

CICLOVIAS PARA A MOBILIDADE EM CAMPUS: UM ESTUDO COM SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Adriano Ferreira Schiavon

Heloisa Maria Barbosa

Núcleo de Transportes – NUCLETRANS

Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia – DETG

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

RESUMO

Este artigo tem como objetivo avaliar a mobilidade em Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, em Belo Horizonte-MG, por meio da implantação de ciclovias e moderação de tráfego utilizando o software Aimsun de simulação de tráfego. A metodologia adotada consistiu nas seguintes etapas: calibração do cenário atual baseado em dados existentes, elaboração dos cenários futuros, simulação desses cenários, comparação e avaliação dos impactos gerados. O estudo indicou que a moderação de tráfego e a rede cicloviária não causarão impactos negativos na circulação de veículos, uma vez que as medidas necessárias para essas alterações aumentarão a capacidade das vias. Por outro lado, causará uma redução na oferta de estacionamento ao longo das vias, o que poderá desestimular viagens motorizadas no local.

ABSTRACT

This article aims at evaluating the mobility at Campus Pampulha UFMG in Belo Horizonte, Minas Gerais, through the implementation of cycle paths and traffic calming devices using Aimsun traffic simulation software. The methodology consisted of the following steps: calibration of the current situation based on existing data, development of future scenarios, simulation of these scenarios, comparison and evaluation of the impacts. The study pointed out that traffic calming and cycle network will not cause negative impacts on vehicle movements, since the required actions to promote these changes will increase road capacity. On the other hand, it will cause a reduction of on road parking spaces, what may discourage motorized trips in the area.

1. INTRODUÇÃO

A moderação de tráfego é considerada uma opção para a reorganização da circulação de espaços em centros urbanos. Suas raízes têm origem nos pátios residenciais criados na Holanda na década de 1970, que tinham como objetivo reduzir a motorização da sociedade, uma vez que a quantidade de veículos nas cidades crescia cada vez mais, ocupando locais de vivência das pessoas. E depois de meio século a moderação é uma medida adotada em áreas urbanas em todo o mundo, principalmente em locais onde se deseja controlar o domínio do veículo motor e propiciar melhor qualidade de vida para a população.

Esta situação ocorre também em ambientes universitários, onde a demanda pelo sistema viário em Campus ou na proximidade de escolas é bastante elevada, principalmente a demanda por estacionamento, gerando diversos impactos ao ambiente e ao tráfego nesses locais. E com o objetivo de reduzir esses impactos que se defende o uso de moderação de tráfego em áreas universitárias através do desestímulo ao uso de automóveis, para o acesso a esses locais e para maior priorização de pedestres nas vias, garantindo maior vitalidade desses espaços. Ademais, é possível também promover o incentivo ao uso de bicicletas para a realização de viagens curtas, como as viagens internas em um Campus Universitário. Associadas ao uso de outros modos, as ciclovias podem tornar-se incentivo para redução do uso de veículos particulares para locomoção em centros urbanos melhorando a qualidade de vida da população em geral.

Universidades são espaços de grande riqueza cultural e que devem ser valorizados e conservados da melhor maneira possível para que os seus usuários desfrutem de um ambiente adequado aos estudos e ao desenvolvimento científico, e também para que o lugar seja um modelo de espaço urbano para o restante da cidade (Silva e Ferreira, 2008). Desta forma,

ressalta-se a importância desses locais como criador de desenvolvimento humano e difusor de boas práticas para toda a sociedade.

Uma característica marcante de campi universitários é que as viagens diárias para estes locais são muito marcadas pela forte dependência do transporte individual, frequentemente justificadas pela ineficiência do sistema de transportes públicos e pela falta de modos alternativos, sendo que disso supõe-se substancial oferta de estacionamento que na maioria das vezes acaba por invadir espaços de socialização (Silva e Ferreira, 2008). Esse problema é notado também no Campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG em Belo Horizonte-MG, caso em estudo, onde há um uso elevado de automóveis para realização de viagens ao campus, criando uma demanda por vaga de estacionamento muito elevada.

Conforme observado por Parra (2006), as universidades podem ser consideradas como polos geradores de viagens, sendo seus impactos observados no interior e no exterior de um Campus. Por isso, ao se estudar ambientes universitários devem ser considerados todos os fatores que alteram a circulação local, como o perfil dos usuários que utilizam o espaço, o modo de deslocamento, classificação socioeconômica, entre outros.

Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar uma proposta de moderação de tráfego, associada à criação de infraestrutura para a circulação de bicicletas nas principais vias do Campus da UFMG. No caso em questão, os deslocamentos geralmente não excedem 2 km, sendo possível o uso de modos não motorizados para a movimentação interna dos usuários. A proposta de intervenções para o Campus pretende minimizar os impactos causados pela circulação excessiva de automóveis nas vias internas e promover o uso de modos sustentáveis, notadamente a bicicleta. A análise das intervenções foi realizada com a utilização de microssimulação de tráfego. Para tanto, a rede de tráfego foi criada e calibrada no software Aimsun[®] (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks*). Após a elaboração dos cenários referentes às intervenções propostas para o sistema viário, esses cenários foram avaliados por meio de simulação.

2. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO: AIMSUN

O Aimsun é um software de simulação de tráfego já consolidado na área de engenharia de transportes. Desenvolvido originalmente como projeto de pesquisa, encontra-se na 7ª edição comercial pela empresa *Transport Simulation Systems* (TSS). Em uma única versão estão disponíveis três tipos de modelos de transporte, incluindo ferramentas de assinalamento de trânsito dinâmicas e um simulador mesoscópico (Hallmann, 2011).

Neste programa é possível a realização da integração de simulação macroscópica e microscópica para “integrar todos os dados de forma a obter um estudo mais abrangente da modelagem realizada”. Essa integração possibilita melhor alocação de rotas dos veículos de acordo com a situação de tráfego de vias da simulação, além de permitir a alocação de modos de transporte diferentes do individual motorizado, como faixas exclusivas de transporte coletivo com preferência semaforica a esses veículos e vias de pedestres, e interoperabilidade e extensibilidade, sendo possível a importação de redes de outros programas de simulação ou de mapas georreferenciados ou arquivos em 3D para alocação da rede de simulação, além de permitir a exportação dos arquivos para outros programas, como também softwares de simulação ou para planilhas onde os resultados da rede podem ser estudados (Casas *et al*, 2010).

Tavares (2011) escolheu esse software para a análise de Polos Geradores de Viagens (PGV), devido às diversas possibilidades de construção, calibração e validação da rede, além dos diversos indicadores que o programa oferece para verificação dos resultados da simulação. No caso foi estudado uma Instituição de Ensino Superior (IES) na cidade de Guará II - DF, que ainda não tinha previsão para implantação. Foi definido o local do PGV, sua área de influência, captando-se assim dados do sistema viário que seria impactado, demanda de tráfego e de transporte coletivo nessa região para criação da rede. Inicialmente fez-se a simulação do cenário sem a implantação do empreendimento. Depois, dados de quantidade de viagens produzidas pela IES, distribuição modal e de Origem/Destino (OD) foram alocados na simulação para comparações estatísticas entre a rede sem e com a implantação da IES. Foi detectado um provável aumento no volume e na densidade de tráfego e redução da velocidade média no entorno do PGV. Esses impactos são reduzidos com o aumento da distância em relação ao objeto estudado. Concluiu-se que os indicadores derivados de redes de simulação de tráfego possibilitam avaliar de maneira efetiva o impacto da inserção de empreendimentos em ambientes urbanos consolidados. Também se concluiu que através da simulação de tráfego é possível detectar impactos não contíguos ao local de implantação do PGV.

Vilarinho (2008) fez um estudo de caso para a cidade de Porto, em Portugal, nas proximidades da Câmara desta cidade, onde nas últimas décadas têm ocorrido diversas mudanças no uso do solo da região. Foi feita a calibração da rede e, do mesmo modo como feito por Tavares (2011), foram avaliados os indicadores resultantes da simulação. O autor também concluiu que a simulação de tráfego é eficaz para a avaliação de sistemas viários, porém foi feita a ressalva de que como redes são representações da situação real, é inevitável que ocorram simplificações que resultem em aproximações da realidade, sendo necessário distinguir quais dessas simplificações podem ser realizadas e quais devem ser evitadas.

Ressalta-se que não foram encontrados exemplos de uso do Aimsun para calibração de redes com vias locais. O usual é a utilização de simulação para o estudo de grandes áreas, com sistemas viários complexos e ampla variedade de destinos e origens das viagens. Um provável motivo para a ocorrência deste fato são os baixos volumes de tráfego em vias locais, que muitas vezes não justificam o trabalho de criação de redes de simulação para avaliação dessas áreas como, por exemplo, a implantação de uma lombada, que requer um estudo de segurança viária no local e não necessariamente um estudo com simulação de tráfego. Porém neste trabalho o objetivo é a avaliação do impacto na circulação da implantação de medidas de moderação de tráfego e de ciclovias em uma extensão abrangente, sendo o uso do software um facilitador dos estudos dos cenários propostos, oferecendo dados para comparação da circulação atual e da futura circulação do tráfego no campus.

3. O CAMPUS PAMPULHA DA UFMG

O Campus Pampulha da UFMG é servido por cinco acessos (portarias) principais (Av. Antônio Carlos, Av. Carlos Luz, Av. Abrahão Caram, Colégio Militar, e Av. Perimetral Sul), por onde acessam diariamente cerca de 18.000 veículos particulares. O Campus é atendido internamente pelas seguintes linhas de transporte público: duas linhas diametrais (9502: São Francisco/São Geraldo; 5102: UFMG/Santo Antônio), uma linha suplementar (S-50: Nova Vista/Caixa Via UFMG) e uma linha perimetral (9550: Casa Blanca/São Francisco), além de três linhas internas que atendem a universidade, e uma linha que atende às moradias universitárias, que se localizam a cerca de quatro quilômetros da região central do Campus.

As vias internas são caracterizadas por vias locais (BHTRANS, 2010), na sua maioria de mão dupla, exceto no quarteirão central, onde foi adotado um sistema de mão única, com o quarteirão central funcionando como uma grande praça para melhoria do fluxo na região. As vias têm largura de 9,00m, sendo permitido o estacionamento nos dois lados, o que reduz o espaço disponível para circulação de veículos. As principais interseções foram tratadas com rotatórias e com canalizações de tráfego para melhor organização da circulação de veículos. Na Figura 1 é apresentado o sistema viário principal do Campus e as principais portarias de acesso.

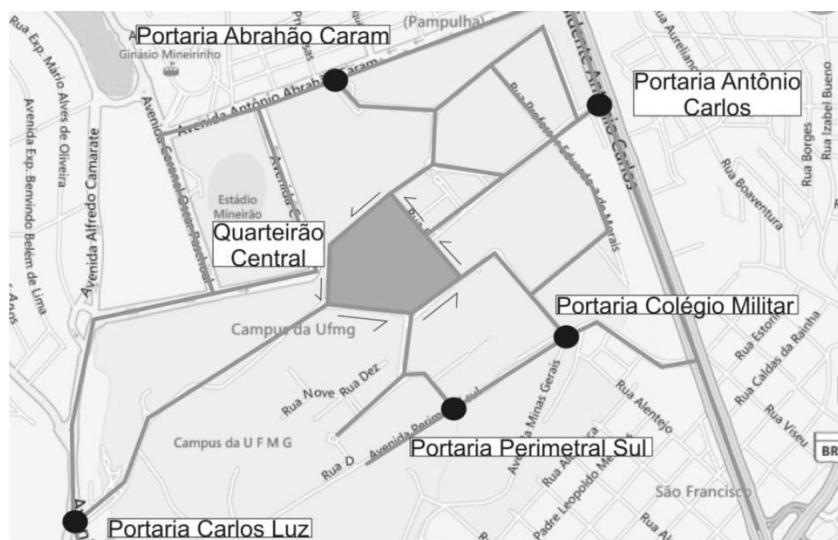


Figura 1: Sistema viário principal e portarias do Campus Pampulha da UFMG

Os picos de tráfego correspondem ao período de chegada matinal (7:00h – 8:00h), quando são registrados congestionamentos em algumas vias do Campus e ao horário do almoço (11:00h – 12:00h), quando o pico de chegada de veículos ao Campus coincide com a movimentação de pedestres com destino ao Restaurante Setorial II (RU II) na R. Prof. Giorgio Schereiber. O conflito entre esses dois fluxos provoca retenções à montante ao longo da R. Prof. Moacir Gomes de Freitas.

Grande parte das viagens internas corresponde a deslocamentos com origem nas portarias e destino à região do quarteirão central, onde se concentram diversas unidades acadêmicas, administrativas e serviços. Essas características fazem com que os estacionamentos em via pública nessa região encontrem-se atualmente em situação de saturação nos picos de estocagem veicular. Conforme o Plano Estratégico para o Campus da Pampulha da UFMG (UFMG, 2010) o estoque de automóveis no Campus apresenta dois picos, sendo o pico da manhã entre 9:00h e 10:30h, e o da tarde entre 13:00h e 14:20h.

Ainda conforme UFMG (2010) a análise global do número de vagas regulares nas vias (1638) comparadas com a demanda verificada em campo no horário mais carregado (1493) apresenta um saldo positivo de 145 vagas livres. Cabe salientar que na realidade a distribuição não ocorre de maneira uniforme, uma vez que o usuário busca sempre espaço para acomodar o veículo o mais próximo possível do seu destino. De maneira análoga, a demanda por vagas nos pátios (4086) comparada com o total de vagas ofertadas (4476) também demonstra um saldo positivo de 390 vagas livres, ressalvando que a distribuição não é uniforme, resultando em falta de vagas em determinados pátios. Assim, a condição atual do estacionamento tanto

em pátios quanto nas vias ainda indica uma disponibilidade de 9%, medida no horário de maior carregamento. O relatório conclui que existe disponibilidade de vagas em unidades mais afastadas da região central do Campus, bem como no estacionamento junto ao Mineirão. A grande distância dessas áreas de estocagem da região de maior interesse e a falta de meios facilitadores de acesso a essas regiões no Campus (quarteirão central) desestimula o seu uso e não consegue absorver parte do tráfego que circula desnecessariamente pelas vias centrais à procura de espaço para estacionamento.

No caso da circulação de pedestres, a maioria das viagens é realizada entre a portaria da Av. Antônio Carlos e o quarteirão central, sendo este trajeto realizado ao longo da Av. Reitor Mendes Pimentel. Quando o destino não está localizado neste trajeto, é comum o uso das linhas internas de ônibus ofertadas gratuitamente pela universidade. O mesmo ocorre nas viagens originadas da portaria da Av. Carlos Luz, onde se observa a existência de um sistema informal de caronas para a realização desses deslocamentos, além da procura pelas linhas de ônibus citadas. A grande movimentação por essa portaria deve-se à sua proximidade com o bairro Ouro Preto, onde se localiza a moradia universitária proporcionada pela universidade aos estudantes de baixa renda, bem como moradias do mercado formal.

4. MÉTODO

A avaliação de uma proposta de moderação de tráfego, associada à criação de infraestrutura para a circulação de bicicletas foi feita por meio de um estudo de caso no Campus UFMG. As etapas do estudo consistiram nas atividades apresentadas a seguir.

- Obtenção de dados de ocupação de estacionamentos, de contagens volumétricas e de matriz origem/destino (O/D) do Campus;
- Desenvolvimento e atualização da rede de simulação do Campus UFMG no software Aimsun;
- Calibração da rede e obtenção de dados complementares caso necessário;
- Revisão das diretrizes de projeto propostas para a implantação de rotas cicláveis e de requalificação do espaço interno do campus para criação dos cenários futuros de simulação;
- Definição e criação de cenários futuros com a alocação das propostas de implantação de ciclovias e de dispositivos de moderação de tráfego de acordo com as diretrizes propostas;
- Avaliação dos impactos gerados pela alocação de intervenções no sistema viário e avaliação de possíveis medidas mitigadoras.

4.1 Coleta de informações e dados necessários

A rede de simulação existente para o Campus continha todas as vias de circulação, pontos de embarque e desembarque (PED) e dados do transporte coletivo. Contudo, foi necessário atualizá-la para que a mesma representasse alterações ocorridas no itinerário de linhas de ônibus, bem como na matriz origem/destino (O/D).

A matriz O/D existente foi obtida através de pesquisa coordenada pelo Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia – DETG da UFMG em novembro de 2010, com dados amostrais de cada unidade acadêmica, referentes à portaria de acesso, modo de transporte utilizado e no caso de automóveis, local de estacionamento do veículo. Esses dados, associados à população de cada prédio e à pesquisa de contagem volumétrica nas portarias do Campus, também realizadas pelo DETG, resultaram no volume de tráfego direcionado a cada

bolsão de estacionamento das unidades acadêmicas. Vale ressaltar que existe tráfego de passagem dentro do Campus, porém este não foi detectado nas pesquisas.

Os dados de estacionamento de veículos nas vias e nos pátios foram obtidos por pesquisa realizada pelo DETG em dois dias típicos (terça e quarta-feira). A tabulação indicou o percentual de ocupação de cada uma das vias e dos pátios das unidades acadêmicas e administrativas (UFMG, 2010).

O relatório “Diretrizes para a Mobilidade na área Central do Campus da Pampulha da UFMG” (UFMG, 2011) apresenta as diretrizes de implantação de ciclovias e de melhorias nos caminhamentos dos pedestres ao longo da Av. Reitor Mendes Pimentel e no quarteirão Central do Campus. Foi detectada a necessidade de implantação de travessias de pedestres nessa Avenida, uma vez que atualmente não existe sinalização adequada nem infraestrutura necessária para que essa travessia seja realizada com segurança. A recuperação, padronização e manutenção constante das calçadas de toda a região também foram ressaltadas, para que se torne convidativa à utilização do modo a pé no Campus, além de melhoria do espaço de convívio entre pessoas. O relatório recomenda também a criação de Rota de Acessibilidade da portaria da Av. Antônio Carlos até a região Central, pela Av. Reitor Mendes Pimentel que seria tratada com travessias elevadas para pedestres e implantação de todos os dispositivos de acessibilidade universal necessários à boa circulação de pessoas no Campus.

Para a promoção da bicicleta como modo de transporte, destacou-se a necessidade de implantação de infraestrutura cicloviária como incentivo ao uso da bicicleta para a circulação no Campus, sendo possível a adoção de ciclofaixas, ciclovias ou faixas compartilhadas. Ressalta-se também a necessidade de implantação de bicicletários ou paraciclos para armazenar bicicletas. Foram elaboradas três propostas de implantação de infraestrutura cicloviária– ciclovias ou ciclofaixas – para a Av. Reitor Mendes Pimentel, também para as vias do quarteirão Central (R. Prof. Baeta Viana, R. Prof. Giorgio Schereiber, R. Reitor Pires Albuquerque e R. Prof. Eduardo Frieiro). As configurações de seção transversal para essas duas vias estão apresentadas nas Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Configurações da seção transversal da Av. Reitor Mendes Pimentel no caso de implantação de infraestrutura cicloviária

	Infraestrutura cicloviária		Faixa 1 (m)	Faixa 2 (m)	Estac (m)	Seção (m)
1	Ciclofaixa unidirecional na pista	1,20 m	2,90	3,10	1,80	9,00
2	Ciclovía unidirecional na pista e passeio separador	2,70 m 2,10 + 0,60	2,90	3,10	-	8,70
3	Ciclovía bidirecional no canteiro central (2,50 m)		3,00	3,30	2,00	8,30
4	Ciclofaixa na calçada		3,00	3,30	2,00	8,30

Tabela 2: Configurações da seção transversal para as vias do Quarteirão Central no caso de implantação de infraestrutura cicloviária

	Infraestrutura cicloviária		Faixa 1 (m)	Faixa 2 (m)	Estacion. (m)	Seção (m)
1	Ciclofaixa unidirecional na pista	2,40 m	3,00	3,10	-	8,50
2	Ciclovia unidirecional na pista e passeio separador	2,80 m 2,70 + 0,60	3,00	3,20	-	9,00
3	Ciclovia ou ciclofaixa bidirecional na calçada		3,00	3,30	2,00	8,30

Com relação ao transporte coletivo (TC) o relatório apontou a necessidade de tratamento dos pontos críticos da circulação desses veículos, principalmente próximo a cruzamentos onde o estacionamento sem obedecer à distância mínima de cinco metros em relação ao alinhamento da via adjacente torna-se obstáculo na manobra de conversão de ônibus. Foi sugerido também o estudo do uso de baias com avanço de calçada na faixa de estacionamento nos pontos de embarque e desembarque (PED), onde o ônibus ocuparia uma faixa de circulação, enquanto atende ao PED, porém o conforto dos usuários e do operador do veículo seria maior.

Os cenários futuros consideraram as propostas do referido relatório, principalmente os aspectos do número de faixas de tráfego e a existência ou não de estacionamento na via em função do tipo de infraestrutura cicloviária adotada. Essas alterações, além de promover o uso do modo a pé com medidas destinadas também aos pedestres através da associação das travessias para ciclistas e pessoas, buscou-se também reduzir a velocidade operacional dos veículos de forma a desestimular o uso do automóvel para o acesso à universidade para as atividades acadêmicas rotineiras.

A capacidade de representação dessas características na rede de simulação foi avaliada. Desta forma, para fins de calibração de rede, as propostas 1, 3 e 4 da Tabela 1 para a Av. Reitor Mendes Pimentel são semelhantes, uma vez que não é possível a distinção da largura de cada uma das faixas de tráfego da via e, portanto as propostas tornam-se similares. O mesmo ocorre para as propostas 2 e 3 (Tabela 2) das vias do quarteirão central pelo mesmo motivo citado. A principal característica que pode ser alterada/representada é a alocação de estacionamentos na via, uma vez que essa característica restringe a capacidade da via e também condiciona o destino dos veículos estocados em via pública.

5. SIMULAÇÃO DO TRÁFEGO NO SISTEMA VIÁRIO DO CAMPUS

Conforme citado, o estudo do sistema viário do Campus UFMG utiliza o Aimsun, no qual foi calibrada uma rede de simulação para o período de 7:00h às 8:00h, pico de demanda de circulação de veículos na área de estudo. A partir dessa rede foram calibradas as simulações dos períodos de 10:30h às 11:30h para a situação atual, de 7:00h às 8:00h e de 10:30h às 11:30h para um cenário com implantação das mudanças propostas. A seguir são descritos os métodos de calibração utilizados na rede do Campus.

5.1 Estacionamentos em vias públicas

Para simular a operação de estacionamento ao longo das vias, foram criadas impedâncias nas faixas de estacionamento para representar os veículos parados. Essas impedâncias são encontradas no recurso “Gerenciamento de Tráfego” na aba “Projeto” (Aimsun versão 7.0

traduzida português Brasil). Este recurso permite a simulação de eventos do tráfego que impactam o sistema viário de forma pontual, como, por exemplo, um acidente na via. No caso em estudo, foi utilizada a ferramenta “Incidente Periódico de Seção” no qual são definidos o trecho de um *link* onde ocorrerá esse incidente, a sua frequência e a sua duração, esses dois últimos com seus respectivos desvios. Os incidentes são criados em forma de retângulo, com seu comprimento definido pelo usuário, que ocupam uma faixa do trecho onde foi alocada a ferramenta do software, sendo que há a possibilidade de superposição de impedâncias geradas pelo programa. A Figura 2 apresenta essa opção para a simulação de estacionamentos em via pública.

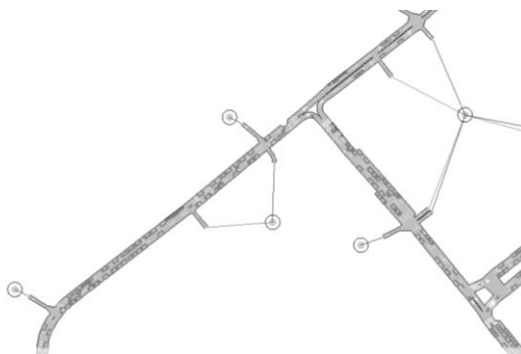


Figura 2: Simulação de estacionamento em via pública utilizando impedâncias de curta duração nas vias

Como pode ser visto na Figura 2, nos links existem pequenos retângulos que impedem a passagem dos veículos durante o período de simulação, representando bloqueios na via, que no caso são os veículos estacionados. As impedâncias foram alocadas por faixa, sendo possível a escolha de quais faixas serão ocupadas pelos veículos na simulação.

Uma complementação necessária ao método é a necessidade de criação de centroides para a alocação do tráfego gerado por esses veículos, uma vez que a ferramenta utilizada não tem como característica a produção de volume de tráfego em decorrência das impedâncias que representam veículos estacionados, sendo somente para calibração de eventos que reduzam a capacidade viária em trechos de vias. Esses centroides foram criados somente para receber tráfego de veículos, uma vez que nos horários simulados a renovação do estoque de veículos é relativamente baixa.

5.2 Simulação de dispositivos de moderação de tráfego

Os dispositivos de redução de velocidade (ondulações e plataformas) foram alocados na forma de links com velocidade média nos dispositivos conforme valores obtidos em pesquisa realizada com GPS por Goes (2011) para obtenção de perfis de velocidade em ondulações e plataformas existentes no Campus. Para os redutores de velocidade não contemplados nessa pesquisa e também para aqueles a ser implantados nos cenários futuros, adotou-se velocidade de 20 km/h, valor médio em redutores resultante da pesquisa de Goes (2011). As lombadas localizadas junto ao controle de portarias tiveram velocidade média considerada de 10 km/h, uma vez que têm o objetivo de reduzir a velocidade do veículo a ponto de ser possível a captura da imagem de sua placa.

5.3 Simulação de cenários futuros

A simulação dos cenários futuros foi realizada de acordo com as diretrizes propostas para o Campus UFMG, sendo as principais:

- Retirada de estacionamento em um lado das vias que receberão intervenções de infraestrutura cicloviária e moderação de tráfego;
- Retirada de uma faixa de tráfego para alocação de ciclovias ou ciclofaixas na Av. Reitor Mendes Pimentel e nas vias do Quarteirão Central;
- Troca de baias de ônibus por parada avançada – extensão da calçada;
- Melhoramento da geometria viária em interseções do Campus com o intuito de humanizar o espaço universitário.

Para simulação dessas diretrizes, partiu-se dos cenários atuais já calibrados e alterou-se a rede de acordo com as propostas citadas anteriormente, com foco na variação da distribuição dos estacionamentos em via pública e da quantidade de faixas de tráfego disponíveis nas vias. A distribuição da alocação dos veículos no Campus foi pensada de forma a usar primeiramente o espaço disponível nas vias e após a saturação, os veículos seriam alocados nos estacionamentos mais distantes. Na Tabela 3 são apresentados os cenários considerados para o estudo dos impactos da implantação da rede cicloviária. A decisão de considerar a variação da oferta de estoque de veículos foi tomada, pois uma vez que o uso de veículos para acesso ao campus é uma característica expressiva da universidade, a redução de espaços para alocação de veículos foi considerada como um possível grande impacto da implantação da ciclorrede.

Tabela 3: Cenários futuros propostos para calibração da rede de tráfego do Campus UFMG

Cenários Propostos	Av. Reitor Mendes Pimentel	Quarteirão Central
1A	Retirada de uma faixa de estacionamento	Retirada de uma faixa de tráfego e proibição de estacionamento
2A	Retirada de uma faixa de tráfego e proibição de estacionamento	Retirada de uma faixa de tráfego e proibição de estacionamento
1C	Retirada de uma faixa de estacionamento	Retirada de uma faixa de estacionamento
2C	Retirada de uma faixa de tráfego e proibição de estacionamento	Retirada de uma faixa de estacionamento

As modificações propostas na Tabela 3 acima levam em conta somente os impactos gerados nas vias onde se estuda a possibilidade de implantação de ciclovia, porém com a realocação de veículos proposta, houve também alterações em outras vias do Campus para onde foram destinados os carros, como, por exemplo, na R. Prof. Francisco de Assis M. Gomes, próxima à Unidade Administrativa III, onde foi considerado o uso dessa via para estacionamento de veículos quando necessário.

Na simulação dos cenários foram mantidos, a matriz O/D atual, a oferta de transporte coletivo, bem como os dispositivos de moderação de tráfego existentes, uma vez que se considerou que a velocidade média em cada dispositivo não seria alterada com as propostas. Foram acrescentados os dispositivos de moderação de tráfego conforme relatório de Diretrizes (UFMG, 2011), como a implantação de travessias ao longo da Av. Reitor Mendes Pimentel.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na determinação dos impactos na circulação do Campus devido à implantação dos cenários mencionados, foi considerada principalmente a questão do remanejamento dos veículos que

atualmente estacionam nas vagas que serão suprimidas nos cenários propostos, além de variações nas condições de tráfego, como comprimento de filas, tempo de viagem, entre outros. Na Tabela 4 é apresentado um quadro comparativo entre os dados da simulação do cenário atual e dos cenários futuros acima mencionados para o intervalo de 7:00h às 8:00h.

Tabela 4: Comparação de variáveis para os cenários atual e futuros de 7:00h às 8:00h

Dados obtidos	Atual	Futuro 1A	Futuro 2A	Futuro 1C	Futuro 2C
Comprimento médio de fila todos (veíc)	159,83	84,97	81,28	97,28	83,71
Densidade todos (veíc/km)	17,32	19,72	20,10	18,96	19,85
Distância total viajada todos (km)	10087,58	9474,45	9493,71	9800,87	9392,39
Número de paradas todos (unidade)	2,79	2,33	2,31	2,46	2,30
Tempo total de viagem todos (h)	651,57	710,37	695,23	684,84	698,34
Velocidade média todos (km/h)	29,80	32,76	33,02	31,92	32,89

Como pode ser observado, há uma melhora considerável nos índices dos cenários avaliados. Os comprimentos de fila reduzem com o aumento da capacidade das principais vias de tráfego, pelo acréscimo de uma faixa de circulação, totalizando duas faixas. As filas geradas pelos veículos do TC também são reduzidas, aumentando também a velocidade média dos veículos, evitando que esses sejam automaticamente redirecionados em busca de um caminho menos congestionado para alcançar o centroide de destino, o que reduz a soma das distâncias viajadas pelos veículos. Porém nota-se uma piora no tempo total de viagem e na densidade de veículos na rede devido a alterações na programação semaforica da interseção da Av. Reitor Mendes Pimentel com a Av. Antônio Carlos. Essa alteração aumentou a porcentagem de tempo de verde para o acesso de veículos pela portaria desta avenida, aumentando assim a quantidade de veículos na rede, que por sua vez, elevou a soma dos tempos de viagem unitários, assim como a quantidade de veículos por quilômetro de via. As mesmas tendências foram observadas para o intervalo de 10:30h às 11:30h, como mostrado na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Comparação de variáveis para os cenários atual e futuros de 10:30h às 11:30h

Dados obtidos	Atual	Futura 1A	Futura 2A	Futura 1C	Futura 2C
Comprimento médio de fila todos (veíc)	34,10	26,58	26,81	26,26	26,45
Densidade todos (veic/km)	3,82	3,96	3,82	3,94	4,06
Distância total viajada todos (km)	4227,94	4278,00	4113,34	4383,76	4214,75
Número de paradas todos (unidade)	1,91	1,49	1,62	1,48	1,48
Tempo total de viagem todos (h)	146,37	139,01	134,90	141,64	136,34
Velocidade todos (km/h)	32,09	36,13	34,80	36,16	36,50

Conforme apresentado nas Tabelas 4 e 5 acima, praticamente todos os cenários apresentam melhoras para a circulação de veículos no interior do Campus. Desta forma, as medidas propostas para a implantação da rede cicloviária e os dispositivos de moderação de tráfego não criarão impactos negativos na circulação, uma vez que poderão melhorar o trânsito de veículos. Porém, para a oferta de estacionamento na universidade foi observado um grande impacto uma vez que para implantação da ciclorrede será necessária a retirada de estacionamentos junto ao canteiro central da Av. Reitor Mendes Pimentel e em pelo menos um lado das vias que circundam o Quarteirão Central, com exceção da R. Prof. Eduardo

Friero que possui estacionamento a 45°. Na Tabela 6 são apresentados os dados de realocação de estacionamentos da universidade para o horário de 10:30h às 11:30h, intervalo analisado contíguo ao pico de estocagem veicular do Campus.

Tabela 6: Realocação de veículos estacionados nas vias de 10:30h às 11:30h

Cenários	Veículos estacionados nas vias	Veículos realocados para outras vias	Veículos realocados para o estacionamento Mineirão
Atual	866	0	0
1A	657	106	103
2A	342	318	206
1C	653	106	107
2C	527	209	150

O cenário com maior necessidade de realocação de veículos é o 2A, onde seriam proibidos os estacionamentos em via pública nos locais de implantação das ciclovias, gerando grande defasagem na oferta de local para que os veículos sejam guardados, fazendo com que nesse cenário seja necessária uma mudança de hábitos por parte da população universitária, que terá o percurso a pé aumentado em função das distâncias do estacionamento ao destino desejado. E este fato pode tornar-se um desestímulo ao uso de automóveis e, portanto, o uso de transporte coletivo poderá aumentar caso este se apresente atrativo. Também há o fato de que a atual ocupação do estacionamento junto ao Mineirão está próxima de 74% da sua capacidade, que é de 245 veículos, portanto, há restrição de espaço para a alocação de veículos nesse pátio.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para melhoria da mobilidade no Campus Pampulha da UFMG foram propostas intervenções para minimizar os impactos causados pela circulação excessiva de automóveis nas vias internas e promover o uso de modos sustentáveis, notadamente a bicicleta. Este trabalho avaliou a adoção de moderação de tráfego, associada à criação de infraestrutura para a circulação de bicicletas nas principais vias do Campus UFMG com a utilização do *software* de simulação de tráfego Aimsun.

Devido às características específicas das vias internas ao Campus, no processo de calibração da rede foram pesquisadas soluções, tanto na literatura específica sobre o tema quanto nos procedimentos realizados por terceiros, para a representação adequada de características, tais como estacionamento em via pública e redutores de velocidade (plataformas e ondulações). Os procedimentos adotados foram eficazes, resultando em uma boa calibração da rede, salvo nos casos de vias de pequena largura, onde muitas vezes um mesmo espaço da via é compartilhado pelos dois sentidos de circulação, caso não simulado, que só ocorre em vias de pouco volume de tráfego na área estudada, não impactando os resultados da simulação.

Seguindo as diretrizes para melhoria da mobilidade no Campus foram criados cenários para simular diversas configurações viárias decorrentes da implantação de ciclovias ou ciclofaixas, que na maioria dos cenários implicaram na redução de faixas de estacionamento. O maior desafio nesta simulação de cenários futuros foi a realocação de veículos estacionados nas vias para pátios de estocagem ou em vias mais distantes da área tratada, onde foram considerados os estudos realizados de forma analítica pela universidade (UFMG, 2010).

Os parâmetros referentes aos cenários estudados, gerados pelo Aimsun, indicam que a implantação das medidas moderadoras de tráfego e da rede cicloviária não causará impactos negativos na circulação de veículos, uma vez que as medidas necessárias para que essas alterações sejam realizadas geram aumento da capacidade das vias tratadas. Em contrapartida, a oferta de estacionamentos é o grande impacto a se mitigar, uma vez que quanto mais eficaz a infraestrutura cicloviária instalada, maior a redução de vagas de estacionamento nas vias. Este fato poderá gerar desrespeito por parte dos usuários do Campus. Atualmente, devido ao alto índice de uso de automóveis já se observa o estacionamento em vagas reservadas a deficientes. Contudo, somente o estímulo de modos não motorizados, em uma cidade onde as viagens são em sua maioria de longa extensão, tende a não surtir efeitos positivos substanciais, pois as viagens longas continuarão a serem realizadas por modos motorizados. Logo, é necessário, por exemplo, promover um melhor acesso via transporte público municipal, sendo este mais abrangente e de melhor qualidade, de forma que o conjunto de alterações, desde medidas as de *traffic calming* até a readequação do sistema de transporte público, se façam atrativas para os atuais usuários dos modos individuais considerarem a transferência modal nos seus deslocamentos para suas atividades rotineiras ou quaisquer outras do interesse de cada cidadão.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG pela concessão de auxílio para essa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casas, J., Ferrer, J. L., Garcia, D., Perarnau, J. e Torday, A. (2010) Traffic Simulation with Aimsun. In: Barceló, J. (ed.) Fundamentals of Traffic Simulation. International series in operations research and management science 145, Springer Science+Business Media, Barcelona.
- BHTRANS (2010) Hierarquização do Sistema Viário de Belo Horizonte (www.bhtrans.com.br, acesso em 21 de março de 2012).
- Goes, A. R. (2011) Avaliação de um método de medição da velocidade de automóveis em dispositivos de moderação de tráfego no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais. Monografia de graduação em Engenharia Civil, UFMG, Brasil.
- Hallmann, H. V. (2011) Comparação entre softwares simuladores de trânsito. Graduação em Ciências da Computação UFRGS, Brasil.
- Parra, M. C. (2006) Gerenciamento da mobilidade em campi universitários: problemas, dificuldades e possíveis soluções no caso ilha do fundão – UFRJ. Dissertação de mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro.
- Silva, J. P., Ferreira, D. (2008) Mobilidade sustentável em campus universitários: Boas Práticas Europeias. Intelligent Energy – Europe (IEE) Today and Tomorrow. Portugal, 2008.
- Tavares, D. M. (2011) Método para análise de pólos geradores de viagens utilizando ferramentas de microsimulação. Dissertação de mestrado em Transportes UnB, Brasília.
- UFMG (2010) Plano Estratégico para o Campus da Pampulha da UFMG. Relatório técnico. Pró-Reitoria de Administração.
- UFMG (2011) Diretrizes para a Mobilidade na área Central do Campus da Pampulha da UFMG. Relatório técnico. Pró-Reitoria de Administração.
- Vilarinho, C. A. T. (2008) Calibração de modelos microscópicos de simulação de tráfego em redes urbanas. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal.

Adriano Ferreira Schiavon (pitecofschiavon@gmail.com)

Heloisa Maria Barbosa (heloisa@etg.ufmg.br)

Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia

Av. Antônio Carlos 6627 – 30123-970 – Belo Horizonte – MG – Brasil