

ADEQUAÇÃO DE TRAÇADOS COM DECLIVIDADE CRÍTICA DA MALHA CICLOVIÁRIA DA CIDADE DE SÃO PAULO

João Vitor Penteado Simeão
Gustavo Garcia Manzato

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Engenharia de Bauru

RESUMO

A bicicleta é um meio de transporte ambientalmente correto e participativo, integrando o contexto da mobilidade urbana sustentável. O uso de vias cicláveis depende de condições físicas adequadas, como declividades inferiores a 5% conforme sugerido por guias técnicos. Para estudo das inclinações de uma malha cicloviária, escolheu-se a cidade de São Paulo. Primeiro, foram obtidas as declividades das vias da malha por meio de ferramentas de análise de Modelos Digitais de Terreno do software ArcGIS Desktop, versão 10.3.1. Os segmentos com greides críticos foram exportados para o Google Earth Pro, onde se operou a busca por rotas alternativas que apresentassem menores declividades. Para discussão e análise, foram selecionados quatro segmentos: a ciclorrota Vila Mariana e as ciclofaixas Do Grito, Luiz Gushiken e Itápolis, sendo apresentadas possíveis rotas alternativas para as duas primeiras, enquanto que, para as duas últimas, alterações não foram possíveis.

1. INTRODUÇÃO

As bicicletas constituem um meio de transporte dinâmico, econômico, não poluente e eficiente para trajetos urbanos curtos. Dentre suas vantagens para a sociedade, reduzem gastos, proporcionam benefícios à saúde (Costa, 2003) e combatem os congestionamentos (por demandarem menor espaço viário que automóveis comuns), ampliando o acesso à mobilidade. Por essas razões, estudos que visam melhorar a infraestrutura cicloviária nos centros urbanos vêm aumentando (Aldred, 2013), incluindo países como Coreia do Sul, Suécia, Holanda, Espanha, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá e Colômbia (SUTP, 2016).

No Brasil, as bicicletas ganharam maior relevância, como meio de transporte, com a aprovação do Código de Trânsito Brasileiro (Ministério das Cidades, 2005) em 1997. De acordo com o Portal G1 (Portal G1, 2017), no período de 2014 a 2017, as vias destinadas às bicicletas nas 26 capitais nacionais passaram, juntas, de 1414 km para 3009 km.

Este estímulo ao ciclismo se insere no contexto do crescimento difuso e acelerado das cidades, as quais, na atual conformação, são marcadas por infraestruturas deficitárias em diversas esferas, sendo a mobilidade uma delas (Sposito, 2000). Políticas setoriais pouco integradas (Ministério das Cidades, 2005), aliadas à priorização do transporte individual motorizado e à baixa qualidade dos transportes coletivos, culminaram em um cenário de privatização do espaço público (Silveira, 2010), de degradação do patrimônio urbano e de impactos ambientais.

Como discorre o Ministério das Cidades (2005), a mobilidade urbana se refere aos sistemas de circulação de bens e pessoas nas cidades, estando associada à qualidade de vida da população. Atividades cotidianas como acesso ao trabalho, educação, serviços e lazer estão ligadas às condições de deslocamento da população, que interferem no convívio e interatividade social (Silva e Costa, 2006).

A preocupação com tal realidade incentivou a pesquisa e a implantação, em distintos setores, de medidas que contribuam para a sustentabilidade em áreas urbanas (Campos, 2006), com enfoque nas dimensões social, econômica e ambiental, onde os transportes e a mobilidade são fundamentais. Assim, delineia-se a chamada mobilidade sustentável.

O Ministério das Cidades (2007) e Ruaviva (2009) apontam o objetivo da mobilidade sustentável como a construção de cidades sustentáveis por meio de políticas que permitam acesso equitativo aos espaços urbanos, elevem a qualidade de vida, contribuam para a inclusão social e favoreçam a preservação do meio ambiente. Tais ações centram-se, sobretudo, em privilegiar o uso de meios de transporte não motorizados e/ou coletivos, como as bicicletas.

A escolha das bicicletas como meio de transporte envolve, porém, um conjunto de fatores, tanto subjetivos (ligados a quesitos culturais), como objetivos (relacionados às características de infraestruturas existentes, englobando ainda as particularidades climáticas e topográficas de cada local) (Braga e Miranda, 2006).

Por isso, é necessário analisar os sistemas cicloviários como um todo, com enfoque na questão estrutural, averiguando se existem imposições físicas que dificultam o uso das ciclovias, como elevadas declividades longitudinais por exemplo. Jensen (2000) e Neri *et al.* (2016) apresentam o relevo como um dos principais fatores que influenciam no transporte cicloviário urbano, com a utilização da bicicleta caindo de 30% para 10% em cidades com desníveis próximos a 100 m.

Diferentes manuais técnicos, como o *CROW Design Manual for Bicycle Traffic* (2007), expressam que as inclinações das ciclovias devem ser mantidas as mais baixas possíveis, principalmente em rampas longas. O manual recomenda, por exemplo, que os greides não superem 5%, pois demandam grande esforço físico dos ciclistas em aclives, além de aumentarem o tempo de viagem (Vandenbulcke-Plasschaert, 2011), e podem levar, em declives, a elevadas velocidades (de até 40 km/h), representando um risco em potencial (Reynolds *et al.*, 2009). Logo, analisar as rampas longitudinais das malhas cicloviárias pode fornecer subsídios para eventuais medidas governamentais de melhorias às mesmas.

A cidade de São Paulo é marcada por problemas de mobilidade e a implantação de uma rede cicloviária foi vista como solução dos problemas de tráfego e forma de promover a conscientização ambiental (Vaccari e Fanini, 2011).

Em virtude da topografia acidentada, do clima instável, da falta de infraestrutura cicloviária e do tráfego agressivo, o registro histórico da bicicleta como meio de transporte paulistano não é significativo (Malatesta, 2014). Porém, as viagens utilitárias de bicicleta cresceram espontaneamente entre 1997 e 2007, tornando-se uma pauta importante no planejamento da cidade. Hoje, a rede cicloviária da metrópole (com 498,4 km de extensão, levando-se em conta ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas) é tida como a maior do Brasil (Portal G1, 2017).

Desse modo, escolheu-se a malha cicloviária da cidade de São Paulo para desenvolvimento de um estudo de caso, objetivando-se identificar vias cicláveis com inclinações superiores a 5% (críticas) e averiguar a possibilidade de mudanças em seus traçados de forma a torná-las não críticas.

A estrutura da presente comunicação técnica, na sequência, dá-se do seguinte modo: a seção 2 apresenta os materiais e métodos de pesquisa. A seção 3 contém os resultados e discussões. A seção 4 traz as conclusões obtidas, sucedida pelos agradecimentos e referências bibliográficas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Preliminarmente, realizou-se consulta a manuais técnicos e trabalhos acadêmicos em busca de valores limites para declividades longitudinais em vias cicláveis. Obteve-se que inclinações superiores a 5% são consideradas críticas e devem ser evitadas.

As informações da malha cicloviária paulistana (localização, extensão, tipo – ciclovia, ciclopasseira ou ciclorrota) foram extraídas de bases de dados georreferenciadas da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET - SP). Em seguida, para determinação da inclinação das vias da malha foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir das curvas de nível da cidade de São Paulo (a base de dados foi obtida junto ao portal GeoSampa).

Com o MDE concluído e empregando ferramentas de geoprocessamento foi obtida a declividade percentual máxima para as vias da rede cicloviária. Estas operações foram executadas no SIG ArcGIS Desktop, versão 10.3.1. Os resultados apontaram que 82,1% da malha cicloviária apresenta declividades menores ou iguais a 5%, com os 17,9% restantes detendo inclinações críticas. A Figura 1 traz a representação dos trechos críticos (em vermelho) e não críticos (em azul) da malha sobrepostos ao MDE da cidade de São Paulo.

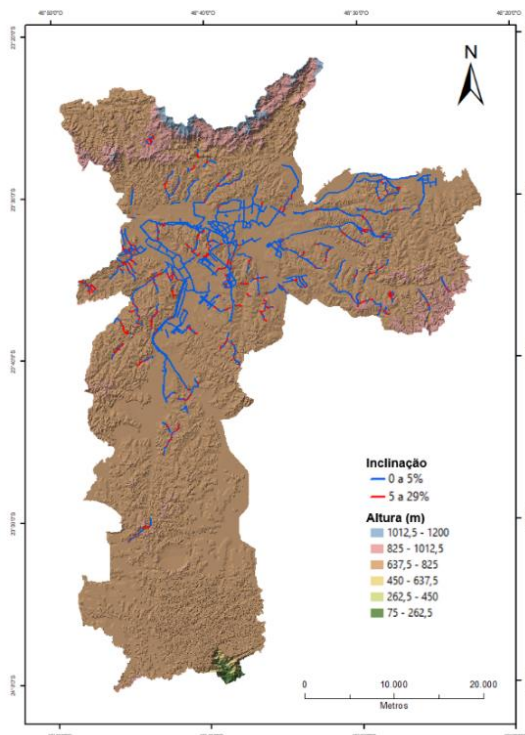


Figura 1: Trechos críticos e não críticos da malha cicloviária paulistana sobrepostos ao MDE da cidade.

Na etapa seguinte, primeiramente foram importados para o Google Earth Pro a malha cicloviária e os segmentos críticos. Depois, habilitou-se para visualização no ambiente do Google Earth o mapa viário paulistano disponível em sua base de dados, sendo possível ver concomitantemente a disposição dos segmentos críticos, da malha cicloviária e dos eixos viários da cidade de São Paulo. Logo depois, os segmentos críticos foram tomados um a um e então examinados os seus logradouros adjacentes no intuito de serem obtidas rotas alternativas para os dados segmentos. Caso encontrada uma rota alternativa com menor inclinação que o

segmento crítico e possível de ser interligada ao restante da malha cicloviária, qualificava-se o segmento como alterável. Caso contrário, denominava-se o segmento como não alterável. Ressalta-se que as rotas alternativas foram delineadas considerando exclusivamente a declividade. Variáveis como sentido de fluxo e polos geradores de viagem não foram levadas em conta.

As declividades das rotas alternativas foram apuradas, preliminarmente, pelo perfil de elevação do Google Earth Pro. Os seguimentos alteráveis tiveram as declividades das rotas alternativas também verificadas por meio das ferramentas de análise de MDE do ArcGIS. Para tanto, as rotas alternativas foram exportadas do Google Earth e, a seguir, importadas para o SIG.

Como exemplos de segmentos passíveis de alteração foram escolhidos (Figura 2):

- Ciclorrota Vila Mariana: o trecho localizado na Rua Ambrosina de Macedo e interligado com a Rua Cubatão possui declividade da ordem de 5,5%, com 200 m de extensão;
- Ciclofaixa Do Grito: o trecho que se inicia na Rua Do Grito, prossegue pela Rua Lino Coutinho e termina da Rua Comandante Taylor detém extensão da 325 m e conta com inclinação máxima de 8,5%.

Os segmentos apurados em que modificações não são exequíveis foram (Figura 2):

- Ciclofaixa Luiz Gushiken: tem ao longo de sua extensão de 1,1 km trechos críticos com declividades variando de 5,1% a 14,6%;
- Ciclofaixa Itápolis: com aproximadamente 1,7 km, a ciclofaixa apresenta segmentos críticos com valores de inclinação em torno de 9%.



Figura 2: Visão geral dos segmentos da malha cicloviária selecionados para análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados e discussões para os segmentos analisados, a saber: ciclorrota Vila Mariana, Ciclofaixa Do Grito, Ciclofaixa Luiz Gushiken e Ciclofaixa Itápolis.

3.1 Ciclorrota Vila Mariana

A Figura 3A traz parte da ciclorrota Vila Mariana, com o trecho em azul apresentando declividade não crítica e, em vermelho, crítica. Estudando-se a área em questão, uma sugestão de alteração seria a visualizada na Figura 3B: ao invés de prosseguir pela Rua Ambrosina de Macedo até a Rua Cubatão, a ciclorrota seria desviada para a Rua Maracajú, seguiria na Rua Remanso até, por fim, encontrar a Rua Cubatão. A rota alternativa, em verde, teria uma extensão de 162 m e declividade máxima de 4,2%.

A solução apresentada permitiu suprimir apenas parte do trecho crítico, mantendo-se 100 m dos 200 m originais. Assim, a mudança no traçado representaria, frente aos 5,5% de inclinação iniciais, uma redução de 1,3% na declividade de parte do trecho, prolongando-se o percurso em 62 m. A presente proposta demandaria, dentre outros aspectos, a realocação do bicicletário existente na Rua Ambrosina Macedo, o qual se encontra posicionado no segmento que seria eliminado.

Vale ressaltar que a consideração do segmento analisado rigorosamente como crítico se deu no intuito de exemplificar uma alteração de traçado que impactaria na declividade do percurso (no caso, sendo reduzida para 4,2%). Em termos práticos, uma inclinação da via de 5,5% é perfeitamente tolerável, podendo-se considerar o trecho como não crítico.

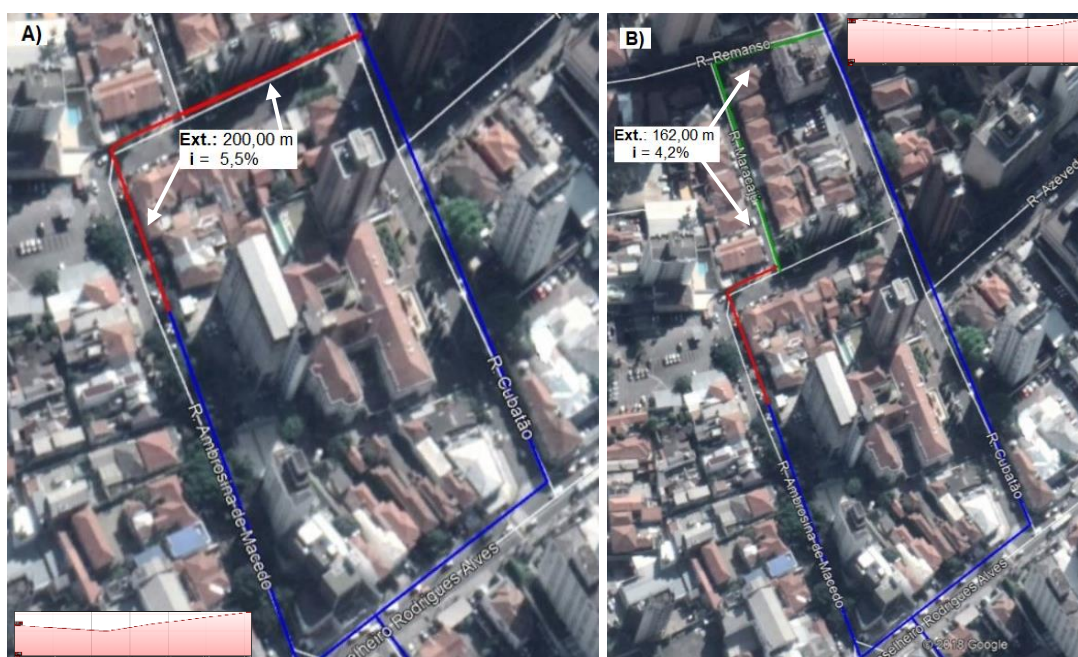


Figura 3: Em A, rota original da ciclorrota Vila Mariana, com segmento crítico em vermelho; em B, trajeto alternativo proposto. Em ambas as figuras, um esboço do perfil longitudinal.

3.2. Ciclofaixa Do Grito

No caso da ciclofaixa Do Grito (Figuras 4 e 5), a mudança apontada (trecho em verde na Figura 5) não envolve grandes mudanças em termos de trajeto: ao invés de seguir na Rua do Grito até a Rua Lino Coutinho, a ciclofaixa seria deslocada para a Rua Silva Bueno, ligando-se a Rua

Comandante Taylor posteriormente. As extensões das rotas original e modificada pouco difeririam, expressando-se a maior diferença nos valores das inclinações. Os segmentos da rota original que foram suprimidos na nova proposta têm declividade da ordem de 8,5%. O trajeto alterado, por sua vez, detém 2,8% de inclinação, uma redução substancial. Contudo, assim como na ciclorrota Vila Mariana, a supressão de todos os trechos críticos não foi possível, mantendo-se um segmento com inclinação de 6,1% nos últimos 100 m do percurso.



Figura 4: Trajeto original da ciclofaixa Do Grito, com destaque para o trecho crítico em vermelho e um esboço do perfil longitudinal.



Figura 5: Proposta de alteração do percurso da ciclofaixa Do Grito, com um esboço do perfil longitudinal.

Assim, no exemplo da ciclofaixa Do Grito, o impacto na inclinação do percurso em virtude mudança do traçado se faz mais notório que na situação da ciclorrota Vila Mariana.

3.3. Ciclofaixa Luiz Gushiken e Ciclofaixa Itápolis

Como observado na Figura 6, o percurso ciclovitário da Avenida Luiz Gushiken, localizada no extremo sul da cidade de São Paulo, é composto por trechos críticos com declividades variadas,

sendo a maior igual a 14,6%. A ciclofaixa, porém, está condicionada ao eixo da Avenida, fazendo com que alterações sejam dificultosas, com o uso de alças anexas ou ruas próximas para tanto infactível.



Figura 6: Ciclofaixa Luiz Gushiken.

A ciclofaixa Itápolis (Figura 7), por sua vez, embora não esteja alocada em uma avenida e o uso de ruas próximas para alterações seja tolerado, a mesma se encontra em uma região de depressão acentuada, de forma que mudanças no trajeto pouco influenciariam a declividade da ciclofaixa. Por esse motivo, proposta de novo traçado para a mesma também foi desconsiderada.



Figura 7: Ciclofaixa Itápolis, com segmentos críticos realçados em vermelho.

4. CONCLUSÕES

A investigação dos trechos críticos da malha cicloviária da cidade de São Paulo apontou que alterações de segmentos críticos vislumbrando menores inclinações são possíveis. Contudo, em segmentos condicionados à diretrizes principais de deslocamento, como avenidas por exemplo, os traçados são de difícil alteração, caso da ciclofaixa Luiz Gushiken e da ciclofaixa Itápolis.

A fase inicial da pesquisa empregou uma metodologia predominantemente exploratória, que se mostrou satisfatória por ter permitido a análise dos trechos críticos e a proposta de alteração de traçado de parte da ciclofaixa Do Grito e da ciclorrota Vila Mariana. Contudo, sua operacionalização manual faz com que a aplicação para uma malha cicloviária com as dimensões como a de São Paulo seja limitada, de forma que o desenvolvimento de uma

metodologia mais apurada será contemplado nas etapas futuras do presente projeto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica concedida (processo número: 2016/25680-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldred, R. (2013) Incompetent or Too Competent? Negotiating Everyday Cycling Identities in a Motor Dominated Society. *Mobilities*, v. 8, p. 252-271.
- Braga, M. G. C. e A. C. M. Miranda (2006) Análise dos Sistemas Ciclovitários Brasileiros e Propostas para seu Desenvolvimento. *Anais do 2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2006*, Braga, Portugal.
- Campos, V. B. G. (2006) Uma Visão da Mobilidade Urbana Sustentável. *Revista dos Transportes Públicos*, v.2, p. 99–106.
- Costa, M. S. (2003) *Mobilidade Urbana Sustentável: Um Estudo Comparativo e as Bases de um Sistema de Gestão para Brasil e Portugal*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 196 f.
- CROW (2007) *Design Manual for Bicycle Traffic*. Holanda. 388 p.
- Jensen, S. U. (2000) *Land Use and Cycling*. Project Manager, Danish Road Directorate, Copenhagen.
- Malatesta, M. E. B. (2014) *A Bicicleta nas Viagens Cotidianas do Município de São Paulo*. Tese (Doutorado na área de Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 251 f.
- Ministério das Cidades (2005) *A Mobilidade Urbana no Planejamento da Cidade*. Ministério das Cidades e Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, Brasília.
- Ministério das Cidades (2007) *PlanMob: Construindo a Cidade Sustentável*. Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana, Brasília.
- Neri, T. B.; H. B. Filho e E. Savi (2016) A Pesquisa com Ciclistas como Suporte ao Planejamento Ciclovitário: Estudo em Maringá/PR, Brasil. *Anais do 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2016*, Maceió, Brasil.
- Portal G1 (2017) *Em 3 Anos, Malha Ciclovitária Mais que Dobra de Tamanho nas Capitais do País*. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/em-3-anos-malha-ciclovitaria-mais-que-dobra-de-tamanho-nas-capitais-do-pais.ghtml>. Acesso em: 01 de jul. 2017.
- Reynolds, C. C.; M. A. Harris; K. Teschke; P. A. Crompton e M. Winter (2009) The Impact of Transportation Infrastructure on Bicycling Injuries and Crashes: a Review of the Literature. *Environmental Health*, v. 8, p. 47.
- RUAVIVA (2009) *Mobilidade e Qualidade de Vida*. Disponível em: <http://www.ruaviva.org.br/mobilidade-sustentavel.html>. Acesso em: 16 de nov. 2016.
- Silva, A. N. R. e C. S. Costa. (2006) *Cidade, Cidadão e Mobilidade Urbana Sustentável*. Gestão Integrada da Mobilidade Urbana – Módulo 2, Brasília.
- Silveira, M. O. (2010) *Mobilidade Sustentável: A Bicicleta como um Meio de Transporte Integrado*. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Transportes) – COPPE Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 168 f.
- Sposito, M. E. B. (2000) *Capitalismo e Revolução*. São Paulo: Contexto, 2000. Repensando a Geografia.
- SUTP (2016) *The Sustainable Urban Transport Project (SUTP) – Walking and Cycling*. Disponível em: <http://sutp.org/en/resources/publications-by-topic/walking-and-cycling.html>. Acesso em 07 de dez. 2016.
- Vaccari, L. S. e V. Fanini (2011) *Mobilidade Urbana*. Série de Cadernos Técnicos, Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná (CREA-PR), Paraná.
- Vandenbulcke-Plasschaert, G. (2011) *Spatial Analysis of Bicycle Use and Accident Risks for Cyclists*. Presses Universitaires de Louvain.

João Vitor Penteadó Simeão (jvpenteadó@gmail.com)

Gustavo Garcia Manzato (gustavo.manzato@unesp.br)

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia de Bauru
Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01 - 17033-360 Bauru, SP, Brasil