

Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário

Pablo Brilhante de Sousa¹ e Eiji Kawamoto²

Resumo: A meta deste trabalho é propor um procedimento para identificar e quantificar os fatores que influem no uso de bicicletas e apresentar a forma como estes fatores podem ser usados para avaliar e planejar a implantação de ciclovias e/ou ciclofaixas em uma área urbana. Para tanto, foi elaborado um método que consistiu, inicialmente, de obtenção de dados socioeconômicos e de viagens urbanas de locais dotados de ciclovias e/ou ciclofaixas disponíveis para a população e de contagens volumétricas de ciclistas antes e depois da implantação da infraestrutura cicloviária. Em seguida, foi realizado um experimento a partir da caracterização dos dados socioeconômicos, de viagens e de infraestrutura cicloviária, e posterior estimação de um modelo de escolha discreta, que possibilitou a identificação destes fatores e serviu para quantificar a demanda cicloviária. Através da construção de cenários antes e depois da implantação da infraestrutura cicloviária e da comparação entre contagens volumétricas de ciclistas da Região Metropolitana da Baixada Santista, realizadas em pontos preestabelecidos, e a estimação da demanda cicloviária nestes pontos usando o modelo de escolha discreta, concluiu-se que a meta foi alcançada.

Palavras-chave: planejamento ciclo viário; uso da bicicleta; modelos de escolha discreta; e infraestrutura cicloviária.

Abstract: The main aim of this work is to propose a procedure to identify and quantify the factors that influence the use of bicycles and to present how these factors can be used to evaluate and plan the deployment of segregated bike lanes and/or cyclelanes in an urban area. For attaining the aim, a method was developed and consisted firstly in to obtain socioeconomic data and travel data in places equipped with segregated bike lanes and/or cyclelanes available to the population and with counts of cyclists before and after the implementation of cycling infrastructure. Then, an experiment was conducted which consisted of characterization of the socioeconomic data and urban trips and cycling infrastructure from which a discrete choice model was estimated that allowed the identification of factors that influence the use of bicycles in a Santos Metropolitan Area and was used to quantify the cycling demand on predetermined points. The main aim of this work was obtained by the construction of scenarios before and after the implementation of cycling infrastructure and the comparison between counts of cyclists in a Santos Metropolitan Area and the estimation of cycling demand in these points using discrete choice model.

Keywords: bicycle facility planning; use of bicycle; discrete choice models; and infrastructure cycling.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de promover melhores condições de locomoção para os usuários dos modos não-motorizados tem recebido atenção crescente na área de planejamento de transporte nos anos recentes no Brasil. Os planejadores estão se deparando com um interesse popular crescente no uso da bicicleta e da caminhada, tanto em viagens utilitárias (trabalho e/ou escola) como para saúde e recreação e, além disso, em promover alternativas ao uso do automóvel por razões ambientais e que sejam, de preferência, seguras e convenientes.

Alguns estudos, como Zhang et al. (2014), já detectaram fatores comportamentais que influenciam a escolha do modo e da rota pelos usuários da bicicleta. Sabe-se que aspectos socioeconômicos, uso e ocupação do solo, tempo de viagem, vias segregadas, entre outras características, podem servir para determinar a maior ou menor propensão ao uso da bicicleta.

Vale ressaltar que a análise, antes e depois da construção da infraestrutura de apoio aos ciclistas, poderia servir para capturar satisfatoriamente os efeitos das mudanças na distribuição dos modos de viagem nas cidades.

É necessário também verificar mudanças que, porventura, possam ter surgido no cenário econômico durante a inserção da infraestrutura cicloviária na área de estudo. A construção de cenários que representem adequadamente o antes e o depois da implantação desta infraestrutura, inclusive considerando mudanças em setores da economia e demais fatores que influem no uso da bicicleta, pode ser de grande valia na análise do comportamento individual da escolha do modo de viagem da área estudada.

Desta maneira, a meta deste trabalho foi propor um procedimento para identificar e quantificar os fatores que influem no uso de bicicletas e apresentar a forma como estes fatores podem ser usados para avaliar e planejar a implantação de ciclovias e/ou ciclofaixas em uma área urbana. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

1. Definir como área de estudo um local que possua infraestrutura cicloviária para uso da população e um conjunto de dados individuais, com informações socioeconômicas e de viagens urbanas, con-

¹ Pablo Brilhante de Sousa, Universidade Federal da Paraíba. (pablo@ct.ufpb.br)

² Eiji Kawamoto, Universidade de São Paulo. (eiji@usp.br)

Manuscrito recebido em 22/05/2015 e aprovado para publicação em 06/10/2015.

Este artigo é parte de TRANSPORTES v. 23, n. 4, 2015. ISSN: 2237-1346 (online). DOI:10.14295/transportes.v23i4.928

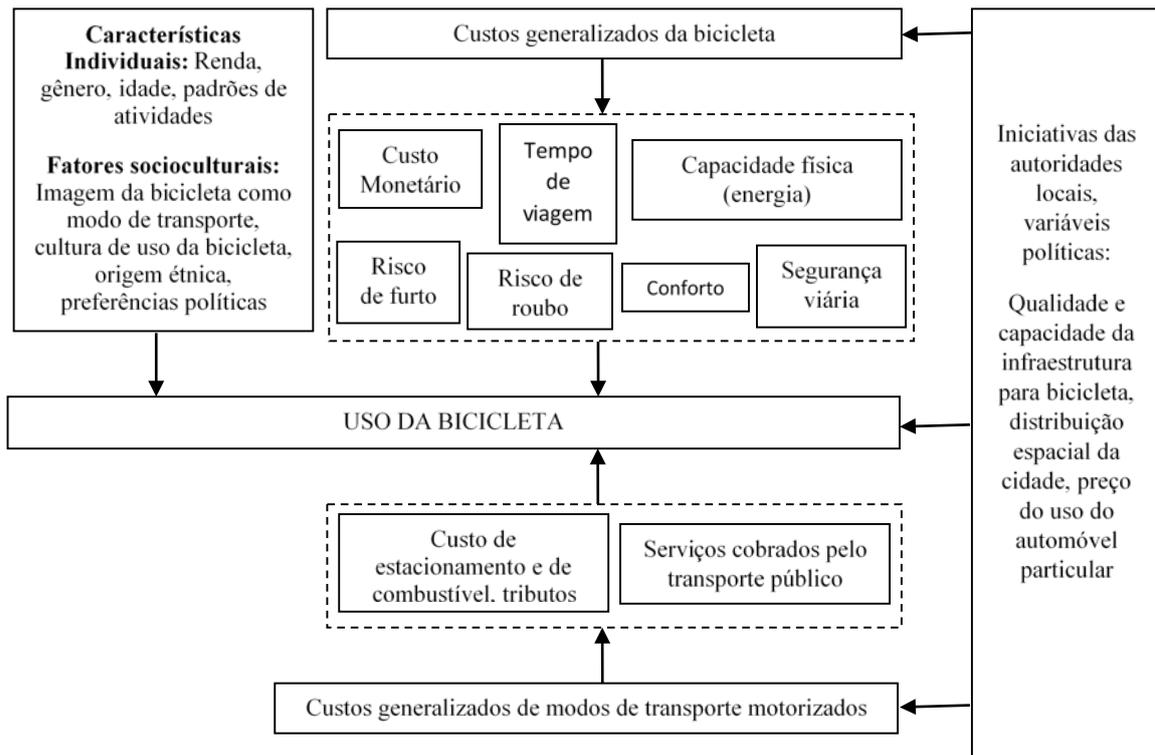


Figura 1. Fluxograma adaptado de Rietveld e Daniel (2004) sobre fatores que influenciam a demanda ciclovária

tendo considerável percentual de viajantes urbanos que utilizam a bicicleta como modo de transporte;

2. Construir um indicador que represente a infraestrutura ciclovária (ciclovias e/ou ciclofaixas) implantada na área a ser estudada;
3. Construir variáveis a partir de informações socioeconômicas e de viagens urbanas;
4. Propor uma técnica que utilizará as variáveis construídas em (ii) e (iii) e tentará representar quantitativamente a escolha do modo ciclovário pelos viajantes urbanos;
5. Comparar o resultado da técnica utilizada para quantificar a escolha do modo ciclovário (número de viagens de bicicleta) com possíveis contagens volumétricas, existentes em pontos preestabelecidos, atuais e anteriores à implantação da infraestrutura ciclovária;
6. Avaliar se o procedimento permite representar adequadamente os cenários que representam as situações atual e anterior à implantação da infraestrutura ciclovária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Rietveld e Daniel (2004), diversos fatores influenciam a demanda ciclovária em áreas urbanas. A Figura 1 mostra a adaptação do fluxograma sugerido pelos autores sobre estes fatores.

O uso da bicicleta depende de características individuais, tais como a renda, idade, gênero e padrões de atividades. A renda determina a posse de veículos que, por sua vez, acarreta impacto na escolha individual do modo de transporte. A idade restringe o uso da bicicleta, já que pessoas mais idosas, geralmente, não dispõem de capacidade

física para pedalar. As mulheres estão mais sujeitas aos riscos sociais (por exemplo, assaltos) do que os homens. Os padrões de atividades individuais tais como ir ao trabalho, ir à escola, visitar amigos ou realizar viagens para tratar de assuntos particulares, também influenciam a escolha do modo de viagem.

De acordo com o fluxograma da Figura 1, os fatores que dizem respeito aos custos generalizados da bicicleta são:

- Tempo de viagem: depende da estrutura espacial das cidades; da presença ou não da infraestrutura ciclovária; tempo de espera nas interseções etc.;
- Capacidade física (energia) e conforto: estes fatores dependem do traçado e da qualidade das vias disponíveis para uso da bicicleta e do preparo físico dos indivíduos. O relevo não plano e níveis elevados de poluição atmosférica combinado com temperaturas altas, por exemplo, afetam negativamente o uso da bicicleta;
- Segurança viária: devido à interação com modos de transporte motorizados há a necessidade de medidas de segurança viária, como a sinalização horizontal e vertical adequada, que proporcionam maior segurança ao ciclista no tráfego compartilhado;
- Riscos de roubos e furtos: se os riscos são altos, as pessoas podem relutar em utilizar a bicicleta ou evitar o uso de modelos de bicicleta melhores, que poderiam encorajá-las a fazer rotas mais longas e com maior frequência (Rietveld e Koetse, 2003);
- Custo monetário da bicicleta: inclui os custos provenientes da manutenção e da permanência em bicicletários.

Por outro lado, podem ser considerados como custos generalizados dos modos de transporte motorizado: custo de combustível e de tributos e custos provenientes do uso

de transporte público. Quanto maiores forem os custos dos modos motorizados e menores forem os recursos das pessoas para custear os deslocamentos do dia-a-dia, maior a probabilidade de uso de modos não-motorizados, como a bicicleta, que é reconhecidamente mais barata do que os modos motorizados.

Obviamente, tanto os custos do uso da bicicleta como dos modos de transporte motorizados podem ser afetados por iniciativas das autoridades locais e políticas de incentivo ou não. Estas autoridades podem, por exemplo, implementar ações diretas de reorganização da estrutura espacial e prover infraestrutura adequada às necessidades dos usuários da bicicleta, tanto em termos de qualidade como de capacidade, e promover o maior uso da bicicleta em áreas urbanas.

Desta forma, políticas públicas de incentivo ao uso da bicicleta através do investimento em infraestrutura cicloviária, com o intuito de eliminar as barreiras na viagem e no destino, tais como vias, bicicletários e vestiários para os usuários das bicicletas, possuem um papel importante no incremento da demanda deste modo em áreas urbanas.

Para tanto, é importante que os gestores públicos estejam subsidiados com informações sobre o perfil dos usuários e de potenciais usuários do modo cicloviário, além disso, tenham conhecimento acerca da demanda e de como ocorre o deslocamento pelas vias urbanas.

Vale ressaltar a atual Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei Federal Nº 12.587 de 03 de janeiro de 2012, que orienta, em suas diretrizes, prioridade dos modos não-motorizados sobre os motorizados; mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade; incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes; entre outras, com o intuito de incentivar o uso de modos não-motorizados nas cidades brasileiras.

Com relação à estimativa da demanda cicloviária, são bastante incipientes os trabalhos que abordam a modelagem da demanda por viagens utilizando bicicletas (Katz, 1995). Segundo An e Chen (2007), Katz (1995) e Porter et al. (1999), a estimativa da demanda cicloviária pode ser obtida através de modelos matemáticos provenientes tanto de dados agregados quanto desagregados. Os modelos agregados são de caráter regional e estimam a demanda em função das características médias da população das zonas de tráfego ou de regiões. Já os modelos desagregados consideram características intrínsecas dos indivíduos envolvidos com a questão, como renda individual, idade, sexo, entre outras.

Ryley (2006) afirma que há 2 tipos de modelos de escolha discreta baseados na demanda cicloviária: modelos de escolha de rota e de escolha do modo. Há uma variedade de estudos que estimam a demanda utilizando modelos logit desagregados baseados em pesquisa de preferência declarada, principalmente, em relação à escolha da rota. Os estudos têm mostrado que o tempo e a segurança são os grandes determinantes na escolha da rota pelos ciclistas. Com relação à escolha do modo, poucos estudos têm procurado modelar a demanda cicloviária com dados de preferência declarada. A dificuldade surge devido ao fato de que o uso da bicicleta é feito por uma minoria da população e, portanto, necessita de pesquisas extensivas com amostra grande.

É possível notar que além da dificuldade de obtenção de dados sobre a demanda cicloviária em áreas urbanas

(visto que, na maioria das cidades, o uso da bicicleta ainda é incipiente e em muitos casos têm como motivo o lazer), os estudos não contemplam informações sobre mudanças que, porventura, possam ter surgido concomitantemente ou em consequência da implantação da infraestrutura cicloviária.

Estudos que analisem os percentuais de uso da bicicleta antes e depois da implantação da infraestrutura cicloviária não são comuns em virtude da falta de dados que permitam a comparação. Talvez seja devido ao fato de que os responsáveis pela gestão urbana, geralmente, estão interessados em implantar a infraestrutura e não em fazer o acompanhamento da demanda cicloviária após a implantação. Não há também estudos que considerem os aspectos regionais de mudanças que, por exemplo, possam surgir em virtude do aquecimento em algum setor da economia.

3. SÍNTESE DO MÉTODO ELABORADO

Com base nas hipóteses de que é possível identificar e quantificar os fatores que influem no uso de bicicletas e de que estes fatores podem ser usados para avaliar e planejar a implantação de ciclovias e/ou ciclofaixas, em uma área urbana, foi proposto o método sintetizado na Figura 2 visando testar e verificar estas hipóteses.

Após obtenção dos dados necessários à pesquisa, foi caracterizada a infraestrutura cicloviária existente, bem como os dados socioeconômicos e de viagens urbanas para a aplicação de um modelo de escolha discreta. A modelagem utilizada permitiu avaliar, tanto qualitativa quanto quantitativamente, fatores que influem no uso da bicicleta e que podem servir para o planejamento de vias para o uso exclusivo de ciclistas. Para as verificações, dois cenários foram construídos:

- Cenário 1: de posse dos pontos de contagem volumétrica de ciclistas, foi calculado o número de viagens de bicicletas através do modelo estimado de escolha discreta nestes pontos. Como não estavam disponíveis valores de contagem após a implantação, os números resultantes através do modelo de escolha discreta foram comparados com as viagens de bicicleta, obtidas diretamente da O/D, e que passam pelos mesmos pontos de contagem. Como o modelo reproduziu o volume adequadamente, um novo cenário foi avaliado. Ressalta-se que, em caso contrário, deveriam ser feitas novas caracterizações e nova comparação entre o resultado do modelo e do volume de ciclistas obtido da O/D;
- Cenário 2: caracterizou-se pela recriação de um cenário anterior à implantação da infraestrutura cicloviária através de modificações que puderam ser notadas em variáveis socioeconômicas e de infraestrutura cicloviária, e calculado novamente o número de viagens de bicicleta nos pontos preestabelecidos através do modelo de escolha discreta estimado. Posteriormente, os resultados foram comparados com os valores reais da contagem volumétrica de ciclistas antes da implantação da infraestrutura. Caso o modelo reproduzisse adequadamente o número de viagens nos pontos, as hipóteses deste trabalho estariam satisfeitas. Caso contrário, a segunda hipótese, que consiste

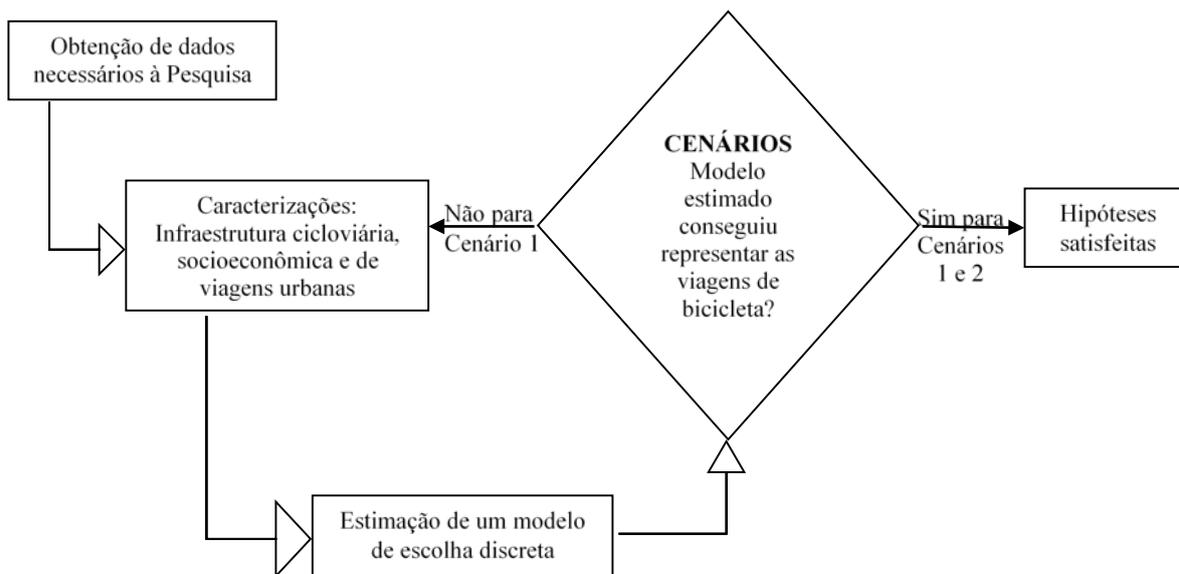


Figura 2. Fluxograma sintetizado do método elaborado

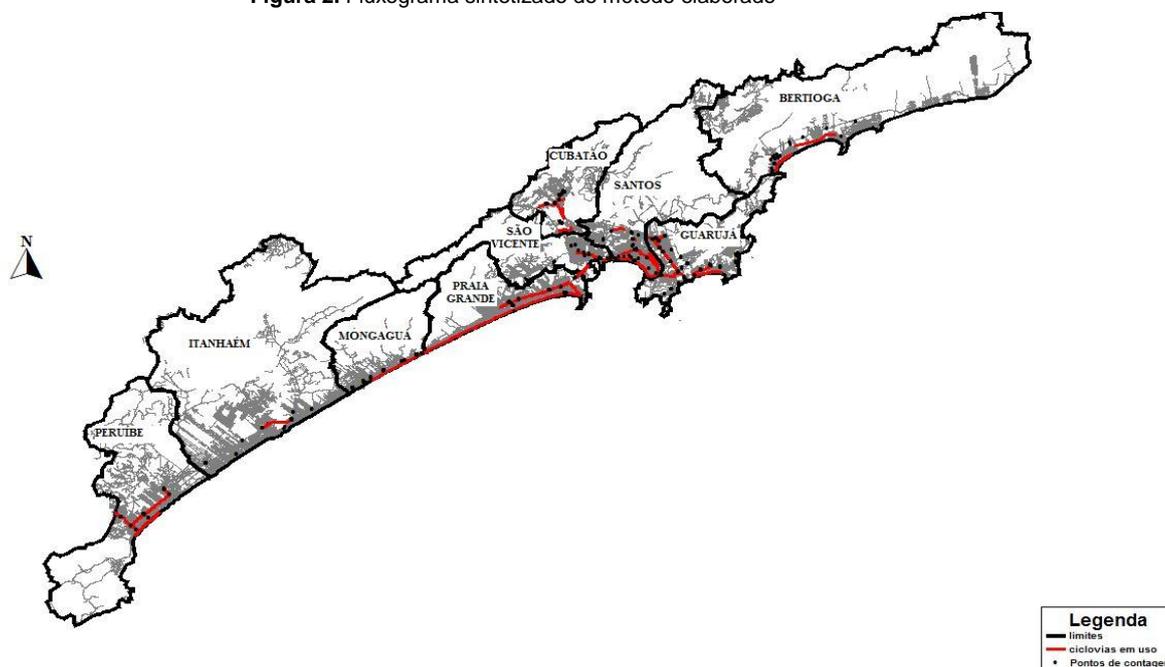


Figura 3. Mapa da RMBS com identificação dos municípios, infraestrutura cicloviária e pontos de contagem de ciclistas

no uso do modelo para avaliar e planejar a infraestrutura cicloviária em áreas urbanas, estaria refutada.

4. DADOS

O trabalho foi desenvolvido com informações da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), criada pela Lei Complementar n.º 815 de 30 de julho de 1996, composta por 9 municípios que ocupam uma área total de 2.373 km², o que corresponde a 0,3% da superfície brasileira e 1,0% do estado de São Paulo.

Santos-SP é o município-sede da RMBS, com sua área urbana situada na ilha de São Vicente, conjuntamente com o município de São Vicente-SP. Na parte continental sul estão localizados os municípios de Peruíbe-SP, Itanhaém-SP, Mongaguá-SP e Praia Grande-SP. Na parte continental central há o município de Cubatão-SP, que se configura como o principal polo industrial da região, e ao norte, se localizam os municípios de Guarujá-SP, localizado na

Ilha de Santo Amaro, e Bertioga-SP, na parte continental do litoral Norte do Estado de São Paulo.

Os dados disponíveis foram o Plano Cicloviário Metropolitano da Região Metropolitana da Baixada Santista (PCM/RMBS), de 2006, que dispunha de pontos de contagem volumétrica de ciclistas anteriores à implantação de cicloviárias e/ou ciclofaixas, além de ter informações que serviram para a construção do indicador que caracterizou a infraestrutura cicloviária existente na RMBS, e a Pesquisa Origem/Destino da RMBS de 2007. A Figura 3 mostra o Mapa da RMBS com identificação dos limites dos municípios, infraestrutura cicloviária existente e pontos de contagem de ciclistas realizadas durante elaboração do PCM/RMBS.

4.1. Plano Cicloviário Metropolitano da Região Metropolitana da Baixada Santista (PCM/RMBS)

A Secretaria de Transportes Metropolitanos, por intermédio da Agência Metropolitana da Baixada Santista –

Tabela 1. Agrupamento e distribuição dos modos de viagem da amostra reduzida

<i>Modo de Viagem Contido na O/D</i>	<i>Modo de Viagem Agrupado</i>	<i>Frequência</i>	<i>%</i>
1 – Dirigindo automóvel; 2- Passageiro de auto; 3 – Táxi; 4 - Moto	Privado	2870	25,9
5 – Ônibus municipal; 6 – Ônibus intermunicipal; 7 – Lotação/Van/Perua; 8 – Microônibus; 9 – Ônibus Fretado; 10 – Transporte escolar	Público	4788	43,2
11 – Bicicleta	Bicicleta	1489	13,4
12 – A pé	A pé	1832	16,5
13 – Outros	Outros	88	0,8

AGEM, elaborou o Plano Cicloviário Metropolitano – PCM da RMBS, em 2006, com intuito de planejar e otimizar os recursos e ações na RMBS e subsidiar as decisões de investimento do Poder Público.

O PCM foi formulado com base na Malha Cicloviária existente, no diagnóstico traçado para a situação atual; na análise e no reconhecimento em campo dos planos das Prefeituras Municipais para implantação de novas ciclovias; e nos estudos desenvolvidos por outros órgãos. Além disso, foram realizadas contagens volumétricas de ciclistas, em todas as cidades da RMBS, com intuito de formular propostas de expansão da malha cicloviária. Desta forma, a pesquisa de fluxo de bicicletas, coletou informações em pontos onde não havia infraestrutura de apoio ao ciclista e apresentou como resultado os seguintes itens: identificação do local da pesquisa; sentido da contagem; dia e o horário de início e fim; e fluxo de bicicletas simples, com carona, com carga e a somatória de ambos.

A AGEM disponibilizou o mapa, em formato digital, da RMBS com todas as ciclovias e/ou ciclofaixas construídas até o ano de 2007 para ser utilizado no trabalho ora desenvolvido. Vale ressaltar que esse mapa foi de grande valia para a obtenção dos indicadores de infraestrutura cicloviária, desenvolvido em um Sistema de Informações Geográficas (*TransCAD*).

Todas as prefeituras municipais foram contatadas pelo autor e, como apenas as Prefeituras de Guarujá-SP, Santos-SP e São Vicente-SP informaram dados de ciclovias e/ou ciclofaixas implantadas no período compreendido entre o término das contagens volumétricas do Plano Cicloviário Metropolitano da Baixada Santista (PCM, 2006) e o início da Pesquisa O/D da RMBS (STM, 2007), foram identificados 10 (dez) ciclovias e/ou ciclofaixas propensos para a análise prevista no Cenário 2.

Os pontos propensos para análise foram: 3 (três) ciclovias em Santos-SP; 2 (duas) ciclovias em São Vicente-SP; e 4 (quatro) ciclofaixas e 1 (uma) ciclovia no município de Guarujá-SP.

4.2. Pesquisa Origem-Destino da Região Metropolitana da Baixada Santista (O-D/RMBS)

Disponibilizado pela Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos – STM/SP, para o uso neste trabalho, o banco de dados contemplou informações sobre os domicílios, famílias, pessoas e viagens realizadas. Contém 8.116 domicílios pesquisados e 26.165 pessoas entrevistadas, que realizaram 30.373 viagens. Vale ressaltar que foram consideradas como viagens os deslocamentos com distância su-

perior a 500 metros (5 quadras) ou quando o motivo da viagem, independentemente da distância percorrida, foi trabalho ou estudo.

Do banco de dados original foi obtida a versão reduzida contendo somente os dados das viagens originadas e destinadas aos municípios de Guarujá-SP, Santos-SP e São Vicente-SP, pois nestes locais havia ciclovias e/ou ciclofaixas identificadas para a análise sugerida neste trabalho.

A amostra reduzida contabilizou 4.890 indivíduos, sendo composta por 2.852 homens (58,32%) e 2.038 mulheres (41,68%), responsáveis por 11.067 viagens. Com relação às informações sobre os modos de transporte, a O/D da RMBS continha treze opções de resposta no questionário utilizado. Conforme mostra a Tabela 1, optou-se por agrupar estes modos de transportes em apenas cinco categorias: privado, público, bicicleta, a pé e outros. O modo público apresentou o maior percentual (43,2%), seguido do modo privado (25,9%). Comparando os modos motorizados versus não-motorizados, os percentuais foram de 69,1% e 29,9%, respectivamente.

Vale ressaltar que o percentual da amostra reduzida referente aos usuários da bicicleta, cerca de 13,45%, além da informação da infraestrutura cicloviária implantada na RMBS através do PCM, permitiu desenvolver a meta e os objetivos específicos deste trabalho.

5. EXPERIMENTO

Para realização do experimento previsto pelo método proposto, baseado em dados provenientes da O/D (2007) e do PCM (2006), foi necessária a caracterização das variáveis socioeconômicas, de viagens urbanas e de infraestrutura cicloviária.

A Tabela 2 mostra as características socioeconômicas e as respectivas classes utilizadas para estimação do modelo de escolha discreta.

Com relação às características das viagens urbanas, foram consideradas 4 alternativas de escolha do modo de viagem, a saber: (1) Privado; (2) Público; (3) Bicicleta; (4) a pé. Os modos a pé, bicicleta e ônibus, foram considerados disponíveis para toda a população do banco de dados já que não havia qualquer restrição ao uso. O modo privado foi considerado disponível para quem realmente o utilizou e, para os demais casos, indisponível caso não houvesse automóvel no domicílio. Além da gratuidade e uso do vale-transporte, outras características consideradas foram: custo monetário, tempo de viagem e distância de viagem.

Foi considerado o custo monetário para o transporte público, obtido a partir do levantamento, junto às Prefeituras e à Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de

Tabela 2. Agrupamento e distribuição dos modos de viagem da amostra reduzida

<i>Variável</i>	<i>Classes utilizadas</i>
Posse de automóveis no domicílio	NA1 – Até 1 auto; e NA2 – Acima de 1 auto
Posse de bicicletas no domicílio	NBIC – Número de bicicletas no domicílio
Renda individual	RI1 – Até R\$800,00; RI2 – De R\$ 800,00 à R\$ 1.600,00; e RI3 – Acima de R\$ 1.600,00
Renda domiciliar	RD1 – Até R\$800,00; RD2 – De R\$ 800,00 à R\$ 1.600,00; e RD3 – Acima de R\$ 1.600,00
Se trabalha ou não	T1 – Tem trabalho; T2 – Ocupado eventualmente/Faz “bico”; e T3 – Em licença médica, Aposentado/Pensionista, Sem trabalho, Nunca trabalhou, Dona de casa, Estudante
Setor de atividade em que atua	AT1 – Agricultura; AT2 – Construção Civil; AT3 – Indústria; AT4 – Comércio; e AT5 – Serviços de transporte de cargas, de transporte de passageiros, creditícios-financeiros, pessoais, de alimentação, de saúde, de educação, especializados, de administração pública, outros
Condição de vínculo empregatício	VE1 – Assalariado com carteira, Funcionário Público, Trabalho doméstico com carteira, Estagiário; VE2 – Assalariado sem carteira, Autônomo, Profissional Liberal, Trabalho doméstico sem carteira; e VE3 – Empregador, Dono de negócio familiar, Trabalhador familiar, Trabalho voluntário
Se estuda ou não	E1 – Não; E2 – Educação Infantil (Creche/Pré-escola); E3 – Ens. Fundamental (1º Grau) – 1ª à 4ª série; E4 – Ens. Fundamental (1º Grau) – 5ª à 8ª série; E5 – Ens. Médio (2º Grau) / Curso Técnico; E6 – Ensino Superior / Universitário; e E7 – Outros
Homem	Sim ou não
Idade	ID1 – de 0 à 12 anos; ID2 – de 12 à 18 anos; ID3 – de 18 à 30 anos; ID4 – de 30 à 40 anos; ID5 – de 40 à 50 anos; e ID6 – acima de 50 anos
Situação familiar	SF1 – Chefe; SF2 – Cônjuge; SF3 – Filho (a); e SF4 – Outro parente; Agregado; Empregado residente; Parente do empregado residente

São Paulo – EMTU/SP, acerca das tarifas, tanto em viagens intramunicipais como intermunicipais, à época da realização da entrevista domiciliar da Pesquisa O/D. Também foi considerado o custo para o modo privado, em que foi utilizada a formulação adaptada de Kawamoto e Setti (1992), onde o único custo percebido pelo indivíduo é o custo do combustível.

O tempo de viagem foi obtido a partir do tempo reportado na O/D referente ao modo utilizado pelo viajante. Ou seja, se o indivíduo declarou que viajou de bicicleta e demorou 1 hora para chegar ao seu destino, no banco de dados, a viagem foi contabilizada para o modo “bicicleta” com o tempo de viagem igual a 1 hora. Já, para os demais modos, foram estimados valores do tempo de viagem baseados na distância percorrida pela rede viária, entre os pares de origem e destino, dividido pela velocidade média estimada a partir da O/D para cada modo de transporte, a saber: 12,30 km/h para o modo privado; 6,01 km/h para o modo público; 9,24 km/h para a bicicleta; e 4,08 km/h para o modo à pé. Vale ressaltar que todas as viagens foram compatibilizadas para a unidade de tempo “hora” e que foram somados, ao tempo declarado, os tempos de caminhada na origem e no destino coletados através do questionário da Pesquisa O/D.

Como a pesquisa O/D não foi georreferenciada, foi necessário supor que todas as viagens tiveram os centróides das zonas de tráfego como origem e destino. Acredita-se que este procedimento não afetou significativamente o resultado da pesquisa, pois poderia haver tanto viagens com origem e destino próximos ao limite adjacente, que separa as zonas de tráfego, ou o contrário, em limites longínquos. Outro procedimento adotado foi a eliminação de áreas verdes não habitadas existentes na RMBS. A eliminação destas

áreas nas zonas de tráfego poderá resultar em distâncias de viagem mais próximas da realidade, já que, na sua maioria, as viagens devem ser originadas e destinadas aos núcleos com presença de vias de acesso e construções diversas. Vale ressaltar que a RMBS, localizada em uma área limitada em 2 direções, seja pela Serra do Mar ou pelo Oceano Atlântico, possui características longilíneas que podem resultar em distâncias de viagem maiores do que em cidades sem qualquer restrição de ordem geográfica.

A caracterização da infraestrutura cicloviária foi baseada na rota de tempo mínimo entre os centróides de origem e destino da viagem. Para definição da rota, foram adotados os valores de velocidade, em km/h, para os trechos sem e com infraestrutura cicloviária (7,50 km/h e 16,02 km/h, respectivamente), baseado no tempo reportado na O/D e nas distâncias percorridas em vias junto ao tráfego de veículos e em vias com a presença de ciclovias e/ou ciclofaixas. Tais valores foram obtidos no banco de dados em viagens onde o ciclista muito provavelmente não utilizou a infraestrutura cicloviária, e vice-versa.

Desta forma, a rota que levou o menor tempo, entre os centróides de origem e destino, baseada em velocidades e nas distâncias percorridas, dentro e fora da infraestrutura cicloviária, foi utilizada para a construção do indicador de infraestrutura cicloviária.

Como se trata da relação entre distância percorrida em ciclovias e/ou ciclofaixas dividida pela distância total entre os centróides de origem e destino, os valores do indicador sempre foram maiores para os indivíduos que utilizaram a rota com a maior presença de infraestrutura cicloviária. Ressalta-se que, caso o valor do indicador seja próximo de 1, a rota utilizada pelo viajante é quase totalmente feita em ciclovias e/ou ciclofaixas.

Tabela 3. Estatística do modelo logit multinomial para escolha do modo

<i>Estatística do Modelo</i>	<i>Valor</i>
Parâmetros estimados	25
Observações	9393
$LL (\beta' = 0)$	-13.021,463
$LL (\beta' = \beta'')$	-8.088,505
ρ	0,379

Tabela 4. Estimativa do modelo logit multinomial para escolha do modo

<i>Parâmetros da Função Utilidade</i>	<i>Valor</i>	<i>Estatística t</i>
<i>Constantes</i>		
Privado	0,00	-
Público	1,72	(14,70)
Bicicleta	-0,98	(-6,44)
À pé	2,22	(24,74)
<i>Tempo de Viagem</i>		
Privado	-1,14	(-12,66)
Público	-0,65	(-14,43)
Bicicleta	-2,30	(-24,99)
À pé	-3,69	(-30,75)
<i>Custo de Viagem</i>		
Privado	-0,164	(-6,80)
Público	-0,178	(-4,08)
<i>Privado</i>		
NA1 – Número de automóveis igual a 1	1,74	(30,68)
NA2 – Número de automóveis maior que 1	3,19	(27,59)
SF1 – Indivíduo é chefe de família	0,621	(11,18)
<i>Público</i>		
VE2 – Assalariado sem carteira, autônomo ou profissional liberal	-0,421	(-7,37)
VE3 – Categoria de empregador, dono de negócio familiar, trabalhador familiar ou voluntário	-0,899	(-5,31)
RD1 – Renda domiciliar de 0 até R\$800,00	-0,579	(-4,84)
RD2 – Renda domiciliar de R\$800,00 até R\$1.600,00	-0,292	(-4,01)
<i>Bicicleta</i>		
AT2 – Trabalha na Construção Civil	1,36	(9,87)
AT3 – Trabalha na Indústria	-0,985	(-3,30)
AT5 – Trabalha em Serviços	-0,488	(-6,38)
<i>Homem</i>		
ID2 – Idade entre 12 e 18 anos	0,483	(1,97)
ID7 – Idade entre 18 e 50 anos	0,251	(2,27)
IND – Indicador de dotação de infraestrutura cicloviária	0,302	(2,96)
NBIC – Número de bicicletas no domicílio	0,537	(17,45)
<i>À pé</i>		
E4 – Pertence ao ensino fundamental (1º grau – 5ª à 8ª série)	1,37	(3,98)

Na Tabela 3 são apresentadas as medidas de desempenho do modelo de escolha discreta, do tipo logit multinomial, estimado para o cálculo das probabilidades individuais para a escolha modal.

Na Tabela 4 são mostrados os valores dos parâmetros das funções utilidade de cada alternativa de modo de transporte, do modelo de escolha discreta do tipo logit multinomial, e os respectivos valores da estatística t que, no caso, foram significativos em nível de 5%.

Com intuito de refutar ou não as hipóteses de que é possível identificar, e quantificar, fatores que influem no uso de bicicletas e de que estes fatores podem ser usados para avaliar e planejar a infraestrutura de apoio ao ciclista e, em sequência ao método utilizado no trabalho ora proposto, na seção seguinte são mostradas as análises obtidas através dos resultados do experimento proposto.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises foram divididas em duas seções, a saber:

- Análise da especificação do modelo de escolha discreta obtido com os dados da RMBS;

- Análise dos Cenários 1 e 2.

Como o esperado, a variável tempo de viagem apresentou coeficiente negativo na função utilidade da bicicleta. Comparando este coeficiente com os estimados para os modos privado e público, nota-se que a sensibilidade ao tempo é maior para os modos não-motorizados, denotando o efeito da fadiga física que aumenta com o tempo de viagem. Desta maneira, pode-se afirmar que o decréscimo no tempo gasto nas viagens de bicicleta obtido, por exemplo, através da implantação de infraestrutura cicloviária, poderá significar maior aumento da quantidade demandada de transporte por bicicleta em áreas urbanas do que se fosse decrescido o mesmo tempo em viagens através do modo privado ou público.

Em relação às variáveis que dizem respeito ao setor de atividade, no qual as pessoas estão inseridas, os sinais foram negativos para as atividades de indústria e de serviços. Vale ressaltar que, na RMBS, a cidade que concentra atividades relacionadas à indústria é Cubatão/SP que, por sua vez, não possui ligação cicloviária com as demais cidades.

Tabela 5. Pontos de contagem e as respectivas localizações e intervalos horários

<i>Nomenclatura</i>	<i>Cidade</i>	<i>Localização</i>	<i>Intervalo (hs)</i>
Ciclovia 1	Santos-SP	Av. Alm. Saldanha da Gama (próximo da balsa da travessia Santos-SP/Guarujá-SP)	17:56-18:56
Ciclovia 2	Santos-SP	Av. Afonso Pena (próximo da Av. Alm. Cochrane)	6:02-7:02
Ciclovia 3	Santos-SP	Av. Pres. Wilson (próximo do Emissário Submarino)	16:55-17:55
Ciclovia 4	São Vicente-SP	Av. Ayrton Senna (Praia de Itararé)	17:20-18:20
Ciclovia 5M	São Vicente-SP	Linha Amarela (entre a Av. Antonio Emmerich e o Canal dos Barreiros)	7:15-8:15
Ciclovia 5T	São Vicente-SP	Linha Amarela (entre Av. Monteiro Lobato e Av. Padre Manoel da Nóbrega)	17:32-18:32
Ciclofaixa 6	Guarujá-SP	Av. Puglisi (próximo da Av. Emílio Carlos)	17:30-18:30
Ciclofaixa 7	Guarujá-SP	Av. Adhemar de Barros (próximo da balsa da travessia Guarujá-SP/ Santos-SP)	6:00-7:00
Ciclofaixa 8	Guarujá-SP	Al. das Tulipas (próximo da Av. Santos Dumont)	6:00-7:00
Ciclofaixa 9	Guarujá-SP	Av. Santos Dumont (próximo do Viaduto Floriberto Mariano)	6:00-7:00
Ciclovia 10	Guarujá-SP	Av. Santos Dumont (próximo da Av. Vicente Carvalho)	18:30-19:30

A variável que diz respeito ao indivíduo pertencer ou não ao setor de atividade da construção civil apresentou coeficiente positivo igual a 1,36 na função utilidade da bicicleta. A análise do banco de dados indicou que em domicílios onde o entrevistado trabalha na construção civil, por exemplo, apenas 8,96% não possuem bicicleta. Nos demais setores, este percentual fica aproximadamente igual a 30%. Diferentemente do que ocorre com os setores industrial e de serviços, nas obras civis, tanto de pequeno porte como grande porte, há quase sempre espaço interno para guardar suas respectivas bicicletas.

O parâmetro estimado para o sexo do indivíduo mostrou a maior propensão de uso da bicicleta pelos homens. Já os coeficientes estimados para a idade, nas categorias entre 12 e 18 anos e 18 a 50 anos, foram positivos e com valores diferenciados. A categoria entre 18 e 50 anos foi criada a partir do resultado de modelos preliminares gerados, que mostraram que os grupos de idade de 18-30, 30-40 e 40-50 anos, tinham parâmetros estimados muito próximos.

Desta forma, os valores positivos dos parâmetros estimados das variáveis AT2, ID2, ID7 e NBIC, na função utilidade da bicicleta, decorrem da maior propensão de uso da bicicleta, e também na posse de bicicletas no domicílio, por grupos de indivíduos inseridos na construção civil e/ou em idades compreendidas entre 12 e 50 anos. Já o indicador de disponibilidade de infraestrutura cicloviária apresentou coeficiente positivo, conforme esperado, e igual a 0,302.

Foram estabelecidos 10 pontos na RMBS para a avaliação dos cenários, sendo um dos pontos com contagens nos períodos da manhã e da tarde. A Tabela 5 mostra a localização dos pontos de contagem volumétrica de ciclistas e os respectivos horários considerados na análise. Vale salientar que a nomenclatura adotada identifica o tipo de infraestrutura implantada, do tipo ciclovia ou ciclofaixa, e que o número, em seguida, foi meramente aleatório e serviu apenas para diferenciar os pontos.

Em relação ao Cenário 1, no qual foi reproduzido a situação atual (após a implantação das ciclovias e/ou ciclofaixas), não havia contagem volumétrica disponível e, por este motivo, foram utilizadas viagens de bicicleta selecionadas da O/D que passavam pelos pontos nos respectivos horários das contagens. Com auxílio do software *TransCAD*, foi calculado o tempo gasto entre a origem (centrídes da zona de tráfego) e os pontos de contagem, para cada

viagem, utilizando o horário de início da viagem somado com o tempo gasto para chegar até o ponto de contagem. Vale ressaltar que foram utilizadas as velocidades de 7,50 km/h, em distâncias percorridas fora da infraestrutura de apoio ao ciclista, e de 16,02 km/h, em caso contrário, e o total foi somado ao horário de início da viagem. Assim, foi possível saber se o viajante passaria, ou não, dentro do intervalo de uma hora da contagem volumétrica. Foram contabilizadas somente as viagens que, com a soma do tempo gasto com o horário de início da viagem, estiveram inclusas no intervalo compreendido de 1 hora.

A diferença máxima notada entre a estimação da demanda cicloviária através do modelo de escolha discreta, no Cenário 1, e as viagens de bicicleta selecionadas da O/D, que passavam pelos pontos nos respectivos horários das contagens, foi de -30,15% a menos na demanda calculada com o uso do modelo. O ideal seria que houvesse a contagem real de ciclistas nos pontos preestabelecidos após a implantação da infraestrutura cicloviária, entretanto, estes dados não estavam disponíveis e, portanto, a O/D teve que ser utilizada. Apesar disso, as diferenças foram inferiores a 20% e apenas em 2 pontos foram 28,19% e -30,15%. Desta forma, considerou-se que o modelo reproduziu adequadamente o número de viagens de bicicleta para a situação prevista para o Cenário 1 e foi construído o Cenário 2, em que foram modificados os valores das variáveis da função utilidade da bicicleta com o intuito de representar a situação anterior à implantação da infraestrutura cicloviária.

Vale lembrar que, para o Cenário 2, havia disponível a contagem de 1 (uma) hora de ciclistas nos pontos preestabelecidos. Desta forma, foi possível comparar o resultado da estimativa do modelo de escolha discreta com a contagem volumétrica de ciclistas do PCM (2006), feita antes da construção das ciclovias e/ou ciclofaixas.

Uma das variáveis modificadas, para representar o Cenário 2, foi a variável AT2, que representa os indivíduos que trabalham na construção civil. Para tanto, a pesquisa anual da construção civil do IBGE (2007) mostrou que havia menos pessoas empregadas na construção civil na época da contagem do PCM e, por este motivo, houve redução na amostra para que se pudesse simular a situação.

A variável NBIC, que indica o número de bicicletas no domicílio, foi modificada a partir da utilização da *Árvore de Decisão e Classificação* contida no Software *SPlus 8.0*,

Tabela 6. Resumo da comparação feita através dos Cenários 1 e 2

Item	Identificação	Cenário 1 (2007)		Cenário 2 (2006)			
		Modelo (1)	Nº de viagens da O/D (2)	% (1) x (2)	Modelo (3)	PCM (4)	% (3) x (4)
1	Ciclovia 1	979	1135	- 15,93	815	762	6,96
3	Ciclovia 2	968	935	3,53	841	492	70,93
2	Ciclovia 3	1414	1212	16,67	1049	1194	-13,82
4	Ciclovia 4	1182	1060	11,51	874	1013	-15,90
5	Ciclovia 5M	854	857	- 0,35	667	564	18,26
6	Ciclovia 5T	955	745	28,19	703	378	85,98
7	Ciclofaixa 6	544	708	- 30,15	395	403	-2,03
8	Ciclofaixa 7	1155	1164	- 0,78	963	948	1,58
9	Ciclofaixa 8	1105	1251	- 13,21	928	582	59,45
10	Ciclofaixa 9	503	427	17,80	378	360	5,00
11	Ciclovia 10	1061	1028	3,21	788	852	- 8,12
Totais	--	10720	10522	1,88	8401	7548	11,30

e utilizando como variável resposta o número de bicicletas no domicílio e como variável preditora a variável IND, referente ao indicador da infraestrutura cicloviária. Vale ressaltar que o procedimento adotado foi apenas para identificar se que há variação do número de bicicletas no domicílio a partir do maior ou menor uso da infraestrutura de apoio ao ciclista nas viagens urbanas. A partir da aplicação da técnica, foi possível identificar que se a viagem do indivíduo possuir indicador superior, ou igual, a 0,7505, ou seja, 75,05% feita sobre ciclovias e/ou ciclofaixas, o número médio de bicicletas no domicílio é de 1,433. Já se for entre 75,05% e 43,75%, o número cai para 1,183 e, se for abaixo de 43,75%, passa a ser de 1,09 bicicletas por domicílio. Com base nessas informações, foi reduzido o NBIC para cada indivíduo, supondo redução no indicador de infraestrutura cicloviária.

Já o indicador de infraestrutura cicloviária (IND), obviamente, foi a outra variável modificada significativamente entre as contagens registradas no PCM e o início das entrevistas domiciliares da O/D da RMBS. Na época das contagens volumétricas contidas no PCM, não existiam ciclovias/ciclofaixas e, por isso, foi adotado o valor de 0 (zero) para o indicador das viagens contidas no banco de dados da RMBS que cruzaram os pontos de contagem.

Tais mudanças causaram o efeito desejado na previsão da demanda cicloviária através do modelo de escolha discreta nos pontos de contagens volumétricas em análise. Com exceção de pontos localizados em apenas uma das rotas alternativas entre pares O/D, causando assim, subcontagem no fluxo de bicicletas, o modelo não previu adequadamente a demanda. Nestes pontos, o resultado do modelo de escolha discreta foi sistematicamente maior do que a contagem volumétrica de ciclistas, pois provavelmente o fluxo de ciclista se distribui entre a via que recebeu a infraestrutura cicloviária e as vias adjacentes.

A Tabela 6 mostra o resultado dos Cenários 1 e 2 para todos os pontos de contagem considerados na análise. Os pontos, em que provavelmente há distribuição do fluxo de ciclista, são: Ciclovia 2, Ciclovia 5 e Ciclofaixa 8.

7. CONCLUSÕES

A ideia de propor um estudo comportamental da demanda cicloviária dentro de uma mesma área, comparando dados obtidos em períodos distintos que capturam as mudanças implantadas no sistema viário e

também em variáveis socioeconômicas, foi de grande utilidade para o entendimento do comportamento individual da escolha do modo de viagem por parte da população da RMBS.

O método elaborado mostrou-se viável a partir dos dados disponíveis para a RMBS. Tanto a Pesquisa O/D feita a partir do ano de 2007, que dispunha de deslocamentos feitos de bicicleta correspondentes a aproximadamente 15% de todos os deslocamentos, quanto o PCM feito em 2006, que continha as contagens volumétricas em pontos conhecidos antes da implantação da infraestrutura cicloviária, permitiram a construção de cenários que representaram a demanda cicloviária existentes nos respectivos anos.

A partir da análise de resultados dos cenários 1 e 2 construídos, destacou-se a adequada estimação da demanda cicloviária em pontos preestabelecidos através do modelo de escolha discreta envolvendo variáveis socioeconômicas, de viagens urbanas e de um indicador que representava a infraestrutura cicloviária na RMBS.

Vale lembrar que a necessidade das cidades brasileiras promoverem o uso do transporte não-motorizado, incentivada com a implantação da Política Nacional da Mobilidade Urbana, torna de grande valia a realização de estudos que sirvam para subsidiar os gestores públicos acerca do conhecimento da demanda e de como ocorre o deslocamento pelas vias urbanas.

Desta forma, como a meta e os objetivos específicos propostos foram atingidos visto que foram identificados e quantificados os fatores que influem no uso da bicicleta na RMBS e de que estes fatores puderam ser usados para a construção dos cenários atual e anterior à implantação de infraestrutura cicloviária, conclui-se que o modelo estimado de escolha discreta pode ser utilizado para avaliar e planejar a implantação de ciclovias e/ou ciclofaixas em áreas urbanas, servindo assim, como ferramenta útil aos gestores públicos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Doutorado concedida.

À Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo pela cessão dos dados da Pesquisa O/D.

À Agência Metropolitana da Baixada Santista pela cessão dos dados acerca da infraestrutura cicloviária.

REFERÊNCIAS

An, M.; Chen, M. (2007). Estimating Nonmotorized Travel Demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Board*, nº. 2002. Washington, DC. DOI: 10.3141/2002-03.

IBGE (2007). *Pesquisa Anual da Indústria da Construção*. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v. 17, p. 1 - 84. Rio de Janeiro-RJ, Brasil. ISSN 0104-3412.

Katz, R. (1995). Modelling Bicycle Demand as a Mainstream Transportation Planning Function. *Transportation Research Board* 1502, p. 22-28. Washington, D.C.

Kawamoto, E.; Setti, J. R. (1992). Procedure for the Calibration of a Semicompensatory Mode Choice Model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Board*, n. 1357. Washington, DC.

PCM (2006). *Estudos técnicos, levantamentos, diagnóstico e diretrizes para elaboração do Plano Cicloviário Metropolitano (PCM) da Região Metropolitana da Baixada Santista*, 349f. Santos-SP, Brasil.

Porter, C.; Suhrbier, J.; Schwartz, W. L. (1999). Forecasting bicycle and pedestrian travel: State of the practice and research needs. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Board*, nº. 1674. DOI: 10.3141/1674-13.

Rietveld, P.; Daniel, V. (2004). Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? *Transportation Research Part A* 38, p. 353-373. DOI: 10.1016/j.tra.2004.05.003.

Rietveld, P.; Koetse, M. (2003). Crime and offences in transport. Em: Jourquin, B.; e Polak, J. (eds.), *Progress in Transportation Research – 2003*, De Boeck, Antuérpia, Bélgica, p. 123-142.

Ryley, T. (2006). Estimating cycling demand for the journey to work or study in West Edinburgh, Scotland. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Board*, n. 1982. DOI: 10.3141/1982-24.

STM (2007). *Relatório Técnico – Pesquisa Origem-Destino 2007: Região Metropolitana da Baixada Santista*, 110f. Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo – STM/SP. São Paulo-SP, Brasil.

Zhang, D.; Magalhães, D. J. A. V.; Wang, X. (2014). Prioritizing bicycle paths in Belo Horizonte City, Brazil: Analysis based on user preferences and willingness considering individual heterogeneity. *Transportation Research Part A* 67, p. 268-278. DOI: 10.1016/j.tra.2014.07.010.