

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXERCÍTO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

JEFFERSON RAMON LIMA MAGALHÃES

**ANÁLISE DE DEMANDA DE VIAGENS PELO MODO CICLOVIÁRIO:
UM ESTUDO APLICADO À ZONA SUL DO MUNICÍPIO DO RIO DE
JANEIRO**

Rio de Janeiro

2016

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

JEFFERSON RAMON LIMA MAGALHÃES

**ANÁLISE DE DEMANDA DE VIAGENS PELO MODO CICLOVIÁRIO:
UM ESTUDO APLICADO À ZONA SUL DO MUNICÍPIO DO RIO DE
JANEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadores:

Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D. Sc.

Prof^a. Renata Albergaria de Mello Bandeira – D. Sc.

Rio de Janeiro

2016

c2016

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

| | |
|--------|---|
| 629.04 | Magalhães, Jefferson Ramon Lima |
| M188a | Análise de demanda de viagens pelo modo cicloviário: um estudo aplicado à zona sul do município do Rio de Janeiro / Jefferson Ramon Lima Magalhães; orientado por Vania Barcellos Gouvêa Campos e Renata Albergaria de Mello Bandeira – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2016. 235p.: il. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2016. 1. Curso de Engenharia de Transportes – teses e dissertações. 2. Ciclovias. 3. Transporte urbano. I. Campos, Vania Barcellos Gouvêa. II. Bandeira, Renata Albergaria de Mello. III. Título. IV. Instituto Militar de Engenharia. |

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

JEFFERSON RAMON LIMA MAGALHÃES

**ANÁLISE DE DEMANDA DE VIAGENS PELO MODO CICLOVIÁRIO:
UM ESTUDO APLICADO À ZONA SUL DO MUNICÍPIO DO RIO DE
JANEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadores: Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D.Sc.

Prof^a. Renata Albergaria de Mello Bandeira – D.Sc.

Aprovada em 02 de março de 2016 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof^a. Renata Albergaria de Mello Bandeira – D.Sc. do IME – Presidente

Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D.Sc. do IME

Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro – Ph.D. da UFRJ

Prof. Marcelo de Miranda Reis – D.Sc. do IME

Rio de Janeiro

2016

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Vânia Barcellos Gouvêa Campos e à Prof^a Renata Albergaria de Mello Bandeira pelas orientações, pela paciência em alguns momentos, pela experiência na vivência acadêmica e por todo o suporte dado para o desenvolvimento deste trabalho,

Aos meus pais, por todo o apoio material e emocional fornecido durante a minha permanência na cidade do Rio de Janeiro,

Aos colegas com os quais convivi durante o curso, pela amizade, pelo companheirismo e pelas sugestões dadas visando o melhor andamento deste trabalho. Em especial à Carolinne, à Wagna e ao Francisconi, pelas colaborações na etapa de coleta de dados,

Ao Prof. Renato Callado, Vice-Reitor de Assuntos Comunitários da PUC-Rio, pela concessão de autorização para a aplicação de questionários de pesquisa junto a usuários do bicicletário daquela universidade,

Aos amigos que me acompanharam diretamente desde o início da minha trajetória no mestrado, pelo apoio incondicional em todos os momentos,

À CAPES, pelo apoio financeiro e institucional.

SUMÁRIO

| | | |
|--|---|-----------|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | 10 | |
| LISTA DE TABELAS | 11 | |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS | 14 | |
| LISTA DE SIGLAS..... | 16 | |
| 1 | INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 | Considerações iniciais | 19 |
| 1.2 | Objetivo | 21 |
| 1.3 | Justificativa e relevância | 21 |
| 1.4 | Estrutura do trabalho | 22 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 24 |
| 2.1 | Considerações iniciais sobre modelos de previsão de demanda | 24 |
| 2.2 | Métodos de previsão de demanda efetiva | 27 |
| 2.2.1 | Estudos comparativos | 27 |
| 2.2.2 | Modelos comportamentais agregados..... | 28 |
| 2.2.2.1 | Modelo para 35 cidades norte-americanas (DILL & CARR, 2003) | 30 |
| 2.2.2.2 | Modelo para nove cidades holandesas (RIETVELD & DANIEL, 2004) | 31 |
| 2.2.2.3 | Modelo para cidades da Inglaterra e do País de Gales (PARKIN <i>et al.</i> , 2008)..... | 33 |
| 2.2.2.4 | Modelo para 90 cidades norte-americanas (BUEHLER & PUCHER, 2012) | 35 |
| 2.2.2.5 | Modelo para interseções viárias das cidades do Condado de Alameda, Califórnia, EUA (GRISWOLD <i>et al.</i> , 2011)..... | 37 |
| 2.2.2.6 | Modelo para vias das cidades de Minneapolis e Saint Paul, EUA (HANKEY <i>et al.</i> , 2012)..... | 39 |
| 2.2.2.7 | Modelo para interseções viárias da cidade de Calgary, Canadá (TABESHIAN & KATTAN, 2014)..... | 41 |
| 2.2.3 | Métodos simples..... | 43 |
| 2.2.4 | Modelos de escolha discreta | 44 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2.4.1 | Modelo de Edimburgo, Escócia (WARDMAN <i>et al.</i> , 2007) | 46 |
| 2.2.4.2 | Modelo para Londres, Inglaterra (MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> , 2014) | 48 |
| 2.2.4.3 | Modelo de escolha de rotas do Texas, EUA (SENER <i>et al.</i> , 2009) | 50 |
| 2.2.5 | Método sequencial ou de quatro etapas | 52 |
| 2.2.5.1 | Modelo de Ridgway (1995) | 54 |
| 2.2.5.2 | Modelo de Seattle, EUA (KHAN <i>et al.</i> 2013) | 55 |
| 2.3 | Métodos para estimativa de demanda potencial relativa | 57 |
| 2.3.1 | Análise de mercados | 57 |
| 2.3.1.1 | Modelo de Clark (1997) | 58 |
| 2.3.1.2 | Estudo de Bergström & Magnusson (2003) | 59 |
| 2.3.1.3 | Modelo para Montreal, Canadá (GODEFROY & MORENCY, 2012) | 61 |
| 2.3.1.4 | Método LDS - <i>Latent Demand Score</i> (LANDIS & TOOLE, 1996) | 63 |
| 2.3.2 | Modelos baseados em Sistemas de Informações Geográficas | 65 |
| 2.3.2.1 | Estudo de viabilidade do sistema de <i>bikesharing</i> da Filadélfia, EUA (KRYKEWYCZ <i>et al.</i> , 2010): | 66 |
| 2.3.2.2 | Modelo de Milwaukee, EUA (RYBARCZYK & WU, 2010) | 68 |
| 2.3.2.3 | Metodo de Ortúzar <i>et al.</i> (2000) | 70 |
| 2.4 | Outras abordagens para modelagem de demanda de viagens por bicicletas | 72 |
| 2.4.1 | Teoria da Sintaxe Espacial | 72 |
| 2.4.2 | Estudo de demanda da Área Central de Londres (RAFORD <i>et al.</i> , 2007) | 73 |
| 2.4.3 | Modelagem por equações estruturais | 73 |
| 2.4.3.1 | Análise por segmentação de mercados atitudinais aplicada para a cidade de Nanjing, China (LI <i>et al.</i> , 2013) | 75 |
| 2.4.4 | Modelo de Toronto, Canadá (HABIB <i>et al.</i> , 2014) | 77 |
| 2.5 | Considerações finais | 80 |
| 3 | METODOLOGIA DE PESQUISA | 90 |
| 3.1 | Definição do modelo teórico | 91 |
| 3.1.1 | Método de demanda direta | 91 |
| 3.1.2 | Seleção de variáveis para pesquisa | 92 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.2 | Planejamento da coleta de dados..... | 96 |
| 3.2.1 | Delimitação da área de estudo | 96 |
| 3.2.2 | Pesquisa com usuários de bicicleta em polos geradores de viagens | 98 |
| 3.2.2.1 | Pesquisas de interceptação..... | 98 |
| 3.2.2.2 | População e método de amostragem | 99 |
| 3.2.2.3 | Desenvolvimento do questionário de pesquisa | 100 |
| 3.2.2.4 | Pesquisa-piloto e pesquisa definitiva..... | 101 |
| 3.2.3 | Pesquisas de contagem manual de curta duração de tráfego de bicicletas..... | 101 |
| 3.2.3.1 | Objetivo das contagens volumétricas | 102 |
| 3.2.3.2 | Amostragem | 102 |
| 3.2.3.3 | Tipo de contagem | 103 |
| 3.2.3.4 | Localização dos pontos de coleta de dados | 105 |
| 3.2.3.5 | Período de contagem | 106 |
| 3.2.3.6 | Duração das contagens..... | 107 |
| 3.2.3.7 | Definição do número de contadores | 108 |
| 3.2.3.8 | Procedimento de registro das informações durante a coleta de dados .. | 108 |
| 3.2.4 | Modelagem matemática | 110 |
| 3.2.4.1 | Aceitação do modelo matemático..... | 110 |
| 4 | COLETA DE DADOS | 111 |
| 4.1 | Pesquisa com usuários de bicicletas em polos geradores de viagens ... | 111 |
| 4.1.1 | Questionário de pesquisa | 111 |
| 4.1.2 | Pesquisa-piloto no Instituto Militar de Engenharia | 112 |
| 4.1.3 | Pesquisa na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro | 116 |
| 4.2 | Pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas..... | 119 |
| 4.2.1 | Seleção e definição dos segmentos viários..... | 121 |
| 4.2.2 | Registro de informações..... | 121 |
| 4.3 | Resultados e caracterização dos volumes observados | 122 |
| 4.4 | Considerações finais | 126 |
| 5 | ANÁLISE E MODELAGEM MATEMÁTICA DE FATORES DE UTILIZAÇÃO DA BICICLETA PARA VIAGENS..... | 127 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.1 | Definição do raio de influência..... | 127 |
| 5.2 | Dados e mensuração de variáveis..... | 128 |
| 5.2.1 | Variáveis de uso do solo e ambiente construído | 128 |
| 5.2.2 | Variáveis de infraestrutura viária | 131 |
| 5.2.3 | Variável de ambiente natural | 133 |
| 5.2.4 | Atitudes e percepções | 133 |
| 5.3 | Modelagem matemática | 134 |
| 5.3.1 | Regressão linear múltipla | 134 |
| 5.3.2 | Procedimento para análise de variáveis | 135 |
| 5.4 | Modelagem matemática inicial | 136 |
| 5.5 | Modelagem matemática de dados agrupados em função da existência de infraestrutura cicloviária | 141 |
| 5.5.1 | Segmentos viários com infraestrutura cicloviária..... | 141 |
| 5.5.2 | Segmentos viários sem infraestrutura cicloviária..... | 146 |
| 5.6 | Considerações finais | 151 |
| 5.6.1 | Fatores que influenciam o uso da bicicleta em locais com infraestutura cicloviária | 151 |
| 5.6.1.1 | Estacionamento na via | 151 |
| 5.6.1.2 | Temperatura máxima diária..... | 152 |
| 5.6.1.3 | Acidentes de trânsito | 152 |
| 5.6.2 | Fatores que influenciam o uso da bicicleta em locais sem infraestutura cicloviária | 153 |
| 5.6.2.1 | Número de interseções..... | 153 |
| 5.6.2.2 | Proximidade a vias cicláveis..... | 153 |
| 5.6.2.3 | Número de faixas..... | 154 |
| 5.6.3 | Resumo das correlações com o volume de bicicletas | 154 |
| 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 158 |
| 6.1 | Conclusões..... | 158 |
| 6.2 | Recomendações..... | 160 |
| 7 | REFERÊNCIAS..... | 162 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 8 | APÊNDICES | 169 |
| 8.1 | APÊNDICE I: Formulário de contagem de volumes de bicicletas..... | 170 |
| 8.2 | APÊNDICE II: Pesquisa-piloto no IME..... | 172 |
| 8.3 | APÊNDICE III: Pesquisa no bicicletário da PUC-Rio..... | 174 |
| 8.4 | APÊNDICE IV: Contagens volumétricas de bicicletas..... | 178 |
| 8.5 | APÊNDICE V: Levantamento de uso do solo..... | 217 |
| 8.6 | APÊNDICE VI: Contagens volumétricas de veículos motorizados..... | 219 |
| 8.7 | APÊNDICE VII: Modelagem matemática..... | 221 |
| | | |
| 9 | ANEXOS | 227 |
| 9.1 | ANEXO I: Critérios para registro dos volumes de bicicletas..... | 228 |
| 9.2 | ANEXO II: Parâmetros estatísticos..... | 230 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-----------|--|-----|
| FIG. 3.1 | Procedimento metodológico de pesquisa..... | 90 |
| FIG. 3.2 | Distribuição da malha cicloviária do município do Rio de Janeiro | 97 |
| FIG. 3.3 | Segmento viário com indicação da <i>screen line</i> A-B..... | 104 |
| FIG. 3.4 | Interseção com indicação dos fluxos direcionais de tráfego..... | 105 |
| FIG. 4.1 | Modelo de questionário de pesquisa | 112 |
| FIG. 4.2 | Origens das viagens realizadas em direção ao IME | 113 |
| FIG. 4.3 | Rotas de bicicletas em direção ao IME | 114 |
| FIG. 4.4 | Motivos para a escolha das rotas em direção ao IME..... | 115 |
| FIG. 4.5 | Origens das viagens realizadas em direção à PUC-Rio..... | 117 |
| FIG. 4.6 | Rotas para bicicletas em direção à PUC-Rio | 118 |
| FIG. 4.7 | Motivos para a escolha das rotas em direção à PUC-Rio | 119 |
| FIG. 4.8 | Locais de contagem volumétrica de bicicletas na área de estudo..... | 120 |
| FIG. 4.9 | Volumes de bicicletas observadas em 18 segmentos de via pesquisados | 123 |
| FIG. 4.10 | Distribuição dos volumes de bicicletas por tipo para os 18 segmentos viários pesquisados | 124 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| TAB. 2.1 | Exemplos de variáveis associadas a fatores de utilização da bicicleta | 25 |
| TAB. 2.2 | Variáveis inicialmente analisadas para o modelo de Dill e Carr (2003) | 30 |
| TAB. 2.3 | Variáveis do modelo de Rietveld e Daniel (2004)..... | 32 |
| TAB. 2.4 | Variáveis independentes do modelo de Parkin <i>et al.</i> (2008) | 34 |
| TAB. 2.5 | Variáveis do modelo de demanda para 90 cidades norte-americanas..... | 36 |
| TAB. 2.6 | Variáveis analisadas no modelo do Condado de Alameda, EUA | 38 |
| TAB. 2.7 | Variáveis analisadas pelo modelo de Minneapolis e Saint Paul, EUA..... | 40 |
| TAB. 2.8 | Variáveis analisadas pelo modelo de Calgary, Canadá | 41 |
| TAB. 2.9 | Variáveis da pesquisa de PR no modelo de demanda de Edimburgo | 46 |
| TAB. 2.10 | Atributos e níveis dos experimentos de PD do modelo de Edimburgo | 47 |
| TAB. 2.11 | Variáveis do modelo híbrido de Maldonado-Hinarejos <i>et al.</i> (2014)..... | 49 |
| TAB. 2.12 | Variáveis do modelo de escolha de rotas para bicicletas no Texas, EUA..... | 51 |
| TAB. 2.13 | Variáveis analisadas no modelo sequencial de Seattle, EUA | 56 |
| TAB. 2.14 | Variáveis analisadas no estudo de demanda de Bergström e Magnusson (2003)..... | 60 |
| TAB. 2.15 | Variáveis do modelo de demanda de viagens da cidade de Montreal | 61 |
| TAB. 2.16 | Variáveis do modelo de demanda pelo sistema de <i>bikesharing</i> da Filadélfia | 67 |
| TAB. 2.17 | Descrição das variáveis analisadas pelo modelo de Ortúzar | 71 |
| TAB. 2.18 | Variáveis analisadas pelo estudo de caracterização da demanda de viagens por bicicletas em Nanjing, China..... | 75 |
| TAB. 2.19 | Variáveis do modelo econométrico de Habib <i>et al.</i> (2014) | 78 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| TAB. 2.20 | Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas | 82 |
| TAB. 2.21 | Tabela-resumo de variáveis não relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas | 88 |
| TAB. 3.1 | Variáveis mais utilizadas em modelos de demanda em função do fator de utilização da bicicleta para viagens | 93 |
| TAB. 3.2 | Recomendações para contagens de bicicletas em Los Angeles, EUA..... | 107 |
| TAB. 3.3 | Informações contidas em planilhas de contagem de tráfego de bicicletas..... | 109 |
| TAB. 5.1 | Relação entre classificação funcional da via e velocidade diretriz para projetos geométricos de vias urbanas na cidade do Rio de Janeiro..... | 131 |
| TAB. 5.2 | Estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas (N=18)... | 136 |
| TAB. 5.3 | Informações das variáveis categóricas (N=18)..... | 137 |
| TAB. 5.4 | Correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis de interesse (N=18)..... | 137 |
| TAB. 5.5 | Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para a amostra de dados de 18 contagens | 138 |
| TAB. 5.6 | Resultados dos ajustes do modelo final e intermediários para a amostra de dados de 18 contagens (N=18) | 139 |
| TAB. 5.7 | Estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas (N=9, locais com infraestrutura cicloviária)..... | 142 |
| TAB. 5.8 | Informações das variáveis categóricas (N=9, locais com infraestrutura cicloviária) | 142 |
| TAB. 5.9 | Correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis de interesse para a amostra de contagens em segmentos viários com infraestrutura cicloviária (N=9)..... | 143 |
| TAB. 5.10 | Resultados do ajuste do modelo de para a amostra de contagens em locais com infraestrutura cicloviária (N=9)..... | 144 |
| TAB. 5.11 | Resultados do ajuste final do modelo de para a amostra de contagens em locais com infraestrutura cicloviária (N=9) | 145 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| TAB. 5.12 | Estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas (N=9, locais sem infraestrutura cicloviária)..... | 147 |
| TAB. 5.13 | Informações das variáveis categóricas (N=9, locais sem infraestrutura cicloviária) | 147 |
| TAB. 5.14 | Correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis de interesse para a amostra de contagens em segmentos viários sem infraestrutura cicloviária (N=9)..... | 148 |
| TAB. 5.15 | Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para a amostra de contagens em locais sem infraestrutura cicloviária (N=9) | 149 |
| TAB. 5.16 | Tabela-resumo de sinais obtidos e esperados para as variáveis significativas nas equações de regressão | 155 |
| TAB. 5.17 | Tabela-resumo de sinais obtidos e esperados para as variáveis não significativas nas equações de regressão | 156 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURAS

Av. - avenida

R. - rua

SÍMBOLOS

A - percentual de adultos que utilizam a bicicleta diariamente

C - percentual de viagens por motivo trabalho realizadas por adultos.

COM - área de espaços comerciais em um raio de 161m

D - raio de ação de uma viagem a partir de um polo atrator ou produtor de viagens

F - número de faixas da via na aproximação da interseção

ga_n - número de polos produtores e atratores de viagem dentro de uma área com raio de ação D

GA_n - número de polos produtores e atratores de viagem com motivo n

INS - área de espaços institucionais em um raio de 805m

km - quilômetro

L - distância máxima de viagem a partir de um polo atrator ou produtor de viagens

m - metro

n - motivo da viagem por bicicleta (trabalho, compras, estudo, razões pessoais)

N - tamanho da amostra de dados

°C - Celsius (temperatura)

PED - número de pontos de embarque e desembarque de ônibus em um raio de 402m

P_i - proporção de viagens casa-trabalho realizadas por bicicletas em uma unidade administrativa

P_{nd} - probabilidade de utilizar a bicicleta para uma viagem com motivo n e distância d

- R^2 - coeficiente de determinação múltipla
- S - constante de saturação da função logística
- TG_n taxa média de geração de viagens do polo atrator ou produtor de viagens
- TTS_n taxa de utilização de bicicleta para uma viagem com motivo n
- VMB volume médio de bicicletas durante o horário de pico da tarde
- w_i - peso normalizado para o fator i
- x_i' - valor normalizado do fator i do segmento viário.
- Z_i - atratividade relativa do modo ciclovitário
- α - nível de significância dos dados amostrais
- ρ^2 - pseudo coeficiente de determinação
- σ^2 - variância

LISTA DE SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ACS | <i>American Community Survey</i> |
| BART | <i>Bay Area Rapid Transit</i> |
| BN | Binomial Negativo |
| BRT | <i>Bus Rapid Transit</i> |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Trânsito |
| EUA | Estados Unidos da América |
| FHWA | <i>Federal Highway Administration</i> |
| IME | Instituto Militar de Engenharia |
| ITDP | <i>Institute for Transportation and Development Policy</i> |
| ITE | <i>Institute of Transportation Engineers</i> |
| LDS | <i>Latent Demand Score</i> |
| MPW | <i>Melbourne Parks and Waters</i> |
| NBPD | <i>National Bicycle and Pedestrian Documentation</i> |
| NTS | <i>National Travel Survey</i> |
| ONG | Organização Não Governamental |
| PD | Preferência Declarada |
| PDTU | Plano Diretor de Transportes Urbanos |
| PGV | Polo Gerador de Viagens |
| PR | Preferência Revelada |
| PUC-Rio | Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro |
| RMRJ | Região Metropolitana do Rio de Janeiro |
| SCAG | <i>Southern California Association of Governments</i> |
| SIG | Sistemas de Informações Geográficas |
| TLC | <i>Transit for Livable Cities</i> |
| WBPG | <i>Wisconsin Bicycle Planning Guidance Handbook</i> |

RESUMO

O incentivo à utilização da bicicleta como modo de transporte para viagens pendulares no Brasil constitui uma das estratégias adotadas para lidar com problemas de mobilidade associados ao elevado índice de motorização das cidades de médio e grande porte. Ainda que os investimentos crescentes em infraestrutura cicloviária tenham resultado no aumento da participação da bicicleta na matriz de distribuição modal de viagens cresceram nos últimos anos, o gerenciamento da demanda pelo modo cicloviário ainda não é uma prática rotineira no planejamento de transportes a nível nacional.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de demanda para estimar o número de viagens por bicicletas em vias da cidade do Rio de Janeiro. Para o desenvolvimento desse modelo, contagens volumétricas com duração de duas horas foram realizadas em 18 segmentos viários da Zona Sul da cidade em dias úteis entre os meses de setembro e dezembro de 2015, os quais foram definidos a partir de um conjunto de características de uso do solo e de características do sistema viário e de rotas para viagens pendulares por bicicletas identificadas através de questionários de pesquisa aplicados em dois polos geradores de viagens da região de estudo. Os volumes coletados foram analisados em conjunto com 16 variáveis associadas a fatores de escolha da bicicleta para viagens através de modelos de regressão linear múltipla.

Os resultados obtidos permitiram identificar os fatores mais importantes em função da presença ou ausência de infraestrutura para a circulação de bicicletas. Na situação de presença de infraestrutura cicloviária, os volumes de bicicletas estão associados positivamente à temperatura máxima diária e negativamente ao número de acidentes de trânsito e permissão de estacionamento de veículos na via. Na outra situação analisada, os volumes estão positivamente associados à proximidade a vias cicláveis e negativamente associados ao número de interseções e ao número de faixas da via. Esses resultados não são considerados definitivos e novos estudos são necessários para a obtenção de modelos de demanda com maior poder explicativo e precisão com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão no processo de planejamento de transporte cicloviário na cidade do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

Increasing bicycle usage as a mode of transportation for commuting trips in Brazil constitutes one of the adopted strategies to face mobility issues associated with high motorization levels in big and middle-sized cities. Although growing investments on the provision of bicycle facilities resulted on the increasing on the number of bicycle trips on the Brazilian trip mode share, the bicycle demand management is not yet a common practice on the transportation planning at the national level.

In this context, the objective of this work is to develop a demand model to predict bicycle trips on roads of the city of Rio de Janeiro. To develop this model, two-hour bicycle counts were performed at 18 screen lines in the Southern Zone of that city between September and December of 2015, which were defined from a range of land use and road facility characteristics and bicycle commuting routes identified through questionnaire surveys carried out at two trip generation poles in the studied region. Bicycle volume data were analyzed with 16 variables related to factors influencing the choice of bicycle for trips through multiple linear regression models.

The results found allowed the identification of the most important factors in function of the presence or the absence of bicycle facilities. In the situation of presence of a bicycle facility, bicycle volumes are positively associated with the maximum daily temperature and negatively associated with the number of traffic accidents and the presence of parking lanes. In the other analyzed situation, bicycle volumes are positively associated with the proximity to a bicycle facility and negatively associated with the number of intersections and the number of lanes on the road. These results are not definitive and further studies are necessary to obtain a bicycle demand model with better explanatory power and accuracy in order to aid the decision-making on the bicycle transportation planning process for the city of Rio de Janeiro.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A questão da mobilidade urbana nas cidades brasileiras de médio e grande porte constitui uma das principais preocupações de gestores públicos municipais (CADENA *et al.*, 2014). Como resultado da associação entre o crescimento da renda da população e a definição de políticas de incentivo ao transporte individual (redução de impostos para a compra de automóveis e maior oferta de crédito), o crescimento do índice de motorização das cidades brasileiras têm como principais consequências o aumento dos congestionamentos e do tempo total diário perdido no trânsito das cidades, o que gera prejuízos na economia e na qualidade de vida da população (CADENA *et al.*, 2014).

Considerando o contexto acima, nota-se o crescimento do interesse em soluções de transporte cicloviário como parte das alternativas de mitigação dos problemas de mobilidade existentes nos principais centros urbanos brasileiros (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Segundo BARBOSA & LEIVA (2006), soluções de transporte cicloviário atendem a um perfil que alia baixos custos de implantação, promoção da sustentabilidade no ambiente urbano e aumento dos níveis de mobilidade da população, especialmente a de baixo poder aquisitivo.

De acordo com PUCHER & BUEHLER (2008), a utilização da bicicleta como modo de transporte confere uma série de benefícios aos usuários e à coletividade. A bicicleta é um veículo de propulsão humana com baixo custo de aquisição e manutenção, que consome poucos recursos não-renováveis em comparação aos modais motorizados e confere benefícios à saúde dos usuários através da atividade física regular. Além disso, requer menor espaço viário para circulação em relação ao automóvel e permite maior flexibilidade de deslocamento em situações de congestionamento do tráfego veicular e de estacionamento. Por fim, a bicicleta é o modo de transporte que melhor atende o princípio da equidade, podendo ser

utilizado por pessoas de quase todas as idades e classes sociais, desde que não haja restrições físicas. Todavia, HANDY *et al.* (2014) ressaltam que a magnitude dos benefícios citados depende do grau de transferência de viagens realizadas pelo transporte individual para o modo cicloviário.

Na década passada, a questão do papel do transporte não-motorizado na mobilidade urbana das cidades brasileiras foi retomada a partir da criação do Programa Nacional de Mobilidade por Bicicleta – Bicicleta Brasil, no ano de 2004, visando a integração do modo cicloviário com os demais sistemas de transportes existentes. Isto é reforçado pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), que define, entre outras diretrizes, a prioridade de modos não-motorizados sobre os motorizados na circulação viária e a provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas no sistema viário das cidades brasileiras (BRASIL, 2012).

Somado a isso, observa-se também o fenômeno recente de popularização dos sistemas de serviço de compartilhamento de bicicletas nas principais cidades brasileiras. Para CADENA *et al.* (2014), isto pode contribuir para ampliar a percepção da bicicleta para um patamar além do uso recreacional e dos benefícios à saúde, atribuindo-lhe um papel importante no que diz respeito à realização de viagens pendulares (com motivo trabalho ou estudo).

Entretanto, a falta de segurança das vias para a acomodação do tráfego de bicicletas representa uma barreira à utilização do modo cicloviário para deslocamentos pendulares diários nas cidades brasileiras (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Para ANTP (2007), este fato influencia tanto na decisão de escolha modal quanto na formulação de políticas de mobilidade urbana que considerem a preservação da vida como princípio fundamental, o que demanda pela implantação de infraestrutura cicloviária em consonância com as características da bicicleta como modo de transporte e as condições ambientais locais para administrar os conflitos de circulação entre a bicicleta e demais veículos e pedestres.

A extensão da malha cicloviária das cidades brasileiras ainda é insuficiente para atender às necessidades dos ciclistas, mesmo com o crescimento dos investimentos em provisão de infraestrutura para a circulação de bicicletas nos últimos anos

(MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Embora o país possui a terceira maior frota de bicicletas em circulação, estimada em 80 milhões de unidades em circulação (ABRADIBI, 2014), a infraestrutura de rotas cicláveis existentes nas capitais brasileiras representa apenas 1% da malha viária total (REIS, 2014).

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de demanda direta para estimar o número de viagens por bicicletas em uma região da cidade do Rio de Janeiro através de uma análise de fatores associados a características do sistema viário e de uso do solo locais e de dados de contagens volumétricas em segmentos viários definidos a partir de rotas utilizadas por usuários de bicicletas para viagens pendulares.

1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Em virtude do aumento da participação do modo cicloviário na matriz de distribuição modal de viagens no Brasil e da popularização dos serviços de sistemas de aluguel de bicicleta na maior parte das principais cidades brasileiras nos últimos anos, observa-se a necessidade do gerenciamento da demanda de viagens por bicicletas para fins de planejamento estratégico, a médio e longo prazo. ANTP (2007) acrescenta que isto deve ser feito de modo a considerar as particularidades de cada município, uma vez que fatores como topografia, clima, dispersão urbana, estrutura dos sistemas de transporte coletivo, perfil socioeconômico da população e hábitos culturais interferem na definição de políticas públicas ou ações do setor privado que maximizem o potencial de utilização da bicicleta em áreas urbanas.

Contudo, o hábito de realizar pesquisas para caracterizar o perfil de usuários de bicicletas ainda não é uma rotina no planejamento de transporte e trânsito no país,

ainda que alguns estudos de mobilidade recentes passaram a tratar esse modo de transporte de maneira independente (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Embora gestores de transporte e trânsito estejam interessados na provisão de infraestrutura para a circulação de bicicletas, a ausência de dados ou estudos que comparam os níveis de demanda antes e após a implantação dessa infraestrutura dificulta o monitoramento da demanda de forma geral (SOUSA & KAWAMOTO, 2014).

Assim, o desenvolvimento de modelos de previsão de demanda de viagens por bicicletas constitui um instrumento de auxílio à prática de gerenciamento do comportamento dessa demanda por parte de gestores públicos de transporte e trânsito, através do qual novos investimentos em facilidades para a circulação de bicicletas poderiam ser justificados tanto para a melhoria da infraestrutura cicloviária existente como para a identificação de áreas prioritárias para a implantação de novas facilidades. Somado ao interesse crescente de gestores de transporte e trânsito (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007) e do meio acadêmico (SILVEIRA & MAIA, 2011) acerca da caracterização dos fatores que influenciam a escolha da bicicleta para a realização de viagens pendulares nas cidades brasileiras, considerando as perspectivas de diferentes grupos, tal prática permitirá a obtenção de informações que poderão subsidiar políticas de transportes que possibilitem o aumento do nível de demanda potencial e efetiva pelo modo cicloviário nas cidades brasileiras.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos, assim distribuídos:

- Capítulo 1 – **Introdução:** Este capítulo apresenta os aspectos gerais que nortearam este estudo, a justificativa, o objetivo da pesquisa e como a pesquisa é apresentada e organizada.
- Capítulo 2 – **Revisão de literatura:** Esse capítulo apresenta uma revisão de literatura sobre os métodos de previsão de demanda de viagens pelo modo

ciclovitário existentes na literatura, a partir da qual são identificadas as principais técnicas de análise de dados e variáveis utilizadas para o desenvolvimento de modelos de demanda.

- Capítulo 3 – **Metodologia de pesquisa:** Nesse capítulo, é feita a descrição do procedimento metodológico adotado para o desenvolvimento de um modelo de demanda pelo modo ciclovitário, abrangendo a definição do método adotado, da área de estudo deste trabalho e os aspectos relacionados ao planejamento da coleta de dados: definição das variáveis de pesquisa, pesquisas com usuários de bicicletas em polos geradores de viagens e pesquisas de contagem de tráfego.
- Capítulo 4 – **Coleta de dados:** Esse capítulo apresenta os resultados gerais obtidos por meio de realização de pesquisas com usuários de bicicletas em dois polos geradores de viagens da Zona Sul da cidade de Rio de Janeiro e de contagens volumétricas de bicicletas em vias dessa região.
- Capítulo 5 – **Análise e modelagem matemática de fatores de utilização de bicicletas para viagens:** Esse capítulo apresenta os resultados do processo de desenvolvimento de um modelo matemático de demanda de viagens a partir da análise de variáveis associadas a fatores de escolha da bicicleta para viagens na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro. O *software* SPSS 21.0 foi utilizado para as análises estatísticas necessárias.
- Capítulo 6 – **Conclusões e Recomendações:** Esse capítulo apresenta as conclusões e recomendações deste estudo visando o desenvolvimento de trabalhos futuros com enfoque no tema de investigação deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Um modelo de previsão de demanda por um sistema de transporte pode ser definido como uma representação razoável e precisa do comportamento dos usuários do sistema atual ou proposto, para os quais se deseja avaliar o comportamento provável em resposta a uma ou mais mudanças observadas em fatores ou políticas de transporte que afetam os níveis de demanda atuais do sistema estudado (FHWA, 1999). No campo do transporte ciclovário, o desenvolvimento de modelos de demanda tem como objetivos (BARNES & KRIZEK, 2005):

- estimar o número total de viagens por bicicletas em uma área ou em uma determinada rota com infraestrutura para circulação de bicicletas;
- estimar a variação no nível de demanda atual em resposta à implementação de melhorias em uma rota ou a políticas de transporte;
- identificar áreas onde condições inadequadas para a circulação de bicicletas limitam os níveis de demanda observados para um patamar abaixo do potencial esperado para aqueles locais.

O desenvolvimento desses modelos requer a consideração de um conjunto de fatores específicos que estão relacionados à escolha de utilização do modo ciclovário para viagens, que diferem bastante daquelas que caracterizam o padrão de viagens motorizadas (FHWA, 1999). KUZMYAK et al. (2014) classificam esses fatores em cinco categorias: características socioeconômicas e demográficas, uso do solo e ambiente construído, ambiente físico, facilidades e atitudes e percepções. Uma discussão aprofundada sobre as variáveis pertencentes a cada uma dessas categorias e como elas afetam os níveis de utilização da bicicleta é encontrada em

um estudo de revisão de literatura realizado por HEINEN *et al.* (2010), conforme apresentado na TAB. 2.1.

TAB. 2.1 - Exemplos de variáveis associadas a fatores de utilização da bicicleta

| Categoria | Variáveis relacionadas ao uso da bicicleta |
|--|--|
| Características socioeconômicas e demográficas | Idade, gênero, etnia, renda familiar média, número de veículos por residência, grau de instrução escolar. |
| Uso do solo e ambiente construído | Densidade de empregos, densidade de residências, entropia, densidade de interseções, distância ao ponto de ônibus mais próximo, entre outros |
| Ambiente físico | Clima, precipitação, temperaturas extremas, topografia e iluminação. |
| Infraestrutura viária (facilidades) | Distância de viagem, tempo de viagem, volume de veículos, classificação funcional das rotas, número de interseções sinalizadas, pavimento, estacionamento seguro no destino da viagem. |
| Atitudes e percepções | Benefícios à saúde, atividade física, atratividade, diversão, conveniência, flexibilidade, conforto físico percebido, insegurança, tempo reduzido, entre outras. |

Fonte: HEINEN *et al.* (2010), KUZMYAK *et al.* (2014).

A partir desses fatores, os métodos de previsão de demanda estimam o número de viagens por bicicletas a partir de mudanças observadas no comportamento dos indivíduos, que pode ser modelado em duas perspectivas (FHWA, 1999): agregada e desagregada.

Na perspectiva agregada, esses modelos estimam o número de viagens por bicicletas em uma área ou facilidade (via ou rota ciclável), sendo que o comportamento de viagem dos usuários é relacionado a características socioeconômicas e demográficas de uma área (por exemplo, população, emprego e renda) ou modelado a partir de relações entre as características das facilidades existentes e os padrões de uso do solo lindeiro a esses locais (FHWA, 1999). Alguns exemplos comuns de métodos baseados nesta abordagem são os estudos comparativos, métodos simples e modelos de demanda direta.

Na perspectiva desagregada, o número de viagens por bicicletas é estimado a partir das características de uma amostra de indivíduos que é representativa de uma população geral. Assim, o padrão de viagens é analisado ao nível individual, em que as características intrínsecas aos indivíduos (idade, gênero, atitudes e crenças) são relacionadas às características de tempo, custo e conforto da viagem dos modais existentes, entre outras (FHWA, 1999). Os modelos de escolha discreta são os principais desta categoria.

Em relação à natureza das estimativas, FHWA (1999) classifica os modelos de previsão de demanda em dois grupos: demanda efetiva e demanda potencial relativa.

Os métodos de demanda efetiva são utilizados para realizar estimativas quantitativas do número de viagens por bicicletas (FHWA, 1999). São eles: estudos comparativos, estudos comportamentais agregados; métodos simplificados, modelos de escolha discreta e método sequencial (ou de quatro etapas).

Os métodos de demanda potencial relativa não estimam os níveis atuais de demanda, mas são úteis para identificar áreas onde os níveis de utilização da bicicleta para viagens está abaixo do potencial esperado (BARNES & KRIZEK, 2005). Alguns métodos encontrados na literatura são (FHWA, 1999): análise de mercados, Método LDS (*Latent Demand Score*) e modelos baseados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O método de Ortúzar (ORTÚZAR *et al.*, 2000) também é um exemplo que se enquadra nessa categoria.

As próximas seções deste capítulo apresentam as características e exemplos dos modelos de demanda efetiva e de demanda potencial mencionados anteriormente, além de outras abordagens recentemente aplicadas à modelagem de demanda pelo modo cicloviário.

2.2 MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA EFETIVA

2.2.1 ESTUDOS COMPARATIVOS

Os métodos de estudos comparativos são a maneira mais simples de estimar a demanda pelo modo cicloviário. Tais métodos possibilitam avaliar a variação nos níveis de demanda de uma determinada localidade devido a mudanças em um dos fatores que influenciam a utilização da bicicleta para viagens, assumindo a hipótese de que os demais fatores permanecem constantes (FHWA, 1999). Esses estudos dividem-se em duas categorias: "antes e depois" e condições semelhantes.

Os estudos "antes e depois" comparam os níveis de demanda antes e depois da implantação de uma melhoria para a circulação de bicicletas em uma localidade (por exemplo, a construção de uma ciclovia) através da realização de contagens volumétricas de bicicletas, considerando as duas situações analisadas. Assim, assumindo-se que os demais fatores que influenciam a demanda permanecem constantes, a alteração observada na demanda é atribuída apenas à mudança do fator associado à melhoria implantada (FHWA, 1999).

Um exemplo de estudo "antes e depois" é o desenvolvido por HOEKWATER (1978) para comparar os níveis de demanda antes e depois da implantação de ciclovias nas cidades de The Hague e Tilburg, na Holanda. Os resultados obtidos indicaram uma variação no nível de utilização das vias analisadas de 76% e 140% para as cidades de The Hague e Tilburg, respectivamente, considerando o ano de 1979, sendo esta variação de demanda atribuída à construção de novas rotas.

Por sua vez, os estudos de condições semelhantes estimam o volume de bicicletas em uma determinada área utilizando informações existentes sobre outra área com características similares à avaliada, como dados de contagens volumétricas de bicicletas e referentes à população adjacente às facilidades existentes (FHWA, 1999).

Um exemplo desse tipo de estudo é o de WIGAN *et al.* (1998), que comparou os níveis de demanda efetiva de duas ciclovias em Melbourne, na Austrália (Lower Yarra e Maribryngong) a partir de informações acerca da distribuição cumulativa das distâncias de viagem, ao número de chefes de família por área postal, à população localizada em diferentes áreas de influência em relação à localização das ciclovias e à distância às ciclovias aos centróides das áreas postais. Os dados do estudo foram obtidos do MPW (*Melbourne Park and Waters*), por entrevistas residenciais e por questionários aplicados junto a usuários das duas ciclovias. Além disso, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foram utilizados para analisar os dados da população residente em diferentes áreas de influência das ciclovias. Os resultados obtidos indicaram que a ciclovia em LowerYarra atraía um maior número de usuários que a de Maribryngong, considerando diferentes raios de ação, sendo tais diferenças atribuídas ao potencial de utilização da bicicleta na ciclovia de LowerYarra.

É importante destacar que, embora sejam de fácil aplicação, as estimativas de demanda realizadas através de estudos comparativos caracterizam-se pela baixa precisão dos resultados (FHWA, 1999), devido à dificuldade de avaliar a semelhança entre áreas ou de transferir estimativas de uma localidade para outra (BARNES & KRIZEK, 2005). Devido à análise de um número limitado de variáveis, outras que também influenciam nos níveis de demanda são desconsideradas, como fatores relacionados às atitudes e percepções dos usuários de bicicletas.

2.2.2 MODELOS COMPORTAMENTAIS AGREGADOS

Os modelos comportamentais agregados são utilizados para estimar a demanda pelo modo ciclovário em uma determinada área a partir de variáveis relacionadas às características da população local e de fatores relacionados ao uso do solo e ao ambiente construído, à existência de infraestrutura ciclovária e ao ambiente físico (FHWA, 1999).

Para KUZMYAK *et al.* (2014), esses modelos podem ser subdivididos em dois grupos, em função da natureza dos dados utilizados e do tipo de estimativa

requerido: demanda agregada e demanda direta. Os modelos de demanda agregada estimam o número ou a porcentagem de indivíduos que escolhem a bicicleta para viagens casa-trabalho a nível municipal a partir de informações fornecidas em censos, por exemplo. Por sua vez, os modelos de demanda direta baseiam-se em dados de contagens volumétricas existentes para interseções ou aproximações para estimar o número de bicicletas em circulação naquelas para as quais não existem informações disponíveis (KUZMYAK *et al.*, 2014).

Os modelos comportamentais agregados não requerem conhecimento sobre técnicas avançadas de modelagem de demanda, sendo que a análise por regressão é a técnica geralmente empregada. Assim, o comportamento dos indivíduos no processo de escolha modal é modelado considerando apenas o entendimento das relações entre fatores que influenciam nos níveis de utilização do modo cicloviário em uma área (FHWA, 1999; McDANIEL *et al.*, 2014).

Contudo, os resultados desses modelos não implicam em uma relação de causa e efeito entre variáveis, mesmo quando existe um alto grau de correlação entre elas, uma vez que o efeito de variáveis não-incluídas que podem influir no nível de demanda observado é desconsiderado (FHWA, 1999). Assim, o comportamento de escolha da bicicleta é explicado apenas parcialmente por esses modelos (BARNES & KRIZEK, 2005).

Outra desvantagem dos modelos comportamentais agregados reside no fato de que os resultados desses estudos não são transferíveis para outras áreas devido à natureza locacional específica de algumas variáveis explicativas, tais como distância à uma determinada universidade ou estação de metrô (BARNES & KRIZEK, 2005; McDANIEL *et al.*, 2014).

Apesar das restrições apresentadas, diversos estudos têm sido desenvolvidos com base em modelos de demanda agregada e direta, tais como apresentado a seguir.

2.2.2.1 MODELO PARA 35 CIDADES NORTE-AMERICANAS (DILL & CARR, 2003)

DILL & CARR (2003) utilizam a técnica de estudos transversais (*cross-section*) para avaliar o efeito da provisão de infraestrutura para a circulação de bicicletas no nível de demanda de utilização da bicicleta para viagens casa-trabalho em 35 cidades norte-americanas. Os dados utilizados de uma pesquisa suplementar ao Censo norte-americano realizado no ano de 2000 (*Census 2000 Supplementary Survey*), a partir do qual foram elencadas 10 variáveis relacionadas às características socioeconômicas, de uso do solo, do clima e variáveis associadas a políticas de transportes, conforme apresentado na TAB. 2.2.

TAB. 2.2 - Variáveis inicialmente analisadas para o modelo de Dill e Carr (2003)

| Categoria | Variáveis |
|--|---|
| Características socioeconômicas | Renda, escolaridade, posse de automóvel |
| Características de uso do solo (ambiente construído) | Densidade populacional, densidade de ciclofaixas densidade de ciclovias e ciclofaixas (área e população) |
| Características do ambiente físico | Precipitação |
| Políticas de transporte | Investimento em transporte não-motorizado Preço da gasolina |

Fonte: DILL & CARR (2003)

O modelo de regressão que apresentou melhor ajuste possui quatro variáveis estatisticamente significativas ao nível de 95%, porém explica apenas 30,4% da variação da variável dependente causada pelas variáveis independentes ($R^2=0,304$). Os resultados obtidos indicaram que existe uma associação positiva entre a provisão de ciclofaixas e a proporção de usuários de bicicletas que a utilizam em viagens casa-trabalho, sendo que o acréscimo de uma milha (1,61km) na densidade de ciclovias representa uma variação de 1% na demanda. Além disso, o sinal positivo para a variável investimento em transporte não-motorizado também denota a importância dessa variável na equação obtida. Por outro lado, a posse de automóvel e o número de dias chuvosos foram identificados como fatores limitantes da

demanda, o que é coerente com os resultados de outros estudos na literatura relevante sobre o tema.

2.2.2.2 MODELO PARA NOVE CIDADES HOLANDESAS (RIETVELD & DANIEL, 2004)

RIETVELD & DANIEL (2004) desenvolveram um modelo de regressão semi-linear com a finalidade de analisar diferenças entre os níveis de demanda de viagens por bicicletas em nove cidades holandesas, a partir de iniciativas e resultados de políticas de transportes implementadas a nível municipal. Para essa finalidade, os autores utilizaram dados coletados, a nível agregado, pela União dos Ciclistas Holandeses (*Fietsersbond*).

A variável dependente do modelo corresponde ao logaritmo natural da taxa de viagens de bicicletas realizadas em distâncias de até 7,5km, cujo limite máximo corresponde ao raio de ação máximo dentro do qual as características de utilização da bicicleta para viagens em áreas urbanas tornam-na competitiva com o automóvel. As variáveis independentes foram definidas a partir de características socioeconômicas e culturais da população, aos custos generalizados do transporte cicloviário e dos demais modais e das iniciativas locais de incentivo à utilização da bicicleta para viagens.

O modelo final possui 14 variáveis independentes, com significância estatística ao nível de confiança de pelo menos 90% e com 72,6% da variação observada no nível de demanda pelo modo cicloviário explicada por diferenças intermunicipais. Essas variáveis são apresentadas na TAB. 2.3, na página seguinte.

TAB. 2.3 - Variáveis do modelo de Rietveld e Daniel (2004)

| Categoria | Variável |
|---|---|
| Características da cidade | População, faixa etária, etnia, indicador de atividade humana, áreas escolares, preferências políticas, posse de automóvel e topografia |
| Esforços de políticas de transportes | Número de paradas, oferta de estacionamento, presença de obstáculos na rota e rapidez |
| Consequências de políticas de transportes | Segurança em relação ao tráfego e satisfação de uso da bicicleta |

Fonte: RIETVELD & DANIEL (2004)

Os coeficientes do modelo semi-linear podem ser utilizados para identificar as variáveis que mais influenciam na variação observada na demanda. Assim, os resultados do ajuste mostraram que, dentre as variáveis normalmente presentes em modelos de demanda, o tempo de viagem (associado à rapidez) e a segurança em relação ao tráfego são fatores importantes que influenciam nos níveis atuais de utilização de bicicleta em cidades holandesas. Quanto às características da cidade, a presença de topografia montanhosa é o principal inibidor de demanda.

Em relação à influência das características socioeconômicas da população nos níveis de demanda, a variável indicador de atividade humana é um fator inibidor significativo de demanda, visto que o acréscimo de 100 mil habitantes na população de um município resultaria em uma redução maior que 8%. Além disso, para uma mesma variação percentual na população, o efeito positivo da proporção de jovens nos níveis de demanda mostrou-se maior se comparado ao efeito contrário causado pela presença de estrangeiros na composição étnica da população holandesa. Por fim, o modelo identificou também uma associação negativa entre as preferências políticas da população e os níveis de demanda.

Quanto às variáveis associadas a políticas de transportes, o grau de satisfação e a rapidez foram as variáveis mais importantes do modelo. Assim, os autores concluíram que a atratividade da bicicleta pode ser aumentada a partir de ações voltadas à redução dos custos generalizados do transporte ciclovitário, tais como a provisão de rotas diretas e a diminuição da frequência de paradas realizadas nas

viagens, que resultariam na diminuição do tempo de viagem dos usuários de bicicletas. Contudo, isso deve ser acompanhado por ações para aumentar o custo dos modais concorrentes.

A tradição cultural pode ter um papel importante na demanda no contexto holandês, uma vez que está associada com a composição étnica da população. De acordo com o modelo, a variação de 1% na população de estrangeiros resultaria em decréscimo de 0,68% no nível de demanda atual. Segundo os autores, isso está relacionado ao fato de que uma parcela dessa população é originária de países com diferentes percepções diferentes acerca do transporte cicloviário em relação aos holandeses.

2.2.2.3 MODELO PARA CIDADES DA INGLATERRA E DO PAÍS DE GALES (PARKIN *et al.*, 2008)

PARKIN *et al.* (2008) utilizaram a técnica de regressão logística para desenvolver um modelo de previsão de demanda pelo modo cicloviário para viagens casa-trabalho em unidades administrativas da Inglaterra e do País de Gales. Nesse modelo, o nível de demanda está associado a fatores socioeconômicos, do ambiente físico e dos sistemas de transportes existentes nas áreas analisadas.

O estudo utiliza dados do censo britânico de 2001, que contém informações sobre 8800 distritos dos dois países. Assim, 21 variáveis independentes foram definidas. As variáveis socioeconômicas foram analisadas a nível de unidade administrativa. As variáveis físicas e de sistemas de transportes foram analisadas a níveis de unidade administrativa, distrital e de regiões climáticas. A descrição das variáveis escolhidas é mostrada na TAB. 2.4, na página seguinte.

TAB. 2.4 - Variáveis independentes do modelo de Parkin et al. (2008)

| Categoria | Variável |
|---|--|
| Características socioeconômicas | Gênero, etnia, faixa etária, classificação socioeconômica, qualificação profissional, posse de automóvel e índice de privação de renda |
| Características físicas | Distância de viagem, densidade populacional, precipitação, temperatura, período de sol, velocidade do vento e topografia |
| Características dos sistemas de transportes | Intensidade da demanda por transporte, condição do pavimento, sinalização, localização da rota ciclável na via, rota para ônibus ou bicicleta, aceitabilidade da bicicleta |

Fonte: PARKIN *et al.* (2008)

As estimativas de demanda da proporção de viagens casa-trabalho em cada distrito foram realizadas a partir de um modelo probabilístico definido por uma função *logit*. Entretanto, uma constante de saturação no modelo foi introduzida para estimar o percentual máximo de viagens a partir dos dados analisados, visto que a probabilidade de 100% não é esperada pelo fato de que sempre haverá uma parcela da população não-cativa do modo cicloviário que não está disposta a utilizá-lo. Além disso, o método de Berkson-Theil foi utilizado para estimar os coeficientes associados às variáveis por meio do método dos mínimos quadrados. Assim, o modelo é expresso matematicamente pela EQ. 2.1.

$$P_i = \frac{S}{1 + e^{-Z_i}} \quad \text{EQ. 2.1}$$

onde P_i é a proporção de viagens casa-trabalho realizadas por bicicletas em uma unidade administrativa i , S é a constante de saturação (limite superior da proporção de viagens) e Z_i é a atratividade relativa do modo cicloviário, modelada como uma combinação linear de variáveis independentes.

O modelo estimado é capaz de explicar 81,6% da variação da utilização da bicicleta para viagens casa-trabalho em distritos da Inglaterra e do País de Gales. A constante de saturação obtida no modelo é de 43%, cujo valor corresponde ao patamar encontrado em cidades holandesas e está pouco acima do percentual

máximo de 35% que foi identificado em um dos distritos analisados . Em relação aos sinais dos coeficientes, a maioria deles está de acordo com conclusões de outros estudos agregados e desagregados. Em relação a fatores socioeconômicos, o modelo identificou uma associação negativa entre baixos níveis de demanda pelo modo ciclovitário e altas proporções de não-brancos na população, baixo poder aquisitivo e posse do automóvel. Contudo, o efeito negativo da variável índice de deprivação de renda não foi o esperado pelos autores, para os quais essa variável é *proxy* para outras, tais como segurança em relação ao crime, imagem e posse de bicicletas.

Quanto aos fatores físicos, topografia foi o fator inibidor de demanda mais significativo, e, dentre as demais, apenas as variáveis temperatura e densidade populacional estão positivamente associadas à demanda. No que se refere aos fatores de sistemas de transportes, apenas as variáveis intensidade da demanda por transporte e condição do pavimento da via foram significativas, as quais estão negativamente associadas à demanda.

O modelo estimado foi aplicado para estimar a proporção de viagens casa-trabalho em quatro distritos da Inglaterra. Os resultados indicaram que a provisão de infraestrutura de rotas cicláveis, de forma isolada, pode não ser suficiente para aumentar o nível de utilização da bicicleta para viagens. A posse de automóvel e a presença de declividades moderadas pode atenuar o efeito positivo dado que as condições topográficas locais atenuam esse efeito positivo na demanda.

2.2.2.4 MODELO PARA 90 CIDADES NORTE-AMERICANAS (BUEHLER & PUCHER, 2012)

BUEHLER & PUCHER (2012) desenvolveram modelos de regressão log-linear para analisar diferenças entre os níveis de utilização da bicicleta em viagens do tipo casa-trabalho nas 90 maiores cidades dos Estados Unidos, a partir de dados de uma pesquisa realizada pela *American Community Survey* (ACS) entre os anos de 2006 e 2008. A técnica de regressão log-log foi utilizada para especificar seis modelos em

que a variável dependente (logaritmo natural do número de usuários de bicicletas por 10 mil habitantes) foi relacionada a características socioeconômicas, de uso do solo, das vias, do ambiente físico e a políticas de transportes, às quais as variáveis independentes correspondentes encontram-se listadas na TAB. 2.5.

TAB. 2.5 - Variáveis do modelo de demanda para 90 cidades norte-americanas

| Categoria | Variável |
|------------------------------------|--|
| Características socioeconômicas | Matrículas e posse de automóvel |
| Características físicas das vias | Densidade de ciclovias e espaços compartilhados e densidade de ciclofaixas |
| Características de uso do solo | Fator de expansão e acesso ao transporte público |
| Características do ambiente físico | Temperatura e precipitação |
| Políticas de transporte | Acidentes envolvendo bicicletas e preço da gasolina |

Fonte: BUEHLER & PUCHER (2012)

Os resultados dos ajustes dos seis modelos indicaram que o modelo com todas as variáveis analisadas é o que fornece estimativas de demanda com menor grau de tendenciosidade. Em geral, todos eles apresentaram resultados similares em relação à significância estatística, sinais e magnitude dos coeficientes estimados, sendo que a maioria foi capaz de explicar entre 60% e 65% da variação dos dados da variável dependente. Contudo, as variáveis precipitação, temperatura e acesso ao transporte público não apresentaram significância estatística para o nível de 10%.

Adicionalmente, o modelo log-log foi validado por meio de uma comparação com os resultados de um modelo de regressão logística binária com as mesmas variáveis independentes, para o qual a variável dependente foi definida como a razão de chance de ocorrência de viagens de bicicletas com motivo trabalho. O novo modelo apresentou valor de pseudo R^2 de McFadden igual a 0,62, o que indica a boa qualidade do ajuste. Embora as elasticidades dos dois modelos não são comparáveis devido às diferenças entre as técnicas de estimação utilizadas, a significância estatística, os sinais e a magnitude dos coeficientes são similares entre ambos.

Assim, os autores concluíram que o nível de utilização da bicicleta para viagens casa-trabalho nas 90 maiores cidades norte-americanas está associado positivamente à provisão de novas ciclovias e ciclofaixas, à redução das taxas de acidentes envolvendo bicicletas, ao aumento do preço da gasolina e à proporção de estudantes na população, o que ratifica os resultados de diversos estudos acerca dos fatores de utilização de bicicletas para viagens em áreas urbanas.

Contudo, os resultados obtidos não podem ser utilizados para realizar estimativas de demanda ao longo do tempo devido à não-existência de uma relação de causa e efeito entre as variáveis do modelo. Além disso, para evitar que problemas de endogeneidade no modelo (por exemplo, devido à multicolinearidade entre variáveis) resultem em estimativas tendenciosas, os autores recomendam a utilização de técnicas estatísticas mais avançadas para aumentar a precisão das estimativas, como, por exemplo, a modelagem por equações estruturais, que é capaz de identificar correlações entre variáveis dependentes e independentes e entre variáveis endógenas e exógenas de um modelo estatístico.

2.2.2.5 MODELO PARA INTERSEÇÕES VIÁRIAS DAS CIDADES DO CONDADO DE ALAMEDA, CALIFÓRNIA, EUA (GRISWOLD *et al.*, 2011)

GRISWOLD *et al.* (2011) elaboraram modelos log-lineares para estimar o volume de bicicletas em circulação em interseções viárias das cidades da região do Condado de Alameda, no estado norte-americano da Califórnia, EUA, com o objetivo de identificar, para fins de planejamento, características do ambiente construído associadas a altos e baixos níveis de utilização da bicicleta.

Dados de contagens realizadas em 81 interseções localizadas ao longo de vias arteriais ou coletoras foram utilizados para estimar três modelos conforme o período de realização das observações em campo (dias úteis e finais de semana, apenas dias úteis e apenas finais de semana). As contagens foram realizadas em um período de duas horas em dias úteis (entre terça e quinta-feira) e aos sábados, durante o período da primavera dos anos de 2008 e 2009. As interseções foram

selecionadas de modo que fosse analisado um conjunto amplo de tipologias de vias e de características socioeconômicas das áreas adjacentes a esses locais.

A variável dependente desses modelos corresponde ao logaritmo natural do volume de bicicletas, o qual permite estimativas positivas do volume de bicicletas após linearizado. As variáveis independentes estão relacionadas a um conjunto de características de uso do solo e dos sistemas de transportes adjacente às interseções e das características físicas das vias analisadas. Sistemas de Informações Geográficas (SIG) também foram utilizados para reduzir o nível de agregação de algumas variáveis, possibilitando o cálculo de algumas delas para áreas com raios de ação de 161m, 402m ou 805m a partir das interseções. As variáveis analisadas encontram-se na TAB. 2.6.

TAB. 2.6 - Variáveis analisadas no modelo do Condado de Alameda, EUA

| Categoria | Variável |
|---|--|
| Características físicas das vias | Declividade média de terreno Sinalização horizontal para bicicletas (<i>sharrows</i>) |
| Características de uso do solo adjacente | Áreas comerciais Proximidade à universidade Proximidade à uma estação BART - <i>Bay Area Rapid Transit</i> Proximidade à área central |
| Características dos sistemas de transportes | Conectividade da rede viária Densidade de interseções |
| Outras variáveis | Ano de realização da contagem |

Fonte: GRISWOLD *et al.* (2011)

Após eliminações de variáveis independentes com baixo grau de correlação com os volumes de bicicletas e de variáveis moderadamente a fortemente colineares entre si, quatro variáveis permaneceram nos três modelos: declividade sinalização horizontal para bicicletas, áreas comerciais e logaritmo natural da distância ao campus da Universidade de Berkeley. Os coeficientes estimados para essas variáveis são estatisticamente significativos para um nível de confiança de, pelo menos, 90%.

O modelo que engloba todas as contagens ($R^2=0,505$) apresentou problemas de heterogeneidade não-observada nos dados devido à inclusão de mais de uma contagem para cada interseção e a amostra inicial de 162 contagens foi analisada em dois grupos (contagens em dias úteis e em finais de semana), possibilitando assim a identificação dos atributos que mais influenciam os volumes de bicicletas observados nas interseções nas duas situações. Em dias úteis, os volumes observados são mais sensíveis às características do uso do solo adjacente às interseções, destacando-se a proximidade a polos atratores de viagens, como áreas comerciais e o *campus* da Universidade de Berkeley. Por sua vez, os volumes observados nos finais de semana são influenciados principalmente pela topografia e pela existência de marcações nas vias para a circulação de bicicletas, visto que as viagens realizadas são predominantemente recreacionais.

2.2.2.6 MODELO PARA VIAS DAS CIDADES DE MINNEAPOLIS E SAINT PAUL, EUA (HANKEY *et al.*, 2012)

HANKEY *et al.* (2012) desenvolveram modelos de regressão binomial negativa (BN) e de regressão linear múltipla para estimar o número de viagens não-motorizadas em vias das cidades de Minneapolis e Saint Paul, EUA, com a finalidade de identificar locais prioritários para a construção de infraestrutura para a circulação de bicicletas e pedestres. Os dados utilizados no estudo foram fornecidos pelo Departamento de Obras Públicas da Cidade de Minneapolis (DPW) e pela organização não-governamental *Transit for Livable Communities* (TLC), os quais correspondem a um conjunto de 436 contagens volumétricas de bicicletas e pedestres realizadas em 259 segmentos viários da cidade no mês de setembro entre os anos de 2007 e 2010.

Os autores optaram por utilizar dados de 43 contagens de 12 horas devido ao alto grau de correlação com os volumes observados durante o horário de pico da tarde (16:00-18:00). A variável dependente dos modelos foi definida como o volume de bicicletas em circulação em um segmento viário, que foi relacionada a um

conjunto de 20 variáveis independentes relacionadas a características socioeconômicas e demográficas, do ambiente construído, do ambiente físico (clima) e do sistema viário local, conforme mostra a TAB. 2.7.

TAB. 2.7 - Variáveis analisadas pelo modelo de Minneapolis e Saint Paul, EUA

| Categoria | Variável |
|---|---|
| Características socioeconômicas e demográficas | Etnia, população, educação (número de matrículas), renda e crime |
| Características do ambiente construído | Densidade populacional, empregos, diversidade de usos do solo, distância à área central e distância a corpos d'água |
| Características do ambiente físico | Temperatura e precipitação |
| Características do sistema viário/facilidades para bicicletas | Classificação funcional da via, rota de ônibus, localização da rota ciclável em relação à via |
| Variável temporal | Ano de realização da contagem |

Fonte: HANKEY *et al.* (2012)

Os resultados do ajuste dos modelos mostraram que o modelo BN possui maior número de variáveis significativas em comparação ao de regressão linear, considerando o nível de confiança de 95%. As variáveis comuns aos dois modelos são: educação, renda, distância à área central, precipitação, via arterial e facilidades para bicicletas não-contíguas à via. O modelo BN também inclui as variáveis etnia e diversidade de usos do solo. A direção e a magnitude dos coeficientes associados a essas variáveis estão de acordo com o esperado para a maioria delas (exceto renda, em ambos os modelos). Contudo, o modelo de regressão linear explica apenas 38,1% da variação causada na variável dependente ($R^2 = 0,381$).

No modelo BN, a provisão de ciclovias, a proporção de residentes com ensino superior e a diversidade de usos do solo são as variáveis com maior influência no volume de bicicletas estimado, enquanto que o efeito contrário é causado pelas variáveis precipitação e distância à área central.

2.2.2.7 MODELO PARA INTERSEÇÕES VIÁRIAS DA CIDADE DE CALGARY, CANADÁ (TABESHIAN & KATTAN, 2014)

TABESHIAN & KATTAN (2014) desenvolveram modelos de Poisson e de regressão linear múltipla para estimar a demanda de viagens de bicicletas em interseções da cidade de Calgary, no Canadá. Os dados utilizados no estudo são de contagens volumétricas de bicicletas realizadas no período entre os anos de 2007 e 2012 em 34 interseções não-pertencentes à região central de Calgary, no horário de pico da tarde (16:00-18:00) de dias úteis. As interseções localizadas na área central do município não foram incluídas no estudo devido a diferenças significativas no padrão de uso e ocupação do solo em relação às demais regiões.

A variável dependente dos modelos é o volume de bicicletas observado em uma interseção, que está relacionado a um conjunto de fatores socioeconômicos dos usuários e do uso do solo adjacente às interseções, assim como aqueles relacionados às características dos sistemas de transportes disponíveis no município. Assim, 27 variáveis independentes (TAB. 2.8) foram definidas para o estudo e analisadas em quatro áreas de influência com raios de ação de 161 m (1/10 milha), 402 m (1/4 milha), 805 m (1/2 milha) e 1207 m (3/4 milha) a partir das interseções, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

TAB. 2.8 - Variáveis analisadas pelo modelo de Calgary, Canadá

| Categoria | Variável |
|--|--|
| Características socioeconômicas e demográficas | População, empregos, faixa etária (3 categorias), nível de ocupação, renda e usuários de transporte público |
| Características do ambiente construído | Áreas escolares, áreas de serviços comunitários, áreas institucionais, parques, áreas recreacionais e educacionais, áreas de controle direto, áreas habitacionais, áreas residenciais e áreas comerciais |
| Características dos sistemas de transportes | Pontos de parada para ônibus, rota de ônibus, frequência de ônibus, malha viária, malha cicloviária, malha de espaços compartilhados, número de faixas e número de ciclofaixas |

Fonte: TABESHIAN & KATTAN (2014)

Após uma série de testes com combinações entre variáveis associadas a diferentes áreas de influência, os modelos de regressão linear múltipla e de Poisson que apresentaram o melhor ajuste aos dados analisados estão indicados pelas equações EQ. 2.2 e EQ. 2.3, respectivamente.

- Regressão múltipla:

$$VMB = 0,664 * INS + 2,250 * RES + 2,030 * COM - 0,504 * F + 1,218 \\ * PED (R^2 = 0,900) \quad \text{EQ. 2.2}$$

- Regressão de Poisson:

$$VMB = 1,5570 + 0,0341 * INS + 0,1413 * RES + 0,1560 * COM - 0,0200 * NL \\ + 0,0590 * BS (\rho_{adj}^2 = 0,321) \quad \text{EQ. 2.3}$$

em que:

VMB: Volume médio de bicicletas durante o horário de pico da tarde;

INS: Área de espaços institucionais em um raio de 805 m;

RES: Área de espaços residenciais em um raio de 161 m;

COM: Área de espaços comerciais em um raio de 161 m;

F: Número de faixas da via na aproximação da interseção;

PED: Número de pontos de embarque e desembarque de ônibus em um raio de 402 m;

Os coeficientes dos modelos apresentaram significância estatística para o nível de confiança de 99% e sinais de acordo com o esperado em função dos resultados de outros estudos. O modelo de regressão de Poisson apresentou menor erro quadrático médio, indicando que as estimativas fornecidas por esse modelo são um pouco mais precisas em relação ao modelo de regressão múltipla. Dado que a adequabilidade do modelo de Poisson foi atestada por um teste de sobre-dispersão

a possibilidade do modelo binomial negativo ser empregado para ajustar os mesmos dados foi descartada.

A validação de ambos os modelos foi realizada a partir de uma amostra de dados de 18 contagens volumétricas realizadas na região sudoeste de Calgary. Embora os modelos revelaram-se satisfatórios para estimar o volume de bicicletas em interseções para as quais inexistem dados de contagens volumétricas.

2.2.3 MÉTODOS SIMPLES

Os métodos simples podem ser definidos como um conjunto de cálculos utilizados para estimar o número de usuários de bicicletas em uma área ou região a partir de dados existentes ou coletados em campo e dos padrões de comportamento dos usuários de bicicletas identificados em estudos existentes na literatura (FHWA, 1999).

De acordo com BARNES & KRIZEK (2005), este tipo de método pode ser útil para análises de investimento em projetos de transporte cicloviário, com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão para a definição de políticas de transportes a curto prazo. Assim, os autores desenvolveram um método de previsão da demanda diária de viagens por bicicletas para fins de análise de custo-benefício de investimentos. A hipótese assumida pelo modelo é a de que a utilização da bicicleta em viagens casa-trabalho é feita majoritariamente por uma fração pequena de usuários, sobre os quais informações serão encontradas a nível censitário.

Os dados utilizados foram obtidos do Censo (CTTP), de contagens do NHTS (*National Household Travel Survey*) e do TBI (*Travel Behavior Inventory*) realizado nas cidades de Minneapolis e St. Paul, ambas localizadas no estado norte-americano do Minnesota. O estudo considerou três divisões geográficas para a previsão de demanda: regiões metropolitanas, estados e zonas censitárias das cidades de Minneapolis e St. Paul. Para o nível de confiança de 95% das estimativas

geradas, os autores obtiveram as seguintes equações para cada divisão geográfica analisada (EQ. 2.4, EQ. 2.5 e EQ. 2.6):

- Para 15 regiões metropolitanas:

$$A = 0,3 + 1,5C(R^2 = 0,7)$$

EQ. 2.4

- Para 34 estados norte-americanos:

$$A = 0,4 + 1,1C(R^2 = 0,3)$$

EQ. 2.5

- Para 65 zonas de tráfego de Minneapolis e St. Paul:

$$A = 0,6 + 2,5C(R^2 = 0,3)$$

EQ. 2.6

onde A é o percentual de adultos que utilizam a bicicleta diariamente e C é o percentual de viagens por motivo trabalho realizadas por adultos.

Os resultados do estudo indicaram que a bicicleta é utilizada por 1% dos adultos norte-americanos para viagens casa-trabalho. Considerando as regiões metropolitanas, esse percentual pode variar entre 0,3% e 2,5%. Nas zonas censitárias, estima-se que a bicicleta é utilizada por 15% da população adulta.

2.2.4 MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

Os modelos de escolha discreta, ou modelos desagregados, são utilizados para prever a escolha de uma alternativa por um indivíduo a partir de um conjunto finito de alternativas mutuamente excludentes. O comportamento dos usuários é

modelado através da Teoria da Utilidade Aleatória, cuja hipótese é a de que os indivíduos tenderão a maximizar a utilidade de uma medida de valor ao escolher a melhor alternativa disponível em um conjunto (BEN-AKIVA & LERMAN, 1985).

No campo do transporte cicloviário, esses modelos são aplicados para duas finalidades (FHWA, 1999): escolha modal e escolha de rotas. Os modelos de escolha modal identificam a proporção de indivíduos que escolheriam a bicicleta para a realização de viagens em detrimento a outros modais, a partir de respostas às mudanças observadas em fatores associados a aspectos de utilização da bicicleta ou de modais concorrentes (FHWA, 1999). Por sua vez, os modelos de escolha de rotas avaliam as preferências relativas dos usuários de bicicleta em relação a fatores de utilização do modal que devem estar presentes em uma rota ou facilidade e influenciam a escolha do modal para a realização de viagens (FHWA, 1999). Contudo, não são capazes de realizar estimativas quantitativas de demanda (KUZMYAK *et al.*, 2014).

Tradicionalmente, as alternativas de escolha investigam relações entre os níveis de demanda e o uso do solo e as características das facilidades existentes para bicicletas (HABIB *et al.*, 2014). Contudo, modelos recentes têm incluído variáveis latentes para aumentar ainda mais o nível de sensibilidade desses modelos a variáveis de políticas de transporte afetadas pelas atitudes e percepções dos indivíduos (YÁÑEZ *et al.*, 2010), por meio de modelos híbridos ou *logit* misto (ORTÚZAR & WILLUMSEN, 2011).

Em comparação aos modelos agregados, os métodos de escolha discreta fornecem estimativas mais precisas, porém são mais complexos e dependentes do conhecimento de funções estatísticas, principalmente modelos *logit* (FHWA, 1999). Esses modelos são calibrados a partir de dados obtidos em pesquisas de preferência declarada ou revelada, que podem se tornar inviáveis em função do custo de aplicação da pesquisa e da quantidade de informações necessárias para o desenvolvimento dos modelos.

Alguns modelos de escolha discreta desenvolvidos para estimar a demanda por transporte cicloviário (escolha modal) ou caracterizá-la de maneira qualitativa (escolha de rotas). são apresentados a seguir.

2.2.4.1 MODELO DE EDIMBURGO, ESCÓCIA (WARDMAN *et al.*, 2007)

WARDMAN *et al.* (2007) desenvolveram um modelo *logit* hierárquico para analisar a propensão de utilização da bicicleta em viagens casa-trabalho na cidade de Edimburgo, na Escócia. Esse modelo permite a realização de estimativas de demanda ao longo do tempo como resultado da avaliação dos efeitos causados pela implantação de medidas favoráveis ao transporte ciclovitário, tais como provisão de infraestrutura para circulação e estacionamento de bicicletas e incentivo financeiro diário para a utilização desse veículo, combinados ou isoladamente.

A partir da combinação de dados obtidos por meio da pesquisa origem-destino *National Travel Survey* (NTS) e da aplicação de questionários complementares de preferência revelada (PR) e preferência declarada (PD), os autores caracterizaram 30.116 viagens de até 12 km realizadas por usuários do automóvel, de ônibus, de trem, da bicicleta e do transporte a pé. As variáveis consideradas nos conjuntos de dados de PR e nos experimentos de PD encontram-se, respectivamente, nas tabelas TAB. 2.9 e TAB. 2.10.

TAB. 2.9 - Variáveis da pesquisa de PR no modelo de demanda de Edimburgo

| Categoria | Variável |
|---|---|
| Características socioeconômicas | Idade, gênero, renda, atividade exercida, modo de transporte utilizado |
| Questionário de PR (969 entrevistas) | Tempo de viagem por tipo de via ou rota ciclável, custo da viagem atual, estacionamento e vestiários no local de trabalho, topografia, poluição do ar, ruído, segurança em relação ao tráfego, segurança pessoal, cansaço físico, habilidade de pedalar |

Fonte: WARDMAN *et al.* (2007)

TAB. 2.10 - Atributos e níveis dos experimentos de PD do modelo de Edimburgo

| Experimento | Atributos | Níveis |
|---|--|---|
| PD1: Provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas (2115 entrevistas) | Tempo de viagem por tipo de via ou rota ciclável | 50% de D e E existentes, mudança para C 50% de D e E existentes, mudança para B 50% de D e E existentes, mudança para A 100% de D e E existentes, mudança para C 100% de D e E existentes, mudança para B 100% de D e E existentes, mudança para A 100% de C, D e E existentes, mudança para B 100% de C, D e E existentes, mudança para A |
| PD2 (2301 entrevistas) | Estacionamento e vestiários no local de trabalho | Estacionamento externo Estacionamento interno Estacionamento interno e áreas com chuveiros |
| | Incentivo financeiro para utilizar a bicicleta para o trabalho | £0,50 por dia £1,00 por dia £1,50 por dia £2,00 por dia £3,00 por dia £4,00 por dia £5,00 por dia |
| Nota: (A) ciclovia totalmente segregada da via, (B) ciclovia segregada contígua à via, (C) ciclofaixa contígua à via, (D) vias arteriais sem rotas cicláveis, (E) vias locais | | |

Fonte: WARDMAN *et al.* (2007)

Os coeficientes associados às variáveis de PR e PD foram estimados simultaneamente em um único modelo, dado que o modelo *logit* hierárquico é capaz de lidar com diferentes escalas de mensuração entre os dados analisados. O modelo ajustado mostrou-se aderente aos dados coletados ($\rho^2 = 0,28$) e a maioria dos coeficientes estimados apresentou significância estatística e sinais de acordo com o esperado. Entretanto, os autores identificaram alguns resultados inesperados, tais como a inconsistência entre os sinais dos coeficientes associados à variável custo da viagem dos dados do NTS e do questionário de PR e valores aproximadamente iguais em módulo para os coeficientes da variável tempo de viagem em vias arteriais e locais.

A forma incremental do modelo *logit* foi empregada para calcular a proporção de utilização dos modais automóvel, ônibus, trem, bicicleta e a pé, a partir dos dados da matriz de distribuição modal de viagens de Edimburgo no ano de 1997, fornecidos pelo NTS. Os parâmetros estimados pelo modelo *logit* hierárquico para as variáveis PD foram utilizados para as estimativas de demanda do modelo, considerando quatro cenários de implantação de melhorias favoráveis à circulação de bicicletas.

Para o cenário de ausência de melhorias durante o período de 30 anos, os resultados obtidos mostraram que a propensão de utilização da bicicleta é menor. Considerando os cenários de melhorias, as estimativas de demanda indicaram que o acréscimo de demanda pelo modo ciclovário é maior quando as melhorias são implantadas conjuntamente. Considerando os cenários de melhorias isoladas, o pagamento de incentivo financeiro diário para utilizar a bicicleta foi o atributo mais significativo, principalmente para valores a partir de £2,00, que dobrariam o nível de demanda atual. Por outro lado, o efeito da provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas composta apenas por ciclovias resultou em decréscimo pouco significativo na propensão de utilizar o automóvel.

2.2.4.2 MODELO PARA LONDRES, INGLATERRA (MALDONADO-HINAREJOS *et al.*, 2014)

MALDONADO-HINAREJOS *et al.* (2014) desenvolveram um modelo híbrido de escolha modal para avaliar o nível de demanda pelo transporte ciclovário para viagens casa-trabalho na cidade de Londres, na Inglaterra, considerando a influência de atitudes e percepções relacionadas ao uso da bicicleta como modo de transporte. Os dados utilizados nesse estudo são de uma pesquisa realizada no ano de 2010, com 1985 usuários de automóveis, de transporte público e do transporte a pé, Do total de entrevistados, 30% declararam utilizar a bicicleta pelo menos uma vez por semana.

A calibração do modelo híbrido ocorreu por meio de uma estimativa sequencial em três etapas: (i) estimativa dos parâmetros associados às variáveis explicativas e

às variáveis atitudinais e perceptuais por meio da solução de um modelo com variáveis latentes (não-mensuráveis diretamente); (ii) utilização de técnicas de análise fatorial exploratória para identificar fatores latentes por meio de agrupamentos de variáveis atitudinais e perceptuais; e (iii) inclusão dos fatores latentes em um modelo de escolha discreta para a realização de estimativas de demanda.

O modelo de escolha modal considerou 12 variáveis, que abrangem características socioeconômicas e demográficas, características físicas das vias e indicadores de atitudes e percepções, representados por quatro fatores latentes identificados a partir das respostas dos entrevistados: imagem, contexto, estresse e políticas pró-bicicleta. Essas variáveis estão indicadas na TAB. 2.11.

TAB. 2.11 - Variáveis do modelo híbrido de Maldonado-Hinarejos *et al.* (2014)

| Categoria | Variáveis |
|---|---|
| Características socioeconômicas e demográficas | Faixa etária, gênero, etnia, localização residencial |
| Questionário de pesquisa: Fatores latentes atitudinais | Imagem, contexto, estresse, políticas pró-bicicleta |
| Questionário de pesquisa: Cenários hipotéticos de PD | Infraestrutura de rotas cicláveis, volume de veículos motorizados, estacionamento para bicicletas no destino, tempo de viagem |

Fonte: MALDONADO-HINAREJOS *et al.* (2014)

O modelo estimado obteve valor satisfatório de ρ^2 e nível de significância de 0,05 para a maioria das variáveis, com exceção do volume de veículos motorizados e da provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas. Embora outros estudos na literatura sugerem que o volume de veículos de uma via pode não ser um critério importante na decisão de escolha da bicicleta para viagens (PROVIDELO & SANCHES, 2011; SENER *et al.*, 2009), o modelo estimado contradiz os resultados de estudos que associam a provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas à variação positiva da demanda (DILL & CARR, 2003; HANKEY *et al.*; PUCHER & BUEHLER, 2012). Ademais, os autores também observaram que o poder explicativo

da variável tempo de viagem no modelo híbrido foi reduzido devido à inclusão dos fatores latentes.

Após calibrado, o modelo foi utilizado para estimativas de demanda de viagens por bicicletas a partir de cenários hipotéticos de melhoria da percepção da imagem da bicicleta como modo de transporte, das condições de estacionamento para bicicletas e de implantação conjunta dessas medidas favoráveis à utilização desse modal. A partir do cenário de demanda atual (cenário-base), as estimativas indicaram que o acréscimo de demanda é maior quando as melhorias associadas à imagem e das condições para estacionamento de bicicletas são consideradas de maneira conjunta. Por outro lado, em todos os cenários hipotéticos considerados, a redução na proporção de viagens por automóvel é menor que a de viagens feitas por transporte público (-0,5% contra -2,0%, respectivamente).

2.2.4.3 MODELO DE ESCOLHA DE ROTAS DO TEXAS, EUA (SENER *et al.*, 2009)

SENER *et al.* (2009) realizaram um estudo com a finalidade de identificar os atributos mais importantes para a escolha de rotas para bicicletas no estado norte-americano do Texas, para fins de definição ou planejamento de novas rotas cicláveis e de melhoria das condições de circulação nas rotas existentes nessa região. Os dados utilizados foram obtidos por meio de uma pesquisa *online* realizada com 1621 usuários de bicicletas, sendo que 50,2% utilizam a bicicleta para viagens utilitárias e 49,8%, para viagens recreacionais.

O modelo *logit* multinomial explodido (MMNL) foi utilizado para analisar os escolhido para os efeitos relativos entre os atributos de escolha de rotas e as interações destes com as características individuais dos entrevistados. Os autores definiram 17 variáveis de interesse, as quais foram agrupadas em cinco categorias de atributos de vias e das rotas utilizadas e um grupo de características individuais e da viagem realizada, conforme indicado na TAB. 2.12, a seguir.

TAB. 2.12 - Variáveis do modelo de escolha de rotas para bicicletas no Texas, EUA

| Categoria | Variável |
|--|--|
| Características individuais | Faixa etária, gênero, distância da viagem, motivo da viagem, flexibilidade da agenda de trabalho, nível de experiência de uso da bicicleta |
| Características das áreas de estacionamento na via | Tipologia, taxa de rotatividade, extensão da área permitida para estacionamento, taxa de ocupação |
| Características das facilidades para bicicletas | Tipo e largura da rota ciclável, continuidade da rota |
| Características físicas da via | Inclinação e sinalização de parada obrigatória, semafórica e interseções |
| Características funcionais da via | Volume de veículos motorizados e limite de velocidade |
| Características operacionais da via | Tempo de viagem |

Fonte: SENER *et al.* (2009)

A técnica de preferência declarada foi escolhida para a coleta de dados, por meio da avaliação de cenários hipotéticos, que foram elaborados de forma que apenas cinco dos 11 atributos do modelo fossem avaliados pelos entrevistados. O tempo de viagem (calculado automaticamente) foi incluído apenas nos cenários apresentados aos usuários regulares de bicicletas.

O tempo de viagem e o volume de veículos motorizados foram os atributos que mais influenciaram na escolha das rotas dos entrevistados. Outros atributos significativos foram: sinalização de parada obrigatória, semafórica e número de interseções, limite de velocidade da via, configuração das vagas para estacionamento e continuidade da rotas cicláveis. Por outro lado, os autores identificaram, de forma inesperada, a existência de preferência por declividades moderadas a suaves entre entrevistados do sexo masculino, o que pode estar associado aos benefícios advindos da utilização da bicicleta para atividade física.

Os atributos das rotas também foram analisados em termos de valor do tempo de viagem e do valor monetário que os entrevistados estão dispostos a pagar para a implantação de uma determinada melhoria para reduzir o tempo de viagem ou evitar a influência do atributo na viagem realizada. O volume de veículos motorizados foi o

atributo para o qual os entrevistados estão dispostos a pagar mais para obter uma redução no tempo de viagem ou evitar a influência desse atributo nas rotas utilizadas. Em geral, os resultados mostraram que valor do tempo é similar entre os atributos para viagens curtas e longas, com exceção do limite de velocidade, que é mais significativo para curtas distâncias, e do tipo de estacionamento, da continuidade da rota ciclável e volume de veículos motorizados, que são mais significativos para longas distâncias.

As conclusões do estudo não são transferíveis para outras localidades devido ao fato de o estudo ter sido conduzido a partir de uma pesquisa realizada com usuários de bicicletas residentes no Texas. Embora a amostra pesquisada não seja representativa da população em geral, ela pode conter um número maior de usuários muito experientes, o que é positivo para a eficácia das soluções de transporte cicloviário que podem ser definidas a partir dos resultados do modelo (STINSON & BHAT, 2004, SENER *et al.*, 2009).

2.2.5 MÉTODO SEQUENCIAL OU DE QUATRO ETAPAS

O modelo tradicional de quatro etapas foi desenvolvido na década de 1950 com o objetivo de estimar a demanda futura de viagens como resultado de políticas e projetos de transportes propostos e de mudanças nas características socioeconômicas e no padrão de uso e ocupação do solo de uma área urbana (ELLIOTT & HAMMOND, 2010). A partir da divisão de uma área em zonas de análise e da definição de uma rede de transportes que interconecta essas zonas, o estudo de demanda é feito em quatro etapas: (i) geração de viagens; (ii) distribuição de viagens; (iii) divisão modal; e (iv) alocação dos fluxos de tráfego.

Como resultado, o modelo calibrado fornece o número de viagens originadas em cada zona de análise da região de estudo e a distribuição das mesmas entre pares de zonas. A quantidade de viagens futuras é estimada em função de mudanças esperadas na população, empregos, uso do solo, características demográficas e nas redes dos sistemas de transportes disponíveis (FHWA, 1999).

Entretanto, a estrutura do modelo tradicional de quatro etapas torna difícil a incorporação de viagens realizadas por meio de bicicletas, principalmente devido ao nível de agregação inerente ao método (FHWA, 1999; KUZMYAK *et al.*, 2014). Assim, grande parte da informação que caracteriza o padrão de viagens por bicicletas é perdida, pois, por serem predominantemente realizadas em curtas distâncias, requerem zonas de análise com tamanhos menores para a análise de variáveis de uso do solo e de acessibilidade à rede de transportes (KUZMYAK *et al.*, 2014). Além disso, viagens recreacionais e fora do horário de pico não são analisadas, as quais podem ser importantes para determinar o nível de utilização de uma rede de rotas cicláveis (AUSTROADS, 2001).

Ao contrário do que é observado para modos motorizados, os avanços deste método ainda são pequenos para a modelagem da demanda de modos não-motorizados, embora esforços tenham sido feitos nesta direção nas últimas décadas (KHANI *et al.*, 2014). Atualmente, alguns procedimentos estão sendo incorporados nos modelos sequenciais para aumentar a precisão da estimativa de demanda pelo transporte ciclovário, com a finalidade de aumentar a sensibilidade desses modelos às variáveis características de políticas de transporte, uso do solo e atributos de rede de rotas para bicicletas (KHANI *et al.*, 2014).

De acordo com LIU *et al.* (2012), a inclusão do modo ciclovário nesses modelos pode ser feita de três maneiras:

- Pré-distribuição de viagens: Nesta abordagem, o número de viagens não-motorizadas é estimada na etapa de geração de viagens e permanece à parte do restante das etapas do modelo sequencial, que continua apenas para viagens motorizadas;
- Pré-divisão modal: Esta abordagem permite a distinção entre viagens motorizadas e não-motorizadas ao incorporar variáveis características das zonas de origem e destino em uma medida de impedância entre elas, tais como distância, tempo de viagem ou *logsums* de um modelo de escolha modal.

- Divisão modal: Ao incluir o modo cicloviário diretamente nesta etapa do modelo sequencial, a porcentagem de viagens realizadas por bicicletas será afetada por qualquer análise de cenários que envolva o incentivo ao uso do modal. Para LIU *et al.*, (2012), esta é a forma mais precisa para estimar o número de viagens por bicicletas.

A seguir, dois exemplos de modelos sequenciais são apresentados para a previsão de demanda de viagens por bicicletas.

2.2.5.1 MODELO DE RIDGWAY (1995)

RIDGWAY (1995) propôs um modelo de três etapas, similar ao modelo tradicional de quatro etapas, para estimar de demanda de viagens em escala municipal. O modelo foi aplicado na cidade de Berkeley, no estado norte-americano da Califórnia, que se caracteriza pelo uso intenso da bicicleta.

O modelo considera apenas as etapas de geração de viagens, distribuição de viagens e alocação dos fluxos. Os dados socioeconômicos e de uso do solo são utilizados para o cálculo de fatores de estimativa de divisão modal para a geração de uma matriz de produção e atração de viagens futuras por bicicletas. As viagens de bicicletas são classificadas em três tipos: residenciais com motivo trabalho, residenciais com outros motivos e não-residenciais. Para o autor, a definição desses fatores é o ponto mais problemático do modelo, uma vez que o nível de utilização da bicicleta é variável ao longo do tempo.

O autor utilizou dados do Censo 1990 para realizar uma análise de regressão entre um conjunto de variáveis agregadas e as taxas de viagens observadas em 18 cidades do estado norte-americano da Califórnia. As variáveis identificadas com maiores graus de correlação com as taxas de viagens para bicicletas foram:

- Faixa etária ou proporção da população menor que 25 anos ($r = 0,31$);
- Tempo médio de viagem para todos os tipos ($r = 0,42$);

- Proporção de estudantes com 12 anos ou mais na população ($r = 0,43$).

O modelo final de regressão com essas três variáveis foi considerado apropriado para estimar a divisão modal das 18 cidades analisadas e apresentou um coeficiente de correlação de 0,82 entre os valores estimados e observados no Censo 1990. O mesmo modelo foi aplicado às zonas censitárias de Berkeley, porém o coeficiente de correlação diminuiu para 0,53, indicando perda de precisão das estimativas de demanda a nível censitário.

2.2.5.2 MODELO DE SEATTLE, EUA (KHAN *et al.* 2013)

KHAN *et al.* (2013) desenvolveram um modelo baseado no método tradicional de quatro etapas para estimar a demanda de viagens por bicicletas na cidade de Seattle, EUA. Os autores utilizaram dados de uma pesquisa origem-destino realizada pela Agência Metropolitana de Seattle no ano de 2006, através da qual foram coletadas informações sobre 10.510 viagens distribuídas entre 4.741 residências e registradas em um diário de viagem de dois dias úteis.

A redução do tamanho da escala de análise para o nível de bloco permitiu a implementação de modificações que permitissem o aumento da sensibilidade do modelo a variáveis características do padrão de viagens dos usuários de bicicletas. Além disso, um procedimento de pré-escolha modal foi incorporado para classificar as viagens não-motorizadas em intrazonais (dentro de uma mesma zona de tráfego) ou interzonais (entre zonas de tráfego) por meio da introdução de *logsums* de um modelo *logit* multinomial de escolha modal. Os *logsums* permitiram a geração de dois índices de acessibilidade (para acesso a modos não-motorizados e a veículos com único ocupante) para as zonas de tráfego (ZT) analisadas, a partir de variáveis como distância de viagem, do número de empregos na ZT de destino, da distância da origem da viagem à área central de Seattle (para SOV) e de uma medida de entropia de usos do solo (para modos não-motorizados).

O método considera apenas as etapas de geração de viagens, distribuição de viagens e divisão modal, sendo que a etapa de geração de viagens é precedida por um modelo de previsão do número de automóveis por residência. O número de viagens não-motorizadas por residência é estimado através de um modelo binomial negativo inflado de zeros. Em seguida, essas viagens são distribuídas e classificadas em intrazonais ou interzonais por meio de um modelo *logit* binário. Para esses dois grupos de viagens, modelos *logit* multinomiais de escolha modal são especificados separadamente, e a bicicleta foi incluída como uma alternativa de escolha modal no modelo de viagens interzonais. Por fim, um modelo *tobit* é utilizado para calcular a distância de viagem por modos motorizados e não-motorizados por residência.

Um conjunto de 24 variáveis relacionadas às características socioeconômicas dos entrevistados e das respectivas residências, e às características do uso do solo adjacente a esses locais foi analisado para o desenvolvimento do modelo. Um software de SIG foi utilizado para o cálculo de variáveis com raios de ação de 1/4 ou 1/2 milha (402 m ou 805 m, respectivamente) a partir do local de residência. As variáveis escolhidas para cada etapa do modelo sequencial de Seattle estão indicadas na TAB. 2.13.

TAB. 2.13 - Variáveis analisadas no modelo sequencial de Seattle, EUA

| Categoria | Atributo ou variável | Etapa |
|--|---|--------------|
| Características socioeconômicas | Idade, gênero e educação | D, E |
| Características da residência | Dimensões, número de trabalhadores, licença para dirigir, renda e volume de veículos motorizados; | NV, G |
| | Número de empregos (1/4 milha) | G |
| Características de uso do solo para as zonas de origem e destino | Oferta de estacionamento, custo do estacionamento; | G, D, E |
| | Número de interseções, acesso ao transporte público; | NV, G, D, E |
| | Densidade de pontos de parada para ônibus | NV, G |
| | Indicador de localização da residência | NV |
| | Entropia | D, E |
| Notas: NV = Número de veículos, G = Geração, D = Distribuição, E = Escolha modal | | |

FONTE: KHAN *et al.* (2013)

Os resultados obtidos indicaram que as variáveis socioeconômicas apresentaram-se como melhores estimadores do comportamento dos indivíduos, embora um número razoável de variáveis de uso do solo foi considerado na análise e no desenvolvimento desses modelos. As variáveis relacionadas às características da residência dos entrevistados foram as mais significativas nas etapas de estimativa do número de automóveis e de geração de viagens. As características individuais, o número de interseções *3-way* e sem saída foram as variáveis mais importantes dos modelos *logit* calibrados nas etapas de distribuição de viagens e escolha modal. Em relação ao modelo *tobit*, o tamanho da residência e o número de interseções *4-way* ou mais foram as variáveis com maior impacto positivo na distância de viagem por residência, o número de veículos motorizados e a distância à área central exerceram o mesmo efeito na direção contrária e variáveis relacionadas ao estacionamento de automóveis, densidade de uso do solo e índices de acessibilidade não apresentaram significância estatística.

Em geral, o modelo de Seattle pode ser útil a planejadores de transportes para a análise do impacto de medidas que afetam o uso do solo local no número de viagens não-motorizadas. Entretanto, os autores consideram necessária a inclusão de outras variáveis relacionadas ao ambiente construído em modelos futuros, para o melhor entendimento do comportamento de escolha da bicicleta para viagens, tais como presença de ciclovias, inclinação média das vias e o desnível altimétrico entre pares de origem e destino.

2.3 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DE DEMANDA POTENCIAL RELATIVA

2.3.1 ANÁLISE DE MERCADOS

O método de análise de mercados é utilizado para estimar a probabilidade ou o número máximo de viagens por bicicletas que podem ser feitas em uma rede viária que reúne condições ideais para a circulação do modo cicloviário (FHWA, 1999).

Esses modelos assumem as hipóteses de que uma determinada porcentagem de usuários de outros modos de transporte passará a utilizar a bicicleta para a realização de viagens ou que uma porcentagem de viagens com determinado motivo e distância será convertida em viagens realizadas através de bicicletas.

A segmentação dos mercados-alvo é definida geralmente por critérios socioeconômicos dos usuários, à distância e ao motivo da viagem, embora outros critérios sejam encontrados na literatura (por exemplo, estações do ano). Desta forma, esse tipo de método permite estimar a porcentagem de viagens realizadas por automóvel ou transporte público que podem ser convertidas em viagens para bicicletas, mas, ao mesmo tempo, são pouco sensíveis às mudanças de variáveis associadas a políticas de transportes e a alterações na rede de transporte existente (FHWA, 1999).

A seguir, três aplicações da metodologia de análise de mercado são apresentadas.

2.3.1.1 MODELO DE CLARK (1997)

CLARK (1997) propôs um procedimento de estimativa do número potencial de viagens não-motorizadas por meio da adoção de fatores de redução de viagens motorizadas em um modelo tradicional de demanda, considerando características socioeconômicas e de uso do solo atuais e futuras. Nesse modelo, as viagens transferidas para modos não-motorizados correspondem à variação de demanda observada em decorrência da implantação de melhorias voltadas à circulação de pedestres e usuários de bicicletas.

O modelo em questão não inclui a etapa de divisão modal do modelo tradicional, uma vez que é aplicável apenas a cidades de pequeno porte. As etapas de geração, distribuição e alocação de viagens ocorrem da mesma forma que no modelo completo de quatro etapas. Contudo, fatores de redução são aplicados na matriz O-D obtida após a etapa de alocação do tráfego para gerar uma matriz O-D de viagens

não-motorizadas. Feito isso, a nova matriz O-D para viagens motorizadas é utilizada para a re-calibração do modelo.

Os fatores de redução foram estratificados em função da distância e do motivo de realização das viagens. Apenas viagens residenciais com motivo trabalho, residenciais com outros motivos e não-residenciais foram analisadas. As distâncias de viagem para as quais os modos não-motorizados e o automóvel são modais concorrentes foram definidas por meio de julgamento profissional. Em geral, fatores maiores podem ser aplicados para viagens curtas.

O método foi aplicado em Bend e Pendleton, duas cidades de pequeno porte do estado norte-americano do Oregon. Os fatores de redução adotados por cada cidade não foram idênticos, uma vez que aspectos econômicos, sociais, políticos e ambientais também foram considerados na definição das porcentagens apropriadas.

2.3.1.2 ESTUDO DE BERGSTRÖM & MAGNUSSON (2003)

BERGSTRÖM & MAGNUSSON (2003) realizaram um estudo para estimar o acréscimo de demanda potencial pelo modo cicloviário durante o período de inverno nas cidades de Lulea e Linköping, na Suécia, considerando um cenário de melhoria dos serviços de manutenção das rotas cicláveis existentes. O estudo também foi desenvolvido para identificar os fatores mais importantes para a escolha da bicicleta em viagens casa-trabalho durante as estações do verão e do inverno.

A coleta de dados deu-se por meio da aplicação de questionários de pesquisa de preferência revelada nos anos de 1998 e 2000, que permitiram a caracterização individual dos entrevistados, da viagem realizada por eles e a avaliação de 10 fatores que influenciam a escolha da bicicleta para viagens durante o inverno. As variáveis pesquisadas estão listadas na TAB. 2.14.

TAB. 2.14 - Variáveis analisadas no estudo de demanda de Bergström e Magnusson (2003)

| Categoria | Atributo ou variável |
|------------------------------------|---|
| Características socioeconômicas | Idade e gênero |
| Características da viagem | Distância ao local de trabalho e modo de transporte mais utilizado |
| Fatores de utilização da bicicleta | Benefícios à saúde, benefícios ao meio ambiente, custo da viagem, tempo de viagem, risco de acidentes, condição da via, precipitação, temperatura, iluminação e serviços de rua |

Fonte: BERGSTRÖM & MAGNUSSON (2003)

Os entrevistados foram segmentados em quatro grupos, em função da estação do ano (verão ou inverno) e da frequência de utilização da bicicleta para viagens com motivo trabalho: usuário somente no verão, usuário somente no inverno, usuário não-frequente e não-usuário. A proporção de viagens potenciais que poderiam ser transferidas do automóvel para a bicicleta foi estimada a partir de informações dos entrevistados que utilizam a bicicleta no verão ou inverno, tais como a proporção de viagens realizadas por automóveis e bicicletas em função da estação do ano e da porcentagem de entrevistados que considerariam utilizar a bicicleta para viagens curtas e longas. Assim, os autores concluíram que o número de viagens realizadas por automóveis cresceria 27% no período de inverno, enquanto que o total de viagens realizadas por bicicletas com motivo trabalho decresceria 46%. Contudo, caso a frequência de manutenção das ciclovias durante o inverno fosse maior, o número de viagens por bicicletas poderia crescer 18%, o que implicaria em uma redução de 6% no número de viagens motorizadas.

Dentre os fatores de utilização da bicicleta para viagens casa-trabalho, temperatura, precipitação e condição das vias são fatores mais significativos para os usuários do período de verão, enquanto que a realização de atividade física foi identificada como a principal razão para utilizar a bicicleta no inverno. Por outro lado, o tempo de viagem foi o atributo definido como mais importante para não-usuários de bicicletas.

2.3.1.3 MODELO PARA MONTREAL, CANADÁ (GODEFROY & MORENCY, 2012)

GODEFROY & MORENCY (2012) propuseram uma metodologia de estimativa de viagens potenciais por bicicletas baseada no conceito de análise de mercado para estimar o número de viagens por automóveis que poderiam ser convertidas para o modo ciclovário na cidade de Montreal, no Canadá. Para essa finalidade, os autores utilizaram dados de 2883 viagens por bicicletas e 80.262 viagens por automóveis identificadas em uma pesquisa origem-destino realizada na Região Metropolitana de Montreal no ano de 2008.

O modelo consiste, inicialmente, na calibração de uma função utilidade a partir de um modelo *logit* binário para determinar a probabilidade de realização de uma viagem por bicicleta e identificar os fatores mais importantes para a escolha desse modo para viagens. Em seguida, o modelo estima a fração do número total de viagens por automóveis que podem ser transferidas para o modo ciclovário, considerando critérios de transferência associados à distância de viagem (distância máxima aceitável) e as características da viagem realizada (motivo e realização de viagens intermediárias, entre outras).

Os autores analisaram 47 variáveis, que foram agrupadas em quatro fatores de utilização da bicicleta: características socioeconômicas e demográficas, características da viagem realizada, características de uso do solo e características do ambiente físico (TAB. 2.15). Um *software* de SIG foi utilizado para o cálculo das variáveis climáticas e de uso do solo.

TAB. 2.15 - Variáveis do modelo de demanda de viagens da cidade de Montreal

| Categoria | Variável |
|--|-----------------------------------|
| Características socioeconômicas e demográficas | Faixa etária |
| | Gênero |
| | Renda |
| | Número de moradores na residência |
| | Posse de licença para dirigir |
| | Posse de automóvel |

TAB. 2.15 (cont.)- Variáveis do modelo de demanda de viagens da cidade de Montreal

| Categoria | Variável |
|------------------------------------|---|
| Características da viagem | Distância à área central Distância de viagem Viagens noturnas Motivo da viagem |
| Características do uso do solo | Densidade populacional Densidade de interseções Malha cicloviária (origem) Malha cicloviária (destino) Sinuosidade da rede viária |
| Características do ambiente físico | Temperatura Precipitação Velocidade do vento Acúmulo de neve |

Fonte: GODEFROY & MORENCY (2012)

Os resultados da calibração do modelo *logit* binário permitiram a identificação de 10 variáveis com significância estatística para o nível de confiança de 95%: número de moradores na residência, número de automóveis na residência, gênero, distância à área central, distância de viagem, velocidade do vento, temperatura, precipitação, motivo da viagem e extensão da malha cicloviária. Os sinais da maioria dos coeficientes estimados estão de acordo com os resultados de outros estudos identificados na literatura, embora um padrão definido não foi encontrado para as variáveis idade e temperatura. Ademais, os autores concluíram que a probabilidade de realizar uma viagem por bicicleta é favorecida quando a distância de viagem varia entre 1 e 3 km e ocorre sob as condições climáticas de temperatura entre 20°C e 32°C e ausência de precipitação.

Na segunda etapa do modelo, o número total de viagens por automóveis passíveis de transferência para o modo cicloviário foi estimado a partir da distância de viagem máxima aceitável por grupos de usuários de bicicletas de diferentes gêneros e faixas etárias. Desse número, o número total de viagens potenciais por bicicletas foi obtido ao eliminar viagens que não atendem a determinados critérios de transferência. Assim, os autores concluíram que 356.810 viagens realizadas por

automóveis em Montreal (18,2% do total) poderiam ser realizadas pelo modo cicloviário em condições favoráveis à utilização da bicicleta, que corresponde ao total de 356.810 viagens por automóveis. O critério de intansferibilidade de viagens múltiplas foi o mais restritivo entre todos, seguido por viagens com motivos compras e outros.

2.3.1.4 MÉTODO LDS - *LATENT DEMAND SCORE* (LANDIS & TOOLE, 1996)

O método LDS estima a demanda potencial relativa pelo modo cicloviário em uma rede viária por meio de um índice que está associado à proximidade a polos geradores e atratores de viagens e à probabilidade de realização de uma viagem a uma certa distância desses polos (LANDIS & TOOLE, 1996). Este método é amplamente utilizado por planejadores de transporte nos Estados Unidos (McCAHILL & GARRICK, 2008).

De acordo com MARCUS (2007), as características do modelo LDS que o tornam uma ferramenta de análise efetiva para determinar a demanda potencial em uma área são as seguintes:

- Inclusão de todos os polos geradores de viagens (PGVs) mais importantes;
- Quantificação do potencial de alternância de viagens entre polos geradores;
- Consideração de que as taxas de utilização de bicicletas diferem conforme o motivo da viagem;
- Consideração de que a probabilidade de realização de uma viagem é função da distância percorrida;
- Possibilidade de atribuição de um índice de demanda potencial a segmentos viários de uma rede de transporte, o qual, de acordo com TURNER *et al.* (1997), pode ser considerado um indicador de demanda efetiva.

O método contempla duas etapas do método tradicional de quatro etapas para previsão de demanda: geração e distribuição de viagens (TURNER *et al.*, 1997). A demanda potencial de um segmento viário é determinada pela EQ. 2.7, que consiste

em uma adaptação do modelo gravitacional utilizado na etapa de geração de viagens do modelo tradicional de quatro etapas.

$$LDS = \sum_{n=1}^4 TTS_n \frac{\sum_{n=1}^4 (GA_n \times TG_n)}{(GA_n \times TG_n)} \times \left[TG_n \sum_{n=1}^4 P_{nd} ga_n \right]$$

EQ. 2.7

em que:

- n : motivo da viagem por bicicleta (trabalho, compras, estudo, razões pessoais);
- TTS_n : taxa de utilização de bicicleta para uma viagem com motivo n ;
- GA_n : número de polos produtores e atratores de viagem com motivo n ;
- TG_n : taxa média de geração de viagens do polo atrator ou produtor;
- P_{nd} : probabilidade de utilizar a bicicleta para uma viagem com motivo n e distância d ;
- ga_n : número de polos produtores e atratores de viagem dentro de uma área com raio de ação d ;
- d : raio de ação de uma viagem a partir de um polo atrator ou produtor;
- l : distância máxima de viagem a partir de um polo atrator ou produtor.

O método LDS é composto por seis etapas. São elas:

1. Definição dos polos de atração e geração de viagens com origem na residência para viagens com motivos trabalho, comércio, estudo e lazer;
2. Identificação e mapeamento, por meio de SIG, dos PGVs contidos em áreas com raios de ação 0,8km, 1,6km, 2,4km e 3,2km;
3. Cálculo do número de viagens produzidas e atraídas por cada PGV: Multiplica-se a taxa de geração de viagens pela porcentagem correspondente ao motivo da viagem considerado (obtida através da metodologia do ITE);

4. Determinação da probabilidade total de realização da viagem em cada segmento da rede: Somam-se as probabilidades para cada motivo de viagem, que é calculada pelo produto entre o fator de impedância (gráfico probabilidade x distância) associado ao motivo da viagem e o número de PGVs.

5. Determinação do número total de viagens de bicicletas de cada segmento viário por motivo de viagem: multiplica-se os resultados obtidos nas etapas 3 e 4;

6. Obtenção do índice LDS de cada segmento: Somam-se os resultados obtidos na etapa 5 para cada motivo de viagem. Assim, o valor de LDS de cada via é convertido em uma medida de nível de serviço para a realização da análise de prioridade entre os segmentos viários da rede.

Entretanto, o método possui algumas limitações em seu uso. A principal delas está associada à não-incorporação de um modelo de escolha de rotas para bicicletas para identificar as características das origens e dos destinos das viagens, o que pode levar o método LDS a selecionar segmentos viários com níveis baixos de demanda apenas pelo fato de estarem próximos a polos geradores (McCAHILL & GARRICK, 2008).

2.3.2 MODELOS BASEADOS EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas de gerenciamento e análise de dados capazes de aumentar a precisão de modelos de previsão de demanda para o transporte cicloviário através de processos de análise espacial de dados, sobretudo por métodos de sobreposição de camadas em um único mapa (FHWA, 1999; KUZMYAK *et al.*, 2014). De acordo com KUZMYAK *et al.* (2014), o avanço tecnológico dos softwares baseados em SIG possibilitou a redução do tamanho das zonas de análise do padrão de viagens por bicicletas, proporcionando

a obtenção de resultados mais intuitivos e realísticos que considerem as particularidades de utilização desse modo.

A principal vantagem conferida por essa ferramenta está relacionada à capacidade de realizar cálculos complexos através de métodos de análise espacial por sobreposição de camadas em um único mapa (KUZMYAK *et al.*, 2014). De acordo com FHWA (1999), isso permite que diferentes variáveis associadas à utilização da bicicleta sejam incorporadas para a análise e geração de índices que podem ser utilizados para identificar áreas prioritárias para investimentos em facilidades para o transporte cicloviário.

A seguir, dois exemplos de aplicações de SIG em modelos de demanda potencial pelo modo cicloviário são apresentados.

2.3.2.1 ESTUDO DE VIABILIDADE DO SISTEMA DE *BIKESHARING* DA FILADÉLFIA, EUA (KRYKEWYCZ *et al.*, 2010):

KRYKEWYCZ *et al.* (2010) propuseram uma metodologia de previsão de demanda potencial de viagens por sistemas de bicicletas de aluguel (*bikesharing*) em áreas urbanas onde esse tipo de serviço é inexistente. O método foi aplicado na cidade de Filadélfia, EUA, com o objetivo principal de identificar áreas prioritárias para a implantação desse tipo de sistema, para as quais o tipo e o número de bicicletas por estação são definidos a partir da demanda diária esperada para o mesmo.

Devido à ausência de informações acerca de sistemas consolidados de *bikesharing* nos EUA, dados dos sistemas em operação nas cidades de Paris, Lyon e Barcelona foram utilizados para calcular as taxas de transferências de viagens para o sistema proposto para Filadélfia. Os dados também permitem o cálculo da porcentagem de viagens induzidas por esse sistema.

Um *software* de SIG foi utilizado para a análise espacial da área urbana de Filadélfia, para a qual as áreas de mercado primária e expandida do sistema foram

identificadas a partir do cálculo um índice de demanda potencial. Esse índice foi definido a partir de dez variáveis associadas às características da origem das viagens, de fatores de atração de viagens, do sistema viário e das facilidades para bicicletas existentes, para as quais foram atribuídos pesos associados ao grau de importância relativa dessas variáveis no dimensionamento de sistemas de *bikesharing* consolidados. Essas variáveis estão listadas na TAB. 2.16.

TAB. 2.16 - Variáveis do modelo de demanda pelo sistema de *bikesharing* da Filadélfia

| Categoria | Variável |
|--|---|
| Características da origem das viagens | Densidade populacional Densidade de áreas não institucionais |
| Fatores de atração de viagens | Densidade de empregos Densidade de áreas comerciais Áreas turísticas Áreas recreacionais e parques |
| Características da rede viária e das facilidades para bicicletas | Proximidade a estações de metrô Proximidade a vias orientadas para o transporte cicloviário Proximidade a ciclovias Pontos de parada para ônibus |

Fonte: KRYKEWYCZ *et al.* (2010)

A demanda potencial das áreas de mercado foi estimada por um método simplificado, em que o número total de viagens diárias estimado para cada zona corresponde ao produto entre o número de viagens realizadas pelos modais existentes na Filadélfia e as taxas de transferências de viagens calculadas para os sistemas de *bikesharing* de Paris, Lyon e Barcelona. Essas áreas foram analisadas a partir das zonas de tráfego que as compõem.

Três cenários de utilização do sistema foram considerados: baixa, moderada e alta. Os autores concluíram que o número de viagens potenciais diárias esperadas para o sistema de *bikesharing* da Filadélfia varia entre 5.900 e 18.200 para a área primária (o que equivale a um intervalo de taxas de viagens *per capita* entre 0,06% e 0,18%), e entre 7.500 e 23.200 para a área expandida (o que corresponde a um intervalo de taxas de viagens *per capita* entre 0,02% e 0,07%).

De acordo com os autores, a metodologia proposta pode ser aplicada para o dimensionamento de sistemas de *bikesharing* em outras cidades e regiões, para as quais as variáveis de entrada do modelo podem ser ajustadas conforme as características dos sistemas de transporte existentes nesses locais e as taxas de transferência de viagens podem ser aplicadas, desde que as informações sobre os modais considerados estejam disponíveis.

2.3.2.2 MODELO DE MILWAUKEE, EUA (RYBARCZYK & WU, 2010)

RYBARCZYK & WU (2010) utilizaram o método de análise multicritério, combinado com o uso de SIG, para o desenvolvimento de uma metodologia de identificação de locais prioritários para a implantação de melhorias favoráveis à circulação de bicicletas em áreas urbanas. Essa metodologia foi aplicada na cidade de Milwaukee, localizada no estado norte-americano do Wisconsin, onde a taxa de viagens por bicicletas com motivo trabalho é uma das menores daquele país, ao contrário do nível de utilização para viagens recreacionais.

O procedimento metodológico consiste em analisar as facilidades de uma rede viária para a circulação de bicicletas a nível de rede e de vizinhança, de maneira sequencial. A nível de rede, os segmentos viários são avaliados sob os aspectos de nível de serviço para bicicletas (NSB) e de demanda, por meio de um índice de demanda potencial. A nível de vizinhança, o padrão de correlação das medidas de NSB e de demanda de quadras adjacentes é investigado através do cálculo de índices de Moran.

Os dados obtidos para o estudo são provenientes do *Wisconsin Bicycle Planning Guidance Handbook* (WBPG), de uma revisão da literatura relevante e de entrevistas com profissionais do Departamento de Transportes de Wisconsin e da Federação de Ciclistas do Wisconsin. Assim, seis fatores atratores ou inibidores de demanda foram definidos para o cálculo do índice de demanda potencial dos segmentos viários: crime, áreas administrativas, áreas educacionais, áreas recreacionais, parques e população. Para cada atributo, foi atribuído um peso

associado à importância relativa do mesmo na decisão de escolher a bicicleta para viagens.

O NSB dos segmentos viários foi avaliado através do Método de Landis (LANDIS *et al.*, 1997). Por sua vez, o índice de demanda potencial (DEMANDA) foi calculado com o auxílio de um *software* baseado em SIG, através do método de ponderação aditiva de fatores que influenciam na demanda pelo modo ciclovário, cuja equação é mostrada abaixo (EQ. 2.8):

$$DEMANDA = \sum_{i=1}^n w_i x_i' (i = 1, 2, \dots, n)$$

EQ. 2.8

em que:

DEMANDA: Índice de demanda potencial de um segmento viário;

w_j : Peso normalizado para o fator j ;

x_j' : Valor normalizado do fator i do segmento viário.

A nível de rede, os resultados da análise da rede viária de Milwaukee mostraram que índices de demanda potencial mais altos são encontrados em segmentos viários com piores níveis de serviço, como vias arteriais. Além disso, baixos índices de demanda potencial estão associados a altos índices de criminalidade, o que reforça a importância deste fator como inibidor de demanda pelo modo ciclovário.

A nível de vizinhança, os autores inferiram a partir desses resultados que índices de demanda potencial similares podem ser encontrados em quadras adjacentes. Por outro lado, não foi encontrado um padrão espacial particular para as medidas de nível de serviço.

Entretanto, quando o padrão de correlação entre essas medidas foi analisado por meio de mapas de *clusters*, os autores identificaram também polos atratores de viagens com altos valores de NSB e DEMANDA (neste caso, a Universidade de Milwaukee), e segmentos viários com piores valores de NSB em regiões com baixa demanda potencial, que correspondem a áreas menos adensadas ou periféricas.

Uma explicação para esse resultado contraditório, de acordo com o conhecimento dos autores acerca da área de estudo, está associado às densidades de população e emprego daqueles locais.

2.3.2.3 METODO DE ORTÚZAR *et al.* (2000)

ORTÚZAR *et al.* (2000) desenvolveram uma metodologia de previsão da demanda pelo modo ciclovário ao longo de uma rede ciclovária proposta. Essa metodologia foi aplicada em Santiago, no Chile, para estimar o número de viagens potenciais por bicicletas a partir de um cenário de expansão da rede ciclovária existente, na qual estaria incluída uma rede densa de ciclovias e facilidades para estacionamento de bicicletas em estações de trens, metrô e ônibus.

Dados de 2.385 viagens foram coletados através de uma pesquisa com 1.917 indivíduos, que permitiu a caracterização socioeconômica, da residência e das viagens normalmente realizadas. Além disso, os entrevistados foram submetidos a um experimento de PD para o qual os atributos que compõem o cenário pesquisado foram definidos por meio de revisão de literatura e das informações obtidas em grupos focais e em um painel de expertise junto a indivíduos pertencentes a segmentos interessados na promoção do transporte ciclovário em Santiago.

O modelo *logit* binário foi escolhido para determinar a probabilidade de escolha da bicicleta para uma viagem específica (através das opções sim e não), a partir dos dados coletados por meio de PD. A amostra pesquisada foi dividida em dois grupos para o ajuste de modelos específicos:

- Grupo 1: modais avaliados no experimento de PD (motorista de automóvel, ônibus, táxi, Metro ou modais mistos); e
- Grupo 2: demais modais (bicicleta, passageiro de automóvel, a pé e outros).

O modelo estimado a partir da amostra de dados do Grupo 1 identifica a probabilidade de uma viagem ser candidata a ser realizada por bicicleta, e a

probabilidade dessa viagem ser efetivada é calculada através de um novo modelo de escolha modal. Por sua vez, o modelo estimado a partir dos dados do Grupo 2 fornecem a probabilidade exata de escolha da bicicleta para viagens.

A maior parte das 14 variáveis analisadas por esse modelo são binárias (recebem apenas valor igual a 0 ou 1), as quais estão listadas na TAB. 2.17.

TAB. 2.17 - Descrição das variáveis analisadas pelo modelo de Ortúzar

| Categoria | Variável |
|-------------------------------|---|
| Características individuais | Gênero, faixa etária e escolaridade |
| Características da residência | Localização, acesso ao transporte público (Metro), renda, posse de automóvel e posse de bicicleta |
| Características da viagem | Distância e motivo da viagem (trabalho ou estudo), modo de transporte utilizado e frequência de utilização da bicicleta |

Fonte: ORTÚZAR *et al.* (2000)

Os modelos ajustados apresentaram medidas satisfatórias de aderência do modelo aos dados (ρ^2), sinais corretos para todos os coeficientes e valores de estatística de teste-t significativos para a maioria das variáveis. Os resultados indicaram que os indivíduos mais propensos a utilizar a bicicleta são jovens de famílias de baixo poder aquisitivo, sem posse de automóveis e sem formação técnica ou universitária. Contudo, os autores ressaltam que os sinais diferentes obtidos para as variáveis *dummy* associadas aos motivos de viagem trabalho e estudo devem ser entendidas como resultado do padrão de comportamento da amostra pesquisada.

Por fim, os três tipos de probabilidades calculadas, em conjunto com duas matrizes O-D de viagens por bicicletas calculadas separadamente para os modais dos grupos 1 e 2 por meio de um *software* específico, foram utilizados para a determinação de uma matriz O-D de viagens entre zonas de análise da cidade de Santiago.

2.4 OUTRAS ABORDAGENS PARA MODELAGEM DE DEMANDA DE VIAGENS POR BICICLETAS

2.4.1 TEORIA DA SINTAXE ESPACIAL

A Teoria da Sintaxe Espacial compreende um conjunto de técnicas utilizadas para medir o efeito da forma urbana e da configuração da rede viária sob os aspectos de acessibilidade e movimento (RAFORD *et al.*, 2007). No planejamento de transportes, essa teoria possui um grande número de aplicações na modelagem da circulação de pedestres e de veículos motorizados (McCAHILL & GARRICK, 2008), mas a quantidade de estudos relacionados ao transporte ciclovitário ainda é pequena, o que pode resultar em imprecisões nas estimativas de demanda (KUZMYAK *et al.*, 2014).

Alguns autores (RAFORD *et al.*, 2007; McCAHILL & GARRICK, 2008; KUZMYAK *et al.*, 2014) argumentam que essa teoria pode ser útil para estimar o volume de bicicletas em circulação em áreas urbanas através de relações geométricas entre os elementos da rede viária. Dentre as medidas de conectividade de rede contempladas pela Sintaxe Espacial, a análise angular de segmentos parece ser a mais adequada para analisar o padrão de viagens por bicicletas (RAFORD *et al.*, 2007; McCAHILL & GARRICK, 2008). Essa análise consiste em decompor as linhas axiais de um grafo em segmentos viários, aos quais são atribuídos pesos entre 0 (ângulo de 0°) e 1 (ângulo de 90°) em função da diferença angular entre dois segmentos consecutivos (RAFORD *et al.*, 2007).

A seguir, é apresentado o modelo de demanda direta elaborado por RAFORD *et al.* (2007) para a Área Central de Londres, baseado nos conceitos da Teoria da Sintaxe Espacial.

2.4.2 ESTUDO DE DEMANDA DA ÁREA CENTRAL DE LONDRES (RAFORD *et al.*, 2007)

RAFORD *et al.* (2007) utilizaram dados dos trajetos percorridos por bicicletas de 423 trabalhadores da área central de Londres em viagens casa-trabalho para estimar o volume de bicicletas em circulação naquele local por meio de um procedimento de duas etapas: i) definição de um modelo de escolha de rotas; e ii) calibração de um modelo de demanda direta. A hipótese do modelo é a de que os usuários da bicicleta tendem a equilibrar a distância de viagem com a linearidade da rota utilizada entre um par de origem e destino durante os deslocamentos.

Na etapa de escolha de rotas, a análise angular de segmentos foi utilizada para comparar rotas de caminho mínimo com as rotas mais rápidas do ponto de vista da diferença angular entre segmentos. Os resultados indicaram que as rotas que minimizam a diferença angular total são similares às rotas de caminho mínimo, mas a maior parte das rotas estudadas não seguem o padrão de uma daquelas categorias.

Na etapa de previsão de demanda, um modelo de demanda direta foi elaborado a partir de dados de contagens volumétricas em três regiões de Londres. O modelo obtido ($R^2 = 0,76$) sugere uma correlação positiva entre a minimização angular das rotas e o volume de bicicletas, o que contradiz os resultados da etapa anterior. Para explicar esta divergência, os autores argumentam que, embora os usuários de bicicleta não levem em consideração a minimização dos ângulos entre segmentos de rotas, maiores volumes de bicicletas tenderão a se concentrar em rotas mais lineares.

2.4.3 MODELAGEM POR EQUAÇÕES ESTRUTURAIS

A modelagem por equações estruturais é uma técnica estatística que permite a manipulação de variáveis endógenas e exógenas de um modelo, bem como

variáveis não-observadas (latentes), que são especificadas como combinações lineares das variáveis observada. Um modelo geral de equações estruturais é composto por um (sub)modelo estrutural que analisa as relações causais entre variáveis exógenas e endógenas e entre variáveis endógenas e um (sub)modelo de mensuração que especifica variáveis latentes como combinações lineares de outras variáveis do modelo (GOLOB, 2003).

A técnica de modelagem de equações estruturais é aplicada no campo da Engenharia de Transportes desde a década de 1980 em estudos comportamentais de viagens e pesquisas de atitude junto a usuários, com o objetivo de entender os fatores que influenciam a decisão de escolha de um modo de transporte para viagem (GOLOB, 2003). De acordo com AUSTROADS (2001), a aplicação dessa técnica ao transporte cicloviário poderá ser útil para o desenvolvimento de modelos de previsão de demanda que possibilitem o entendimento adequado das relações entre variáveis associadas ao comportamento subjetivo dos indivíduos em relação à decisão de escolha do modo cicloviário para a realização de viagens utilitárias, desde que a teoria que norteia o problema a ser investigado esteja consolidada na literatura.

Apesar do refinamento inerente ao método, o maior desafio dos MEE consiste em quantificar as variáveis latentes e incorporá-las em conclusões qualitativas a respeito do comportamento dos usuários (GOLOB, 2003; FERNÁNDEZ-HEREDIA *et al.*, 2014). Além disso, deve-se atentar também ao fato de que o tamanho da amostra requerida para o ajuste desses modelos é proporcional à complexidade do modelo analítico obtido (GOSLING & GONÇALVES, 2003).

A seguir, é apresentado o estudo de análise por segmentação de mercados atitudinais realizado por LI *et al.* (2013) como exemplo de aplicação da técnica de modelagem por equações estruturais para a caracterização de usuários potenciais do transporte cicloviário.

2.4.3.1 ANÁLISE POR SEGMENTAÇÃO DE MERCADOS ATITUDINAIS APLICADA PARA A CIDADE DE NANJING, CHINA (LI *et al.*, 2013)

LI *et al.* (2013) utilizaram a técnica de análise por segmentação de mercados para definir uma tipologia de usuários de bicicletas em função de características socioeconômicas e fatores relacionados às atitudes e percepções dos indivíduos acerca da utilização da bicicleta para viagens em áreas urbanas. A cidade de Nanjing, na China, foi escolhida para a aplicação dessa técnica, onde foi realizada uma pesquisa com 659 indivíduos.

O questionário aplicado permitiu a caracterização socioeconômica e da viagem realizada pelos entrevistados, além da avaliação de 29 fatores relacionados às atitudes e percepções em relação aos modos de transporte disponíveis na cidade, incluindo o ciclovário. As variáveis escolhidas para a elaboração desse estudo estão listadas na TAB. 2.18.

TAB. 2.18 - Variáveis analisadas pelo estudo de caracterização da demanda de viagens por bicicletas em Nanjing, China

| Categoria | Variável |
|---|-------------------------------|
| Características individuais e das residências | Faixa etária |
| | Gênero |
| | Escolaridade |
| | Renda (entrevistado) |
| | Renda (família) |
| | Estado civil |
| | Número de crianças na família |
| | Posse de bicicleta |
| | Posse de automóvel |
| Características da viagem | Tempo de viagem |

TAB. 2.18 (cont.) - Variáveis analisadas pelo estudo de caracterização da demanda de viagens por bicicletas em Nanjing, China

| Categoria | Variável |
|--------------------------------------|--|
| Indicadores de atitudes e percepções | Benefícios à saúde |
| | Benefícios ao ambiente |
| | Confiabilidade |
| | Conforto (bicicleta) |
| | Conforto (modos motorizados) |
| | Consciência ambiental |
| | Conveniência |
| | Economia |
| | Esforço físico |
| | Estacionamento no local de destino |
| | Hábitos de deslocamento |
| | Horário da viagem (pico) |
| | Incentivo à utilização de transporte público |
| | Informações sobre eventuais atrasos |
| | Necessidade de compras |
| | Pagamento adicional para redução do tempo de viagem |
| | Pagamento adicional para ter maior conforto no automóvel |
| | Percepção do tempo de viagem |
| | Precipitação |
| | Preço da tarifa de ônibus |
| | Preço do táxi |
| | Rapidez |
| | Necessidade de realizar viagens intermediárias |
| | Segurança em relação ao crime |
| | Segurança em relação ao tráfego |
| | Sustentabilidade |
| Temperatura (sensação térmica) | |
| Volume de veículos motorizados | |

Fonte: LI *et al.* (2013)

O processo de análise por segmentação de mercados consiste em um procedimento de quatro etapas: (i) análise fatorial exploratória e confirmatória; (ii) modelagem por equações estruturais (MEE); (iii) análise por agrupamento (*clusters*); iv) caracterização dos grupos de usuários de bicicletas identificados (mercados

atitudinais). O processo de análise fatorial permite a extração de fatores latentes a partir das variáveis associadas às questões de atitude de um questionário de pesquisa aplicado. Esses fatores são utilizados para a definição de um modelo de equações estruturais com variáveis latentes para analisar as relações entre variáveis atitudinais e socioeconômicas e estimar os coeficientes dos fatores latentes. Esses coeficientes são utilizados na análise por agrupamento para classificar os entrevistados em grupos que compartilham dos mesmos desejos e atitudes em relação à utilização da bicicleta. Uma vez conhecidos, esses grupos são caracterizados de maneira que possam ser definidas diretrizes específicas de políticas de incentivo ao uso da bicicleta como meio de transporte a cada um deles.

2.4.4 MODELO DE TORONTO, CANADÁ (HABIB *et al.*, 2014)

HABIB *et al.* (2014) desenvolveram um modelo econométrico com variáveis latentes para identificar fatores que afetam a utilização da bicicleta para viagens na cidade de Toronto, no Canadá, tendo em vista o subsídio de políticas e programas de transporte que possam incentivar o uso desse veículo para diferentes propósitos e, conseqüentemente, aumentar o nível de posse de bicicletas por residência.

Os dados utilizados no estudo são de uma pesquisa sobre o transporte cicloviário na cidade realizada em 2009, através da qual 1000 residentes maiores de 15 anos, selecionados aleatoriamente, foram entrevistados por telefone. Essa pesquisa incluiu um conjunto amplo de informações relativas às características individuais e residenciais dos entrevistados e incluiu questões atitudinais para ranqueamento de condicionantes do uso da bicicleta para viagens, conforme requisitos de conforto, segurança e infraestrutura. As variáveis pesquisadas estão listadas na TAB. 2.19.

TAB. 2.19 - Variáveis do modelo econométrico de HABIB *et al.* (2014)

| Categoria | Variáveis |
|--|---|
| Atributos individuais dos entrevistados | Idade Gênero Escolaridade Situação no emprego Uso da bicicleta para fins utilitários e/ou recreacionais Existência de local seguro para estacionar a bicicleta no trabalho Existência de área com chuveiros no local de trabalho Distância de viagem realizada por motivo de trabalho ou estudo Distância de viagem realizada por motivo compras (em <i>shopping centers</i>) |
| Atributos residenciais dos entrevistados | Número de bicicletas na residência Localização da residência Tipo de residência Tempo de residência no local atual Residência própria ou alugada Tamanho da residência Número de crianças Renda familiar anual Número de moradores que utilizam a bicicleta para fins utilitários Número de moradores que utilizam a bicicleta para fins recreacionais Existência de facilidades seguras e convenientes para bicicletas no local de residência Tempo de deslocamento à ciclovia principal Tempo de deslocamento à ciclofaixa mais próxima |
| Atitudes e percepções | Ciclabilidade Confortabilidade Consciência ambiental |

Fonte: HABIB *et al.* (2014)

Outras variáveis de uso do solo e facilidades para bicicletas foram calculadas, com o auxílio de um *software* de SIG, a partir da análise combinada do mapa da rede cicloviária de Toronto em 2009 e de dados censitários. A nível de bairro, cinco novas variáveis foram obtidas, a saber:

- Extensão total de ciclofaixas e/ou rotas;
- Densidade de rotas cicláveis (km de rota/km² de área);
- Proporção de áreas recreacionais e parques;
- Proporção de área residencial;
- Densidade populacional.

O modelo econométrico proposto relaciona o número de bicicletas observado em uma residência e a probabilidade de escolha da bicicleta para viagens à influência de quatro fatores latentes, para os quais assume-se que as preferências dos entrevistados são refletidas: percepção de ciclabilidade, confortabilidade, consciência em relação à segurança e posse de bicicletas. Os três primeiros foram construídos a partir de variáveis socioeconômicas, de uso do solo e de facilidades para bicicletas, além dos respectivos indicadores atitudinais avaliados na etapa de coleta de dados. O quarto foi modelado por uma função *probit* bivariada com variáveis latentes, que determina a probabilidade de uma residência possuir uma determinada quantidade de bicicletas. Além disso, a probabilidade de escolha da bicicleta para viagens utilitárias ou recreacionais é definida a partir de funções utilidades específicas para cada motivo e é condicional à probabilidade de escolha da bicicleta como o modo de transporte a ser utilizado.

O modelo ajustado apresentou valor de ρ^2 igual a 0,65, o que indica um bom ajuste se considerado o alto nível de complexidade da estrutura do mesmo. Os resultados indicaram que, conforme esperado, as escolhas de utilizar a bicicleta para viagens utilitárias e recreacionais não são mutuamente independentes, visto que um número significativo de usuários que realizam ambos os tipos de viagem foi identificado. Os fatores latentes de ciclabilidade e consciência em relação à segurança são os que mais influenciam a escolha da bicicleta para viagens. Por outro lado, o fator latente de confortabilidade exerce maior influência no tipo de viagem a ser realizada (utilitária ou recreacional).

Em relação aos indicadores atitudinais avaliados, as variáveis socioeconômicas idade e gênero exercem maior influência na sensação de confortabilidade ao pedalar, enquanto que a renda familiar anual está positivamente associada à realização de viagens utilitárias e à segurança de utilização da bicicleta, com

exceção dos indivíduos de médio poder aquisitivo. A existência de ciclofaixas segregadas é o indicador de segurança mais importante, enquanto que a redução da velocidade do automóvel é o menos importante. O tempo de moradia no bairro atual está associado positivamente à percepção de ciclabilidade na cidade e à sensação de segurança.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou uma revisão de literatura sobre modelos de previsão de demanda de viagens por bicicletas, abordando as vantagens, desvantagens e limitações dos métodos existentes para a estimativa do número de viagens efetivas ou potenciais. Além disso, este capítulo também apresentou modelos baseados em conceitos e teorias com aplicação recente à modelagem matemática da demanda, como Teoria da Sintaxe Espacial e modelagem por equações estruturais.

Nos modelos de natureza agregada, existe um predomínio de modelos baseados em análise de dados por regressão. A partir do que foi exposto na seção 2.2, observa-se que o método de demanda direta e modelos baseados em ferramentas de SIG são aqueles com maior utilização recente, dada a necessidade de reduzir a escala de análise de variáveis características da escolha da bicicleta para viagens para aumentar o poder explicativo dos modelos obtidos e torná-los mais intuitivos.

Em relação aos modelos de demanda desagregada, observa-se uma tentativa de inclusão de variáveis associadas a atitudes e percepções dos indivíduos em relação à utilização da bicicleta como modo de transporte em modelos de escolha discreta mais recentes ou através de modelos de equações estruturais ou econométricos. Embora ainda pouco estudadas, a análise quantitativa de variáveis subjetivas é importante do ponto de vista da compreensão de como essas variáveis influenciam nos níveis atuais de demanda de viagens pelo modo cicloviário, tais como imagem do transporte cicloviário e atitudes pró-bicicleta.

Por fim, como resultado da revisão bibliográfica exposta neste capítulo, são apresentadas as tabelas 2.20 e 2.21 com um resumo de variáveis utilizadas em modelos de demanda apresentados ao longo das seções 2.2, 2.3 e 2.4. Um total de 96 variáveis foi identificado ao longo desta revisão. Deste total, 69 variáveis testadas foram significativas em pelo menos um modelo, e estão listadas na TAB. 2.20. As demais variáveis testadas, que não foram relevantes nos modelos em que foram consideradas, encontram-se listadas na TAB. 2.21.

Desta forma, a escolha de variáveis dá-se em função das características do método escolhido para previsão de demanda, visto que podem ser analisadas tanto de forma agregada ou desagregada. Contudo, o fato de uma variável não ser relevante para os modelos em que foram consideradas não implica que essa variável deve ser desconsiderada em novas análises, visto que ela pode representar alguma característica particular da região a ser estudada.

Neste trabalho, o método de demanda direta foi definido para a finalidade de estimativa de demanda, para o qual será feita uma discussão mais detalhada no capítulo seguinte, assim como os critérios para a seleção de variáveis para o desenvolvimento de modelos matemáticos de demanda.

TAB. 2.20 - Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | Características individuais | Idade | | x | x | | | x | x | x | x | x | x | x | | | x | |
| Gênero | | | | x | | | | | x | x | x | x | x | | | x | | x | 8 |
| Etnia | | | x | x | | | x | | | x | | | | | | | | | 4 |
| Escolaridade/Educação | x | | | | x | | x | | | | | x | | | | x | | x | 6 |
| Profissão/atividade exercida | | | | x | | | | | x | | | | | | | | | | 2 |
| Jornada diária de trabalho | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| Permissão para dirigir | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | | 2 |
| Preferências políticas | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Características da residência | Renda | x | | x | | | x | x | x | | | x | x | | | x | | x | 9 |
| | Posse de bicicleta | | | | | | | | | | | | | | | x | | x | 2 |
| | Posse de automóvel | x | x | x | x | | | | | | | x | x | | | x | | | 7 |
| | Número de moderadores | | | | | | | | | | | x | | | | | | x | 2 |
| | Localização | | | | | | | | | x | | x | | | | x | | x | 4 |

Nota: As variáveis incluídas no modelo final estão destacadas

TAB. 2.20 (cont.) – Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências | |
|--|----------|-------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|---|
| | | Características da residência | Posse da residência (própria ou alugada) | | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| Tempo de residência no local atual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| Número de moradores que utilizam a bicicleta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| Número de crianças | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| Existência de facilidades seguras e convenientes para a bicicleta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| Motivo da viagem | | | | | | | | | | | x | | x | | | | x | | x | 4 |
| Tempo de viagem | | | x | | | | | | x | x | x | | | | | | | x | | 5 |
| Distância percorrida na viagem | | | | x | | | | | | | | x | | x | | | x | | | 4 |
| Existência de facilidades para bicicletas no destino (estacionamento/chuveiros/vestiários) | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | xx | 3 |

Nota: As variáveis incluídas no modelo final estão destacadas

TAB. 2.20 (cont.) – Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências | |
|---|--|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|---|
| Características de uso do solo e ambiente construído | Polos atratores de viagens recreacionais (parques, áreas turísticas e áreas para recreação) | | | | | | | x | | | | | | x | xx | | | x | 5 | |
| | Polos geradores de viagens não-recreacionais (áreas educacionais, administrativas, institucionais, comunitárias) | | | | | | x | xx | | | | | | xx | x | | | | | 6 |
| | Densidade populacional/Número de habitantes | | | x | | | x | | | | | | x | x | x | | | | x | 6 |
| | Densidade de empregos | | | | | | x | | | | | x | | | x | | | | | 2 |
| | Densidade/total de áreas comerciais | | | | | x | | x | | | | | | x | x | | | | | 4 |
| | Densidade de residências | | | | | | | x | | | | | | | | | | | x | 2 |
| | Densidade de áreas não-institucionais | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | 1 |
| | Densidade/total de pontos de parada para ônibus | | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | 2 |
| | Densidade de rotas cicláveis | | x | | | xx | | | | | | x | | x | | | | | x | 6 |
| | Intensidade da demanda por transportes | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Índice de atividade humana ("densidade de endereços") | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| Nota: As variáveis incluídas no modelo final estão destacadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TAB. 2.20 (cont.) – Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências | |
|---|---|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|---|
| Características de uso do solo e ambiente construído | Mix de usos do solo | | | | | | x | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | Proximidade à área central | | | | | x | x | | | | | x | | | | | | | | 3 |
| | Proximidade a polos geradores de viagem (universidades, estações de metrô, estações de BRT) | | | | | | xx | | | | | x | | | xx | | | | | 6 |
| | Proximidade a ciclovias/vias orientadas para o transporte ciclovário | | | | | | | | | | | | | | | xx | | | x | 3 |
| | Conectividade da rede viária | | | | | | x | | | | | | x | | | | | | | 2 |
| | Fator de expansão ("sprawl") | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Características de infraestrutura viária | Classificação funcional da via | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | Limite de velocidade | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | 1 |
| | Volume de veículos motorizados | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | 2 |
| | Condição do pavimento da via | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | Número de interseções, sinais de parada obrigatória | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | |
| Características das vagas de estacionamento para automóveis | | | | | | | | | | | | xx | | | | | | | | 3 |
| Nota: As variáveis incluídas no modelo final estão destacadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TAB. 2.20 (cont.) – Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências |
|--|---|--|---|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | Características de infraestrutura viária | Número de faixas na aproximação da interseção | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| Existência de sinalização específica para bicicletas | | | | x | | x | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Número de paradas | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Frequência de obstáculos | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Tipo de estacionamento para bicicletas | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | 2 |
| Localização da rota ciclável em relação à via | | | | x | | | x | | | | | | | | | | | | 2 |
| Configuração da interseção | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | 1 |
| Acessibilidade a estações de metrô | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | 1 |
| Características do ambiente físico | Precipitação | x | | x | x | | x | | | | | | x | | | | | | 5 |
| | Temperatura | | | x | x | | x | | | | | | x | | | | | | 4 |
| | Topografia | | x | x | | x | | | | | x | | | | | | | | 4 |
| Atitudes e percepções | Custos do transporte individual | x | x | | x | | | | | | | x | | | | | | | 4 |
| | Incentivo financeiro para pedalar para o trabalho | | | | | | | | x | | | | | | | | | | 1 |
| | Investimento público em transporte não-motorizado | x | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

Nota: As variáveis incluídas no modelo final estão destacadas

TAB. 2.20 (cont.) – Tabela-resumo de variáveis relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências | |
|---|---|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|---|
| Atitudes e percepções | Imagem/satisfação/aceitabilidade da bicicleta como modo de transporte | | | x | | | | | | x | | | | | | | x | | 3 | |
| | Contexto | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | 1 |
| | Atitudes pró-bicicleta | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | 1 |
| | Ciclabilidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| | Horários fixos | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | 1 |
| | (Des)conforto | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | 2 |
| | Consciência ambiental/Qualidade do ambiente urbano | | | | | | | | | x | | | | | | | | x | | 2 |
| | Desejo de utilizar a bicicleta | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | 1 |
| | Segurança em relação ao tráfego | | x | | x | | | | | x | x | | | | | | | | x | 5 |
| | Segurança em relação ao crime | | | | | | | x | | x | | | | x | | | | | | 3 |
| Nota: As variáveis incluídas no modelo final estão destacadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TAB. 2.21 - Tabela-resumo de variáveis não relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências |
|--|---|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Características individuais | Qualificação profissional | | | x | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Características da residência | Tipo de residência | | | | | | | | | | | | | | | | | x | 1 |
| | Nível de ocupação (número de moradores) | | | | | | | | | | | | x | | | | | | 1 |
| | Acesso a modos não-motorizados | | | | | | | | | | | x | | | | | | x | 2 |
| | Acesso a S.O.V. | | | | | | | | | | | x | | | | | | | 1 |
| Características da viagem | Frequência de uso | | | | | | | | | | x | | | | | x | | | 2 |
| | Modo de transporte utilizado | | | | | | | | | | | | | | | x | | | 1 |
| | Custo da viagem | | | | | | | | | | | | | | | | x | | 1 |
| Características de uso do solo e ambiente construído | Áreas de controle direto | | | | | | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| | Áreas para estacionamento de veículos | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | 2 |
| | Unidades habitacionais | | | | | | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| | Densidade de interseções | | | | | x | | | | | | | x | | | | | | 2 |
| | Proximidade a corpo d'água | | | | | | x | | | | | | | | | | | | 1 |
| Nota: x – Modelo em que a variável foi testada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TAB. 2.21 (cont.) – Tabela-resumo de variáveis não relevantes em modelos de demanda de viagens por bicicletas

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | DILL & CARR (2003) | RIETVELD & DANIEL (2004) | PARKIN <i>et al.</i> (2008) | BUEHLER & PUCHER (2012) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) | HANKEY <i>et al.</i> (2012) | TABESHIAN & KATTAN (2014) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007) | MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) | SENER <i>et al.</i> (2009) | KHAN <i>et al.</i> (2013) | GODEFROY & MORENCY (2012) | RYBARCZYK & WU (2010) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000) | LI <i>et al.</i> (2013) | HABIB <i>et al.</i> (2014) | Número de ocorrências |
|--|---------------------|--|--|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | Características de infraestrutura viária | Cobertura do serviço de transporte público | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| Número de ciclofaixas na interseção | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| Existência de rota de ônibus | | | | x | | | x | | | | | | | | | | | | 2 |
| Classificação funcional da rota ciclável | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | 1 |
| Largura do leito ciclável | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | 1 |
| Sinuosidade das rotas | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Quilometragem total da frota de ônibus | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| Extensão total das rotas para ônibus | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | 1 |
| Características do ambiente físico | Acúmulo de neve | | | | | | | | | | | | x | | | | | | 1 |
| | Velocidade do vento | | | | | | | | | | | | x | | | | | | 1 |
| | Iluminação | | | x | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Atitudes e percepções | Flexibilidade | | | | | | | | | | | | | | | | x | | 1 |
| | Ruído | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |

Nota: x – Modelo em que a variável foi testada

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo trata da metodologia de pesquisa para o desenvolvimento de um modelo de previsão de demanda pelo modo ciclovitário, através do qual são identificados os fatores mais importantes de escolha da bicicleta para viagens pendulares, visando a definição de estratégias para o incentivo ao uso do modo ciclovitário com essa finalidade. Este procedimento é ilustrado pela FIG. 3.1 e explicado a seguir.

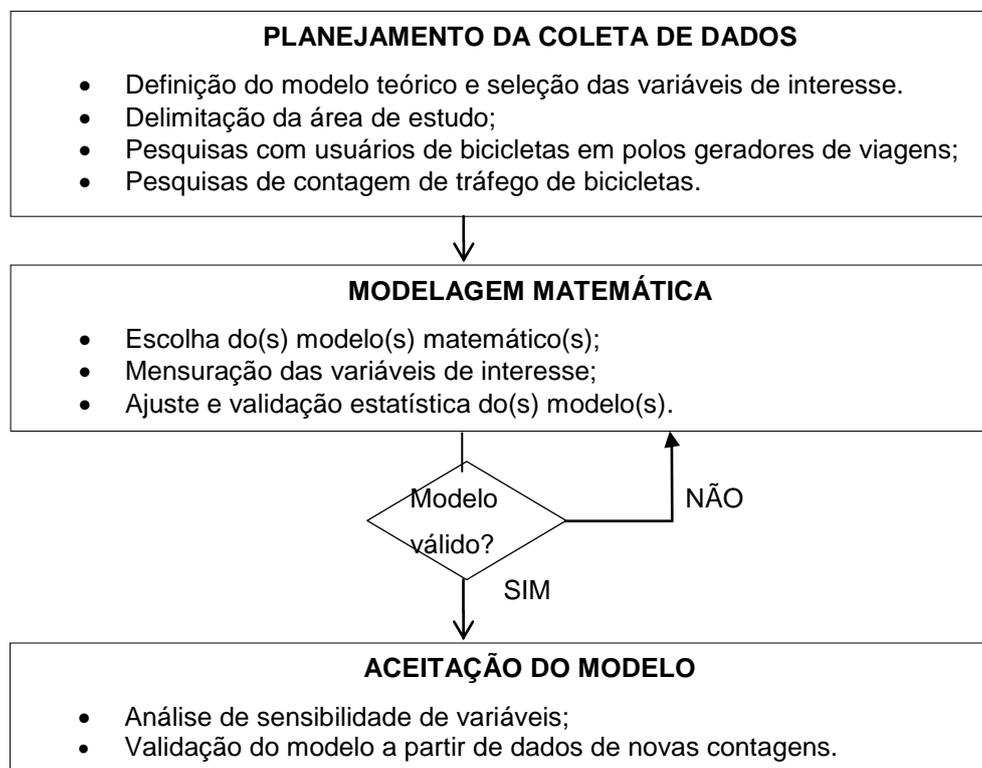


FIG. 3.1 - Procedimento metodológico de pesquisa

A metodologia de pesquisa apresentada na FIG. 3.1 é dividida em três etapas. Inicialmente, o modelo teórico adotado para estimar a demanda pelo modo ciclovitário é definido a partir de uma revisão da literatura acerca do tema, que foi apresentada no Capítulo 2. Uma breve caracterização do modelo escolhido é feita na seção 3.1. O planejamento da coleta de dados é realizado a partir das

características do modelo teórico adotado, brevemente descrito na seção 3.2. Por fim, considerações gerais a respeito da modelagem matemática utilizada e da aceitação do modelo final são apresentadas nas seções 3.3 e 3.4, respectivamente.

3.1 DEFINIÇÃO DO MODELO TEÓRICO

3.1.1 MÉTODO DE DEMANDA DIRETA

O método de demanda direta foi escolhido a partir da revisão bibliográfica. Conforme visto na subseção 2.2.2, este tipo de modelo comportamental agregado relaciona o número de bicicletas observado em uma interseção ou aproximação viária às características de infraestrutura viária e de uso do solo adjacente a essas áreas, por meio de uma equação de regressão (KUZMYAK *et al.*, 2014).

As variáveis de entrada deste tipo de modelo são obtidas a partir de pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas e em fontes de dados primárias (obtidas diretamente pelo responsável pela coleta de dados) ou secundárias (obtidas a partir de fontes de dados públicos). Contudo, essas informações não são suficientes para caracterizar o padrão de viagens por bicicletas de uma área ou região. Por esta razão, HANDY *et al.* (2014) sugerem que esses modelos sejam desenvolvidos em conjunto com pesquisas junto a usuários cativos do modo cicloviário, ainda que estejam limitados a não caracterizar os não usuários.

A definição do raio de influência das variáveis analisadas também possui um papel importante no desenvolvimento desse tipo de modelo, principalmente quando variáveis que caracterizam aspectos de utilização da bicicleta para viagens são analisadas. Os resultados de alguns estudos (GRISWOLD *et al.*, 2011; TABESHIAN & KATTAN, 2014) mostram que o poder explicativo dos modelos de regressão aumenta quando algumas variáveis são calculadas para diferentes raios de influência. Na revisão de literatura foram identificados os raios de 0,1 mi, 0,25 mi, 0,5 mi e 0,75 mi (161 m, 402 m, 805 m e 1209 m, respectivamente). Em geral, a adoção

de *buffers* de 0,25 e 0,5 mi (402 m e 805 m) resultaram em modelos com melhor ajuste.

3.1.2 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS PARA PESQUISA

A seleção das variáveis integrantes do modelo matemático de demanda de viagens deve ser feita de modo que diferentes aspectos relacionados à preferência de escolha da bicicleta para viagens sejam considerados. Considerando-se as características do método de demanda direta, recomenda-se priorizar inicialmente um conjunto de variáveis que caracterizem as tipologias de uso do solo e características da infraestrutura viária da região a ser estudada. Além disso, em alguns casos, outras variáveis podem ser incluídas para analisar características particulares do padrão de viagens de bicicletas dessa região, como, por exemplo, a influência de aspectos físicos e climáticos, ou ainda a influência de um ou mais polos geradores de viagens (PGV) em particular nos níveis de demanda observados, tais como *shopping centers*, universidades e supermercados, entre outros. Para uma melhor compreensão acerca das características de cada tipo de PGV, recomenda-se consultar ao documento técnico elaborado pelo DENATRAN (DENATRAN, 2001).

A partir do conjunto de 96 variáveis identificadas no referencial teórico deste estudo, prioriza-se inicialmente a escolha daquelas que foram testadas em pelo menos dois modelos de demanda de viagens pelo modo cicloviário. Essas variáveis são apresentadas na TAB. 3.1, onde são agrupadas por tipo de fator de utilização da bicicleta para viagens. Para cada uma delas, a referida tabela mostra o total de modelos em que foram analisadas e o percentual de significância em relação a esse total, indicando assim a importância de cada uma.

Complementarmente, variáveis não incluídas na TAB. 3.1 que podem caracterizar o uso da bicicleta para viagens na área a ser estudada podem ser obtidas tanto na TAB. 2.20. Ou ainda, na TAB. 2.21, visto que a não relevância de uma determinada variável não implica na não utilização da mesma em futuros modelos de demanda.

TAB. 3.1 - Variáveis mais utilizadas em modelos de demanda em função do fator de utilização da bicicleta para viagens

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | Número de ocorrências (Significância) | Modelos em que a variável foi significativa |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Características socioeconômicas | Idade | 10 (50%) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000), RIETVELD & DANIEL (2004), WARDMAN <i>et al.</i> (2007), KHAN <i>et al.</i> (2013), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) |
| | Renda familiar | 9 (44%) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007), HANKEY <i>et al.</i> (2012), KHAN <i>et al.</i> (2013), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| | Gênero | 7 (88%) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007), PARKIN <i>et al.</i> (2008), GODEFROY & MORENCY (2012), KHAN <i>et al.</i> (2013), HABIB <i>et al.</i> (2014), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014). |
| | Posse de automóvel | 7 (88%) | DILL & CARR (2003), RIETVELD & DANIEL (2004), PARKIN <i>et al.</i> (2008), BUEHLER & PUCHER (2012), GODEFROY & MORENCY (2012), KHAN <i>et al.</i> (2013) |
| | Escolaridade | 6 (50%) | BUEHLER & PUCHER (2012), HANKEY <i>et al.</i> (2012), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| | Etnia | 4 (100%) | RIETVELD & DANIEL (2004), PARKIN <i>et al.</i> (2008), HANKEY <i>et al.</i> (2012), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) |
| | Localização residencial | 4 (50%) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) |
| Características da viagem | Tempo de viagem | 4 (75%) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007), PARKIN <i>et al.</i> (2008), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) |
| | Custo do transporte individual | 4 (50%) | RIETVELD & DANIEL (2004), BUEHLER & PUCHER (2012) |
| | Motivo da viagem | 3 (67%) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000), GODEFROY & MORENCY (2012) |
| | Distância de viagem | 3 (100%) | ORTÚZAR <i>et al.</i> (2000), PARKIN <i>et al.</i> (2008), GODEFROY & MORENCY (2012) |

TAB. 3.1 (cont.) – Variáveis mais utilizadas em modelos de demanda em função do fator de utilização da bicicleta para viagens

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | Número de ocorrências (Significância) | Modelos em que a variável foi significativa |
|-----------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| Uso do solo e ambiente construído | População | 6 (67%) | PARKIN <i>et al.</i> (2008), KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), RYBARCZYK & WU (2010), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| | Densidade de vias cicláveis | 4 (100%) | DILL & CARR (2003), BUEHLER & PUCHER (2012), KHAN <i>et al.</i> (2013), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| | Áreas comerciais | 4 (100%) | RYBARCZYK & WU (2010), KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), GRISWOLD <i>et al.</i> (2011), TABESHIAN & KATTAN (2014) |
| | Existência de polos atratores de viagens recreacionais | 4 (75%) | RYBARCZYK & WU (2010), KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), HABIB <i>et al.</i> (2014). |
| | Polos geradores de viagens não-recreacionais | 4 (75%) | RYBARCZYK & WU (2010), KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), TABESHIAN & KATTAN (2014) |
| | Proximidade a polos geradores de viagens | 4 (33%) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) |
| | Proximidade à área central | 3 (67%) | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) |
| | Proximidade a ciclovias ou vias orientadas para a circulação de bicicletas | 3 (67%) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011), HANKEY <i>et al.</i> (2012) |

TAB. 3.1 (cont.) – Variáveis mais utilizadas em modelos de demanda em função do fator de utilização da bicicleta para viagens

| Fator de utilização da bicicleta | Variável | Número de ocorrências (Significância) | Modelos em que a variável foi significativa |
|-------------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| Infraestrutura viária (Facilidades) | Facilidades para bicicletas no destino | 3 (67%) | WARDMAN <i>et al.</i> (2007), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) |
| | Localização da rota ciclável em relação à via | 2 (100%) | PARKIN <i>et al.</i> (2008), HANKEY <i>et al.</i> (2012) |
| | Sinalização específica para bicicletas | 2 (50%) | GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) |
| Ambiente natural | Precipitação | 5 (80%) | DILL & CARR (2003), PARKIN <i>et al.</i> (2008), GRISWOLD <i>et al.</i> (2011), GODEFROY & MORENCY (2012) |
| | Topografia | 4 (75%) | RIETVELD & DANIEL (2004), PARKIN <i>et al.</i> (2008), GRISWOLD <i>et al.</i> (2011) |
| | Temperatura | 4 (75%) | PARKIN <i>et al.</i> (2008), GODEFROY & MORENCY (2012) |
| Atitudes e percepções | Segurança em relação ao tráfego | 4 (100%) | RIETVELD & DANIEL (2004), WARDMAN <i>et al.</i> (2007), BUEHLER & PUCHER (2012), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| | Segurança em relação ao crime | 3 (33%) | RYBARCZYK & WU (2010) |
| | Imagem do transporte cicloviário | 3 (67%) | RIETVELD & DANIEL (2004), MALDONADO-HINAREJOS <i>et al.</i> (2014) |

A mensuração dessas variáveis é feita partir de uma combinação de fontes de dados primários e secundários. As fontes de dados primários deste estudo consistem em informações obtidas diretamente em campo. Por sua vez, as fontes de dados secundários encontram-se disponíveis, em meio digital, em fontes públicas a nível municipal, estadual ou federal.

3.2 PLANEJAMENTO DA COLETA DE DADOS

3.2.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo corresponde à zona sul da cidade do Rio de Janeiro, capital do estado homônimo, localizado na Região Sudeste do país. O município do Rio de Janeiro possui população estimada em 6.320.446 habitantes (IBGE, 2015). De acordo com o Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU/RMRJ), a bicicleta é utilizada em 2,43% do total de viagens realizadas na RMRJ, o que equivale a 546.000 viagens (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2012). Na capital fluminense, os maiores índices de utilização da bicicleta para viagens pendulares são encontrados nas regiões administrativas de Santa Cruz e Campo Grande (28,26% e 18,30% do total de viagens, respectivamente), localizadas na Zona Oeste, enquanto que índices abaixo de 2,0% podem ser encontrados em áreas das zonas norte e sul (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2004).

A malha cicloviária do município (FIG. 3.2) possui 370 km de extensão (ALBUQUERQUE, 2014) e se encontra distribuída entre as regiões oeste, sul, norte e central (BINATTI; TRANSPORTE ATIVO, 2012). Contudo, devido às barreiras geográficas existentes, a rede de rotas cicláveis não é totalmente conectada. A malha cicloviária existente possibilita o acesso a estações de trem e metrô, sendo que algumas delas são dotadas de bicicletários e permitem integração física com esses sistemas de transporte de alta capacidade (METRÔ RIO; SUPERVIA, 2015).

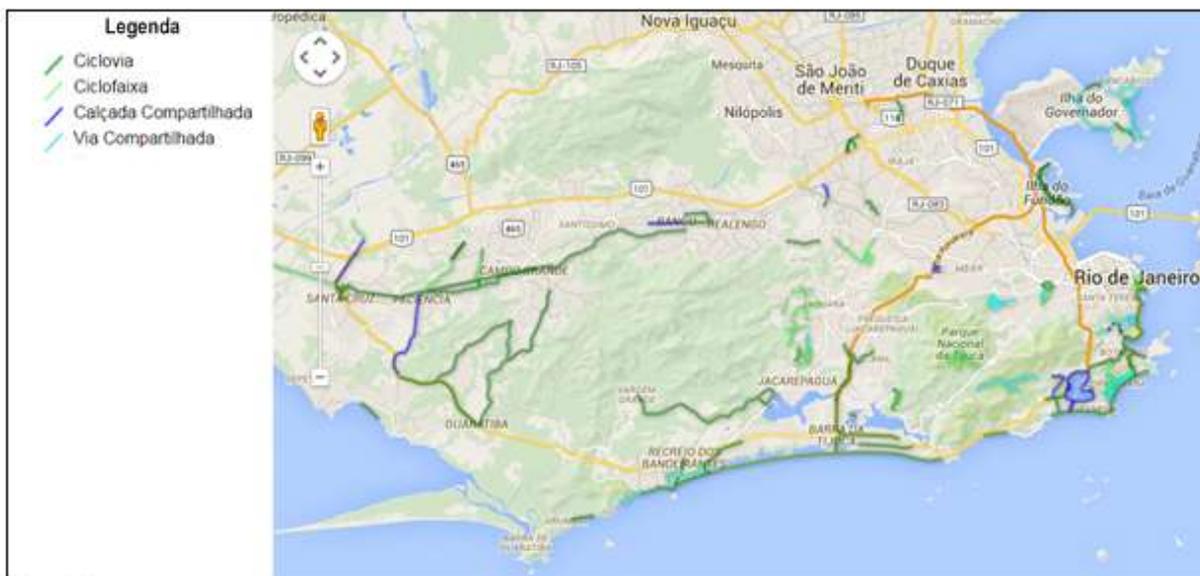


FIG. 3.2 - Distribuição da malha ciclovária do município do Rio de Janeiro

Fonte: TRANSPORTE ATIVO (2015b)

A cidade do Rio de Janeiro também é pioneira no Brasil em algumas iniciativas para incentivar o uso da bicicleta para viagens de curta distância. Uma delas é a implantação do sistema de aluguel de bicicletas compartilhadas atualmente denominado *Bike Rio*, que foi implantado em 2009 através do projeto Pedala Rio (PORTAL BRASIL, 2014). Esse sistema é o maior do país e atualmente é composto por cerca de 260 estações localizadas nas zonas sul, oeste, norte e área central da cidade.

Destaca-se também a criação de áreas denominadas Zona 30 em alguns bairros, como Copacabana, que são compostas por vias de circulação compartilhada entre bicicletas e veículos motorizados cuja condição é indicada por meio de sinalização horizontal e vertical específica para bicicletas e redução do limite de velocidade para 30 km/h, visando a redução do número de acidentes envolvendo bicicletas e a melhoria das condições de circulação dos usuários de bicicletas.

Na Zona Sul, observa-se também a utilização da bicicleta como veículo de entrega de carga por estabelecimentos comerciais, principalmente nos bairros de Copacabana e Botafogo. De acordo com um estudo realizado pela ONG Transporte Ativo, em parceria com o Instituto para Desenvolvimento de Políticas

de Transportes (ITDP, sigla em inglês), mais de seis mil viagens diárias são realizadas com essa finalidade somente no bairro de Copacabana (TRANSPORTE ATIVO, 2015a).

Diante do contexto apresentado, define-se a Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro como a área de estudo deste trabalho. Esta escolha é motivada pelos baixos percentuais de utilização para bicicleta para viagens pendulares em relação à oferta de infraestrutura cicloviária disponível, pela existência de estudos cicloviários específicos para essa região (pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas) e pela possibilidade de analisar a influência da oferta de estações do sistema *Bike Rio* no número de viagens realizadas em vias dessa região.

3.2.2 PESQUISA COM USUÁRIOS DE BICICLETA EM POLOS GERADORES DE VIAGENS

3.2.2.1 PESQUISAS DE INTERCEPTAÇÃO

Pesquisas de interceptação correspondem a um tipo de pesquisa que é realizado fora do local de residência do entrevistado, e envolvem algum tipo de contato pessoal entre entrevistador e respondente, seja por meio de distribuição de questionários ou por meio de uma série de questões relacionados ao objeto de pesquisa (RICHARDSON *et al.*, 1995). Ainda de acordo com RICHARDSON *et al.* (1995), uma vantagem deste tipo de pesquisa em relação a outras que utilizam diferentes métodos de distribuição de questionários (por exemplo, por correspondência) é que a taxa de respostas aos questionários aplicados é muito mais alta.

Este tipo de pesquisa é realizado em locais com grande fluxo de pessoas (RICHARDSON *et al.*, 1995), tais como polos geradores de viagens (PGVs). De acordo com REDPGV (2005), PGVs são locais ou instalações cujos porte e escala de atividades exercem grande efeito de atratividade sobre a população, o

resultando na produção de um número significativo de viagens que, conseqüentemente, promovem impactos no sistema viário local. Esses locais geralmente demandam grandes áreas para estacionamento de veículos, embarque e desembarque de pessoas ou carga e descarga de bens e mercadorias. Alguns exemplos de PGVs são: *shopping centers*, universidades, hospitais, terminais de carga, estações de transporte público e instalações esportivas, como estádios.

Para este estudo, o tipo de PGV a ser considerado para a aplicação de questionários de pesquisa são instituições de ensino superior, que atraem um número significativo de viagens não motorizadas e possuem infraestrutura adequada para o estacionamento de bicicletas. Desta forma, a principal finalidade das pesquisas de interceptação é identificar rotas utilizadas por usuários do modo ciclovário para viagens pendulares (com motivo trabalho ou estudo) na área estudada, visando auxiliar a etapa de seleção e definição de locais para a realização de pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas.

3.2.2.2 POPULAÇÃO E MÉTODO DE AMOSTRAGEM

A população de interesse é constituída por usuários do modo ciclovário que utilizam a bicicleta para viagens pendulares com destino a instituições de ensino superior localizadas na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro. Dado que essa população não é representativa do total de viagens por bicicletas observado nessa área, recorre-se à amostragem não probabilística por conveniência. Este tipo de amostragem é indicado para situações em que não se deseja fazer inferências estatísticas a respeito da população amostrada (RICHARDSON *et al.*, 1995).

3.2.2.3 DESENVOLVIMENTO DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Em uma pesquisa de interceptação, as informações de interesse do responsável pela coleta de dados são: (i) origem e destino da viagem realizada; (ii) tempo de viagem; e (iii) características socioeconômicas dos entrevistados (RICHARDSON *et al.*, 1995). Entretanto, este estudo limita-se principalmente à identificação da origem das viagens realizadas pela população de interesse e das vias utilizadas em direção aos PGVs considerados, assim como obter informações acerca das razões de escolha do trajeto descrito pelos entrevistados.

O formato das questões do questionário de pesquisa é aberto, no qual os entrevistados respondem às questões com as próprias palavras e essas respostas são transcritas pelo entrevistador posteriormente (RICHARDSON *et al.*, 1995). Ainda de acordo com RICHARDSON *et al.* (1995), este tipo de formato de questionário possibilita melhor interação entre o entrevistador e o entrevistado no momento de aplicação da pesquisa e pode despertar maior interesse do entrevistado em relação ao assunto pesquisado, mas cuidados devem ser tomados para que os entrevistados sintam-se à vontade durante a pesquisa ou para que não forneçam respostas vagas ou em desacordo com o que foi perguntado.

Neste estudo, o questionário de pesquisa formulado é composto por três questões relacionadas à origem da rota, à identificação de vias que compõem o trajeto realizado em direção ao PGV estudado e às razões de escolha desse trajeto. A descrição de cada questão é apresentada abaixo.

- **Questão 1 – Origem da rota:** esta questão tem o objetivo de identificar o bairro de origem da viagem realizada pelo entrevistado em direção ao PGV, que é complementada por uma indicação de um ponto de referência localizado próximo ao local de residência;
- **Questão 2 – Vias utilizadas:** esta questão tem o objetivo de identificar as vias escolhidas para a viagem realizada em direção ao PGV pesquisado,

de modo a obter, posteriormente, rotas aproximadas a partir das informações fornecidas pelos entrevistados;

- **Questão 3 – Motivo de escolha da rota:** esta questão tem o objetivo de identificar as razões que motivaram os entrevistados a realizar o trajeto descrito na questão anterior.

3.2.2.4 PESQUISA-PILOTO E PESQUISA DEFINITIVA

Para verificar a adequabilidade do questionário aos objetivos da pesquisa, uma pesquisa-piloto foi realizada com usuários de bicicletas de um PGV na área de estudo de forma prévia à pesquisa definitiva. Além desse aspecto, RICHARDSON *et al.* (1995) afirmam que a realização de pesquisa-piloto visa testar todos os aspectos relacionados ao processo de planejamento de pesquisa, como, por exemplo, a adequabilidade do tamanho da amostra, o percentual de não-respostas, o método de coleta de dados, o entendimento correto das questões pelos entrevistados e a eficácia do entrevistador.

3.2.3 PESQUISAS DE CONTAGEM MANUAL DE CURTA DURAÇÃO DE TRÁFEGO DE BICICLETAS

A partir do conhecimento das vias mais utilizadas para viagens em direção a PGVs localizados na Zona Sul do Rio de Janeiro, pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas foram realizadas nesses para obter informações sobre os volumes de bicicletas observados. Segundo RYUS *et al.* (2014), contagens volumétricas de bicicletas são realizadas com diferentes finalidades, dentre elas: (i) avaliar e monitorar mudanças no nível de utilização do modo ciclovário ao longo do tempo; (ii) avaliar o efeito da implantação de nova infraestrutura para circulação de bicicletas em um local; (iii) subsidiar projetos prioritários voltados à

melhoria das condições de circulação de ciclistas; e (iv) desenvolver modelos de redes de transportes e estimar volumes anuais.

Em virtude do número reduzido de publicações relacionadas a pesquisas de contagem de tráfego não motorizado na literatura, o processo de planejamento das contagens volumétricas foi norteado principalmente pelas recomendações de dois documentos técnicos publicados recentemente: *Traffic Monitoring Guide* (FHWA, 2013) e *Guidebook on Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection* (RYUS *et al.*, 2014). Contudo, a discussão apresentada nesta subseção é limitada às contagens manuais de curta duração, que foram realizadas neste estudo.

3.2.3.1 OBJETIVO DAS CONTAGENS VOLUMÉTRICAS

A definição do objetivo das pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas é considerada uma etapa crítica do processo de planejamento da coleta de dados, pois influenciará outras decisões tomadas ao longo desse processo, como, por exemplo, a definição do período e da duração das contagens (RYUS *et al.*, 2014). Neste estudo, as contagens foram realizadas para verificar o nível de utilização da bicicleta em vias concorrentes e paralelas entre si, permitindo assim comparar, por exemplo, o efeito da provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas nos volumes observados em comparação a vias sem essa infraestrutura, ou ainda diferenças nos volumes baseados no tipo de infraestrutura existente.

3.2.3.2 AMOSTRAGEM

De acordo com RYUS *et al.* (2014), a amostragem aleatória estratificada é o principal tipo de amostragem utilizado para a definição de locais de contagem de tráfego que integram modelos de demanda direta de viagens pelo modo cicloviário. Por meio deste tipo de amostragem, esses locais são selecionados de modo que seja contemplado um conjunto de características existentes em uma

região que são de interesse do planejador de transportes, tais como: (i) padrão de viagens a ser analisado (pendular ou recreacional); (ii) níveis de renda; (iii) tipologias de usos do solo; e (iv) proximidade a polos geradores de viagens em particular.

Assim, este tipo de amostragem assegura que alguns dos locais de contagem escolhidos sejam de fato representativos da região de estudo, minimizando a possibilidade de desconsiderar locais com volumes significativos ou considerar locais com baixos volumes, sendo que estes estão sujeitos à maior variabilidade ao longo do tempo (RYUS *et al.*, 2014). Entretanto, para obter uma amostra mais representativa da área de estudo, contagens em vias locais são necessárias (FHWA, 2013).

Neste estudo, o principal critério de estratificação para definição de locais de contagem é a presença de infraestrutura para a circulação de bicicletas. Desta forma, torna-se possível avaliar a influência deste tipo de facilidade para ciclistas a partir da comparação entre os volumes observados em vias com esse tipo de infraestrutura. Para tanto, os segmentos viários escolhidos devem estar localizadas em vias concorrentes em uma determinada região da área de estudo.

Em relação ao tamanho da amostra, FHWA (2013) ressalta que não existe um critério geral para determinar o número mínimo de locais para contagens manuais de curta duração, pois isto é definido em função dos recursos financeiros disponíveis e do objetivo da coleta de dados.

3.2.3.3 TIPO DE CONTAGEM

A escolha do tipo de contagem manual está associada ao objetivo da coleta de dados e pode ser de dois tipos (FHWA, 2013): *screen lines* e interseções.

Contagens em *screen lines* (FIG. 3.3) são realizadas em uma linha hipotética definida no ponto médio de um segmento viário, para o qual os volumes observados correspondem ao número de bicicletas que cruzam essa linha. Este

tipo de contagem é mais simples, pois geralmente demanda um único contador e, por esta razão, é recomendado quando a coleta de dados tem a finalidade de identificar o volume de bicicletas em circulação em uma determinada via ou identificar fatores que influenciam a utilização da bicicleta (FHWA, 2013; RYUS *et al.*, 2014). Por estas razões, esse tipo de contagem foi o adotado neste estudo.

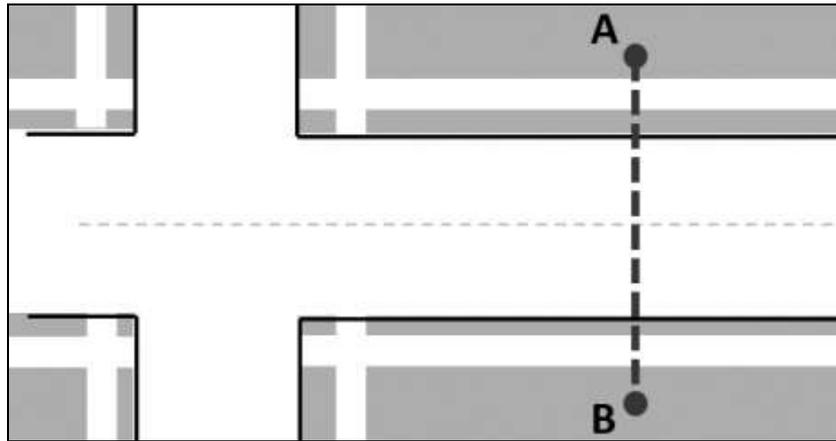


FIG. 3.3 - Segmento viário com indicação da screen line A-B

Fonte: <https://www.pdx.edu/ibpi/what-kind-of-count>

Contagens em interseções (FIG. 3.4) permitem comparar os volumes observados em uma facilidade para circulação de bicicletas com os de outra facilidade de interesse (FHWA, 2013). Este tipo de contagem é mais complexo porque os fluxos direcionais de tráfego de bicicletas são contados para todas as aproximações viárias da interseção e, por esta razão, demandam mais de um contador. Assim, são recomendadas quando o objetivo da coleta de dados está relacionado ao desenvolvimento de modelos de previsão ou severidade de acidentes ou estudos de reprogramação semafórica (FHWA, 2013).

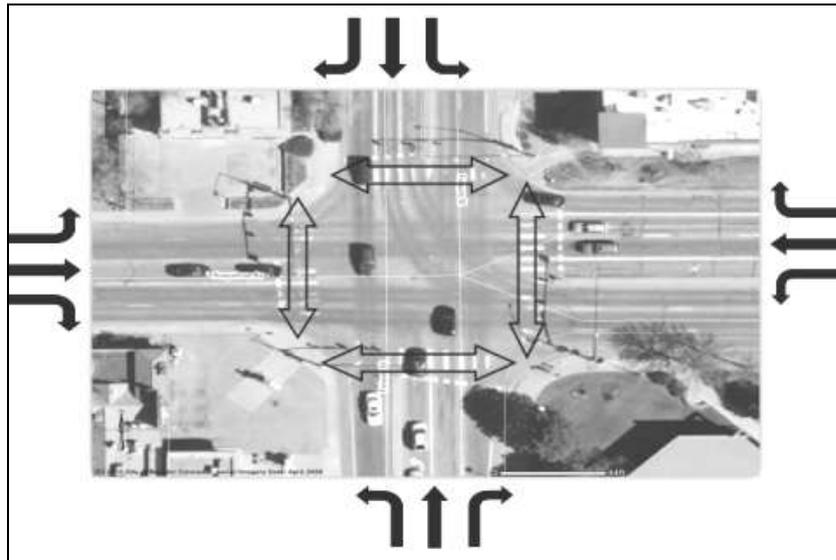


FIG. 3.4 - Interseção com indicação dos fluxos direcionais de tráfego

Fonte: <https://www.pdx.edu/ibpi/what-kind-of-count>

3.2.3.4 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE DADOS

A localização dos locais de realização de contagens volumétricas de bicicletas para este estudo é definida segundo recomendações do NBPD (do *inglês*, *National Bicycle and Pedestrian Documentation*) para contagens nos Estados Unidos. Os locais de contagem podem ser (FHWA, 2013):

- Áreas ou corredores viários com circulação significativa de bicicletas (área central, parques, proximidade a escolas, entre outros);
- Locais representativos em áreas urbanas, suburbanas e rurais;
- Corredores viários para os quais é possível calcular o impacto de futuros empreendimentos no volume de bicicletas nesses locais;
- Locais para os quais existem registros de contagens;
- Locais onde novas contagens podem ser conduzidas por outros meios, como por meio de filmagens;
- Áreas com potencial de melhoria, como pontos de descontinuidade, barreiras físicas e vias com condições operacionais inadequadas para circulação de bicicletas;

- Áreas com frequência significativa de colisões envolvendo bicicletas;
- Locais que atendem o maior número possível dos critérios acima.

Complementarmente neste estudo, este processo é auxiliado a partir de informações sobre as rotas utilizadas por usuários de bicicletas para viagens pendulares na área de estudo, de modo a permitir a escolha de locais mais representativos dos volumes esperados.

3.2.3.5 PERÍODO DE CONTAGEM

O período de contagem deve coincidir com o horário de pico de viagens não motorizadas para o padrão de viagens a ser analisado (FHWA, 2013; RYUS *et al.*, 2014). Em dias úteis, os períodos do início da manhã e do final da tarde são recomendados para a análise do padrão de viagens pendulares, enquanto que o horário do meio-dia é indicado para analisar o padrão de viagens recreacionais (FHWA, 2013).

O período adotado deve ser consistente para todos os locais de contagem, isto é, a coleta de dados deve ser realizada no mesmo período. Além disso, recomenda-se realizar contagens em dias ensolarados, priorizando o período escolar, e evitar contagens durante feriados, dias com eventos atípicos e dias com ocorrência de condições climáticas adversas, como tempo chuvoso (SCAG, 2013).

A definição do período de contagem pode ser auxiliada por informações existentes sobre o transporte cicloviário na região estudada. Uma vez que o desenvolvimento de modelos de demanda direta exige que os dados de contagens utilizados sejam atuais, é importante que contagens-piloto sejam realizadas para identificar o horário de pico de viagens não motorizadas.

3.2.3.6 DURAÇÃO DAS CONTAGENS

A duração das contagens é definida em função da forma de registro dos volumes (manual ou automática), da quantidade e da variabilidade dos volumes observados (FHWA, 2013). No caso das contagens manuais de curta duração, o período mínimo sugerido é de quatro a seis horas, mas o intervalo de 12 horas é adotado quando a coleta de dados busca subsidiar o desenvolvimento de fatores de ajuste para estimar volumes anuais de bicicletas (RYUS *et al.*, 2014).

Entretanto, na prática, o intervalo de duas horas é adotado devido a restrições de custo da pesquisa e à limitação da capacidade de observação dos responsáveis pela coleta de dados após esse período de tempo, que pode levar a erros de medição dos volumes (FHWA, 2013). Por esta razão, os volumes observados durante esse período não devem ser extrapolados para calcular volumes diários anuais (FHWA, 2013; RYUS *et al.*, 2014).

Para minimizar o efeito da variabilidade dos volumes observados durante o período de duas horas, a TAB. 3.2 apresenta recomendações utilizadas em contagens na região de Los Angeles, EUA, que são exemplos de boas práticas recomendadas pelo NBPD naquele país. Ressalta-se que o horário de pico de viagens não motorizadas pode variar conforme o local estudado.

TAB. 3.2 - Recomendações para contagens de bicicletas em Los Angeles, EUA

| Período | Dias da semana | Duração sugerida | Duração mínima |
|-----------------------------|----------------------------------|--|--|
| Dias úteis | Terças, quartas e quintas-feiras | Três contagens em dias consecutivos, entre 7h e 9h | Duas contagens em dias consecutivos, entre 7h e 9h |
| | | Três contagens em dias consecutivos, entre 16h e 18h | Duas contagens em dias consecutivos, entre 16h e 18h |
| Fim de semana (sem feriado) | Preferível aos sábados | Uma contagem, entre 11h e 13 h | Uma contagem, entre 11h e 13 h |
| Fora do horário de pico | | Contagens adicionais, se necessário | - |

FONTE: SCAG (2013)

3.2.3.7 DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE CONTADORES

Contagens em *screen lines* podem ser feitas por uma única pessoa, desde que o volume horário esperado de bicicletas para o segmento viário analisado não ultrapasse 400 bicicletas, a partir do qual a capacidade de precisão das observações feitas pelo responsável diminui (SCAG, 2013). Por esta razão, o tempo ideal de permanência de um único contador no local de pesquisa de contagem manual de tráfego é de duas horas, sendo admitida uma tolerância máxima de uma hora (FHWA, 2013). Em caso contrário, recomenda-se a adoção de rodízio entre os contadores designados para um determinado local.

3.2.3.8 PROCEDIMENTO DE REGISTRO DAS INFORMAÇÕES DURANTE A COLETA DE DADOS

O registro das informações durante a coleta de dados em campo é feita por meio de planilhas de contagem, que são preenchidas manualmente pelo responsável pela pesquisa. Essas informações referem-se aos volumes observados no local de contagem, bem como uma descrição das características desse local.

Geralmente recomenda-se que o responsável pela coleta de dados chegue ao local de contagem com 15 minutos de antecedência para se posicionar adequadamente e descrever as características viárias e de uso do solo local. Essas informações variam de acordo com o objetivo da coleta de dados. A partir de alguns exemplos de planilhas e relatórios técnicos de pesquisa de contagem de tráfego de bicicletas encontrados na literatura (TRANSPORTE ATIVO, [20--]; SCAG, 2013; RYUS *et al.*, 2014), as possíveis informações a serem obtidas em campo estão indicadas na TAB. 3.3.

TAB. 3.3 - Informações contidas em planilhas de contagem de tráfego de bicicletas

| Informação | Método de contagem |
|--|---|
| Identificação do responsável pela coleta de dados | RYUS <i>et al.</i> (2014), SCAG (2013), TRANSPORTE ATIVO ([20--]) |
| Fluxos direcionais de tráfego | RYUS <i>et al.</i> (2014), SCAG (2013), TRANSPORTE ATIVO ([20--]) |
| Características dos usuários (idade e gênero, proporção de crianças) | RYUS <i>et al.</i> (2014), SCAG (2013), TRANSPORTE ATIVO ([20--]) |
| Tipo de bicicleta | TRANSPORTE ATIVO ([20--]) |
| Características do uso do solo adjacente ao local de contagem | RYUS <i>et al.</i> (2014) |
| Características físicas e operacionais da via | RYUS <i>et al.</i> (2014) |
| Aspectos comportamentais dos usuários de bicicletas (circulação na calçada, uso de capacete, entre outros) | SCAG (2013), TRANSPORTE ATIVO ([20--]) |
| Ambiente físico (temperatura) | SCAG (2013), RYUS <i>et al.</i> (2014) |
| Outras informações importantes, eventuais dúvidas | SCAG (2013), RYUS <i>et al.</i> (2014) |

No caso do registro dos volumes, o responsável pela coleta de dados deve contar o número de ciclistas que passam por ao invés do número de bicicletas, isto é, caso haja pessoas sendo transportadas em uma bicicleta, deve-se contar o número de ocupantes desse veículo. No caso de existência de uma equipe de coleta de dados, torna-se necessário treiná-la para evitar erros de registro dos volumes observados. Para esta finalidade, as instruções de contagem adotadas pelo NBPD (ALTA PLANNING + DESIGN, 2010) e pela ONG Transporte Ativo (TRANSPORTE ATIVO, [20--]) foram utilizadas para o treinamento da equipe responsável pela coleta de dados para este estudo, que se encontram no ANEXO I. O modelo de planilha de pesquisa de contagem de tráfego desenvolvida para este estudo encontra-se no APÊNDICE I.

3.2.4 MODELAGEM MATEMÁTICA

Os modelos matemáticos de estimativa de demanda serão desenvolvidos a partir das técnicas de análise de dados empregadas nos modelos de demanda direta mencionados na etapa de revisão de literatura. São eles: regressão log-linear obtida a partir de transformação logarítmica na variável dependente (GRISWOLD *et al.*, 2011), regressão binomial negativa (HANKEY *et al.*, 2012) e regressão de Poisson (TABESHIAN & KATTAN, 2014).

3.2.4.1 ACEITAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

O modelo de regressão validado e de melhor ajuste foi utilizado para a realização de uma análise de sensibilidade para verificar a influência de cada variável do modelo nos volumes de bicicletas esperados para os segmentos viários analisados. Desta forma, são identificados os fatores que influenciam na demanda pelo modo ciclovitário na área de estudo de forma positiva ou negativa. A discussão desses resultados é feita no Capítulo 5 deste trabalho.

Desta forma, os resultados do modelo podem subsidiar a definição de políticas de transporte que podem resultar no aumento dos níveis de utilização da bicicleta na área de estudo.

4 COLETA DE DADOS

Este capítulo apresenta os resultados da etapa de coleta de dados para este trabalho, que consiste na realização de entrevistas com usuários de bicicletas em polos geradores de viagens e pesquisas de contagem de tráfego não motorizado em segmentos viários.

4.1 PESQUISA COM USUÁRIOS DE BICICLETAS EM POLOS GERADORES DE VIAGENS

Entrevistas com usuários de bicicletas foram realizadas em duas instituições de ensino superior localizadas na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro - Instituto Militar de Engenharia (IME) e Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) – com a finalidade de identificar rotas para bicicletas onde há utilização significativa para viagens pendulares e definir locais para a realização de contagens volumétricas de bicicletas. Isto foi necessário devido à impossibilidade de entrevistar ciclistas nas vias simultaneamente à realização de contagens volumétricas de bicicletas.

4.1.1 QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

O questionário de pesquisa foi elaborado conforme o que foi definido na seção 3.2.2.3. As perguntas do questionário estão relacionadas à origem da viagem, à rota utilizada para a realização dessa viagem e a razão de escolha da mesma para chegar ao destino. Por outro lado, informações relacionadas ao sexo dos respondentes e à frequência de utilização da bicicleta não foram incluídas nesse questionário pelo fato de que essas informações não são relevantes do ponto de vista do objetivo principal dessa pesquisa, pois não há a intenção de

caracterizar o perfil dos usuários de bicicletas na Zona Sul do Rio de Janeiro. O modelo do questionário de pesquisa utilizado é apresentado na FIG. 4.1.

| PESQUISA COM USUÁRIOS DE BICICLETAS EM PÓLOS GERADORES DE VIAGENS | |
|---|-------------------------|
| 1. Origem da viagem (Bairro): | _____ |
| 1.1. Ponto de referência: | _____ |
| 2. Vias utilizadas: | _____ _____ _____ |
| 3. Motivo de escolha do trajeto: | _____ |

FIG. 4.1 - Modelo de questionário de pesquisa

O questionário mostrado acima foi aplicado junto a usuários dos bicicletários do IME e da PUC-Rio, *campus* Gávea. No IME, a pesquisa foi realizada em caráter de pesquisa-piloto, visando identificar possíveis erros de formulação do questionário ou dificuldade de entendimento das questões por parte dos entrevistados. Na PUC-Rio, a pesquisa foi aplicada em caráter definitivo.

4.1.2 PESQUISA-PILOTO NO INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

A pesquisa-piloto foi realizada com 10 alunos e funcionários do IME durante uma semana do mês de agosto de 2015. Os questionários foram aplicados em horários próximos ao início e ao término do expediente administrativo (7:15 e 16:00, respectivamente), para os quais é esperado maior fluxo de bicicletas chegando ou deixando o bicicletário da instituição. O tempo de resposta de cada questionário variou entre um e dois minutos.

Quanto à origem das viagens identificadas, a maior parte delas se inicia em bairros da Zona Sul, destacando-se os bairros de Copacabana e Botafogo, com quatro e duas viagens, respectivamente. Os bairros Flamengo e Laranjeiras foram citados por um entrevistado cada. Os demais entrevistados residem ou na Zona Norte da cidade ou na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (cidade de Niterói). A distribuição dos bairros de origem dos entrevistados é mostrada na FIG. 4.2.



FIG. 4.2 - Origens das viagens realizadas em direção ao IME

Em relação às vias mencionadas pelos entrevistados, não foi possível identificar uma preferência significativa de utilização entre vias com ou sem infraestrutura para circulação de bicicletas. Nas rotas com origem em Copacabana, predomina a utilização de vias dotadas de ciclovias, como as avenidas Atlântica e Princesa Isabel. Nas rotas com origem em Botafogo, as vias utilizadas podem ou não ser cicláveis, destacando-se a R. Real Grandeza, que possui ciclofaixa bidirecional em alguns trechos, e a R. Voluntários da Pátria e a avenida Praia de Botafogo, que não possuem infraestrutura para a circulação de bicicletas. Nas demais rotas, a maior parte dos deslocamentos é feito através de ciclovias, com exceção à rota com origem no bairro Catumbi, que não possui

infraestrutura cicloviária em um trecho significativo. A relação completa das vias citadas pelos entrevistados está disponível no APÊNDICE II, a partir da qual foi gerado um mapa de rotas escolhidas pelos entrevistados para viagens em direção ao IME, conforme mostra a FIG. 4.3.

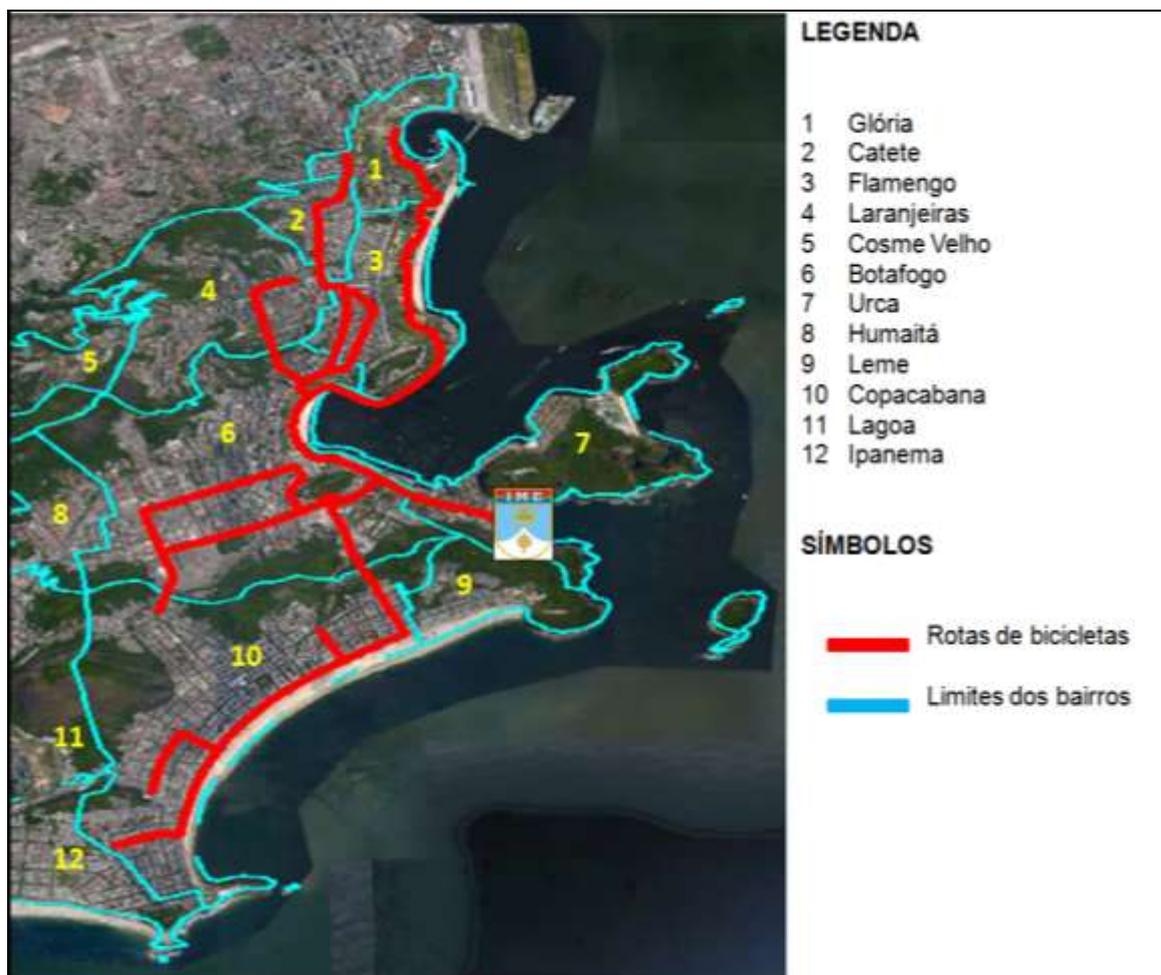


FIG. 4.3 - Rotas de bicicletas em direção ao IME

No que se refere às razões de escolha da rota utilizada, alguns dos entrevistados mencionaram mais de um motivo. Todos responderam que utilizam a bicicleta por ser o modo de transporte que lhes confere maior rapidez nos deslocamentos em direção ao IME. A sensação de segurança no trajeto foi mencionada por cinco entrevistados, mas apenas um deles explicitou claramente que se referiu em relação à criminalidade. Outras razões citadas pelos entrevistados foram o baixo volume de veículos motorizados na via e o

desconforto no transporte coletivo, motivo pelo qual a bicicleta é utilizada. A frequência de citações de cada motivo de escolha do trajeto pelos entrevistados é mostrada na FIG. 4.4.



FIG. 4.4 - Motivos para a escolha das rotas em direção ao IME

De posse dos resultados da pesquisa-piloto, observou-se que a principal dificuldade relacionada à aplicação dos questionários esteve associada à forma de apresentação das alternativas de escolha do trajeto na terceira questão. Esperava-se que os entrevistados respondessem a questão após a apresentação de todas as alternativas, o que não foi possível em algumas oportunidades. Além disso, alguns se limitaram apenas a escolher uma das alternativas sem fornecer justificativas detalhadas acerca da escolha do trajeto.

Por outro lado, não houve problemas significativos para determinar, de forma aproximada, as rotas dos entrevistados em direção ao IME a partir das informações fornecidas. Em alguns casos, para determinar o caminho provavelmente escolhido pelos entrevistados em trechos para os quais as informações fornecidas foram insuficientes, assumiu-se que as vias escolhidas

foram aquelas que respeitam o sentido de circulação regulamentado para a via, sendo coerente com a origem da viagens realizadas.

4.1.3 PESQUISA NA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

No dia 20 de outubro de 2015 (terça-feira), uma nova pesquisa foi realizada com 35 alunos e funcionários da PUC-Rio, no bicicletário desta instituição, localizada no bairro Gávea. Em relação à pesquisa-piloto, a única alteração definida foi que a terceira pergunta do questionário, referente às razões de escolha do trajeto, passou a ser aberta, dando a oportunidade ao entrevistado de responder sem a interferência do entrevistador.

Devido à disposição das vagas para estacionamento de bicicletas no bicicletário e do fluxo intenso de usuários de bicicletas ao longo do dia, um entrevistador adicional foi recrutado para auxiliar a aplicação dos questionários. A duração de cada entrevista variou entre um e três minutos e houve adesão significativa ao questionário por parte da maioria dos ciclistas abordados pelos entrevistadores.

Em relação à origem das viagens realizadas em direção à PUC-Rio, todas se iniciam em bairros da Zona Sul, principalmente a partir dos bairros Leblon e Copacabana, citados por onze e nove entrevistados, respectivamente. Assim, nota-se o predomínio de viagens de curta distância (1 a 3 km) quando o bairro de origem é o Leblon e de longa distância (5 a 8 km) quando o bairro de origem é Copacabana. Por outro lado, os demais bairros identificados (Ipanema, Lagoa, Jardim Botânico, Botafogo, entre outros) foram citados pelos entrevistados entre uma e três vezes. A distribuição das origens das viagens é apresentada no gráfico da FIG. 4.5.

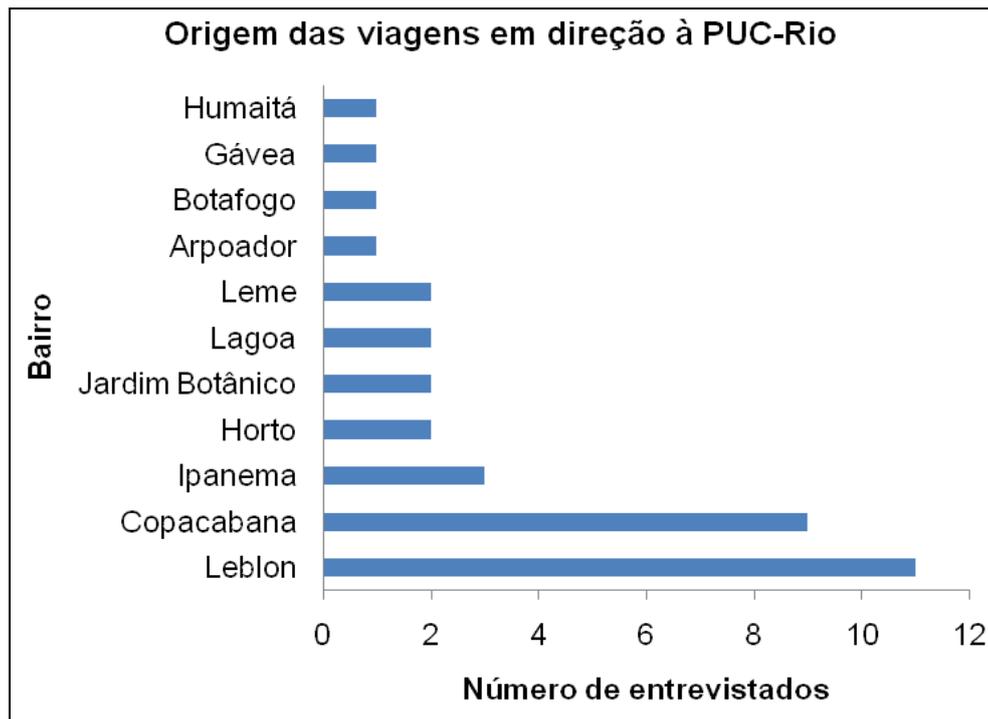


FIG. 4.5 - Origens das viagens realizadas em direção à PUC-Rio

No que se refere às vias mais citadas pelos entrevistados, nota-se uma preferência de utilização de vias em que há provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas (ciclovias ou faixas compartilhadas). Além da Av. Padre Leonel Franca, que dá acesso à PUC e ao terminal de transporte coletivo por ônibus localizado no entorno da universidade, também foram citadas por 25% ou mais dos entrevistados as avenidas Bartolomeu Mitre e Delfim Moreira (Leblon), Vieira Souto (Ipanema), Borges de Medeiros (Lagoa) e Atlântica (Copacabana), que são vias normalmente utilizadas por ciclistas.

Dentre as vias que não possuem infraestrutura cicloviária, destacaram-se as ruas Marquês de São Vicente e Vice-Governador Rubens Berardo (Gávea), a Av. Visconde de Albuquerque (Leblon) e a Av. Henrique Dodsworth (Copacabana), que interliga o bairro de Copacabana à Av. Eptácio Pessoa, na orla da Lagoa Rodrigo de Freitas. As vias mencionadas foram citadas por um número mínimo de quatro entrevistados. Outras vias com essa característica foram citadas por um ou dois entrevistados.

A relação completa das vias mencionadas pelos entrevistados encontra-se também no APÊNDICE III, a partir das quais foi gerado o mapa de rotas de bicicletas mostrado na FIG. 4.6.

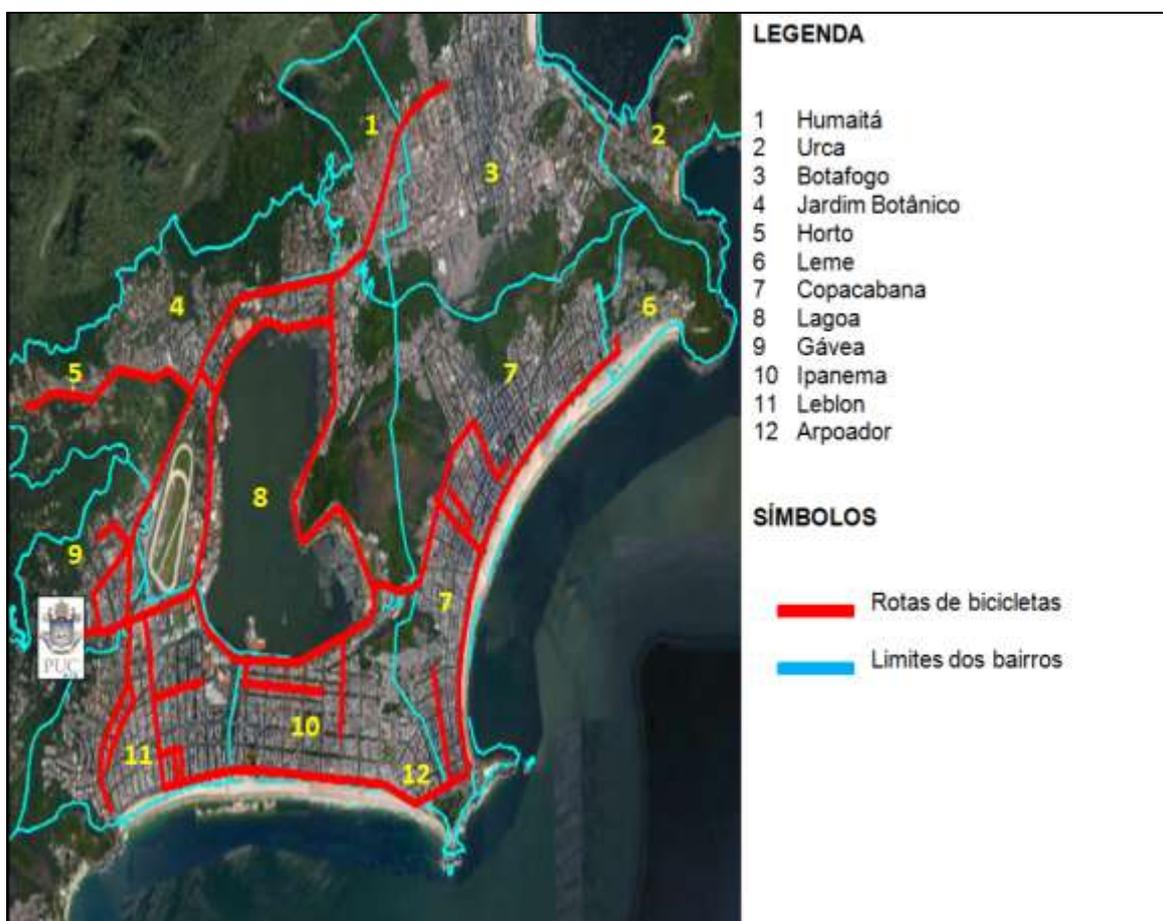


FIG. 4.6 - Rotas para bicicletas em direção à PUC-Rio

Em relação às preferências de escolha das vias para deslocamentos para a PUC-Rio, a rapidez foi a razão citada por 19 entrevistados como o principal motivo de escolha do trajeto, seguida por existência de ciclovias em algum trecho, que foi citada 12 vezes, de forma isolada ou conjunta. Outras razões citadas pelos entrevistados foram: hábito de utilização da rota, preferência por vias com baixo volume de veículos motorizados ou por circular no sentido de circulação regulamentado para as mesmas, conveniência e ausência de rotas alternativas. Além disso, um entrevistado mencionou a economia de tarifa para utilizar a bicicleta. Essas informações são mostradas no gráfico da FIG. 4.7.

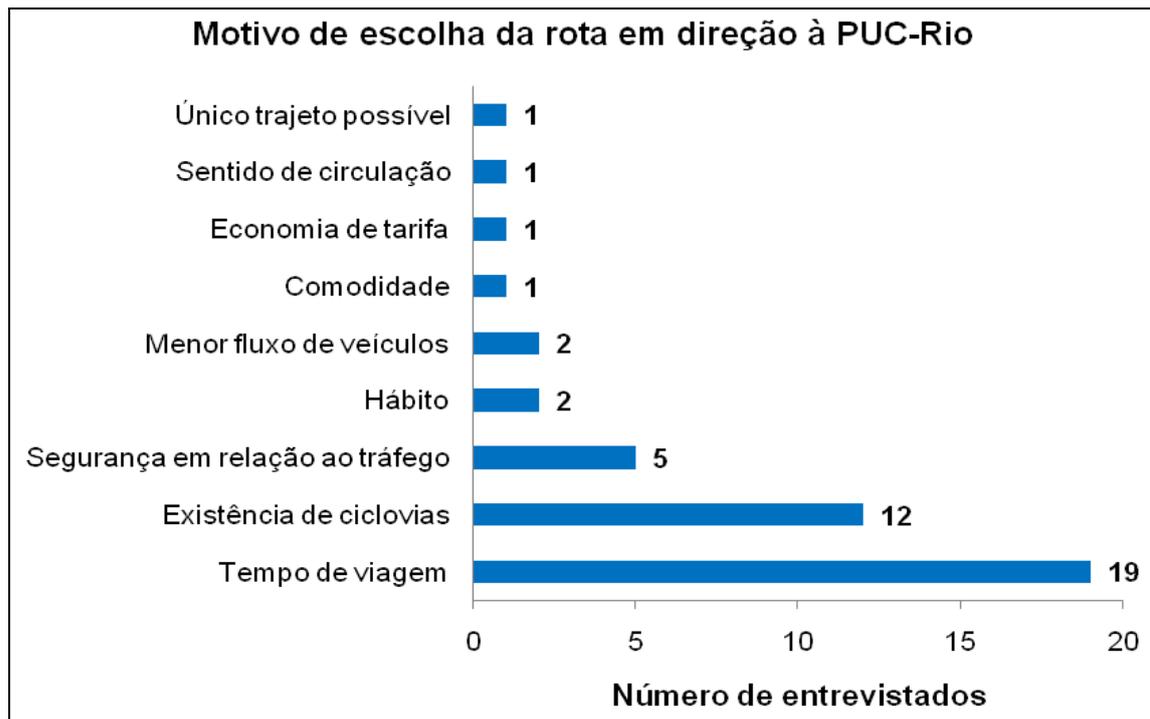


FIG. 4.7 - Motivos para a escolha das rotas em direção à PUC-Rio

Por outro lado, cinco entrevistados mencionaram “segurança” de forma genérica. Embora alguns desses entrevistados também tenham mencionado a existência de ciclovias no trajeto como razão de escolha das rotas utilizadas, em outros casos não foi possível determinar se a característica de segurança à qual os entrevistados se referiram está relacionada ao tráfego de veículos nas vias ou à ocorrência de crimes.

4.2 PESQUISAS DE CONTAGEM DE TRÁFEGO DE BICICLETAS

As pesquisas de contagem de tráfego foram realizadas em 18 segmentos viários distribuídos entre os bairros Botafogo, Catete, Copacabana, Flamengo, Lagoa, Laranjeiras e Leblon. A localização desses segmentos viários é mostrada na FIG. 4.8 em função da presença ou ausência de infraestrutura para a circulação de bicicletas em cada ponto de coleta de dados.

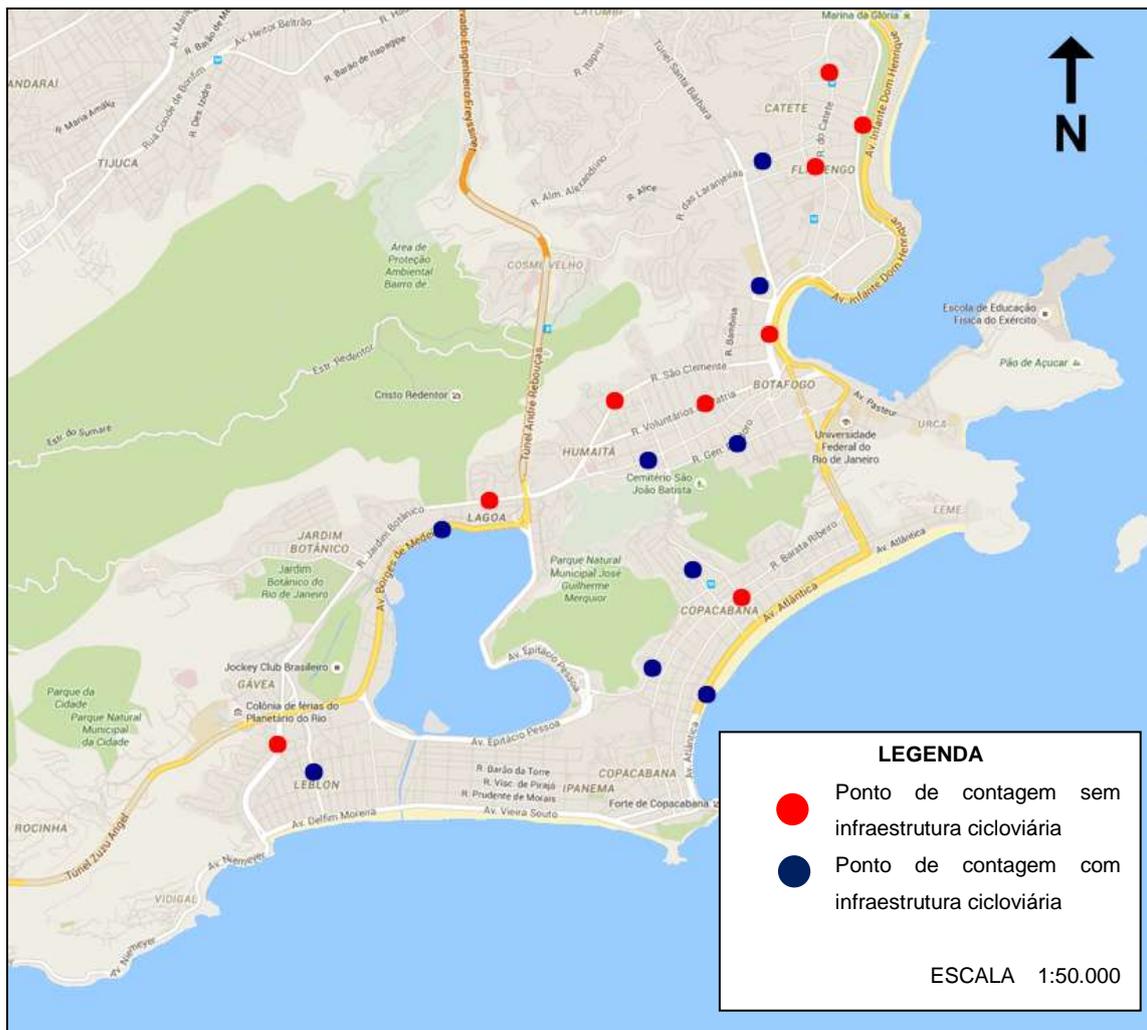


FIG. 4.8 - Locais de contagem volumétrica de bicicletas na área de estudo

As contagens foram realizadas nas terças, quartas e quintas de dias úteis entre os meses de setembro a dezembro, no horário entre 16 e 18 horas, que corresponde ao horário de pico da tarde de viagens não motorizadas de acordo com dados do PDTU/RMRJ (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2012). Não houve realização de contagens em dias chuvosos e dias atípicos ou feriados. Esse período foi ratificado por meio de contagens-piloto realizadas em uma interseção do bairro de Botafogo para a qual existe registros de contagens realizadas pela ONG Transporte Ativo, que tiveram o objetivo de comparar o horário de pico de viagens não motorizadas atual ao observado anteriormente.

4.2.1 SELEÇÃO E DEFINIÇÃO DOS SEGMENTOS VIÁRIOS

A seleção de vias para a realização de contagens volumétricas foi norteadada pela identificação, por meio de aplicação de questionários de pesquisa, de ruas e avenidas que integram as rotas de usuários de bicicletas em viagens pendulares em direção ao IME e à PUC-Rio, que foram mostradas nos mapas das FIG. 4.3 e 4.6, respectivamente. Adicionalmente, novas rotas foram incluídas a partir dos resultados de uma pesquisa realizada por CARDOSO (2014) para caracterizar os hábitos e preferências de usuários de bicicleta residentes na Zona Sul do Rio de Janeiro, que possibilitou a identificação de duas principais rotas cicloviárias utilizadas em viagens pendulares em direção à área central do Rio de Janeiro: (i) Ciclovia Mané Garrincha, a partir do bairro Botafogo, via Aterro do Flamengo; e (ii) Rua do Catete, a partir do bairro Flamengo, atendendo aos bairros Flamengo, Catete e Glória.

Após a identificação das vias, os segmentos viários foram definidos por meio da técnica de amostragem aleatória estratificada. Esses segmentos foram dispostos de modo a contemplar diferentes características de uso do solo (tipo de uso do solo e proximidade a polos geradores de viagens e a vias cicláveis) e características físicas e operacionais do sistema viário da Zona Sul do Rio de Janeiro (classificação funcional da via, tipo de via ciclável, número de faixas, estacionamento na via e volume de veículos motorizados). Além disso, quando possível, locais próximos foram definidos para avaliar a influência da provisão de infraestrutura para circulação de bicicletas nos volumes de bicicletas observados em um segmento viário em comparação a outro que não integra uma via ciclável.

4.2.2 REGISTRO DE INFORMAÇÕES

A planilha de registro de informações referentes às contagens volumétricas de bicicletas (APÊNDICE I) foi desenvolvida de modo que o foco principal da coleta de dados fosse a precisão dos volumes observados nos segmentos viários

escolhidos para estudo, conforme as recomendações apresentadas no item 3.2.3.8. Os campos de preenchimento da planilha contêm informações sobre:

- Identificação do responsável pela coleta de dados;
- Fluxos direcionais de tráfego de bicicletas;
- Distinção dos ciclistas por gênero e contagem à parte do número de crianças;
- Tipo de bicicleta (convencional, elétrica, de carga ou em serviço, com cadeira para criança e *Bike Rio*);
- Informações sobre as características de uso do solo e infraestrutura viária do segmento de via analisado;
- Outras informações pertinentes: volume de veículos motorizados;
- Eventuais dúvidas durante o procedimento de contagem de ciclistas

Além disso, uma equipe de coleta de dados foi definida para auxiliar a condução das pesquisas de contagem de tráfego em situações específicas, de modo a reduzir o tempo de realização desta etapa do trabalho. Desta forma, os integrantes foram instruídos a seguir as recomendações apresentadas no ANEXO I para a coleta de dados para evitar erros de precisão de coleta dos volumes observados e adoção de critérios não uniformes de registro das informações entre os integrantes dessa equipe.

4.3 RESULTADOS E CARACTERIZAÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS

Os volumes observados nos 18 segmentos viários analisados variou entre 99 e 644 bicicletas, sendo o volume médio igual a 221 bicicletas. A proporção de gênero entre os ciclistas é de 87% de usuários do sexo masculino e 13% do sexo feminino. Os volumes observados em cada segmento viário, classificados por tipo de bicicleta, são apresentados na FIG. 4.9. A distribuição desses volumes segundo o tipo de bicicleta observado é mostrada na FIG. 4.10. Informações mais detalhadas acerca dos resultados das contagens em cada segmento viário são encontradas no APÊNDICE IV.

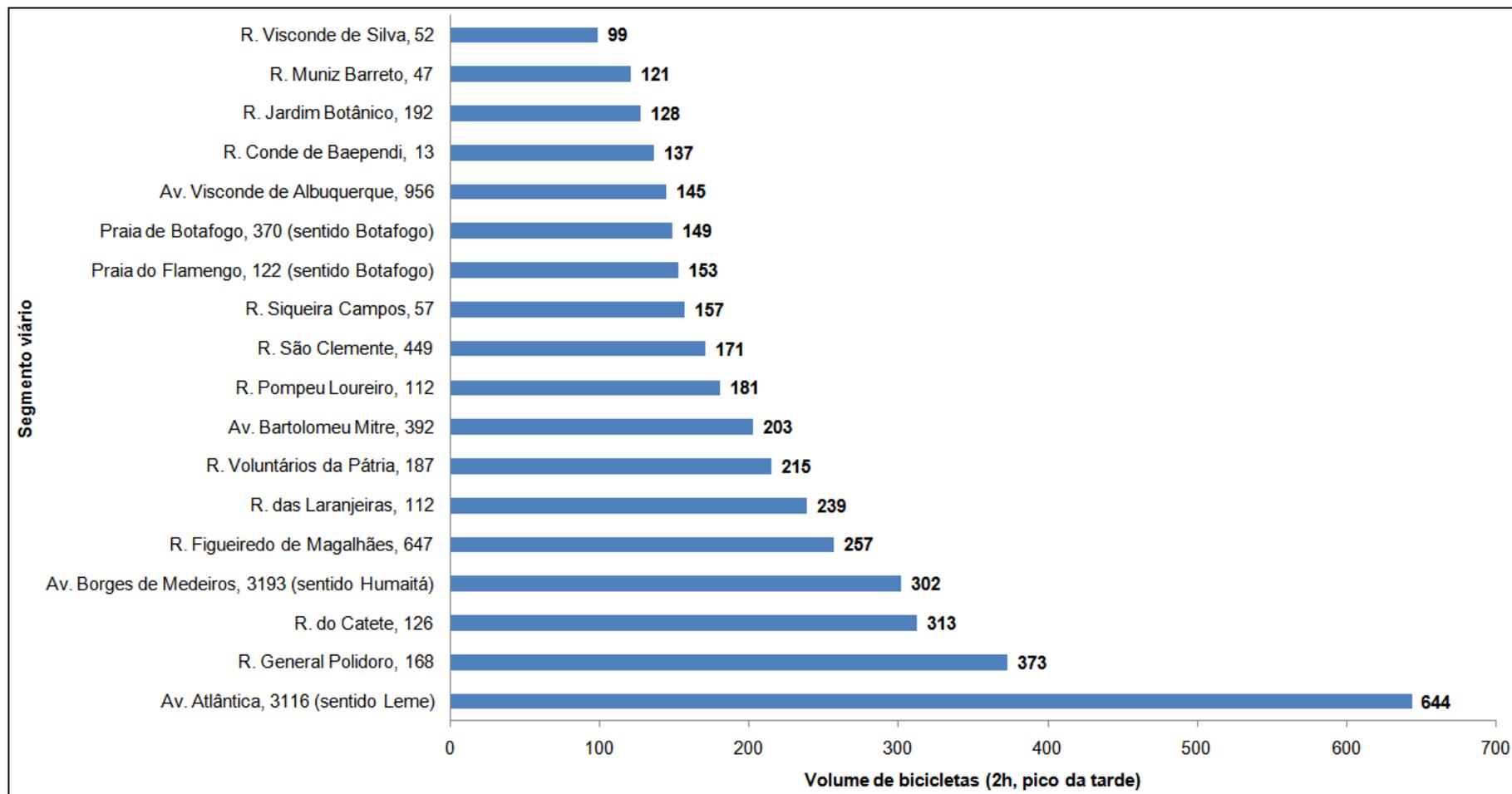


FIG. 4.9 - Volumes de bicicletas observadas em 18 segmentos de via pesquisados

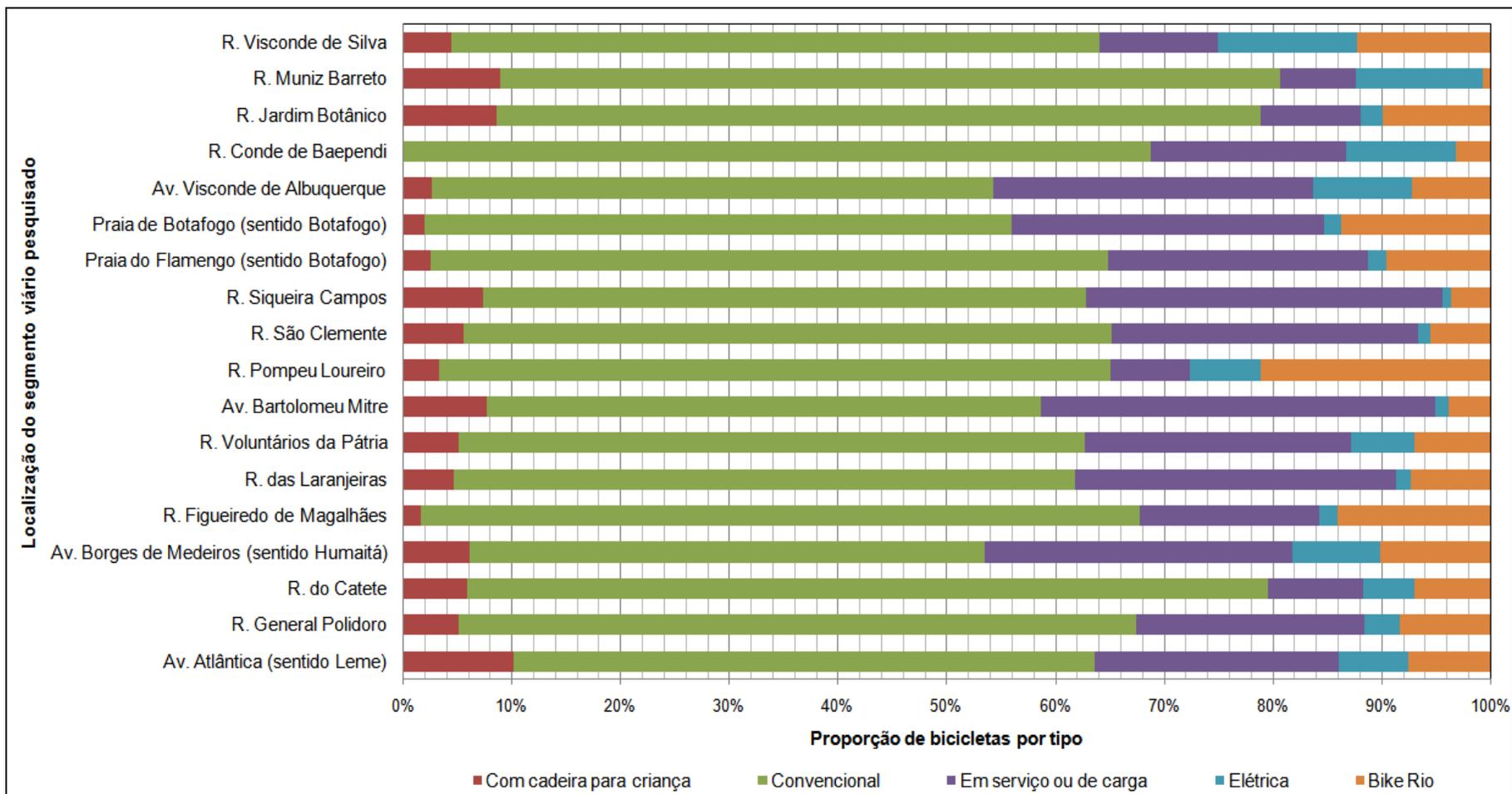


FIG. 4.10 - Distribuição dos volumes de bicicletas por tipo para os 18 segmentos viários pesquisados

Considerando a proporção dos tipos de bicicletas consideradas na distribuição dos volumes observados nos segmentos viários, destacam-se dois grupos: bicicletas convencionais e de carga ou em serviço, com percentuais médios de 60% e 19%, respectivamente. Enquanto que os percentuais mais altos de bicicletas convencionais (acima de 70%) foram observados em áreas predominantemente residenciais, como os bairros Lagoa e Leblon, os percentuais mais altos de bicicletas em serviço (acima de 25%) foram registrados nos bairros de Botafogo e Copacabana, cujo padrão de adensamento do uso do solo favorece a utilização da bicicleta como veículo de entrega de mercadorias por estabelecimentos comerciais. Desta forma, percebe-se uma influência do uso do solo adjacente à via nos principais tipos de bicicletas observadas.

As bicicletas do sistema de aluguel de bicicletas compartilhadas *Bike Rio* constituem o terceiro principal grupo de tipo de bicicleta utilizada, com percentual médio de 10%. Em geral, observou-se que este uso ocorre, com maior frequência, em vias dotadas de infraestrutura para a circulação de bicicletas. O maior percentual foi encontrado na ciclovia da Av. Atlântica (21%), seguido por outros segmentos viários dotados de infraestrutura para a circulação de bicicletas, com exceção da R. do Catete, com percentual de 14%. Por outro lado, percentuais entre 1% e 5% foram encontrados em segmentos de vias que não possuem essa infraestrutura, como as ruas Siqueira Campos e Jardim Botânico e a Av. Visconde de Albuquerque.

O quarto grupo é constituído por bicicletas elétricas, com percentual médio de 5%. Neste grupo, observou-se uma possível associação entre o número de bicicletas elétricas e o nível de renda dos bairros da Zona Sul, visto que os percentuais mais elevados foram observados nos bairros de maior poder aquisitivo da população, como Leblon e Jardim Botânico. Por outro lado, percentuais menores (entre 1% e 3%) foram observados em segmentos viários dos bairros Botafogo, Copacabana, Catete e Flamengo, onde são verificados diferentes níveis socioeconômicos (renda média a alta).

O quinto e último grupo é constituído por bicicletas com cadeira para criança, com percentual médio de 3% quando consideradas isoladamente, e 5%, quando consideradas o número de crianças transportadas. Neste grupo, os percentuais mais

altos e mais baixos estão distribuídos ao longo da área de estudo, o que não permite fazer qualquer tipo de inferência.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou os resultados da coleta de dados por meio de entrevistas com 45 usuários de bicicletas em duas instituições de ensino superior da Zona Sul do Rio de Janeiro e de pesquisas de contagem de tráfego. A maior parte das vias utilizadas por esses usuários para viagens com motivo trabalho ou estudo corresponde às principais vias da área de estudo, nas quais se concentraram os segmentos viários definidos para a realização de contagens volumétricas. Por outro lado, não foi possível identificar vias locais com utilização significativa por parte dos entrevistados e, desta forma, as contagens volumétricas foram restringidas a vias arteriais e coletoras.

Uma vez que as contagens foram realizadas durante o pico da tarde de viagens não motorizadas, conforme as informações fornecidas pelo PDTU e os resultados de contagens-piloto realizadas em comparação às realizadas anteriormente pela ONG Transporte Ativo em bairros da Zona Sul (TRANSPORTE ATIVO, 2015c), tornou-se possível observar algumas características do padrão de viagens estudado. Dado que de o horário das contagens coincidem com o aumento no número de viagens motorizadas no Rio de Janeiro, que atinge o seu pico no horário de 17:30, espera-se que o padrão de viagens analisado seja de fato pendular.

5 ANÁLISE E MODELAGEM MATEMÁTICA DE FATORES DE UTILIZAÇÃO DA BICICLETA PARA VIAGENS

Este capítulo apresenta o processo de análise de condicionantes do uso da bicicleta para viagens a partir de informações sobre os volumes de bicicletas observados em 18 segmentos viários localizados na Zona Sul do Rio de Janeiro. O objetivo desta análise é, através de um modelo matemático, identificar uma relação entre esses volumes e fatores que influenciam nos níveis de demanda pelo modo cicloviário na área de estudo para o padrão de viagens analisado. Com esta finalidade, as variáveis de pesquisa foram selecionadas a partir da TAB. 3.1, complementada pela TAB. 2.21, também em função da disponibilidade de informações em diferentes fontes públicas de dados, e algumas delas foram analisadas segundo um raio de influência determinado a partir do que foi exposto na seção 3.1 deste trabalho.

O procedimento de análise e modelagem matemática descrito anteriormente consiste na realização das seguintes etapas: (i) definição do raio de influência; (ii) dados e mensuração das variáveis de pesquisa; (iii) modelagem matemática. Assim, espera-se que, após o término desse procedimento, as variáveis identificadas como aquelas que exercem maior influência nos volumes observados representem características típicas do padrão de viagens pendulares. O *software* SPSS 21.0 foi utilizado para o desenvolvimento de equações de regressão, cujos parâmetros de verificação de ajuste são mostrados no ANEXO II.

5.1 DEFINIÇÃO DO RAIOS DE INFLUÊNCIA

Considerando os raios de influência adotados em modelos de demanda direta conforme mostrado na seção 3.1, o raio de 400m foi escolhido para a análise de variáveis que são características da utilização da bicicleta para viagens. Visto que a

área de estudo abrange apenas uma região da cidade do Rio de Janeiro e que a existência de barreiras geográficas naturais (faixa marítima, Lagoa Rodrigo de Freitas e maciços como o do Corcovado) é um fator limitante à definição de um número maior de segmentos viários, o raio de influência adotado assegura que mais de um segmento viário não esteja contido em uma mesma área analisada.

5.2 DADOS E MENSURAÇÃO DE VARIÁVEIS

Para este estudo de demanda, 16 variáveis foram escolhidas de modo que abrangessem as características do transporte cicloviário na Zona Sul do Rio de Janeiro, conforme expostas na seção 3.2.1. Inicialmente, foram consideradas variáveis da TAB. 3.1, que contém as variáveis testadas com maior significância em modelos de demanda para o transporte cicloviário, considerando o tipo de aspecto de utilização da bicicleta para viagens. Adicionalmente, outras variáveis importantes para caracterizar a circulação de bicicletas na área de estudo foram definidas a partir das tabelas 2.20 e 2.21.

Essas variáveis foram agrupadas em quatro categorias: uso do solo e ambiente construído, infraestrutura viária, ambiente físico e fatores subjetivos mensuráveis. As informações acerca de cada variável foram obtidas por meio de levantamento de dados em campo ou acesso a diversas fontes públicas municipais. Ferramentas de SIG também foram utilizadas para o cálculo de algumas variáveis. A seguir, será apresentada uma descrição de cada variável estudada.

5.2.1 VARIÁVEIS DE USO DO SOLO E AMBIENTE CONSTRUÍDO

As variáveis relacionadas ao uso do solo e ambiente construído são: população, uso do solo comercial, uso do solo residencial, número de interseções, proximidade

a vias cicláveis, proximidade a corpos d'água, a estações de metrô e estações do sistema *Bike Rio*.

- **População:** esta variável, de natureza contínua, é definida como o número de residentes em uma área com raio de influência de 400 m a partir do local de contagem. Os dados referentes à população das zonas censitárias da cidade do Rio de Janeiro estão disponíveis em uma plataforma virtual georreferenciada denominada Mapa Digital Atlas do Censo 2010 (SIURB, 2015), que foi elaborado a partir de informações do Censo Demográfico de 2010 realizado pelo IBGE. Esse mapa possui uma ferramenta de cálculo que permite obter a população residente em qualquer área com raio de ação definido pelo usuário.
- **Uso do solo comercial:** esta variável, de natureza contínua, é uma medida da proporção de uso do solo comercial ao longo do segmento viário escolhido para a realização de pesquisa de contagem de tráfego (APÊNDICE V). Essa proporção é determinada pelo comprimento deste uso do solo observado em um comprimento de 100 m de segmento viário. Os comprimentos das edificações foram calculados por meio do mapa digital de Cadastro de Logradouros da cidade do Rio de Janeiro. O tipo de uso do solo de cada edificação é identificado por meio de consulta à ferramenta *Street 3D View* do *Google Earth* ou, em casos especiais, através de levantamentos adicionais de dados em campo.
- **Uso do solo residencial:** esta variável, de natureza contínua, é uma medida da proporção de uso do solo residencial ao longo do segmento viário escolhido para a realização de pesquisa de contagem de tráfego (APÊNDICE V). Essa proporção é determinada pelo comprimento deste uso do solo observado em um comprimento de 100 m de segmento viário. Os comprimentos das edificações foram calculados por meio do mapa digital de Cadastro de Logradouros da cidade do Rio de Janeiro. O tipo de uso do solo de cada edificação é identificado por meio de consulta à ferramenta *Street 3D View* do *Google Earth* ou, em casos especiais, através de levantamentos adicionais de dados em campo.
- **Número de interseções:** esta variável, de natureza discreta, indica o número de interseções contidas em uma área com raio de influência de 400 m a partir do

local de contagem. O cálculo dessa variável foi realizado com o auxílio de ferramentas do *Google Earth*, onde os pontos de coleta de dados foram localizados segundo as coordenadas geográficas dos locais de contagem.

- **Proximidade a vias cicláveis:** esta variável, de natureza contínua, é definida como a distância euclidiana à ciclovia ou ciclofaixa mais próxima ao local de contagem. O cálculo dessa variável foi realizado com o auxílio de ferramentas do *Google Earth*, onde os pontos de coleta de dados foram localizados segundo as coordenadas geográficas dos locais de contagem.
- **Proximidade a corpo d'água:** esta variável, de natureza contínua, é definida como a distância euclidiana do local de contagem ao corpo d'água mais próximo ao local de contagem. A inclusão desta variável para análise deve-se ao efeito de atratividade exercido pelas ciclovias localizadas na orla das praias de Copacabana, Ipanema e Leblon e da Lagoa Rodrigo de Freitas, que atraem um número significativo de viagens recreacionais, mesmo em dias úteis. Esta variável foi testada no modelo de HANKEY *et al.* (2012) para contagens em Minneapolis e St. Paul, EUA, e os resultados indicaram que maiores volumes de bicicletas são encontrados em segmentos viários mais próximos de um corpo d'água (no caso do referido modelo, um rio). O cálculo das distâncias foi realizado com o auxílio de ferramentas do *Google Earth*, onde os pontos de coleta de dados foram localizados segundo as coordenadas geográficas dos locais de contagem.
- **Proximidade a estações de metrô:** esta variável, de natureza contínua, é definida como a distância euclidiana à estação de metrô mais próxima ao local de contagem. O cálculo das distâncias foi realizado através de ferramentas de desenho do *Google Earth*, no qual os pontos de coleta de dados foram localizados.
- **Estações do sistema *Bike Rio*:** esta variável, de natureza discreta, é definida como o número de estações do sistema de aluguel de bicicletas compartilhadas *Bike Rio* existentes em uma área com raio de influência de 400 m e centro a partir do local de contagem. O cálculo dessa variável foi realizado com o auxílio de ferramentas do *Google Earth* e do Mapa Cicloviário do Rio de Janeiro

(TRANSPORTE ATIVO, 2015a), que também inclui a localização das estações do sistema *Bike Rio*.

5.2.2 VARIÁVEIS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA

As variáveis relacionadas à infraestrutura viária são: classificação funcional da via, existência de vias cicláveis, estacionamento de veículos motorizados na via, volume de veículos motorizados e número de faixas de rolamento.

- **Classificação funcional da via:** esta variável, de natureza categórica, define o nível de hierarquização de uma via no sistema viário. Esta variável binária é codificada como uma variável *dummy*, onde 0 (zero) indica que o ponto de contagem está localizado em uma via coletora e 1 (um), em via arterial. Para minimizar a subjetividade inerente à classificação das vias segundo a sua função no sistema viário, a classificação hierárquica adotada é baseada na velocidade diretriz definida para a via (TAB. 5.1), que é definida no Caderno de Projetos Geométricos e Viários da Prefeitura do Rio de Janeiro (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2013).

TAB. 5.1 - Relação entre classificação funcional da via e velocidade diretriz para projetos geométricos de vias urbanas na cidade do Rio de Janeiro

| Classificação funcional da via | Velocidade diretriz (km/h) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Estrutural ou expressa | 100 |
| Arterial primária | 70 |
| Arterial secundária | 60 |
| Coletora | 50 |
| Local | 30 |

Fonte: PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (2013)

- **Existência de vias cicláveis:** esta variável, de natureza categórica, caracteriza a existência de alguma facilidade para a circulação de bicicletas (ciclovias ou ciclofaixas) nos segmentos viários estudados. Esta variável binária é codificada como uma variável *dummy*, onde 0 (zero) indica ausência de vias cicláveis e 1 (um) indica a existência desse tipo de infraestrutura cicloviária. A localização das vias cicláveis da cidade é fornecida pelo Mapa Cicloviário do Rio de Janeiro, que está disponível em um sítio eletrônico da Prefeitura Municipal, e verificada em campo, pois as tipologias de vias cicláveis informadas podem conter erros de classificação por se tratar de um mapa colaborativo, com a participação de usuários de bicicleta da cidade.
- **Estacionamento de veículos motorizados na via:** esta variável, de natureza categórica, caracteriza a existência de faixas para estacionamento de veículos motorizados em um segmento viário. A inclusão desta variável para análise é baseada em resultados de estudos desagregados de escolha de rotas para viagens por bicicletas (SENER *et al.*, 2009), que sugerem a preferência de utilização de vias com estacionamento proibido para veículos motorizados. Para fins de cálculo, esta variável é tratada como uma variável binária, onde 0 (zero) indica estacionamento proibido na via e 1 (um), estacionamento permitido na via.
- **Volume de veículos motorizados:** esta variável, de natureza discreta, quantifica o volume horário de veículos motorizados observados em um segmento viário. Para o cálculo desta variável, contagens de tráfego motorizado (carros, motos, ônibus e caminhões) foram realizadas durante um intervalo de 15 minutos do período entre 16 e 18 horas em terças, quartas e quintas de dias úteis diferentes dos dias de realização das contagens de bicicletas (APÊNDICE VI). Os volumes motorizados são extrapolados para o período de uma hora ao multiplicar os valores observados por quatro.
- **Número de faixas:** esta variável, de natureza discreta, caracteriza o número de faixas de rolamento de um segmento viário. A introdução desta variável na análise é baseada em resultados encontrados na literatura que indicam que maiores volumes de bicicletas são esperados em vias com menor número de faixas de rolamento (TABESHIAN & KATTAN, 2014).

5.2.3 VARIÁVEL DE AMBIENTE NATURAL

A temperatura máxima diária é a única variável definida para análise nesta categoria de fatores de utilização da bicicleta para viagens.

- **Temperatura máxima diária:** esta variável, de natureza contínua, indica a temperatura máxima diária prevista para a Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro nos dias de realização das contagens de bicicletas. Esta informação é obtida através dos boletins diários de previsão do tempo emitidos em intervalos diários regulares pelo Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro (COR, 2015).

5.2.4 ATITUDES E PERCEPÇÕES

As variáveis associadas a atitudes e percepções são: crimes e acidentes de trânsito. Estas variáveis foram analisadas em uma perspectiva agregada.

- **Crimes:** esta variável, de natureza discreta, é definida como o número de crimes fatais ocorridos na região administrativa na qual está localizado o ponto de contagem. Os dados relativos à criminalidade no município do Rio de Janeiro, por região administrativa ou área de planejamento, são fornecidos pela ONG Rio Como Vamos (RIO COMO VAMOS, 2015). Os dados utilizados são referentes ao ano de 2012.
- **Acidentes de trânsito:** esta variável, de natureza discreta, é definida como o número de acidentes fatais e não fatais ocorridos na região administrativa na qual está localizado o ponto de contagem. Os dados relativos à criminalidade no município do Rio de Janeiro, por região administrativa ou área de planejamento, são fornecidos pela ONG Rio Como Vamos (RIO COMO VAMOS, 2015). Os dados utilizados são referentes ao ano de 2012.

5.3 MODELAGEM MATEMÁTICA

Conforme mencionado na seção 3.2.5, as técnicas de análise de dados consideradas para a modelagem matemática da demanda de viagens pelo modo cicloviário na Zona Sul do Rio de Janeiro são: (i) regressão linear múltipla (com ou sem transformação na variável dependente), (ii) regressão de Poisson e (iii) regressão binomial negativa. Neste trabalho, a regressão linear múltipla foi o tipo de modelagem matemática inicialmente definido para a análise dos dados coletados.

5.3.1 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

A regressão linear múltipla é utilizada para verificar a existência de uma relação linear entre uma variável dependente contínua Y (variável-resposta) e um conjunto de variáveis explicativas contínuas e/ou discretas X (variáveis independentes). A maioria das aplicações deste modelo de regressão tem o objetivo de identificar as variáveis que influenciam os valores de Y ou estimar valores futuros de Y . Matematicamente, para cada observação i , o valor da variável dependente y_i é relacionado a uma soma de k variáveis explicativas x_{ij} , conforme mostra a EQ. 5.1:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} + \epsilon_i$$

EQ. 5.1

em que:

y_i é o valor da variável dependente para a observação i , $i = 1, 2, \dots, n$

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ são os coeficientes de regressão do modelo

ϵ_i é o erro aleatório para a observação i

Os coeficientes ou parâmetros de regressão são estimados através da técnica de mínimos quadrados ordinários (MQO). Assumindo que os erros são

estatisticamente independentes com média zero e variância igual a σ^2 , os estimadores de mínimos quadrados são estimadores não-tendenciosos dos coeficientes de regressão, dentre os quais possuem variância mínima.

5.3.2 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE VARIÁVEIS

Para reduzir o número de variáveis independentes e evitar a obtenção de um modelo de regressão com parâmetros superestimados, um procedimento de seleção de variáveis foi adotado para definir o número de variáveis a serem relacionadas com os volumes de bicicletas observados durante o período de duas horas no horário de pico da tarde (variável dependente). Esse procedimento possui quatro etapas:

- Análise de correlações entre as variáveis listadas na seção anterior e os volumes de bicicletas e eliminação daquelas que apresentaram pequena correlação ($r < 0,3$) com os volumes;
- Análise dos sinais dos coeficientes de correlação e eliminação daquelas com sinais contrários aos esperados em função dos resultados de estudos identificados na literatura;
- Verificação de colinearidade entre variáveis remanescentes para não incluí-las em uma mesma equação de regressão;
- Ajuste e verificação da qualidade do ajuste dos modelos obtidos.

O coeficiente de correlação linear de Pearson foi adotado para analisar as correlações das 16 variáveis apresentadas na seção 5.2 com os volumes de bicicletas. A classificação proposta por COHEN (1988) foi adotada para classificar as correlações identificadas em pequenas ($0,1 < |r| < 0,3$), médias ($0,3 < |r| < 0,5$) e grandes ($0,5 < |r| < 1,0$), sendo $|r|$ o módulo do coeficiente de correlação de Pearson.

5.4 MODELAGEM MATEMÁTICA INICIAL

Inicialmente, a amostra de dados de 18 contagens foi utilizada para analisar as correlações entre os volumes de bicicletas e 16 variáveis associadas a fatores de utilização da bicicleta para viagens. As estatísticas descritivas das variáveis contínuas ou discretas são mostradas na TAB. 5.2. As informações das variáveis categóricas são encontradas na TAB. 5.3. Além disso, a primeira coluna da matriz geral de correlações (APÊNDICE VII) é mostrada na TAB. 5.4.

TAB. 5.2 - Estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas (N=18)

| Variável | Mínimo | Máximo | Média | Desvio-padrão |
|---------------------------------|--------|--------|----------|---------------|
| Variável dependente | | | | |
| Volume de bicicletas (2h) | 99 | 644 | 221,50 | 129,12 |
| Variáveis independentes | | | | |
| Acidentes de trânsito | 395 | 755 | 642,22 | 138,11 |
| Crimes | 8 | 16 | 12,56 | 2,79 |
| Estações de Bike Rio (400m) | 1 | 5 | 3,17 | 1,25 |
| Número de faixas | 2 | 5 | 3,11 | 0,83 |
| Número de interseções (400m) | 18 | 51 | 28,22 | 7,59 |
| População (400m) | 2663 | 25269 | 14422,44 | 6670,03 |
| Proximidade a corpo d'água | 0 | 1690 | 643,78 | 502,49 |
| Proximidade a estações de metrô | 148 | 2963 | 974,67 | 909,35 |
| Proximidade a vias cicláveis | 0 | 548 | 157,28 | 190,94 |
| Temperatura máxima diária | 25 | 38 | 31,17 | 3,28 |
| Uso do solo comercial | 0,00 | 74,91 | 25,89 | 27,59 |
| Uso do solo residencial | 2,16 | 100,00 | 47,20 | 31,10 |
| Volume de veículos motorizados | 285 | 881 | 587,44 | 170,79 |

TAB. 5.3 - Informações das variáveis categóricas (N=18)

| Variável | Categoria | N | Porcentagem |
|--------------------------------|------------------|----------|--------------------|
| Existência de vias cicláveis | Ausente | 9 | 50,0% |
| | Presente | 9 | 50,0% |
| | Total | 18 | 100,0% |
| Classificação funcional da via | Coletora | 7 | 38,9% |
| | Arterial | 11 | 61,1% |
| | Total | 18 | 100,0% |
| Estacionamento na via | Permitido | 7 | 38,9% |
| | Proibido | 11 | 61,1% |
| | Total | 18 | 100,0% |

TAB. 5.4 - Correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis de interesse (N=18)

| Variável | Correlação com Volume |
|---------------------------------|------------------------------|
| Volume de bicicletas | 1,000 |
| Acidentes de trânsito | -0,372 |
| Classificação funcional da via | 0,221 |
| Crimes fatais | -0,341 |
| Estacionamento na via | 0,168 |
| Estações do Bike Rio (400m) | 0,083 |
| Existência de vias cicláveis | 0,377 |
| Número de faixas | -0,364 |
| Número de interseções (400m) | -0,070 |
| População (400m) | 0,064 |
| Proximidade a corpo d'água | -0,244 |
| Proximidade a estações de metrô | -0,138 |
| Proximidade a vias cicláveis | -0,194 |
| Temperatura máxima diária | 0,268 |
| Uso do solo comercial | 0,236 |
| Uso do solo residencial | -0,127 |
| Volume de veículos motorizados | 0,160 |

Observa-se, na TAB. 5.4, que a força do grau de correlação das variáveis estudadas com o volume de bicicletas varia de pequeno a médio. As variáveis que apresentaram grau médio de correlação em relação aos volumes de bicicletas foram: existência de vias cicláveis, número de faixas, número de crimes fatais e número de acidentes de trânsito. Os sinais dos coeficientes de correlação são intuitivos e esperados.

Em seguida, as variáveis com grau moderado de correlação foram analisadas em relação à colinearidade entre elas. Os resultados desta análise, feita a partir da matriz de correlações correspondente, indicaram a existência de correlações significativas entre as variáveis infraestrutura de vias cicláveis e número de faixas ($r = -0,549$; $p < 0,10$) e entre crimes fatais e acidentes de trânsito ($r = 0,961$, $p < 0,05$).

Por fim, uma equação de regressão foi ajustada para relacionar os volumes de bicicletas às quatro variáveis remanescentes. Embora as variáveis não colineares entre si pudessem ser analisadas aos pares, optou-se por ajustar uma equação onde todas as variáveis fossem inseridas inicialmente para depois excluir aquelas com menores valores de estatística t, de modo a melhorar o ajuste inicial. Os resultados obtidos para o ajuste da equação inicial são mostrados na TAB. 5.5.

TAB. 5.5 - Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para a amostra de dados de 18 contagens

| Variável | Coefficiente | Teste t | p-value |
|---|--------------|---------|---------|
| Constante | 513,739 | 2,201 | 0,046* |
| Existência de vias cicláveis | 37,748 | 0,505 | 0,622 |
| Número de faixas | -40,024 | -0,896 | 0,386 |
| Crimes fatais | 9,136 | 0,226 | 0,825 |
| Acidentes de trânsito | -0,469 | -0,566 | 0,581 |
| Qualidade do ajuste | | | |
| R ² ajustado | 0,045 | | |
| Estatística F | 1,200 | | |
| Resíduos de Durbin-Watson | 2,530 | | |
| Nota: * = significante ao nível de 0,05 | | | |

Os resultados do ajuste mostram que a equação obtida explica apenas 4,5% da variação observada na variável dependente, indicando a quase inexistência de uma relação linear entre as variáveis analisadas e os volumes de bicicletas. Os resultados do teste t indicaram que apenas a constante do modelo apresenta significância estatística para o nível de confiança de 95%, e, para as demais variáveis, a hipótese nula de que os coeficientes dos parâmetros de regressão são iguais a zero não pode ser rejeitada. O valor da estatística F é menor que o valor crítico e indica que o modelo não possui significância global. Por fim, a existência de autocorrelação dos resíduos é observada pelo valor da estatística de Durbin-Watson, que está acima de 2,0 e fora do intervalo aceitável entre 1,5 e 2,5 (HUTCHINSON & SOFRONIOU, 1999).

Novos testes foram realizados para melhorar o ajuste desse modelo, eliminando a variável com menor significância estatística no teste t. Porém, os resultados obtidos após cada teste indicavam os mesmos problemas de ajuste observados no modelo inicial. Na primeira tentativa, a variável crimes fatais foi desconsiderada, mas o modelo com três variáveis independentes apresentou pequena melhoria no valor de R^2 ajustado, igual a 0,110. Na segunda tentativa, o mesmo procedimento foi realizado com a eliminação da variável associada à infraestrutura cicloviária existente, mas o acréscimo observado no valor de R^2 ajustado foi de apenas 0,039. Os resultados do ajuste final são mostrados na TAB. 5.6.

TAB. 5.6 - Resultados dos ajustes do modelo final e intermediários para a amostra de dados de 18 contagens (N=18)

| Variável | Coefficiente | Teste t | p-value |
|--|--------------|---------|---------|
| Constante | 588,979* | 3,526* | 0,003* |
| Número de faixas | -51,928 | -1,581 | 0,135 |
| Acidentes de trânsito | -0,321 | -1,566 | 0,138 |
| Qualidade do ajuste | | | |
| R^2 ajustado | | 0,149 | |
| Estatística F | | 2,490 | |
| Resíduos de Durbin-Watson | | 2,543 | |
| Nota: * Teste t - significativo ao nível de 95% ($p < 0,05$) | | | |

Desta forma, a equação final obtida (EQ. 5.2) foi:

$$VOLUME = 588,979 - 51,928 * NUM_FAIXAS - 0,321 * ACIDENTES$$

EQ. 5.2

em que:

VOLUME é o volume de bicicletas durante 2h no horário de pico da tarde;

NUM_FAIXAS é número de faixas de rolamento da via; e

ACIDENTES é o número de acidentes de trânsito fatais e não-fatais no bairro onde está localizada a via analisada.

Dado que não foi possível obter um modelo matemático de estimativa de demanda para a amostra estudada, verificou-se a possibilidade de utilizar a regressão de Poisson para esta mesma finalidade. Neste tipo de regressão, uma das suposições básicas é que a variável dependente (volume de bicicletas) segue uma distribuição de Poisson.

Para verificar a igualdade entre a média e a variância da distribuição da amostra de 18 contagens, o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para uma amostra foi realizado com o auxílio do *software* SPSS 21.0. O teste em questão é um teste não paramétrico de aderência que compara a distribuição observada em um conjunto de dados em relação à uma distribuição teórica, e é aplicável a pequenas amostras, como é o caso do conjunto de dados analisados. O valor-p obtido no teste K-S foi de 0,000. Dado que é menor que 0,05, isto permite concluir que a distribuição dos volumes de bicicletas da amostra de 18 contagens não é de Poisson. Assim, o uso da regressão de Poisson não é indicado para novas análises dessa amostra de dados. Consequentemente, a regressão binomial negativa também não pôde ser utilizada por estar relacionada à distribuição de Poisson.

5.5 MODELAGEM MATEMÁTICA DE DADOS AGRUPADOS EM FUNÇÃO DA EXISTÊNCIA DE INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

Uma vez que não foi possível obter um modelo matemático a partir da amostra de 18 contagens, de modo que pudessem ser identificados os fatores que mais influenciam nos níveis atuais de utilização da bicicleta para viagens na Zona Sul do Rio de Janeiro, procedeu-se então à estratificação da amostra inicial em dois grupos para novas análises, seguindo o procedimento de modelagem matemática definido na seção 5.3. Este procedimento foi possível pelo fato de que os locais de contagem foram definidos, entre outros critérios, em função da infraestrutura existente para a circulação de bicicleta, o que possibilita avaliar a sua influência nos volumes de bicicletas observados em vias próximas na área de estudo.

5.5.1 SEGMENTOS VIÁRIOS COM INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

A amostra de dados deste grupo é composta por nove contagens realizadas em segmentos viários que possuem infraestrutura para a circulação de bicicletas, localizados nos bairros Botafogo, Copacabana, Lagoa, Laranjeiras e Leblon. Adicionalmente, uma variável binária foi incluída para analisar a influência do tipo de via ciclável nos volumes de bicicletas observados nesses locais, sendo que o valor igual a um corresponde à situação de existência de ciclovias. Além disso, a variável associada à proximidade a vias cicláveis foi excluída desta análise por assumir apenas o valor igual a zero. As estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas são apresentadas na TAB. 5.7 e as informações referentes às variáveis categóricas são encontradas na TAB. 5.8. Ademais, a primeira coluna da nova matriz de correlações (APÊNDICE VII) entre os volumes de bicicletas e todas as variáveis independentes analisadas é mostrada na TAB. 5.9.

TAB. 5.7 - Estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas (N=9, locais com infraestrutura cicloviária)

| Variável | Mínimo | Máximo | Média | Desvio-padrão |
|---------------------------------|--------|--------|----------|---------------|
| Variável dependente | | | | |
| Volume de bicicletas (2h) | 99 | 644 | 268,78 | 164,50 |
| Variáveis independentes | | | | |
| Acidentes de trânsito | 395 | 755 | 608,78 | 162,13 |
| Crimes fatais | 8 | 16 | 12,00 | 3,240 |
| Estações de Bike Rio (400m) | 1 | 5 | 3,33 | 1,12 |
| Número de faixas | 2 | 3 | 2,67 | 0,50 |
| Número de interseções (400m) | 19 | 51 | 28,78 | 9,05 |
| População (400m) | 2663 | 24233 | 13809,44 | 6704,76 |
| Proximidade a corpo d'água | 0 | 1664 | 638,78 | 550,85 |
| Proximidade a estações de metrô | 187 | 2615 | 1006,67 | 870,71 |
| Temperatura máxima diária | 25 | 35 | 31,00 | 2,83 |
| Uso do solo comercial | 0 | 70 | 18,45 | 24,52 |
| Uso do solo residencial | 16 | 100 | 59,36 | 28,65 |
| Volume de veículos motorizados | 360 | 881 | 637,22 | 177,56 |

TAB. 5.8 - Informações das variáveis categóricas (N=9, locais com infraestrutura cicloviária)

| Variável | Categoria | N | Porcentagem |
|---------------------------|------------|---|-------------|
| Tipologia de via ciclável | Ciclovia | 6 | 66,7% |
| | Ciclofaixa | 3 | 33,3% |
| | Total | 9 | 100,0% |
| Estacionamento na via | Permitido | 4 | 44,4% |
| | Proibido | 5 | 55,6% |
| | Total | 9 | 100,0% |

TAB. 5.9 - Correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis de interesse para a amostra de contagens em segmentos viários com infraestrutura cicloviária (N=9)

| Variável | Correlação com Volume |
|--|-----------------------|
| Volume de bicicletas (2h) | 1,000 |
| Acidentes de trânsito | -0,398 |
| Classificação funcional da via | 0,067 |
| Crimes fatais | -0,346 |
| Estacionamento na via | -0,451 |
| Estações do Bike Rio (400m) | -0,071 |
| Número de faixas da via | 0,049 |
| Número de interseções (400m) | 0,013 |
| População (400m) | 0,060 |
| Proximidade a corpo d'água | -0,459 |
| Proximidade a estações de metrô | -0,108 |
| Temperatura máxima diária | 0,745* |
| Tipologia da via ciclável | 0,197 |
| Uso do solo comercial | 0,501 |
| Uso do solo residencial | -0,329 |
| Volume de veículos motorizados | 0,384 |
| Nota: * = significativa ao nível de 0,05 | |

Observa-se, na TAB. 5.9, que o grau de correlação entre o volume de bicicletas e as variáveis estudadas varia de fraco a forte. Em relação à matriz de correlações mostrada na primeira análise, nota-se um aumento da força de correlação de algumas variáveis e a identificação de outras correlações não verificadas anteriormente. A temperatura máxima diária foi a única variável que apresentou grande correlação, que é significativa no nível de 0,05. Outras sete variáveis apresentaram correlações moderadas, a saber: uso do solo residencial, uso do solo comercial, existência de estacionamento na via, volume de veículos motorizados, proximidade a corpo d'água, número de crimes fatais e número de acidentes de trânsito. As demais apresentaram baixo grau de correlação.

Em relação aos sinais dos coeficientes de correlação, observa-se que o sinal obtido para a variável volume de veículos motorizados é positivo, que foi excluída das demais análises. Uma possível explicação para o ocorrido é que alguns dos maiores volumes de veículos motorizados foram observados em vias com infraestrutura cicloviária com maiores níveis de demanda (por exemplo, Av. Atlântica), enquanto que volumes pouco significativos foram observados na maioria das vias sem infraestrutura cicloviária, onde os volumes de bicicletas, em média, também foram menores em relação aos encontrados nas demais vias.

Os sinais obtidos pelas variáveis uso do solo comercial, crimes fatais, acidentes de trânsito, estacionamento na via e proximidade a corpo d'água correspondem aos esperados. O sinal negativo para a variável uso do solo residencial é contrário ao observado em um modelo (TABESHIAN & KATTAN, 2014), mas isto pode ser decorrente da mensuração em conjunto com a variável uso do solo comercial.

As variáveis com grau de correlação acima de 0,3 foram analisadas quanto à colinearidade e os resultados indicaram a existência de uma correlação significativa entre as variáveis estacionamento na via e uso do solo comercial ($r = -0,714$; $p < 0,05$), inviabilizando assim a presença de ambas em uma mesma equação. Em seguida, uma equação de regressão linear múltipla foi ajustada para as variáveis remanescentes, resultados do melhor ajuste obtido são apresentados na TAB. 5.10.

TAB. 5.10 - Resultados do ajuste do modelo de para a amostra de contagens em locais com infraestrutura cicloviária (N=9)

| Variável | Coefficiente | Teste t | Valor-p |
|--|--------------|---------|---------|
| Constante | -507,272 | -1,318 | 0,245 |
| Estacionamento na via | -160,794 | -2,784 | 0,039** |
| Temperatura máxima diária | 35,392 | 3,337 | 0,021** |
| Acidentes de trânsito | -0,410 | -2,133 | 0,086* |
| Qualidade do ajuste | | | |
| R ² ajustado | 0,755 | | |
| Estatística F | 9,197** | | |
| Durbin-Watson | 2,397 | | |
| Notas: * = significativa ao nível de 0,10; ** = significativa ao nível de 0,05 | | | |

Os resultados obtidos mostram que a nova equação de regressão explica 75,5% da variação observada na variável dependente, o que indica a existência de uma forte relação linear entre os volumes de bicicletas observados e as três variáveis remanescentes. Em relação à significância estatística dos coeficientes, apenas a hipótese nula de que os coeficientes dos parâmetros de regressão são iguais a zero não pode ser rejeitada apenas para a constante do modelo, sendo os demais significativos nos níveis de 0,10 ou 0,05. O valor da estatística F é significativo no nível de 0,05 e indica que o modelo possui significância global. Por fim, o valor da estatística de Durbin-Watson, igual a 2,397, está contido no intervalo aceitável entre 1,5 e 2,5 para a não existência de autocorrelação residual significativa, ainda que acima do valor de 2,0. Assim, conclui-se que houve uma melhoria significativa no ajuste da equação de regressão em relação à situação inicial.

Para melhorar o modelo obtido inicialmente, um novo ajuste foi realizado com a eliminação da constante da equação de regressão, que não apresentou significância estatística no teste t. Em relação ao primeiro ajuste, o valor de R^2 aumentou para 0,923 e todas as variáveis remanescentes são significativas ao nível de 0,05. A significância global do modelo é indicada pelo valor da estatística F igual a 36,739, com valor-p igual a zero. Porém, a existência de erros autocorrelacionados é indicada pelo valor da estatística de Durbin-Watson igual a 2,619, que é maior que 2,5. Esses resultados são apresentados na TAB. 5.11.

TAB. 5.11 - Resultados do ajuste final do modelo de para a amostra de contagens em locais com infraestrutura cicloviária (N=9)

| Variável | Coefficiente | Teste t | Valor-p |
|--|--------------|---------|---------|
| Estacionamento na via | -183,497 | -3,141 | 0,020* |
| Temperatura máxima diária | 22,181 | 6,058 | 0,001* |
| Acidentes de trânsito | -0,550 | -3,237 | 0,018* |
| Qualidade do ajuste | | | |
| Amostra (N) | 9 | | |
| R^2 ajustado | 0,923 | | |
| Estatística F | 36,739* | | |
| Durbin-Watson | 2,619 | | |
| Notas: * = significante ao nível de 0,05 | | | |

Assim, a equação de regressão obtida para estimar o volume de bicicletas em vias com infraestrutura cicloviária é dada é pela EQ. 5.3.

$$\begin{aligned} VOLUME = & -183,497 * ESTACIONAMENTO (dummy) + 22,181 * TEMP_MAX \\ & - 0,550 * ACIDENTES \end{aligned} \quad \text{EQ. 5.3}$$

em que:

ESTACIONAMENTO é uma variável *dummy* que indica a permissão ou proibição de estacionamento no segmento viário (1, se o estacionamento é proibido);

TEMP_MAX é a temperatura máxima diária observada na área de estudo; e

ACIDENTES é o número de acidentes de trânsito fatais e não-fatais no bairro onde está localizada a via analisada.

5.5.2 SEGMENTOS VIÁRIOS SEM INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

A amostra de dados deste grupo é composta por nove contagens realizadas em segmentos viários que não possuem infraestrutura para a circulação de bicicletas, localizados nos bairros Botafogo, Catete, Copacabana, Flamengo, Jardim Botânico e Leblon. Nesta situação, a variável associada à proximidade a vias cicláveis permanece na análise inicial de correlações, dado que assume valores diferentes de zero. As estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas são apresentadas na TAB. 5.12, e as informações referentes às variáveis categóricas são encontradas na TAB. 5.13. Além disso, a primeira coluna da nova matriz de correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis analisadas na situação de ausência de infraestrutura cicloviária (APÊNDICE VII) é mostrada na TAB. 5.14. As três tabelas são exibidas a seguir.

TAB. 5.12 - Estatísticas descritivas das variáveis contínuas e discretas (N=9, locais sem infraestrutura cicloviária)

| Variável | Mínimo | Máximo | Média | Desvio-padrão |
|---------------------------------|--------|--------|----------|---------------|
| Variável dependente | | | | |
| Volume de bicicletas (2h) | 128 | 313 | 174,22 | 57,762 |
| Variáveis independentes | | | | |
| Acidentes de trânsito | 395 | 755 | 675,67 | 108,31 |
| Crimes fatais | 8 | 16 | 13,11 | 2,32 |
| Estações de Bike Rio (400m) | 1 | 5 | 2,89 | 1,36 |
| Número de faixas | 2 | 4 | 3,44 | 0,73 |
| Número de interseções (400m) | 18 | 35 | 27,67 | 6,31 |
| População (400m) | 6418 | 25269 | 15035,44 | 6981,44 |
| Proximidade a corpo d'água | 120 | 1690 | 648,78 | 482,77 |
| Proximidade a estações de metrô | 148 | 2963 | 942,67 | 998,39 |
| Proximidade a vias cicláveis | 172 | 548 | 314,56 | 147,70 |
| Temperatura máxima diária | 26 | 38 | 31,33 | 3,84 |
| Uso do solo comercial | 0 | 75 | 33,33 | 29,87 |
| Uso do solo residencial | 2 | 100 | 35,03 | 30,02 |
| Volume de veículos motorizados | 285 | 773 | 537,67 | 157,74 |

TAB. 5.13 - Informações das variáveis categóricas (N=9, locais sem infraestrutura cicloviária)

| Variável | Categoria | N | Porcentagem |
|--------------------------------|-----------|---|-------------|
| Classificação funcional da via | Coletora | 6 | 66,7% |
| | Arterial | 3 | 33,3% |
| | Total | 9 | 100,0% |
| Estacionamento na via | Permitido | 3 | 33,3% |
| | Proibido | 6 | 66,7% |
| | Total | 9 | 100,0% |

TAB. 5.14 - Correlações entre os volumes de bicicletas e as variáveis de interesse para a amostra de contagens em segmentos viários sem infraestrutura cicloviária (N=9)

| Variável | Correlação com Volume |
|--|-----------------------|
| Volume de bicicletas (2h) | 1,000 |
| Acidentes de trânsito | 0,015 |
| Classificação funcional da via | -0,436 |
| Crimes fatais | -0,131 |
| Estacionamento na via | -0,348 |
| Estações do Bike Rio (400m) | -0,444 |
| Número de faixas | -0,877** |
| Número de interseções (400m) | -0,615 |
| População (400m) | 0,286 |
| Proximidade a corpo d'água | 0,305 |
| Proximidade a estações de metrô | -0,388 |
| Proximidade a vias cicláveis | 0,768* |
| Temperatura máxima diária | -0,394 |
| Uso do solo comercial | 0,323 |
| Uso do solo residencial | -0,477 |
| Volume de veículos motorizados | -0,477 |
| Notas: * significativo ao nível de 0,10, ** significativo ao nível de 0,05 | |

Observa-se na TAB. 5.14 que, assim como no caso da amostra ser constituída por contagens feitas em locais com infraestrutura cicloviária, o grau de correlação entre o volume de bicicletas e as variáveis estudadas varia de fraco a forte, com predomínio de correlações moderadas. As variáveis associadas à proximidade a vias cicláveis, ao número de faixas do segmento viário e ao número de interseções em um raio de 400 m apresentaram correlação alta com o volume de bicicletas, sendo que as duas primeiras são significativas para os níveis de 0,10 e 0,05, respectivamente. Dentre as variáveis moderadamente correlacionadas aos volumes de bicicletas, destacam-se: uso do solo residencial, estações do sistema *Bike Rio* em um raio de 400m, volume de veículos motorizados e classificação funcional da via. Por outro lado, diferentemente das demais análises, o número de crimes fatais e

de acidentes de trânsito apresentaram fraca correlação com os volumes de bicicletas.

Em seguida, as variáveis com grau de correlação maior que 0,4 com os volumes de bicicletas foram analisadas quanto à colinearidade, com exceção da variável estações de Bike Rio, que apresentou sinal contrário ao esperado. Os resultados indicaram a existência de uma forte correlação significativa entre a proximidade a vias cicláveis e o número de faixa dos segmentos viários ($r = -0,714$; $p < 0,05$), o que resultou no desenvolvimento de duas equações de regressão específicas (uma para cada variável). Os resultados dos ajustes das duas equações de regressão são apresentados na TAB. 5.15.

TAB. 5.15 - Resultados do ajuste do modelo de regressão linear múltipla para a amostra de contagens em locais sem infraestrutura cicloviária (N=9)

| Variável | Modelo 1 | | | Modelo 2 | | |
|---|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | Coef. | Teste t | valor-p | Coef. | Teste t | valor-p |
| Constante | 211,056 | 3,626 | 0,011** | 474,452 | 11,234 | 0,000** |
| Número de interseções (400m) | -4,288 | -2,491 | 0,047** | -3,267 | -2,603 | 0,001** |
| Proximidade a vias cicláveis | 0,260 | 3,539 | 0,012** | - | - | - |
| Número de faixas | - | - | - | -61,010 | -5,601 | 0,000** |
| Qualidade do ajuste | | | | | | |
| Amostra (N) | 9 | | | 9 | | |
| R ² ajustado | 0,731 | | | 0,867 | | |
| Estatística F | 11,893** | | | 27,044** | | |
| Durbin-Watson | 1,061 | | | 2,916 | | |
| Nota: ** significativa ao nível de 0,05 | | | | | | |

A equação de regressão correspondente ao modelo 1 (EQ. 5.4) é:

$$VOLUME = 211,056 - 4,288 * INTERSEÇÕES_{400m} + 0,260 * PROX_VIACICL \quad \text{EQ. 5.4}$$

em que:

VOLUME é o volume de bicicletas durante 2h no horário de pico da tarde;
INTERSEÇÕES_{400m} é o número de interseções contidas em uma área com raio de influência de 400m; e
PROX_VIACICL é a distância à facilidade para circulação de bicicletas mais próxima.

A equação de regressão correspondente ao modelo 2 (EQ. 5.5) é:

$$VOLUME = 474,452 - 3,267 * INTERSEÇÕES_{400m} - 61,010 * NUM_FAIXAS \quad \text{EQ. 5.5}$$

em que:

VOLUME é o volume de bicicletas durante 2h no horário de pico da tarde;
INTERSEÇÕES_{400m} é o número de interseções contidas em uma área com raio de influência de 400m; e
NUM_FAIXAS é número de faixas de rolamento da via.

No tocante à qualidade do ajuste, as duas equações violam a hipótese de não existência de resíduos autocorrelacionados no modelo de regressão linear, uma vez que os valores da estatística de Durbin-Watson estão fora do intervalo aceitável entre 1,5 e 2,5. Por outro lado, os valores de R² ajustado e de todos os parâmetros de regressão dos dois modelos são significativos para o nível de 0,05.

Nos dois modelos, a variável densidade de interseções apresentou coeficiente negativo, sendo que a influência desta variável é maior no modelo 1, no qual é analisada em associação com a variável proximidade a vias cicláveis. A variável distância à ciclovia ou ciclofaixa mais próxima ao segmento viário apresentou coeficiente positivo no modelo 1, indicando que maiores volumes de bicicletas podem ser observados em vias distantes de facilidades para circulação de bicicletas. No modelo 2, a variável número de faixas também apresentou coeficiente negativo, indicando que maiores volumes de bicicletas são observados em vias com menor número de faixas.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos ajustes das três equações de regressão linear múltipla permitem concluir que os modelos obtidos não podem ser utilizados para estimar a demanda de viagens por bicicletas na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, dado o tamanho reduzido da amostra de dados de contagens. Os modelos obtidos violam algumas suposições básicas da regressão linear múltipla, como linearidade e autocorrelação residual, e a regressão de Poisson não se mostrou adequada para a modelagem dos dados obtidos pelo fato de a variável dependente (volume de bicicletas) não seguir uma distribuição de Poisson. Desta forma, a etapa de validação do modelo a partir de contagens adicionais em campo não foi realizada.

Por outro lado, ao dividir a amostra inicial em dois grupos definidos em função da disponibilidade de infraestrutura para a circulação de bicicletas nos segmentos viários analisados, foi possível identificar fatores que influenciam o uso da bicicleta nas duas situações. Na situação de existência de infraestrutura, esses fatores são: número de acidentes de trânsito e temperatura máxima esperada para a região de estudo, e presença de estacionamento na via. Na situação oposta, esses fatores são: proximidade à infraestrutura cicloviária, número de interseções e número de faixas da via. Todavia, os resultados obtidos não são definitivos. A seguir, considerações serão feitas sobre cada um desses fatores mencionados.

5.6.1 FATORES QUE INFLUENCIAM O USO DA BICICLETA EM LOCAIS COM INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

5.6.1.1 ESTACIONAMENTO NA VIA

A existência de estacionamento na via está associada negativamente aos volumes de bicicletas, ratificando assim resultados encontrados na literatura.

Contudo, esse coeficiente foi superestimado, uma vez que é interpretado como se a proibição de estacionamento na via resultasse no acréscimo de 183 bicicletas nos volumes observados em segmentos viários sem facilidades para bicicletas. Em alguns locais de contagem, como as ruas Muniz Barreto e Visconde de Silva, o número de bicicletas observado foi menor que a variação esperada.

5.6.1.2 TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA

A temperatura máxima diária está associada positivamente aos volumes de bicicletas, indicando que os volumes tendem a ser maiores em dias com temperaturas elevadas. O sinal positivo da variável é esperado conforme resultados existentes na literatura.

Entretanto, o coeficiente dessa variável também foi superestimado, dado que a variação de 1°C na temperatura máxima esperada resultaria em um acréscimo de 22 bicicletas nos volumes observados. As contagens foram realizadas em dias em que a temperatura máxima diária na área de estudo variou entre 26°C e 38°C. Considerando a média de bicicletas observadas nesses locais, a variação média dos volumes para cada 1°C foi de 17 bicicletas.

5.6.1.3 ACIDENTES DE TRÂNSITO

O número de acidentes de trânsito está associado negativamente aos volumes de bicicletas observados, conforme observado em outros modelos de demanda. Contudo, o valor do coeficiente obtido é próximo de zero, indicando que a influência desta variável na utilização da bicicleta não é significativa. Conclusões mais detalhadas em relação à essa variável seria possível se os dados de acidentes disponibilizados fossem individualizados por bairro, ao invés de região administrativa.

5.6.2 FATORES QUE INFLUENCIAM O USO DA BICICLETA EM LOCAIS SEM INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

5.6.2.1 NÚMERO DE INTERSEÇÕES

O número de interseções em um raio de ação de 400 m está associado negativamente aos volumes de bicicletas, sendo que a influência desta variável é maior quando é analisada em associação com a proximidade a vias cicláveis. Considerando as características de uso do solo e da forma urbana da Zona Sul do Rio de Janeiro, alguns dos maiores volumes de bicicletas foram observados em áreas com usos do solo que limitam o número de opções de rotas alternativas em direção a outros bairros, tais como a Lagoa Rodrigo de Freitas, a faixa marítima da orla de Copacabana e o Parque do Flamengo. Esses locais se destacam também pela existência de ciclovias com utilização significativa por ciclistas, conforme observado nos resultados das pesquisas feitas em campo.

5.6.2.2 PROXIMIDADE A VIAS CICLÁVEIS

A distância à facilidade para circulação de bicicletas mais próxima ao segmento viário apresentou coeficiente positivo no modelo 1, indicando que maiores volumes de bicicletas podem ser observados também em áreas distantes desses locais. Dentre os locais sem infraestrutura cicloviária analisados, destaca-se que foram observadas 313 bicicletas durante o período de duas horas na Rua do Catete, importante via de acesso da Zona Sul à Região Central da cidade, cujo volume é cerca de 140 bicicletas maior que a média dos volumes observados para os demais locais com essa característica. O ponto de coleta de dados na via citada dista 548 m da ciclovia mais próxima, que foi a maior distância verificada à uma via ciclável na região estudada.

Embora a magnitude do coeficiente para essa variável seja próxima de zero, pode-se inferir também uma possibilidade de preferência de utilização de ciclovias ou ciclofaixas ao invés dos segmentos viários mais próximos a esses locais, dado que a variação esperada nos volumes desses segmentos é muito pequena. De fato, os resultados das contagens indicaram a preferência por ciclovias ou ciclofaixas em comparação a vias paralelas concorrentes sem esse tipo de facilidade para a circulação de bicicletas.

5.6.2.3 NÚMERO DE FAIXAS

O número de faixas na via está associado negativamente aos volumes de bicicletas, indicando que menores volumes de bicicletas são observados em vias com maior número de faixas. Na área de estudo, esta situação foi observada predominantemente em vias arteriais com quatro faixas de rolamento ao longo dos bairros Botafogo, Flamengo e Leblon. Por outro lado, maiores volumes foram encontrados em vias com duas ou três faixas. Este resultado é consistente com as informações encontradas em diversos estudos de demanda identificados na literatura.

5.6.3 RESUMO DAS CORRELAÇÕES COM O VOLUME DE BICICLETAS

Uma comparação entre os sinais obtidos e esperados para as 15 variáveis analisadas neste trabalho é apresentada a seguir. Para as variáveis significativas nas equações de regressão, os sinais obtidos correspondem aos sinais dos coeficientes de regressão associados a essas variáveis. Para as demais variáveis, os sinais obtidos correspondem aos sinais dos coeficientes de correlação com os volumes de bicicletas. Os sinais esperados foram identificados por meio da revisão bibliográfica sobre modelos de demanda de viagens por bicicletas apresentada no

Capítulo 2. A TAB. 5.16 apresenta essa comparação apenas para as variáveis significativas nas equações de regressão obtidas na seção 5.5 deste capítulo.

TAB. 5.16 - Tabela-resumo de sinais obtidos e esperados para as variáveis significativas nas equações de regressão

| Variável | Sinal obtido | Sinal esperado | Modelos em que a variável foi significativa |
|------------------------------|--------------|----------------|---|
| Estacionamento na via | - | - | SENER <i>et al.</i> (2009) |
| Acidentes de trânsito | - | - | RIETVELD & DANIEL (2004), WARDMAN <i>et al.</i> (2007), BUEHLER & PUCHER (2012), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| Temperatura máxima diária | + | + | PARKIN <i>et al.</i> (2008), GODEFROY & MORENCY (2012), HANKEY <i>et al.</i> (2012) |
| Número de faixas | - | - | TABESHIAN & KATTAN (2014) |
| Proximidade a vias cicláveis | + | - | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| Número de interseções (400m) | - | + | SENER <i>et al.</i> (2009) |

Observa-se que os sinais obtidos para quatro das seis variáveis integrantes de equações de regressão linear múltipla ajustadas estão de acordo com resultados de outros estudos de demanda que compõem o referencial teórico deste estudo, sejam a nível agregado ou desagregado.

A direção das correlações das variáveis estacionamento, acidentes de trânsito e temperatura máxima diária com os volumes de bicicletas ratifica os resultados de alguns modelos de demanda a nível agregado (BUEHLER & PUCHER, 2012; PARKIN *et al.*, 2008; RIETVELD & DANIEL, 2004) e desagregado (GODEFROY & MORENCY, 2012; SENER *et al.*, 2009; WARDMAN *et al.*, 2007), enquanto que, para a variável número de faixas, isso é verificado apenas a nível agregado (TABESHIAN & KATTAN, 2014).

Por outro lado, houve divergências entre os sinais obtidos e esperados para as variáveis proximidade a vias cicláveis e número de interseções. Em relação a esta, as divergências estão relacionadas às características de uso do solo e da forma

urbana da Zona Sul do Rio de Janeiro, que limitam o número de opções de rotas alternativas em direção a outros bairros. No que se refere à proximidade a vias cicláveis, os resultados indicaram a possibilidade de encontrar altos volumes de bicicletas em vias distantes da infraestrutura cicloviária existente.

Em relação às variáveis não significativas (TAB. 5.17), seis delas mantiveram a direção de correlação com os volumes de bicicletas igual à esperada nas três análises de fatores de utilização da bicicleta para viagens. São elas: crimes, existência de vias cicláveis, população, proximidade a corpo d'água, proximidade a estações de metrô e uso do solo comercial. Os sinais obtidos ratificam os resultados de alguns estudos de demanda identificados na revisão de literatura, tanto a nível agregado quanto desagregado. As demais variáveis não significativas (estações de *Bike Rio*, uso do solo residencial e volume de veículos motorizados) também não mantiveram o padrão de correlação com os volumes de bicicletas nas três situações analisadas, alternando os sinais conforme a situação analisada.

TAB. 5.17 - Tabela-resumo de sinais obtidos e esperados para as variáveis não significativas nas equações de regressão

| Variável | Sinal obtido | Sinal esperado | Modelos em que a variável foi significativa |
|---------------------------------|--------------|----------------|---|
| Crime | - | - | RYBARCZYK & WU (2010) |
| Bike Rio (400m) | Variável | + | - |
| Existência de vias cicláveis | + | + | DILL & CARR (2003), BUEHLER E PUCHER (2012), KHAN <i>et al.</i> (2013), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| População | + | + | McCAHILL & GARRICK (2008), PARKIN <i>et al.</i> (2008), KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), RYBARCZYK & WU (2010), HABIB <i>et al.</i> (2014) |
| Proximidade a corpo d'água | - | - | HANKEY <i>et al.</i> (2012) |
| Proximidade a estações de metrô | - | - | KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010) |
| Uso do solo comercial | + | + | RYBARCZYK & WU (2010), KRYKEWYCZ <i>et al.</i> (2010), GRISWOLD <i>et al.</i> (2011), TABESHIAN & KATTAN (2014) |

TAB. 5.17 (cont.) – Tabela-resumo de sinais obtidos e esperados para as variáveis não significativas nas equações de regressão

| Variável | Sinal obtido | Sinal esperado | Modelos em que a variável foi significativa |
|--------------------------------|--------------|----------------|---|
| Uso do solo residencial | Variável | + | TABESHIAN & KATTAN (2014) |
| Volume de veículos motorizados | Variável | - | SENER <i>et al.</i> (2009) |

Os sinais obtidos ratificam os resultados de alguns estudos de demanda identificados na revisão de literatura, tanto a nível agregado quanto desagregado. As demais variáveis não significativas (estações de *Bike Rio*, uso do solo residencial e volume de veículos motorizados) também não mantiveram o padrão de correlação com os volumes de bicicletas nas três situações analisadas, alternando os sinais conforme a situação analisada.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um procedimento metodológico de pesquisa para o desenvolvimento de um modelo matemático de demanda de viagens por bicicletas, no qual dados de contagens volumétricas realizadas em locais definidos a partir do conhecimento de rotas utilizadas para viagens pendulares são relacionados a um conjunto de variáveis condicionantes da demanda pelo modo cicloviário. Esta metodologia foi aplicada na Zona Sul do Rio de Janeiro na tentativa de se obter um modelo de demanda e identificar as variáveis que podem ter uma maior influência no uso da bicicleta para viagens nessa área.

A modelagem não foi possível no nível de significância desejado, porém, os resultados obtidos mostraram que em vias com infraestrutura cicloviária, a proibição de estacionamento na via, a ocorrência de altas temperaturas e o baixo número de acidentes de trânsito contribuem para o aumento dos volumes de bicicletas observados. Em vias onde essa infraestrutura é ausente, menor número de interseções em uma área com raio de influência de 400m, menor número de faixas de rolamento nas vias e a distância à via ciclável mais próxima são fatores que influenciam os níveis de utilização atualmente observados.

Os resultados dos ajustes de equações de regressão linear múltipla foram mais satisfatórios quando a amostra inicial de dados de 18 contagens foi estratificada em dois grupos de mesmo tamanho em função da existência ou ausência de infraestrutura para a circulação de bicicletas no local de contagem. Isto foi possível porque as pesquisas de contagem de tráfego, ocorridas entre os meses de setembro e dezembro de 2015, foram realizadas em pontos definidos a partir de pares de vias concorrentes entre si. Desta forma, foi possível comparar os níveis de utilização da bicicleta entre esses pares de vias analisadas.

A adoção de um único raio de influência (400 m) não se mostrou suficiente para identificar variáveis com forte grau de correlação com os volumes de bicicletas observados com exceção da variável número de interseções. O ideal seria que diferentes raios de influência fossem adotados para a obtenção de modelos com maior poder explicativo, porém isto não foi possível devido à existência de barreiras geográficas naturais na região estudada, pois isso acarretaria na redução do número de pontos de locais de contagem de tráfego de bicicletas.

Em relação às demais etapas deste trabalho, a revisão bibliográfica deste trabalho abordou as principais características e limitações de 11 métodos existentes de previsão de demanda de viagens por bicicletas. Além disso, também foi possível identificar um conjunto de 96 variáveis utilizadas em XX modelos de demanda. Nota-se o predomínio de variáveis socioeconômicas, de uso do solo e de infraestrutura viária, enquanto que variáveis associadas a atitudes e percepções dos indivíduos têm sido incluídas com maior frequência recente em modelos desagregados, como modelos de escolha discreta e modelos baseados em equações estruturais.

No que tange à etapa de coleta de dados, a aplicação de questionários de pesquisa com usuários de bicicletas em duas instituições de ensino superior localizadas na Zona Sul do Rio de Janeiro mostrou-se eficaz na identificação das vias mais utilizadas para viagens pendulares por bicicletas. Embora a amostra pesquisada não seja representativa da população da área de estudo, observa-se que o conjunto de rotas identificadas coincide, em grande parte, com as vias normalmente utilizadas para viagens por bicicletas na área de estudo.

Por fim, os resultados obtidos não são considerados definitivos e novas análises são necessárias com a finalidade de obter um modelo de demanda adequado para estimar o número de viagens por bicicletas em vias da Zona Sul do município do Rio de Janeiro.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Como recomendações para trabalhos futuros, a metodologia de pesquisa desenvolvida neste trabalho poderia ser aplicada em diferentes regiões de um mesmo município tanto para a obtenção de um modelo matemático para estimar o número de viagens por bicicletas na área estudada como para comparar a influência de fatores de utilização da bicicleta no padrão de viagens de cada uma dessas regiões, considerando a adoção de mais de um dos raios de influência identificados na literatura.

Em relação à etapa de coleta de dados, sugere-se um refinamento da pesquisa realizada em polos geradores de viagens para que seja possível fazer inferências a respeito dos fatores que mais influenciam na escolha de rotas para viagens por bicicletas em direção a esses locais a partir de uma população representativa da área de estudo. Desta forma, este tipo de pesquisa poderia ser estendido para outros PGVs relevantes na área de estudo. Como resultado, o número de variáveis a serem consideradas para o desenvolvimento de modelos de demanda direta de viagens por bicicletas poderia ser reduzido aos fatores de utilização da bicicleta mais relevantes para os entrevistados, cuja análise deverá ser feita a nível agregado.

As variáveis identificadas como significativas neste estudo poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento de futuros modelos de demanda de viagens pendulares, em especial as variáveis estacionamento na via, acidentes de trânsito, temperatura máxima diária e número de faixas. Um segundo grupo de variáveis, que corresponde àquelas não significativas com padrão de correlação mantido nas três análises de dados de contagens volumétricas de bicicletas também poderiam ser consideradas.

Devido à indisponibilidade de informações para a mensuração de algumas variáveis na unidade desejada, tais como total de áreas comerciais, recomenda-se também adotar outras unidades para mensurá-las, de modo a melhor avaliar se essas variáveis teriam significância estatística em futuros modelos.

Ademais, caso a amostra de dados seja composta por um número muito significativo de contagens, considerando também a variedade de escalas de análise dos dados agregados disponíveis em fontes públicas municipais, recomenda-se a adoção da técnica de regressão multinível para a modelagem da demanda por transporte cicloviário na cidade do Rio de Janeiro. Ou ainda, novos testes com modelos de regressão de Poisson e binomial negativo, caso os volumes coletados atendam às suposições básicas dessas distribuições.

7 REFERÊNCIAS

- ABRADIBI. **O mercado brasileiro de bicicletas.** Disponível: <http://abradibi.com.br/mercado.html> [capturado em 20 nov. 2014].
- ALBUQUERQUE, R. Ciclovias de Botafogo serão revitalizadas e interligadas. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=5068984> [capturado em 24 jul. 2015].
- ALTA PLANNING + DESIGN. **Counts Training** : National Bicycle and Pedestrian Documentation Project. ALTA PLANNING + DESIGN, 2010. Disponível: http://bikepeddocumentation.org/index.php/download_file/-/view/9 [capturado em 18 jun. 2015].
- ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS. **Série Cadernos Técnicos** : Transporte cicloviário. ANTP: São Paulo, v. 7, 2007.
- AUSTROADS. **Forecasting Demand for Bicycle Facilities.** Sydney, 2001.
- BARBOSA, H. M.; LEIVA, G. C. Nível de qualidade da rota de ciclistas: um instrumento para a promoção do desenvolvimento urbano sustentável. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, v. 112, n. 1, p. 1-12, 2006.
- BARNES, M.; KRIZEK, K. J. Estimating Bicycle Demand. **Transportation Research Record** : The Journal of Transportation Research Board, Washington D.C., n. 1939, p. 45-51, 2005.
- BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. **Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand.** MIT Press, Cambridge, 1985.
- BERGSTRÖM, A.; MAGNUSSON, R. Potential of transferring car trips to bicycle during winter. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 37, n. 8, p. 649-666, 2003.
- BINATTI, G. **Mais Amor Menos Motor** : Mobilidade e Cultura de Bicicleta no Rio de Janeiro. In: VELO-CITY CONFERENCE 2013, Viena, Áustria, 2013.
- BRASIL. Lei n. 12578, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Lex**: Diário Oficial da União, Brasília, ano 192, n. 3, p. 1-4. Lei Ordinária. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/_leis2012.htm. [capturado em 20 nov. 2014].
- BUEHLER, R.; PUCHER, J. Cycling to work in 90 large American cities: new evidence on the role of bike paths and lanes. **Transportation**, v. 39, n. 2, p. 409–432, mar. 2012.

- CADENA, R. P.; ANDRADE, M. O.; BRASILEIRO, A. **A necessidade da regulação do aluguel de bicicletas como serviço público complementar ao transporte urbano.** Anais eletrônicos... [online]. Curitiba, 2014. Disponível: www.anpet.org.br/xxviii/anpet/anais. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES [capturado em 15 fev. 2015].
- CARDOSO, Pablo de Barros. **Metodologia para implantação de sistemas cicloviários.** 2014. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Transportes). Instituto Militar de Engenharia, 2014.
- CLARK, D. E. Estimating Future Bicycle and Pedestrian Trips From A Travel Demand Forecasting Model. **Proceedings...** In: INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS 67TH ANNUAL MEETING, 1997.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.** Hillsdale, NJ: Erlbaum, 2. ed., 1988.
- COR - CENTRO DE OPERAÇÕES PREFEITURA DO RIO. **Boletins.** Disponível: <http://centrodeoperacoes.rio/boletins> [capturado em 19 dez. 2015].
- DENATRAN. **Manual de Procedimentos para o Tratamento de Polos Geradores de Tráfego.** Departamento Nacional de Trânsito. DENATRAN/FGV, Brasília, DF, 2001.
- DILL, J.; CARR, T. Bicycle commuting and facilities in major U.S. cities: if you build them, commuters will use them. **Transportation Research Record** : The Journal of Transportation Research Board, Washington, D.C., n. 1828, p. 116-123, 2003.
- ELLIOTT, P.; HAMMOND, J. Quantifying Non-Motorized Demand – A New Way of Understanding Walking and Biking Demand. **Green Streets and Highways**, p. 107-115, 2010.
- FERNÁNDEZ-HEREDIA, A.; JARA-DÍAZ, S.; MONZÓN, S. Understanding and modeling bicycle use: the role of perceptions. **Transportation**, v. 39, n. 2, p. 409–432, Oct. 2014.
- FHWA - FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Guide on Methods to Estimate Non-Motorized Demand Travel** : Supporting Documentation. United States of America: Federal Highway Administration, Washington D. C., 1999.
- _____. **Traffic Monitoring Guide.** Washington, D.C., 2013.
- GODEFROY, F.; MORENCY, C. Estimating latent cycling trips in Montreal, Canada. **Transportation Research Record**: The Journal of the Transportation Research Board, n. 2314, p. 120-128, Washington D.C., 2012.
- GOLOB, T. F. Structural equation modelling for travel behavior research. **Transportation Research Part B**, v. 37, p.1-25, 2003.

- GOSLING, M; GONÇALVES, C. A. Modelagem por equações estruturais: conceitos e aplicações. **FACES Journal**, v. 2, n. 2, p. 83-95, ago-dez. 2003.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro** : Resultados da Pesquisa Origem-Destino. Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- _____. **Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro** : Resultados da Pesquisa Origem-Destino. Rio de Janeiro, Brasil, 2012.
- GRISWOLD, J.; MEDURY, A.; SCHNEIDER, R. Pilot Models for Estimating Bicycle Intersection Volumes. **Transportation Research Record** : The Journal of the Transportation Research Board, Washington, D.C., n. 2247, p. 1–7, 2011.
- HABIB, K. N.; MANN, J.; MOHAMED, M.; WEISS, A. Synopsis of bicycle demand in the City of Toronto: Investigating the effects of perception, consciousness and comfortability on the purpose of biking and bike ownership. **Transportation Research Part A**, v. 70, p. 67-80, 2014.
- HANKEY, S.; LINDSEY, G.; WANG, X.; BORAH, J.; HOFF, K.; UTECHT, B.; XU, Z. Estimating use of non-motorized infrastructure: Models of bicycle and pedestrian traffic in Minneapolis, MN. **Landscape and Urban Planning**, v. 107, p. 307-316, Jul. 2012.
- HEINEN, E.; VAN WEE, B; MAAT, K. Commuting by bicycle: an overview of the literature. **Transport Reviews**, v. 30, n. 1, p. 59-96, 2010.
- HUTCHINSON, G.D.; SOFRONIOU, N. **The Multivariate Social Scientist** : Introducing Statistics Using Generalized Linear Models. London: Sage Publications, 1999.
- KHAN, M.; KOCKELMAN, K. M.; XIONG, X. Models for anticipating non-motorized travel, and the role of the built environment. **Transport Policy**, v. 35, p. 117-126, Jun. 2014.
- KHANI, A.; LIVSHITS, V.; DUTTA, A. Modeling Regional Bicycle Travel in Phoenix Metropolitan Area. **Proceedings...** In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 93RD ANNUAL MEETING, Washington D.C., 2014.
- KRYKEWYCZ, G. R.; PUCHALSKY, C. W.; ROCKS, J.; BONNETTE, B.; JASKIEWICZ, F. Defining a Primary Market and Estimating Demand for Major Bicycle-Sharing Program in Philadelphia, Pennsylvania. **Transportation Research Record**: Journal of the Transportation Research Board, Washington D.C., n. 2143, p. 117-124, 2010.
- KUZMYAK, J. R.; WALTERS, J.; BRADLEY, M.; KOCKELMAN, K. M. **Estimating Bicycling and Walking for Planning and Project Development** : A Guidebook.

- Washington, D.C.: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, 2014.
- LANDIS, B; TOOLE, J. **Using the Latent Demand Score Model to Estimate Use: Forecasting the Future.** Bicycle Federation of America/Pedestrian Federation of America, Washington D.C., EUA, 1996.
- LI, Z.; WANG, W.; YANG, C.; RAGLAND, D. R. Bicycle commuting market analysis using attitudinal market segmentation approach. **Transportation Research Part A**, v. 47, p. 56-68, 2013.
- LIU, F.; EVANS, J. E.; ROSSI, T. Recent practices in regional modeling of nonmotorized travel. **Transportation Research Record** : The Journal of the Transportation Research Board, Washington D.C., n. 2303, p. 1-8, 2012.
- MALDONADO-HINAREJOS, R.; SIVAKUMAR, A.; POLAK, J. W. Exploring the role of individual attitudes and perceptions in predicting the demand for cycling: a hybrid choice modelling approach. **Transportation**, v. 41, n. 6, p. 1287-1304, 2014.
- MARCUS, M. **New Tools for New Urban Transportation Planning.** Decatur, Georgia, 2007.
- McCAHILL, C.; GARRICK, N. W. The applicability of Space Syntax on bicycle facility planning. **Transportation Research Record: The Journal of the Transportation Research Board**, Washington D.C., n. 2074, p. 46–51, 2008.
- McDANIEL, S.; LOWRY, M. B.; DIXON, M. Using origin-destination centrality to estimate bicycle directional volumes. **Proceedings...** In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 93RD ANNUAL MEETING, Washington, D.C., 2014.
- METRÔ RIO. **Conveniências.** Contém informações sobre serviços e comodidades oferecidas aos usuários do sistema metroviário MetrôRio. Disponível: <https://www.metrorio.com.br/Facilidade/Conveniencias> [capturado em 3 mar. 1997].
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta - Bicicleta Brasil.** Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades. Brasília: Ministério das Cidades. 2007.
- ORTÚZAR, J. D.; IACOBELLI, A.; VALEZE, C. Estimating demand for a cycle-way network. **Transportation Research Part A**, v. 34, p. 353-373, 2000.
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport.** 4. ed. 2011.
- PARKIN, J.; WARDMAN, M.; PAGE, M. Estimation of the determinants of bicycle mode share for the journey to work using census data. **Transportation**, v. 35, n. 1, p. 93-109, Jan. 2008.

- PORTAL BRASIL. **Sistema de aluguel de bicicletas faz sucesso em todo o País.** Serttel [online], Recife, 17 fev. 2014. Disponível: <http://www.serttel.com.br/sistema-de-aluguel-de-bicicletas-faz-sucesso-em-todo-o-pais> [capturado em 18 dez. 2015].
- PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Anexo VI – Diretrizes de Projeto De Vias Urbanas.** Rio de Janeiro, 2013.
- PROVIDELO, J. K.; SANCHES, S. P. Roadway and traffic characteristics for bicycling. **Transportation**, v. 41, n. 6, p. 765-777, 2011.
- PUCHER, J.; BUEHLER, R. Making Cycling Irresistible : Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. **Transport Reviews**, v. 28, n. 4, p. 495-528, 2008.
- RAFORD, N.; CHIARADIA, A.; GIL, J. Space Syntax: The role of urban form in cyclist route choice in Central London. **Proceedings...** In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 86TH ANNUAL MEETING, Washington D.C., 2007.
- REDPGV. **Relatório da 1ª Reunião de Trabalho.** Rede Ibero Americana de Estudo em Polos Geradores de Viagem, 2005. Disponível: <http://redpgv.coppe.ufrj.br>. [capturado em 20 nov. 2015].
- REIS, T. Ciclovias representam apenas 1% da malha viária das capitais no país. **G1: O portal de notícias da Globo**, São Paulo, 24 mar. 2014. Disponível: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2014/03/ciclovias-representam-apenas-1-da-malha-viaria-das-capitais-no-pais.html> [capturado em 20 nov. 2014].
- RICHARDSON, A. J.; AMPT, E. S.; MEYBURG, A. H. **Survey Methods for Transport Planning**, Eucalyptus Press, Australia, 1995.
- RIDGWAY, M. D. Projecting Bicycle Demand: An Application of Travel Demand Modeling Techniques to Bicycles. **1995 Compendium of Technical Papers**, In: INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS 65TH ANNUAL MEETING, p. 755-785, 1995.
- RIETVELD, P.; DANIEL, V. Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? **Transportation Research Part A**, v. 38, p. 531-550, 2004.
- RIO COMO VAMOS. **Indicadores regionalizados.** Disponível: <http://riocomovamos.org.br/indicadores-regionalizados> [capturado em 28 out. 2015].
- RYBARCZYK, G.; WU, C. Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. **Applied Geography**, v. 30, p. 282-293, 2010.
- RYUS, P.; FERGUSON, E.; LAUSTSEN, K. M.; SCHNEIDER, R. J.; PROULX, F. R.; HULL, P.; MIRANDA-MORENO, L. **Guidebook on Pedestrian and Bicycle**

Volume Data Collection. Washington, D.C.: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, 2014.

SCAG - SOUTHERN CALIFORNIA ASSOCIATIONS OF GOVERNMENTS. **Conducting Bicycle and Pedestrian Counts** : A Manual for Jurisdictions in Los Angeles County and Beyond. Los Angeles, 2013.

SENER, I. N.; ELURU, N.; BHAT, C. An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US. **Transportation**, v. 36, p. 511-539, 2009.

SILVEIRA, M. O.; MAIA, M. L. A. Panorama sobre a bicicleta na literatura acadêmica de 2000 a 2011. **Anais...** In: XXVI CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO E TRANSPORTES, Joinville, 2011.

SIURB – SISTEMA DE INFORMAÇÕES URBANAS. **Atlas do Censo 2010.** Disponível: <http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb> [capturado em 20 set. 2015].

SOUSA, P.B.; KAWAMOTO, E. **Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento ciclovitário.** Anais eletrônicos... [online] Curitiba, 2014. Disponível: www.anpet.org.br/xxviii/anpet/anais. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES [capturado em 15 fev. 2015].

SUPERVIA. **Bicicletário.** Contém informações sobre a localização e a utilização dos bicicletários mantidos pela SuperVia. Disponível: <http://www.supervia.com.br/bicicletario> [capturado em 28 out. 2015].

TABESHIAN, M.; KATTAN, L. Modeling Nonmotorized Travel Demand at Intersections in Calgary, Canada. **Transportation Research Record** : The Journal of the Transportation Research Board, n. 2430, p. 38-46, 2014.

TRANSPORTE ATIVO. **Manual de contagem fotográfica de ciclistas.** Rio de Janeiro, 2. ed., [20??]. Disponível: http://www.ta.org.br/Contagens/manual_contagem_fotografica.pdf [capturado em 25 mai. 2015].

_____. **A bicicleta no comércio do Rio de Janeiro** : contagem de estabelecimentos comerciais com entregas por bicicleta. Rio de Janeiro, Brasil, 2015a.

_____. **Mapa Ciclovitário do Rio de Janeiro.** Disponível: <http://www.ta.org.br/ciclorio> [capturado em 21 ago. 2015b].

_____. **Relatórios.** Contém informações sobre relatórios técnicos de contagens volumétricas de bicicletas realizadas no município do Rio de Janeiro. Disponível: <http://transporteativo.org.br/wp/producoes-ta/relatorios> [capturado em 25 mai. 2015c].

TURNER, S.; HOTTENSTEIN, A.; SHAWN, G. **Bicycle and Pedestrian Demand Forecasting**: A Literature Review. United States of America: Federal Highway Administration, Washington D.C., 1997.

WARDMAN, M.; TIGHT, M.; PAGE, M. Factors influencing the propensity of cycle to work. **Transportation Research Part A**, v. 41, p. 339-350, 2007.

WIGAN, M.; RICHARDSON, A. J.; BRUNTON, P. Simplified Estimation of Demand for Non-motorized Trails Using GIS. **Transportation Research Record**: The Journal of Transportation Research Board, Washington D.C., n. 1636, p. 47-55, 1998.

8 APÊNDICES

8.1 APÊNDICE I: FORMULÁRIO DE CONTAGEM DE VOLUMES DE BICICLETAS

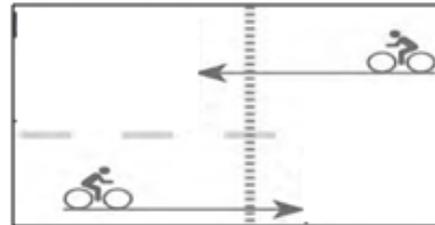
CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: _____

CONTADOR: _____

DATA: _____

SENTIDO RUA/AV:



SENTIDO RUA/AV:

| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------|---|---------------|---|----------|---|------------|---|----------|---|
| | CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVEN-CIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| 16:00-16:15 | | | | | | | | | | |
| 16:15-16:30 | | | | | | | | | | |
| 16:30-16:45 | | | | | | | | | | |
| 16:45-17:00 | | | | | | | | | | |
| 17:00-17:15 | | | | | | | | | | |
| 17:15-17:30 | | | | | | | | | | |
| 17:30-17:45 | | | | | | | | | | |
| 17:45-18:00 | | | | | | | | | | |

| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------|---|---------------|---|----------|---|------------|---|----------|---|
| | CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVEN-CIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| 16:00-16:15 | | | | | | | | | | |
| 16:15-16:30 | | | | | | | | | | |
| 16:30-16:45 | | | | | | | | | | |
| 16:45-17:00 | | | | | | | | | | |
| 17:00-17:15 | | | | | | | | | | |
| 17:15-17:30 | | | | | | | | | | |
| 17:30-17:45 | | | | | | | | | | |
| 17:45-18:00 | | | | | | | | | | |

OBS:

CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO DO SEGMENTO VIÁRIO (Usos residenciais, comerciais, etc.; proximidade a pólos geradores de viagens):

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA (Número de faixas, facilidades para bicicletas, estacionamento, limite de velocidade):

OUTROS (evento atípico, mesma pessoa passando pela screen line mais de três vezes, mudança abrupta do clima, etc):

FIG. 8.1 – Formulário de contagem

8.2 APÊNDICE II: PESQUISA-PILOTO NO IME

TAB. 8.1 - Tabela-resumo das respostas aos questionários de pesquisa aplicados no bicicletário do Instituto Militar de Engenharia

| ID | Origem (Ponto de referência) | Vias utilizadas | Motivo de escolha do trajeto |
|-----------|---|---|--|
| 1 | Laranjeiras (INCOR) | R. das Laranjeiras, Av. Pinheiro Machado, R. Farani, Ciclovia Mané Garrincha, Av. Pasteur | Tempo de viagem, outros (menor número de veículos) |
| 2 | Copacabana (Posto 5) | R. Sousa Lima, Av. Atlântica (ciclovia), Av. Pasteur | Tempo de viagem, segurança |
| 3 | Copacabana | R. Bulhões de Carvalho, Av. Atlântica (ciclovia), Av. Pasteur | Tempo de viagem, segurança |
| 4 | Copacabana (Estação Cardeal Arcoverde) | R. Barata Ribeiro, Av. Atlântica (ciclovia), Av. Pasteur | Tempo de viagem |
| 5 | Catumbi | R. Riachuelo, R. do Catete, R. Ministro Tavares de Lira, R. Marquês de Abrantes, Praia de Botafogo, Ciclovia Mané Garrincha, Av. Pasteur | Tempo de viagem, outros (desconforto no transporte coletivo) |
| 6 | Botafogo (R. Real Grandeza) | R. Real Grandeza, R. General Polidoro, R. Arnaldo Quintela, R. General Severiano, Av. Venceslau Brás, Av. Pasteur | Segurança, tempo de viagem |
| 7 | Flamengo | R. Senador Vergueiro, Praia de Botafogo, Ciclovia Mané Garrincha, Av. Pasteur | Segurança, tempo de viagem |
| 8 | Copacabana (Túnel Velho) | R. Real Grandeza, R. Voluntários da Pátria, Av. Lauro Sodré (Rio Sul Shopping), R. General Severiano, Av. Pasteur | Tempo de viagem, segurança (crime) |
| 9 | Botafogo (Estação Botafogo) | R. Voluntários da Pátria, Av. Pasteur | Tempo de viagem |
| 10 | Fonseca - Niterói | Praça XV, Av. Alfred Agache, Aeroporto Santos Dumont, Ciclovia Mané Garrincha, Av. Pasteur | Tempo de viagem |

TAB. 8.2 - Relação das vias utilizadas pelos entrevistados em viagens em direção ao Instituto Militar de Engenharia

| Via mencionada pelo entrevistado | Bairro | Frequência |
|---|---------------|-------------------|
| Av. Pasteur | Urca | 10 |
| Av. Atlântica | Copacabana | 3 |
| Praia de Botafogo | Botafogo | 2 |
| R. General Severiano | Botafogo | 2 |
| R. Real Grandeza | Botafogo | 2 |
| R. Voluntários da Pátria | Botafogo | 2 |
| Av. Alfred Agache | Centro | 1 |
| Av. Lauro Sodré (Rio Sul) | Botafogo | 1 |
| Av. Pinheiro Machado | Laranjeiras | 1 |
| Av. Venceslau Brás | Botafogo | 1 |
| R. Arnaldo Quintela | Botafogo | 1 |
| R. Ministro Tavares de Lira | Laranjeiras | 1 |
| R. Barata Ribeiro | Copacabana | 1 |
| R. Bulhões de Carvalho | Copacabana | 1 |
| R. das Laranjeiras | Laranjeiras | 1 |
| R. do Catete | Catete | 1 |
| R. Farani | Botafogo | 1 |
| R. General Polidoro | Botafogo | 1 |
| R. Marquês de Abrantes | Flamengo | 1 |
| R. Riachuelo | Lapa | 1 |
| R. Senador Vergueiro | Flamengo | 1 |
| R. Sousa Lima | Copacabana | 1 |

8.3 APÊNDICE III: PESQUISA NO BICICLETÁRIO DA PUC-RIO

TAB. 8.3 - Tabela-resumo das respostas aos questionários de pesquisa aplicados no bicicletário da PUC-Rio

| ID | Origem (Ponto de referência) | Vias utilizadas | Motivos para escolha da rota |
|----|---|--|-------------------------------------|
| 1 | Leblon (Cond. Selva de Pedra) | R. Humberto de Campos, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 2 | Horto | R. Pacheco Leão, R. Jardim Botânico, R. Marquês de São Vicente | Rapidez, ciclovía |
| 3 | Leblon (Livraria Argumento) | Av. Visconde de Albuquerque, Praça Sibelius, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez, hábito |
| 4 | Copacabana (Posto 5) | R. Constante Ramos, Av. Atlântica, Av. Vieira Souto, Av. Bartolomeu Mitre, Praça Sibelius | Segurança |
| 5 | Leblon | R. Cupertino Durão, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía |
| 6 | Copacabana (Posto 6) | Av. Atlântica, Av. Vieira Souto, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez, segurança |
| 7 | Jardim Botânico (Parque do Jd. Botânico) | R. Jardim Botânico, Praça do Jockey, Planetário da Gávea, Auto-Estrada Lagoa- Barra | Rapidez, menor fluxo de veículos |
| 8 | Copacabana (Est. Siqueira Campos) | R. Domingos Ferreira, R. Toneleiro, Av. Henrique Dodsworth, Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, CT do Flamengo, Auto- Estrada Lagoa-Barra | Hábito |
| 9 | Arpoador (Galeria Viver) | Av. Vieira Souto, Av. Bartolomeu Mitre, Auto- Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía, segurança |
| 10 | Copacabana (Posto 6) | R. Raul Pompéia, R. Francisco Otaviano, Av. Vieira Souto, Av. Bartolomeu Mitre, Auto- Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 11 | Leblon (Belmonte) | R. General Venâncio Flores, Av. Visconde de Albuquerque | Rapidez |
| 12 | Lagoa (Viaduto St. Hilaire) | Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, R. Abelardo Lobo, CT do Flamengo, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |

TAB. 8.3 (cont.) - Tabela-resumo das respostas aos questionários de pesquisa aplicados no bicicletário da PUC-Rio

| ID | Origem (Ponto de referência) | Vias utilizadas | Motivos para escolha da rota |
|-----------|--|---|---|
| 13 | Copacabana (Posto 4) | R. Dias da Rocha, Av. Nossa Senhora de Copacabana, R. Constante Ramos, Av. Altântica, R. Francisco Otaviano, Av. Vieira Souto, Av. Delfim Moreira, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía |
| 14 | Ipanema (Praça N. Sra. da Paz) | R. Nascimento Silva, Canal do Jardim de Alah, Av. Borges de Medeiros, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Mesmo sentido de circulação dos veículos, menor fluxo de veículos |
| 15 | Leblon | Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 16 | Copacabana (Posto 6) | Av. Atlântica, R. Francisco Otaviano, Av. Vieira Souto, Av. Delfim Moreira, Av. Bartolomeu Mitre | Rapidez |
| 18 | Leblon | Av. Visconde de Albuquerque, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 19 | Copacabana (Corte do Cantagalo) | Av. Henrique Dodsworth, Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, CT do Flamengo, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 20 | Horto (R. Pacheco Leão) | R. Jardim Botânico, R. Marquês de São Vicente, R. do Planetário da Gávea | Rapidez |
| 21 | Humaitá (R. Fonte da Saudade) | R. Humaitá, Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía, segurança |
| 22 | Gávea | R. Major Rubem Vaz, Praça Santos Dumont, R. Rodrigo Otávio, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 23 | Lagoa | Av. Epitácio Pessoa, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía |
| 24 | Leblon | R. Gilberto Cardoso, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Comodidade |
| 25 | Ipanema (R. Vinícius de Moraes c/ R. Visconde de Pirajá) | R. Vinícius de Moraes, Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Economia de tarifa |
| 26 | Copacabana (Corte do Cantagalo) | Av. Henrique Dodsworth, Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, Av. Mário Ribeiro, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía |

TAB. 8.3 (cont.) - Tabela-resumo das respostas aos questionários de pesquisa aplicados no bicicletário da PUC-Rio

| ID | Origem (Ponto de referência) | Vias utilizadas | Motivos para escolha da rota |
|-----------|--|---|---|
| 27 | Leblon | R. Dias Ferreira, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Segurança |
| 28 | Leblon | R. General Venâncio Flores, Av. Visconde de Albuquerque, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Único trajeto possível |
| 29 | Leme | Ciclovía da Orla de Copacabana, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía, rapidez |
| 30 | Leme (Supermercado Zona Sul) | R. Venâncio Sampaio, Ciclovía da Orla de Copacabana, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía |
| 31 | Leblon | Av. Visconde de Albuquerque, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 32 | Ipanema (R. Vinícius de Moraes c/ R. Visconde de Pirajá) | Av. Vieira Souto, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 33 | Jardim Botânico (Túnel Rebouças) | R. Jardim Botânico, R. Marquês de São Vicente, R. do Planetário da Gávea, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Rapidez |
| 34 | Leblon (Bar Pink Floyd) | R. Humberto de Campos, Av. Bartolomeu Mitre, Auto-Estrada Lagoa-Barra | Ciclovía |
| 35 | Botafogo (IPHAN) | R. Humaitá, Ciclovía da Lagoa Rodrigo de Freitas, R. Saturnino de Brito, R. Jardim Botânico, R. Marquês de São Vicente, R. do Planetário da Gávea | Ciclovía |

TAB. 8.4 - Relação das vias utilizadas para viagens em direção à PUC-Rio

| Via mencionada pelo entrevistado | Bairro | Frequência |
|---|-----------------|-------------------|
| Av. Padre Leonel Franca | Gávea | 29 |
| Av. Bartolomeu Mitre | Leblon | 16 |
| Av. Vieira Souto | Ipanema | 9 |
| Av. Delfim Moreira | Leblon | 9 |
| Av. Mário Ribeiro | Leblon | 7 |
| Av. Borges de Medeiros | Lagoa | 8 |
| R. Francisco Otaviano | Arpoador | 5 |
| Av. Atlântica | Copacabana | 5 |
| Av. Epitácio Pessoa | Ipanema | 5 |
| R. Jardim Botânico | Jardim Botânico | 5 |
| Av. Visconde de Albuquerque | Leblon | 5 |
| Av. Henrique Dodsworth | Copacabana | 4 |
| R. do Planetário da Gávea | Gávea | 4 |
| R. Marquês de São Vicente | Gávea | 4 |
| R. Constante Ramos | Copacabana | 2 |
| R. Humaitá | Humaitá | 2 |
| R. General Venâncio Flores | Leblon | 2 |
| R. Humberto de Campos | Leblon | 2 |
| R. São Clemente | Botafogo | 1 |
| Av. N. Sra. de Copacabana | Copacabana | 1 |
| R. Dias da Rocha | Copacabana | 1 |
| R. Domingos Ferreira | Copacabana | 1 |
| R. Raul Pompéia | Copacabana | 1 |
| R. Toneleiro | Copacabana | 1 |
| R. Major Rubem Vaz | Gávea | 1 |
| R. Rodrigo Otávio | Gávea | 1 |
| R. Nascimento Silva | Ipanema | 1 |
| R. Vinícius de Moraes | Ipanema | 1 |
| Canal Jardim de Alah | Ipanema/Leblon | 1 |
| R. Pacheco Leão | Jardim Botânico | 1 |
| R. Abelardo Lobo | Lagoa | 1 |
| R. Saturnino de Brito | Lagoa | 1 |
| R. Cupertino Durão | Leblon | 1 |
| R. Dias Ferreira | Leblon | 1 |
| R. Gilberto Cardoso | Leblon | 1 |
| R. Gustavo Sampaio | Leme | 1 |

8.4 APÊNDICE IV: CONTAGENS VOLUMÉTRICAS DE BICICLETAS

TAB. 8.5 – Distribuição dos volumes de bicicletas observados na contagem volumétrica na interseção entre as ruas Real Grandeza e General Polidoro

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE CICLISTAS (11/08) – R. REAL GRANDEZA / R. GENERAL POLIDORO / R. PINHEIRO GUIMARÃES | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|----------|-------------------|----------|-----------------|-----------|---------------|------------|
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | 15 min | 1 h |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | |
| 16:00-16:15 | 1 | 1 | 32 | 4 | 1 | 1 | 7 | 0 | 3 | 1 | 51 | 237 |
| 16:15-16:30 | 3 | 3 | 36 | 2 | 0 | 2 | 10 | 0 | 5 | 1 | 62 | |
| 16:30-16:45 | 3 | 1 | 32 | 6 | 2 | 0 | 6 | 0 | 2 | 2 | 54 | |
| 16:45-17:00 | 6 | 8 | 43 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 1 | 70 | |
| 17:00-17:15 | 5 | 2 | 24 | 4 | 1 | 0 | 8 | 0 | 3 | 1 | 48 | 212 |
| 17:15-17:30 | 5 | 1 | 29 | 2 | 7 | 2 | 11 | 0 | 4 | 0 | 61 | |
| 17:30-17:45 | 2 | 0 | 30 | 3 | 6 | 1 | 8 | 0 | 3 | 4 | 57 | |
| 17:45-18:00 | 1 | 1 | 23 | 3 | 2 | 1 | 7 | 1 | 3 | 4 | 46 | |
| TOTAL | 26 | 17 | 249 | 29 | 19 | 7 | 63 | 1 | 24 | 14 | 204 | |

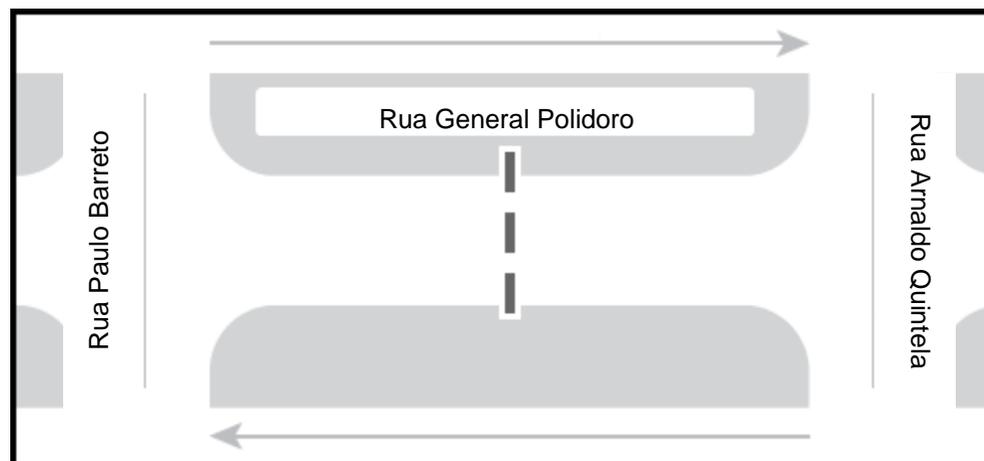
| | | | | | | |
|----------------------|----|---------------------------------|-----------|-----------|------------------------|----|
| | | 176 | | | | |
| | | Rua Real Grandeza (Túnel Velho) | | | | |
| Rua General Polidoro | | 73 | 76 | 27 | Rua Pinheiro Guimarães | |
| | | À DIR. | EM FRENTE | À ESQ. | | |
| 74 | 43 | À ESQ. | | À DIR. | 29 | 71 |
| | 17 | EM FRENTE | | EM FRENTE | 32 | |
| | 13 | À DIR. | | À ESQ. | 10 | |
| | | À ESQ. | EM FRENTE | À DIR. | | |
| Rua General Polidoro | | 8 | 130 | 2 | Rua Pinheiro Guimarães | |
| | | Rua Real Grandeza (FURNAS) | | | | |
| | | 141 | | | | |

FIG. 8.2 – Fluxos direcionais de tráfego de bicicletas durante o período da contagem realizada na interseção entre as ruas Real Grandeza, General Polidoro e Pinheiro Guimarães

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua General Polidoro, nº 186, Botafogo

DATA: 24/09/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente comercial e residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via coletora de mão única (2 faixas), estacionamento proibido, presença de ciclovia bidirecional

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 373 bicicletas Sentido R. Arnaldo Quintela: 204 bicicletas / Sentido R. Paulo Barreto: 169 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO 322 homens (86%) / 51 mulheres (14%)

| | | |
|------------------------------------|--|------------------------|
| DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA | Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 38 bicicletas (10,2%) |
| | Convencional | 199 bicicletas (53,4%) |
| | Elétrica | 24 bicicletas (6,4%) |
| | Bicicleta de carga ou em serviço | 84 bicicletas (22,5%) |
| | Bike Rio | 28 bicicletas (7,5%) |

FIG. 8.3 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua General Polidoro (parte 1)

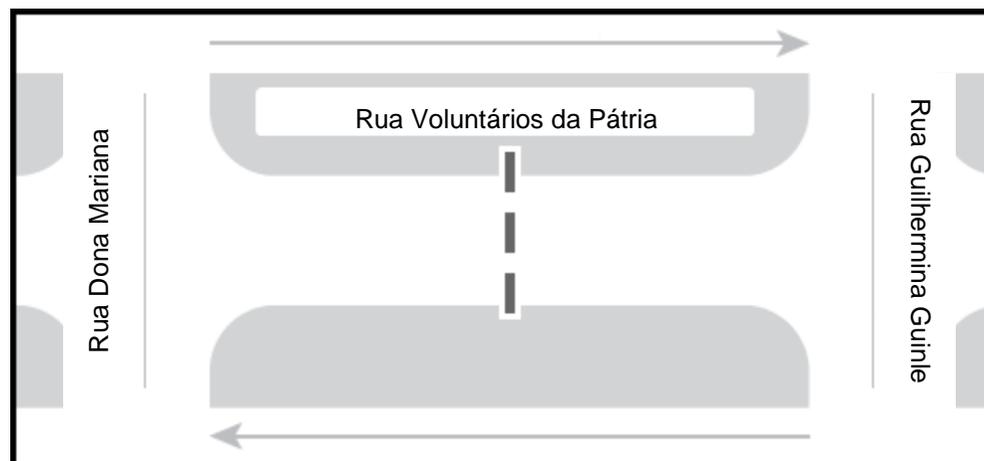
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------------|-----|--|
| SENTIDO R. ARNALDO QUINTELA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | 15 min | 1 h | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 10 | 2 | 2 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 25 | 105 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 12 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 22 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 4** | 11 | 2 | 1 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 25 | | |
| 16:45-17:00 | 3* | 1* | 19 | 4 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 33 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 2* | 18 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 3 | 2 | 31 | 99 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 17 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 26 | | |
| 17:30-17:45 | 1* | 1 | 8 | 0 | 3 | 0 | 6 | 0 | 1 | 1 | 21 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 7 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 21 | | |
| TOTAL | 4 | 8 | 102 | 13 | 10 | 2 | 47 | 0 | 11 | 7 | 204 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. PAULO BARRETO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | 15 min | 1 h | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | | |
| 16:00-16:15 | 3** | 4* | 8 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 20 | 80 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 18 | | |
| 16:30-16:45 | 2* | 0 | 10 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 17 | | |
| 16:45-17:00 | 2* | 1* | 11 | 0 | 3 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 25 | | |
| 17:00-17:15 | 4** | 0 | 13 | 2 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 3 | 30 | 89 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 18 | | |
| 17:30-17:45 | 6** | 4*** | 8 | 0 | 0 | 1 | 6 | 0 | 1 | 0 | 26 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 12 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | | |
| TOTAL | 17 | 9 | 77 | 7 | 10 | 2 | 37 | 0 | 7 | 3 | 169 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.4 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua General Polidoro (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua Voluntários da Pátria, nº 187, Botafogo

DATA: 01/10/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo comercial e residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (3 faixas), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 215 bicicletas

Sentido R. Dona Mariana: 39 bicicletas / Sentido R. Guilhermina Guinle: 176 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

186 homens (87%) / 29 mulheres (13%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 11 bicicletas (5,1%) |
| Convencional | 134 bicicletas (62,3%) |
| Elétrica | 7 bicicletas (3,3%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 45 bicicletas (20,9%) |
| Bike Rio | 18 bicicletas (8,4%) |

FIG. 8.5 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Voluntários da Pátria (parte 1)

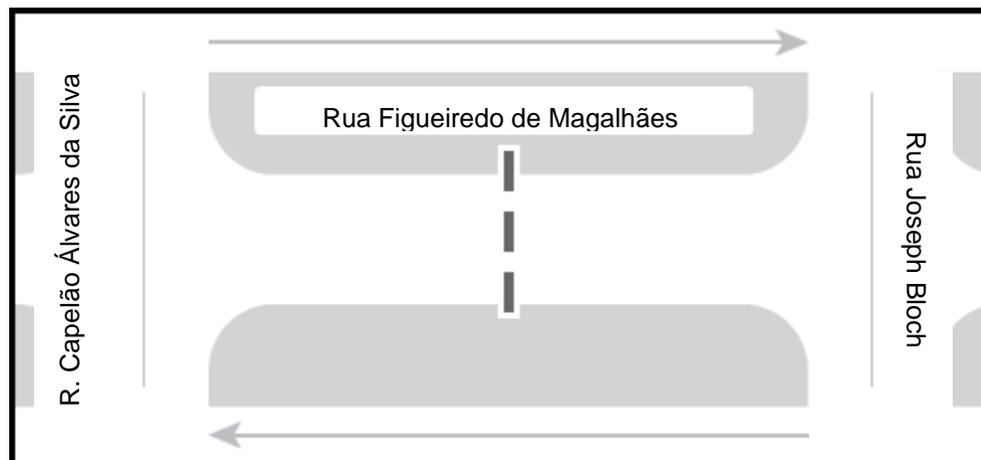
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|-----------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------------|-----|----|
| SENTIDO R. DONA MARIANA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 15 |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 8 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 24 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 7 | | |
| TOTAL | 0 | 0 | 24 | 2 | 1 | 1 | 8 | 0 | 2 | 1 | 39 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. GUILHERMINA GUINLE | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 10 | 1 | 0 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 21 | 80 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 7 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 17 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 8 | 4 | 1 | 1 | 4 | 0 | 2 | 2 | 22 | | |
| 16:45-17:00 | 2 | 2** | 10 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 20 | | |
| 17:00-17:15 | 1* | 1 | 9 | 2 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 19 | 96 | |
| 17:15-17:30 | 2* | 0 | 25 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 36 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 16 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 22 | | |
| 17:45-18:00 | 2* | 1* | 8 | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 19 | | |
| TOTAL | 7 | 4 | 93 | 15 | 4 | 1 | 37 | 0 | 10 | 5 | 176 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.6 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Voluntários da Pátria (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua Figueiredo de Magalhães, nº 647, Copacabana

DATA: 23/09/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (3 faixas), estacionamento permitido, ciclofaixa bidirecional

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 257 bicicletas

Sentido R. Capelão Álvares da Silva: 90 bicicletas / Sentido R. Joseph Bloch: 167 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

224 homens (87%) / 43 mulheres (13%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 13 bicicletas (5,1%) |
| Convencional | 148 bicicletas (57,6%) |
| Elétrica | 15 bicicletas (5,8%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 63 bicicletas (24,5%) |
| Bike Rio | 18 bicicletas (7,0%) |

FIG. 8.7 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Figueiredo de Magalhães (parte 1)

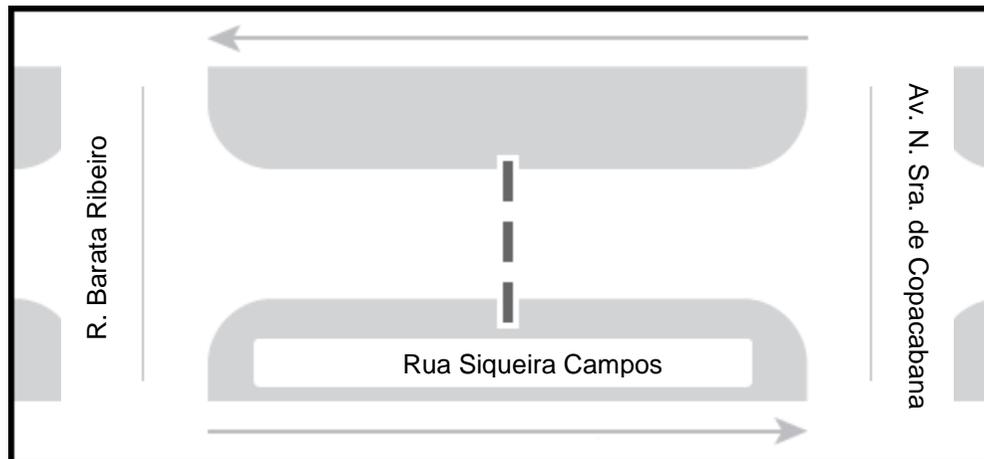
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|-----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|------------|-----|--|
| SENTIDO R. CAPELÃO ÁLVARES DA SILVA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 10 | 49 | |
| 16:15-16:30 | 1 | 1* | 5 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 14 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 12 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 13 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 41 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 13 | | |
| 17:30-17:45 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | | |
| 17:45-18:00 | 4** | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 14 | | |
| TOTAL | 6 | 1 | 36 | 8 | 7 | 0 | 25 | 0 | 4 | 3 | 90 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. JOSEPH BLOCH | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 13 | 0 | 1 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 21 | 90 | |
| 16:15-16:30 | 1 | 1* | 15 | 3 | 1 | 1 | 8 | 0 | 1 | 2 | 33 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 15 | | |
| 16:45-17:00 | 1 | 1* | 10 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1 | 1 | 21 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 15 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 1 | 27 | 77 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 14 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 14 | | |
| 17:45-18:00 | 2* | 0 | 16 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 22 | | |
| TOTAL | 4 | 2 | 94 | 10 | 5 | 3 | 38 | 0 | 5 | 6 | 167 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.8 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Figueiredo de Magalhães (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua Siqueira Campos, nº 57, Copacabana

DATA: 16/09/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente comercial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via coletora de mão única (3 faixas), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 147 bicicletas

Sentido Av. N. Sra. de Copacabana: 98 bicicletas / Sentido R. Barata Ribeiro: 59 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

141 homens (90%) / 16 mulheres (10%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 12 bicicletas (7,6%) |
| Convencional | 80 bicicletas (51,0%) |
| Elétrica | 2 bicicletas (1,3%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 57 bicicletas (36,3%) |
| Bike Rio | 6 bicicletas (3,8%) |

FIG. 8.9 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Siqueira Campos (parte 1)

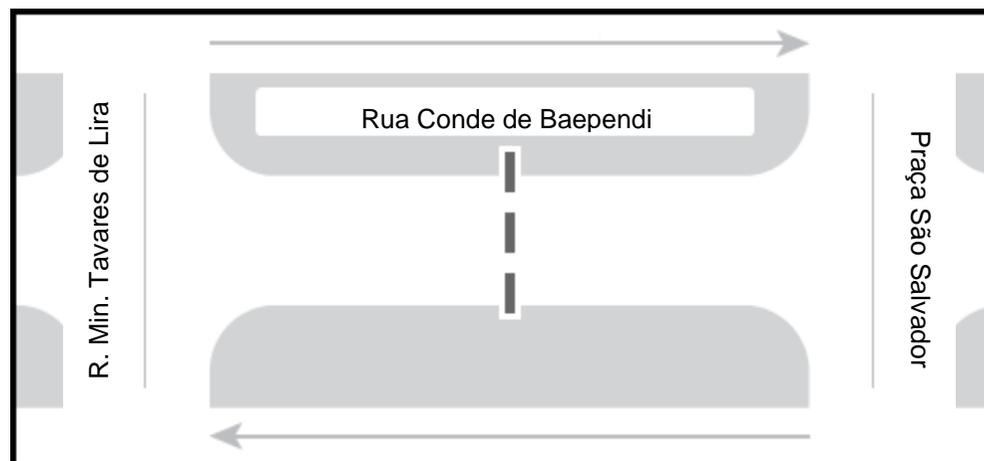
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|--------|-----------|----|
| SENTIDO R. BARATA RIBEIRO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 27 |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 32 |
| 17:15-17:30 | 1 | 1* | 7 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 13 | |
| 17:30-17:45 | 4** | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | |
| TOTAL | 5 | 1 | 27 | 6 | 0 | 0 | 19 | 0 | 1 | 0 | | 59 | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO AV. NOSSA SENHORA DE COPACABANA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 16 | 56 |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11 | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 16 | |
| 16:45-17:00 | 1 | 1* | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | |
| 17:00-17:15 | 1 | 1* | 5 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11 | 42 |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | |
| 17:30-17:45 | 1* | 1 | 7 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 16 | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | |
| TOTAL | 3 | 3 | 43 | 4 | 0 | 2 | 38 | 0 | 5 | 0 | | 98 | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.10 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Siqueira Campos (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua Conde de Baependi, nº 13, Flamengo

DATA: 07/10/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial e comercial, com outros tipos de uso do solo

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via coletora de mão única (4 faixas), estacionamento permitido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 137 bicicletas

Sentido R. Min. Tavares de Lira: 33 bicicletas / Sentido Praça São Salvador: 104 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

126 homens (92%) / 11 mulheres (8%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 10 bicicletas (7,3%) |
| Convencional | 76 bicicletas (55,5%) |
| Elétrica | 1 bicicleta (0,1%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 45 bicicletas (32,8%) |
| Bike Rio | 5 bicicletas (3,6%) |

FIG. 8.11 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Conde de Baependi (parte 1)

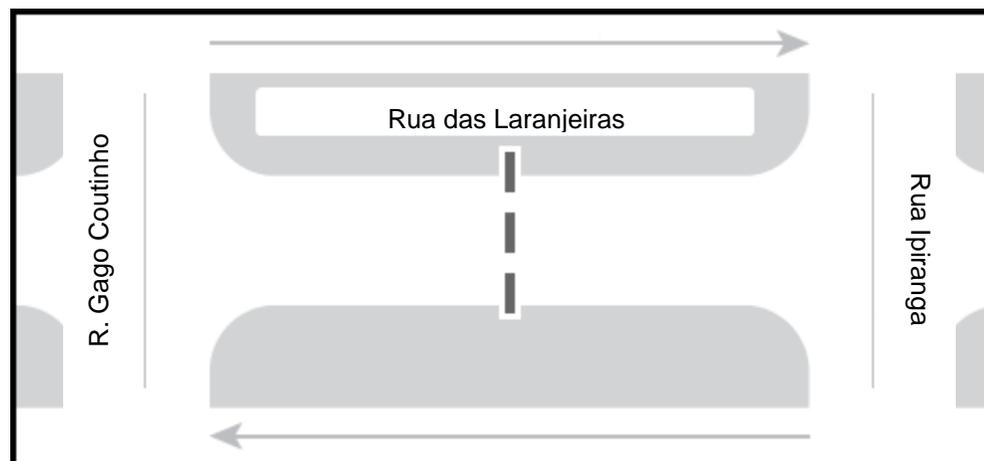
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| SENTIDO R. MINISTRO TAVARES DE LIRA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 9 |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 24 |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 17:45-18:00 | 1 | 1* | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | |
| TOTAL | 1 | 1 | 16 | 2 | 0 | 0 | 11 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 33 |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO PRAÇA SÃO SALVADOR | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 12 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 47 |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 12 | |
| 17:00-17:15 | 1 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 11 | 57 |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | |
| 17:30-17:45 | 3** | 1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | |
| 17:45-18:00 | 2* | 0 | 2 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | |
| TOTAL | 6 | 2 | 52 | 6 | 1 | 0 | 34 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 104 |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.12 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Conde de Baependi (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua das Laranjeiras, nº 119, Laranjeiras

DATA: 14/10/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial e comercial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (3 faixas), estacionamento permitido, ciclofaixa bidirecional

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 239 bicicletas

Sentido R. Ipiranga: 153 bicicletas / Sentido R. Gago Coutinho: 86 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

216 homens (90%) / 23 mulheres (10%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 6 bicicletas (2,5%) |
| Convencional | 149 bicicletas (62,3%) |
| Elétrica | 4 bicicletas (1,7%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 57 bicicletas (23,8%) |
| Bike Rio | 23 bicicletas (9,6%) |

FIG. 8.13 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua das Laranjeiras (parte 1)

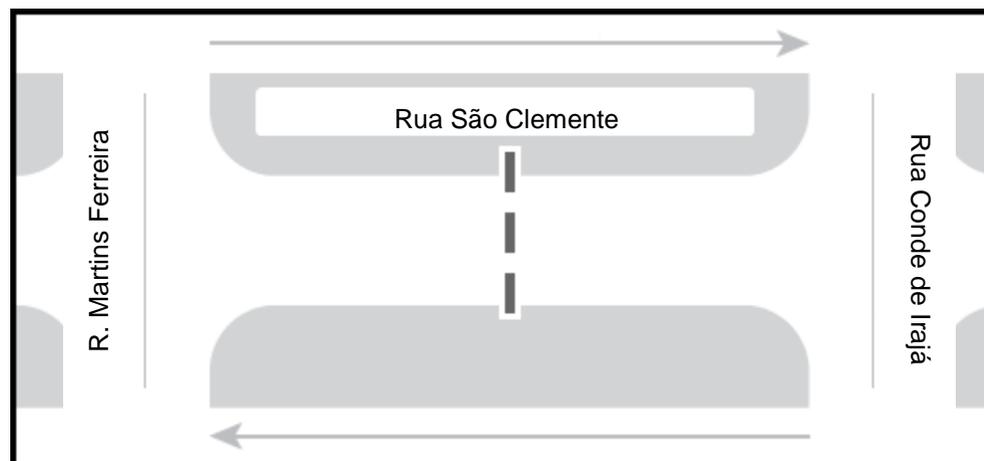
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|------------|-----|--|
| SENTIDO R. IPIRANGA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 2 | 0 | 19 | 78 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 7 | 1 | 2 | 0 | 4 | 0 | 2 | 2 | 18 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 16 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 17 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 25 | | |
| 17:00-17:15 | 1 | 1* | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 13 | 75 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 15 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 24 | | |
| 17:30-17:45 | 1 | 1* | 13 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 20 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 14 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 18 | | |
| TOTAL | 2 | 2 | 95 | 9 | 4 | 0 | 28 | 0 | 9 | 4 | 153 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO RUA GAGO COUTINHO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 11 | 46 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | 2 | 0 | 20 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 9 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 9 | 40 | |
| 17:15-17:30 | 1* | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 10 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 11 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| TOTAL | 1 | 1 | 41 | 4 | 0 | 0 | 29 | 0 | 7 | 3 | 86 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.14 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua das Laranjeiras (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua São Clemente, nº 449, Botafogo

DATA: 27/10/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente institucional (áreas escolares), uso residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (3 faixas), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 171 bicicletas

Sentido R. Conde de Irajá: 122 bicicletas / Sentido R. Martins Ferreira: 49 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

156 homens (91%) / 15 mulheres (9%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 10 bicicletas (5,8%) |
| Convencional | 126 bicicletas (73,7%) |
| Elétrica | 8 bicicletas (4,7%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 15 bicicletas (8,8%) |
| Bike Rio | 12 bicicletas (7,0%) |

FIG. 8.15 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua São Clemente (parte 1)

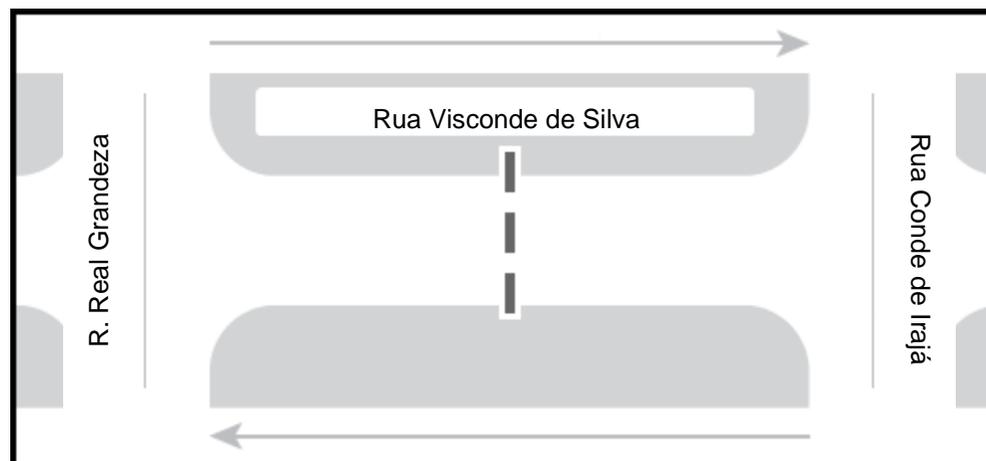
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. MARTINS FERREIRA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 18 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 31 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| TOTAL | 0 | 0 | 37 | 3 | 0 | 0 | 7 | 0 | 2 | 0 | 49 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. MARTINS FERREIRA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 18 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 31 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| TOTAL | 0 | 0 | 37 | 3 | 0 | 0 | 7 | 0 | 2 | 0 | 49 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.16 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua São Clemente (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua Visconde de Silva, nº 52, Botafogo

DATA: 29/10/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial, com áreas comerciais e outros tipos de uso do solo

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (2 faixas), estacionamento proibido, calçada compartilhada

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 99 bicicletas

Sentido R. Conde de Irajá: 77 bicicletas / Sentido R. Real Grandeza: 22 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

88 homens (89%) / 11 mulheres (11%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 6 bicicletas (6,1%) |
| Convencional | 47 bicicletas (47,5%) |
| Elétrica | 8 bicicletas (8,1%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 28 bicicletas (28,3%) |
| Bike Rio | 10 bicicletas (10,1%) |

FIG. 8.17 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Visconde de Silva (parte 1)

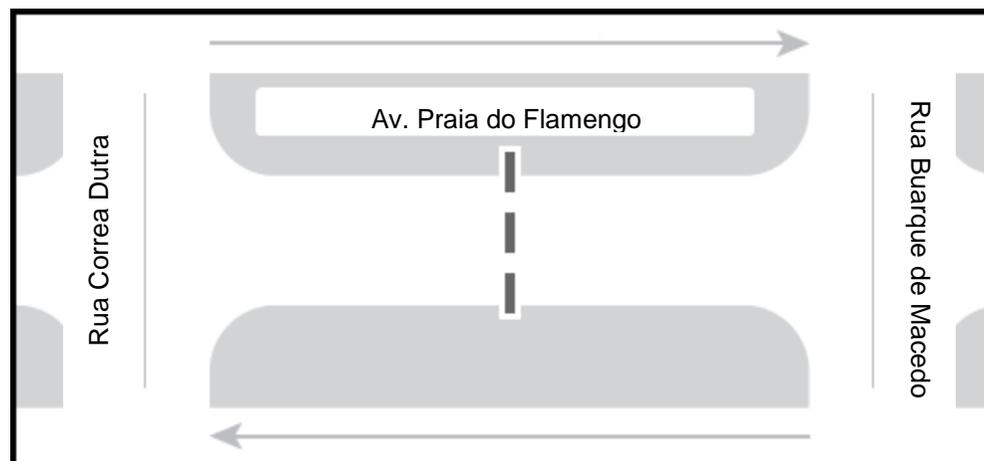
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. REAL GRANDEZA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 | 9 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 13 | |
| 17:15-17:30 | 2** | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | | |
| TOTAL | 2 | 2 | 6 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 5 | 1 | 22 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO RUA CONDE DE IRAJÁ | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 13 | 43 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 9 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 12 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 11 | 34 | |
| 17:15-17:30 | 2* | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | | |
| TOTAL | 2 | 0 | 34 | 5 | 7 | 1 | 24 | 0 | 4 | 0 | 77 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.18 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua Visconde de Silva (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Praia do Flamengo, nº 122, Flamengo (contagem apenas no sentido Botafogo)

DATA: 04/11/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial, com áreas comerciais e outros tipos de uso do solo

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial com 4 faixas no sent. Botafogo, estacionamento proibido, sem infraestrutura ciclovária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 153 bicicletas

Sentido R. Buarque de Macedo: 85 bicicletas / Sentido R. Corrêa Dutra: 68 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

144 homens (94%) / 9 mulheres (6%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 4 bicicletas (2,6%) |
| Convencional | 79 bicicletas (51,6%) |
| Elétrica | 14 bicicletas (9,2%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 45 bicicletas (29,4%) |
| Bike Rio | 11 bicicletas (7,2%) |

FIG. 8.19 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Praia do Flamengo (parte 1)

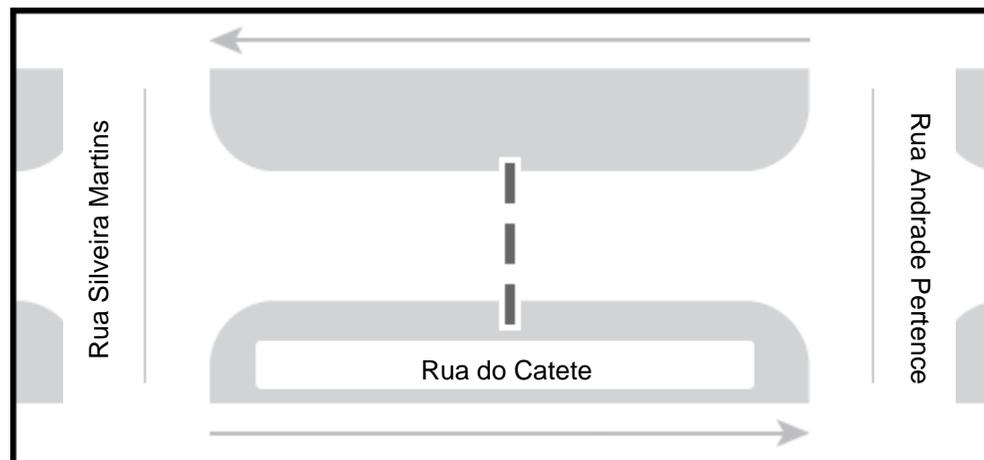
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|-----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|----|
| SENTIDO R. CORREA DUTRA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 18 |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 6 | 2 | 7 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 50 |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 6 | | |
| 17:30-17:45 | 2* | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 10 | | |
| TOTAL | 2 | 0 | 30 | 3 | 13 | 0 | 13 | 0 | 5 | 2 | 68 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO RUA BUARQUE DE MACEDO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 15 | 45 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 8 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 13 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 7 | 40 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 2* | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 11 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 11 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | | |
| TOTAL | 0 | 2 | 44 | 2 | 1 | 0 | 32 | 0 | 4 | 0 | 85 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.20 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Praia do Flamengo (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Rua do Catete, nº 126, Catete

DATA: 04/11/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial, com áreas comerciais e outros tipos de uso do solo

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via coletora de mão única (2 faixas), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 313 bicicletas

Sentido R. Silveira Martins: 103 bicicletas / Sentido R. Andrade Pertence: 210 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

288 homens (86%) / 25 mulheres (14%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 6 bicicletas (1,9%) |
| Convencional | 169 bicicletas (54,0%) |
| Elétrica | 5 bicicletas (1,6%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 90 bicicletas (28,8%) |
| Bike Rio | 43 bicicletas (13,7%) |

FIG. 8.21 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua do Catete (parte 1)

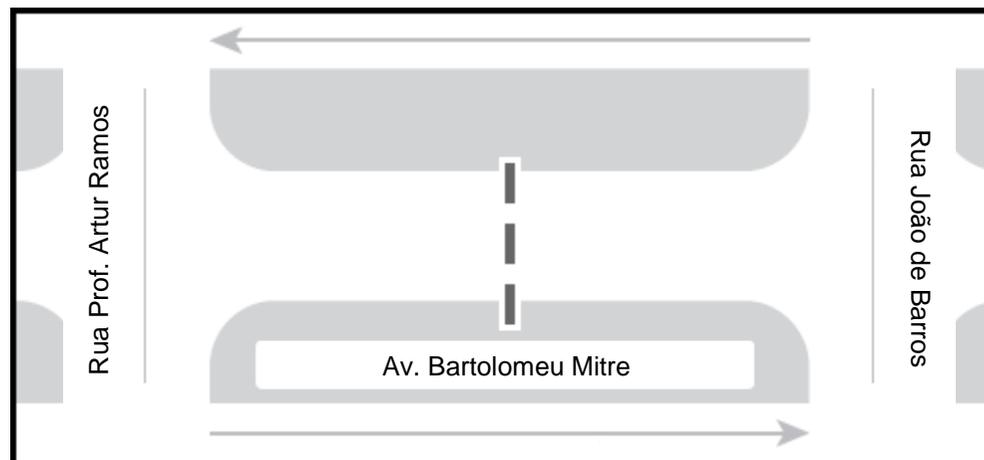
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------------|-----|--|
| SENTIDO R. SILVEIRA MARTINS | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 12 | 48 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 11 | | |
| 16:30-16:45 | 2* | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 14 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 11 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2 | 17 | 55 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 12 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 1 | 15 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 11 | | |
| TOTAL | 2 | 0 | 44 | 3 | 0 | 0 | 33 | 0 | 14 | 7 | 103 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. ANDRADE PERTENCE | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 3 | 1 | 23 | 101 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 17 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 27 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 16 | 0 | 2 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 26 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 15 | 2 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 25 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 16 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 3 | 2 | 29 | 109 | |
| 17:15-17:30 | 2 | 2** | 9 | 1 | 1 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 27 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 13 | 2 | 1 | 1 | 7 | 0 | 6 | 0 | 30 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 14 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 23 | | |
| TOTAL | 2 | 2 | 113 | 9 | 4 | 1 | 57 | 0 | 19 | 3 | 210 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.22 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Rua do Catete (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Av. Bartolomeu Mitre, nº 392, Leblon

DATA: 12/11/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (3 faixas), estacionamento permitido, ciclovia bidirecional

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 203 bicicletas

Sentido R. Prof. Artur Ramos: 87 bicicletas / Sentido R. João de Barros: 116 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

164 homens (81%) / 39 mulheres (19%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 9 bicicletas (4,4%) |
| Convencional | 121 bicicletas (59,6%) |
| Elétrica | 26 bicicletas (12,8%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 22 bicicletas (10,8%) |
| Bike Rio | 25 bicicletas (12,3%) |

FIG. 8.23 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Bartolomeu Mitre (parte 1)

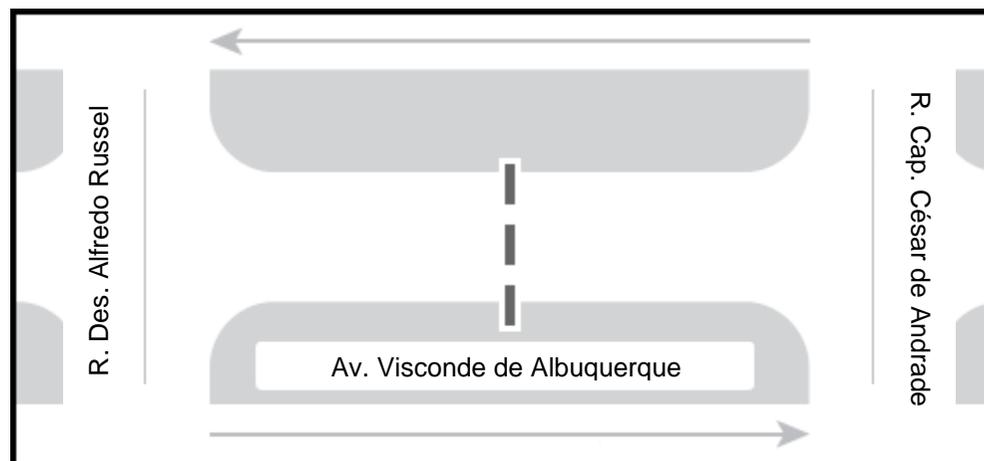
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|-----------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------------|-----|--|
| SENTIDO R. PROFESSOR ARTUR RAMOS | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 | 42 | |
| 16:15-16:30 | 1 | 0 | 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 16 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 11 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 7 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 74 | |
| 17:15-17:30 | 1 | 1* | 13 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 4 | 26 | | |
| 17:30-17:45 | 1 | 1* | 10 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 18 | | |
| 17:45-18:00 | 1 | 1* | 9 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 19 | | |
| TOTAL | 4 | 4 | 65 | 10 | 8 | 8 | 5 | 0 | 7 | 5 | 116 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. JOÃO DE BARROS | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 37 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 1 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 11 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 6 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 15 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 8 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 10 | 50 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 10 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 17 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 10 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 13 | | |
| TOTAL | 0 | 1 | 39 | 7 | 7 | 3 | 17 | 0 | 12 | 1 | 87 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.24 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Bartolomeu Mitre (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Av. Visconde de Albuquerque, nº 956, Leblon

DATA: 19/11/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial (2 faixas por sentido), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 145 bicicletas

Sentido R. Des. Alfredo Russel: 75 bicicletas / Sentido R. Cap. César de Andrade: 70 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

113 homens (78%) / 32 mulheres (22%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 13 bicicletas (9,0%) |
| Convencional | 104 bicicletas (71,7%) |
| Elétrica | 17 bicicletas (11,7%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 10 bicicletas (6,9%) |
| Bike Rio | 1 bicicleta (0,7%) |

FIG. 8.25 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Visconde de Albuquerque (parte 1)

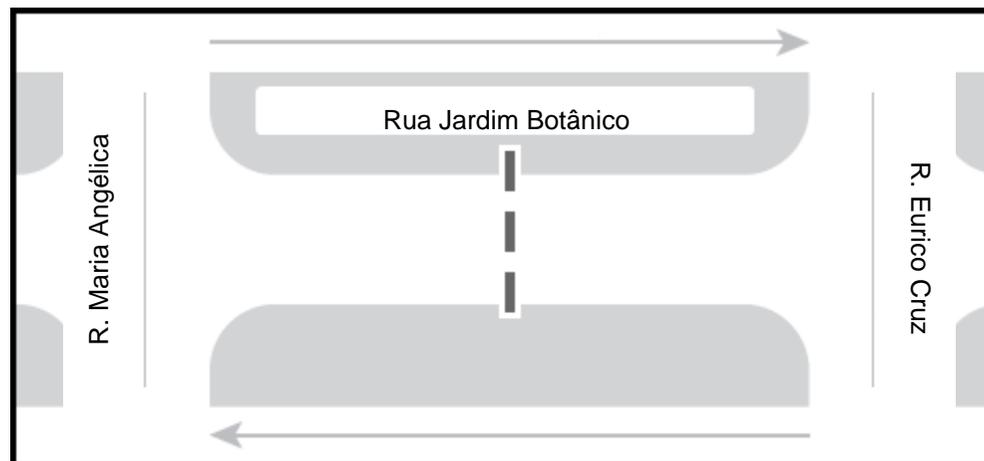
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|-----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. DESEMBARGADOR ALFREDO RUSSEL | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 33 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 1 | 11 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 42 | |
| 17:15-17:30 | 1 | 1* | 7 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 16 | | |
| 17:30-17:45 | 2* | 1* | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| TOTAL | 3 | 4 | 46 | 4 | 9 | 3 | 5 | 0 | 0 | 1 | 75 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. CAP. CÉSAR DE ANDRADE | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 8 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 39 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 11 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 1 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 31 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 1 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 17:45-18:00 | 2* | 1* | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| TOTAL | 2 | 4 | 41 | 13 | 2 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 70 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.26 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Visconde de Albuquerque (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: R. Jardim Botânico, nº 192, Jardim Botânico

DATA: 10/11/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo residencial e comercial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial (2 faixas por sentido), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 128 bicicletas

Sentido R. Maria Angélica: 70 bicicletas / Sentido R. Eurico Cruz: 58 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

109 homens (85%) / 19 mulheres (15%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 0 bicicletas (0,0%) |
| Convencional | 88 bicicletas (68,8%) |
| Elétrica | 13 bicicletas (10,2%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 23 bicicletas (18,0%) |
| Bike Rio | 4 bicicletas (3,1%) |

FIG. 8.27 – Resultados da contagem volumétrica realizada na R. Jardim Botânico (parte 1)

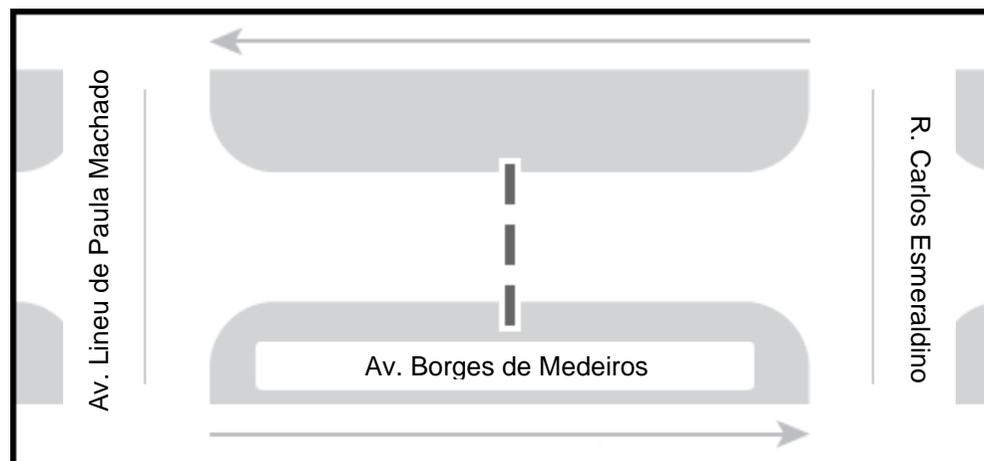
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. MARIA ANGÉLICA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 33 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 15 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 7 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 37 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 7 | 3 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 17 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 7 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| TOTAL | 0 | 0 | 38 | 9 | 5 | 2 | 14 | 0 | 2 | 0 | 70 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. EURICO CRUZ | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 24 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 34 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 12 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 10 | | |
| TOTAL | 0 | 0 | 33 | 8 | 6 | 0 | 9 | 0 | 2 | 0 | 58 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.28 – Resultados da contagem volumétrica realizada na R. Jardim Botânico (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Av. Borges de Medeiros nº 3193, Lagoa (contagem apenas no sentido Humaitá)

DATA: 18/11/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial (2 faixas no sentido Humaitá), estacionamento proibido, ciclovia compartilhada

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 302 bicicletas

Sentido Av. Lineu de P. Machado: 142 bicicletas / Sentido R. Carlos Esmeraldino: 161 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

223 homens (74%) / 79 mulheres (26%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 26 bicicletas (8,6%) |
| Convencional | 212 bicicletas (70,2%) |
| Elétrica | 28 bicicletas (9,3%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 6 bicicletas (2,0%) |
| Bike Rio | 30 bicicletas (9,9%) |

FIG. 8.29 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Borges de Medeiros (parte 1)

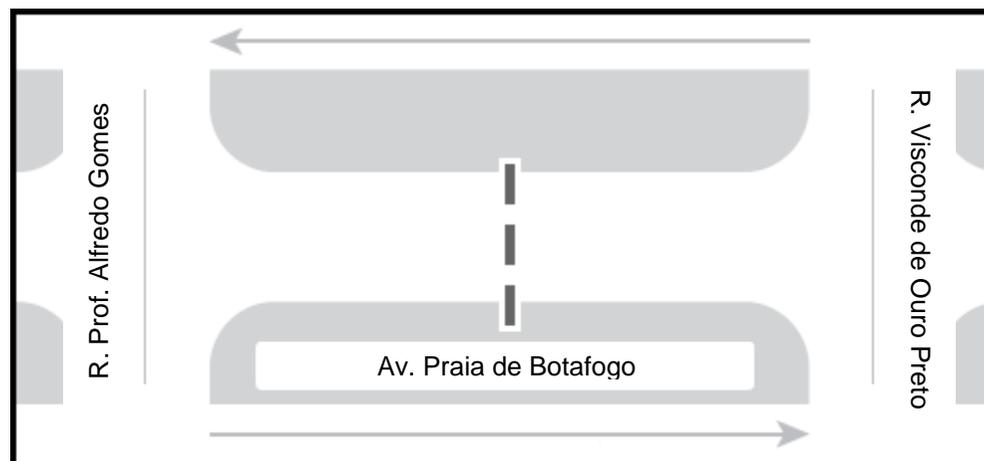
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-----------|--------------|-----------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------------|-----|--|
| SENTIDO AV. LINEU DE PAULA MACHADO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 11 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 16 | 63 | |
| 16:15-16:30 | 1 | 1* | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 16:30-16:45 | 1 | 0 | 8 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 16 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 7 | 9 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 22 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 78 | |
| 17:15-17:30 | 1 | 3** | 11 | 3 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 27 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 2* | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 17 | | |
| TOTAL | 3 | 6 | 82 | 26 | 9 | 4 | 4 | 0 | 5 | 2 | 141 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. CARLOS ESMERALDINO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 7 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 58 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 11 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 10 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 16 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 18 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 15 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 28 | 103 | |
| 17:15-17:30 | 1* | 1 | 13 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 21 | | |
| 17:30-17:45 | 3* | 0 | 12 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 23 | | |
| 17:45-18:00 | 3** | 6** | 13 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 31 | | |
| TOTAL | 7 | 10 | 86 | 18 | 8 | 7 | 2 | 0 | 17 | 6 | 161 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.30 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Borges de Medeiros (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Av. Praia de Botafogo, nº 370, Botafogo (contagem apenas no sentido Botafogo Praia Shopping)

DATA: 15/12/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo residencial e comercial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial (4 faixas no sentido analisado), estacionamento proibido, sem infraestrutura cicloviária

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 149 bicicletas

Sentido R. Prof. Alfredo Gomes: 90 bicicletas / Sentido R. Visc. de Ouro Preto: 59 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

134 homens (90%) / 15 mulheres (10%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 7 bicicletas (4,7%) |
| Convencional | 85 bicicletas (57,0%) |
| Elétrica | 12 bicicletas (1,3%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 44 bicicletas (29,5%) |
| Bike Rio | 11 bicicletas (7,4%) |

FIG. 8.31 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Praia de Botafogo (parte 1)

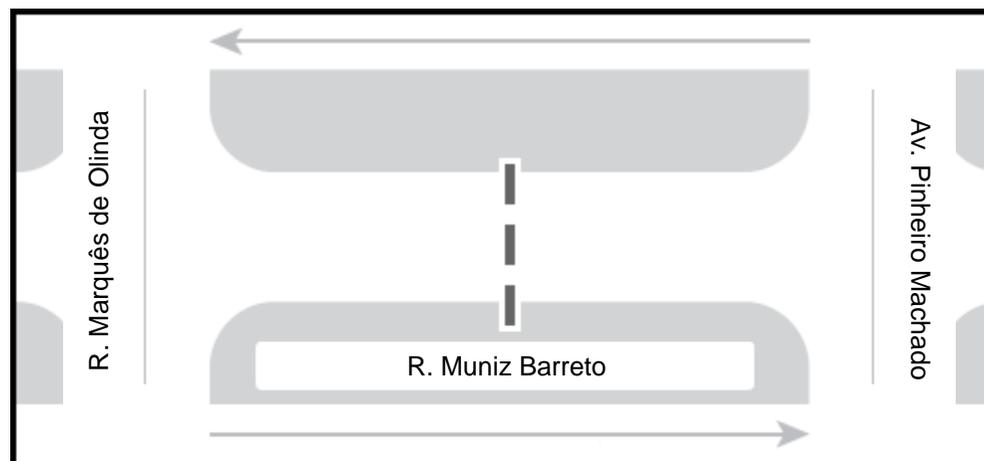
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. PROF. ALFREDO GOMES | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1 | 18 | 51 | |
| 16:15-16:30 | 3* | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 11 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 10 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 12 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 39 | |
| 17:15-17:30 | 2* | 0 | 4 | 4 | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 16 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 11 | | |
| TOTAL | 5 | 0 | 42 | 8 | 1 | 1 | 23 | 0 | 7 | 3 | 90 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. VISCONDE DE OURO PRETO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 11 | 30 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 29 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 14 | | |
| 17:45-18:00 | 1 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| TOTAL | 2 | 0 | 32 | 3 | 0 | 0 | 21 | 0 | 1 | 0 | 59 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.32 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Praia de Botafogo (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: R. Muniz Barreto, nº 47, Botafogo

DATA: 08/12/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo residencial e comercial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial de mão única (3 faixas), estacionamento proibido, calçada compartilhada

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 131 bicicletas

Sentido R. Marquês de Olinda: 74 bicicletas / Sentido Av. Pinheiro Machado: 47 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

108 homens (89%) / 13 mulheres (11%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|-----------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 2 bicicletas (1,7%) |
| Convencional | 80 bicicletas (66,1%) |
| Elétrica | 2 bicicletas (1,7%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 20 bicicletas (16,5%) |
| Bike Rio | 17 bicicletas (14,0%) |

FIG. 8.33 – Resultados da contagem volumétrica realizada na R. Muniz Barreto (parte 1)

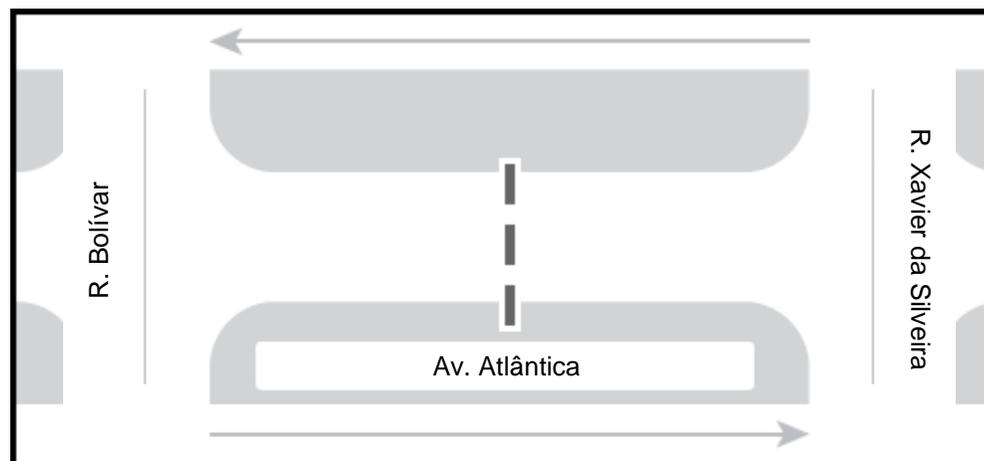
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. MARQUÊS DE OLINDA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | 15 min | 1 h | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 5 | 26 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 13 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 1 | 6 | 1 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 14 | 48 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 12 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 9 | | |
| 17:45-18:00 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 11 | | |
| TOTAL | 1 | 1 | 47 | 4 | 2 | 0 | 11 | 0 | 4 | 4 | 74 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO AV. PINHEIRO MACHADO | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | 15 min | 1 h | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 9 | 26 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 21 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 9 | | |
| 17:45-18:00 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 6 | | |
| TOTAL | 0 | 0 | 26 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 8 | 1 | 47 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.34 – Resultados da contagem volumétrica realizada na R. Muniz Barreto (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: Av. Atlântica, nº 3116, Copacabana (contagem apenas no sentido Leme)

DATA: 10/12/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via arterial (3 faixas no sentido Leme), estacionamento proibido, ciclovia bidirecional

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 644 bicicletas

Sentido R. Bolívar: 300 bicicletas / Sentido R. Xavier da Silveira: 344 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

502 homens (78%) / 142 mulheres (22%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 21 bicicletas (3,3%) |
| Convencional | 398 bicicletas (61,8%) |
| Elétrica | 42 bicicletas (6,5%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 47 bicicletas (7,3%) |
| Bike Rio | 136 bicicletas (21,1%) |

FIG. 8.35 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Atlântica (parte 1)

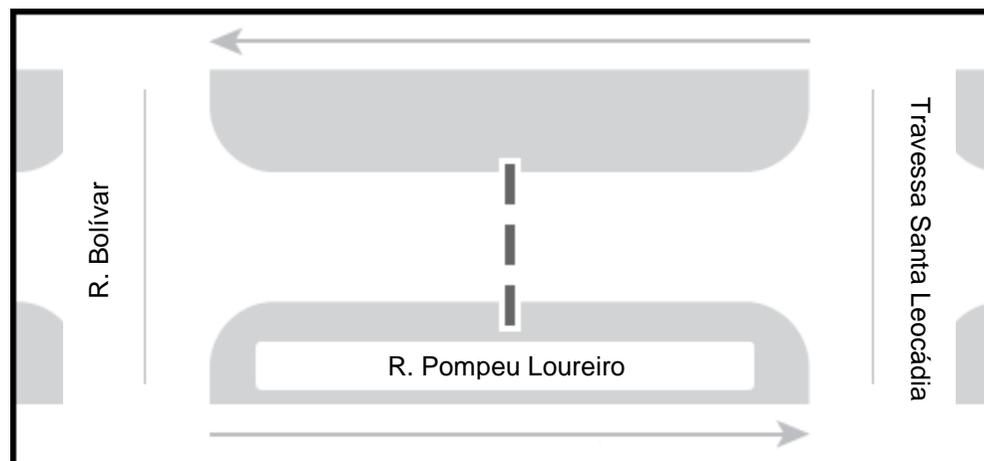
| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----|--|
| SENTIDO R. BOLÍVAR | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 1 | 20 | 2 | 4 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 31 | 154 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 17 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 6 | 4 | 33 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 32 | 5 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 43 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 20 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 5 | 47 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 2* | 15 | 3 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 4 | 30 | 146 | |
| 17:15-17:30 | 2* | 2* | 16 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 7 | 2 | 37 | | |
| 17:30-17:45 | 2* | 1 | 22 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 41 | | |
| 17:45-18:00 | 2* | 0 | 13 | 8 | 2 | 2 | 2 | 0 | 5 | 4 | 38 | | |
| TOTAL | 6 | 6 | 155 | 33 | 17 | 6 | 17 | 0 | 36 | 24 | 300 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO R. XAVIER DA SILVEIRA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 1 | 0 | 19 | 3 | 2 | 1 | 3 | 0 | 5 | 2 | 36 | 159 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 1 | 14 | 4 | 1 | 1 | 5 | 0 | 3 | 1 | 30 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 25 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 2 | 4 | 39 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 28 | 5 | 0 | 3 | 6 | 0 | 11 | 1 | 54 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 27 | 7 | 1 | 1 | 2 | 0 | 10 | 5 | 53 | 185 | |
| 17:15-17:30 | 1 | 1* | 20 | 4 | 0 | 0 | 7 | 0 | 6 | 4 | 43 | | |
| 17:30-17:45 | 0 | 0 | 21 | 6 | 0 | 0 | 2 | 0 | 8 | 6 | 43 | | |
| 17:45-18:00 | 3* | 2* | 22 | 3 | 5 | 1 | 2 | 0 | 4 | 4 | 46 | | |
| TOTAL | 5 | 4 | 176 | 34 | 11 | 8 | 30 | 0 | 49 | 27 | 344 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.36 – Resultados da contagem volumétrica realizada na Av. Atlântica (parte 2)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE BICICLETAS

LOCAL: R. Pompeu Loureiro, nº 116, Copacabana

DATA: 17/12/2015



CARACTERÍSTICAS DE USO DO SOLO: Uso do solo predominantemente residencial

CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA: Via coletora de mão única (3 faixas), estacionamento proibido, ciclofaixa bidirecional

RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

TOTAL: 181 bicicletas

Sentido R. Bolívar: 98 bicicletas / Sentido Tv. Santa Leocádia: 83 bicicletas

DISTRIBUIÇÃO POR SEXO

165 homens (91%) / 16 mulheres (9%)

DISTRIBUIÇÃO POR TIPO DE BICICLETA

| | |
|--|------------------------|
| Com cadeira para criança (Ciclista + Carona) | 10 bicicletas (5,5%) |
| Convencional | 108 bicicletas (59,7%) |
| Elétrica | 2 bicicletas (1,1%) |
| Bicicleta de carga ou em serviço | 51 bicicletas (28,2%) |
| Bike Rio | 10 bicicletas (5,5%) |

FIG. 8.37 – Resultados da contagem volumétrica realizada na R. Pompeu Loureiro (parte 1)

| DISTRIBUIÇÃO DOS VOLUMES OBSERVADOS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|-----|--|
| SENTIDO R. BOLÍVAR | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 9 | 0 | 1 | 1 | 17 | 54 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 8 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 15 | | |
| 16:45-17:00 | 2* | 0 | 8 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 14 | | |
| 17:00-17:15 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 10 | 44 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 17:30-17:45 | 2* | 0 | 15 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 20 | | |
| 17:45-18:00 | 2* | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| TOTAL | 6 | 0 | 54 | 6 | 1 | 0 | 26 | 0 | 4 | 1 | 98 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |
| SENTIDO TRAVESSA SANTA LEOCÁDIA | | | | | | | | | | | | | |
| HORÁRIO | TIPO DE BICICLETA | | | | | | | | | | TOTAL | | |
| | COM CADEIRA P/ CRIANÇA | | CONVENCIONAL | | ELÉTRICA | | EM SERVIÇO | | BIKE RIO | | | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | 15 min | 1 h | |
| 16:00-16:15 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 8 | 44 | |
| 16:15-16:30 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 10 | | |
| 16:30-16:45 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 18 | | |
| 16:45-17:00 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 17:00-17:15 | 2* | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 39 | |
| 17:15-17:30 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 7 | | |
| 17:30-17:45 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | | |
| 17:45-18:00 | 1 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 13 | | |
| TOTAL | 4 | 0 | 40 | 8 | 1 | 0 | 25 | 0 | 4 | 1 | 83 | | |
| Nota: * = Criança transportada na bicicleta | | | | | | | | | | | | | |

FIG. 8.38 – Resultados da contagem volumétrica realizada na R. Pompeu Loureiro (parte 2)

8.5 APÊNDICE V: LEVANTAMENTO DE USO DO SOLO

Este apêndice apresenta os resultados do levantamento de uso do solo comercial e residencial adjacente aos 18 segmentos viários escolhidos para pesquisas de contagem de tráfego de bicicletas (TAB. 8.5). A proporção de cada tipo de uso do solo é determinada pelo comprimento observado deste uso do solo em um comprimento de 100 m de segmento viário, que é calculada pela EQ. 8.1:

$$Uso (Com. ou Res.) = 100 \left(\frac{\sum L_i}{2L_t} \right)$$

EQ. 8.1

onde L_i é o comprimento da edificação i com uso do solo comercial no pavimento térreo, em metros, e L_t é comprimento do segmento viário, em metros. Além disso, o valor de L_t é multiplicado por dois pelo fato de a análise de uso do solo adjacente ser feita para os dois lados do segmento viário.

TAB. 8.6 – Resultados do levantamento de uso do solo em 18 segmentos viários

| Segmento viário | Comprimento (m) | | | Proporção de uso do solo por 100 m | |
|--|-----------------|----------|----------|------------------------------------|-----------|
| | Segmento | Uso res. | Uso com. | Residencial | Comercial |
| R. General Polidoro, 168 | 64,50 | 10 | 45,39 | 15,50 | 70,37 |
| R. Voluntários da Pátria, 180 | 84,87 | 30,27 | 49,75 | 35,66 | 58,61 |
| R. São Clemente, 449 | 69,00 | 27,12 | 8,01 | 39,28 | 11,61 |
| R. Visconde de Silva, 71 | 267,40 | 115,73 | 88,54 | 43,28 | 33,11 |
| R. Muniz Barreto, 47 | 233,95 | 126,01 | 0 | 53,86 | 0 |
| Praia de Botafogo, 370 (Sentido Botafogo) | 179,13 | 27,39 | 134,18 | 15,26 | 74,91 |
| R. Figueiredo de Magalhães, 643 | 61,70 | 59,37 | 0 | 96,22 | 0 |
| R. Siqueira Campos, 57 | 94,14 | 2,76 | 63,60 | 2,93 | 67,55 |

TAB. 8.6 (cont.) – Resultados do levantamento de uso do solo em 18 segmentos viários

| Segmento viário | Comprimento (m) | | | Proporção de uso do solo por 100 m | |
|---|-----------------|----------|----------|------------------------------------|-----------|
| | Segmento | Uso res. | Uso com. | Residencial | Comercial |
| Av. Atlântica, altura do nº 3115 (Sentido Leme) | 143,47 | 64,68 | 0 | 45,08 | 0 |
| R. Pompeu Loureiro, 101 | 152,42 | 124,41 | 0 | 81,62 | 0 |
| R. Conde de Baependi, 13 | 113,44 | 45,34 | 28,30 | 39,97 | 25,38 |
| R. das Laranjeiras, 212 | 157,44 | 101,22 | 24,24 | 64,28 | 15,39 |
| R. do Catete, 126 | 157,02 | 3,40 | 79,38 | 2,16 | 50,42 |
| Praia do Flamengo, 122 (Sentido Botafogo) | 157,02 | 56,90 | 8,59 | 36,24 | 5,47 |
| R. Jardim Botânico, 192 | 100,60 | 56,09 | 17,65 | 55,75 | 17,64 |
| Av. Borges de Medeiros, 3193 (Sentido Humaitá) | 108,96 | 8,96 | 37,51 | 8,21 | 34,42 |
| Av. Visconde de Albuquerque, 956 | 72,99 | 72,99 | 0 | 100 | 0 |
| Av. Bartolomeu Mitre, 392 | 69,72 | 69,72 | 0 | 100 | 0 |

8.6 APÊNDICE VI: CONTAGENS VOLUMÉTRICAS DE VEÍCULOS MOTORIZADOS

Este apêndice apresenta os resultados das contagens volumétricas classificadas de veículos motorizados realizadas nos locais de contagem de tráfego de bicicletas durante intervalos de 15 minutos do horário de pico de viagens não motorizadas em terças, quartas e quintas de dias úteis (TAB. 8.6). Considerou-se também condições climáticas favoráveis à circulação de bicicletas.

Os veículos motorizados foram classificados em quatro categorias: carro, moto, ônibus e caminhões. A metodologia de cálculo adotada pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP) foi adotada para o cálculo dos volumes equivalentes de veículos, na qual ônibus e caminhões tem peso igual a dois. A EQ. 8.2 foi utilizada para calcular os volumes equivalentes

$$Volume\ equivalente = \frac{V_{autos} + V_{motos} + 2(V_{ônibus} + V_{caminhões})}{4} \quad EQ. 8.2$$

TAB. 8.7 – Contagens volumétricas classificadas em 18 segmentos viários

| Local | Carro | Moto | Ônibus | Cami-nhão | Vol. eq 15 min | Vol. 1h |
|--|-------|------|--------|-----------|----------------|---------|
| R. das Laranjeiras | 409 | 30 | 26 | 10 | 511 | 2044 |
| R. Conde de Baependi, 13 | 415 | 56 | 19 | 5 | 519 | 2076 |
| Praia do Flamengo, 122 (sentido Botafogo) | 315 | 25 | 17 | 1 | 376 | 1504 |
| R. do Catete, 128 | 218 | 34 | 20 | 4 | 300 | 1200 |
| R. Muniz Barreto, 47 | 248 | 24 | 37 | 7 | 360 | 1440 |
| Praia de Botafogo, 370 (Sentido R. São Clemente) | 385 | 37 | 62 | 4 | 554 | 2216 |
| R. São Clemente, 449 | 442 | 34 | 102 | 2 | 580 | 2320 |
| R. Visconde de Silva, 52 | 374 | 11 | 4 | 1 | 395 | 1580 |
| R. Voluntários da Pátria, 187 | 339 | 28 | 29 | 4 | 433 | 1732 |
| R. General Polidoro, 186 | 278 | 41 | 3 | 3 | 331 | 1324 |
| Av. Atlântica, 3116 (Sentido Leme) | 565 | 32 | 19 | 13 | 661 | 2644 |
| R. Pompeu Loureiro, 116 | 357 | 50 | 4 | 3 | 421 | 1684 |
| R. Figueiredo de Magalhães, 647 | 456 | 43 | 54 | 8 | 623 | 2492 |

TAB. 8.7 (cont.) – Contagens volumétricas classificadas em 18 segmentos viários

| | | | | | | |
|---|-----|-----|----|---|-----|------|
| R. Siqueira Campos, 57 | 175 | 15 | 10 | 2 | 214 | 856 |
| Av. Borges de Medeiros, 3193 (Sentido Humaitá) | 126 | 101 | 4 | 5 | 245 | 980 |
| R. Jardim Botânico, 128 | 451 | 65 | 30 | 3 | 582 | 2328 |
| Av. Bartolomeu Mitre, 392 | 247 | 36 | 29 | 9 | 359 | 1436 |
| Av. Visconde de Albuquerque, 956 | 559 | 55 | 21 | 6 | 668 | 2672 |

8.7 APÊNDICE VII: MODELAGEM MATEMÁTICA

TAB. 8.8 – Dados utilizados

| Screen line | Volume | Pop_400 | UsoRes | UsoCom | ViaCicl | ProxViaCicl | BikeRio_400 | ClassFuncVia | NumFaixas |
|---|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| Av. Atlântica (Sentido Leme) | 644 | 15505 | 45 | 39 | 1 | 0 | 4 | 1 | 3 |
| R. General Polidoro, 168 | 373 | 10714 | 16 | 70 | 1 | 0 | 3 | 0 | 2 |
| Av. Borges de Medeiros, 3193 (Sentido Humaitá) | 302 | 2663 | 34 | 8 | 1 | 0 | 4 | 1 | 2 |
| R. Figueiredo de Magalhães, 625 | 257 | 24233 | 96 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 3 |
| R. das Laranjeiras, 212 | 239 | 15626 | 64 | 15 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| Av. Bartolomeu Mitre, 392 | 203 | 17478 | 100 | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 3 |
| R. Pompeu Loureiro, 116 | 181 | 20584 | 82 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| R. Muniz Barreto, 47 | 121 | 8388 | 54 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| R. Visconde de Silva, 71 | 99 | 9094 | 43 | 33 | 1 | 0 | 4 | 0 | 2 |
| R. do Catete, 126 | 313 | 20384 | 2 | 50 | 0 | 548 | 2 | 1 | 2 |
| R. Voluntários da Pátria, 180 | 215 | 15556 | 34 | 59 | 0 | 440 | 1 | 1 | 3 |
| R. São Clemente, 449 | 171 | 8904 | 29 | 0 | 0 | 521 | 2 | 1 | 3 |
| R. Siqueira Campos, 57 | 157 | 25269 | 3 | 68 | 0 | 172 | 3 | 0 | 3 |
| Praia do Flamengo, 122 (Sentido Botafogo) | 153 | 11930 | 36 | 5 | 0 | 192 | 3 | 1 | 4 |
| Praia de Botafogo, 370 (Sentido Mourisco) | 149 | 11060 | 15 | 75 | 0 | 250 | 5 | 1 | 4 |
| Av. Visconde de Albuquerque, 956 | 145 | 10736 | 100 | 0 | 0 | 265 | 5 | 1 | 4 |
| R. Conde de Baependi, 13 | 137 | 25062 | 40 | 25 | 0 | 187 | 3 | 0 | 4 |
| R. Jardim Botânico, 192 | 128 | 6418 | 56 | 18 | 0 | 256 | 2 | 1 | 4 |

TAB. 8.8 (cont.) – Dados utilizados

| Screen line | Estaciona | NumInt_400 | ProxMetro | VolVeicMot | PorxCorpoDagua | TempMaxDia | Crime | Acidente |
|---|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------------|
| Av. Atlântica (sentido Leme) | 1 | 30 | 652 | 2643 | 0 | 34 | 8 | 395 |
| R. General Polidoro, 168 | 1 | 28 | 692 | 1324 | 1025 | 35 | 13 | 696 |
| Av. Borges de Medeiros, 3193 (Sentido Humaitá) | 1 | 19 | 2272 | 980 | 0 | 32 | 16 | 755 |
| R. Figueiredo de Magalhães, 625 | 0 | 27 | 187 | 2493 | 704 | 31 | 8 | 395 |
| R. das Laranjeiras, 212 | 1 | 30 | 517 | 2043 | 1100 | 30 | 13 | 696 |
| Av. Bartolomeu Mitre, 392 | 0 | 51 | 2615 | 1473 | 428 | 31 | 16 | 755 |
| R. Pompeu Loureiro, 116 | 0 | 24 | 238 | 1683 | 570 | 31 | 8 | 395 |
| R. Muniz Barreto, 47 | 0 | 23 | 677 | 1080 | 258 | 30 | 13 | 696 |
| R. Visconde de Silva, 71 | 1 | 27 | 1210 | 1580 | 1664 | 25 | 13 | 696 |
| R. do Catete, 126 | 0 | 18 | 148 | 1200 | 770 | 29 | 13 | 696 |
| R. Voluntários da Pátria, 180 | 1 | 24 | 614 | 1671 | 969 | 26 | 13 | 696 |
| R. São Clemente, 449 | 1 | 35 | 1230 | 2319 | 1690 | 30 | 13 | 696 |
| R. Siqueira Campos, 57 | 1 | 31 | 246 | 885 | 299 | 38 | 8 | 395 |
| Praia do Flamengo, 122 (Sentido Botafogo) | 0 | 18 | 458 | 1204 | 347 | 29 | 13 | 696 |
| Praia de Botafogo, 370 (Sentido Mourisco) | 1 | 30 | 397 | 2216 | 120 | 35 | 13 | 696 |
| Av. Visconde de Albuquerque, 956 | 1 | 30 | 2963 | 2672 | 757 | 35 | 16 | 755 |
| R. Conde de Baependi, 13 | 0 | 34 | 238 | 2076 | 636 | 29 | 13 | 696 |
| R. Jardim Botânico, 192 | 1 | 29 | 2190 | 2318 | 251 | 31 | 16 | 755 |

FIG. 8.39 – Matriz de correlações entre variáveis para a amostra de dados de 18 contagens

| | VOLUME | Pop_400 | UsoRes | UsoCom | ViaCicl | ProxViaCicl | BikeRio_400 | ClassFuncVia | NumFaixas | Estaciona | NumInt_400 | ProxMetro | VolVeicMot | ProxCorpodagua | TempMaxDia | Crime | Acidente |
|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|------------|---------|----------|
| VOLUME | 1 | ,064 | -,127 | ,236 | ,377 | -,194 | ,083 | ,221 | -,375 | ,168 | -,070 | -,138 | ,160 | -,244 | ,268 | -,341 | -,372 |
| Pop_400 | ,064 | 1 | ,071 | ,157 | -,095 | ,019 | -,150 | -,242 | ,096 | -,476* | ,207 | -,564* | ,035 | -,015 | ,088 | -,634** | -,613** |
| UsoRes | -,127 | ,071 | 1 | -,742** | ,403 | -,424 | ,288 | ,109 | ,273 | -,300 | ,375 | ,457 | ,443 | -,012 | -,093 | ,081 | -,071 |
| UsoCom | ,236 | ,157 | -,742** | 1 | -,277 | ,232 | -,056 | -,130 | -,190 | ,425 | -,105 | -,414 | -,189 | -,037 | ,281 | -,189 | -,085 |
| ViaCicl | ,377 | -,095 | ,403 | -,277 | 1 | -,848** | ,229 | -,342 | -,552* | -,114 | ,075 | ,036 | -,122 | -,010 | -,052 | -,205 | -,249 |
| ProxViaCicl | -,194 | ,019 | -,424 | ,232 | -,848** | 1 | -,406 | ,456 | ,189 | ,107 | -,131 | -,050 | ,113 | ,269 | -,168 | ,216 | ,293 |
| BikeRio_400 | ,083 | -,150 | ,288 | -,056 | ,229 | -,406 | 1 | ,203 | ,119 | ,110 | ,387 | ,418 | ,204 | -,257 | ,381 | ,225 | ,136 |
| ClassFuncVia | ,221 | -,242 | ,109 | -,130 | -,342 | ,456 | ,203 | 1 | ,225 | ,065 | ,009 | ,387 | ,341 | -,244 | ,006 | ,289 | ,192 |
| NumFaixas | -,375 | ,096 | ,273 | -,190 | -,552* | ,189 | ,119 | ,225 | 1 | -,099 | ,222 | ,085 | ,498* | -,321 | ,169 | ,100 | ,066 |
| Estaciona | ,168 | -,476* | -,300 | ,425 | -,114 | ,107 | ,110 | ,065 | -,099 | 1 | ,039 | ,292 | ,234 | ,185 | ,292 | ,163 | ,141 |
| NumInt_400 | -,070 | ,207 | ,375 | -,105 | ,075 | -,131 | ,387 | ,009 | ,222 | ,039 | 1 | ,371 | ,313 | ,108 | ,197 | ,147 | ,068 |
| ProxMetro | -,138 | -,564* | ,457 | -,414 | ,036 | -,050 | ,418 | ,387 | ,085 | ,292 | ,371 | 1 | ,156 | -,055 | ,095 | ,725** | ,533* |
| VolVeicMot | ,160 | ,035 | ,443 | -,189 | -,122 | ,113 | ,204 | ,341 | ,498* | ,234 | ,313 | ,156 | 1 | ,135 | ,073 | -,072 | -,120 |
| ProxCorpodagua | -,244 | -,015 | -,012 | -,037 | -,010 | ,269 | -,257 | -,244 | -,321 | ,185 | ,108 | -,055 | ,135 | 1 | -,486* | ,067 | ,199 |
| TempMaxDia | ,268 | ,088 | -,093 | ,281 | -,052 | -,168 | ,381 | ,006 | ,169 | ,292 | ,197 | ,095 | ,073 | -,486* | 1 | -,217 | -,332 |
| Crime | -,341 | -,634** | ,081 | -,189 | -,205 | ,216 | ,225 | ,289 | ,100 | ,163 | ,147 | ,725** | -,072 | ,067 | -,217 | 1 | ,961** |
| Acidente | -,372 | -,613** | -,071 | -,085 | -,249 | ,293 | ,136 | ,192 | ,066 | ,141 | ,068 | ,533* | -,120 | ,199 | -,332 | ,961** | 1 |

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

**.. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

FIG. 8.40 – Matriz de correlações entre variáveis para a amostra de dados de 9 contagens em locais com infraestrutura cicloviária

| | Volume | Pop_400 | UsoRes | UsoCom | TipoViaCicl | BikeRio_400 | ClassFuncVia | NumFaixas | Estaciona | NumInt_400 | ProxMetro | VolVeicMot | ProxCorpodagua | TempMaxDia | Crime | Acidente |
|----------------|--------|---------|--------|--------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|------------|--------|----------|
| Volume | 1 | ,060 | -,329 | ,501 | ,197 | -,071 | ,067 | ,049 | -,451 | ,013 | -,108 | ,389 | -,459 | ,745* | -,346 | -,398 |
| Pop_400 | ,060 | 1 | ,773* | -,283 | -,709* | -,194 | -,110 | ,707* | ,546 | ,383 | -,463 | ,617 | ,080 | ,089 | -,673* | -,705* |
| UsoRes | -,329 | ,773* | 1 | -,766* | -,559 | ,127 | -,459 | ,741* | ,780* | ,510 | ,007 | ,333 | -,093 | -,225 | -,238 | -,338 |
| UsoCom | ,501 | -,283 | -,766* | 1 | ,408 | -,064 | ,481 | -,574 | -,714* | -,072 | -,154 | -,085 | ,352 | ,347 | -,007 | ,102 |
| Ciclovia | ,197 | -,709* | -,559 | ,408 | 1 | ,447 | ,000 | -,500 | -,316 | ,147 | ,597 | -,392 | -,208 | ,088 | ,540 | ,525 |
| BikeRio_400 | -,071 | -,194 | ,127 | -,064 | ,447 | 1 | -,671* | -,224 | -,071 | ,502 | ,694* | -,167 | ,034 | -,198 | ,587 | ,510 |
| ClassFuncVia | ,067 | -,110 | -,459 | ,481 | ,000 | -,671* | 1 | ,000 | -,316 | -,295 | -,590 | ,212 | ,356 | -,088 | -,309 | -,121 |
| NumFaixas | ,049 | ,707* | ,741* | -,574 | -,500 | -,224 | ,000 | 1 | ,632 | ,341 | -,331 | ,683* | -,351 | ,088 | -,463 | -,494 |
| Estaciona | -,451 | ,546 | ,780* | -,714* | -,316 | -,071 | -,316 | ,632 | 1 | ,259 | -,084 | ,164 | -,256 | -,084 | -,220 | -,284 |
| NumInt_400 | ,013 | ,383 | ,510 | -,072 | ,147 | ,502 | -,295 | ,341 | ,259 | 1 | ,464 | ,017 | ,041 | ,029 | ,273 | ,199 |
| ProxMetro | -,108 | -,463 | ,007 | -,154 | ,597 | ,694* | -,590 | -,331 | -,084 | ,464 | 1 | -,649 | -,244 | -,074 | ,812** | ,668* |
| VolVeicMot | ,389 | ,617 | ,333 | -,085 | -,392 | -,167 | ,212 | ,683* | ,164 | ,017 | -,649 | 1 | -,095 | ,062 | -,764* | -,718* |
| ProxCorpodagua | -,459 | ,080 | -,093 | ,352 | -,208 | ,034 | ,356 | -,351 | -,256 | ,041 | -,244 | -,095 | 1 | -,581 | ,046 | ,200 |
| TempMaxDia | ,745* | ,089 | -,225 | ,347 | ,088 | -,198 | -,088 | ,088 | -,084 | ,029 | -,074 | ,062 | -,581 | 1 | -,164 | -,230 |
| Crime | -,346 | -,673* | -,238 | -,007 | ,540 | ,587 | -,309 | -,463 | -,220 | ,273 | ,812** | -,764* | ,046 | -,164 | 1 | ,972** |
| Acidente | -,398 | -,705* | -,338 | ,102 | ,525 | ,510 | -,121 | -,494 | -,284 | ,199 | ,668* | -,718* | ,200 | -,230 | ,972** | 1 |

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

FIG. 8.41 – Matriz de correlações entre variáveis para a amostra de dados de 9 contagens em locais sem infraestrutura cicloviária

| | VOLUME | Pop_400 | UsoRes | UsoCom | ProxViaCicl | BikeRio_400 | ClassFuncVia | NumFaixas | Estaciona | NumInt_400 | ProxMetro | VolVeicMot | ProxCorpoDagua | TempMaxDia | Crime | Acidente |
|----------------|---------|---------|--------|--------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|------------|--------|----------|
| VOLUME | 1 | ,286 | -,477 | ,323 | ,768* | -,444 | -,436 | -,887** | -,348 | -,615 | -,388 | -,493 | ,305 | -,394 | -,131 | ,015 |
| Pop_400 | ,286 | 1 | -,479 | ,467 | -,162 | -,107 | ,417 | -,378 | -,439 | -,005 | -,648 | -,671* | -,121 | ,082 | -,695* | -,635 |
| UsoRes | -,477 | -,479 | 1 | -,681* | -,236 | ,339 | -,054 | ,601 | ,223 | ,216 | ,880** | ,750* | ,083 | ,024 | ,751* | ,566 |
| UsoCom | ,323 | ,467 | -,681* | 1 | -,008 | -,007 | ,089 | -,348 | ,157 | -,113 | -,611 | -,530 | -,410 | ,236 | -,575 | -,510 |
| ProxViaCicl | ,768* | -,162 | -,236 | -,008 | 1 | -,534 | -,556 | -,764* | ,028 | -,221 | -,048 | -,009 | ,743* | -,497 | ,142 | ,285 |
| BikeRio_400 | -,444 | -,107 | ,339 | -,007 | -,534 | 1 | -,122 | ,561 | ,122 | ,257 | ,263 | ,360 | -,426 | ,700* | ,123 | ,033 |
| ClassFuncVia | -,436 | ,417 | -,054 | ,089 | -,556 | -,122 | 1 | ,229 | ,000 | ,436 | -,039 | -,157 | -,394 | ,260 | -,252 | -,418 |
| NumFaixas | -,887** | -,378 | ,601 | -,348 | -,764* | ,561 | ,229 | 1 | ,115 | ,337 | ,401 | ,601 | -,447 | ,209 | ,413 | ,317 |
| Estaciona | -,348 | -,439 | ,223 | ,157 | ,028 | ,122 | ,000 | ,115 | 1 | ,515 | ,497 | ,358 | ,100 | ,456 | ,036 | -,141 |
| NumInt_400 | -,615 | -,005 | ,216 | -,113 | -,221 | ,257 | ,436 | ,337 | ,515 | 1 | ,278 | ,500 | ,224 | ,408 | -,049 | -,144 |
| ProxMetro | -,388 | -,648 | ,880** | -,611 | -,048 | ,263 | -,039 | ,401 | ,497 | ,278 | 1 | ,724* | ,132 | ,207 | ,718* | ,465 |
| VolVeicMot | -,493 | -,671* | ,750* | -,530 | -,009 | ,360 | -,157 | ,601 | ,358 | ,500 | ,724* | 1 | ,229 | -,034 | ,800** | ,737* |
| ProxCorpoDagua | ,305 | -,121 | ,083 | -,410 | ,743* | -,426 | -,394 | -,447 | ,100 | ,224 | ,132 | ,229 | 1 | -,431 | ,098 | ,211 |
| TempMaxDia | -,394 | ,082 | ,024 | ,236 | -,497 | ,700* | ,260 | ,209 | ,456 | ,408 | ,207 | -,034 | -,431 | 1 | -,328 | -,544 |
| Crime | -,131 | -,695* | ,751* | -,575 | ,142 | ,123 | -,252 | ,413 | ,036 | -,049 | ,718* | ,800** | ,098 | -,328 | 1 | ,937** |
| Acidente | ,015 | -,635 | ,566 | -,510 | ,285 | ,033 | -,418 | ,317 | -,141 | -,144 | ,465 | ,737* | ,211 | -,544 | ,937** | 1 |

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

**.. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

9 ANEXOS

9.1 ANEXO I: CRITÉRIOS PARA REGISTRO DOS VOLUMES DE BICICLETAS

Os critérios para preenchimento dos formulários de contagem de bicicletas consistem em uma combinação de duas metodologias: NBPD (ALTA PLANNING + DESIGN, 2010) e Transporte Ativo (TRANSPORTE ATIVO, [20??]).

9.1.1 RECOMENDAÇÕES PROVENIENTES DA METODOLOGIA DO NBPD

- Os volumes de bicicletas devem ser registrados no formulário de contagem em intervalos de 15 minutos;
- Os volumes devem ser contados nos dois sentidos da via;
- Durante a contagem, deve-se registrar o número de ocupantes da bicicletas em vez da bicicleta individualmente. No exemplo ilustrado pela FIG. 9.1, considera-se dois ciclistas.



FIG. 9.1 – Exemplo para contagem de mais de um ocupante da bicicleta

Fonte: ALTA PLANNING + DESIGN (2010)

9.1.2 RECOMENDAÇÕES UTILIZADAS DA METODOLOGIA DA ONG TRANSPORTE ATIVO

- Os volumes são estratificados por gênero e por tipo de bicicleta;
- O número de crianças é registrado separadamente (no formulário de contagem desenvolvido para este estudo, a criança é indicada por um asterisco);
- Triciclos são contados como duas bicicletas por possuírem largura útil igual ao dobro da largura de uma bicicleta convencional.

9.2 ANEXO II: PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

Este anexo apresenta uma descrição dos critérios de verificação do ajuste de modelos de regressão linear múltipla através do SPSS 21.0.

9.2.1 COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2 E R^2 AJUSTADO)

O coeficiente de determinação múltipla R^2 é a medida de ajuste mais comum dos modelos de regressão linear, e indica a quantidade de redução na variabilidade de Y , obtido através das variáveis explicativas ou regressores do modelo. Matematicamente, R^2 é definido como (EQ. 9.1):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{obs,i} - Y_{est,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{obs,i} - Y_{med,i})^2} \quad \text{EQ. 9.1}$$

em que:

$Y_{obs,i}$: valor observado

$Y_{est,i}$: valor estimado

$Y_{med,i}$: média dos valores observados

O valor de R^2 varia entre zero e um, e valores próximos de um indicam boa qualidade do ajuste dos dados do modelo. Contudo, valores altos de R^2 não implicam necessariamente que o modelo ajustado é bom, dado que a adição de uma nova variável ao modelo aumentará o valor de R^2 independentemente da significância estatística da mesma. Para lidar com esse problema, o coeficiente de determinação múltipla ajustado (R^2_{aj}) é utilizado para verificar a qualidade do ajuste do modelo de regressão. O valor de R^2_{aj} é calculado pela EQ. 9.2:

$$R^2_{aj} = \left(\frac{N - 1}{N - K} \right) \left(\frac{SSE}{SST} \right) \quad \text{EQ. 9.2}$$

em que:

N : Número de observações

K : Número de parâmetros do modelo

$N-1$: Graus de liberdade da SSE

$N-K$: Graus de liberdade da SST

9.2.2 SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO

A significância estatística dos coeficientes de regressão do modelo é determinada por meio de um teste de hipóteses, cuja hipótese nula é a de que os coeficientes β_j assumem valor igual a zero. As hipóteses nula (H_0) e alternativa (H_1) são formuladas conforme mostrado a seguir (EQ. 9.3):

$$\begin{cases} H_0: \beta_j = 0 \\ H_1: \beta_j \neq 0 \end{cases} \quad \text{EQ. 9.3}$$

A estatística-teste t_0 para esse teste de hipóteses é dada por (EQ. 9.4):

$$t_0 = \frac{\beta_j}{\sqrt{\sigma^2 C_{jj}}} \quad \text{EQ. 9.4}$$

onde σ^2 é o erro-padrão do modelo e C_{jj} é o elemento da diagonal da matriz $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ correspondente ao parâmetro β_j .

Essa estatística-teste segue uma distribuição de T-Student com $n-p$ graus de liberdade. Considerando um teste de hipóteses unilateral, a hipótese nula $H_0: \beta_j = 0$ é rejeitada se $|t_0| > t_{\alpha/2, n-p}$, isto é, caso a probabilidade de um valor ser igual ou maior que o valor crítico seja pequena para o nível de significância de α . Assim, conclui-se que a variável x_i é estatisticamente significativa no modelo de regressão.

9.2.3 SIGNIFICÂNCIA GLOBAL DO MODELO DE REGRESSÃO (TESTE F)

O teste para significância da regressão determina a existência de uma relação linear entre a variável resposta Y e algumas das variáveis independentes. O teste de hipóteses para esta situação é dado pela EQ. 9.5:

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0 \\ H_1: \beta_j \neq 0, \quad \text{para qualquer } j = 1, \dots, p \end{cases} \quad \text{EQ. 9.5}$$

em que a hipótese de nulidade H_0 é rejeitada quando ao menos uma variável explicativa x_1, x_2, \dots, x_p contribui significativamente para o modelo.

A estatística de teste F_0 utilizada para avaliar a significância do modelo de regressão é dada pela EQ. 9.6:

$$F_0 = \frac{SQR/p}{SQE/(n-p-1)} \quad \text{EQ. 9.6}$$

Em que:

SQR é a soma dos quadrados da regressão

SQE é a soma dos quadrados dos erros (resíduos)

n é o número de observações

p é o número de parâmetros de regressão

p é o número de graus de liberdade da SQR

$n-p-1$ é o número de graus de liberdade da SQE

A hipótese de nulidade é rejeitada se $F_0 > F_{(1-\alpha; p; n-p-1)}$ e se o p-valor é menor que o nível de significância considerado, igual a α . O SPSS 21.0 adota o valor de α igual a 0,05 ou 5%.

9.2.4 TESTE DE DURBIN-WATSON

O teste de Durbin-Watson é utilizado para verificar a autocorrelação dos resíduos de uma análise de regressão. Essa condição é verificada através da EQ. 9.7:

$$\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + \mu_t$$

EQ. 9.7

onde ε tem distribuição normal com média zero, variância constante e é um termo residual não correlacionado. A condição de ausência de autocorrelação é satisfeita quando o valor de ρ é igual a zero, que corresponde à hipótese de nulidade do teste de Durbin-Watson.

A estatística-teste d é dada pela EQ. 9.8:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

EQ. 9.8

em que e_t corresponde aos valores dos resíduos estimados pelo modelo em determinado instante de tempo e n é o número de observações.

A estatística de Durbin-Watson assume valores entre 0 e 4, sendo que valores de d próximos a 2 são desejáveis. Contudo, valores situados no intervalo entre 1,5 e 2,5 são considerados aceitáveis e, nesta situação, os erros podem ser considerados independentes. O *software* SPSS 21.0 apenas calcula o valor dessa estatística de teste sem informar a significância estatística do valor obtido.

9.2.5 TESTE DE SHAPIRO-WILK

O teste de Shapiro-Wilk é utilizado para verificar a normalidade de uma distribuição de uma amostra aleatória de dados menor que 50.

H_0 : Os dados provêm de uma distribuição normal

H_1 : Os dados não provêm de uma distribuição normal

O SPSS 21.0 informa apenas o nível de significância da estatística de teste sem informar o valor da mesma, isto é, apenas se a hipótese de nulidade deve ser rejeitada não. O nível de significância adotado pelo SPSS 21.0 para realizar esse teste é igual a 0,05. Assim, H_0 é rejeitada se o valor-p é menor que 0,05 e a distribuição analisada não corresponde à distribuição normal.

9.2.6 TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV (K-S)

O teste de Kolmogorov-Smirnov é um teste de aderência que compara a distribuição de frequência acumulada de um conjunto de valores observados da amostra com uma distribuição esperada ou teórica. Este teste é indicado para analisar a distribuição de uma amostra aleatória com tamanho maior que 50 observações. As hipóteses do teste K-S são:

H_0 : Os dados provêm de uma distribuição esperada ou teórica

H_1 : Os dados não provêm de uma distribuição esperada ou teórica

As distribuições teóricas analisadas pelo SPSS 21.0 são: normal, Poisson, exponencial e uniforme. Como resultado, o *software* informa apenas o nível de significância da estatística de teste sem informar o valor da mesma, isto é, apenas se a hipótese de nulidade deve ser rejeitada não. O nível de significância adotado pelo SPSS 21.0 para realizar esse teste é igual a 0,05. Assim, H_0 é rejeitada se o

valor-p é menor que 0,05 e a distribuição analisada não corresponde à distribuição teórica.