

# **Análise da interferência do motobox nas condições de tráfego por microssimulação.**

<sup>1</sup> Douglas Henrique Ferreira Coelho; <sup>2</sup> Agmar Bento Teodoro

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG) - Departamento de Engenharia de Transportes (DET); Av. Amazonas, 5.253, Sala 101, Nova Suíça, Belo Horizonte - MG, Brasil. CEP: 30.421-169.

<sup>1</sup> dhfcoelho@gmail.com; <sup>2</sup> agmarbento@hotmail.com

## **SINOPSE**

O motobox vem sendo explorado em grandes centros urbanos brasileiros como medida com ganhos à segurança viária em interseções semaforizadas dada a vulnerabilidade dos motociclistas. O estudo se propôs a investigar com uso de microssimulação a interferência dos motoboxes nas condições de tráfego.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Motociclistas; Segurança viária; Motobox; Tráfego; e Microssimulação.

## **INTRODUÇÃO**

Políticas públicas incentivaram a partir da década de 90 o aumento exponencial da frota de motocicletas no Brasil. Com a popularização da espécie veicular o aumento foi de 1,5 milhão de unidades em 1990 para 17 milhões em 2012. Vasconcellos (2016) afirma que essa situação tem relação direta com a liberdade de deslocamento que o modo possibilita a cidadãos de baixa renda, até então usuários cativos de uma oferta precária de transporte público coletivo.

Se instaura e pouco a pouco se agrava então a problemática de inserção dos motociclistas no meio urbano e, tratando acerca da periculosidade inerente à motocicleta, Vasconcellos (2016) cita que estudos produzidos ao longo de décadas no Brasil provam que a quantidade de feridos por sinistro quando envolvendo motocicleta é muito superior em relação aos sinistros sem motocicleta envolvida. A realidade de periculosidade do modo é um fator que inclusive desestimula sua adoção por diversos usuários em potencial em função de experiências traumáticas consigo próprio ou terceiros (SILVA, JACOB *et al.*, 2021).

Em BH os motociclistas representaram a maior parcela de vítimas não fatais em sinistros em 2018 e 2019, com valores iguais a 54,4% e 56,8%, respectivamente. De 2018 para 2019 a presença de motociclistas entre o total de vítimas fatais aumentou em 5,8 pontos percentuais (BHTRANS, 2020).

A caracterização de segurança na mobilidade, no entanto, vai além da avaliação de condições de segurança viária a partir da análise de sinistros de trânsito. Portugal (2017) menciona a necessidade de enquadramento de análises que considerem a qualidade do serviço ofertado, o uso a modalidades de transporte seguras e, mais tradicionalmente considerados, os padrões operacionais viários que minimizem o risco de sinistros. O autor cita ainda que uma mobilidade segura é de suma relevância ao desenvolvimento sustentável.

A popularização das motocicletas, conforme mencionam Holz (2014) e Vasconcellos (2016) surge como sinônimo de liberdade sobretudo a usuários até então cativos dos sistemas de transporte público coletivo em grandes centros urbanos. O uso do modo possibilita uma economia expressiva no tempo de deslocamento e, por vezes, se mostra financeiramente

mais viável que o uso do transporte público no que se refere aos gastos fixos e variáveis mensais (excluindo-se o capital da aquisição).

No que tange à economia de tempo em relação aos modos individuais motorizados, essa se dá sobretudo em decorrência da possibilidade de uso dos corredores virtuais por parte dos motociclistas. Conforme explica Holz (2014), a prática é comumente utilizada em grandes centros urbanos brasileiros principalmente sob a condição de congestionamentos. O uso dos corredores, no entanto, é um tema de intenso debate entre os mais diversos usuários de sistemas viários, sobretudo no que se refere à periculosidade do ato.

A condição de segurança viária por motociclistas é um dos atuais problemas no âmbito nacional que compõem a problemática central de inserção desses usuários no espaço urbano. Porém, esse não é o único problema. Torquato (2019) e Holz (2014) mencionam que as motocicletas são abordadas com maior frequência em estudos relativos à segurança viária, e que poucos trabalhos tratam sobre os impactos do uso desses veículos no ambiente urbano.

Soma-se então à problemática central aqui definida o problema das interferências que as motocicletas geram à capacidade viária (TORQUATO, 2019). Devido à configuração de circulação em tráfego misto, os motociclistas tendencialmente trafegam com uso de uma prática que acaba por conformar o dito corredor virtual (HOLZ, 2014), com elevado atrito lateral em relação aos demais veículos, sobretudo em pistas de múltiplas faixas que operam em um mesmo sentido de circulação.

A capacidade de tráfego é um fator de suma importância aos estudos de equilíbrio entre oferta e demanda em sistemas viários e conseqüentemente a um correto dimensionamento da infraestrutura a ser ofertada. De modo geral na Engenharia de Tráfego o equilíbrio entre oferta e demanda é estimado por intermédio de indicadores de Nível de Serviço (NS) que correspondem à qualidade de operação (TRB, 2022).

O nível de qualidade é definido com base em parâmetros que variam conforme o tipo de via a ser analisada e contemplam desde as condições de infraestrutura até os efeitos dos veículos uns sobre os outros. Nesse sentido, destaca-se o efeito das motocicletas sobre o tráfego geral ocorrendo em diferentes contextos. Dentre eles destaca-se os relativos a interseções semaforizadas, que são o tempo perdido inicial, decorrente do acúmulo de motocicletas junto à linha de retenção, e o *headway* de saturação, conseqüente do atrito lateral (ANUSHA et al., 2013; RADHAKRISHNAN e RAMADURAI, 2015; TORQUATO, 2019).

Nesse contexto, medidas preferenciais para motocicletas vêm sendo adotadas em grandes centros urbanos com objetivos que se sobressaem na temática da segurança viária, visando ganhos aos usuários do sistema. No entanto, poucas são as análises concretas que tratam acerca das interferências dessas medidas na capacidade de tráfego.

Os exemplos pioneiros a nível nacional se dão nos municípios de São Paulo (SP) e Belo Horizonte (BH) com a implantação de áreas de acúmulo de motocicletas em aproximações semaforizadas que geram um recuo da linha de retenção do tráfego geral. Dessa maneira, cria-se um espaço transversal à circulação viária de uso preferencial por motocicletas, nomeada por motobox.

Os motoboxes foram inicialmente implementados pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP) em SP e tiveram sua aplicação rapidamente incorporada pela BHTrans no Município de BH, dada a eficiência identificada no instrumento. Conforme menciona Torquato (2019), a segregação gerada pelos motoboxes é capaz de proporcionar uma redução de conflitos no início do verde, considerando ainda a capacidade de aceleração superior das motocicletas em relação aos demais veículos.

A terminologia motobox é adotada no meio técnico alternativamente aos nomes “área de espera” ou “área de retenção de motocicletas”. O termo faz alusão à expressão “caixa de motos” na língua inglesa. Ele foi regulamentado com a alteração do CTB em 2020.

## DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

Para avaliação das interferências dos motoboxes nas condições de tráfego, no presente estudo, lançou-se mão do uso de microssimulação de tráfego com aplicação do *software* Aimsun Next 2022. Ele permite a modelagem de veículos com comportamento não baseado em faixas de rolamento, como é o caso das motocicletas. Destarte, a aproximação do modelo virtual às reais condições de tráfego é maior.

Como estudo de caso adotou-se um trecho da Av. Teresa Cristina (Av. TC) em Belo Horizonte, entre a interseção com a Rua Monte Simplon e o Viaduto Itamar Franco. Com pouco mais de 3 km de extensão, o trecho em recebe hierarquização arterial e opera em pista dupla. Conta tanto com interseções em desnível quanto em nível com acesso controlado a somente um sentido da via ou por semaforização.

Em conjunto com a Av. Pres. Juscelino Kubitschek (Av. JK), que é uma via expressa, elas são duas das principais vias estruturantes do sistema viário que atende à Regional Barreiro de BH e municípios do vetor oeste da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com destaque a Betim e Contagem. Se aproximando à área central de BH, a via tem interseções com outras importantes vias da região, com destaque à Av. do Contorno, e à Av. Barbacena.

A capacidade na Av. Teresa Cristina varia de duas a seis faixas de rolamento, dependendo da seção. O perfil longitudinal da via é tipicamente plano devido ao fato de seu traçado acompanhar o Boulevard do Rio Arrudas. Ademais, destaca-se que no trecho em questão a via segue de forma paralela ao metrô de BH, o que acaba caracterizando a ausência de interferências significativas ao tráfego de passagem sobretudo na pista sentido Centro, conforme ilustra a Figura 1.

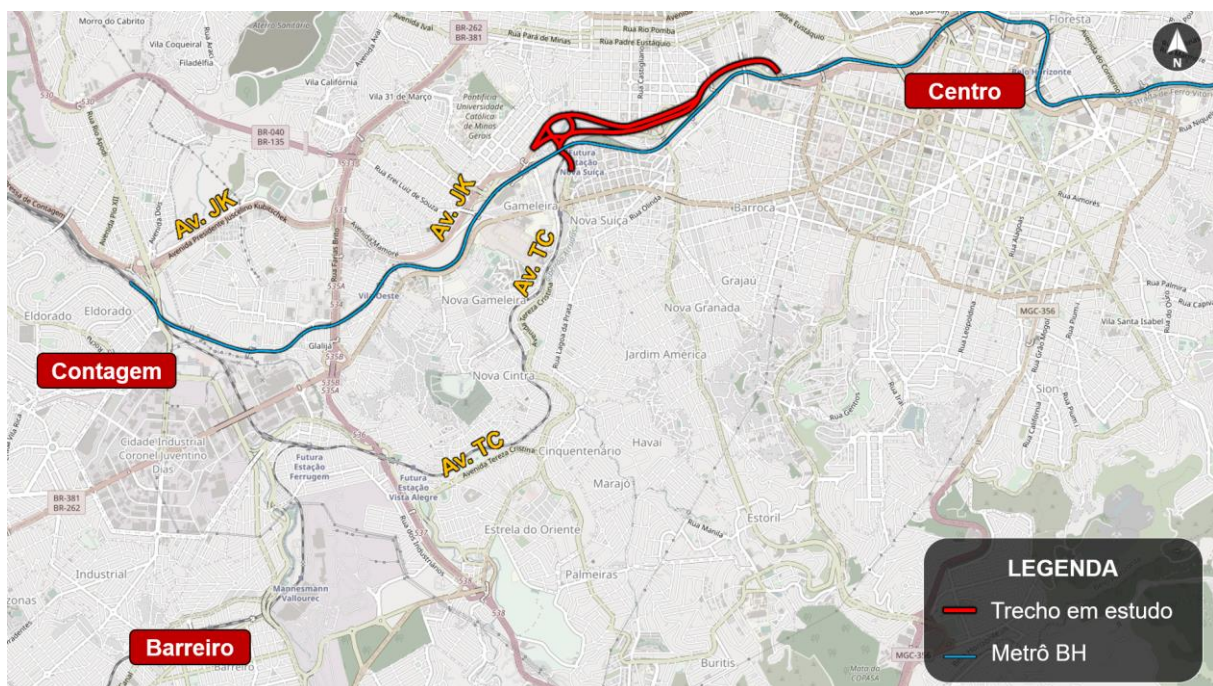


Figura 1: Localização do trecho em estudo com referências macroscópicas – Base OpenStreetMap

A articulação a nível metropolitano e conseqüentemente áreas periféricas com maior concentração de população com menor poder aquisitivo, bem como as características de tráfego de passagem, geram à via certo volume de tráfego de motocicletas. Além disso, entre as interseções semaforizadas no trecho em estudo, somente uma conta com motobox, essa já situada fora do trecho homogêneo entre a interseção com a Av. Pres. Juscelino Kubitschek e o Viaduto Itamar Franco. Essa característica, faz com que o trecho em questão na Av. Teresa Cristina seja uma das poucas vias arteriais em BH que ainda não conta com motoboxes, fator que também interferiu na sua escolha como objeto de estudo.

Outra condição a se destacar é que devido ao baixo adensamento no entorno imediato do trecho, a via recebe poucas linhas de transporte coletivo por ônibus. Parte das que circulam pelo trecho são ainda linhas semidiretas, estando as linhas paradoras majoritariamente concentradas na Av. Amazonas, onde a concentração de comércio e serviço no entorno imediato é significativamente maior.

Para mensurar os volumes de tráfego do sistema em estudo, utilizou-se da coleta de dados secundários que se referem a contagens automáticas por equipamentos de fiscalização eletrônica da BHTrans, cujos dados foram em partes fornecidos pela equipe técnica responsável e outra parte obtida diretamente do Portal de Dados Abertos da Prefeitura. Ao todo, esses equipamentos permitiram a distribuição de pontos de Contagem Classificada de Veículos (CCV) em quatro seções no sentido bairro e três no sentido centro.

Na Figura 2 ilustra-se a modelagem de rede no Aimsun com imagem de satélite ao fundo que permite a visualização do contexto de adensamento urbano no entorno da via. São destacadas também as interseções semaforizadas, os pontos de CCV por dados secundários e as principais vias e obras de arte especiais que interceptam a Av. Teresa Cristina.



Figura 2: Modelagem geral da rede no Aimsun

Com vista a complementar aos dados de CCV secundários fez-se importante obter maiores informações sobretudo no entorno da interseção com a Av. Silva Lobo a partir do Viaduto Deputado Ulisses Guimarães, que tem elevada relevância ao trecho e conta com apenas um equipamento de fiscalização eletrônica no sentido bairro. Para isso, foi aplicada uma pesquisa CCV tradicional durante os períodos de início da manhã e fim de tarde. Essa coleta permitiu também a realização de uma validação do volume de motocicletas na Av. Teresa Cristina, haja vista que esses veículos por vezes podem não ser detectados pelos equipamentos de fiscalização eletrônica quando circulando entre os demais veículos, nos ditos corredores.

Os volumes de tráfego foram tratados para se obter os intervalos de pico do sistema. Eles foram identificados como sendo os intervalos com maior volume UVP (Unidade Veículo Padrão). Para dimensionamento da UVP de cada intervalo, utilizou-se os fatores de equivalência de 0,33 para motos, 1,00 para carros, 2,25 para pesados (ônibus e caminhões).

Diante disso as horas de pico foram obtidas das 07h00 às 08h00 pela manhã e das 17h15 às 18h15 pela tarde. Destaca-se que a aplicação da UVP se deu única e exclusivamente para identificação dos horários de pico no sistema, ao passo que a alocação de tráfego no

microsimulador se deu com os modos devidamente segregados. Para separar os veículos pesados entre ônibus e caminhões, foi obtida uma proporção na Pesquisa CCV realizada *in loco*, haja vista que os equipamentos de fiscalização eletrônica não segregam esses veículos. A proporção obtida foi de aproximadamente 50% para cada tipo de veículo em cada pico.

Os volumes dos horários de pico foram inseridos no Aimsun utilizando o “Cenário de Ajuste de OD Estático”. Posteriormente utilizou-se do “Cenário Dinâmico” para realizar as simulações e comparar os volumes alocados aos da Pesquisa CCV completa. A partir disso foram realizados ajustes manuais às matrizes OD de cada modo para calibrar a rede de simulação.

Os ajustes foram realizados até que fossem obtidos indicadores de calibração satisfatórios, nesse caso adotando estatísticas de Regressão Linear e GEH. Apresentando os resultados de calibração, tem-se inicialmente apresentada na Figura 4 a Regressão Linear no pico manhã e na Figura 4 para o pico tarde. Os indicadores de  $R^2$  e RMSE (*Root Mean Square Error* – Erro Quadrático Médio) demonstram um bom ajuste do modelo aos volumes reais. Os valores de  $R^2$  foram obtidos em 0,9857 e 0,9906 para os picos manhã e tarde, respectivamente, e quanto mais próximo de 1,0, melhor o ajuste do modelo. Os valores de RMSE, por sua vez, têm ordem inversa e quanto mais próximos de 0,0, melhor ajuste. Eles foram obtidos em 0,067 e 0,056, também indicando um bom ajuste do modelo de simulação.

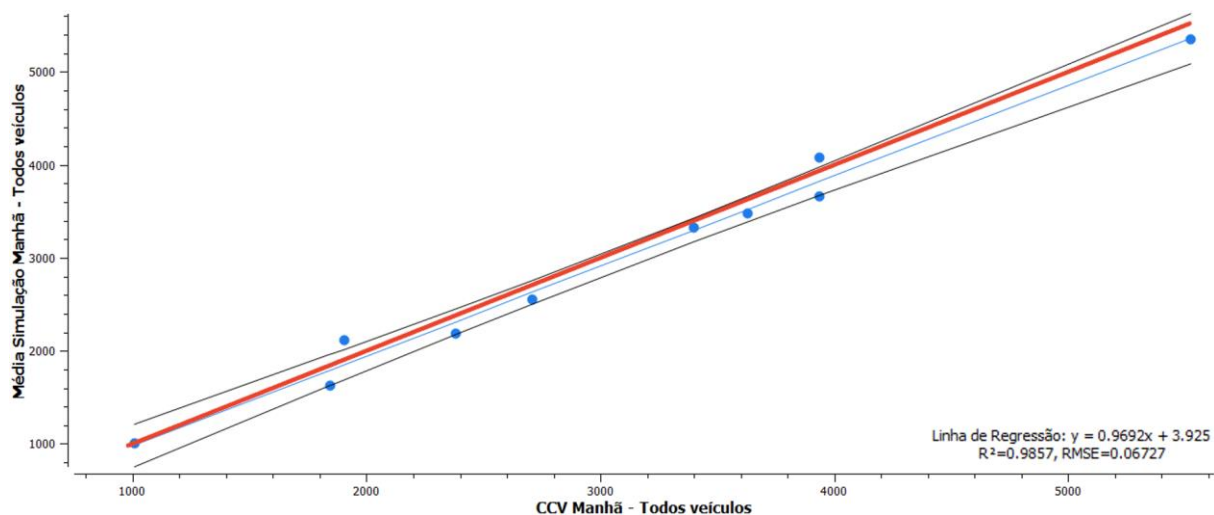


Figura 3: Comparação por Regressão Linear no Aimsun para o pico manhã

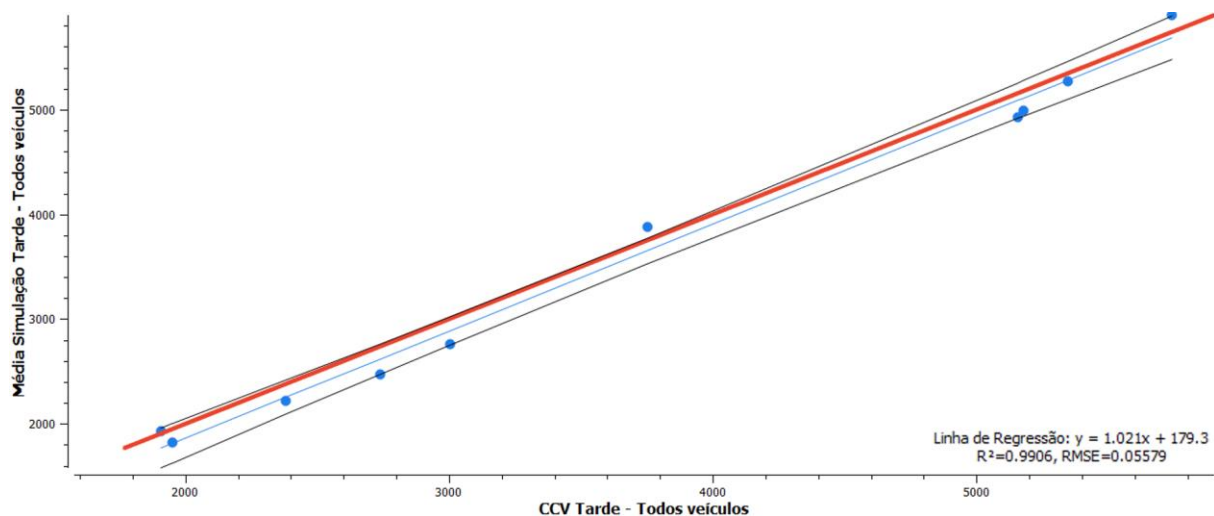


Figura 4: Comparação por Regressão Linear no Aimsun para o pico tarde

De forma complementar foram obtidos os indicadores de Estatística GEH, que também permite a comparação de volumes simulados aos coletados em campo, mas por ponto de coleta e utilizando uma distribuição qui-quadrado não linear. A não linearidade desse método permite que erros relativos e absolutos interfiram simultaneamente na verificação da validade dos resultados do modelo virtual (VILARINHO, 2008).

Nele os resultados cujos valores de GEH sejam iguais ou superiores a 10,0 são considerados com ajuste inaceitável e algo deve ser feito. Os valores entre 5,0 e 10,0 são considerados como erros aceitáveis, desde que esses não representem uma parcela superior a 15% do total de pontos analisados. Os valores abaixo de 5,0 indicam um bom ajuste. Os resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir, onde nota-se que os valores inaceitáveis são sempre inexistentes, ao passo que os erros aceitáveis não superam 10% das análises.

Tabela 1: Valores de Estatística GEH obtidos no modelo

PONTO	GEH Manhã					GEH Tarde				
	Carro	Moto	Ônibus	Caminhão	Todos	Carro	Moto	Ônibus	Caminhão	Todos
P02B	1,257	2,394	0,323	0,938	2,187	3,790	4,516	1,562	1,385	1,084
P02C	1,479	0,409	0,868	1,166	1,280	1,871	3,539	0,436	0,060	2,682
P03B	2,507	0,857	0,404	0,096	2,492	0,584	4,442	2,025	0,434	2,043
P03C	0,840	4,819	1,416	2,266	3,136	3,066	0,020	1,556	1,515	5,220
P04B	2,491	4,684	0,754	1,468	4,511	1,463	4,648	1,057	1,250	2,097
P04C	0,297	2,817	1,921	1,507	2,333	0,261	0,850	1,212	0,869	3,285
P05B	4,313	0,704	1,161	0,783	4,086	2,724	1,503	1,367	1,489	4,567
P05C	2,991	4,238	0,542	1,596	5,140	0,048	3,813	0,161	0,516	3,437
P06B	2,565	4,214	0,868	0,115	4,685	2,012	1,442	0,542	1,138	3,037
P06C	0,036	0,872	1,409	1,474	0,050	1,137	0,000	0,715	0,534	0,443
<b>Bom</b>	100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%	90%
<b>Aceitável</b>	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	10%
<b>Inaceitável</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Foram realizadas ainda comparações visuais às filas existentes em campo no dia a dia, com vista a garantir que o modelo representaria bem também as condições de tráfego com relação a velocidade, densidade etc. Devidamente calibrado o modelo de simulação, partiu-se à obtenção de resultados. Eles serão apresentados sempre comparando os indicadores do Cenário Atual (CA), cujas condições de infraestrutura são as atuais, sem motoboxes no trecho em estudo, aos do Cenário com Motoboxes (CM).

Cabe aqui um breve destaque ao fato de que a Av. Teresa Cristina atualmente possui motobox na interseção com a Rua Fausto Alvim e, portanto, essa foi subtraída das análises comparativas. No entanto, essa interseção está em um dito trecho homogêneo com características de infraestrutura e tráfego diferentes do trecho situado entre a Av. Pres. Juscelino Kubitschek e o Viaduto Itamar Franco, trecho onde inexistem motoboxes, o que, portanto, não prejudica em nada as análises do presente estudo.

Para a análise comparativa em questão, utilizou-se inicialmente do recurso de “Categoria de Agrupamento” do Aimsun para agrupar aproximações e, assim, avalia-las separadamente. Nesse contexto, as aproximações cujo código se iniciam: em “A” dizem respeito à interseção entre a Av. Pres. Juscelino Kubitschek e Av. Teresa Cristina, que tem seis aproximações; em

“B” são referentes à interseção entre Av. Teresa Cristina e a alça de retorno leste; em “C” dizem respeito à Av. Teresa Cristina com Rua Dom João Antônio dos Santos; em “D” à interseção entre Av. Teresa Cristina e Rua José Viola; e em “E” à interseção da via objeto de estudo com a Rua Santa Quitéria. O final do código indica “B” para aproximações no sentido Bairro e “C” no sentido “Centro”.

As comparações foram realizadas separando motocicleta e automóveis, esse último modo representando o tráfego geral (não motocicletas). Nesse contexto, tem-se uma análise que segrega a parcela favorecida pelos motoboxes da dita parcela de tráfego geral.

Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir respectivamente para os picos manhã e tarde na forma de variação percentual obtida. São apresentados os indicadores de tempo de atraso, tempo parado, velocidade e fluxo. De modo geral, é possível observar um equilíbrio entre melhoras e pioras tanto para motocicletas quanto para automóveis. No entanto, cabe destaque às melhoras obtidas no pico tarde nas aproximações do sentido bairro, momento de maior carregamento no sistema viário com ocorrência inclusive de congestionamentos.

Tabela 2: Variação de indicadores no pico manhã para autos e motos (CA x CM)

APROX.	AUTOMÓVEIS				MOTOCICLETAS			
	Tempo Atraso	Tempo Parado	Velocidade	Fluxo	Tempo Atraso	Tempo Parado	Velocidade	Fluxo
A01 – C	0,0%	0,9%	-0,4%	0,1%	-0,3%	0,0%	0,0%	0,2%
A02 – C	-3,8%	-2,3%	2,8%	-0,1%	-1,4%	-0,3%	1,9%	-0,1%
A03 – B	2,0%	2,9%	-3,4%	0,1%	3,0%	4,9%	-0,9%	0,2%
A04 – C	3,6%	3,6%	-5,3%	0,1%	10,9%	15,1%	-4,9%	0,2%
A05 – C	1,2%	0,0%	-0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
A06 – C	6,5%	6,6%	-10,9%	2,5%	1,4%	1,2%	-0,4%	2,4%
B01 – B	0,3%	2,0%	-1,0%	1,7%	-1,6%	3,0%	3,6%	-0,9%
B02 – B	-0,5%	-0,2%	-0,2%	-0,2%	2,3%	2,9%	-1,2%	-0,1%
C01 – B	7,5%	9,1%	-0,9%	0,1%	-0,6%	0,0%	0,6%	-0,2%
C02 – C	15,8%	16,3%	-4,2%	0,5%	8,1%	8,2%	-2,1%	0,5%
D01 – C	1,8%	2,3%	-1,2%	0,8%	2,1%	2,3%	-1,2%	0,3%
D02 – B	-8,5%	-7,5%	1,4%	-0,1%	-17,2%	-16,0%	1,9%	-0,5%
D03 – C	1,7%	2,2%	-1,4%	0,0%	-3,3%	-3,1%	1,3%	-0,2%
E01 – C	6,1%	4,9%	-6,8%	0,9%	4,4%	2,7%	-7,5%	0,2%
E02 – B	1,0%	2,2%	0,0%	0,0%	3,5%	6,3%	0,1%	-0,1%
E03 – C	13,3%	14,4%	-9,5%	-3,2%	8,3%	9,2%	-6,3%	-2,6%

Tabela 3: Variação de indicadores no pico tarde para autos e motos (CA x CM)

APROX.	AUTOMÓVEIS				MOTOCICLETAS			
	Tempo Atraso	Tempo Parado	Velocidade	Fluxo	Tempo Atraso	Tempo Parado	Velocidade	Fluxo
A01 – C	0,1%	0,7%	-0,2%	0,2%	0,2%	1,0%	0,3%	0,4%
A02 – C	-0,8%	0,2%	0,6%	-0,2%	0,3%	0,5%	0,1%	-0,2%
A03 – B	14,0%	15,1%	-19,1%	7,7%	19,7%	23,4%	-22,5%	7,5%
A04 – C	3,5%	3,4%	-4,1%	1,2%	10,5%	12,5%	-4,7%	1,7%
A05 – C	-5,3%	-6,7%	0,2%	0,0%	-1,7%	-3,7%	-0,6%	0,0%
A06 – C	7,3%	7,8%	-4,9%	1,8%	4,3%	4,6%	-3,0%	1,9%
B01 – B	-3,0%	-1,1%	6,4%	1,6%	-12,0%	-7,2%	9,0%	2,9%
B02 – B	-211,7%	-296,1%	57,4%	19,9%	-192,6%	-254,2%	54,1%	11,5%
C01 – B	-299,0%	-429,3%	33,5%	17,7%	-223,4%	-266,5%	39,6%	9,7%
C02 – C	35,1%	35,5%	-29,6%	-15,9%	24,9%	25,3%	-17,2%	-14,7%
D01 – C	-0,8%	-0,2%	-0,4%	1,8%	2,2%	3,5%	-1,1%	0,0%
D02 – B	0,3%	4,7%	1,6%	0,0%	-18,0%	-20,3%	1,9%	0,0%
D03 – C	7,8%	8,2%	-7,9%	-2,7%	2,0%	2,0%	-3,5%	-1,5%
E01 – C	4,5%	4,7%	-0,5%	1,3%	2,8%	3,1%	-0,3%	0,1%
E02 – B	2,7%	3,6%	-0,9%	0,0%	0,9%	1,9%	-0,3%	0,0%
E03 – C	2,1%	2,8%	-1,6%	0,1%	-4,7%	-4,3%	2,2%	0,0%

A mais expressiva mudança nos indicadores ocorre nas aproximações B02 e C01 no pico da tarde, ambas dispostas no sentido bairro. Elas são aproximações subseqüentes dispostas no rotor semaforizado que compõe o entroncamento das avenidas Teresa Cristina e Pres. Juscelino Kubitschek com a Rua Dom João Antônio dos Santos. No pico tarde, essas aproximações têm por condição a formação de longas filas de congestionamento devido ao acúmulo de veículos nas faixas à esquerda que desejam seguir pela Av. Teresa Cristina sentido bairro e não pela Av. Pres. Juscelino Kubitschek.

Dessa forma, tem-se por condição um intenso atrito lateral ocasionado pelas mudanças de faixa forçadas, tanto por motocicletas quanto pelos demais veículos. Na ocasião de existência dos motoboxes, as motocicletas alcançam o ponto de conversão à esquerda mais rapidamente, separadas dos demais veículos, permitindo assim que uma parcela expressiva dos veículos conflitantes seja de certo modo segregada num espaço temporal.

## CONCLUSÕES

Avaliando os resultados obtidos nas análises por microsimulação de tráfego foi possível observar que os motoboxes têm potencial de interferência nas condições de tráfego em interseções semaforizadas, indo muito além então das mudanças nas condições de segurança viária. Destarte, sua implantação deve ser acompanhada de uma avaliação de viabilidade não somente sob a ótica da segurança, mas também das condições de tráfego com vista a evitar interferências negativas no sistema viário.

Nas demais interseções semaforizadas não houve uma divergência de fluxos tão significativa quanto no referido ponto das interseções “B” e “C” que antecedem a uma divergência de fluxos, ao passo que nessas outras interseções existe mais veementemente apenas uma tendência de seguir em frente pela via principal. A única exceção se aplica à interseção com a Av. Silva Lobos no Viaduto Dep. Ulisses Guimarães, mas que se trata de uma interseção em desnível, não semaforizada.

Ante ao exposto, foi possível observar então que o motobox teve contribuições expressivas quando precedendo a trechos onde esses conflitos laterais sejam elevados devido aos volumes de conversão e, obviamente, havendo um elevado volume de motocicletas que o faça tanto quanto de demais veículos do tráfego geral. Nas demais aproximações as variações não demonstraram uma tendência uniforme, independentemente de variáveis como a



quantidade de faixas, o espaço de acumulação disponível ou sua posição no sistema viário no sentido centro ou bairro.

Esses resultados condizem inclusive o que concluiu Torquato (2019). O autor menciona que os resultados obtidos em sua pesquisa reforçaram a hipótese de que, havendo um maior volume de motocicletas entre os demais veículos, tem-se por consequência *headways* de descarga maiores para veículos leves ou pesados do tráfego geral, indicando que destinar um espaço de arrancada específico para motocicletas tem contribuições aos demais veículos.

É importante mencionar que as variações não uniformes obtidas de modo geral para a rede de simulação, sejam elas positivas ou negativas, podem estar relacionadas também à paridade entre o comportamento de motociclistas no modelo virtual e na realidade. Visualmente nas microssimulações foi possível observar que o Aimsun ainda carece de aprimoramentos no que se refere ao modelo de condução não baseado em faixas, um recurso relativamente novo, lançado na própria versão Next 2022 utilizada no presente estudo. Ainda assim, o modelo oferece uma boa aproximação à realidade, e serve como um bom referencial às tomadas de decisão tal como as microssimulações já têm se mostrado nos últimos anos para a Engenharia de Transportes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUSHA, C. S. et al. Effects of two-wheelers on saturation flow at signalized intersections in developing countries. **Journal of Transportation Engineering**, v. 139, p. 448-457, 2013.

BHTRANS. **Relatório de sinistros de trânsito com vítimas em Belo Horizonte: Ano-base 2019**. Belo Horizonte. 2020.

CTB. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília. 2020.

HOLZ, R. D. F. **Realidade da motocicleta no ambiente urbano com foco no Brasil**. Porto Alegre: Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2014.

PBH. Portal de dados abertos. **Prefeitura de Belo Horizonte**. Disponível em: <<https://dados.pbh.gov.br/dataset>>. Acesso em: 15 Julho 2023.

PORTUGAL, L. D. S. **Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano**. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). Rede Ibero-americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens: Elsevier, 2017.

RADHAKRISHNAN, S.; RAMADURAI, G. Discharge headway model for heterogeneous traffic conditions. **Transportation Research Procedia**, v. 10, p. 145-154, 2015.

SILVA, L. B. D. et al. Trauma por acidentes de motocicleta na percepção do acidentado. **Revista Enfermagem UFPE on line**, p. ISSN: 1981-8963, 2021.

TORQUATO, R. M. N. **Estimação do efeito das motocicletas na capacidade de interseções semaforizadas**. Fortaleza: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará (UFC), 2019.

TRB. **Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis**. Washington, DC: Transportation Research Board (TRB). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. The National Academies Press, 2022.

VASCONCELLOS, E. A. **Risco no trânsito, omissão e calamidade: impactos do incentivo à motocicleta no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2016.

VILARINHO, C. A. T. **Calibração de modelos microscópicos de simulação em redes urbanas**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Porto, p. 147. 2008. (Dissertação de mestrado).