

## MODELAGEM MICROSCÓPICA PARA AVALIAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE INTERVENÇÕES NA AV. HUMBERTO MONTE

**Isabel Cristina Nibon**  
**Aldaianny de Oliveira Maia**  
**Alessandro Macêdo de Araújo**  
**Beliza Carvalho de Oliveira**  
**Diego Barbosa Fontes**  
**Diego Rodrigues da Ponte**  
**Gabriel Amorim Rabelo Nobre**  
**Kaio Gefferson de Almeida Mesquita**  
**Matheus Ferreira da Rocha**  
Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Engenharia de Transportes

### RESUMO

A cidade de Fortaleza está entre as capitais brasileiras com maiores congestionamentos registrados diariamente, e as interseções nas vias devem ter maior atenção por serem pontos críticos nesse contexto. Objetiva-se com este estudo, então, avaliar e propor intervenções em um trecho da Avenida Humberto Monte com o auxílio de ferramenta de simulação. Com a coleta de dados em campo e o conhecimento e correto uso de medidas de desempenho, é possível analisar cenários e escolher a melhor alternativa para a fluidez do tráfego local.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a necessidade de locomoção nos centros urbanos e os diferentes modos de realizá-la tornam o sistema cada vez mais complexo, devendo-se direcionar uma maior atenção a isso, para evitar colapsos na rede. As interseções são consideradas pontos críticos do sistema viário, visto que são locais mais suscetíveis à ocorrência de congestionamentos, os quais podem prejudicar o funcionamento do conjunto (Setti, 2002). As interseções podem ser controladas (semáforos e sinalização horizontal) ou não controladas, situação a qual é definida com base no quão solicitado e seguro é o trecho.

De modo a tentar entender o comportamento do sistema sem precisar alterar em campo suas variáveis, pode-se fazer uso das ferramentas de simulação. A simulação, comumente definida como uma imitação de um sistema ou de um processo, pode ser bastante útil para analisar soluções alternativas para sistemas de transporte existentes e/ou prever e analisar possíveis cenários ainda inexistentes (Elefteriadou, 2014).

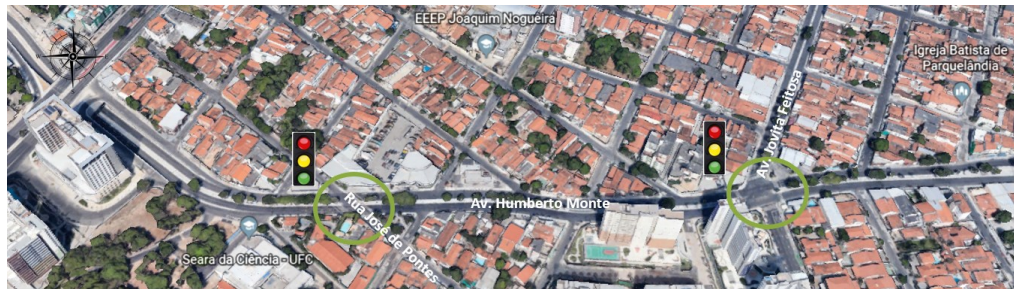
Conforme Lacerda e Castro Neto (2014), que avaliaram a modelagem de vias urbanas com uso do microssimulador VISSIM, o modelo de *car-following* por Wiedemann-74 é o mais significativo para a análise de trechos urbanos, além de que a calibração correta dos parâmetros *bx\_add* e *bx\_mult*, tendo como medida alvo o fluxo de saturação, é capaz de representar bem os tempos de viagem.

### 2. ETAPAS DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

#### 2.1. Contextualização da região

A área em estudo da Avenida Humberto Monte, localizada na região oeste de Fortaleza, mais especificamente no bairro Pici, se estende desde a Rua José de Pontes até a Avenida Jovita Feitosa, como é mostrado na Figura 1. Esse enfoque se deve à importância da avenida em

estudo, a qual concentra mais de 60 entidades, dentre elas a Universidade Federal do Ceará.



**Figura 1:** Delimitação da área estudada

Sabe-se que, há menos de dez anos, essa região passou por mudanças geométricas e de estágios semafóricos, citando como exemplo a implantação da alça do túnel da Avenida Humberto Monte e a retirada da conversão à esquerda da aproximação leste, respectivamente. Isso causou mudanças refletidas no tráfego atual. Por isso, primeiramente, cabe um estudo da situação atual das vias em análise.

O primeiro semáforo analisado, vindo da aproximação norte, foi o da Rua José de Pontes. Ele é composto por dois estágios, incluindo um tempo exclusivo para pedestres. Já o segundo semáforo é o da Avenida Jovita Feitosa, que tem três estágios.

Nesse contexto, é importante otimizar ciclos semafóricos, diminuir atrasos para os diferentes modos e, portanto, melhorar o tráfego na via. Para isso, utiliza-se a microssimulação como ferramenta de análise de diferentes cenários.

## 2.2. Coleta de dados

Para a realização da modelagem de ambas as interseções analisadas, foram coletados os dados necessários às etapas de construção e calibração do modelo para os três modos de transporte: veículo individual motorizado, transporte público coletivo e pedestres.

Os processos de coleta foram executados na hora-pico do tráfego na rede, de 12:00 às 13:00. Entretanto as datas em que foram realizados divergem, com a coleta da interseção da Av. Humberto Monte com a Rua José de Pontes ocorrendo em 03 de outubro de 2018, e, para o cruzamento da Av. Humberto Monte e da Av. Jovita Feitosa, a data da coleta foi 12 de novembro de 2018.

Com o procedimento de coleta foi possível determinar para o modo de transporte individual motorizado o fluxo de saturação, os volumes de aproximação de cada sentido das vias, os volumes de conversão e a composição veicular. Quanto à modelagem dos pedestres, nos dias de coleta, foram também determinadas as principais rotas que esses atores realizavam no momento de cruzar a interseção e os volumes de cada trajeto.

Todavia, alguns dados utilizados na construção do modelo não foram colhidos em campo. No modo de transporte motorizado coletivo foram utilizados os valores dos *headways* de cada uma das linhas 060 / 075 / 080 disponibilizados pela Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (Etufor). Os períodos dos ciclos semafóricos utilizados nas simulações foram obtidos por meio dos dados do Controle de Tráfego de Área de Fortaleza (CTAFOR) para o

horário de pico das interseções analisadas, os quais foram considerados semáforos de tempo fixo para facilitar os estudos. Além disso, algumas outras informações, como a emissão de combustível poluente, puderam ser obtidas diretamente do *software* utilizado.

### 3. MODELAGEM

A modelagem da rede viária foi por meio do *software* de microsimulação VISSIM, que é um microsimulador amplamente utilizado no meio acadêmico. Nele foi codificada uma rede com a malha viária a ser representada e calibrado o cenário atual. O VISSIM conta com diversos modelos para representar o comportamento do usuário como o *car-following*, *lane change* e *gap acceptance*, mas nesse trabalho foi calibrado somente o modelo de *car-following*.

#### 3.1. Calibração

O processo de calibração do modelo se deu da seguinte maneira: escolheu-se uma medida de desempenho alvo, que nesse caso foi o fluxo de saturação, e alteraram-se os parâmetros de *car-following* do VISSIM no modelo de Wiedemann-74 para vias urbanas. Os parâmetros do modelo de *car-following* são  $ax$ , que significa a distância entre os veículos parados e  $bx$  que representa a *headway* mínimo entre os veículos em movimento. Esse parâmetro é subdividido em outros dois parâmetros,  $bx_{add}$  e  $bx_{mult}$  que são os coeficientes de adição e a multiplicação, respectivamente.

O modelo foi calibrado colocando-se um semáforo de verde infinito com um fluxo de veículos infinito e comparando-se o fluxo de saturação observado no microsimulador com o encontrado em campo. Para adequar o modelo à realidade, optou-se por fixar o valor de  $ax$  e alterar somente os valores de  $bx$ . Os valores de  $bx$  encontrados para o modelo calibrado encontram-se na tabela 1.

**Tabela 1:** Valores de  $bx$  para a calibração

		CALIBRAÇÃO				
	Additive e multiplic	Veículos	FS $agg$	FS/faixa	FS campo	Diferença
Aprox norte	2 e 3	1122	6732	2244	1503	-49,30%
Aprox sul		1109	6654	2218	1510	-46,90%
Aprox norte	3 e 4	923	5538	1846	1503	-22,80%
Aprox sul		902	5412	1804	1510	-19,50%
Aprox norte	4 e 5	776	4656	1552	1503	-3,30%
Aprox sul		769	4614	1538	1510	-1,90%
Aprox norte	4,1 e 5,1	755	4530	1510	1503	0%
Aprox sul		751	4506	1502	1510	1%

#### 3.2. Validação

A validação foi feita por meio da comparação de outra medida de desempenho, optando-se nesse caso por utilizar o tamanho de fila. Com a rede já calibrada, realizaram-se simulações com volumes encontrados em campo, e eles foram comparados aos tamanhos de fila encontrados no simulador, logo em seguida sendo validada a rede.

#### 3.3. Descrição dos cenários

Para avaliar o desempenho do trecho em análise, foram propostos alguns cenários de intervenção, com a finalidade de avaliar o efeito dessas mudanças nas medidas de desempenho, tal como atraso e tempo de viagem, para cada modo de transporte.

Foram modelados três cenários diferentes, além do cenário base que representa a situação atual do trecho. As proposições de intervenção foram dadas baseando-se nas programações semafóricas e nas configurações da interseção, levando em conta ainda situações que proporcionassem melhorias para o modo não-motorizado (pedestre) e para o transporte coletivo.

O cenário 0 apresenta a mesma configuração observada em campo e a sua programação semafórica original, de acordo com os dados coletados para o horário em análise. O cenário 1 foi subdividido em duas categorias. A primeira proposta de intervenção foi pensada de maneira que possibilitasse alguma melhoria em relação aos pedestres, ou seja, observou-se que para a configuração geométrica atual da interseção o tempo destinado ao estágio exclusivo de pedestres poderia ser aumentado para garantir que eles tenham tempo suficiente para realizar travessia, considerando o maior percurso. Portanto, calculou-se o tempo ideal para o percurso, com base na velocidade média de um pedestre e seu tempo de reação, e então viu-se que seriam necessários 10 segundos a mais, que foram retirados dos outros estágios sem alterar o tempo do ciclo. A segunda proposta sugerida foi a coordenação da programação semafórica nas duas interseções, para assim considerar o efeito da defasagem entre os ciclos. Com isso viu-se que o melhor seria diminuir o ciclo da interseção com a Jovita Feitosa e igualar ao da interseção com a José de Pontes e, assim, testar os efeitos da defasagem de 10s, 20s e 30s, buscando o melhor entre eles.

Para o cenário 2, foi proposta uma intervenção na interseção com a Jovita Feitosa, onde seria avaliada a retirada do estágio que atende a conversão à esquerda de quem vem da aproximação norte. Com isso, seria necessário considerar a existência de laços na rede que substituíssem essa conversão, de forma a atender aqueles que querem ir para a Jovita Feitosa. Portanto foi sugerido analisar o efeito no atraso e no tempo de viagem do transporte motorizado individual e coletivo, de um laço positivo e outro negativo.

Por fim, foi proposta no cenário 3 uma intervenção que buscasse priorizar os usuários do transporte público, então foi estabelecida uma faixa prioritária para os ônibus ao longo do trecho em análise da Av. Humberto Monte, considerando ainda a existência do laço que substituiu a retirada da conversão a esquerda, proposta no cenário 2.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Diante do exposto apresentado sobre os cenários, fez-se uma avaliação comparativa (Tabela 2) dos resultados apresentados entre os cenário 0 (atual) e 1, respeitando as limitações de cada cenário e do processo de modelagem. Em uma avaliação microscópica da rede viária o foco de análise ocorre de maneira operacional em virtude das características individuais das variáveis (veículos e usuários do sistema), levando em conta o alto tempo de processamento e a impossibilidade de geração de matrizes origem/destino que componham um zoneamento da rede.

Levando em conta apenas as aproximações, um comparativo entre os cenários 0 e 1 (com reprogramação semafórica) demonstrou que a aproximação Norte x José de Pontes

praticamente não teve aumento entre seus atrasos durante os cinco cenários de defasagem, estando em torno de 22 segundos (exceto no cenário com aumento do estágio de pedestres).

O aumento no estágio de pedestres acarretou um aumento de 5,7 segundos no atraso médio do trecho em análise, enquanto que a defasagem de 30 segundos na coordenação semafórica diminuiu o atraso médio da rede em 3,3 segundos, conforme os resultados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Comparativo dos atrasos por aproximação entre os cenários 0 e 1

APROXIMAÇÃO	CENÁRIO					
	0 Atual (s)	1 Aumento estágio de pedestres (s)	1 Coordenado (s)	1 Defasagem (10s)	1 Defasagem (20s)	1 Defasagem (30s)
Norte x JP	22	26	22	22	22	22
Sul x JP	22	26	38	36	30	24
José de Pontes	42	73	42	42	42	42
Norte x Jovita	31	32	28	25	17	12
Sul x Jovita	36	36	34	34	34	36
Jovita sentido Pici	28	28	23	21	21	22
Jovita sentido Benfica	36	36	33	31	29	29

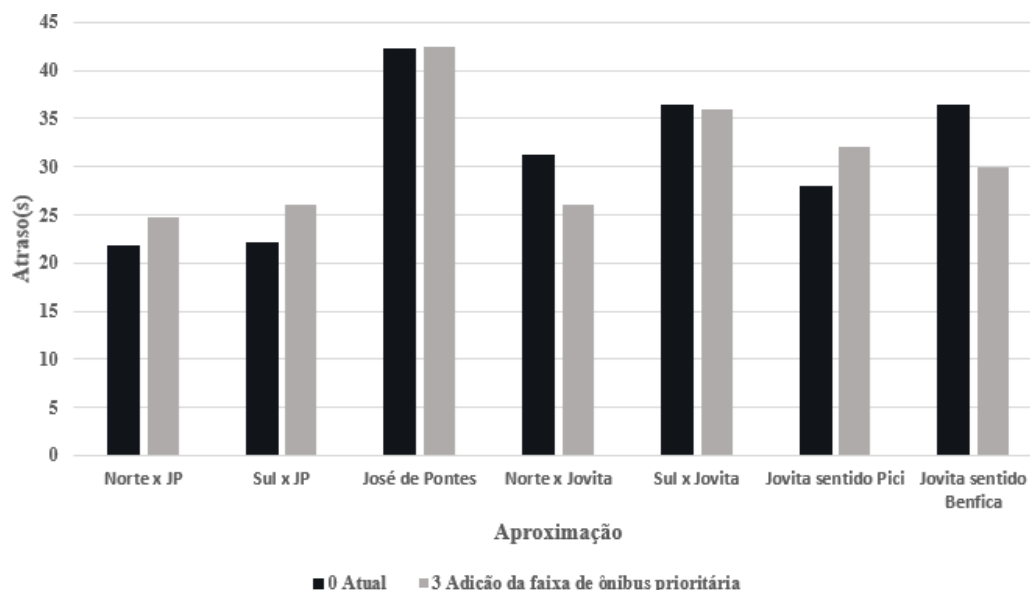
Ainda no cenário 1 observou-se a diferença dos atrasos dos pedestres sem considerar os outros modos, obtendo-se uma melhora de 10% no atraso.

Posteriormente realizou-se a comparação dos atrasos entre os cenários 0 e 2 (retirada da conversão à esquerda), tanto para o laço positivo quanto para o laço negativo. Os resultados demonstraram que ambos os cenários de retirada de conversão não tiveram variação significativa nos atrasos, sendo melhores do que o cenário atual nesse quesito, conforme é mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3:** Comparativo dos atrasos por aproximação entre os cenários 0 e 2

APROXIMAÇÃO	Cenário		
	0 Atual	2 Laço positivo	2 Laço negativo
Norte x JP	22	22	22
Sul x JP	22	22	22
José de Pontes	42	42	42
Norte x Jovita	31	24	24
Sul x Jovita	36	33	33
Jovita sentido Pici	28	30	30
Jovita sentido Benfica	36	28	30

Durante a avaliação do cenário 3 (adição da faixa prioritária de ônibus) os atrasos nas aproximações norte e sul da R. José de Pontes, e da aproximação norte da Av. Jovita Feitosa aumentaram em média 5 segundos, sendo prejudicial ao sistema, mesmo sendo benéfico aos usuários de transporte público (Figura 2).



**Figura 2:** Comparativo dos atrasos por aproximação entre os cenários 0 e 3

Por fim avaliaram-se algumas medidas de desempenho, tais como intervalo médio de tempo de viagem, número médio de paradas por linhas, tempo médio parado e emissão de monóxido de carbono. Os respectivos levantamentos foram feitos considerando o transporte público nos cenários atual e propostos 2 e 3, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4:** Medidas de desempenho considerando o transporte público

Medidas de desempenho	Cenário			
	0 Atual	2 Laço positivo	2 Laço negativo	3 Faixa prioritária
Intervalo de Tempo de Viagem médio (s)	65 - 70	65 - 70	55 - 60	65 - 70
Número médio de paradas por linha	0.64	0.59	0.6	0.62
Tempo médio parado dos veículos (s)	23	21	20	21
Emissão de monóxido de carbono (PPM)	34,5	32,8	32,5	34

Os intervalos médios de tempos de viagem obtidos pela simulação para o trecho em análise nos cenários propostos ficaram na mesma faixa do cenário atual entre 65 e 70 segundos, com exceção do cenário 2 com laço negativo que obteve uma faixa média de 55 a 60 segundos. Os valores de número médio de paradas por linha não variaram significativamente entre os cenários, enquanto o tempo médio de paradas dos veículos obteve um decréscimo em relação ao cenário atual.

Por fim dentro das diretrizes do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), foram extraídos os dados de emissão de monóxido de carbono para cada cenário, considerando uma emissão ininterrupta de 8 horas diárias em unidades de partes por milhão (ppm). Todos os cenários foram considerados críticos por estarem acima da faixa de 30 ppm dentro do intervalo horário estabelecido, devendo-se levar em conta a limitação desse modelo por

não ter sido priorizado quanto à calibração dos parâmetros de emissão. Por fim o cenário 2, com laço negativo, mostrou ter as melhores medidas de desempenho para o modo transporte coletivo motorizado.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados levantados na seção anterior, conclui-se que a melhor proposta de intervenção seria o cenário 2, com o laço negativo, visto que a análise resultou em melhores resultados de medida de desempenho, tais como atraso e tempo de viagem, de modo geral para todos os modos, porém foi tomado como principal critério a melhoria e incentivo ao uso do transporte público coletivo, considerando-se que o número de pessoas que serão beneficiadas por essa intervenção é maior, e também baseando-se na Lei N° 12.587 que instituiu as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, garantindo a priorização desse modo em detrimento do individual motorizado.

Entretanto, é importante ressaltar as principais limitações da pesquisa realizada. Devido a limitações de mão-de-obra, não foi possível coletar a demanda de um outro horário da via para realizar uma validação robusta do modelo computacional utilizado para as análises.

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos avaliadores, professores e colegas que deram sugestões de melhora ao trabalho.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eleferiadou, Lily. An Introduction to Traffic Flow Theory. Gainesville: Springer, 2014. 251 p.
- Jacobsen, A. C. (2011). *Microsimulação da Travessia de Pedestres*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lacerda, Victor M.; Casto Neto, Manoel M. Considerações Sobre a Calibração Do Modelo De Car-Following Do Vissim Para Vias Arteriais Urbanas. Anais do XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Curitiba, PR. 2014.
- Liu, R.; SILVA, J.P.;SECO, A.J.; (2000). *A bi-modal micro-simulation tool for the assessment of pedestrian delays and traffic management*. 9th International Association of Travel Behavior Research Conference., Gold Coast, Australia.
- POLÍTICA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA. Lei nº 12587, de 2013. . Brasília, DF, 2013. p. 1-37.
- Setti, José Reynaldo A.. Tecnologia de transportes. São Carlos: EESC-USP, 2002.
- Soares, F. D. P (2014). *Proposta metodológica de compreensão da problemática das relações entre uso do solo e transportes no planejamento urbano integrado*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará.
- Torres et. al (2019). Behavioral Evaluation of Different Types of Pedestrian Crossing Facilities: a Case Study in Fortaleza – Brazil. *Transport Research Board*.

---

Isabel Cristina Nibon (bebelnibon@hotmail.com)  
Aldaianny de Oliveira Maia (aldaianny.maia28@gmail.com)  
Alessandro Macêdo de Araújo (alessandro.mac.araujo@gmail.com)  
Beliza Carvalho de Oliveira (belizacarvalho96@gmail.com)  
Diego Barbosa Fontes (diegobfontes@det.ufc.br)  
Diego Rodrigues da Ponte (diego\_ponte\_8@hotmail.com)  
Gabriel Amorim Rabelo Nobre (gabrielmonk\_@hotmail.com)  
Kaio Gefferson de Almeida Mesquita (kaiogefferson@gmail.com)  
Matheus Ferreira da Rocha (matheusferreiradarocha195@gmail.com)  
Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará  
Rua Professor Armando Farias, 713 – Fortaleza, CE, Brasil