

Identificação de redes cicloviárias: um estudo para Montes Claros, MG

Jefferson Ramon Lima Magalhães¹; Renata Albergaria de Mello Bandeira¹; Vânia Barcellos Gouvêa Campos¹

¹Instituto Militar de Engenharia - IME. Seção de Fortificação e Construção (SE/2). Praça General Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro - RJ, 22290-270.

jeffersonrlmagalhaes@gmail.com

renatabandeira@ime.eb.br

vania@ime.eb.br

RESENHA

Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para avaliação e identificação de redes de rotas cicláveis em cidades de porte médio, na qual os conceitos do método de nível de serviço para bicicletas de Dixon (1996) e recomendações de um critério de avaliação de declividade de vias para o transporte cicloviário são associados a um algoritmo de busca de caminho entre pólos de atratividade, de modo a minimizar os níveis adversos de conforto e segurança percebidos por usuários de bicicletas durante um deslocamento por meio desse modal. Esta metodologia foi aplicada para identificar um traçado preliminar de rede cicloviária que interconecta cinco pólos geradores de viagens do município de Montes Claros, MG.

PALAVRAS-CHAVE

Transporte cicloviário, rotas cicláveis, nível de serviço, caminho mínimo, declividade.

INTRODUÇÃO

No contexto dos problemas de transporte urbano verificados em cidades brasileiras de médio e grande portes, a bicicleta é um modal que satisfaz a um perfil de soluções de transportes que alia baixo custo de implantação, sustentabilidade do ambiente urbano e o aumento da mobilidade individual da população, especialmente a de baixo poder aquisitivo (BARBOSA & LEIVA, 2006). Contudo, a falta de segurança das vias urbanas para a circulação de bicicletas constitui uma barreira ao aumento das taxas de utilização desse modal para deslocamentos pendulares no país, sendo que os conflitos de circulação entre bicicletas e veículos motorizados no tráfego compartilhado representam a principal preocupação de usuários do modal cicloviário (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

A escassez de espaços vazios lindeiros às vias urbanas como resultado de um processo de urbanização espontâneo e sem planejamento reduz o número de alternativas de inclusão de rotas cicláveis nos espaços viários das cidades brasileiras (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Dado que vias que reúnem condições de circulação inadequadas para bicicletas são as que apresentam maior demanda potencial pelo modal (RYBARCZYK & WU, 2010), torna-se necessário definir diretrizes de transporte que resultem na implantação de rotas que proporcionem maiores níveis de conforto e segurança para os usuários (KIRNER, 2006).

Nesse contexto, métodos de nível de serviço (NS) podem ser empregados para avaliar a qualidade dos espaços urbanos para o transporte cicloviário, a partir de características físicas e operacionais das vias e dos conflitos de circulação percebidos por usuários de bicicletas durante uma viagem (MONTEIRO & CAMPOS, 2011). Embora a utilização da bicicleta seja parcialmente explicada através desses métodos, uma vez que não consideram a influência de outros aspectos importantes (por exemplo, topografia), medidas de NS permitem identificar as vias que reúnem as condições mais desfavoráveis para a circulação de bicicletas e definir intervenções que poderiam ser priorizadas para torná-las mais atrativas (KIRNER & SANCHES, 2008). A nível local, esses métodos permitem encontrar melhores rotas entre pares de origem e destino numa rede viária (SOMENAHALLI, 2008).

Assim, este trabalho apresenta uma proposta metodológica para avaliação e identificação de redes de rotas cicláveis em cidades de médio porte, com o objetivo de minimizar níveis

adversos de conforto e segurança percebidos por usuários de bicicletas durante uma viagem. Para esta finalidade, os conceitos do método de nível de serviço para bicicletas de Dixon (1996) foram associados a um critério de verificação da declividade de vias para o transporte cicloviário em um algoritmo de busca de caminho entre pólos de atratividade. A cidade de Montes Claros, MG, foi escolhida para a aplicação da metodologia.

DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

Nível de serviço para bicicletas

Métodos de nível de serviço para bicicletas (NSB) vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de auxiliar na implantação de sistemas cicloviários mais adequados. Geralmente, os níveis de serviço são definidos através de um sistema de pontuação de diferentes atributos associados à utilização do modal cicloviário, cuja pontuação final caracteriza as condições de circulação de bicicletas através de uma escala variável entre os níveis desejável e indesejável (LOWRY *et al.*, 2012).

Para este estudo, o Método de Dixon (1996) foi escolhido por reunir o maior número de variáveis que descrevem a percepção de usuários cativos e não-cativos do modal cicloviário em relação à utilização da bicicleta em cidades brasileiras: largura da faixa de rolamento das vias, velocidade de veículos motorizados, visibilidade e número de interseções (PROVIDELO & SANCHES, 2011) e estado de conservação do pavimento (PROVIDELO & SANCHES, 2009; MAGALHÃES & PALHARES, 2013).

Esse método é aplicável para vias coletoras e arteriais de áreas urbanas e suburbanas, e parte da premissa de que existe um conjunto de fatores que uma via deve possuir para atrair viagens não-motorizadas. De acordo com Dixon (1996), o método de NSB pode ser utilizado como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão no processo de planejamento de transportes, à medida que as escalas de níveis de serviço do método estão associadas a um conjunto de diretrizes e recomendações para projetos de provisão de infraestrutura para a circulação de bicicletas. Além disso, os dados necessários para a aplicação do método são de fácil obtenção, visto que normalmente se encontram disponíveis ou podem ser obtidos em campo a um custo relativamente pequeno (KIRNER, 2006).

O problema de caminho mínimo

No tocante à identificação de rotas, os conceitos do problema de caminho mínimo (PCM) podem ser aplicados para encontrar o caminho de menor custo entre dois pontos de uma rede, que é representada por uma estrutura de grafo $G = (N, A)$ constituída por um conjunto de nós N interconectados a um conjunto de arcos A . Cada arco (i,j) pertencente ao grafo está associado a um coeficiente de custo c_{ij} . Dados um nó de origem s e um nó de destino t , um caminho é definido pela seqüência de arcos entre eles, cujo tamanho corresponde à soma dos custos dos arcos. Dessa forma, o caminho de menor custo é aquele onde o somatório dos custos é minimizado (BELFIORE & FÁVERO, 2013). Assim, ao associar esse coeficiente de custo ao nível de serviço para bicicletas de uma via, tenta-se identificar um caminho que minimize condições adversas de conforto e segurança para a circulação de bicicletas ao longo de uma rota.

Proposta metodológica para avaliação e identificação de rotas cicláveis

A partir dos conceitos do Método de Dixon (1996) e de caminho mínimo em redes, a proposta metodológica deste trabalho consiste em apresentar uma aplicação do PCM na definição de uma proposta de rede de rotas cicláveis composta por um conjunto de rotas entre pares de pontos de origem-destino, nas quais as condições de circulação adversas para os usuários do modal considerado sejam mínimas. Com essa finalidade, a metodologia compreende as seguintes etapas: i) caracterização de um problema de otimização; ii) representação da rede viária; iii) valoração dos arcos da rede; iv) identificação de rotas de caminho mínimo para a definição de uma rede de rotas para bicicletas.

1ª etapa - Caracterização do problema de otimização

Assumindo que os usuários de bicicleta utilizarão rotas com menores níveis de desconforto em relação ao tráfego, a função de otimização que corresponde à hipótese definida anteriormente é dada pela Equação 1:

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j (NSB_{ij} d_{ij}) x_{ij} \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_j x_{kj} - \sum_i x_{ik} = \begin{cases} 1, & k = s \text{ (origem)} \\ 0, & \text{para os demais valores de } k \\ -1, & k = r \text{ (destino)} \end{cases} \quad (2)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j \quad (3)$$

onde:

c_{ij} = coeficiente de custo do arco (i,j);

x_{ij} = variável de decisão, sendo igual a 1 se o arco (i,j) pertencer à rota de caminho mínimo, ou 0, caso contrário;

x_{kj} = variável de decisão de saída do nó k em direção ao nó j;

x_{ik} = variável de decisão de entrada no nó k a partir do nó i.

As restrições indicadas na Equação 2 estão associadas aos fluxos de entrada e saída em cada nó do grafo. Com exceção dos arcos que saem do nó de origem e dos arcos que chegam ao nó de destino, os fluxos dos demais arcos é permitido nos dois sentidos. Por sua vez, a Equação 3 indica a condição de não-negatividade da variável de decisão.

O coeficiente de custo c_{ij} da função de otimização corresponde ao produto entre as variáveis NSB_{ij} e d_{ij} . A inclusão do fator d_{ij} foi necessária para evitar que diferenças entre comprimentos de arcos (i,j) com mesmo NSB influenciassem na solução do problema de otimização. Os coeficientes NSB_{ij} foram definidos de tal maneira que o menor valor correspondesse ao NSB A (situação ideal para a circulação de bicicletas), e o maior valor, ao NSB F (situação indesejável). Os valores de NSB_{ij} , em função da escala de nível de serviço para bicicletas do Método de Dixon (1996), estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1: Coeficientes NSB_{ij} definidos para o problema de otimização em redes

Pontuação final da via (DIXON, 1996)	>0 ≤ 3	> 3 ≤ 7	> 7 ≤ 11	> 11 ≤ 14	> 14 ≤ 17	> 17 ≤ 21
Nível de serviço para bicicletas	A	B	C	D	E	F
NSB_{ij}	1	2	3	4	5	6

2ª etapa - Definição da rede viária de estudo

Nesta etapa, a rede viária é inicialmente definida por um conjunto de vias que contemple importantes pólos de atração de viagens dentro da região de estudo. Considerando a hierarquização viária dessa área e as condições de aplicabilidade do Método de Dixon (1996), apenas vias arteriais e coletoras devem ser selecionadas para a avaliação do nível de serviço para bicicletas. Contudo, torna-se necessário avaliar a declividade de vias para o transporte cicloviário para que vias ou segmentos viários potencialmente críticos para a circulação de bicicletas não estejam inseridos nas rotas de caminho mínimo a serem encontradas, dado que a topografia não é um critério de avaliação considerado por Dixon (1996) e é um fator de desestímulo à utilização do modal para deslocamentos pendulares (AASHTO, 1999; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Para essa finalidade, propõe-se a adoção do critério de declividade de rotas cicláveis desenvolvido por *Federal Highway of Administration* (FHWA, 1979), por ser menos restritivo em relação à escolha de vias para o transporte cicloviário. A sensibilidade de usuários de bicicleta à topografia é verificada para segmentos viários com comprimentos de rampa de

até 610 m e com inclinação de até 11%, considerando situações de economia de consumo energético em deslocamentos à velocidade constante de 10 km/h (FHWA, 1979).

Quando adequados em relação à declividade considerada, os comprimentos de rampa avaliados são classificados em desejáveis ou aceitáveis. Assim, segmentos viários com declividades acima do valor máximo aceitável para o comprimento de rampa considerado devem ser eliminados da rede viária preliminar. Por sua vez, as vias com declividades adequadas para a circulação de bicicleta devem ser representadas por uma estrutura de grafo para a aplicação do PCM.

3ª etapa - Valoração dos arcos da rede

Os arcos da rede viária obtida são valorados por um coeficiente de custo de arco (i,j) correspondente ao produto das variáveis NSB_{ij} e d_{ij} . O coeficiente NSB_{ij} de cada arco está associado ao nível de serviço para bicicletas da via que representa e é obtido através do Método de Dixon (1996). Por sua vez, os comprimentos de arco d_{ij} podem ser obtidos, de forma aproximada, através do *software Google Earth*.

4ª etapa - Identificação de rotas de caminho mínimo e obtenção de uma rede de rotas

Após a valoração dos arcos da rede, as rotas de caminho mínimo entre nós de origem e destino pré-definidos (por exemplo, pólos geradores de viagens) são encontradas por meio da solução do problema de otimização formulado na primeira etapa, considerando a abordagem do problema como do tipo origem-destino. Dessa forma, uma rede de rotas de condições de circulação adversas mínimas percebidas por usuários de bicicletas é obtida a partir do conjunto de soluções do problema de otimização.

A seguir, um estudo de caso é apresentado com a aplicação da metodologia proposta, com o objetivo de identificar uma rede de rotas para bicicletas em uma cidade brasileira de porte médio.

Estudo de caso: Montes Claros, MG

O município de Montes Claros, Minas Gerais, com 361.915 habitantes (IBGE, 2010), foi escolhido para a aplicação da metodologia proposta. A área de estudo definida (Figura 1) engloba cinco pólos geradores de viagens definidos por critérios de relevância e de garantia de competitividade entre os modais bicicleta e automóvel em viagens de até 5,0 km: Área Central, Terminal Rodoviário/Montes Claros Shopping Center, UNIMONTES e bairros Major Prates e Ibituruna (porção leste).

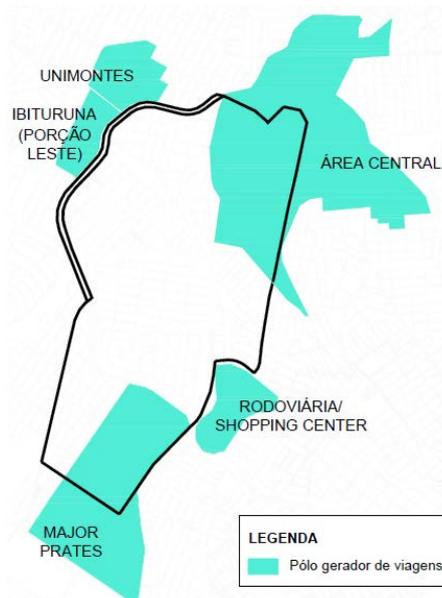


Figura 1: Área de estudo

As vias arteriais e coletoras que compõem a rede viária inicialmente estudada foram identificadas por meio do mapa de hierarquização do sistema viário do município (MONTES CLAROS, 2008). O critério de declividade proposto por FHWA (1979) foi aplicado para avaliar a adequabilidade dos comprimentos de rampa de dez segmentos viários com declividade acima de 3,0%. O software *Google Earth* (GOOGLE, 2014) foi utilizado para a obtenção dos desníveis e dos comprimentos aproximados de cada rampa para o cálculo das declividades de cada segmento. As declividades foram classificadas em desejáveis, aceitáveis ou não-aceitáveis em função dos patamares desejáveis e aceitáveis definidos por FHWA (1979) para comprimentos de rampa com declividades entre 0 e 11%. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da aplicação do critério de avaliação de declividades de FHWA (1979)

Localização	Declividade (%)	Rampa aproximada (m)	Desnível aproximado (m)	Adequabilidade à circulação de bicicletas
Av. Mestra Fininha (1)	5,15	369	19	Não-aceitável
Av. Mestra Fininha (2)	6,12	343	21	Não-aceitável
Av. Francisco Gaetani	3,76	558	21	Aceitável
R. Raul Correa	3,13	128	4	Aceitável
Av. João Chaves	3,58	447	16	Aceitável
Av. Cula Mangabeira (1)	3,67	354	13	Aceitável
Av. Cula Mangabeira (2)	3,52	227	8	Aceitável
R. Eloi Pereira	3,05	557	17	Aceitável
Av. Dr. João L. de Almeida	4,13	315	13	Não-aceitável
R. Tiradentes	5,56	108	6	Aceitável

Observa-se que oito dos dez segmentos viários analisados possuem declividades aceitáveis para a circulação de bicicletas e foram mantidos na rede viária inicialmente definida, com predominância daqueles com declividades entre 3,0 e 4,0%. Os demais segmentos foram eliminados dessa rede sem prejuízos à conectividade dos PGVs estudados.

Em seguida, o Método de Dixon (1996) foi utilizado para avaliar o nível de serviço para bicicletas das vias arteriais e coletoras remanescentes. Os dados dos parâmetros de entrada do método para o cálculo das medidas de NSB integram um estudo de elaboração de diretrizes de transporte cicloviário para o município de Montes Claros (MAGALHÃES, 2013). Visitas a campo para a coleta de dados do método foram realizadas nos meses de janeiro e setembro de 2013, sendo que a última delas foi necessária para verificar a ocorrência de alterações nos NS para automóveis das vias pesquisadas em relação à data da primeira visita.

O NSB de uma via foi calculado em cada sentido de circulação regulamentado. Assim, vias unidirecionais foram avaliadas uma vez, enquanto que vias bidirecionais foram avaliadas duas vezes. Todas as informações foram obtidas por meio de inspeções visuais ou medições nas vias. Entretanto, algumas considerações foram feitas: i) a velocidade máxima permitida para a via foi definida como a velocidade dos veículos motorizados para o cálculo da velocidade relativa entre eles e as bicicletas; ii) o NS para automóveis foi definido por meio de inspeções visuais realizadas no horário de pico da tarde, com o auxílio do *Highway Capacity Manual 2000* (TRB, 2000), dada a indisponibilidade de informações sobre a capacidade da maior parte das vias de estudo.

Um exemplo de aplicação do método é mostrado na Tabela 3, com a definição do NSB da Av. Cula Mangabeira, uma das principais vias arteriais de Montes Claros.

Tabela 3: Definição do nível de serviço para bicicletas da Av. Cula Mangabeira

Categoria	Critério	Pt. (A-B)	Pt. (B-A)
Facilidades para ciclistas (Máximo: 10 pontos)	Largura da faixa mais à direita da via: < 3,66 m (0) / 3,66-4,27 m (5) / > 4,27 m (6)	0	0
	Áreas paralelas à via ou fora do tráfego motorizado (4)	0	0
Conflitos (Máximo: 4 pontos)	Entradas de garagem (até 22 por 1,61 km) (1)	0	0
	Ausência de obstáculos à circulação de ciclistas (0,5)	0	0
	Ausência de estacionamento lateral (0,5)	0	0

Conflitos (cont.) (Máximo: 4 pontos)	Separação física dos fluxos (0,5)	0	0
	Distância de visibilidade irrestrita (38 m) (0,5)	0	0
	Interseções com sinalização para ciclistas (0,5)	0	0
Velocidade relativa entre bicicletas e demais veículos (Máximo: 2 pontos)	24-32 km/h = Veloc. Veículos = 48-56 km/h (2)	2	2
	32-48 km/h = Veloc. Veículos = 56-72 km/h (1)		
	Acima de 48 km/h = Veloc. Veículos > 72 km/h (0)		
Nível de serviço para veículos motorizados (Máximo: 2 pontos)	NS = E, F ou mais de 6 faixas de rolamento (0)	0	0
	NS = D e menos de 6 faixas de rolamento (1)		
	NS = A, B, C e menos de 6 faixas de rolamento (2)		
Manutenção (Máximo: 2 pontos)	Problemas maiores ou frequentes (-1)	0	0
	Problemas menores ou pouco frequentes (0)		
	Sem problemas (2)		
Programas específicos de incentivo ao transporte cicloviário (Máximo: 1 ponto)	Ausente (0)	0	0
	Presente (1)		
Pontuação do segmento analisado (Somatório das pontuações das seis categorias) (I)		2	2
Peso do segmento = Extensão do segmento analisado / Extensão da via (II)		1	1
Pontuação ajustada para o segmento analisado: (III) = (I) x (II)		2	2
Pontuação do corredor: (IV) = (III)		2	2
Nível de serviço do corredor		F	F

Os resultados obtidos nesta etapa possibilitaram a identificação de vias com NSB D, E e F (Figura 2). A ocorrência de NSB D é justificada pela existência de vias com largura de faixa de rolamento maior que 3,60 m (em alguns casos, maiores que 4,00 m), permitindo maior segurança à circulação de bicicletas no tráfego compartilhado com veículos motorizados. O NSB E foi identificado em vias que se caracterizam pela ocorrência de NS para automóveis entre B e D e pelo menor número de situações de conflito de circulação entre bicicletas e veículos motorizados. Por sua vez, NSB F são encontrados em vias estreitas com ocorrência de NS inadequados para automóveis, frequência significativa de conflitos de circulação e de problemas de manutenção frequentes, associados principalmente ao estado de conservação da superfície do pavimento.

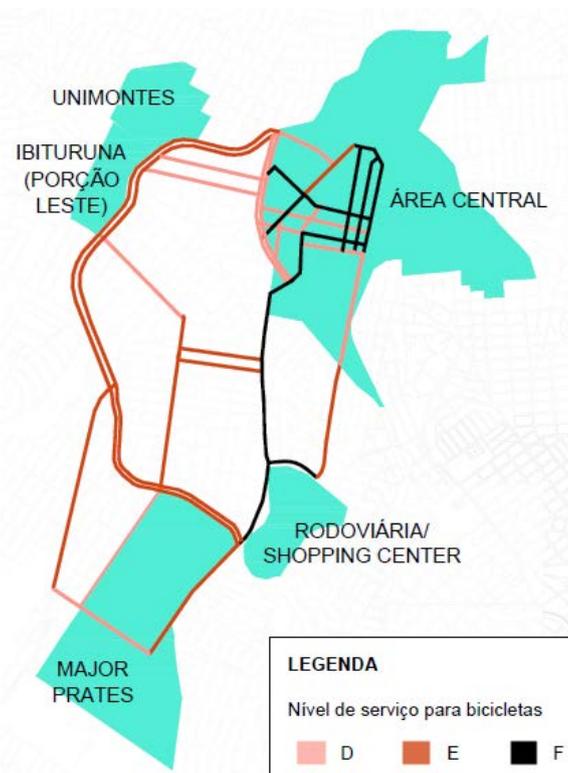


Figura 2: Níveis de serviço para bicicletas das vias arteriais e coletoras da área de estudo

Os pontos de origem (O) e destino (D) de cada rota foram considerados os centróides aproximados dos PGVs Centro, Major Prates, Ibituruna, UNIMONTES e Terminal Rodoviário/Montes Claros Shopping Center. Inicialmente, uma combinação de dez rotas foi identificada para a composição da rede cicloviária proposta, mas esse número foi reduzido para oito devido à proximidade entre a UNIMONTES e o Bairro Ibituruna, que são acessados por uma mesma via. Para cada rota, o problema de otimização foi solucionado duas vezes (nos sentidos O-D e D-O). As rotas que obtiveram menores valores de Min Z foram sobrepostas em um mapa para a obtenção de um traçado de rede cicloviária que engloba os PGVs listados anteriormente. A rede de rotas resultante é mostrada na Figura 3.

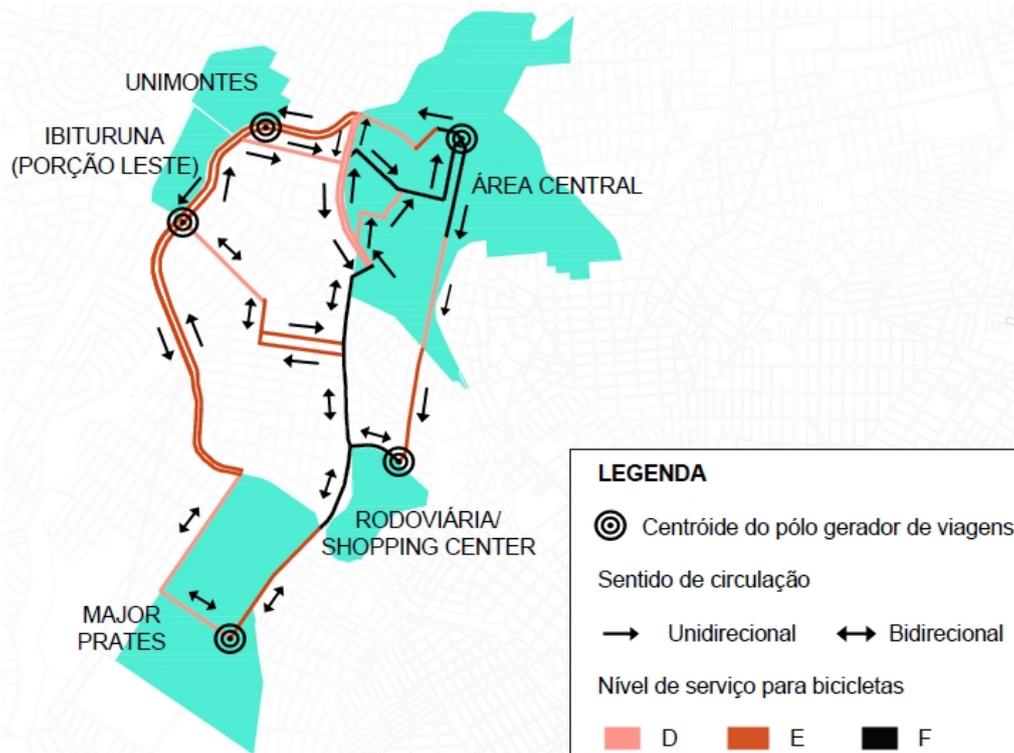


Figura 3: Rede cicloviária identificada a partir da solução do problema de otimização

A partir da figura anterior, observa-se a ocorrência de mais de um NSB em todas as rotas entre os PGVs da área de estudo, com exceção da via de ligação entre a UNIMONTES e o Bairro Ibituruna. As condições de circulação de bicicletas em algumas rotas tornam-se piores quanto maior é a proximidade ao PGV de destino, tais como as rotas com origem no Bairro Major Prates e destino aos PGVs Rodoviária/Shopping Center, Ibituruna e UNIMONTES e a rota Ibituruna - Rodoviária/Shopping Center. Além disso, existem rotas com ocorrência dos três níveis de serviço encontrados nas vias da área de estudo, de forma alternada, especialmente a maioria daquelas com destino à área central de Montes Claros.

Em relação à coerência e a coesão da rede identificada, a maior parte das rotas permite circulação bidirecional, com exceção das rotas com origem ou destino à área central de Montes Claros, onde o sentido de circulação regulamentado para a maior parte das vias é unidirecional. Contudo, algumas rotas obtidas destoam do padrão das demais: a rota Centro - Major Prates atende um terceiro PGV no sentido Major Prates (Rodoviária/Shopping Center) devido ao predomínio de NSB D e E até este pólo, enquanto que a rota ótima entre os PGVs Rodoviária/Shopping Center e UNIMONTES não atende ao Bairro Ibituruna, devido à ocorrência de um trecho significativo de NSB D em uma via limítrofe à área central. Em parte, isso ocorreu devido à configuração da rede viária estudada, pois a Avenida Dr. João Luiz de Almeida, uma das vias de acesso à Rodoviária, possui um trecho com declividade não-aceitável para a circulação de bicicletas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio da aplicação de uma metodologia de avaliação e identificação de rotas cicláveis possibilitaram a identificação de rotas com traçados próximos aos daquelas normalmente utilizadas por usuários de bicicletas em Montes Claros, MG. Isso foi possível devido, principalmente, à eliminação de segmentos viários inadequados para a circulação de bicicleta por meio da aplicação de um critério de avaliação de declividades. Este procedimento inviabilizou a possibilidade de encontrar NSBs adequados em trechos com declividades inadequadas à circulação de bicicletas sob o aspecto do conforto físico adicional requerido, visto que o Método de Dixon (1996) não considera o efeito da topografia no cálculo do NSB.

Em relação aos resultados do Método de Dixon (1996), o NSB de algumas vias, principalmente aquelas que obtiveram pontuação próxima do valor limite entre duas escalas (por exemplo, D e E) e podem não refletir a percepção real dos usuários, visto que a avaliação qualitativa do NS para automóveis fornece algum grau de subjetividade. Devido à ocorrência de NSBE e F, níveis adversos para a circulação de bicicletas cresce, em alguns casos, de maneira progressiva em direção ao PGV de destino. Em outras situações, as oscilam entre níveis adequados e inadequados ao longo de uma rota. Nesse aspecto, as escalas de NSB do Método de Dixon (1996) estão associadas a recomendações de projeto que visam a melhoria das condições de circulação de bicicletas em corredores viários para que o NSB D seja atingido, considerando os critérios e categorias de avaliação do método. No que se refere à rede de rotas obtidas para o município de Montes Claros, essas recomendações estão associadas à manutenção de vias e a medidas para mitigação de conflitos de circulação e alterações no volume de veículos motorizados de algumas vias.

Por fim, pode-se dizer que a metodologia proposta atendeu aos objetivos definidos para este trabalho. Ademais, os resultados obtidos por meio desse instrumento de análise e identificação de rotas para bicicletas podem ser melhorados caso seja utilizado em consonância com planos de mobilidade previstos para a área em estudo, o que poderá contribuir para a tomada de decisão no processo de planejamento de transportes e incentivar, por meio de sinalização, o uso compartilhado da bicicleta em vias onde não há ciclovias ou ciclofaixas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. **Guide for the development of bicycle facilities**. United States of America: AASHTO, Washington, 1999.

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.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

DIXON, L. B. Bicycle and Pedestrian Level of Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. **Transportation Research Record**, n. 1538, p. 1-9, 1996.

FHWA. **A bikeway criteria digest: The ABCD's of bikeways**. Washington, D.C.: Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1979.

GEIPOP. **Planejamento Cicloviário: Diagnóstico Nacional**. Brasília: Empresa Brasileira de Transportes e Trânsito, 2001.

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2014.

IBGE. **Dados gerais do município de Montes Claros**. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 mai. 2014.

KIRNER, J. **Proposta de um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas**. 2006. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

KIRNER, J.; SANCHES, S. P. Métodos para medir a qualidade das vias para o transporte cicloviário. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 137, n. 1, p. 35-47, 2008.

LOWRY, M. B.; CALLISTER, D.; GRESHAM, M.; MOORE, B. Using Bicycle Level of Service to Assess Community-wide Bikeability. **Proceedings...**, In: 91st TRANSPORTATION RESEARCH BOARD ANNUAL MEETING, Washington D.C., 2012.

MAGALHÃES, J. R. L. **Propostas e diretrizes para planejamento de transporte cicloviário**: estudo de caso para Montes Claros, Minas Gerais. 2013. 197 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MAGALHÃES, J. R. L.; PALHARES, D. A. G. Utilização do método de preferência declarada para caracterização da demanda pelo transporte cicloviário em Montes Claros/MG. **Anais...**, In: XXVII CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, ANPET, Belém, 2013.

MONTE CLAROS. **Plano Viário de Montes Claros**. 2008.

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.

MONTEIRO, F. B.; CAMPOS, V. B. G. Métodos de avaliação da qualidade dos espaços para ciclistas. **Anais...**, In: XXV CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, ANPET, Belo Horizonte, v. 2, p. 1242-1253, 2011.

PROVIDELO, J. K.; SANCHES, S. P. Roadway and traffic characteristics for bicycling. **Transportation**, v. 38, p. 765-777, 2011.

_____. Segurança e conforto para ciclistas em vias de tráfego compartilhado. **Anais eletrônicos...** In: 17º CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, Curitiba, 2009. Disponível em: <www.antp.org.br/website/biblioteca>. Acesso em: 10 mai. 2014.

RYBARCZYK, G.; WU, C. Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. **Applied Geography**, v. 30, p. 282-293, 2010.

SOMENAHALLI, S. Finding a bicycle route that offers a high level of service in Adelaide. **Proceedings...**, In: 31st AUSTRALASIAN TRANSPORT RESEARCH FORUM, Gold Coast, 2008.

TRB. **Highway Capacity Manual 2000**. Transportation Research Board, Washington D.C, 2000.