

MÉTODO PARA MODELAGEM MICROSCÓPICA DO ATRASO DE PEDESTRES EM TRAVESSIAS SEMAFORIZADAS

Talyson Pereira Bandeira
Manoel Mendonça de Castro Neto

Universidade Federal do Ceará
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes

RESUMO

Os atuais modelos computacionais de microssimulação de tráfego constituem uma importante ferramenta de análise do desempenho operacional de diversos modos de transporte, incluindo pedestres. Para tanto, faz-se necessário calibrar os parâmetros desses modelos para que os mesmos possam representar a realidade operacional com fidelidade. Assim, apesar de recentes estudos nessa área, ainda existe uma importante lacuna relacionada à consolidação de um método de modelagem voltado à estimativa do atraso de pedestres em travessias semaforizadas. Neste contexto, o objetivo principal desta pesquisa de mestrado é propor e implementar um método de modelagem de pedestres em travessias semaforizadas utilizando o *software* VISSIM.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se estimulado por meio de políticas e intervenções públicas o uso de outros modos de transporte que não o motorizado individual nas grandes cidades, de modo a reduzir os níveis de saturação da rede viária e proporcionar maior equidade na mobilidade e acessibilidade urbana. Acompanhando essa tendência, a comunidade técnico-científica volta cada vez mais seu olhar aos modos de transporte que até recentemente não recebiam a devida atenção, como é o caso dos pedestres.

Surge, como importante ferramenta nesse sentido, a modelagem microscópica por meio de pacotes computacionais, como é o caso do VISSIM, um dos mais conceituados microssimuladores de tráfego. A modelagem no VISSIM permite um maior nível de detalhamento e flexibilidade que permitem representar a realidade por meio de seus modelos comportamentais, desde que propriamente calibrados. A recente adição do módulo Viswalk (PTV, 2017) trouxe consigo a simulação microscópica de pedestres em diversas situações e configurações de tráfego com base no modelo de Força Social proposto por Helbing e Mólnar (1995).

Nesse contexto, o objetivo principal desta pesquisa de mestrado é propor um método de modelagem microscópica no VISSIM para estimar o atraso de pedestres em travessias semaforizadas. Para que esse objetivo seja alcançado, propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- 1) Compreender os fatores que afetam o atraso de pedestres em travessias semaforizadas;
- 2) Selecionar os principais parâmetros do VISSIM que influenciam o atraso de pedestres;
- 3) Propor um método para modelar o oportunismo dos pedestres, ou seja, a tentativa de travessia durante o sinal vermelho;
- 4) Propor um método para modelar o atraso de pedestres no VISSIM;
- 5) Fazer uma análise de sensibilidade do modelo a variações na demanda de pedestres e de veículos e na oferta.

2. SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em um corredor urbano, são vários os fatores (ex.: demanda de pedestres) e as medidas de desempenho (ex.: atraso) que são considerados na avaliação da fluidez dos pedestres. Como

importante indicador de desempenho da operação de uma travessia semaforizada de pedestres, destaca-se o atraso devido ao desconforto que o mesmo causa aos usuários do sistema viário. O Highway Capacity Manual - HCM (TRB, 2010) define o atraso de pedestres como o tempo que o pedestre espera para iniciar a travessia; TRB (2010) afirma que pedestres começam a se sentir impacientes quando esse atraso supera 30s, assim como estão mais propícios a obedecer a indicação semafórica caso esperem até 10s. Levanta-se aqui uma primeira questão de pesquisa: quais os fatores que mais influenciam no atraso de pedestres em travessias semaforizadas?

A avaliação do atraso em travessias semaforizadas encontrada na literatura considera diversos fatores que o influenciam. Guo *et al.* (2011), por exemplo, concluíram em seus estudos que homens têm atrasos menores do que mulheres, visto que apresentaram uma maior tendência a desobedecer a indicação semafórica; quanto à idade, confirmaram que idosos apresentam atrasos maiores devido a uma maior preocupação com segurança e por não possuírem motivos de viagem que exijam pressa. Onelcin e Alver (2015), por sua vez, determinaram que o fluxo e a velocidade dos veículos influenciaram na decisão dos pedestres de realizar a travessia, sendo baseada mais na distância entre veículos que na duração das brechas. Já Dommes *et al.* (2015), identificaram que o tamanho do grupo de pedestres que realiza a violação do sinal vermelho influencia o atraso dos pedestres na travessia, dado que o comportamento de outros pedestres é influenciado pelo comportamento do grupo na travessia.

A violação do sinal vermelho por parte dos pedestres está intimamente relacionada com o atraso em travessias, já que os pedestres ditos violadores aceitam brechas no tráfego veicular no sinal vermelho com o intuito de realizar a travessia e reduzir o seu tempo de espera. As taxas de violação tem sido avaliadas em alguns estudos ao redor do mundo, chegando a atingir até 90%, no caso de uma travessia semaforizada em um campus universitário nos EUA (Suh *et al.*, 2013); um outro estudo realizado em Pequim observou uma taxa de 10% de violação (Guo *et al.*, 2011); já em Lille, França, Dommes *et al.* (2015) observaram que 32% dos pedestres avaliados em sete interseções violaram o semáforo.

Define-se como pedestres oportunistas aqueles que, numa travessia, estão buscando brechas para realizar a travessia independente da indicação semafórica. Essa decisão por buscar ou até mesmo aceitar brechas é afetada por uma série de fatores, como idade e gênero (Chandra *et al.*, 2014) e o tamanho de um grupo em travessia (Dommes *et al.*, 2015), e não é necessariamente inerente a um pedestre, isto é, um mesmo pedestre pode apresentar variação de comportamento quanto a violar ou não o semáforo. Logo, tem-se que é difícil estimar em campo, com precisão, a proporção de pedestres oportunistas em uma interseção, a qual está intimamente relacionada com as taxas de violação da indicação semafórica; dessa forma, ferramentas de microsimulação podem ser utilizadas para estimar essa variável. Portanto, identifica-se aqui uma lacuna do conhecimento, que é como estimar a proporção de pedestres oportunistas.

A modelagem microscópica dos pedestres no VISSIM pode ser realizada de duas formas: utilizando o modelo de Wiedemann 74 ou o modelo de Força Social (Helbing e Molnár, 1995), recomendado pelo manual do software (PTV, 2017). Quando os pedestres são modelados com o modelo de Wiedemann, o VISSIM não permite que os mesmos se desloquem livremente em duas direções, mas por links definidos, como se fossem veículos; por outro lado, o modelo de

Força Social permite que os pedestres se movam livremente em duas dimensões espaciais, tornando a análise mais flexível, detalhada e realista (PTV, 2017).

O modelo de Força Social implementado no VISSIM é uma adaptação do modelo original de Força Social proposto por Helbing e Molnár (1995). Nele, é considerada uma força exercida pelo desejo de movimento do pedestre (força motriz), além de forças sociais de atração e repulsão entre pedestres adjacentes e uma terceira força devido à presença de obstáculos (Suh et al., 2013). Existe ainda uma quarta força (aleatória) que representa variações aleatórias no comportamento dos pedestres. Essa força deriva de situações nas quais duas ou mais alternativas comportamentais são equivalentes; como por exemplo, a opção de ultrapassar um obstáculo pelo lado direito ou esquerdo (Helbing e Molnár, 1995).

Dada a complexidade do modelo de força social implementado no VISSIM, que conta com vinte parâmetros (12 parâmetros do modelo original proposto por Helbing e Molnár e 8 parâmetros globais do VISSIM), surge a necessidade de se investigar quais parâmetros do modelo de força social afetam significativamente o atraso de pedestres em uma travessia semaforizada.

Frente ao exposto, destaca-se a lacuna do conhecimento que rege este trabalho de pesquisa: mesmo com os recentes esforços na área de microssimulação de pedestres, ainda percebe-se uma escassez de estudos voltados à consolidação de um método de modelagem microscópica do atraso de pedestres em travessias semaforizadas.

3. METODOLOGIA PROPOSTA

Com o intuito de atingir os objetivos geral e específicos estabelecidos, propõe-se a seguinte metodologia dividida em três macroetapas: etapa de pré-calibração; etapa de calibração; e etapa de análise de sensibilidade do modelo proposto.

3.1 Etapa de pré-calibração

Essa etapa engloba, inicialmente, a compreensão dos fatores que influenciam o atraso de pedestres em travessias semaforizadas, tanto por meio de estudos já existentes quanto por uma coleta preliminar de dados em diferentes travessias, para que se possa representar adequadamente a influência desses fatores na modelagem microscópica. Serão selecionadas travessias semaforizadas, com indicação semafórica para pedestres, localizadas em interseções urbanas ou em meio de quadra; é importante que exista, nas travessias selecionadas para este estudo uma demanda significativa de pedestres e, também, um nível razoável de interação destes com outros modos de transporte, tornando pertinente, assim, a avaliação do atraso de pedestres nestas travessias.

Feito isso, parte-se para a compreensão e análise de sensibilidade dos parâmetros comportamentais do VISSIM quanto ao atraso. Para isso, deverá ser realizada uma coleta de dados de oferta e demanda, nas travessias anteriormente selecionadas, necessários à codificação destas no VISSIM. A análise de sensibilidade será, então, feita de duas formas: avaliando o efeito de cada parâmetro, um a um, dentro de uma faixa de valores, cujos limites deverão ser estabelecidos com base na literatura; e avaliando conjuntos de parâmetros que qualifiquem os pedestres com comportamentos cautelosos e agressivos.

Conclui-se a etapa, assim, com a definição da melhor estratégia de calibração, estabelecendo

quais parâmetros devem ser coletados, estimados ou calibrados. Para aqueles parâmetros que deverão ser calibrados, deve-se definir se essa calibração acontecerá de forma simultânea ou sequenciada; por tentativa e erro ou de forma automatizada, utilizando um algoritmo genético, além de definir quais serão as medidas-alvo consideradas. Destaca-se, ainda, que será proposto juntamente com essa estratégia de calibração um método de estimativa da proporção de pedestres livres, baseado em estudos existentes e em observações em campo.

3.2 Etapa de calibração

Uma vez definida, na etapa anterior, a estratégia de calibração mais adequada, parte-se para a calibração dos parâmetros que precisem ser calibrados de acordo com a análise de sensibilidade executada. A calibração será baseada no significado dos parâmetros e sua relação com o atraso dos pedestres, buscando minimizar diferenças nos valores da medida-alvo entre o observado em campo e o modelado.

Ainda nesta etapa, será feita a validação do modelo utilizando um conjunto de dados diferente daquele utilizado na calibração, de forma a avaliar a eficiência desse modelo em capturar e representar adequadamente a realidade local no que diz respeito ao desempenho operacional de pedestres em travessias semaforizadas.

4.3 Etapa de análise de sensibilidade do modelo

A última etapa consiste na análise de sensibilidade do modelo quanto a variações na oferta (ex.: tempos semaforicos) e na demanda de pedestres e veículos. Com isso, espera-se avaliar, por meio de ferramentas de análise estatística, o impacto dessas variações na estimativa do atraso de pedestres.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados desta pesquisa fornecerão um método de calibração e validação microscópica de modelos de simulação de tráfego voltados a travessias semaforizadas de pedestres, levando-se em consideração os principais fatores que o afetam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chandra, S., Rastogi, R., Das, V. (2014). Descriptive and parametric analysis of pedestrian gap acceptance in mixed traffic conditions. *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 18, n. 1, p. 284–293. DOI: 10.1007/s12205-014-0363-z
- Dommes, A., Granié, M.-A., Cloutier, M.-S., Coquelet, C., Huguenin-Richard, F. (2015). Red light violations by adult pedestrians and other safety-related behaviors at signalized crosswalks. *Accident Analysis and Prevention*, v. 80, p. 67–75. DOI: 10.1016/j.aap.2015.04.002
- Guo, H., Gao, Z., Yang, X., Jiang, X. (2011). Modeling pedestrian violation behavior at signalized crosswalks in China: A hazards-based duration approach. *Traffic Injury Prevention*, v. 12, n. 1, p. 96–103. DOI: 10.1080/15389588.2010.518652
- Helbing, D. e P. Molnár (1995) Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, v. vol.51, no, p. 4282–4286.
- Onelcin, P. e Y. Alver (2015) Illegal crossing behavior of pedestrian at signalized intersections: Factors affecting the gap acceptance. *Transportation Research Part F*, v. 31, p. 124-132.
- PTV (2017) *Vissim 10 User Manual*. Karlsruhe, Germany.
- Suh, W. et al. (2013) Modeling pedestrian crossing activities in an urban environment using microscopic traffic simulation. *Simulation*, v. 89, n. 2, pp 213-224.
- TRB (2010) *Highway Capacity Manual*. Washington, DC: Transportation Research Board.

Talyson Pereira Bandeira (talysonpb@det.ufc.br)

Manoel Mendonça de Castro Neto (manoel@det.ufc.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará

Rua Prof. Armando Farias, bl. 703 – Fortaleza, CE, Brasil