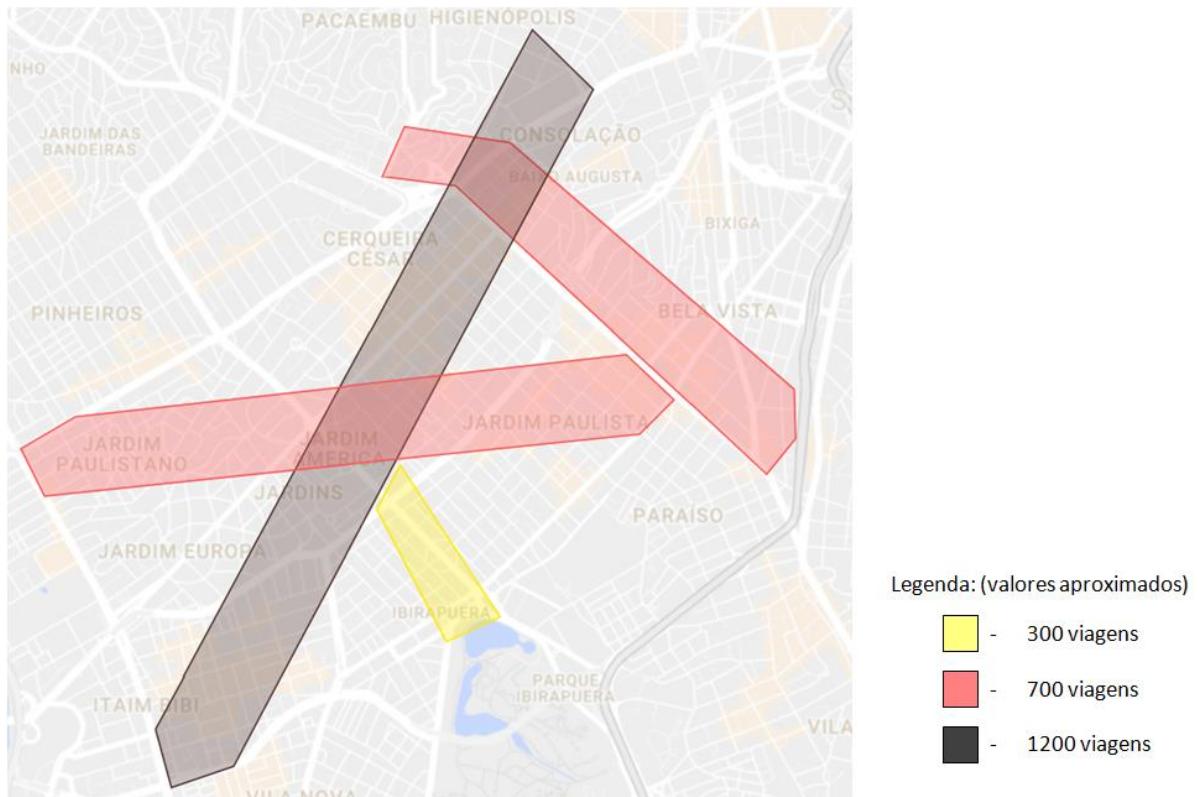


Figura 45: Layout 3 de viagens de carro (para viagens de 5 a 7 km)

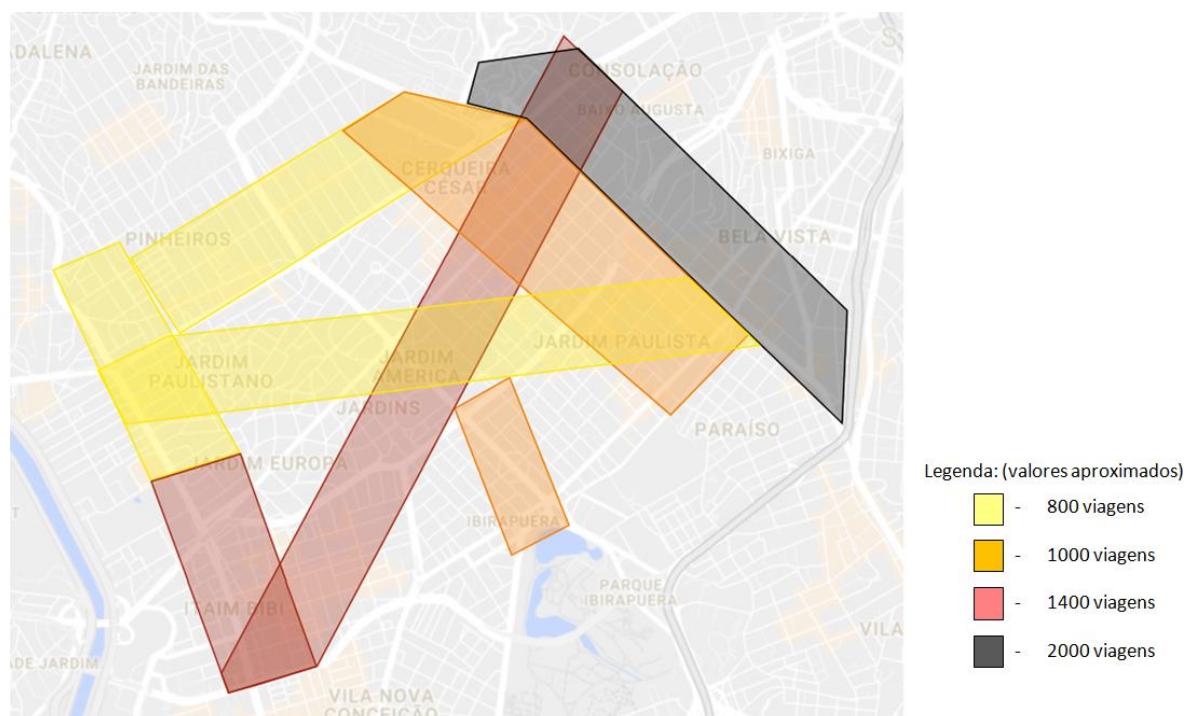


Figura 46: Layer OD (soma dos layouts 1, 2 e 3)

4.2.2. INTERMODALIDADE

Para refinar a escolha destas rotas potenciais, propõe-se complementar os layouts formados com um “layer intermodalidade”. A importância desse critério na concepção das rotas potenciais está no fomento da inclusão da bicicleta nas viagens multimodais. Vale ressaltar que o foco da metodologia é a conversão de viagens curtas e exclusivamente de automóvel para viagens exclusivamente de bicicleta, entretanto tem-se como foco secundário, e de importância significativa, a atração de quaisquer outros potenciais usuários para o modal bicicleta, dos quais destacam-se aqueles que poderiam usar a bicicleta como um de seus modais em suas viagens multimodais cotidianas, especialmente para percorrer a “última milha”.

Na formação do layer intermodalidade, foram considerados alguns aspectos da infraestrutura viária existente, dentre os quais destacam-se os pontos de mudança modal relacionados ao transporte coletivo. São estes classificados, em ordem de importância decrescente, da seguinte forma: estações de metrô/trem, terminais de ônibus, pontos de ônibus de vias com exclusividade para os mesmos (corredores e faixas de ônibus), pontos de ônibus de outras vias estruturais e outros pontos de ônibus. Para os dois primeiros decidiu-se arbitrar a passagem obrigatória de infraestrutura cicloviária, dada a grande atração de viagens passando pelos mesmos. Já para o terceiro e quarto, foi determinada a passagem preferencial (não obrigatória) de infraestrutura cicloviária. Por fim, a última classe foi desprezada, dada sua pequena atração e a maior dificuldade de absorver as interferências relativas aos mecanismos de transferência modal (estacionamentos para bicicleta, bike sharing, pontos de ônibus capacitados para veículos capazes de transportar bicicleta, etc.).

Para auxiliar a visualização das classes referidas acima, foram adicionadas ao layer as vias com corredores ou faixas exclusivas de ônibus e as outras vias estruturais. Apresenta-se a seguir o layer (Figura 47) e legenda (Tabela 4) resumindo os elementos constantes no mesmo:

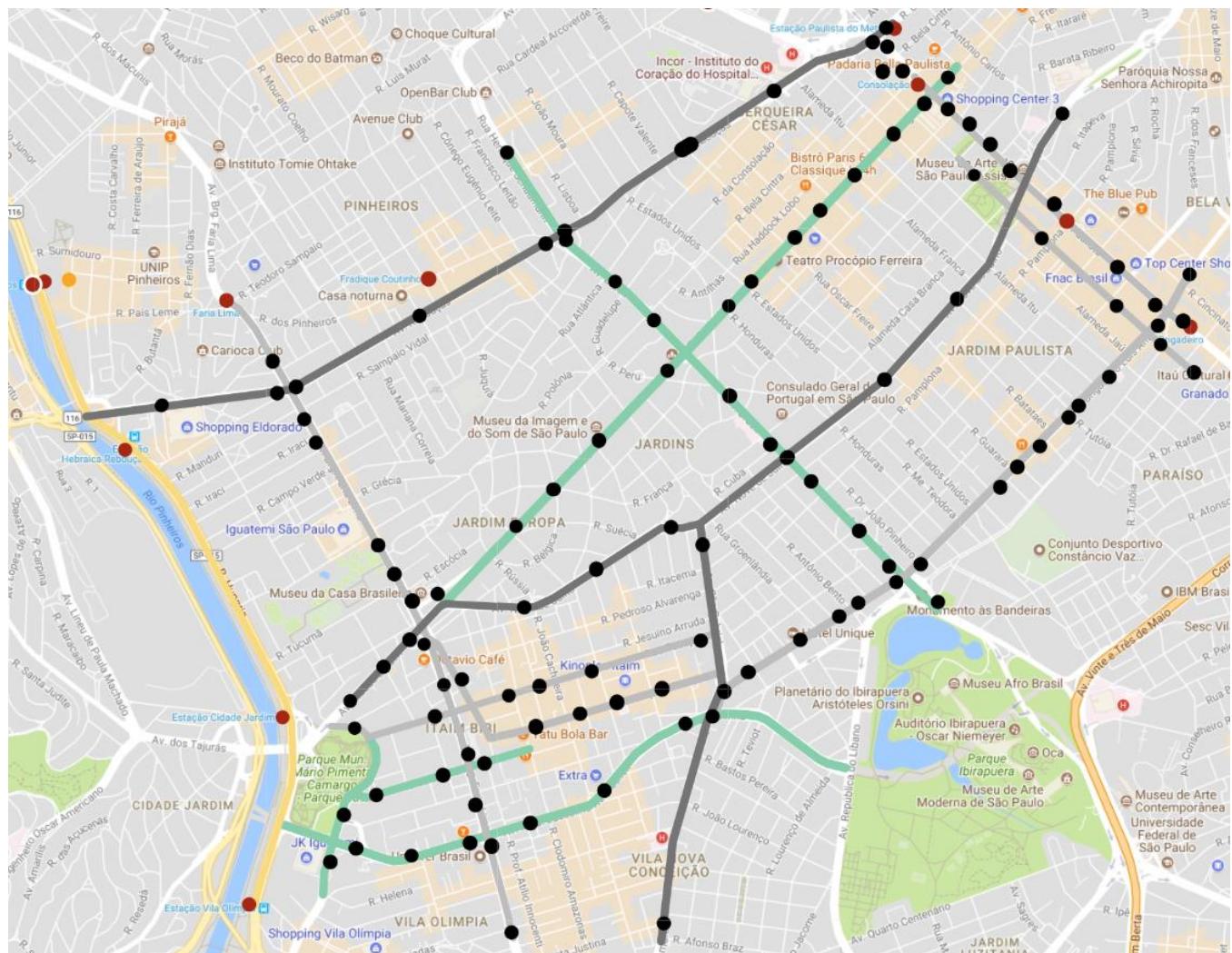


Figura 47: Layer Intermodalidade

LEGENDA	
●	Estação de Metrô/Trem
●	Terminal de Ônibus
●	Ponto de Ônibus
■	Via com Corredor de Ônibus
■	Via com Faixa de Ônibus
■	Outras Vias Estruturais
■	Marginal Pinheiros

Tabela 4: Legenda Intermodalidade

Contudo, é importante notar que, para fazer valer o critério da intermodalidade, não basta somente haver uma Rede Cicloviária Estrutural passando pelos pontos de mudança modal, mas também é necessário nestes pontos a implantação de estacionamentos seguros para bicicleta e/ou pontos de compartilhamento de bicicletas, além de uma facilitação do acesso para a transferência modal. É recomendado igualmente possibilitar o transporte da bicicleta nos meios de transporte público, de forma a permitir seu uso antes e depois desse transporte público. Somente assim poder-se-á incentivar eficazmente a inserção da bicicleta nas viagens multimodais.

Vale notar igualmente que, embora na metodologia esse layer esteja sendo usado para conceber as alternativas de rotas para compor uma rede cicloviária “ótima”, ele também será utilizado posteriormente, na classificação dessas mesmas rotas pelo método AHP. A justificativa para permitir essa aparente redundância é que, embora as rotas potenciais tenham sido concebidas de forma a garantir um mínimo de integração intermodal, as mesmas possuem nesse sentido uma eficácia maior ou menor em comparação aos seus pares.

4.2.3. SEGURANÇA PESSOAL

A análise dos aspectos relacionados à segurança pessoal dos ciclistas, sugerida pela própria metodologia de São Paulo e pelo plano da cidade do México, obteve resultados positivos para a região estudada. A proposta de avaliação baseou-se em dados fornecidos pela Polícia Militar do Estado de São Paulo, que discriminam o número de assaltos e furtos da categoria “outros” (inclui apenas ocorrências não relacionadas a roubo e furto de veículos, roubo a bancos, roubo de carga, latrocínio, homicídio doloso e culposo, acidentes de trânsito e estupro) para todas as ruas englobadas pela 2^a companhia do 23^º batalhão e pela 3^a companhia do 11^º batalhão (batalhões responsáveis pelo policiamento da região escolhida).

Neste ponto, é importante considerar a diferença existente entre segurança pessoal e sensação de segurança pessoal. No caso de escolha de vias para a implementação de infraestrutura cicloviária, levando-se em consideração a atratividade do modal bicicleta, o aspecto “sensação de segurança pessoal” seria,

portanto, mais importante que a segurança pessoal propriamente dita³⁴. Isso significa dizer que os usuários levam como barreira de entrada para esse modal mais a questão subjetiva da impressão de não estarem seguros durante o percurso em relação a assaltos e afins do que a questão objetiva de quantas ocorrências houve efetivamente. Contudo, em razão da grande subjetividade do aspecto “sensação de segurança pessoal” e em função de uma grande correlação deste com a segurança pessoal propriamente dita, optou-se por fazer uma análise mais objetiva das vias.

Das vias da região estudada, apenas 34 apresentaram ocorrências no ano de 2016, sendo que 29 vias tiveram menos de 5 ocorrências no período, número inexpressivo segundo a pesquisa realizada. Segundo os dados, o número de ocorrências por via variou de 1 a 48 durante todo o ano de 2016, mudando principalmente de acordo com a movimentação da via em questão. Por esse motivo, optou-se por avaliar os números de segurança pessoal dividindo as ocorrências no ano pelo fluxo presente na via. Essa análise proporciona uma visão menos enviesada da segurança pessoal na via, já que, com um maior fluxo de pessoas, verificado em vias maiores, é natural que haja um maior número de ocorrências. Assim, vias como a Avenida Paulista e a Avenida Brigadeiro Luís Antônio, que apresentaram mais de 15 ocorrências no ano, podem ser comparadas com vias menores como a Rua Sampaio Vidal e a Rua Olívia Feder, ambas com uma ocorrência em 2016. A Figura 48 mostra o layer formado, com todas as vias que tiveram ocorrências nesse ano.

³⁴ Vale ressaltar que o grupo não se propõe a discutir aqui a real ordem de importância que o Estado deve dar para a segurança pessoal e a sensação de segurança pessoal. A preferência apresentada se restringe apenas à ideia de atratividade do modal bicicleta.

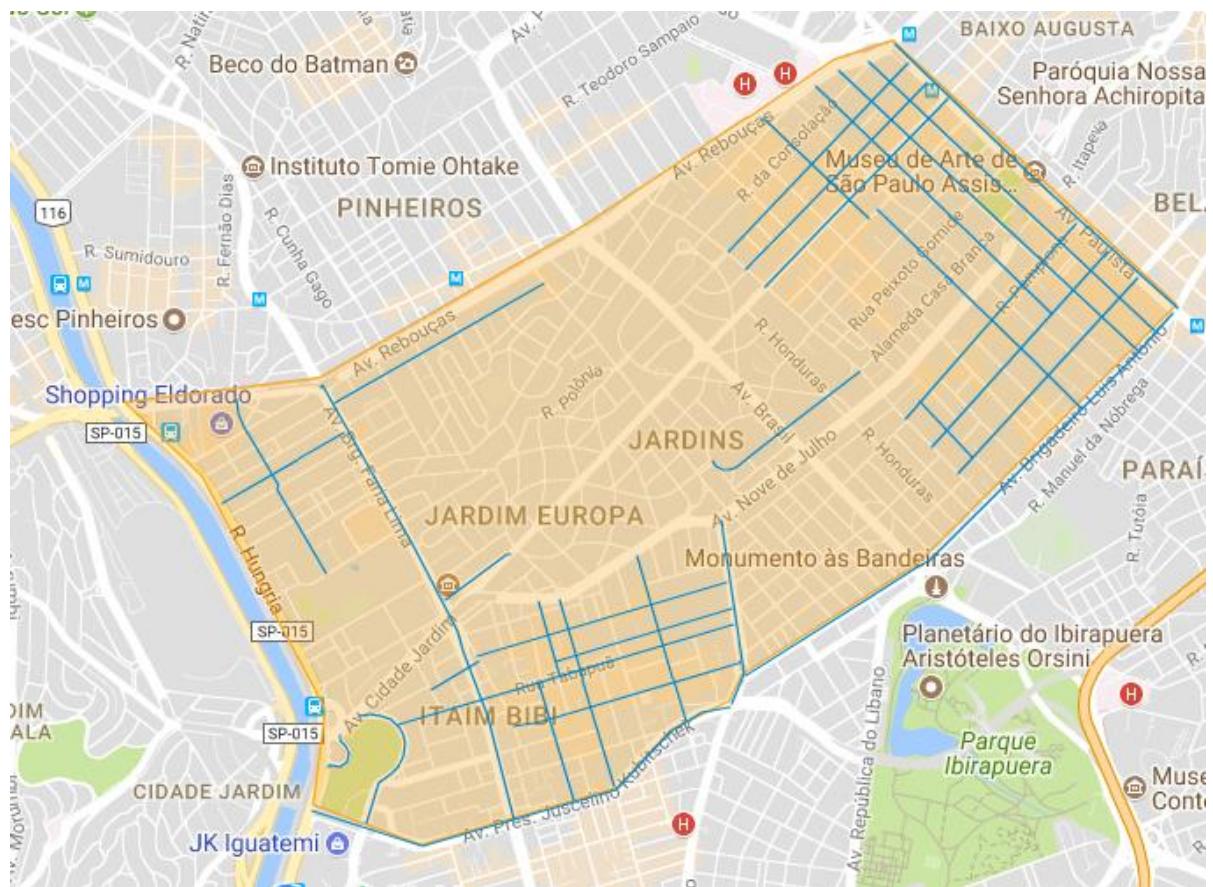


Figura 48: Layer Segurança Pessoal - vias onde tiveram assaltos e furtos da categoria “outros” da Polícia Militar do Estado de São Paulo

O resultado da análise mostrou-se muito positivo para a região. Assim, a criação do layer de segurança pessoal, que era a princípio a intenção do grupo, não apontaria diferença alguma entre as vias, perdendo o real propósito de filtrar vias não apropriadas para a circulação de ciclistas. Esse resultado, entretanto, era esperado para a região estudada, uma das mais nobres regiões da cidade, e não deve se repetir para todas as regiões. Assim, a segurança pessoal deve sim ser levada em consideração na metodologia de escolha de lugares para se implantar ciclofaixas.

Por fim, vale ressaltar que, embora se tenha feito uma análise mais objetiva desse critério, existe uma grande subjetividade, já mencionada, a respeito do tema da segurança pessoal. Desta forma, para efeito de distinção e classificação das vias segundo o mesmo, recomenda-se um parecer mais subjetivo, mas embasado em informações objetivas sobre segurança pessoal, como número de ocorrências, iluminação, vigilância, etc.

4.2.4. VELOCIDADE RELATIVA AUTOMÓVEIS/BICICLETA

O layer de velocidade relativa automóveis/bicicleta tem importância no critério de decisão da metodologia por estar relacionado à visão do ciclista sobre a rota mais segura contra acidentes e colisões.

Para efeito de comparação de trechos de mesma direção, decidiu-se desprezar possíveis variações de velocidade de deslocamento dos ciclistas, que variam de acordo com a inclinação da via. O motivo para tanto é que os trechos a serem comparados geralmente possuem inclinações próximas e, portanto, velocidades de bicicleta similares. Sendo assim, para esse layer, o determinante foram os dados referentes à velocidade máxima dos carros na via, que conduzirão à velocidade relativa automóveis/bicicleta.

Seguindo o princípio de segurança das diretrizes europeias do Presto, duas velocidades são críticas para a mudança do tipo de infraestrutura: 40km/h e 50km/h. Para velocidades de automóveis abaixo de 40km/h, não há necessidade de faixas ou vias exclusivas, portanto, vias de tráfego compartilhado são suficientes. Para velocidades entre 40km/h e 50km/h, a infraestrutura cicloviária recomendada é a ciclofaixa, faixa de uso exclusivo de bicicletas. Por fim, para vias com velocidades acima de 50km/h, é necessária a implantação de ciclovias, onde existe uma separação física entre a via de bicicletas, e a via de automóveis.

Vale ressaltar que para uma determinação mais assertiva do tipo de infraestrutura para ciclistas propício para determinada via urbana seria mais interessante considerar a velocidade média de operação e o fluxo de veículos da mesma. A Figura 49 apresenta um exemplo de recomendação feita em Londres que usa estes parâmetros como variáveis. Todavia, uma análise nesse nível seria muito complexa e demandaria maior tempo e investimento.

VDM anual (tráfego de veículos motorizados na via)						
Velocidade Média de Operação		< 1500	1500-3000	3000-8000	8000-10000	> 10000
	< 20mi/h			Ciclofaixas podem ser apropriadas	Ciclofaixas	Ciclofaixas ou ciclovias
	20-30 mi/h			Ciclofaixas podem ser apropriadas	Ciclofaixas	Ciclofaixas ou ciclovias
	30-40 mi/h		Ciclofaixas ou ciclovias	Ciclofaixas ou ciclovias	Ciclofaixas ou ciclovias	Ciclofaixas ou ciclovias
	> 40 mi/h	Ciclofaixas ou ciclovias	Ciclofaixas ou ciclovias	Ciclovias	Ciclovias	Ciclovias

Figura 49: Exemplo de critério de seleção de infraestrutura para ciclistas em vias urbanas
Fonte: London Cycling Design Standards, 2005 (adaptada por Felipe Issa Kabbach Junior)

4.2.4.1. Layer e notas

A velocidade máxima permitida para veículos depende de um estudo de fluxo feito pela entidade de trânsito ou órgão competente. Essa análise leva em conta aspectos como as características técnicas da via e as condições de tráfego. Entretanto, mesmo com tal análise, as regras de trânsito não deixam de ter igualmente uma influência política, podendo ser modificadas de acordo com critérios mais subjetivos e/ou circunstanciais.

Diante disso, as informações de velocidade de carros podem estar sujeitas a constantes mudanças. Sendo assim, vale considerar que para esse estudo foi realizada uma pesquisa simples, baseada em reportagens e notícias recentes, assim como o estudo in loco das placas de velocidade da região de estudo.

No layer a seguir (Figura 50), é possível observar vias coletoras e vias arteriais de alto fluxo com velocidades máximas de 50 km/h (destacadas em roxo) e algumas poucas ruas que apresentavam restrições locais (destacadas em verde) como a Avenida Paulista, dentro do projeto “Área 40” da prefeitura, com sua velocidade restrita a 40 km/h. O resto das vias apresentam velocidade máxima de 30 km/h, por se tratarem de vias locais, e não foram destacadas em nenhuma cor.

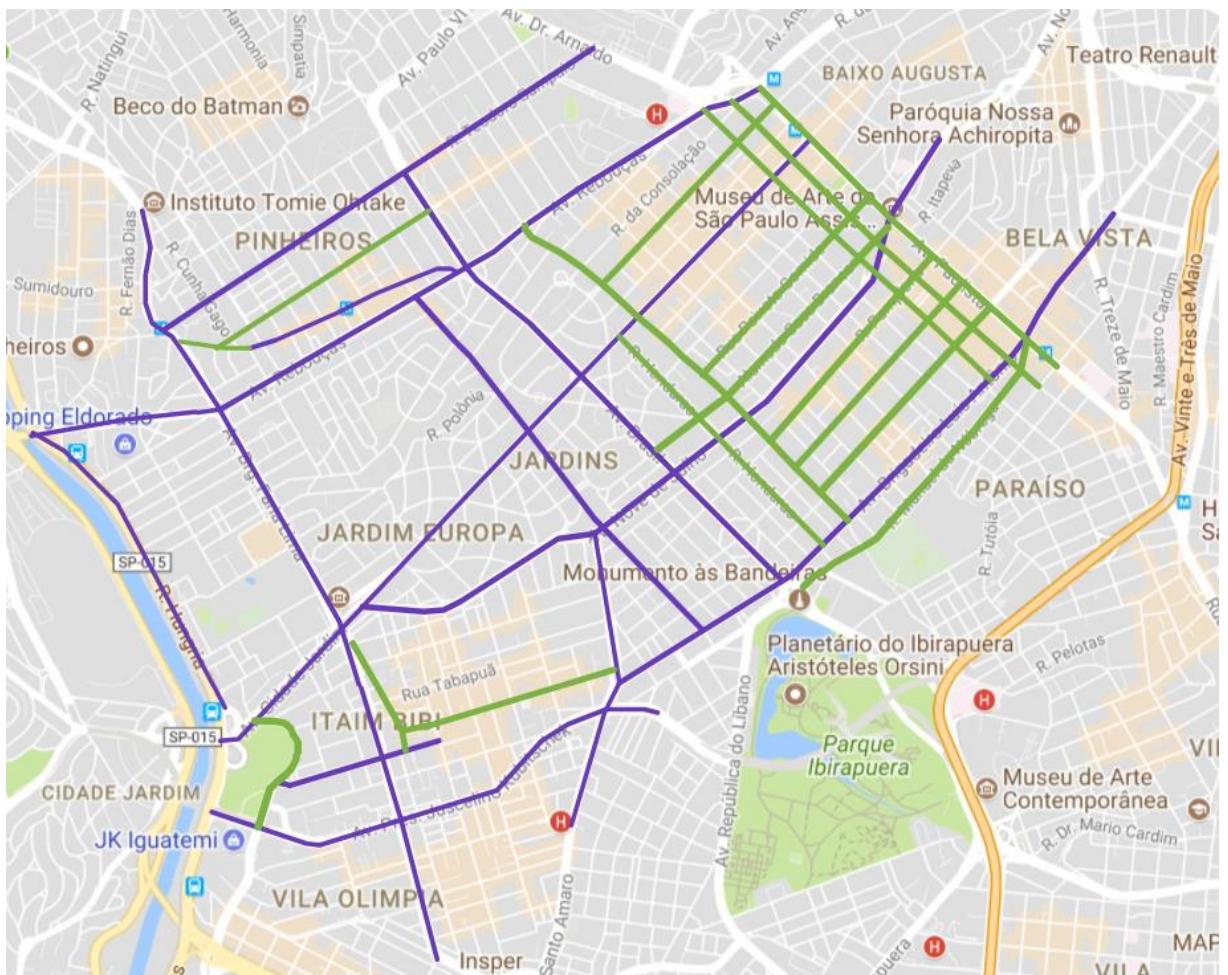


Figura 50: Layer Velocidades Relativas

De forma a se fazer uma pré-classificação das alternativas de rotas segundo esse critério, a ser explicada posteriormente, foram determinadas notas para cada trecho de velocidade, conforme a Tabela 5:

Cor	Velocidade automóvel	Nota
—	$V_{lim} \geq 50 \text{ km/h}$	1
—	$V_{lim} = 40 \text{ km/h}$	2
—	$V_{lim} = 30 \text{ km/h}$	3

Tabela 5: Notas Velocidades Relativas

4.2.5. SATURAÇÃO FÍSICA DA VIA

O critério de saturação física da via é o resultado de uma análise combinada da situação atual da infraestrutura e espaços físicos da via com a infraestrutura cicloviária necessária para a implementação, focando em avaliar o seu impacto na infraestrutura de transporte existente. Para tanto, fez-se uma análise individual das

vias procurando obter número de faixas e presença de faixas de estacionamento, ônibus e canteiro central (com espaço para implementação de ciclovia). Contudo, vale notar que esta análise poderia ser refinada por outros aspectos, que não foram considerados por falta de acesso à informação, como largura da via, largura das calçadas, número de acessos aos lotes lindeiros (em termos de densidade por km) e previsões de melhoramentos viários.

As informações obtidas foram agregadas em um layer de forma a possibilitar a comparação com os outros layers e a determinação de uma nota pré-classificatória para as rotas potenciais. Essas notas foram determinadas conforme a Tabela 6:

Faixa comum	+1
Faixa de estacionamento	+2
Faixa de ônibus	-1
Canteiro central com espaço	Maximiza nota
Nota Máxima	20

Tabela 6: Notas por característica da via

4.2.6. TOPOGRAFIA

O critério de topografia, conforme citado nos planos internacionais, apresenta sempre forte influência na escolha da melhor rota de bicicleta. Esse layer será então utilizado para analisar o nível de dificuldade de um ciclista iniciante a partir dos limites de declividade, que serão importantes na escolha de rota.

Através da plataforma Google Maps, calculou-se para a região escolhida as declividades dos diferentes trechos de rua a partir de suas cotas de nível. O layer apresenta as diferentes declividades presentes nos trechos de rua de acordo com a seguinte legenda, com as notas de pré-classificação para cada faixa de declividade (Tabela 7):

Cor	Faixa de declividade	Nota
Preto	$I \geq 0,07 \text{ m/m}$	Corta nota pela metade
Marrom	$0,07 \text{ m/m} > I \geq 0,05 \text{ m/m}$	1
Amarelo	$0,05 \text{ m/m} > I \geq 0,04 \text{ m/m}$	4
Verde	$0,04 \text{ m/m} > I \geq 0,02 \text{ m/m}$	6
Verde	$I < 0,02 \text{ m/m}$	7

Tabela 7: Legenda de declividade por cor e suas respectivas notas

A região de estudo é considerada predominantemente plana, tendo, contudo, declividades bastante significativas, de até 0,2 m/m, próximas à Avenida Paulista. O layer formado é apresentado na Figura 51:

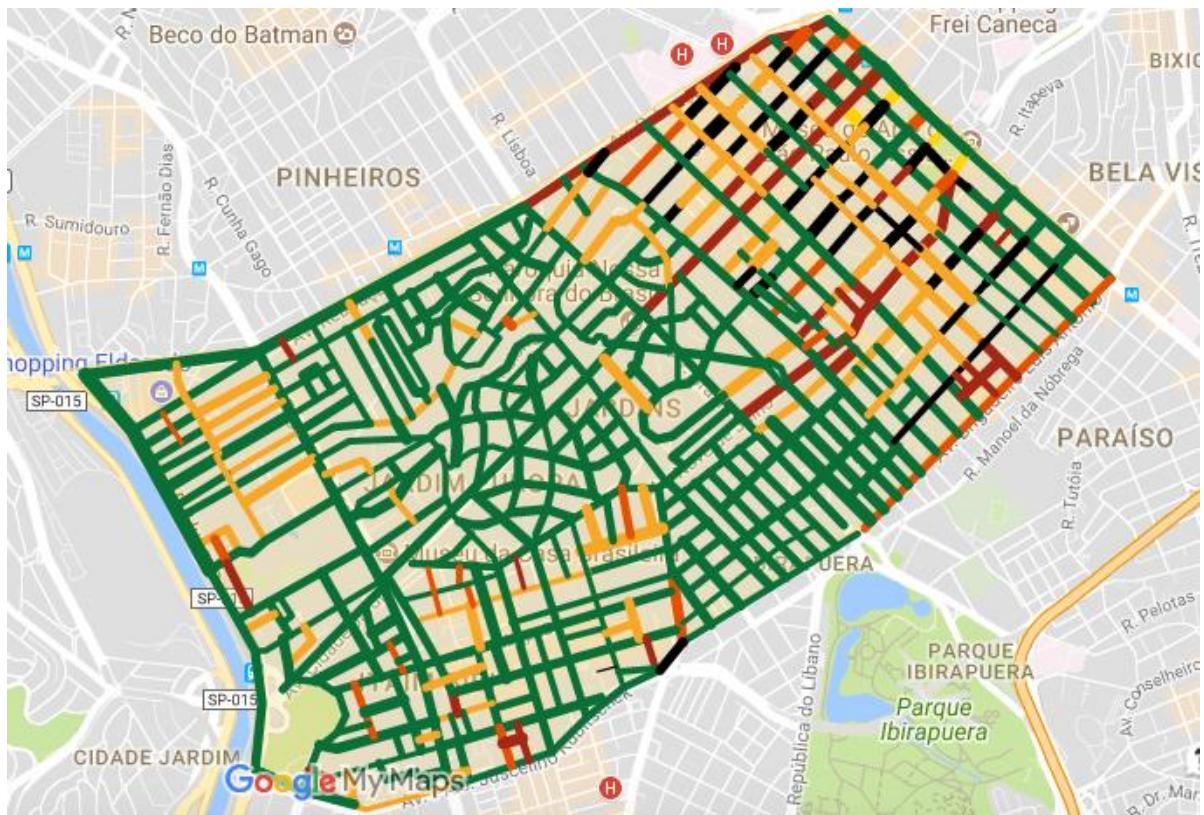


Figura 51: Layer de Topografia

4.3. SELEÇÃO DAS ROTAS POTENCIAIS

A partir das direções preferenciais de fluxo (Layer OD) e do Layer Intermodalidade, pôde-se formar um layer com as rotas potenciais de bicicleta, considerando a conversão modal. Mostra-se na Figura 52 a seguir a sobreposição dos Layers OD e Intermodalidade que foi utilizada nesta etapa:

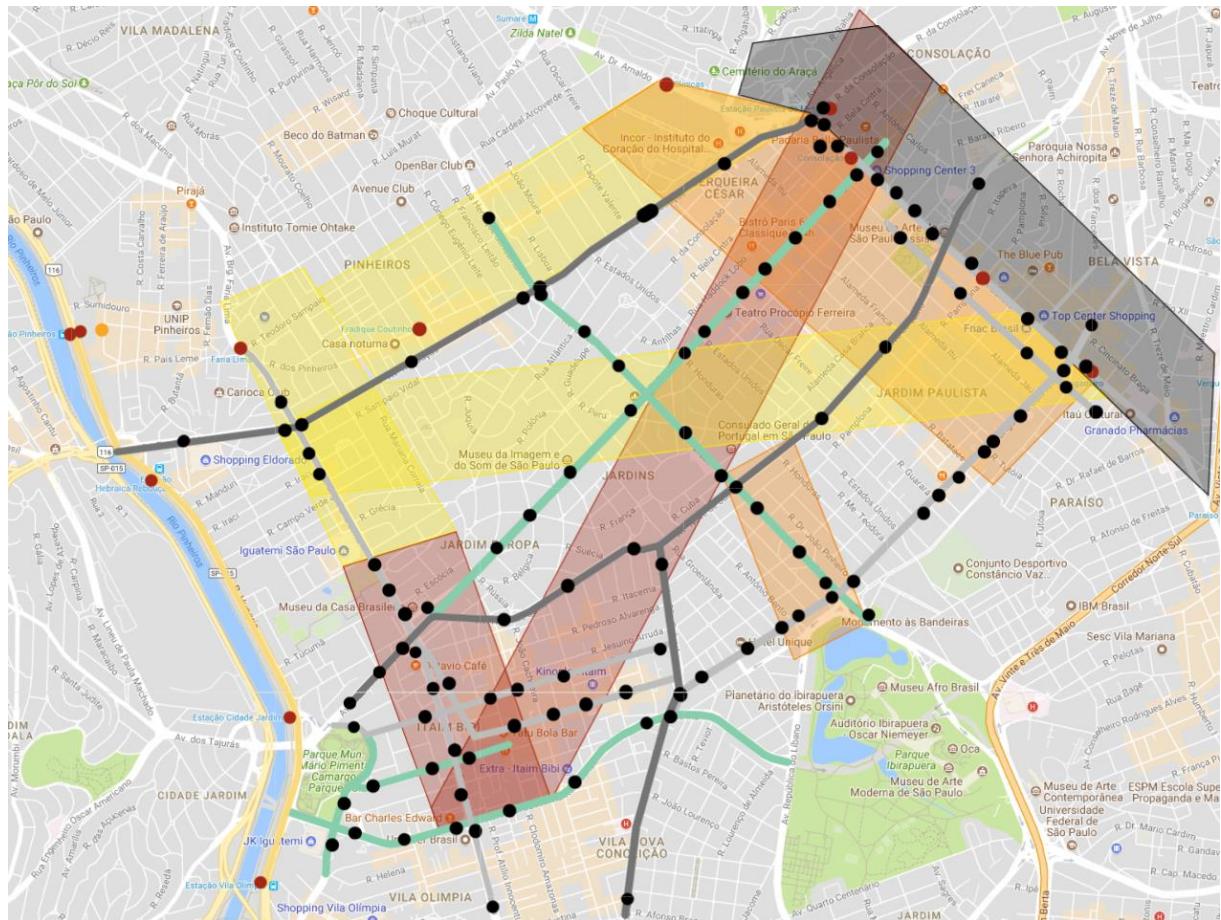


Figura 52: Sobreposição dos Layers OD e Intermodalidade

As rotas potenciais foram definidas através da ferramenta de traçado de rotas do Google Maps, tomando como pontos de partida e chegada os extremos das faixas de direção. As rotas foram traçadas no modo a pé, e não no de bicicleta, de maneira a não serem enviesadas para a infraestrutura cicloviária já existente e para procurar rotas considerando apenas o fator distância percorrida, pois não existe congestionamento nem restrição de sentido para os pedestres, fazendo com que sua escolha de rota seja simplesmente baseada na distância. Além disso, elas foram formadas seguindo o critério de intermodalidade, explicado na seção 4.2.2..

As rotas obtidas foram também selecionadas de forma a melhor atender ao critério de linearidade/diretividade. Desta forma, procurou-se tornar as rotas mais diretas, com menos conversões, sem alterar significativamente o tempo de percurso, gerado pela própria ferramenta.

Foram criadas ao menos duas rotas por faixa de direções preferenciais de fluxo, sendo que faixas com maior fluxo receberam mais rotas. Por questões de visualização e melhor entendimento da metodologia, gerou-se imagens das rotas

separadas por faixa de direções preferenciais de fluxo, assim como o layer agregado de todas as rotas. Vale também citar, que mesmo direções com menor fluxo, devem ser de alguma forma contempladas com infraestrutura e caminhos seguros para o ciclista, de maneira a garantir a conectividade da rede entre as rotas consideradas “principais”, com maior fluxo de automóveis e consequentemente maior potencial de demanda futura de ciclistas.

Os resultados formados são apresentados a seguir nas Figuras 53 a 59:



Figura 53: Layer OD com separação por blocos (trechos) e numeração para referência

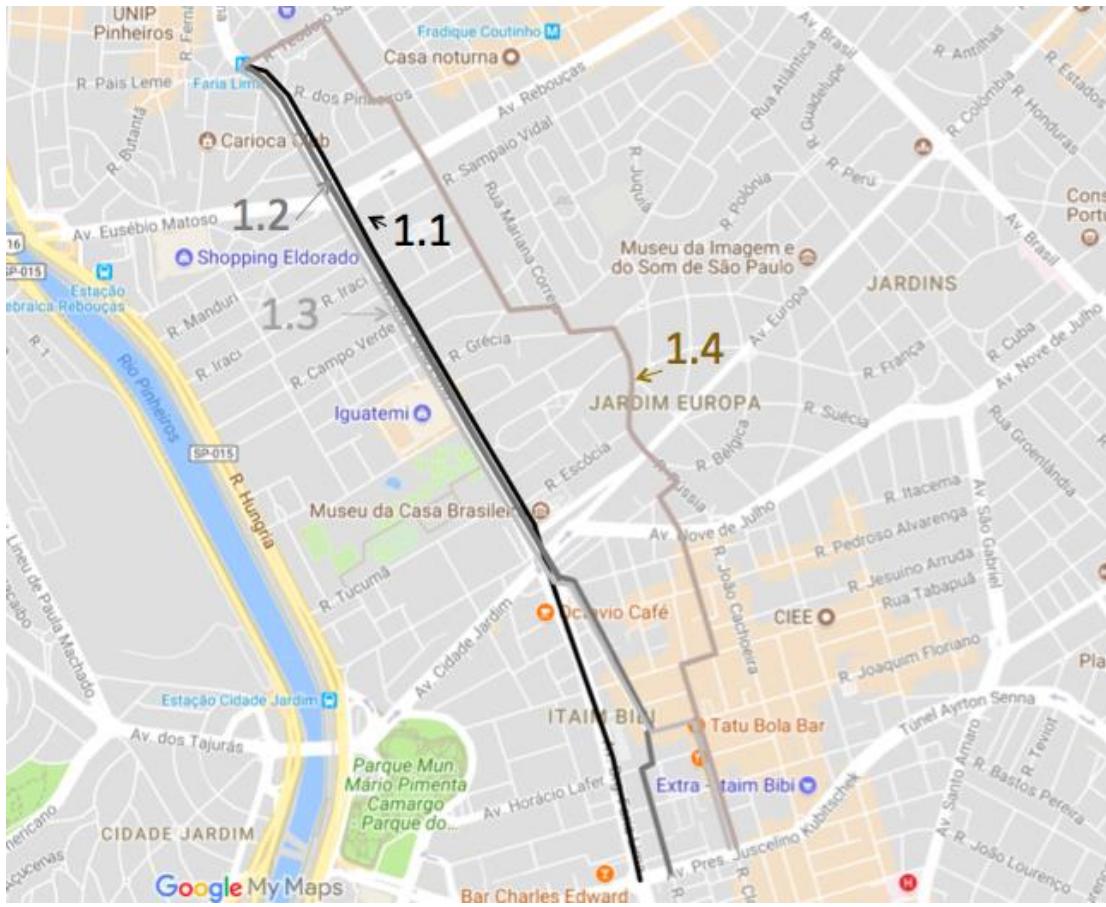


Figura 54: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 1

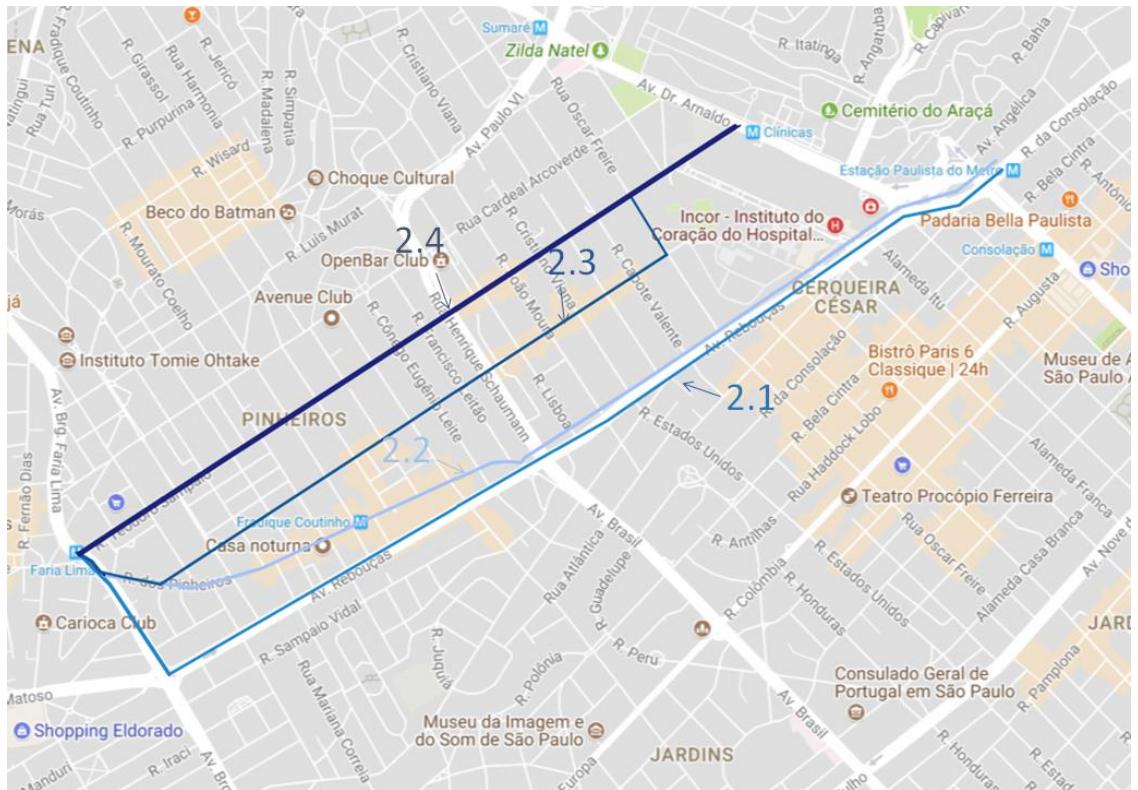


Figura 55: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 2

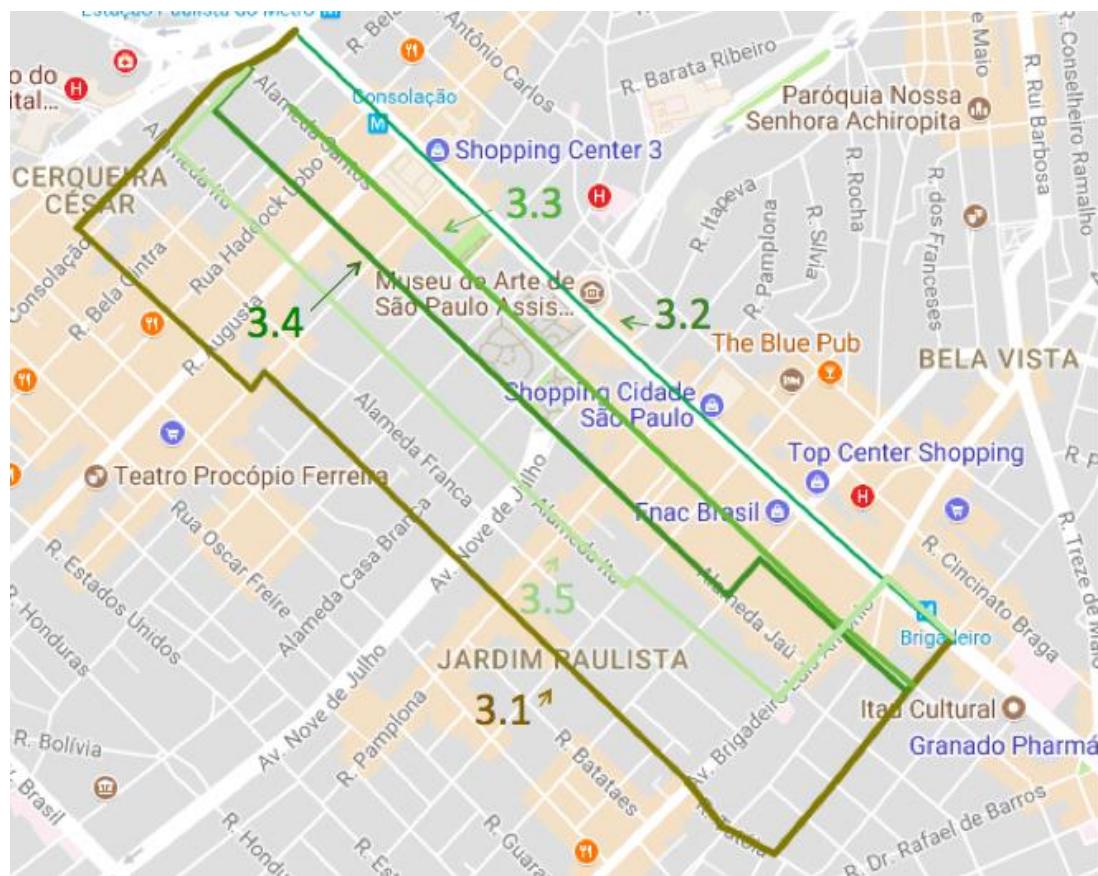


Figura 56: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 3

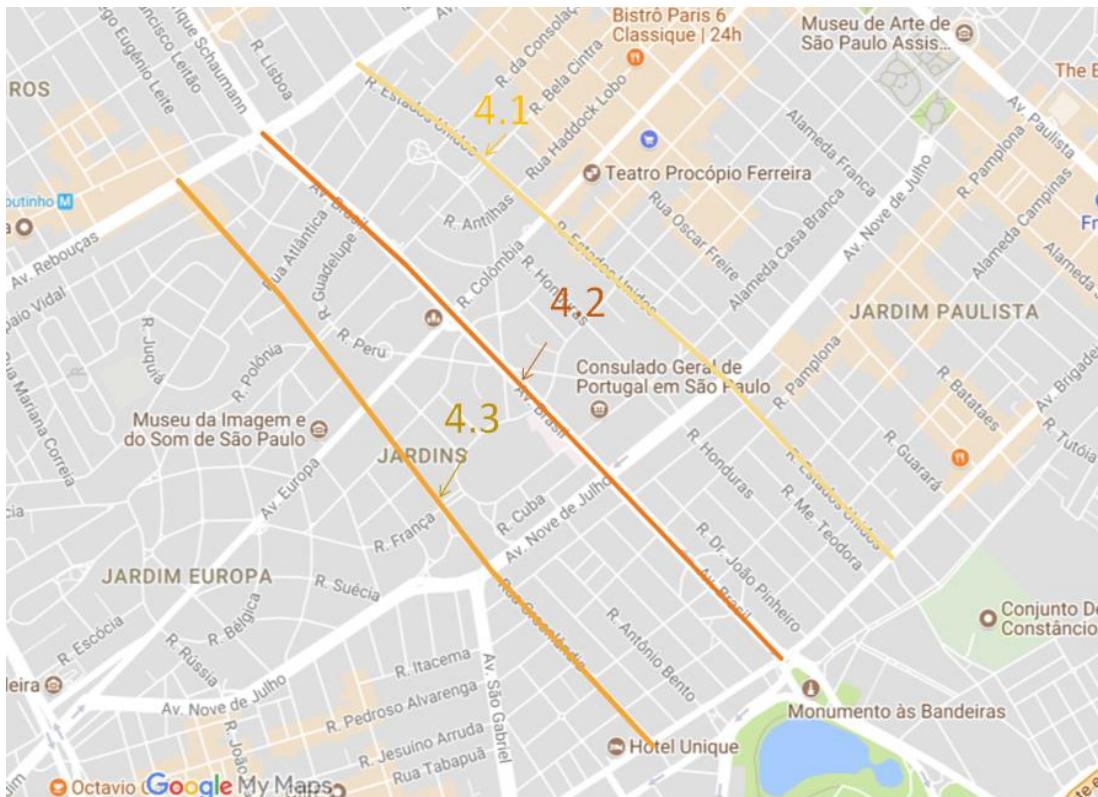


Figura 57: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 4

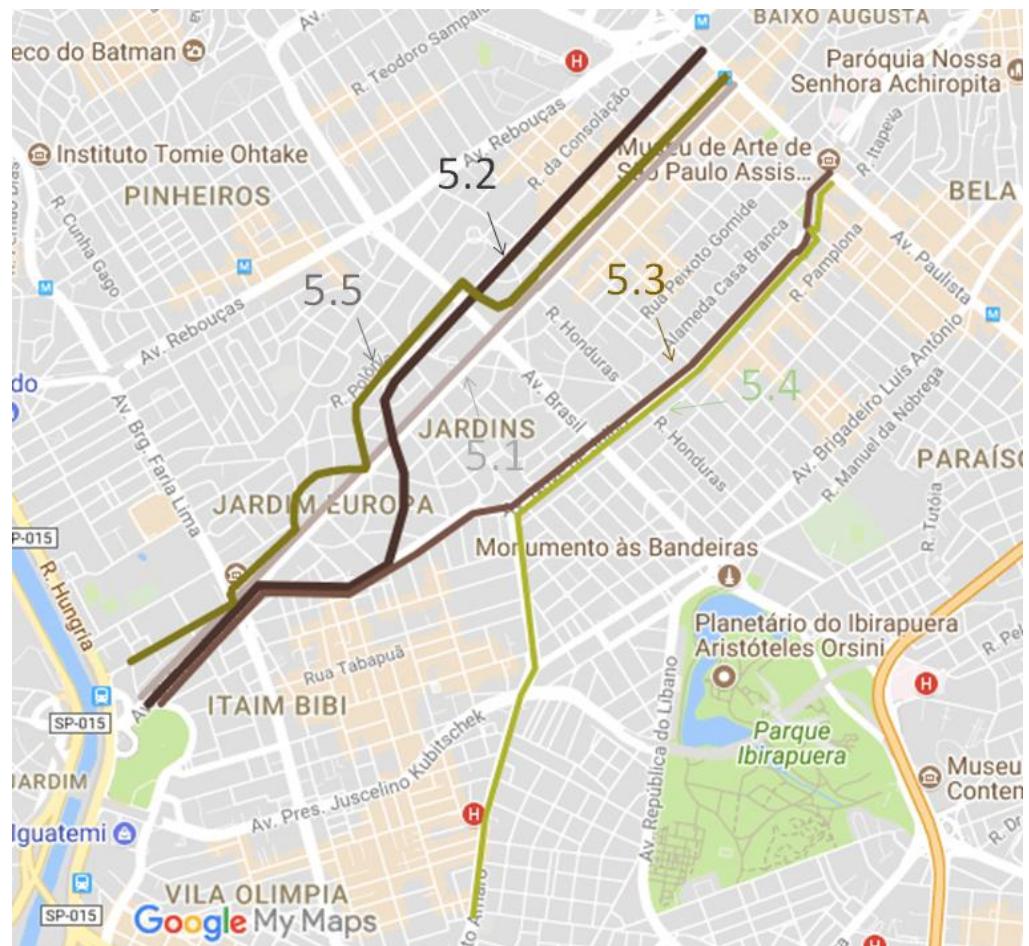


Figura 58: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 5

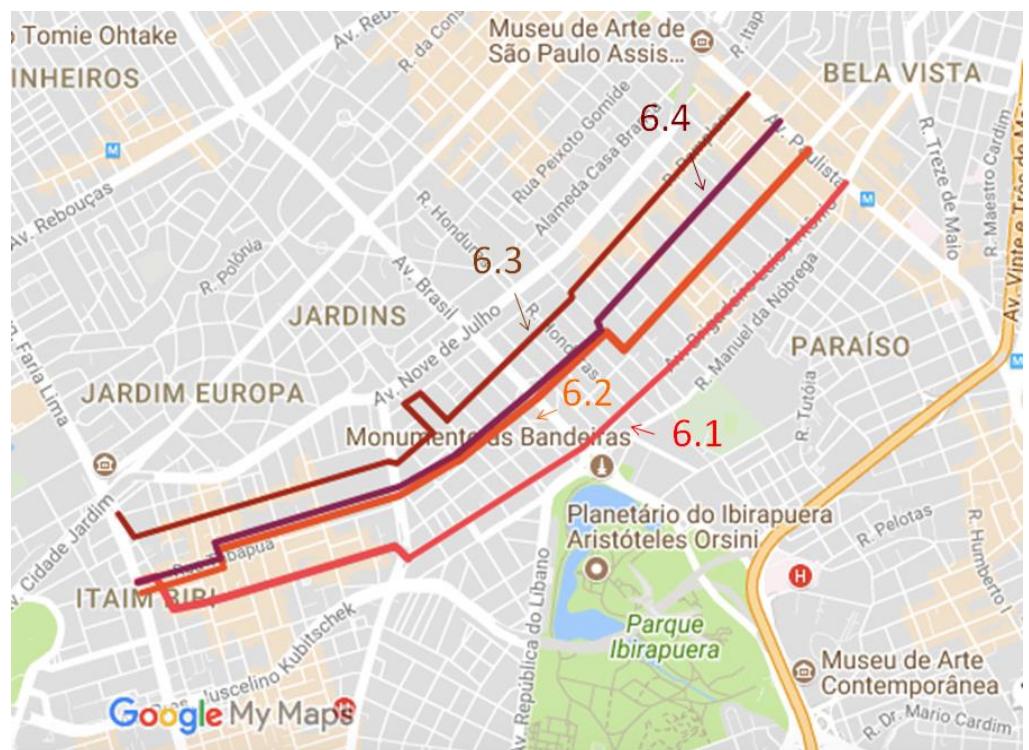


Figura 59: Pré-seleção de rotas de bicicleta para zona/trecho 6

4.4. ESCOLHA DAS MELHORES ROTAS - MÉTODO AHP

Tendo estabelecidas as rotas potenciais de cada um dos 6 trechos, na sequência segue a comparação das opções pré-selecionadas. Conforme explicado anteriormente, o método AHP depende da comparação individual de cada um dos critérios. Assim sendo, com o intuito de se obter uma comparação objetiva, esse processo foi dividido em duas etapas. Em um primeiro momento, para cada critério quantificável (“Velocidade relativa”, “Saturação física da via” e “Topografia”), é atribuída uma nota referente a cada rota, ou seja, um “valor” que representa como a rota se desempenharia nesse critério. Em seguida, aplica-se o método AHP convencional, conforme apresentado na seção 2.4., baseando-se nestas notas atribuídas anteriormente para os critérios quantificáveis, e em notas qualitativas para os critérios não quantificáveis “Segurança Pessoal” e “Intermodalidade”.

4.4.1. QUANTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS

No processo de quantificação dos critérios, foram estabelecidas notas para cada trecho das rotas potenciais selecionadas na seção 4.3.. Para cada alternativa foram atribuídas notas em relação a cada um dos critérios quantificáveis “Velocidade Relativa” (seção 4.2.4.), “Saturação física da via” (seção 4.2.5.) e “Topografia” (seção 4.2.6.).

Por conta da variação das características das rotas ao longo de sua extensão, decidiu-se por dividi-las em vários segmentos de rota. Desta forma a nota de cada critério da rota foi obtida por uma média das notas por segmento, ponderada pelos seus comprimentos e dividida pela nota máxima, conforme equação a seguir:

$$N = \frac{\sum_1^k n_k * \Delta S_k}{n_{máx} * \Delta S}$$

Onde:

N: Nota da rota

k: número de segmentos de rota

n_k : nota do segmento de rota

ΔS_k : distância do segmento de rota

ΔS : Distância total

$n_{máx}$: nota máxima

Seguindo as instruções e recomendações acima apresentadas, chegou-se a uma nota para cada rota potencial. Apresenta-se na Tabela 8 a seguir as notas gerais por critério, onde 0 representa o pior desempenho no critério e 1 representa o melhor desempenho no critério:

Trecho	Alternativas	Velocidade Relativa	Saturação Física	Topografia
1	1.1	0,333	1,000	1,000
	1.2	0,619	0,668	0,955
	1.3	0,627	0,649	0,989
	1.4	1,000	0,193	0,982
2	2.1	0,333	0,306	0,606
	2.2	0,370	0,273	0,579
	2.3	0,711	0,267	0,644
	2.4	0,333	0,121	0,688
3	3.1	0,971	0,269	0,622
	3.2	0,667	1,000	1,000
	3.3	0,667	0,050	0,427
	3.4	0,667	0,225	0,946
	3.5	0,621	0,306	0,803
4	4.1	0,667	0,150	1,000
	4.2	0,333	0,300	1,000
	4.3	0,333	0,194	1,000
5	5.1	0,333	0,200	0,662
	5.2	0,696	0,183	0,487
	5.3	0,389	0,163	0,723
	5.4	0,391	0,136	0,642
	5.5	0,779	0,227	0,716
6	6.1	0,448	0,041	0,824
	6.2	0,842	0,234	0,359
	6.3	0,889	0,247	0,420
	6.4	0,844	0,251	0,414

Tabela 8: Notas de quantificação dos critérios “Velocidade Relativa”, “Saturação Física” e “Topografia”

As notas atribuídas acima não devem ser transpostas ao método AHP de forma exata. A razão para tanto é que em algumas situações as notas acabam ficando muito próximas para determinado critério por estarem em uma região com uma característica mais homogênea em relação ao mesmo, como é o caso das rotas do trecho 1 ou do trecho 4 em relação ao critério “Topografia”. Contudo, isso não significa que, no momento de receberem notas relativas no método AHP, não exista uma superioridade ou inferioridade relativa entre as mesmas que deva ser expressa nas notas a serem atribuídas na matriz de comparação do critério. Desta forma, as notas acima servem apenas como referência objetiva e justificativa documental para a

atribuição posterior de notas relativas pelo método AHP para os três critérios mencionados.

4.4.2. MÉTODO AHP ETAPA 1 - ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS

Conforme citado na seção 2.4., a etapa 1 do critério AHP consiste em estabelecer quais são as alternativas a serem testadas e os critérios, no caso, as rotas potenciais selecionadas na seção 4.3. e os critérios dos layers, respectivamente. A Tabela 9 resume a etapa 1:

Trecho	Alternativas	Critérios
1	1.1	Intermodalidade
	1.2	Segurança
	1.3	Velocidade relativa
	1.4	Saturação física da via
2	2.1	Topografia
	2.2	
	2.3	
	2.4	
3	3.1	
	3.2	
	3.3	
	3.4	
	3.5	
4	4.1	
	4.2	
	4.3	
5	5.1	
	5.2	
	5.3	
	5.4	
	5.5	
6	6.1	
	6.2	
	6.3	
	6.4	

Tabela 9: Alternativas de rotas e critérios do método AHP

4.4.3. MÉTODO AHP ETAPA 2 - PESOS DOS CRITÉRIOS

Na segunda etapa do método AHP, os critérios são hierarquizados, estabelecendo pesos para os mesmos. Para tanto, foi montada a “matriz de comparação dos critérios”. O grupo estabeleceu pesos relativos a cada um dos critérios com base em conversas com usuários de bicicleta, em opiniões embasadas em experiência própria, bem como na facilidade de quantificação de um critério.

O critério menos relevante foi o de segurança pessoal, dada a complexidade de escolher a via mais segura entre duas vias de um mesmo trecho, relativamente próximas, portanto. O critério de intermodalidade foi o segundo menos importante, já que as rotas pré-selecionadas já foram escolhidas visando atender esse critério. Assim, a comparação ante à intermodalidade é pouco priorizada, já que as vias já têm desempenho satisfatório nesse critério. Em terceiro lugar, vem o critério de topografia, que é facilmente quantificável, mas, novamente, como as vias a serem comparadas estão em um mesmo trecho, geralmente a topografia é semelhante. Os dois critérios que foram considerados os mais relevantes são o de saturação física da via e de velocidade relativa. Ambos são de fácil quantificação, e mesmo para vias muito próximas estas podem apresentar diferenças expressivas. Enquanto a velocidade relativa entre os automóveis e as bicicletas se mostra importante, principalmente para o ciclista, a saturação física da via não só afeta a sensação de segurança física do ciclista, como também a viabilidade do projeto como um todo, já que está diretamente atrelada aos investimentos necessários para a implementação de um sistema cicloviário adequado. Assim, o critério de saturação física foi priorizado ante ao critério de velocidade relativa. O resultado é mostrado na Tabela 10:

Critérios levantados	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
Intermodalidade	1	2	1/6	1/7	1/3
Segurança	1/2	1	1/8	1/9	1/5
Velocidade relativa	6	8	1	1/2	3
Saturação física da via	7	9	2	1	4
Topografia	3	5	1/3	1/4	1

Tabela 10: Matriz de comparação dos critérios

A partir desta matriz, são gerados os pesos finais dos critérios através da obtenção do Vetor de Eigen. A Tabela 11 ilustra os resultados do processo.



Critério	Vetor de Eigen	Comentários
Segurança	0.03	Complexidade de escolher a via mais segura entre duas vias próximas
Intermodalidade	0.06	Rotas já foram escolhidas visando atender esse critério
Topografia	0.14	Topografia semelhante no mesmo trecho, mas facilmente quantificável
Velocidade relativa	0.31	Facilmente quantificável e comparável, mais importante para o ciclista
Saturação física da via	0.46	Quantificável, comparável, e essencial para a viabilidade do projeto

Tabela 11: Resultados dos pesos dos critérios, com justificativas

4.4.4. MÉTODO AHP ETAPA 3 - PESOS DAS ROTAS

Na terceira etapa do método AHP, foi feita uma análise das alternativas (ou rotas potenciais) de acordo com cada critério. As notas geradas para as alternativas do trecho 1 são mostradas como exemplo a seguir (Tabela 12). Para o caso do trecho 1, viu-se que apesar da rota 1.4 ser a melhor rota segundo o critério de velocidade relativa, a rota 1.1 foi a melhor rota nos critérios de intermodalidade, saturação física da via e topografia.

Intermodalidade	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	2	3	9
1.2	1/2	1	2	9
1.3	1/3	1/2	1	9
1.4	1/9	1/9	1/9	1

Segurança	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	1	1	1
1.2	1	1	1	1
1.3	1	1	1	1
1.4	1	1	1	1

Velocidade Relativa	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	1/5	1/6	1/9
1.2	5	1	1/2	1/6
1.3	6	2	1	1/5
1.4	9	6	5	1

Saturação física da via	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	3	4	7
1.2	1/3	1	2	5
1.3	1/4	1/2	1	4
1.4	1/7	1/5	1/4	1

Topografia	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	3	2	2
1.2	1/3	1	1/2	1/2
1.3	1/2	2	1	1/2
1.4	1/2	2	2	1

Tabela 12: Trecho 1 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

4.4.5. MÉTODO AHP ETAPA 4 - MATRIZ RESULTANTE E HIERARQUIA

A partir destas notas foram gerados os Vetores de Eigen para cada critério. A agregação desses resultados é mostrada na matriz a seguir (Tabela 13):

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
1.1	0,48	0,25	0,04	0,55	0,42
1.2	0,3	0,25	0,12	0,25	0,12
1.3	0,19	0,25	0,19	0,15	0,19
1.4	0,03	0,25	0,65	0,05	0,27

Tabela 13: Trecho 1 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Por fim, com o produto dessa matriz com os pesos dos critérios, chegou-se à nota de cada alternativa, conforme Tabela 14. Segundo o método AHP, a rota 1.1 seria a mais indicada para possuir a infraestrutura cicloviária dentre as rotas do trecho 1, dados os critérios estabelecidos anteriormente.

Rotas pré-selecionadas	Nota
1.1	0,359
1.2	0,192
1.3	0,174
1.4	0,275

1º
3º
4º
2º

Tabela 14: Trecho 1 - Notas finais e classificação

4.4.6. CONSOLIDADO - CLASSIFICAÇÃO FINAL

Os itens 4.4.4. e 4.4.5. foram repetidos para cada um dos 6 trechos e todas as tabelas de análise e resultados constam no Anexo C deste relatório³⁵. Consolidando os valores finais de hierarquização obtidos pelo método AHP, chegou-se à seguinte

³⁵ Por se tratar apenas de um estudo de caso, não foi feita uma documentação das justificativas de cada matriz de comparação dos critérios, pois isso alongaria muito a análise e não é o foco deste trabalho. Ressalta-se, contudo, a importância de se fazer adequadamente essa documentação a fim de dar credibilidade e possibilitar a utilização por terceiros da análise realizada.

classificação das alternativas de rotas dos 6 trechos (Tabela 15):

Classificação	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6
1º	1.1	2.3	3.2	4.1	5.5	6.4
2º	1.4	2.1	3.1	4.2	5.2	6.3
3º	1.2	2.2	3.5	4.3	5.1	6.2
4º	1.3	2.4	3.4		5.3	6.1
5º			3.3		5.4	

Tabela 15: Classificação das rotas por trecho

Assim sendo, as rotas mais indicadas para cada trecho seriam: Rota 1.1, Rota 2.3, Rota 3.2, Rota 4.1, Rota 5.5, e Rota 6.4. Segue uma breve justificativa para as mesmas:

- Rota 1.1: pode ser alocada inteiramente no canteiro central da Avenida Brigadeiro Faria Lima (critério “Saturação Física”), além de ser a melhor alternativa no quesito intermodalidade;
- Rota 2.3: superioridade em relação ao critério “Velocidade Relativa”, pois tem por boa parte de sua extensão uma restrição de velocidade de 40km/h e as outras alternativas pegam vias com restrição de velocidade de 50km/h;
- Rota 3.2: pode ser alocada inteiramente no canteiro central da Avenida Paulista. Também é uma rota mais plana que as outras, sendo superiora em dois critérios importantes, “Saturação Física” e “Topografia”;
- Rota 4.1: grande superioridade em relação ao critério “Velocidade Relativa”, pois representa a Rua Estados Unidos que tem restrição de velocidade de 40km/h e as outras alternativas representam vias com restrição de velocidade de 50km/h (Avenida Brasil e Rua Groelândia);
- Rota 5.5: superioridade no critério “Saturação Física” por pegar pela maior parte de sua extensão vias com estacionamento dos dois lados e espaço para implementação de ciclofaixa. Superioridade no critério “Velocidade Relativa” (nota 0,779) estando relativamente próximo apenas da Rota 5.2 (nota 0,696);
- Rota 6.4: superioridade no critério “Saturação Física” por conta de uma maior facilidade de alocação de ciclofaixa nos trechos que compõem a rota.

4.5. DEFINIÇÃO DA REDE CICLOVIÁRIA

De posse dessa classificação das alternativas de rotas, pode-se, por fim, montar as melhores configurações de redes cicloviárias. Para efeitos deste trabalho, foram montados apenas dois cenários de implantação, cada um com uma configuração diferente, para serem posteriormente analisadas pelo macrossimulador PTV-Visum. Esses dois cenários são apresentados a seguir.

4.5.1. CENÁRIO A

Doravante denominado “cenário A”, este cenário conta com a seguinte configuração (Figura 60):

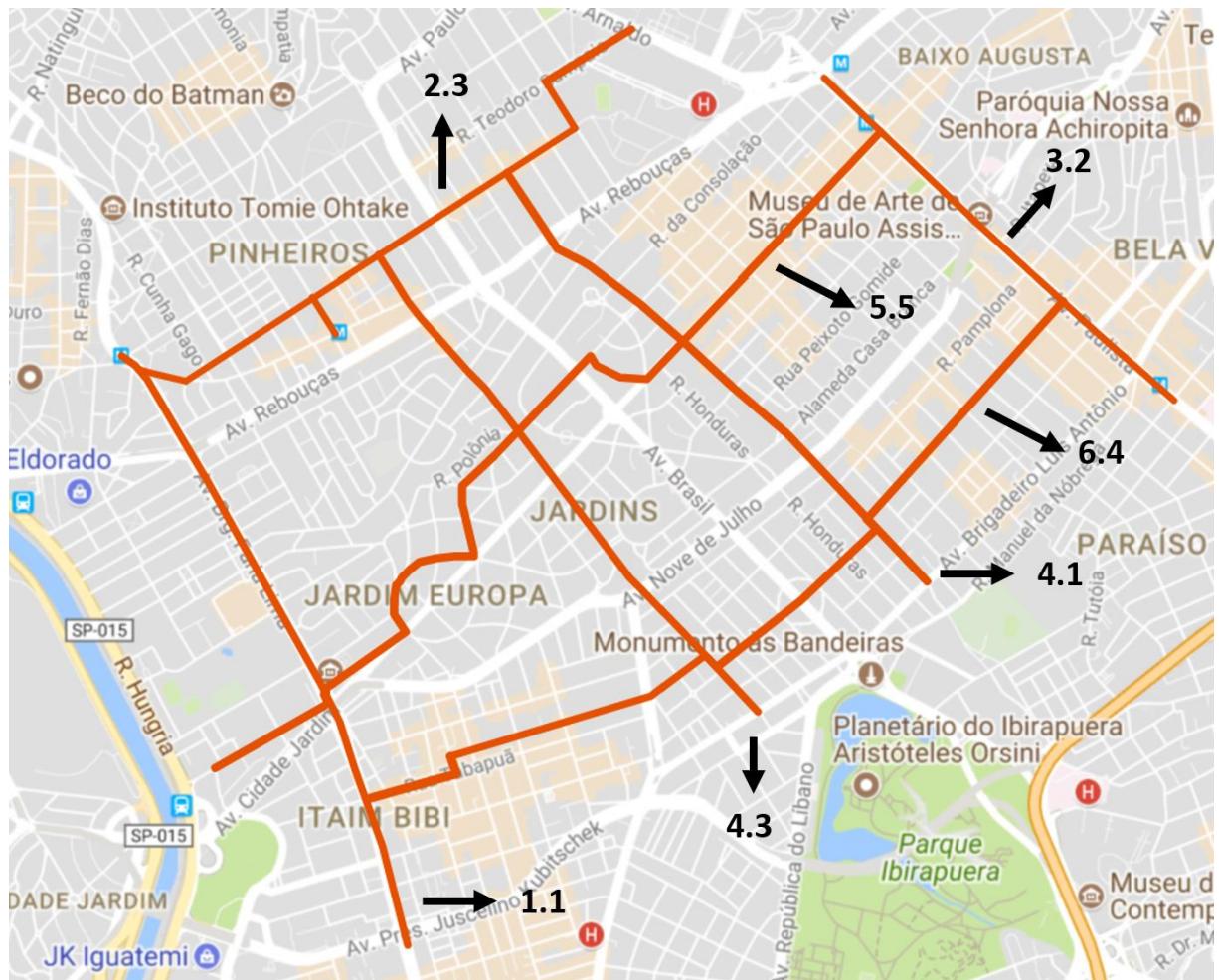


Figura 60: Configuração da rede do cenário A

Nesta configuração, optou-se por colocar, além das rotas de maior classificação (1.1, 2.3, 3.2, 4.1, 5.5 e 6.4), a rota 4.3 em complemento à rota 4.1. O motivo para tal escolha foi diminuir a grande distância que iria haver entre as rotas 4.1 e 1.1. Vale notar que a metodologia permite fazer tais ajustes subjetivos, sendo

apenas uma facilitadora da seleção de rotas potenciais.

Outro ponto interessante é a pequena via adicional que foi incrementada conectando a rota 2.3 à estação de metrô Fradique Coutinho. Tal complemento permite um melhor cumprimento do critério de intermodalidade e não apresenta um grande impacto à infraestrutura viária existente.

4.5.2. CENÁRIO B

Doravante denominado “cenário B”, este cenário conta com a seguinte configuração (Figura 61):

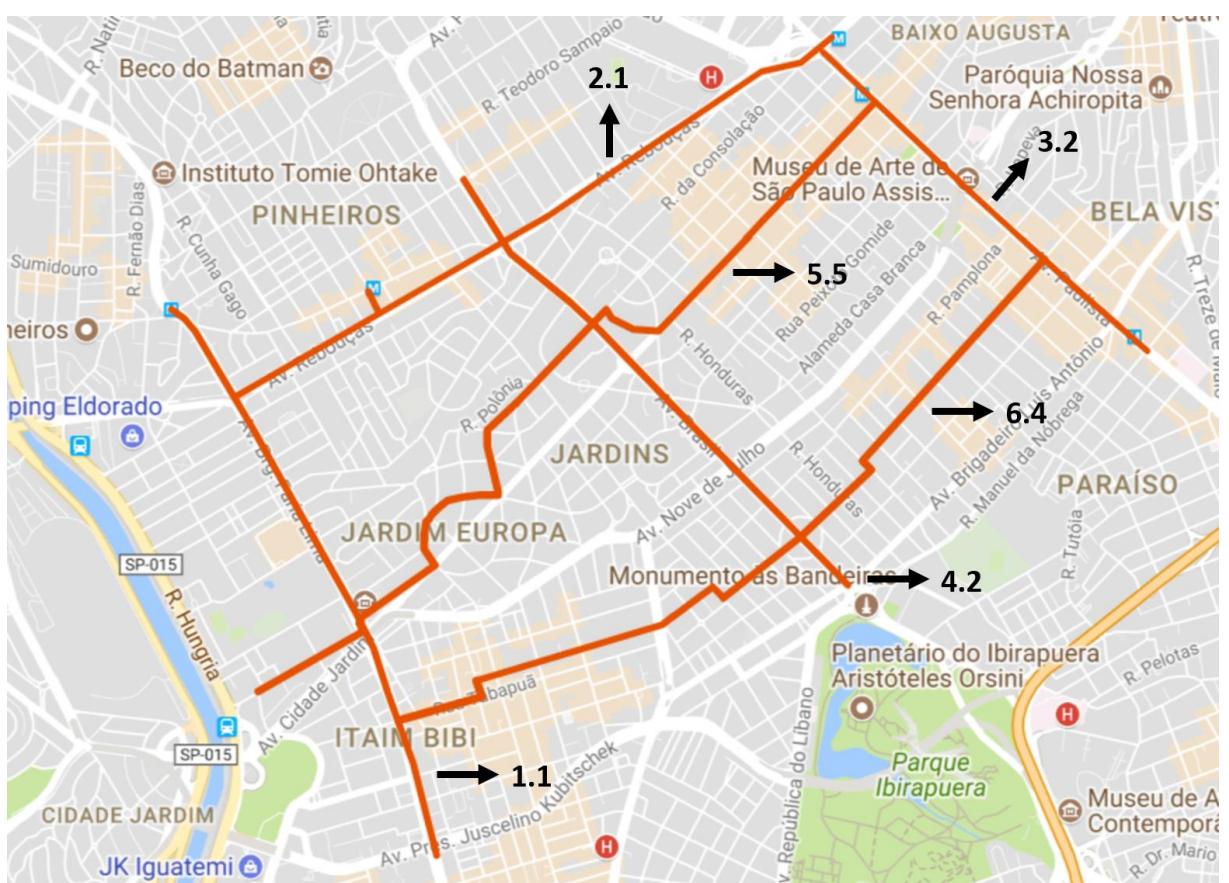


Figura 61: Configuração da rede do cenário B

Nesta configuração, optou-se por escolher as rotas de maior classificação, mas trocando a 2.3 pela 2.1 (2^a melhor) e a 4.1 pela 4.2 (2^a melhor). Desta forma, tem-se que as rotas selecionadas foram 1.1, 2.1, 3.2, 4.2, 5.5 e 6.4.

Comparativamente, este cenário inclui vias maiores em fluxo de automóveis que o cenário A e servirá, portanto, para verificar qual é o impacto da implantação de vias de bicicleta em vias de alto fluxo.

4.6. SIMULAÇÃO

O principal objetivo deste trabalho consiste no planejamento da rede cicloviária quanto à localização de sua infraestrutura e principais rotas de interesse para acolher usuários de bicicleta. Contudo, sendo o Brasil um país com uma forte cultura do automóvel, é importante tentar minimizar o impacto sobre o fluxo viário, tanto por uma questão de procurar o melhor aproveitamento possível da infraestrutura de mobilidade existente, quanto por uma questão de imagem no sentido de não tornar a bicicleta impopular. Nesse contexto, essa simulação se justifica e tem importância para que seja possível escolher a melhor opção de infraestrutura, minimizando o impacto sobre o transporte privado, visto que durante o processo da AHP diferentes alternativas de uma mesma rota têm notas muito similares e proporcionam uma qualidade da rede praticamente equivalente.

Começou-se com a simulação de um cenário Referencial sem a implantação de rede cicloviária, de modo a possibilitar uma comparação com os cenários montados. Para tanto, foi utilizada a rede construída no Trabalho de Conclusão de Curso “Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego” (2017), a qual não considera nenhuma ciclovia na região. Foram feitos alguns complementos a essa rede a fim de permitir contemplar todas as vias em que foi prevista a alocação de infraestrutura cicloviária. A versão final é mostrada na Figura 62 a seguir:

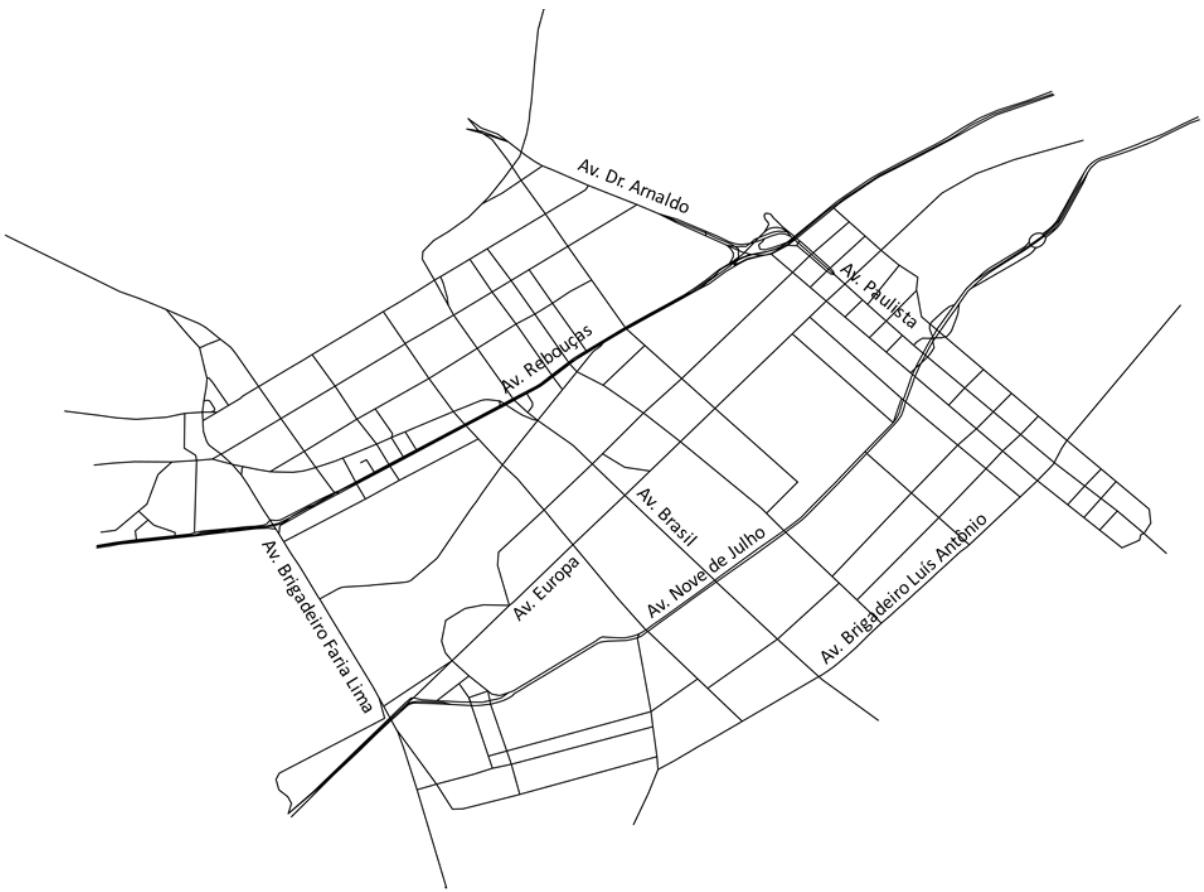


Figura 62: Rede utilizada na simulação

Da simulação, foram recolhidas as seguintes informações de interesse:

- O tempo médio e a velocidade médias globais da rede;
- A alocação de demanda na rede, que mostra o fluxo máximo de veículos na via, ou seja, a quantidade de veículos por hora na hora-pico para cada link³⁶;
- O Nível de Serviço nos links, que representa a razão entre o valor da alocação e a capacidade do link. Mostra-se assim o nível de saturação da via/link, sendo 1,0 quando a oferta é igual à demanda;
- O tempo médio e a velocidade média das viagens dos pares OD que passam por determinados links mais críticos (pela ferramenta FlowBundle).

Finalizada a simulação do cenário Referencial, o próximo passo foi simular os cenários montados na seção 4.5. Para tanto, foi necessário fazer uma pré-análise de implantação nas vias selecionadas. Tal análise não necessita de detalhes, bastando visualizar a possibilidade de alocar a via de bicicleta na infraestrutura viária existente

³⁶ Link: trecho de via, desenhado no PTV-Visum, entre dois nós

segundo a ordem de preferência: canteiro central, faixa de estacionamento e faixa de fluxo de veículos. Essa ordem segue o princípio de minimização do impacto no fluxo viário. Vale notar igualmente que a supressão de faixas de estacionamento permite um desincentivo ao uso do automóvel particular, sem gerar impacto aos automóveis de uso coletivo.

Montados os cenários, foram simulados os mesmos dados que para o cenário Referencial. Para estes, considerou-se na Matriz OD de viagens em veículos privados a taxa potencial de conversão para o modal bicicleta de 1,7%, explicada na seção 2.2.2.3.4. (Plano de São Francisco), a fim de procurar considerar o efeito da mudança de distribuição da divisão modal com a implementação de um Sistema Cicloviário eficaz. Foram realizados tratamentos para a comparação da situação atual com a projetada, com a subtração das duas matrizes de alocação (cenário Referencial e A/B), formando uma nova matriz. Ao adicionar essa matriz no Visum, é possível visualizar as vias (links) que sofreram maiores mudanças no fluxo (quantidade de veículos por hora) e identificar as mudanças na escolha de rotas dos usuários. Para uma observação mais detalhada da mudança de alocação sobre tais links, comparou-se os níveis de serviço antes e depois. Também foram comparados os tempos médios e as velocidades médias globais dos dois cenários.

Por fim foi feita uma análise mais minuciosa para os links mais afetados utilizando a ferramenta FlowBundle. Esta permite mostrar todos os pares OD que têm suas viagens passando por aquele link específico e qual é o trajeto de cada uma dessas viagens. Dessa forma, foi possível filtrar a informação do aumento do tempo de viagem, ou redução da velocidade média, dos usuários dessas viagens, considerados os mais afetados da rede.

Os resultados das simulações são mostrados nas seções que seguem.

4.6.1. CENÁRIO REFERENCIAL

Nas Figuras 63 e 64 a seguir são mostrados graficamente os resultados da alocação de demanda (veículos por hora na hora-pico) e nível de serviço (valor da alocação pela capacidade da via), respectivamente, para o cenário Referencial.



Figura 63: Alocação de demanda na rede no cenário Referencial



Figura 64: Nível de serviço na rede no cenário Referencial

4.6.2. CENÁRIO A

4.6.2.1. Alterações previstas na via

De forma a facilitar o entendimento das alterações que se fazem necessárias na infraestrutura viária existente para a implementação física da rede cicloviária montada para o cenário A, foram determinados diferentes trechos a partir de pontos, nomeados de A a Z, que constam na Figura 65.

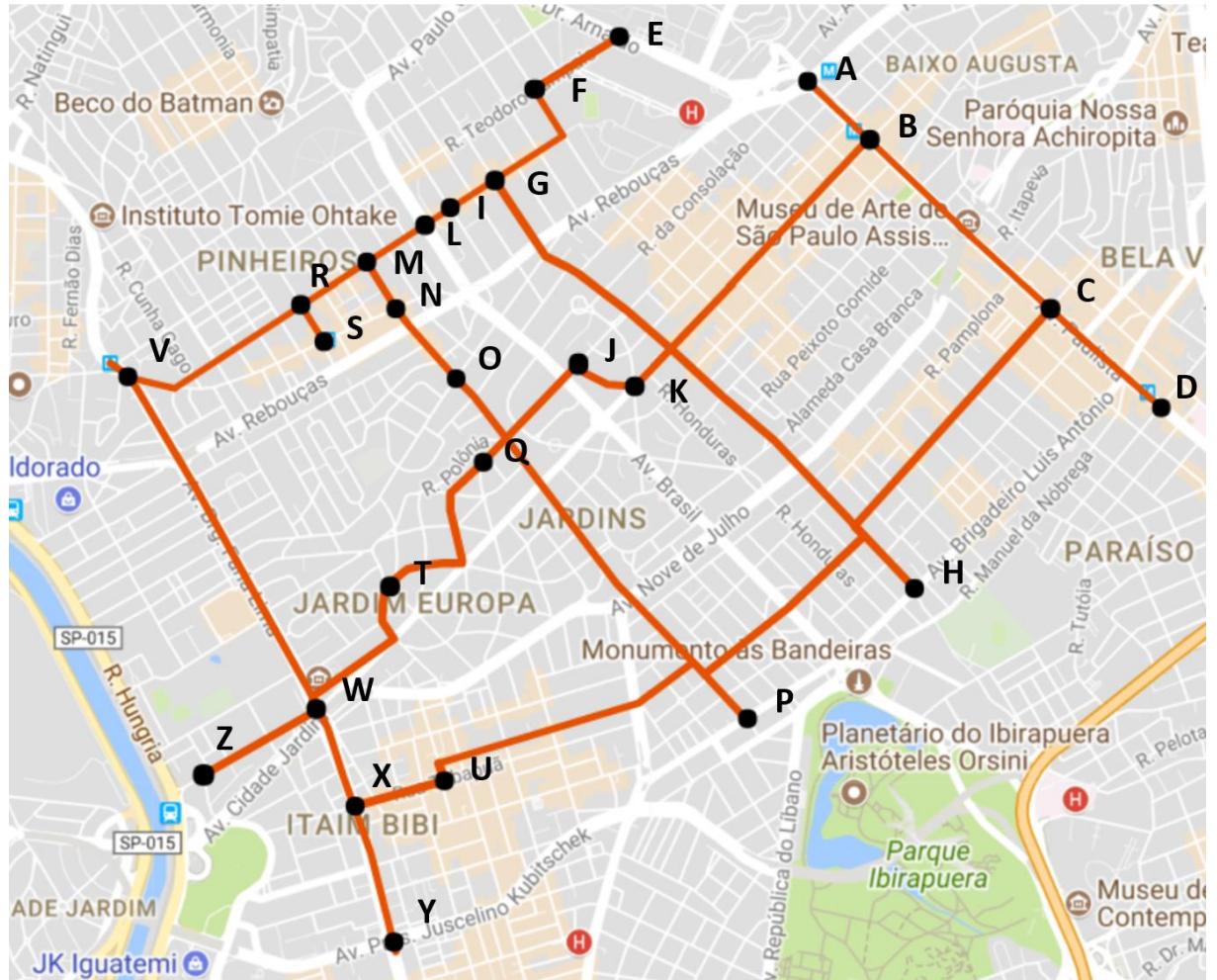


Figura 65: Cenário A dividido por trecho

A rede cicloviária proposta leva em conta diversas alterações nas vias que seguem a configuração atual para cada trecho, sem considerar a infraestrutura cicloviária já existente. O relatório fotográfico delas está apresentado no Anexo D deste trabalho.

Segue detalhamento das alterações necessárias trecho a trecho:

Trecho AD: Alocação de ciclovia no canteiro central.

Trecho BK: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido K-B, substituindo uma faixa nesse sentido.

Trecho CU: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido U-C, substituindo uma faixa de estacionamento. Para a Alameda Campinas, que possui faixa de estacionamento somente à direita, as faixas normais foram deslocadas para a direita para dar espaço à ciclofaixa, tirando, assim, a faixa de estacionamento.

Trecho EF: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido F-E, por

conta da presença de faixa de ônibus à direita, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho **FI**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido I-F, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **GH**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido H-G, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho **IL**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido L-I, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho **KJ**: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido J-K, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **JQ**: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido Q-J, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho **LV**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido V-L, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **MN**: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido M-N, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **NO**: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido N-O, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho **OP**: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido O-P, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **QT**: Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido T-Q, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **RS**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido R-S, substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho **TW**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido W-T, substituindo uma faixa no sentido da via. Alocação de calçada partilhada na transição entre a rua Itália e a rua Gumercindo Saraiva, de forma a não interferir na Avenida Europa.

Trecho **UX**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido X-U, por conta da presença de faixa de ônibus à direita, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho **VY**: Alocação de ciclovia no canteiro central.

Trecho **WZ**: Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido Z-W, substituindo uma faixa de estacionamento.

4.6.2.2. Alocação de Demanda e Nível de Serviço

Nas Figuras 66 e 67 a seguir são mostrados graficamente os resultados da alocação de demanda (veículos por hora na hora-pico) e nível de serviço (valor da alocação pela capacidade da via), respectivamente, para o cenário A.



Figura 66: Alocação de demanda na rede no cenário A



Figura 67: Nível de serviço na rede no cenário A

4.6.2.3. Comparação

Os resultados globais de tempo médio e velocidade média dos cenários Referencial e A constam nas Tabelas 16 e 17. Para este cenário, fez-se complementarmente uma comparação da diferença de resultados nas situações de utilização ou não da taxa potencial de conversão para o modal bicicleta de 1,7%.

Tempo médio 0 (minutos)	Tempo médio (A) (minutos)	Variação
25,16	25,35	0,76%
Velocidade média 0 (km/h)	Velocidade média (A) (km/h)	Variação
33,14	33,00	-0,42%

Tabela 16: Comparação dos resultados globais de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e A sem taxa potencial de conversão.

Tempo médio 0 (minutos)	Tempo médio (A) (minutos)	Variação
25,16	24,91	-1,00%
Velocidade média 0 (km/h)	Velocidade média (A) (km/h)	Variação
33,14	33,33	0,58%

Tabela 17: Comparação dos resultados globais de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e A com taxa potencial de conversão

Aqui pode-se observar a comparação das velocidades e tempos médios dos de trajeto dos cenários Referencial e A para todas as viagens, ou seja, para todos os pares OD dentro da rede. É possível notar que a piora na qualidade das viagens é ínfima e poderia ser considerada desprezível para os usuários do transporte privado no cenário sem conversão modal. Ainda se considerarmos uma progressiva mudança de hábito nos usuários, a partir da utilização da taxa potencial de conversão, explicada anteriormente, o cenário se torna positivo, com uma pequena melhora nos tempos e velocidade de viagem da rede, de aproximadamente -1,0% e 0,58%, respectivamente. Contudo, como será detalhado a frente, existem vias com alterações significativas, de mais de 5% no tempo de trajeto por exemplo.

Todavia, apesar dos resultados globais serem satisfatórios, devem ser observadas também as mudanças pontuais na rede. Nas Figuras 68 (geral) e 69 (zoom), as vias em vermelho representam um decréscimo no fluxo de veículos na hora-pico do cenário Referencial para o cenário A e as vias em azul representam um aumento desse fluxo.

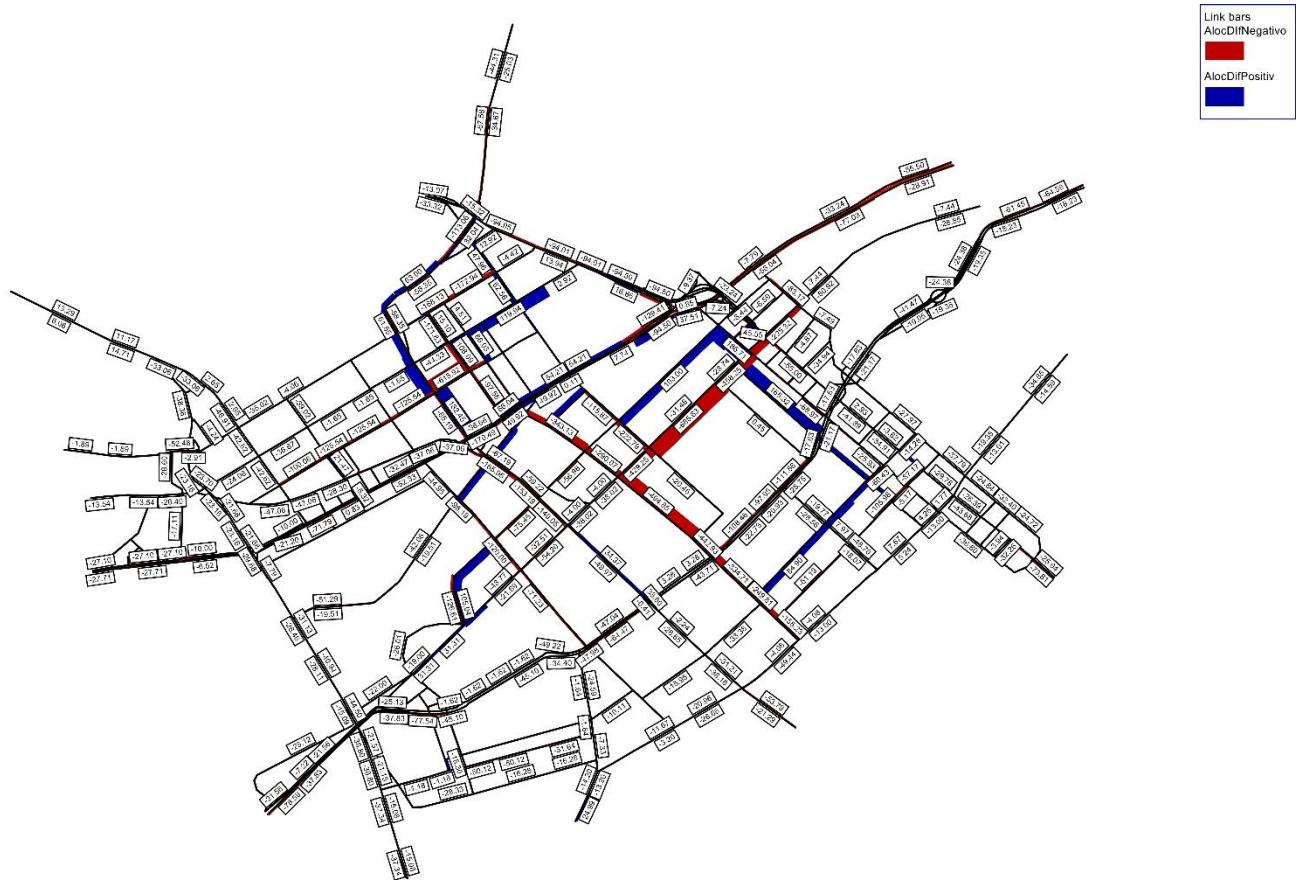


Figura 68: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. – A

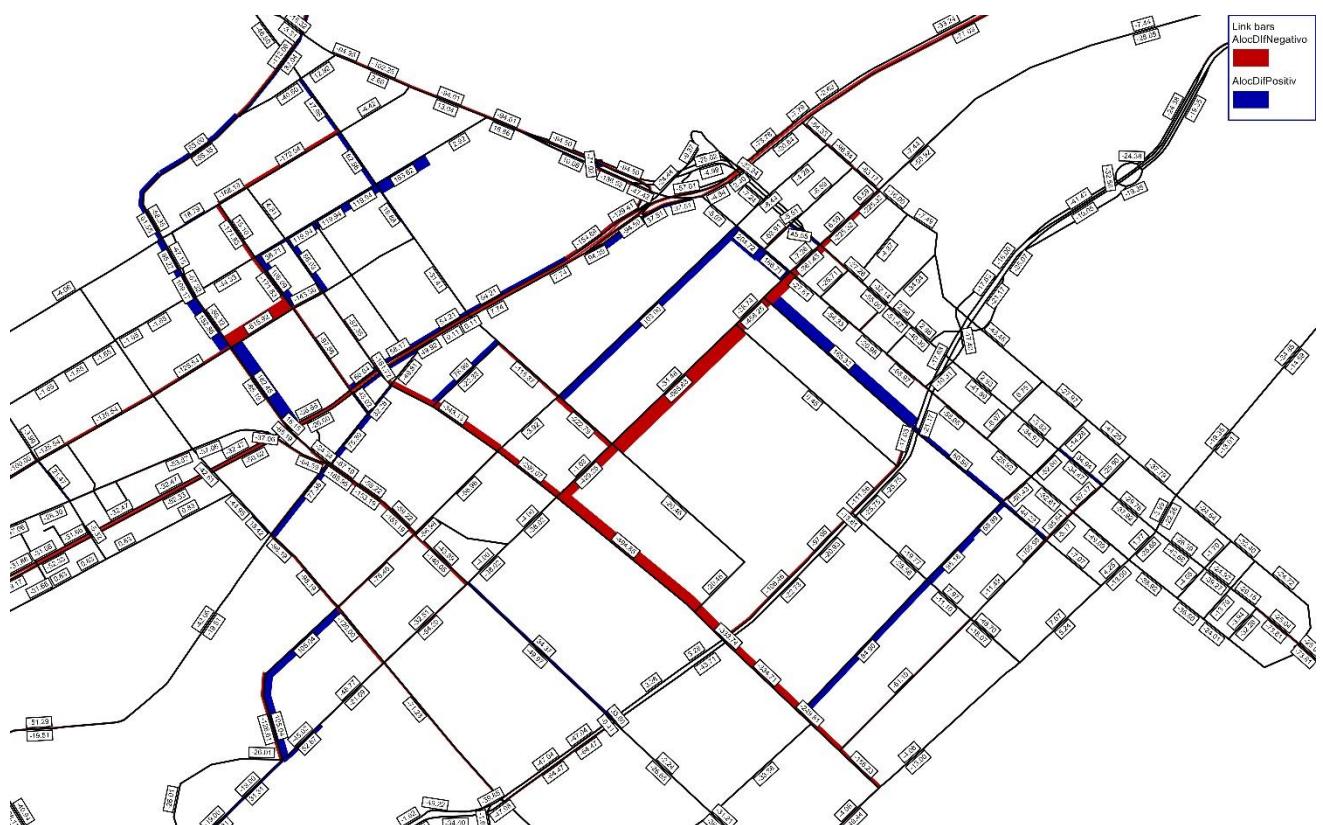


Figura 69: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - A (zoom em região de interesse)

Sabe-se que uma parte ínfima do fluxo é convertido para bicicleta (1,7%), saindo da rede, o que faz com que haja uma pequena redução global no fluxo da rede, embora isso seja difícil de ser percebido pelas figuras. Contudo é interessante notar as mudanças na alocação da demanda, saindo de algumas vias (em vermelho) e indo para outras (em azul). Uma análise visual das figuras permite verificar quais são essas transferências de fluxo, ou seja, de quais vias saem e para quais vias vão.

Nota-se uma redução de usuários nas ruas Augusta e Estados Unidos, devido à implantação da infraestrutura ciclovária nestas vias. Pelo mesmo motivo, houve uma redução na Rua Arthur de Azevedo em apenas um quarteirão, que foi o único trecho a sofrer uma redução de faixas de rolamento. Em contrapartida, houve um aumento nas ruas Bela Cintra, Jaú, Av. Rebouças e Av. Henrique Schaumann, além de outros menos significantes. Pode-se notar que todas as vias mais afetadas pela diminuição dos usuários foram não coincidentemente as que sofreram redução no número de faixas de rolamento. Percebe-se igualmente que o fluxo da Rua Augusta foi transferido para vias alternativas, como a Rua Bela Cintra, a Av. Rebouças e a Al. Campinas. Já o fluxo da Rua Estados Unidos se deslocou para a Av. Brasil e principalmente para a Al. Jaú. O fluxo na Arthur de Azevedo foi pulverizado pelas vias próximas.

Para estudar o efeito pontual nestas vias, foi utilizada a ferramenta FlowBundle, conforme explicado, onde foram filtradas todas as viagens que não passam pela via em questão na direção mais afetada, sobrando, portanto, apenas aquelas que passam. Na Figura 70 é dado um exemplo de resultado visual da utilização dessa ferramenta para um trecho da Rua Estados Unidos. Verifica-se na região inferior-direita da figura os caminhos dos fluxos a montante do trecho em análise, que passam pelo mesmo, identificando de quais vias o fluxo na Rua Estados Unidos tem origem. Já na parte superior-esquerda, verifica-se por quais caminhos o mesmo se dispersa na rede após passar pelo trecho em destaque.

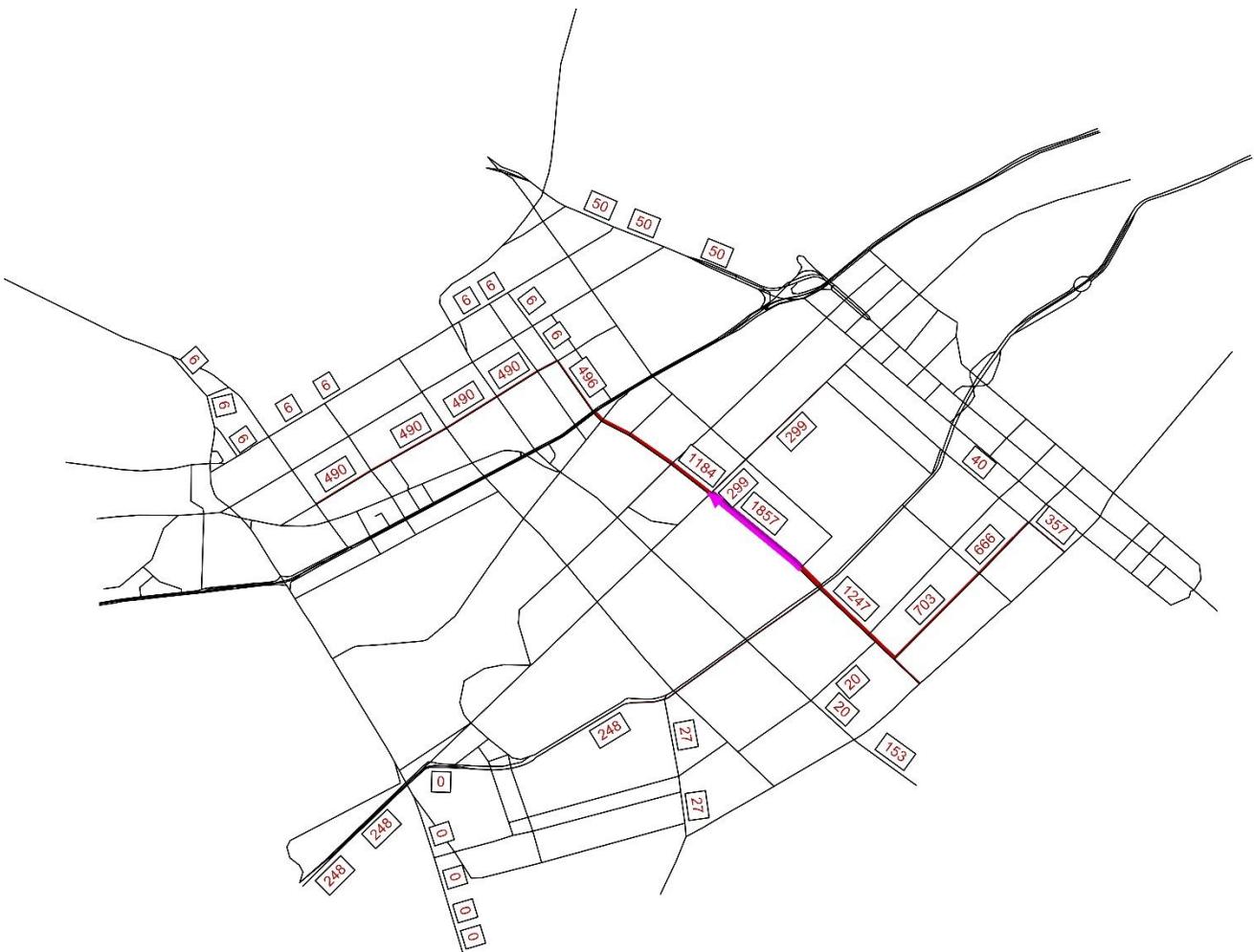


Figura 70: Utilização do *FlowBundle* para um link (em rosa) da rua Estados Unidos

Na Tabela 18, a seguir, é mostrado o resultado do FlowBundle para todas as vias que, ou tiveram uma alteração significativa de fluxo, ou sofreram perda de faixa de rolamento para implantação da infraestrutura cicloviária. Os resultados são o tempo médio e a velocidade média das viagens que passam por essas vias.

	Tempo médio (Ref) (minutos)	Tempo médio (A) (minutos)	Varição	Velocidade média (Ref) (km/h)	Velocidade média (A) (km/h)	Varição
Geral	25,16	24,91	-1,00%	33,14	33,33	0,58%
R. Augusta	25,80	26,45	3,29%	15,23	14,45	-5,15%
R. Estados Unidos	21,43	21,63	0,92%	22,18	21,78	-1,84%
R. Arthur de Azevedo	30,72	30,17	-1,80%	13,47	13,58	0,78%
Av. Henrique Schaumann	20,80	20,68	-0,55%	26,67	26,80	-0,24%
R. Bela Cintra	28,29	28,65	1,27%	12,43	12,11	-2,64%
Al. Jaiú	15,81	16,66	5,38%	22,33	20,90	-6,40%
Av. Paulo VI	34,79	34,08	-2,03%	19,25	19,80	1,82%
R. Inglaterra	23,56	23,52	-0,14%	28,06	28,11	0,19%
Al. Campinas	29,92	29,18	-2,50%	18,50	18,94	2,42%
R. Tabapuã	29,80	29,83	0,10%	33,90	33,78	-0,35%

Tabela 18: Comparação dos resultados de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e Cenário A para algumas vias específicas utilizando o FlowBundle

É possível inferir que as vias mais afetadas tiveram uma variação média no tempo médio e na velocidade média de suas viagens de respectivamente 0,4% e -1,1%. Tais variações não representam uma piora significativa dos fluxos da região de estudo. Vale notar também que as vias mais afetadas, com variações de 5% a 6,4% na velocidade média, são aquelas que, mesmo antes das modificações, já se apresentavam saturadas.

4.6.3. CENÁRIO B

4.6.3.1. Alterações previstas na via

Da mesma forma que para o cenário A, no cenário B foram determinados diferentes trechos a partir de pontos, nomeados de A' a T', que constam na Figura 71 a seguir:

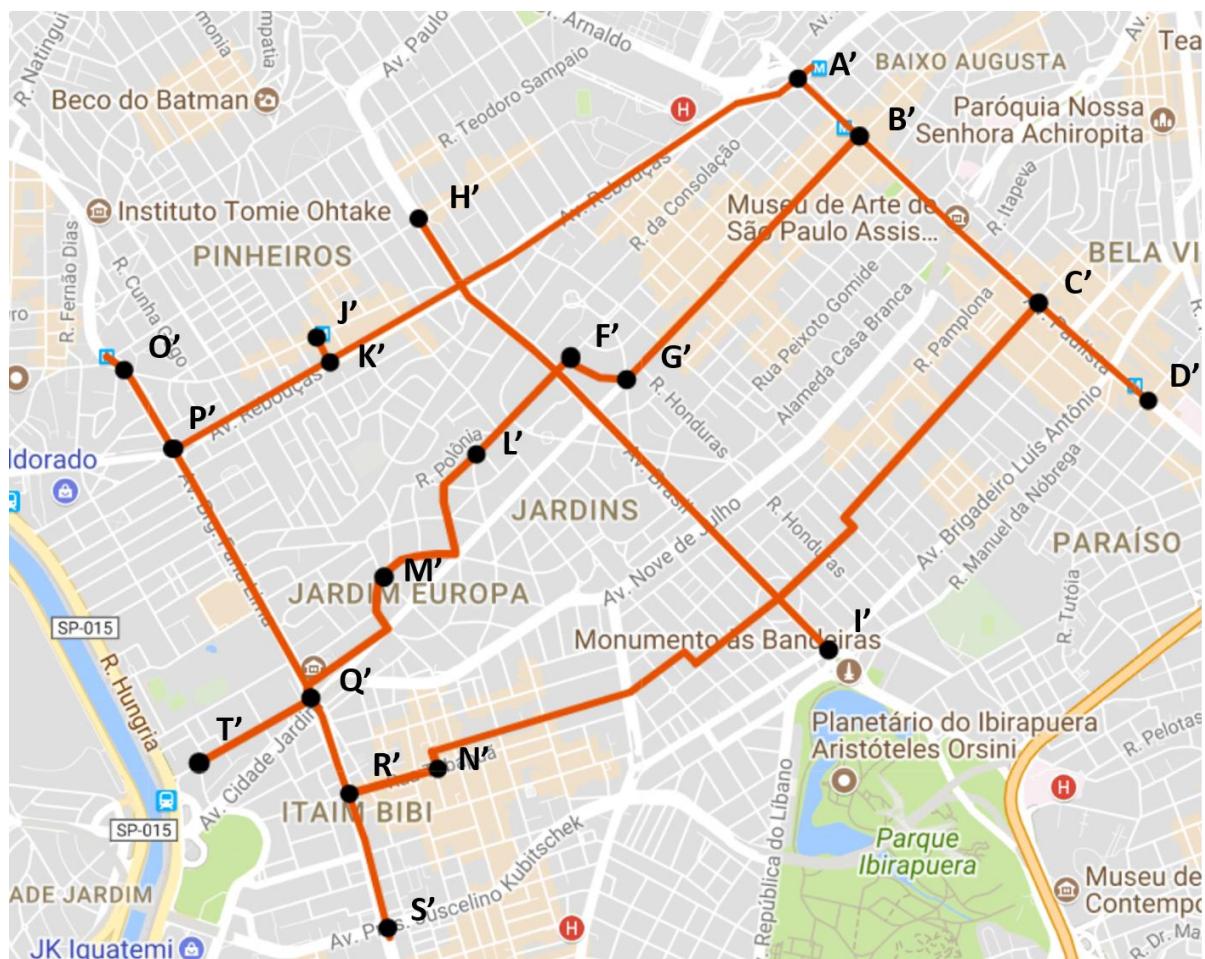


Figura 71: Cenário B dividido por trecho

Assim como o cenário A, a rede proposta leva em conta diversas alterações nas vias que seguem a configuração atual para cada trecho, sem considerar a infraestrutura cicloviária já existente. O relatório fotográfico delas está apresentado no Anexo D deste trabalho.

Segue detalhamento das alterações necessárias trecho a trecho:

Trecho A'D': Alocação de ciclovia no canteiro central.

Trecho A'P': Alocação de ciclovia à direita da via, olhando no sentido P'-A', substituindo uma faixa nesse sentido.

Trecho B'G': Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido G'-B', substituindo uma faixa nesse sentido.

Trecho C'N': Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido N'-C', substituindo uma faixa de estacionamento. Para a Alameda Campinas, que possui faixa de estacionamento somente à direita, as faixas normais foram deslocadas para a direita para dar espaço à ciclofaixa, tirando, assim, a faixa de estacionamento.

Trecho G'F': Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido F'-G', substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho F'L': Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido L'-F', substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho H'I': Alocação de ciclovia à esquerda da via, olhando no sentido H'-I', substituindo uma faixa nesse sentido.

Trecho J'K': Alocação de ciclorrota com redução da velocidade da via para 20 km/h.

Trecho L'M': Alocação de ciclofaixa à direita da via, olhando no sentido M'-L', substituindo uma faixa de estacionamento.

Trecho M'Q': Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido Q'-M', substituindo uma faixa no sentido da via. Alocação de calçada partilhada na transição entre a rua Itália e a rua Gumercindo Saraiva, de forma a não interferir na Avenida Europa.

Trecho N'R': Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido R'-N', por conta da presença de faixa de ônibus à direita, substituindo uma faixa no sentido da via.

Trecho O'S': Alocação de ciclovia no canteiro central.

Trecho Q'T': Alocação de ciclofaixa à esquerda da via, olhando no sentido T'-Q', substituindo uma faixa de estacionamento.

4.6.3.2. Alocação de Demanda e Nível de Serviço

Nas Figuras 72 e 73 a seguir são mostrados graficamente os resultados da alocação de demanda (veículos por hora na hora-pico) e nível de serviço (valor da alocação pela capacidade da via), respectivamente, para o cenário B.



Figura 72: Alocação de demanda na rede no cenário B

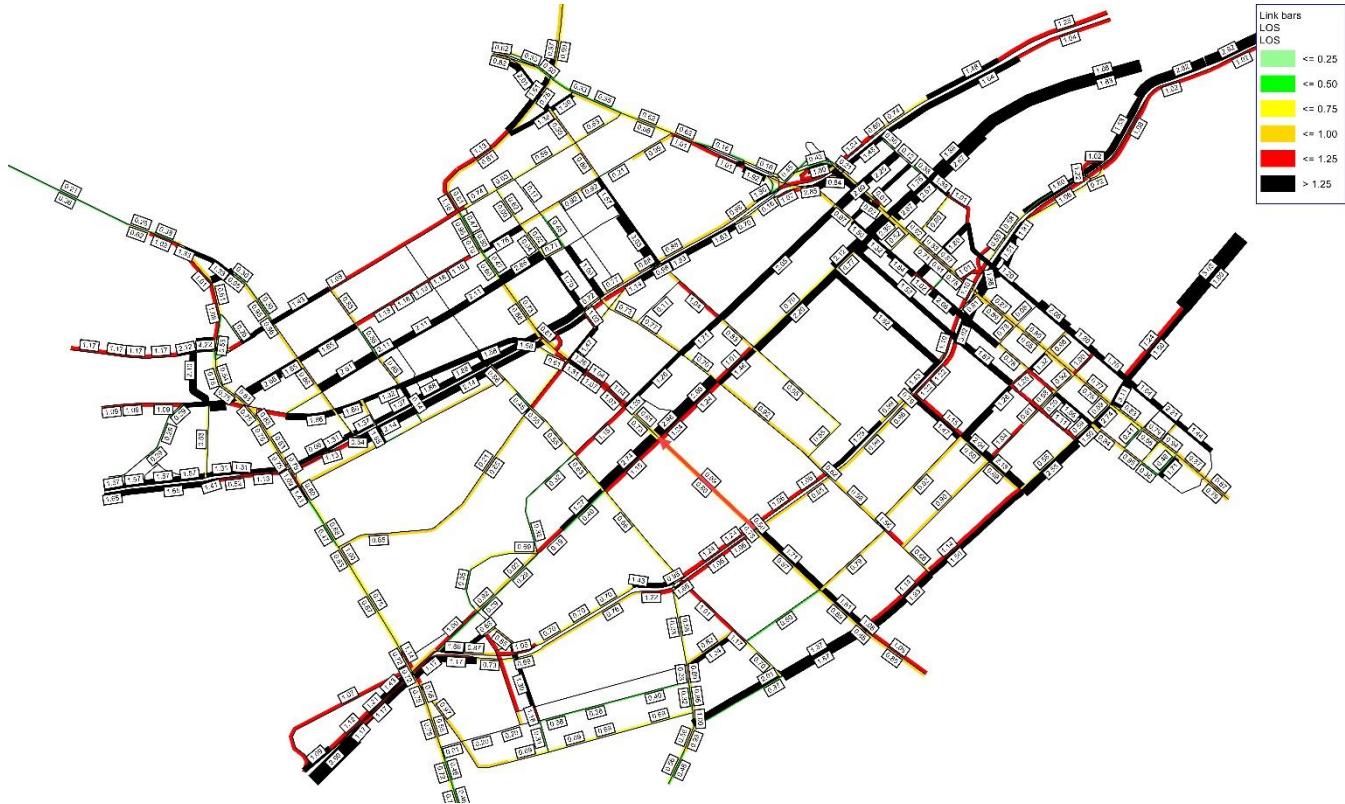


Figura 73: Nível de serviço na rede no cenário B

4.6.3.3. Comparação

Os resultados globais de tempo e velocidade média do cenário B constam na Tabela 19 a seguir:

Tempo médio 0 (minutos)	Tempo médio (B) (minutos)	Variação
25,16	25,06	-0,38%
Velocidade média 0 (km/h)	Velocidade média (B) (km/h)	Variação
33,14	33,20	0,18%

Tabela 19: Comparação dos resultados globais de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e B

Neste cenário também ocorre uma melhora nos tempos e velocidades da rede médios, porém em um grau ainda menor que o cenário A, de -0,38% e 0,18%. Isso reflete um resultado positivo, considerando que, mesmo com a retirada de uma faixa de rolamento em avenidas importantes da cidade como Brasil e Rebouças, uma diminuição de 1,7% no volume de automóveis — algo que à primeira vista pode não parecer significativo — acaba compensando o impacto.

De forma análoga ao cenário A, nas Figuras 74 (geral) e 75 (zoom) a seguir pode-se verificar as mudanças pontuais na rede. Novamente, as vias em vermelho

representam um decréscimo no fluxo de veículos na hora-pico do cenário Referencial para o cenário B e as vias em azul representam um aumento desse fluxo.

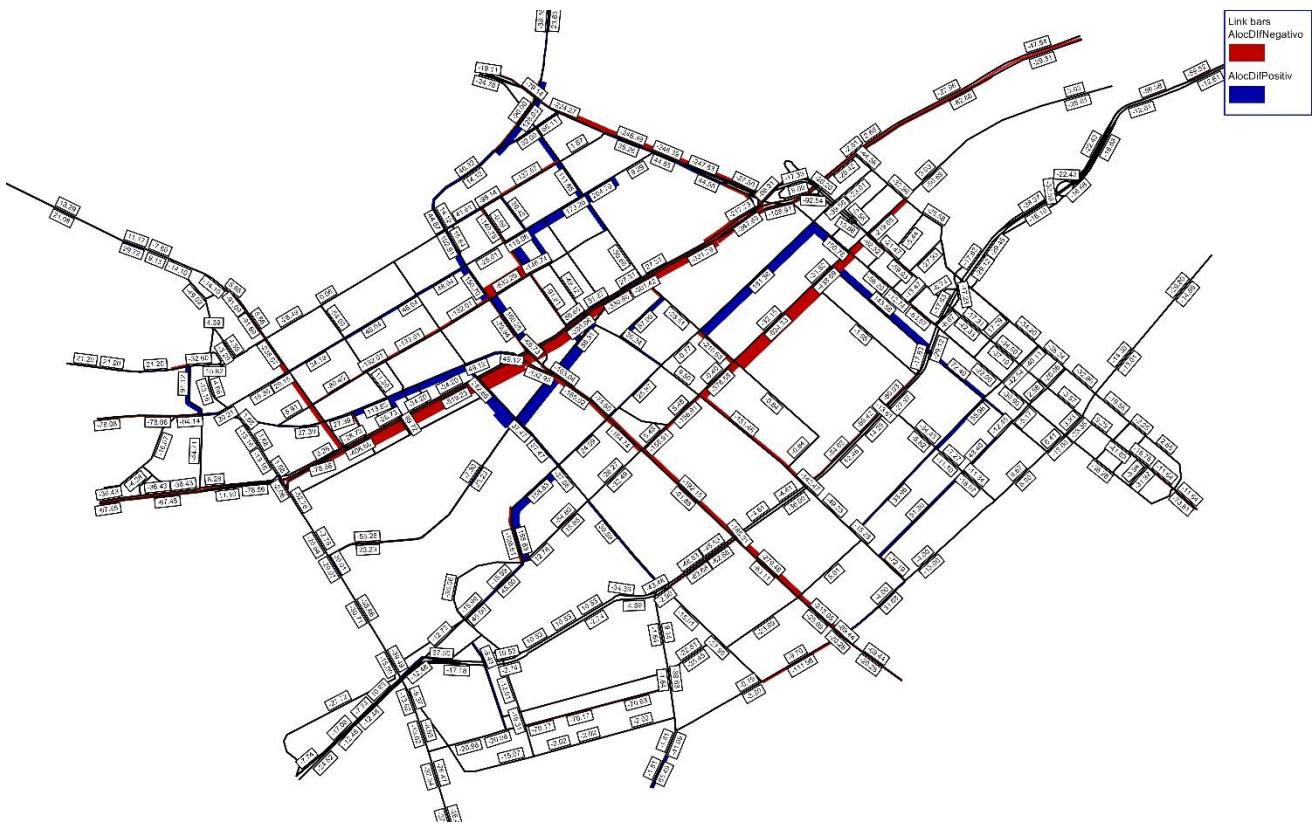


Figura 74: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - B

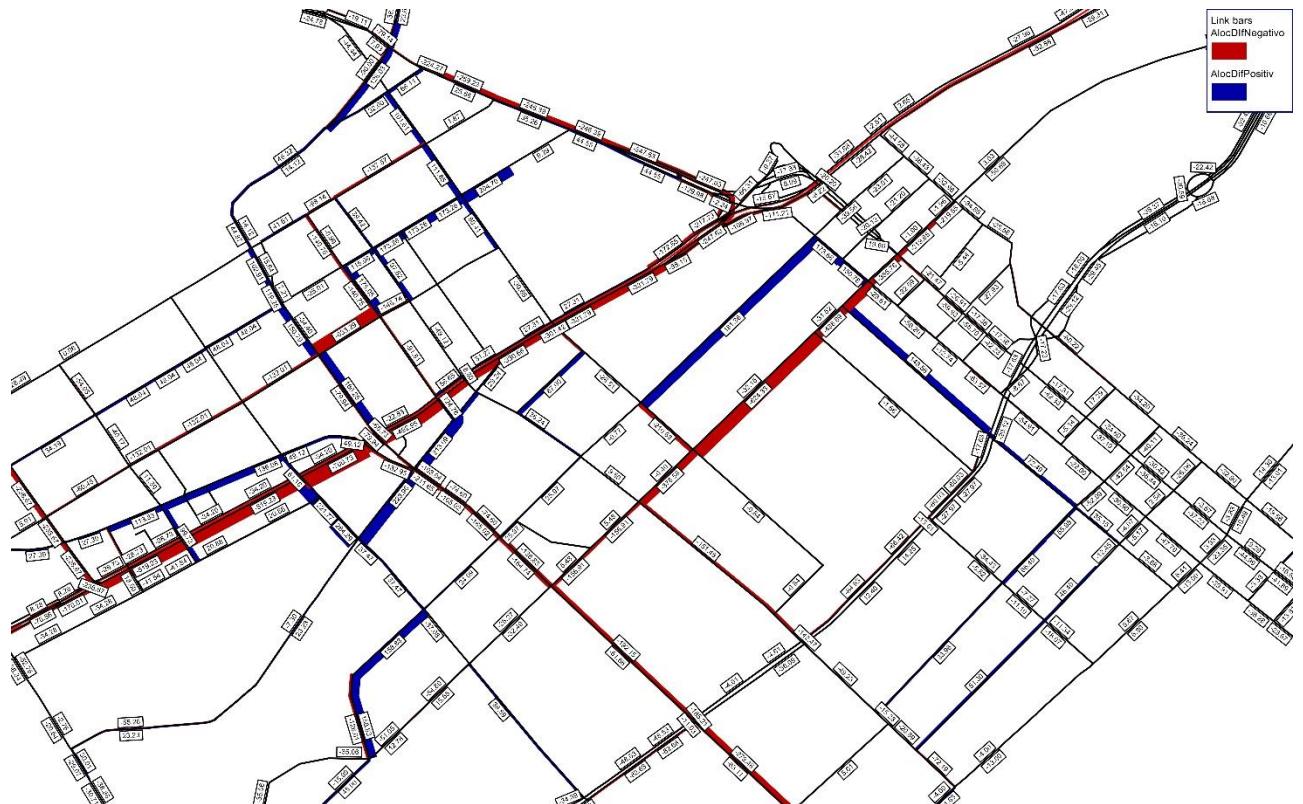


Figura 75: Comparação de fluxo de veículos cenários Ref. - B (zoom em região de interesse)

Nota-se uma alteração nos fluxos das Ruas Augusta, Bela Cintra, Arthur de Azevedo, Inglaterra e Jaú de maneira semelhante ao cenário A, em valor e distribuição. Por outro lado, neste cenário não houve uma diminuição expressiva do fluxo na Rua Estados Unidos. Já a Avenida Brasil teve uma leve diminuição de fluxo, mas teve suas viagens pulverizadas em caminhos alternativos por toda a rede, não sendo observada de forma clara uma alternativa preferida. Além disso tem-se uma maior diminuição de fluxo na Av. Rebouças no sentido Paulista, podendo ser observada uma mudança para as vias R. Teodoro Sampaio, Al. Gabriel Monteiro da Silva e R. dos Pinheiros.

	Tempo médio (Ref.) (minutos)	Tempo médio (B) (minutos)	Variação	Velocidade média (Ref.) (km/h)	Velocidade média (B) (km/h)	Variação
Geral	25,18	25,06	-0,38%	33,14	33,20	0,18%
R. Augusta	24,93	25,81	3,53%	14,98	14,20	-5,24%
R. Estados Unidos	20,59	20,87	1,34%	21,99	21,51	-2,16%
Av. Brasil	25,37	25,17	-0,81%	22,79	22,67	-0,54%
R. Arthur de Azevedo	29,45	28,91	-1,82%	13,38	13,53	1,08%
Av. Rebouças (Pinheiros)	32,72	32,01	-2,19%	19,07	19,44	1,97%
Av. Rebouças (Jardim Paulista)	33,14	32,85	-0,87%	14,91	14,68	-1,51%
Av. Rebouças (Completa)	47,74	46,85	-1,88%	11,06	11,20	1,33%
Av. Henrique Schaumann	21,16	21,03	-0,64%	26,34	26,33	-0,05%
R. Bela Cintra	29,91	30,27	1,20%	12,17	12,02	-1,29%
Al. Jaú	15,81	16,66	5,38%	22,33	20,90	-6,40%
R. Teodoro Sampaio	26,57	26,34	-0,87%	18,92	18,22	-3,71%
R. Inglaterra	22,88	22,80	-0,37%	28,94	28,72	-0,77%
Al Gabriel Monteiro da Silva	20,73	20,81	0,43%	21,66	21,39	-1,21%

Tabela 20: Comparação dos resultados de tempo e velocidade médias dos cenários Ref. e B para algumas vias específicas utilizando o FlowBundle

É possível inferir que as vias mais afetadas tiveram uma variação média no tempo e na velocidade médias de suas viagens de respectivamente 0,2% e -1,4%. Tais variações não são representam uma piora significativa dos fluxos da região de estudo. Vale notar também que as vias mais afetadas, com variações de 5% a 6,4% na velocidade média, são aquelas que, mesmo antes das modificações, já se apresentavam saturadas.

4.7. DISCUSSÃO - RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM A INFRAESTRUTURA ATUAL

Observando os resultados obtidos nas simulações dos cenários A e B, pode-se inferir que ambos têm variações praticamente insignificantes entre si em termos de variações médias de tempo de viagem e velocidade, com diferenças de apenas 0,2% no tempo e 0,3% na velocidade, além de variações máximas iguais, de 5,38% e 6,4% no tempo e velocidade respectivamente. Contudo, existem algumas razões pelas

quais considerar o cenário A como a melhor opção de infraestrutura dentre as estudadas. Primeiramente o cenário A impacta menos vias de maneira mais intensa, com menos vias a terem grandes mudanças de alocação; de 10 vias contra 13 do cenário B. Outro aspecto é a existência de uma ciclovia adicional no sentido perpendicular as vias Rebouças e Brigadeiro Luís Antônio, garantindo uma maior abrangência da rede com maior conectividade e opções mais próximas para os usuários. Por fim, o cenário A evita vias de grande volume de circulação de veículos e velocidade elevada, como a Av. Rebouças e a Av. Brasil, garantindo uma maior segurança ao ciclista, além de um investimento menor em infraestrutura.

Os resultados obtidos para ambos os cenários, A e B, apresentam algumas diferenças relevantes em relação à disposição atual da infraestrutura cicloviária. O primeiro ponto que chama a atenção remete à disposição atual dessa infraestrutura para a área estudada (Figura 76), que se separa em 2 blocos de infraestrutura, um na região alta dos jardins, entre a Avenida Brasil e a Avenida Paulista, e um na região da Avenida Faria Lima, sendo os dois claramente desconexos entre si. Essa situação reflete uma das principais críticas à infraestrutura de São Paulo, tratada na seção 2.1.. O cenário A (Figura 60) e o cenário B (Figura 61) levam em consideração a conectividade das rotas, de modo que ambas as regiões (região da Paulista e região da Faria Lima) são conectadas por uma ou mais rotas.

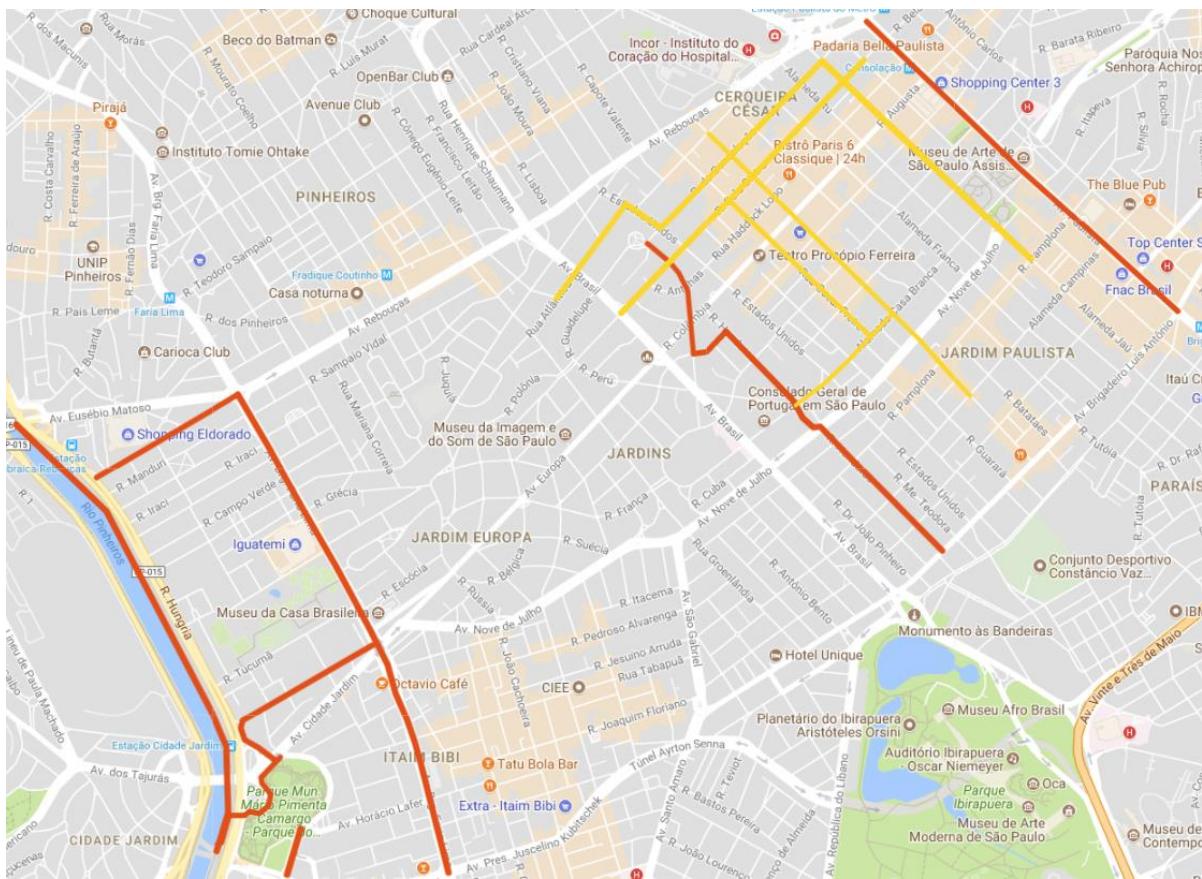


Figura 76: Disposição atual da infraestrutura ciclovária, onde vias vermelhas são ciclovias, e vias amarelas são ciclorrotas

Um segundo ponto relevante é má disposição da infraestrutura de acordo com a velocidade da via. Comparando-se a disposição atual da infraestrutura (Figura 76) com a disposição das velocidades, percebe-se que algumas ciclorrotas, como a da Alameda Casa Branca e a da Alameda Jaú, estão alocadas em vias onde a velocidade máxima permitida é 40km/h (vias verdes). Essa disposição contradiz as diretrizes de segurança física apontadas no Presto, que reforçam que ciclorrotas, vias que as bicicletas trafegam livremente com carros e motocicletas, sem qualquer separação de infraestrutura, apenas podem ser implementadas em vias de velocidade máxima permitida de até 30km/h, as vias brancas da Figura 77.

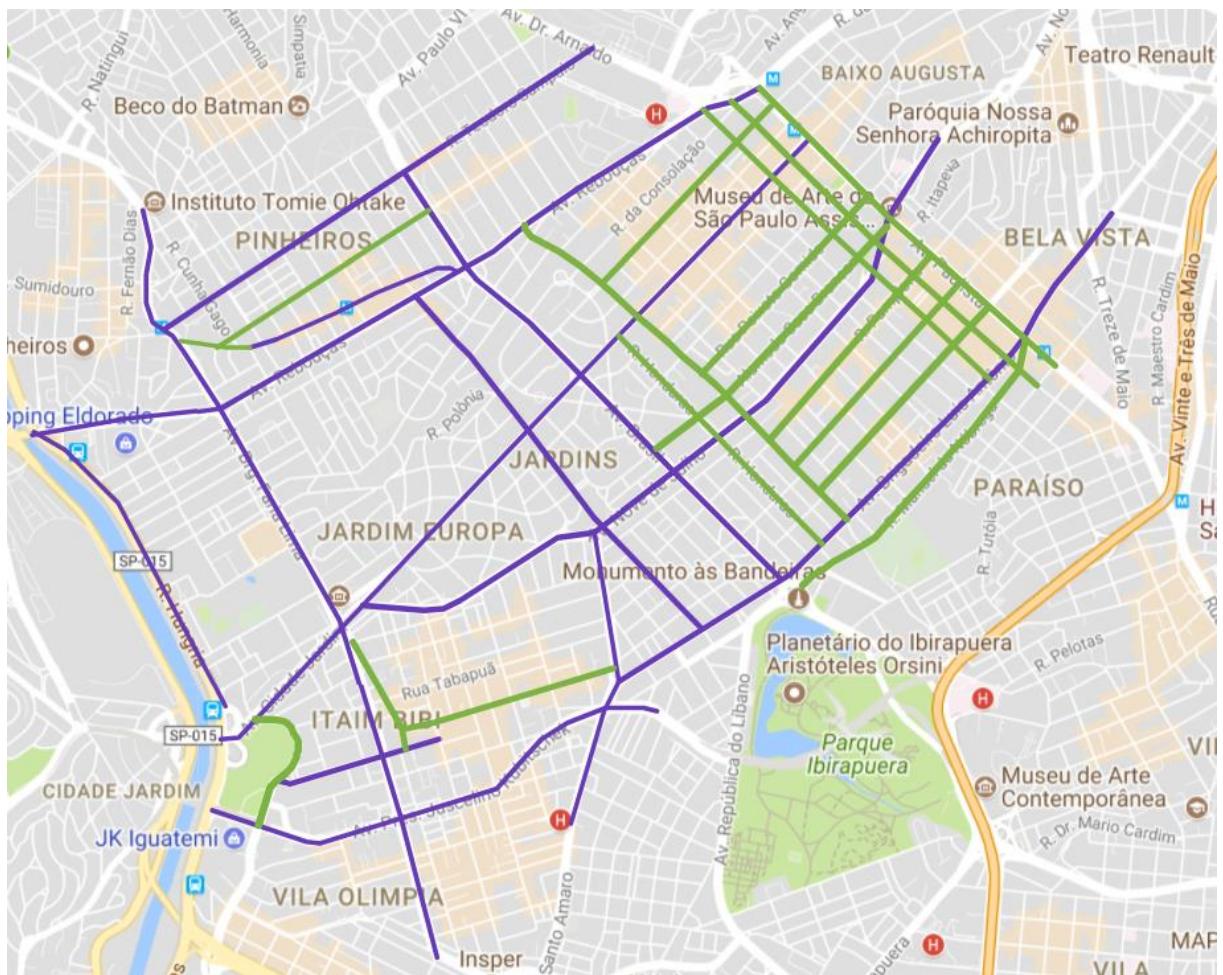


Figura 77: Mapeamento das velocidades permitidas nas vias, onde vias brancas são até 30km/h, vias verdes são 40km/h e vias azuis são 50km/h ou mais

Um terceiro ponto é a falta de adequação da infraestrutura aos principais fluxos da região. Além de não contribuir para a conectividade da infraestrutura, a falta de uma infraestrutura que ligue a região da Paulista com a região da Faria Lima faz com que a infraestrutura atual apenas se adeque a 3 dos 6 principais fluxos de demanda (os chamados “trechos” da metodologia). Essa disparidade de demanda potencial e oferta contribui para subutilização das vias existentes, bem como ao desestímulo ao uso do modal.

Por fim, a própria escolha dos trechos que possuem ciclofaixa acabou por se mostrar inadequada em alguns dos pontos. A criação da ciclofaixa da rua Honduras, por exemplo, apesar de se adequar a um dos trechos de demanda, não foi indicada em nenhum dos cenários. Isso se deu pelo fato de tal via não atender aos princípios de linearidade e diretividade, respeitando ao mesmo tempo a conectividade da rede, utilizados para se escolher as rotas em potencial. Em outras palavras, apesar de a Rua Honduras possuir trechos constantes e retos, a via possui vias paralelas, como a

Avenida Brasil e a Rua Estados Unidos que são mais lineares por todas as suas extensões e possuem adequação quanto à saturação física da via (possuindo espaço para a implementação de infraestrutura), além de conectar direta e linearmente três trechos de alta demanda de automóvel, o trecho da Rebouças, o trecho da Brigadeiro Luiz Antônio, e o trecho da Augusta.

5. CONCLUSÃO

Com o aumento populacional e as cidades cada vez mais saturadas de veículos, é essencial a adoção de medidas sustentáveis. Nesse âmbito, a implementação de infraestrutura cicloviária tem se mostrado uma das soluções viáveis, com êxito em diferentes lugares. Entretanto, metodologias de implementação costumam abordar diferentes aspectos muitas vezes de uma forma bastante subjetiva e não sistemática, como é o caso de São Paulo. Nesse contexto, propôs-se uma metodologia unificada baseada em metodologias que vêm tendo sucesso pelo mundo.

A metodologia proposta baseou-se em uma análise sequencial de fatores relevantes na escolha de trechos quanto à sua adequabilidade ao sistema cicloviário. Para tanto, uniu ponderações quantitativas atreladas ao espaço físico das vias, percepções qualitativas, hierarquização e simulação de resultados em software de macrossimulação, tornando mais objetivo e sistemático o estudo de implementação de uma Rede Cicloviária Estrutural, sem, contudo, perder a flexibilidade de considerar outros fatores de forma mais subjetiva.

No exercício proposto, aplicou-se a metodologia na região dos Jardins, em São Paulo. A análise do número de viagens gerou 6 trechos principais por onde haveria maior demanda para infraestrutura cicloviária. Para cada trecho foram pré-selecionadas rotas potenciais, baseadas nos limites do trecho, critérios de conforto para o ciclista e interação com outros modais. Posteriormente, ponderou-se de forma hierárquica os critérios de (i) saturação física da via, (ii) velocidade relativa, (iii) topografia, (iv) intermodalidade e (v) segurança pessoal, por meio do Método AHP. Subsequentemente, gerou-se cenários baseados nos resultados da hierarquia das rotas, e procedeu-se com a simulação dos mesmos.

Utilizando-se do fator de conversão modal médio estimado de 1,7%, mostrou-se que ambos os cenários teriam resultados levemente positivos. É importante notar que os resultados de redução de 1% no tempo das viagens para o cenário A, e de 0,38% para o cenário B, bem como um aumento na velocidade média da rede, de 0,58% e 0,18% para os cenários A e B, respectivamente, foram positivos. Mesmo o fator sendo uma mera aproximação para a eventual conversão modal, como será

tratado na seção 6, o exercício aponta que a implementação da infraestrutura cicloviária acarreta em impactos negativos relativamente pequenos no trânsito da região, quando negativos, além dos impactos positivos para a mobilidade urbana sustentável da cidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRÓXIMOS PASSOS

A metodologia proposta neste trabalho teve como objetivo estabelecer um método sistemático e objetivo, no quesito de implementação de rede cicloviária, que pudesse ser aplicado ou mesmo ter algumas de suas ideias aproveitadas. Existem, contudo, pontos relevantes a serem levantados para uma melhor utilização da metodologia, ou mesmo aprimoramento da mesma.

Primeiramente, como já foi mencionado, a metodologia se propõe apenas a melhorar o processo de alocação e avaliação de vias para a formação de uma Rede Cicloviária Estrutural otimizada. Contudo, para haver uma efetiva e significativa inserção do uso da bicicleta nas viagens cotidianas, não basta apenas ter uma rede cicloviária adequada. É importante que a metodologia considere aspectos mais específicos acerca da implementação, como características geométricas das vias de bicicleta e o tratamento de cruzamentos ou barreiras urbanas, e até medidas que atuem na mudança de cultura da população. Deve-se também adicionar métodos de concepção de estacionamentos e sistemas de compartilhamento de bicicleta, por exemplo, assim como ações e programas complementares à infraestrutura de fomento ao uso da bicicleta. Em paralelo, seria igualmente necessário vincular as diretrizes da metodologia a regulamentações/legislações do uso modal de bicicletas perante os outros modais de transporte.

Para efeitos deste trabalho, foi necessária a determinação de uma região limitada e de área reduzida. Tal escolha, entretanto, implicou em uma análise local, sem considerar a conectividade da rede trabalhada com a rede de São Paulo como um todo. Isso resultou em uma maior imprecisão na alocação das rotas mais próximas às bordas da região escolhida por se desprezar a possibilidade de rotas externas à mesma e a sua conexão com a rede formada em outras regiões. Para minimizar tal efeito, é indicado analisar regiões maiores, mesmo que aumente a complexidade da análise.

O critério de segurança pessoal poderia ser refinado quanto à sua forma de ser mensurado. Conforme explicado, o que mais importa para os usuários do modal bicicleta, tanto efetivos quanto potenciais, é a sensação de segurança pessoal, fator que carrega uma grande subjetividade consigo. Verificou-se na metodologia da Cidade do México, a contemplação de tal critério através da preferência de alocação

da rede cicloviária em locais com alta densidade populacional, uso público contínuo, vigilância contínua e boa iluminação. Todavia, não foi detalhada a forma com que cada um desses aspectos mencionados é medido e ponderado no planejamento cicloviário. Desta forma, poder-se-ia aprofundar um pouco mais nesses aspectos, procurando estabelecer uma forma objetiva e sistemática de considerá-los na ponderação do critério de segurança pessoal.

Outro critério com oportunidade de melhoria é o critério de saturação física da via, na medida em que são considerados apenas dados de número de faixas e presença de faixas de estacionamento, ônibus e canteiro central (com espaço para implementação de ciclovia); e são desprezadas informações referentes a largura de via, largura de calçadas, número de acessos aos lotes lindeiros (em termos de densidade por km) e previsões de melhoramentos viários. Estes últimos não foram considerados por uma questão de falta de acesso à informação, contudo podem ser facilmente adicionados no conjunto de informações e podem receber notas da mesma forma que para os que foram considerados, tornando mais precisa a ponderação do critério.

Para a definição dos pesos relativos dos critérios pelo método AHP, uma das fontes utilizadas foi uma pesquisa informal com usuários de bicicleta. É importante ressaltar que isso contribuiu para essa etapa de maneira relativamente qualitativa, e que resultados mais precisos seriam obtidos com uma pesquisa mais abrangente e intensiva junto aos grupos de interesse (ciclistas e grupos de ciclistas em potencial).

Em relação à macrossimulação, seria interessante a utilização de uma rede mais completa, calibrada e que abrangesse uma região maior que a de estudo. Contudo, a elaboração de tal rede é bastante complexa e acaba demandando um tempo considerável, do qual não dispúnhamos devido às outras exigências deste trabalho. Além disso, o modelo utilizou a matriz OD de São Paulo agregando as zonas, visando a simplificação dos procedimentos de análise no macrossimulador PTV-Visum. Um cenário no qual fosse utilizada uma matriz OD atualizada e granular resultaria em resultados consideravelmente mais precisos e adequados à realidade. Também seria proveitoso fazer a análise utilizando também a matriz OD hora-pico do período da tarde, em complemento à hora-pico da manhã, pois, embora se espere que a maior parte das viagens de ida tenham a mesma direção e sentido oposto das

viagens de volta e sejam um pouco mais espaçadas no tempo (menos críticas), podem haver certas peculiaridades que impactem a conclusão da análise. Além disso, quanto à simulação dos cenários, em casos de infraestrutura cicloviária substituindo estacionamento de automóveis, considerou-se que o impacto seria desprezível para o fluxo viário. É sabido, entretanto, que tal situação pode gerar dois efeitos difíceis de mensurar: um efeito de aumento da circulação local devido à procura de vagas de estacionamento e um efeito de desincentivo de viagens com destino à região devido à dificuldade de estacionar.

Outro ponto da metodologia com espaço para melhoria seria a taxa de conversão modal, utilizada na simulação dos impactos da implementação da infraestrutura concebida. Por não ser o foco deste trabalho, optou-se por fazer apenas uma estimativa preliminar de um potencial de conversão modal que se poderia atingir com a implementação de um Sistema Cicloviário adequado. Contudo, seria interessante uma previsão mais precisa dessa expectativa de conversão modal, através de um estudo mais aprofundado de modelos de divisão modal, o que aumenta consideravelmente a complexidade do estudo.

Quanto à questão da última milha, a abordagem pelo critério de intermodalidade é uma alternativa efetiva, principalmente para as regiões mais periféricas. Contudo, existem formas mais sofisticadas de se abordar tal questão, dividindo as viagens multimodais pelos seus modos e a origem e destino de cada trecho por eles percorrido. Tal análise não foi realizada por não se tratar do foco deste trabalho, porém seria um acréscimo relevante à metodologia.

Por fim, é importante frisar que os resultados da simulação se dão para quando a infraestrutura já está completamente implementada. Espera-se que o período de obras provoque impactos relevantes no trânsito da região que não foram simulados, mas que devem sim ser considerados ao se realizar o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GERAL

- [1] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Sistema de Informações da Mobilidade de Urbana:** Relatório Geral 2014. São Paulo, julho de 2016, 96 p.
- [2] COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Manual de Sinalização Urbana:** Espaço Cicloviário. São Paulo, dezembro de 2014, 273 p.
- [3] CICLOCIDADE (ASSOCIAÇÃO DOS CICLISTAS URBANOS DE SÃO PAULO) E CIDADE A PÉ (ASSOCIAÇÃO PELA MOBILIDADE A PÉ EM SÃO PAULO). **A mobilidade Ativa na Cidade de São Paulo.** São Paulo, dezembro de 2016, 23 p.
- [4] DIRK DUFOUR, LIGTERMOET & PARTNERS. **Presto Cycling Policy Guide.** Holanda, fevereiro 2010.
- [5] DIRK DUFOUR, LIGTERMOET & PARTNERS. **Fietsberaad Publication number 7.** Fietsberaad: Jaarbeursplein, Utrecht, Holanda, dezembro 2009, 120 p.
- [6] GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE e UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. **Estrategia de Movilidad en Bicicleta de la Ciudad de México.** México.
- [7] IBPI, INITIATIVE FOR BICYCLE AND PEDESTRIAN INNOVATION. **Creating Walkable+ Bikeable Communities.** 2012.
- [8] MALATESTA, M. E. B. **A história dos estudos de bicicletas na CET.** Companhia de Engenharia de Tráfego: São Paulo, 2012, 58 p. - (Boletim Técnico da CET, 50)
- [9] NATIONAL COOPERATIVE EDUCATION STATISTICS SYSTEM. **Guide to Decision Support Systems.** Maryland, 2006.
- [10] PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano Municipal de Mobilidade Urbana 2015.** São Paulo, 2015, 201 p.
- [11] PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano Diretor Estratégico (PDE) de São Paulo de 2014.** São Paulo, 2014.

[12] QUAY COMMUNICATIONS INC. **TransLink Public Bike System Feasibility Study**. Março 2008, 48 p. TransLink.

[13] SAN FRANCISCO MUNICIPAL TRANSPORTATION AGENCY (SFMTA). **SFMTA: Bicycle Strategy**. São Francisco, abril 2013, 34 p.

DISSERTAÇÕES E TESES

[1] BRILHANTE DE SOUSA, PABLO. **Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário**. Agosto, 2012. 190 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 1 de outubro de 2012.

[2] CORRÊA DA SILVA, RICARDO. **A bicicleta no planejamento Urbano: Situação e perspectiva da inserção da bicicleta no planejamento de mobilidade em São Paulo e no Brasil**. 2014. 159 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

[3] MUSSO, B. O.; ALBERNAZ, F. G. M.; TONUS, G. T. R.; BOUCHER, L. H. C. **Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego**. 2017. 119 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Orientador: Prof. Dr. Claudio Luiz Marte.

ENDEREÇOS ELETRÔNICOS

[1] COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. Disponível em:
<http://www.cetsp.com.br/>. Acesso em 11 de junho de 2017.

[2] DUTCH CYCLING EMBASSY. **Os peritos mundiais de ciclismo**. Disponível em:
<https://www.dutchcycling.nl/library/file/DCE%20Brochure%20Portugese.pdf>.
Acesso em 25 de maio de 2017.

[3] FOLHA DE SÃO PAULO. **“Muita tinta e dois anos, ciclovias passam a fazer parte da cidade”**. Publicado em 2 de junho de 2016. Disponível em:
<http://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2016/06/1778012-muita-tinta-e-2-anos-depois-ciclovias-passam-a-fazer-parte-da-vida-da-cidade.shtml>. Acesso em 05 de maio de 2017.

[4] GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Panorama de São Paulo**. Disponível em: <http://www.saopauloglobal.sp.gov.br/panorama_geral.aspx>. Acesso em 11 de junho de 2017.

[5] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. São Paulo. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3550308>>. Acesso em 11 de junho de 2017.

[6] INSTITUTO DE PESQUISAS DATAFOLHA. “**80% aprovam ciclovias em São Paulo; sobe aprovação a Haddad**”. Publicado em 22 de setembro de 2014. Disponível em: <<http://datafolha.folha.uol.com.br/opiniaopublica/2014/09/1520360-80-aprovam-ciclovias-em-sao-paulo-sobe-aprovacao-a-haddad.shtml>>. Acesso em 11 de junho 2017.

[7] METRO. **Pesquisa de Mobilidade Urbana 2012**. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/metro/numeros-pesquisa/pesquisa-mobilidade-urbana-2012.aspx>>. Acesso em 14 de maio de 2017.

[8] MOMENTUM MAG. **Protected Bike Lanes by the Numbers**. Disponível em: <<http://momentummag.com/features/protected-bike-lanes-by-the-numbers/>>. Acesso em 8 de junho de 2017.

[9] PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano de Mobilidade Urbana do Município de São Paulo 2015**: Plano de Mobilidade de São Paulo - Modo Bicicleta. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/planmobsp-rev002_1428005731.pdf>. Acesso em 11 de junho 2017.

[10] SP DE BIKES. **Ciclofaixas-ciclovias-ciclorotas**. Disponível em: <<http://www.cidadedesaoporto.com/spdebike/ciclofaixas-ciclovias-ciclorotas/>>. Acesso em 11 de junho de 2017.

[11] WAGENBUUR, Mark. **How the Dutch got their cycle paths**. 2011 (7 min), Worldwide, falado originalmente em inglês. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=XuBdf9jYj7o>>. Acesso em 21 de abril de 2017.

INDEX

Definição de alguns dos elementos de um sistema cicloviário (Companhia de Engenharia de Tráfego, 2017):

- **Bicicleta:** veículo de propulsão humana, dotado de duas rodas, não similar à motocicleta, motoneta ou ciclomotor.
- **Bicicletário:** estacionamento de bicicletas em área pública ou privada dotado de zeladoria presencial ou eletrônica.
- **Paraciclo:** suporte para a fixação de bicicletas que pode ser instalado em área pública ou privada.
- **Infraestrutura Cicloviária Permanente:** intervenções viárias dedicadas à circulação, exclusiva ou não, de bicicletas. É composta por ciclovias, ciclofaixas, calçadas partilhadas, calçadas compartilhadas, ciclorrotas, bicicletários e paraciclos.
- **Ciclovia:** pista de uso exclusivo de bicicletas e outros ciclos, com segregação física do tráfego lindeiro motorizado ou não motorizado, com sinalização viária, podendo ter piso diferenciado no mesmo plano da pista de rolamento ou no nível da calçada.
- **Ciclofaixa:** faixa de rolamento de uso exclusivo à circulação de ciclos, com segregação visual do tráfego lindeiro, podendo ter piso diferenciado no mesmo plano da pista de rolamento.
- **Calçada Partilhada:** espaço exclusivo para circulação de ciclos sobre parte da calçada, com segregação visual do tráfego de pedestres, podendo ter piso diferenciado no mesmo plano, devidamente sinalizado. As calçadas partilhadas equiparam-se às ciclofaixas, porém na calçada.
- **Calçada Compartilhada:** espaço de uso comum para a circulação de pedestres, cadeirantes e ciclistas montados, devidamente sinalizado e regulamentado, sem que haja prejuízo do conforto e da segurança física de seus usuários. Esta situação é regulamentada pelo Art. 59 do CTB e só ocorre quando o volume de pedestres é pequeno e a calçada não tem largura suficiente para acomodar uma ciclovia ou uma ciclofaixa.
- **Ciclorrota:** Sinalização cicloviária específica em pista de rolamento compartilhada com os demais veículos, onde as características de volume e velocidade do trânsito na via possibilitam o uso de vários modos de transporte

sem a necessidade de segregação. Este conceito deve ser aplicado obedecendo ao princípio da continuidade e orientação, especialmente em complementação às ciclovias e ciclofaixas.

- **Ciclofaixa Operacional de Lazer:** faixa de tráfego situada junto ao canteiro central, ou à esquerda da via, totalmente segregada do tráfego lindeiro por elementos de canalização como cones, supercones ou cavaletes, dotada de sinalização vertical e horizontal regulamentando o seu uso, com funcionamento aos domingos e feriados nacionais, das 7h às 16h.

ANEXOS

A - Linhas de Desejo obtidas pelo PTV-Visum



Figura 78: Linhas com mais de 200 viagens para todas as zonas, 0 a 7 km de distância

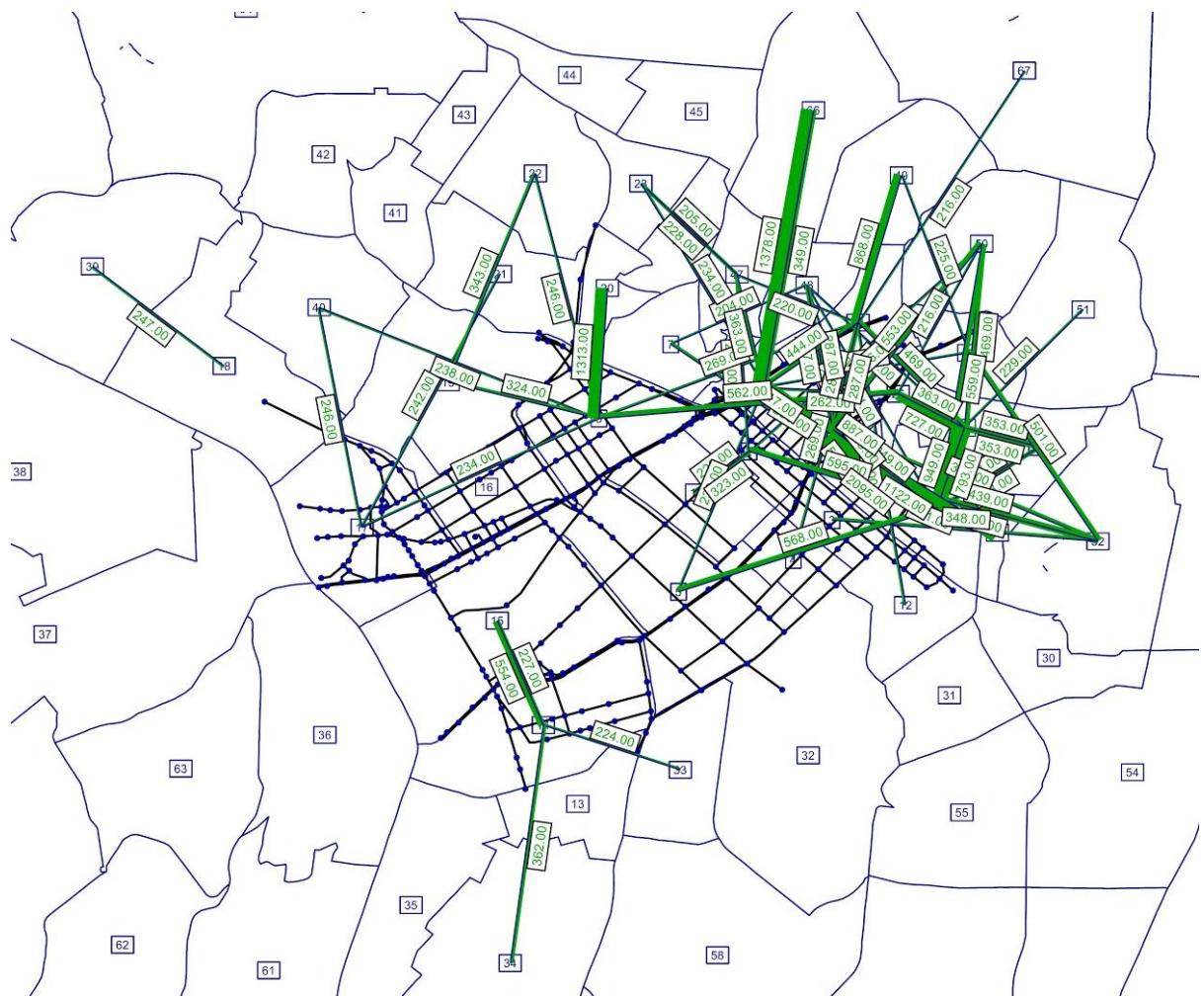


Figura 79: Linhas com mais de 200 viagens de 0 a 3 km de distância

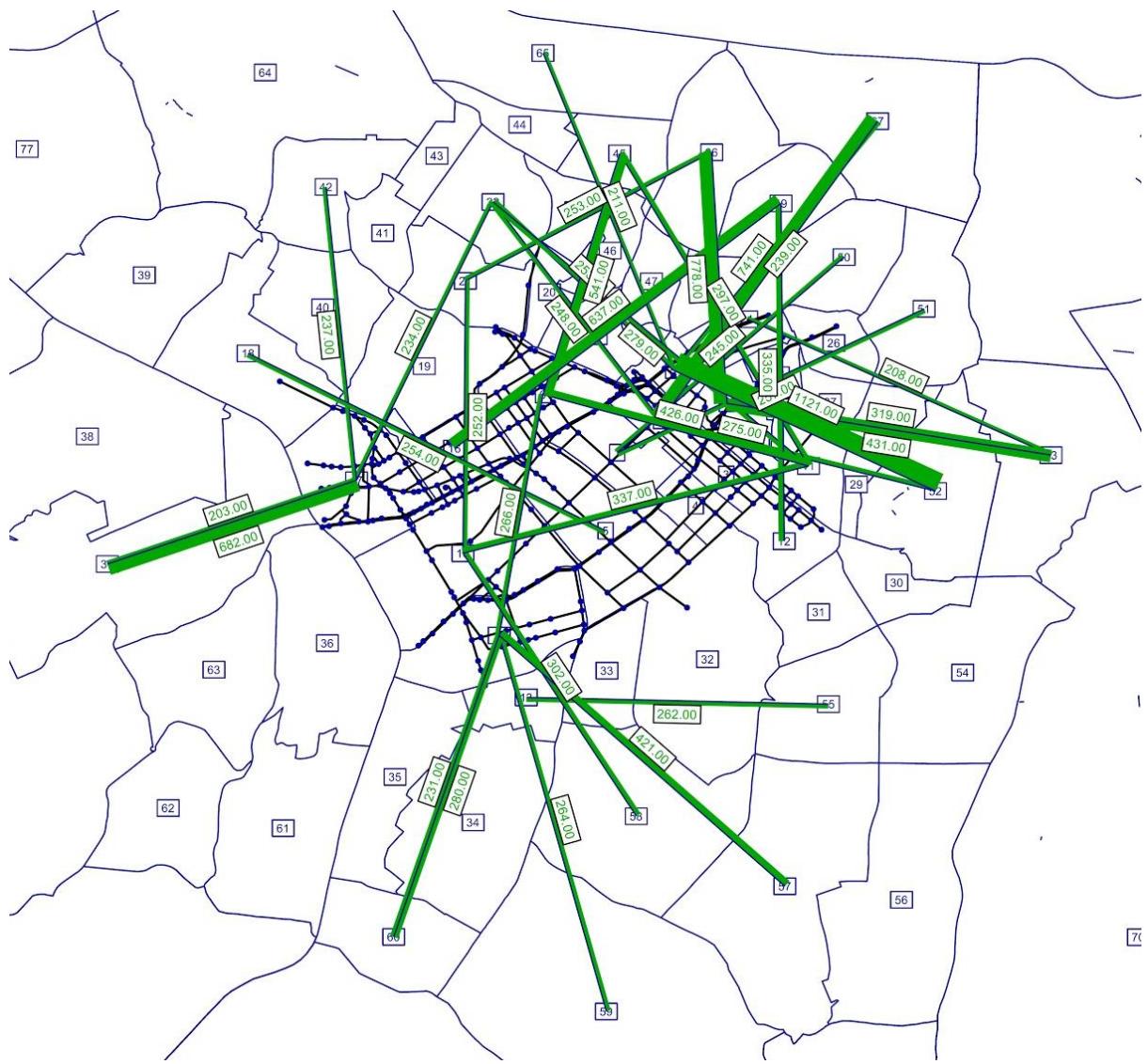


Figura 80: Linhas com mais de 200 viagens de 3 a 5 km de distância

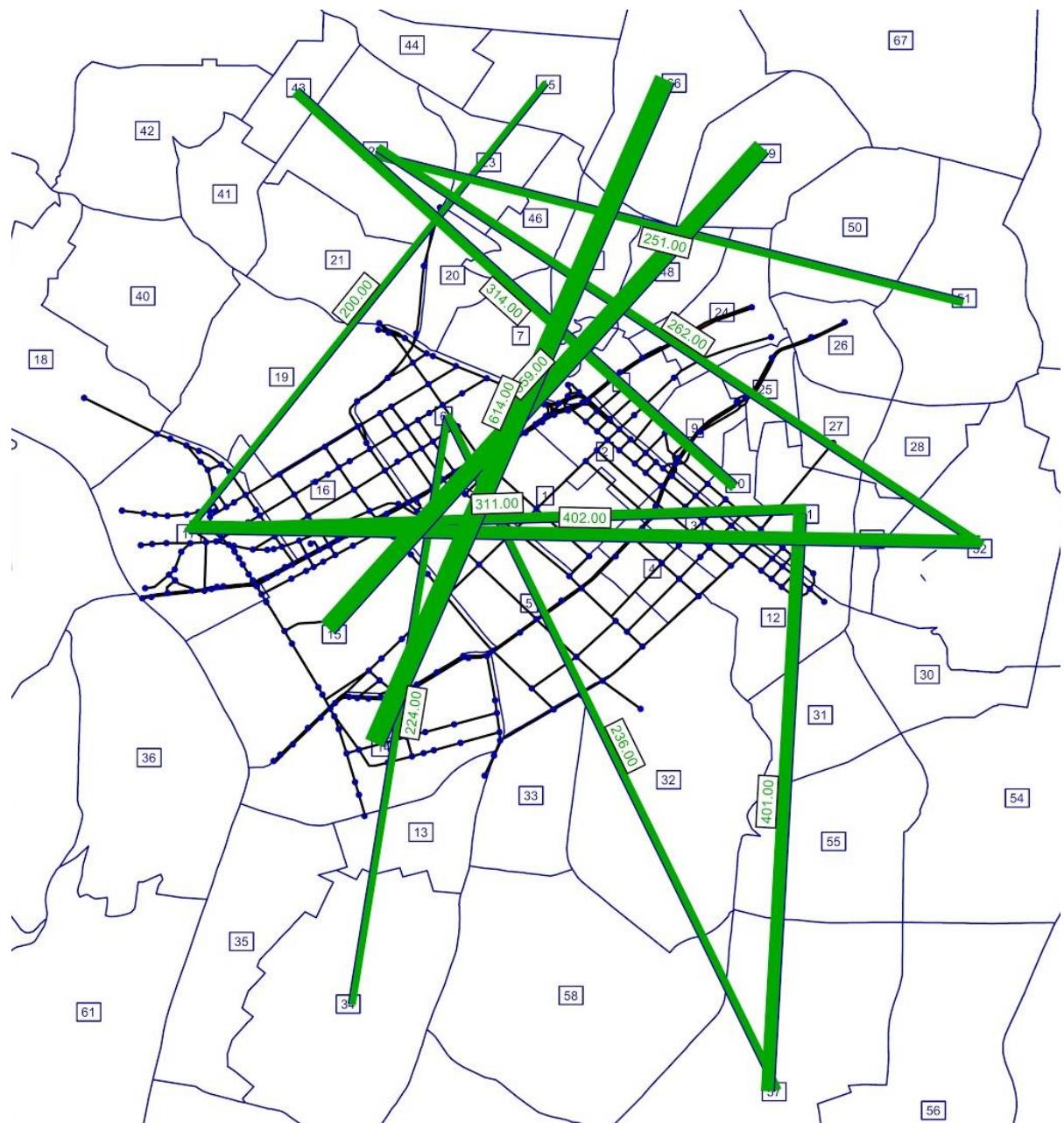


Figura 81: Linhas com mais de 200 viagens de 5 a 7 km de distância

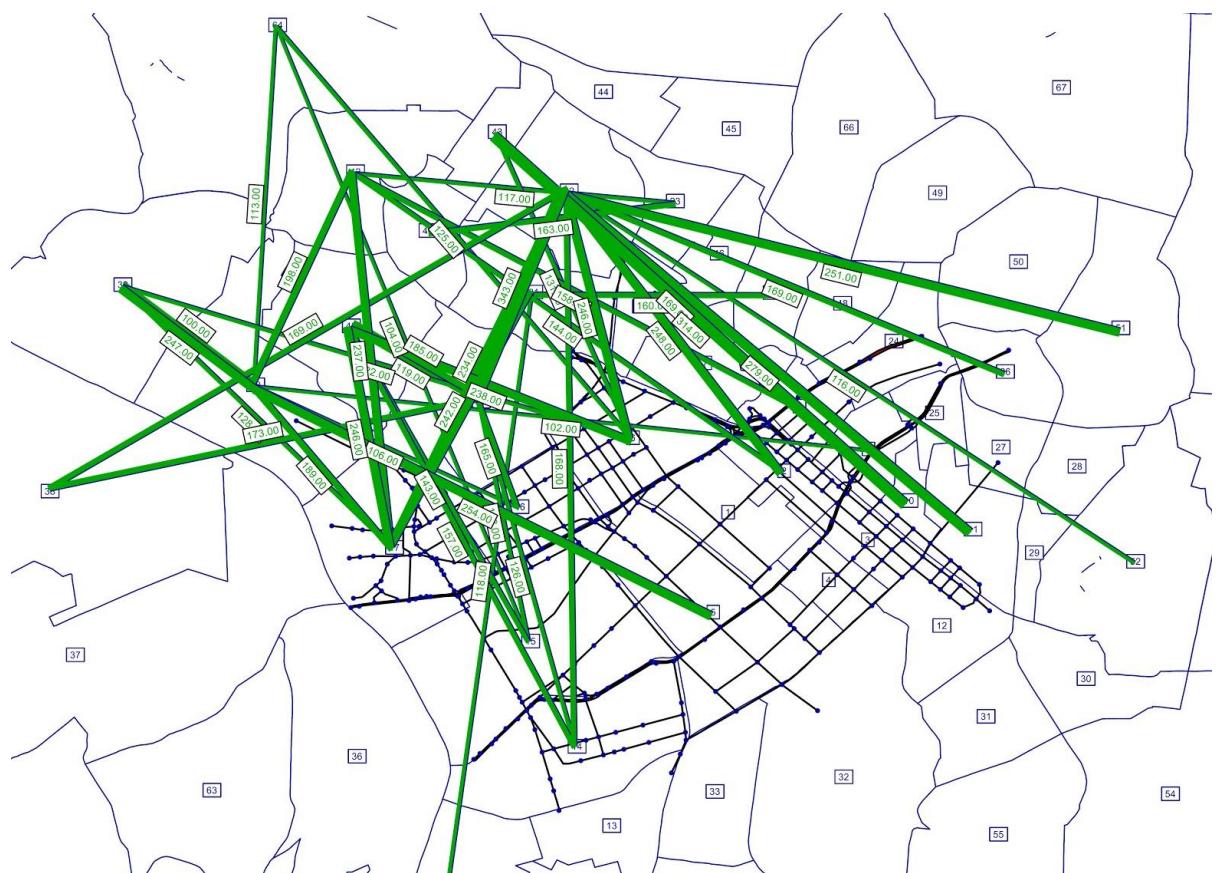


Figura 82: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona A

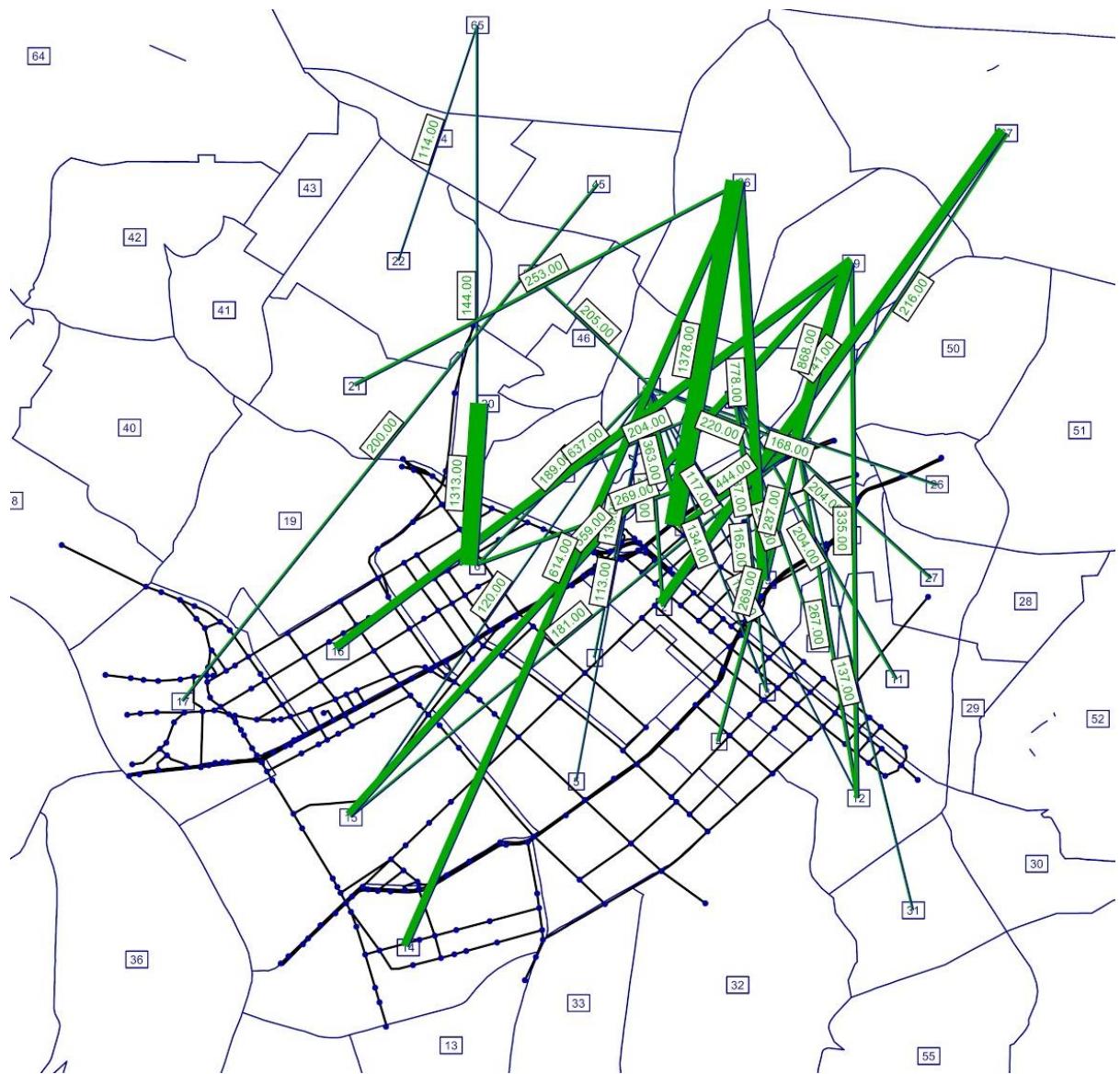


Figura 83: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona B



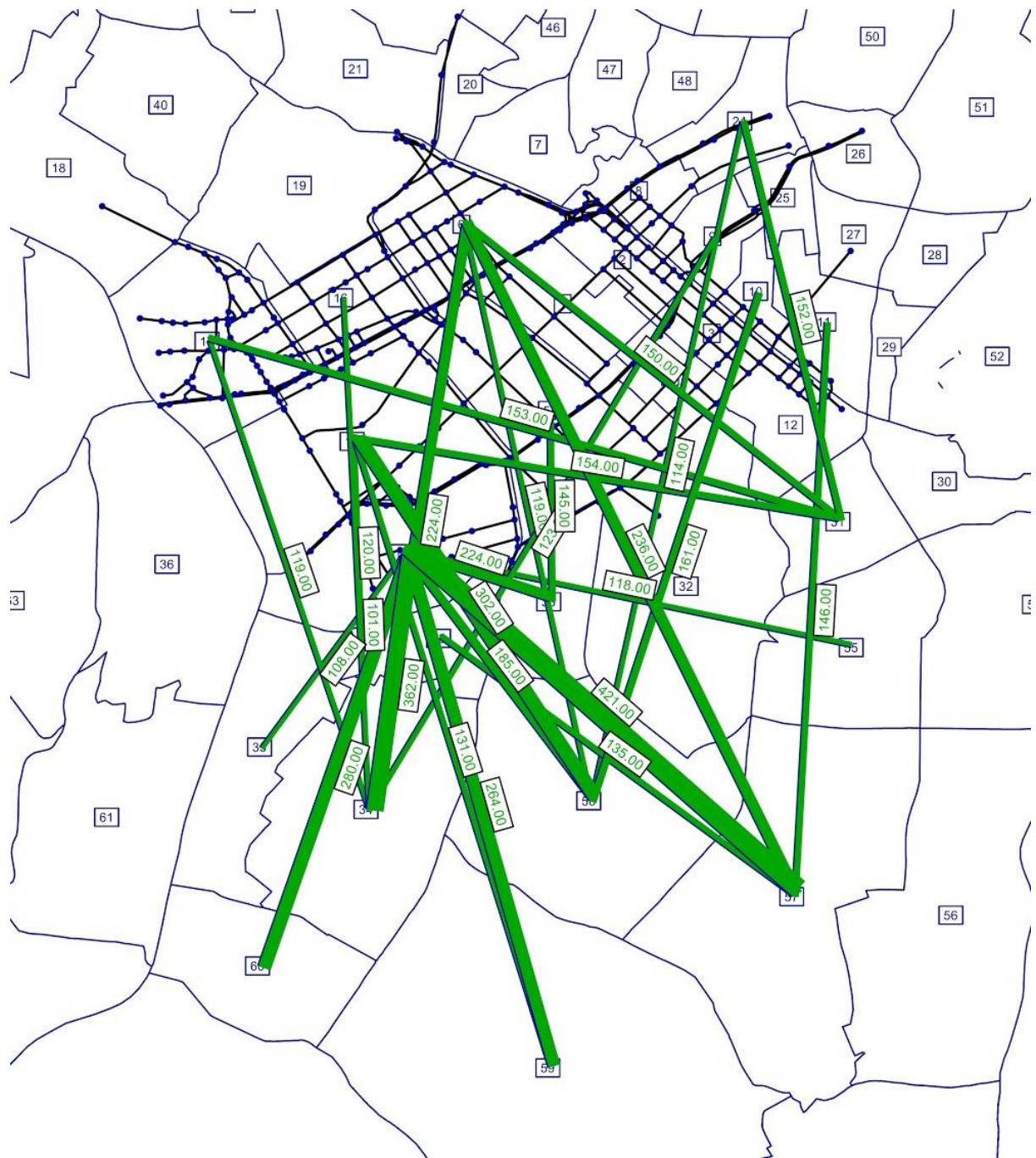


Figura 85: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona D

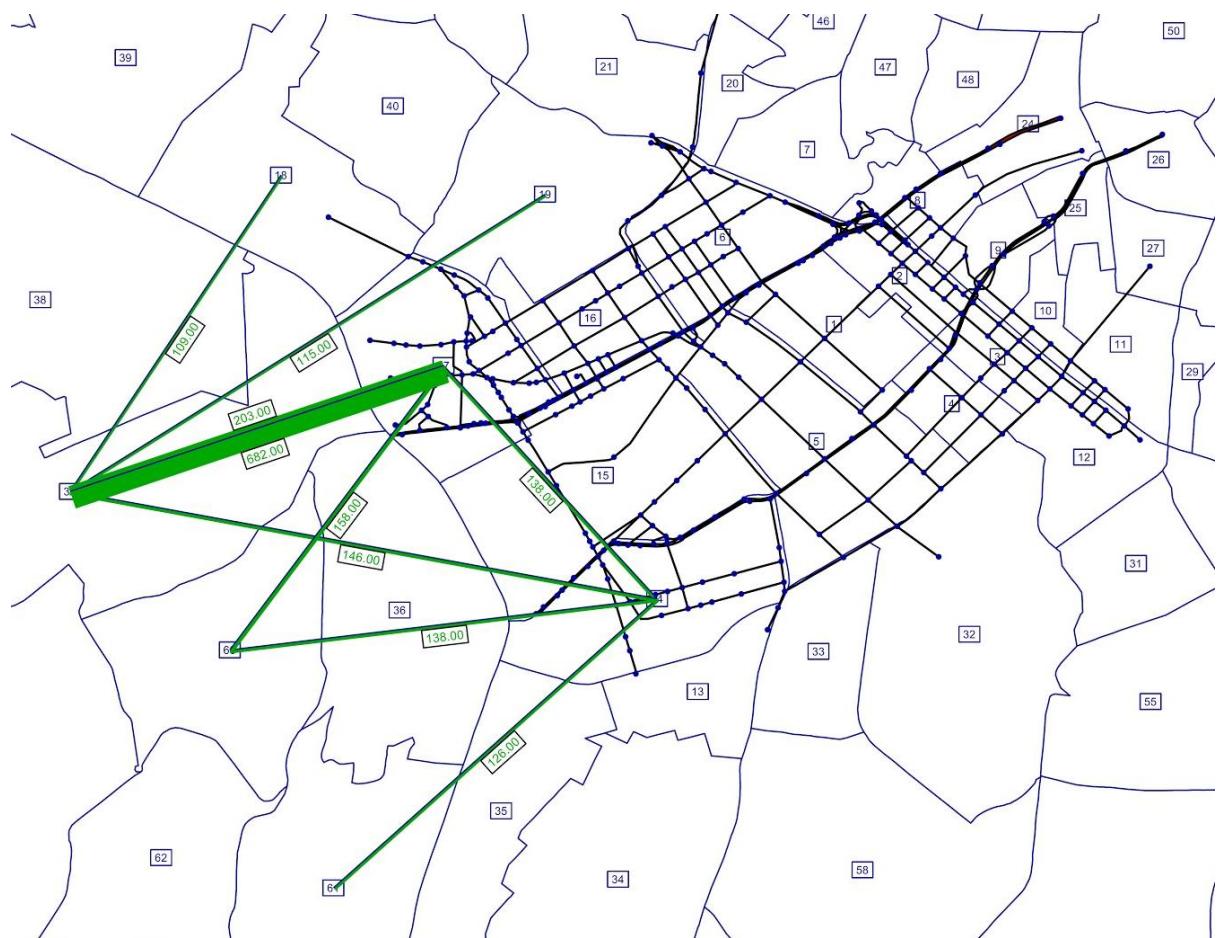


Figura 86: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona E

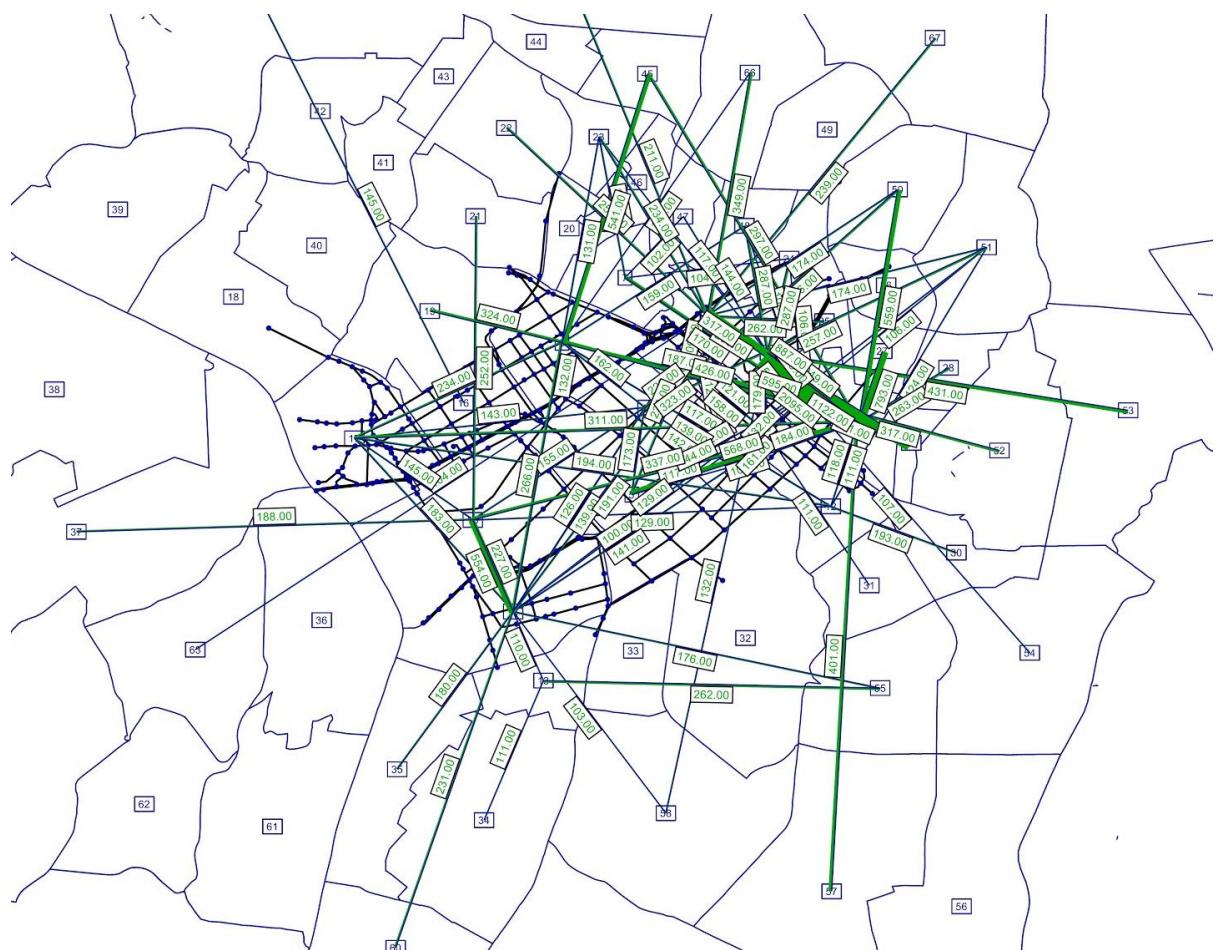
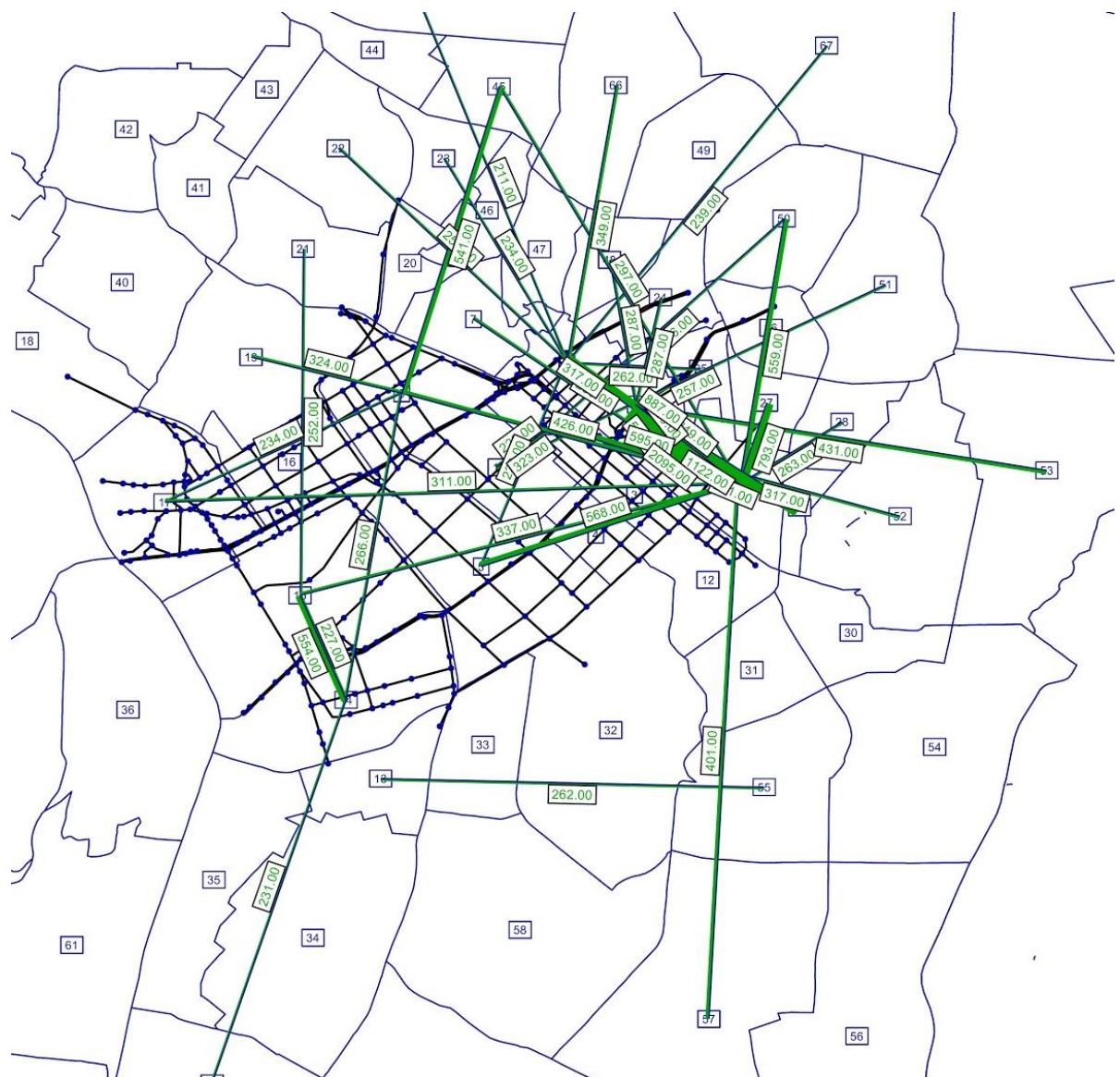


Figura 87: Linhas com mais de 100 viagens, partindo da Macrozona F



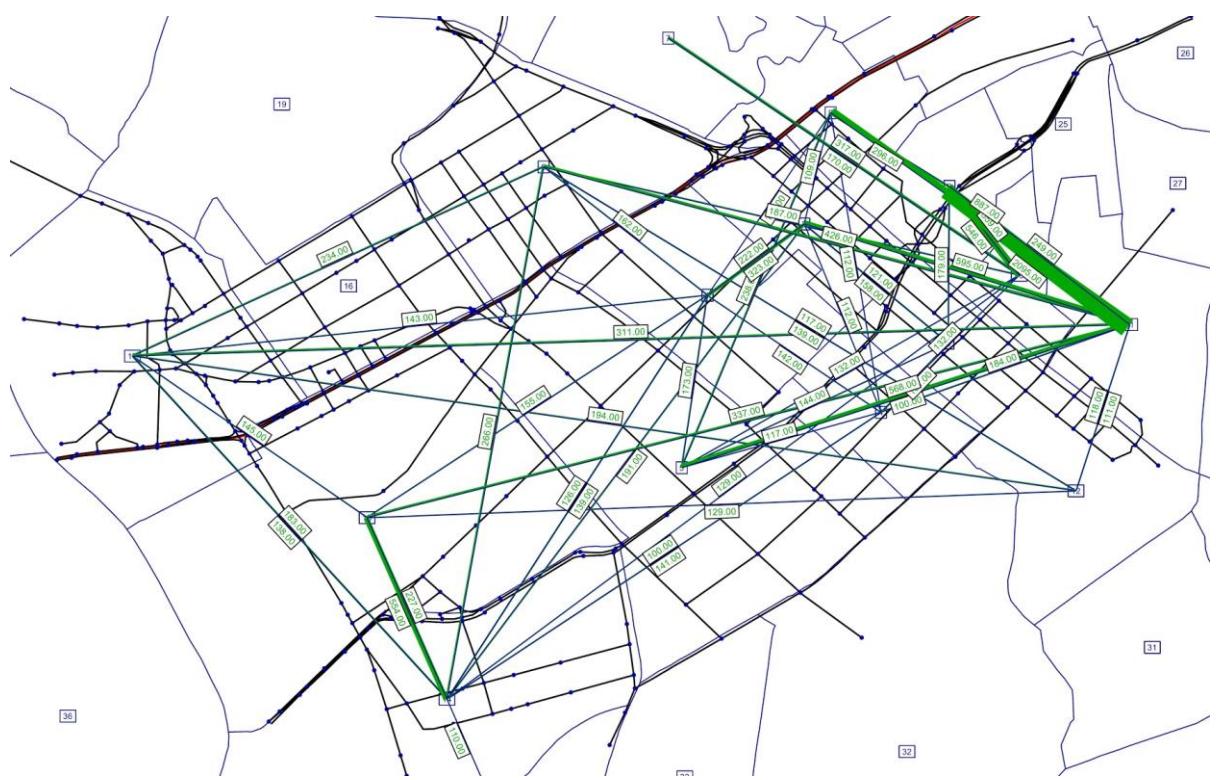


Figura 89: Linhas com mais de 100 viagens, internas da região de estudo

B - Matriz OD refinada

Tabela 21: Matriz OD de 2007 ajustada para 2012 segundo fator de expansão

C - Tabelas e etapas do método AHP para os trechos 1, 2, 3, 4, 5 e 6

a. Trecho 1

Intermodalidade	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	2	3	9
1.2	1/2	1	2	9
1.3	1/3	1/2	1	9
1.4	1/9	1/9	1/9	1
Segurança	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	1	1	1
1.2	1	1	1	1
1.3	1	1	1	1
1.4	1	1	1	1
Velocidade Relativa	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	1/5	1/6	1/9
1.2	5	1	1/2	1/6
1.3	6	2	1	1/5
1.4	9	6	5	1
Saturação física da via	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	3	4	7
1.2	1/3	1	2	5
1.3	1/4	1/2	1	4
1.4	1/7	1/5	1/4	1
Topografia	1.1	1.2	1.3	1.4
1.1	1	3	2	2
1.2	1/3	1	1/2	1/2
1.3	1/2	2	1	1/2
1.4	1/2	2	2	1

Tabela 22: Trecho 1 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
1.1	0,48	0,25	0,04	0,55	0,42
1.2	0,3	0,25	0,12	0,25	0,12
1.3	0,19	0,25	0,19	0,15	0,19
1.4	0,03	0,25	0,65	0,05	0,27

Tabela 23: Trecho 1 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Rotas pré-selecionadas	Nota	
1.1	0,359	1º
1.2	0,192	3º
1.3	0,174	4º
1.4	0,275	2º

Tabela 24: Trecho 1 - Notas finais e classificação

b. Trecho 2

Intermodalidade	2.1	2.2	2.3	2.4
2.1	1	1/3	9	6
2.2	3	1	9	6
2.3	1/9	1/9	1	1/3
2.4	1/6	1/6	3	1
Segurança	2.1	2.2	2.3	2.4
2.1	1	1	1	1
2.2	1	1	1	1
2.3	1	1	1	1
2.4	1	1	1	1
Velocidade Relativa	2.1	2.2	2.3	2.4
2.1	1	1/2	1/6	1
2.2	2	1	1/5	2
2.3	6	5	1	6
2.4	1	1/2	1/6	1
Saturação física da via	2.1	2.2	2.3	2.4
2.1	1	2	2	4
2.2	1/2	1	1	3
2.3	1/2	1	1	3
2.4	1/4	1/3	1/3	1

Topografia	2.1	2.2	2.3	2.4
2.1	1	1	1	1/2
2.2	1	1	1/2	1/2
2.3	1	2	1	1
2.4	2	2	1	1

Tabela 25: Trecho 2 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
2.1	0,33	0,25	0,09	0,43	0,2
2.2	0,56	0,25	0,17	0,24	0,17
2.3	0,04	0,25	0,65	0,24	0,29
2.4	0,08	0,25	0,09	0,09	0,34

Tabela 26: Trecho 2 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Rotas pré-selecionadas	Nota
2.1	0,284
2.2	0,225
2.3	0,363
2.4	0,129

2º
3º
1º
4º

Tabela 27: Trecho 2 - Notas finais e classificação

c. Trecho 3

Intermodalidade	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
3.1	1	1/9	1/8	1/6	1/2
3.2	9	1	3	6	9
3.3	8	1/3	1	4	7
3.4	6	1/6	1/4	1	3
3.5	2	1/9	1/7	1/3	1

Segurança	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
3.1	1	1	1	1	1
3.2	1	1	1	1	1
3.3	1	1	1	1	1
3.4	1	1	1	1	1
3.5	1	1	1	1	1

Velocidade Relativa	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
3.1	1	5	5	5	6
3.2	1/5	1	1	1	2
3.3	1/5	1	1	1	2
3.4	1/5	1	1	1	2
3.5	1/6	1/2	1/2	1/2	1
Saturação física da via	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
3.1	1	1/7	3	2	1/2
3.2	7	1	9	8	6
3.3	1/3	1/9	1	1/3	1/4
3.4	1/2	1/8	3	1	1/2
3.5	2	1/6	4	2	1
Topografia	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
3.1	1	1/6	2	1/5	1/4
3.2	6	1	7	2	3
3.3	1/2	1/7	1	1/6	1/5
3.4	5	1/2	6	1	2
3.5	4	1/3	5	1/2	1

Tabela 28: Trecho 3 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
3.1	0,03	0,2	0,56	0,11	0,06
3.2	0,52	0,2	0,12	0,63	0,43
3.3	0,29	0,2	0,12	0,04	0,04
3.4	0,11	0,2	0,12	0,08	0,28
3.5	0,04	0,2	0,07	0,15	0,18

Tabela 29: Trecho 3 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Rotas pré-selecionadas	Nota
3.1	0,241
3.2	0,424
3.3	0,085
3.4	0,125
3.5	0,125

2º

1º

5º

4º

3º

Tabela 30: Trecho 3 - Notas finais e classificação

d. Trecho 4

Intermodalidade	4.1	4.2	4.3
4.1	1	1/5	1
4.2	5	1	5
4.3	1	1/5	1
Segurança	4.1	4.2	4.3
4.1	1	1	1
4.2	1	1	1
4.3	1	1	1
Velocidade Relativa	4.1	4.2	4.3
4.1	1	5	5
4.2	1/5	1	1
4.3	1/5	1	1
Saturação física da via	4.1	4.2	4.3
4.1	1	1/2	1
4.2	2	1	2
4.3	1	1/2	1
Topografia	4.1	4.2	4.3
4.1	1	1	1
4.2	1	1	1
4.3	1	1	1

Tabela 31: Trecho 4 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
4.1	0,14	0,33	0,71	0,25	0,33
4.2	0,71	0,33	0,14	0,5	0,33
4.3	0,14	0,33	0,14	0,25	0,33

Tabela 32: Trecho 4 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Rotas pré-selecionadas	Nota
4.1	0,404
4.2	0,372
4.3	0,225

1º
2º
3º

Tabela 33: Trecho 4 - Notas finais e classificação

e. Trecho 5

Intermodalidade	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
5.1	1	6	1/2	7	3
5.2	1/6	1	1/9	2	1/3
5.3	2	9	1	9	6
5.4	1/7	1/2	1/9	1	1/4
5.5	1/3	3	1/6	4	1
Segurança	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
5.1	1	1	1	1	1
5.2	1	1	1	1	1
5.3	1	1	1	1	1
5.4	1	1	1	1	1
5.5	1	1	1	1	1
Velocidade Relativa	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
5.1	1	1/5	1/5	1/5	1/7
5.2	5	1	4	4	1/3
5.3	2	1/4	1	1	1/6
5.4	2	1/4	1	1	1/6
5.5	7	3	6	6	1
Saturação física da via	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
5.1	1	2	2	3	1/2
5.2	1/2	1	2	3	1/3
5.3	1/2	1/2	1	2	1/3
5.4	1/3	1/3	1/2	1	1/3
5.5	2	3	3	3	1
Topografia	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
5.1	1	4	1/2	2	1/2
5.2	1/4	1	1/4	1/3	1/4
5.3	2	4	1	3	1
5.4	1/2	3	1/3	1	1/2
5.5	2	4	1	2	1

Tabela 34: Trecho 5 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
5.1	0,29	0,2	0,05	0,25	0,2
5.2	0,05	0,2	0,27	0,17	0,06
5.3	0,51	0,2	0,08	0,12	0,32
5.4	0,04	0,2	0,08	0,08	0,13
5.5	0,12	0,2	0,52	0,39	0,29

Tabela 35: Trecho 5 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Rotas pré-selecionadas	Nota	
5.1	0,179	3º
5.2	0,181	2º
5.3	0,158	4º
5.4	0,087	5º
5.5	0,396	1º

Tabela 36: Trecho 5 - Notas finais e classificação

f. Trecho 6

Intermodalidade	6.1	6.2	6.3	6.4
6.1	1	8	5	8
6.2	1/8	1	1/3	2
6.3	1/5	3	1	4
6.4	1/8	1/2	1/4	1
Segurança	6.1	6.2	6.3	6.4
6.1	1	1	1	1
6.2	1	1	1	1
6.3	1	1	1	1
6.4	1	1	1	1
Velocidade Relativa	6.1	6.2	6.3	6.4
6.1	1	1/6	1/7	1/6
6.2	6	1	1	1
6.3	7	1	1	1
6.4	6	1	1	1
Saturação física da via	6.1	6.2	6.3	6.4
6.1	1	1/4	1/4	1/4
6.2	4	1	1/2	1/2
6.3	4	2	1	1/2
6.4	4	2	2	1

Topografia	6.1	6.2	6.3	6.4
6.1	1	6	5	5
6.2	1/6	1	1/3	1/3
6.3	1/5	3	1	2
6.4	1/5	3	1/2	1

Tabela 37: Trecho 6 - Matriz de comparação das alternativas segundo critérios

Matriz resultante	Intermodalidade	Segurança	Velocidade relativa	Saturação física da via	Topografia
6.1	0,67	0,25	0,05	0,07	0,63
6.2	0,08	0,25	0,31	0,21	0,06
6.3	0,19	0,25	0,32	0,3	0,19
6.4	0,05	0,25	0,31	0,42	0,13

Tabela 38: Trecho 6 - Matriz resultante de notas segundo critérios

Rotas pré-selecionadas	Nota	
6.1	0,18	4º
6.2	0,215	3º
6.3	0,285	2º
6.4	0,319	1º

Tabela 39: Trecho 6 - Notas finais e classificação

D - Relatório Fotográfico das vias

a. Cenário A

Segue Figura 90 utilizada na seção 4.6.2. deste trabalho para a determinação dos trechos que sofreriam alterações em sua infraestrutura viária para a implementação da rede cicloviária montada para o Cenário A.

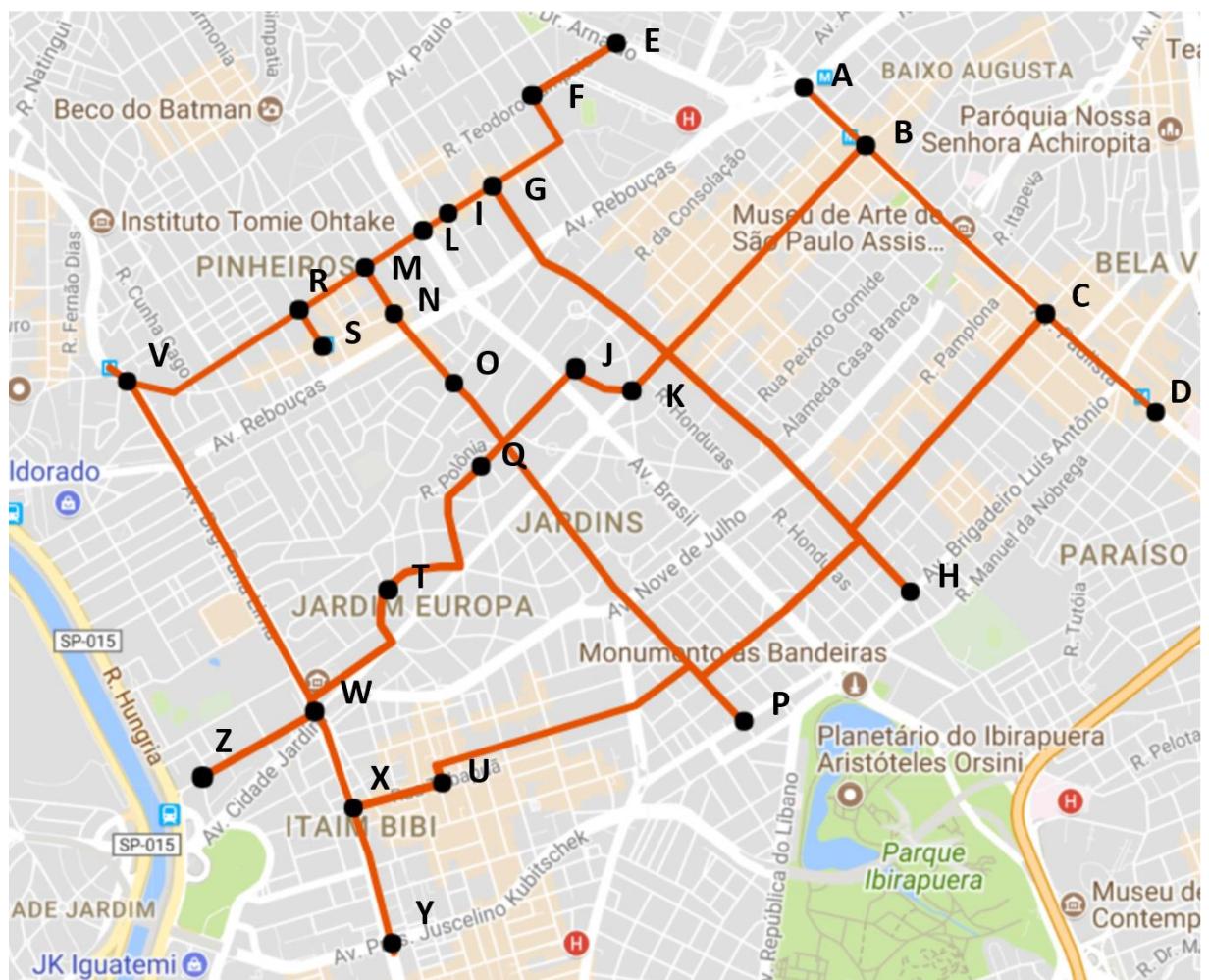


Figura 90: Cenário A dividido por trecho

Para um melhor entendimento das escolhas feitas para cada trecho em relação à alocação das vias de bicicleta na infraestrutura viária existente, foram coletadas fotos da seção típica dos diferentes trechos a partir da plataforma Google Maps. Essas fotos constam nas Figuras 91 a 116 a seguir:



Figura 91: Trecho AB



Figura 92: Trecho BC



Figura 93: Trecho BK



Figura 94: Trecho CD



Figura 95: Trecho EF



Figura 96: Trecho FG



Figura 97: Trecho GH



Figura 98: Trecho GI

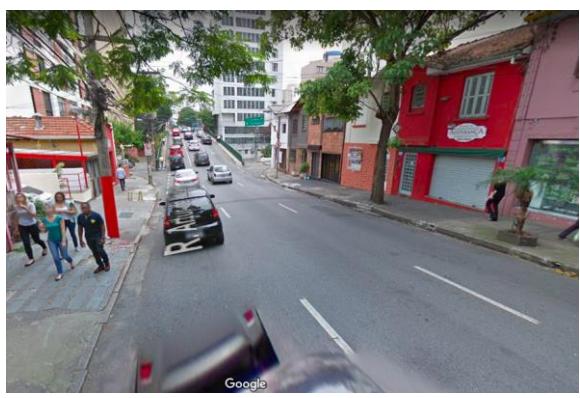


Figura 99: Trecho IL



Figura 100: Trecho JQ



Figura 101: Trecho KJ



Figura 102: Trecho LM



Figura 103: Trecho MN



Figura 104: Trecho MR



Figura 105: Trecho NO



Figura 106: Trecho OP



Figura 107: Trecho QT

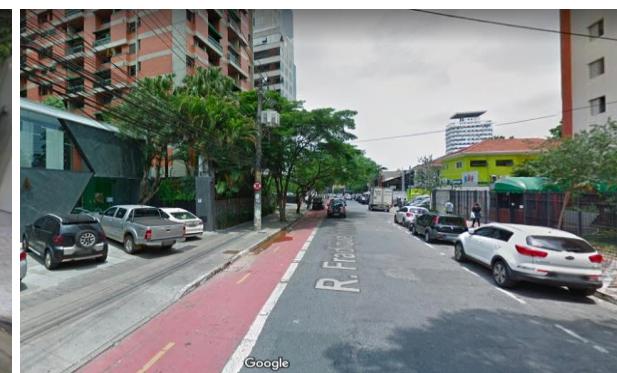


Figura 108: Trecho RS



Figura 109: Trecho RV



Figura 110: Trecho TW



Figura 111: Trecho UX



Figura 112: Trecho VW



Figura 113: Trecho WX



Figura 114: Trecho WZ



Figura 115: Trecho XY



Figura 116: Trecho CU

b. Cenário B

Segue Figura 117 utilizada na seção 4.6.3. deste trabalho para a determinação dos trechos que sofreriam alterações em sua infraestrutura viária para a implementação da rede cicloviária montada para o Cenário B.

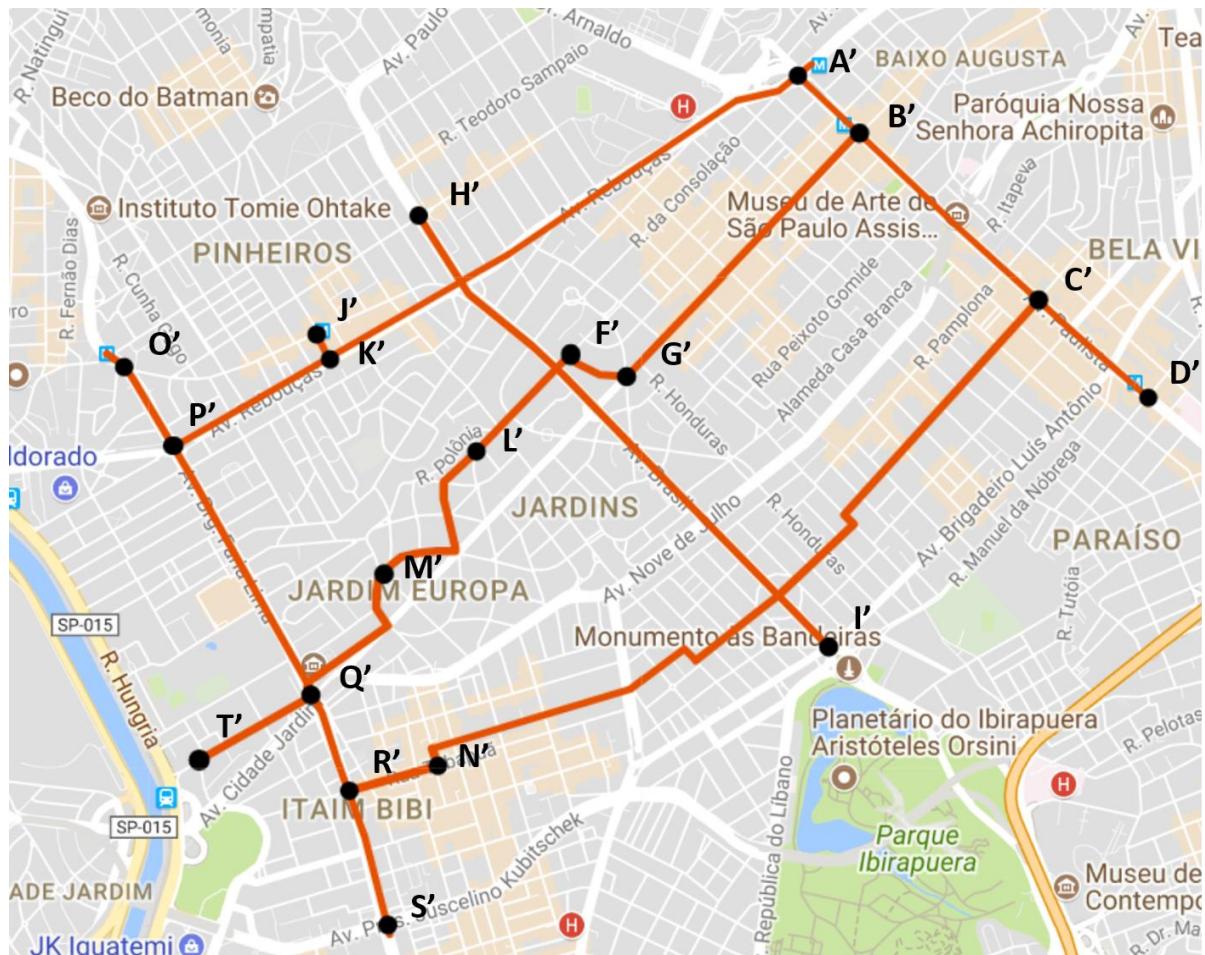


Figura 117: Cenário B dividido por trecho

Analogamente ao cenário A, seguem as fotos das seções típicas dos trechos do cenário B nas Figuras 118 a 136 a seguir:



Figura 118: Trecho A'B'



Figura 119: Trecho B'C'

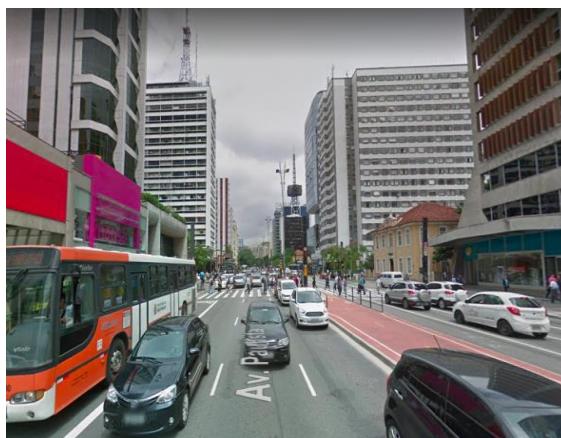


Figura 120: Trecho C'D'



Figura 121: Trecho B'G



Figura 122: Trecho G'F'



Figura 123: Trecho F'L'



Figura 124: Trecho L'M'



Figura 125: Trecho M'Q'



Figura 126: Trecho Q'T'



Figura 127: Trecho A'K'



Figura 128: Trecho K'J'



Figura 129: Trecho K'P'

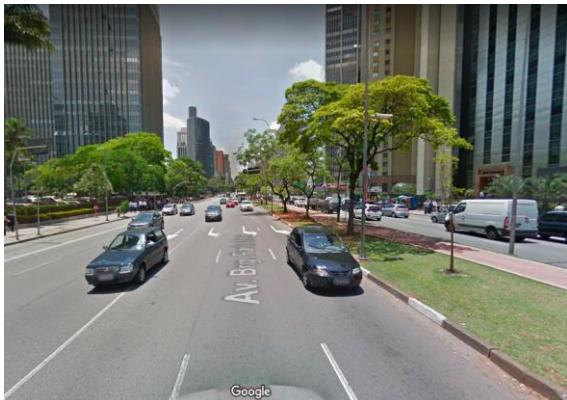


Figura 130: Trecho O'P'



Figura 131: Trecho P'Q'



Figura 132: Trecho Q'R'



Figura 133: Trecho R'S'

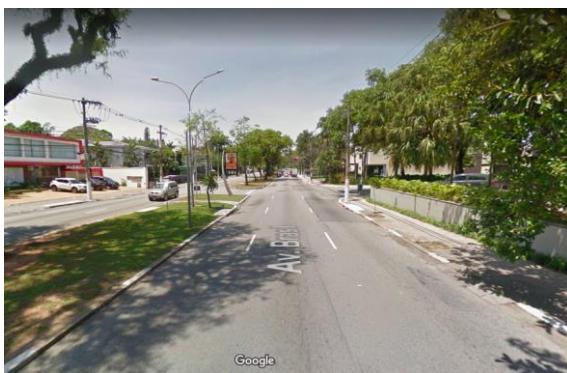


Figura 134: Trecho H'I'



Figura 135: Trecho C'N'



Figura 136: Trecho N'R'