



08 a 11 de Outubro de 2018  
Instituto Federal Fluminense  
Búzios - RJ

## ANÁLISE DE VIABILIDADE ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO DE CONVERSÃO PRIORITÁRIA EM UM CRUZAMENTO COM USO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

**Linton Sá Botelho**<sup>1</sup> – lbs.eng@uea.edu.br

**Mayk Oris Guerreiro**<sup>1</sup> – mog.eng@uea.edu.br

**Matheus Pereira da Silva**<sup>1</sup> – matheuslv2012@gmail.com

<sup>1</sup> Engenheiro Civil – Manaus, AM, Brazil

**Resumo.** *Este trabalho tem como objetivo a apresentação oral da análise de viabilidade de uma conversão prioritária à direita em uma via da cidade de Manaus – AM, visando a melhoria do tráfego nesta via em seus horários de pico. A via selecionada foi a Avenida Mário Ypiranga, no seu cruzamento com a Rua Salvador, localizada na zona centro-sul da cidade, na qual foram feitos levantamentos do fluxo de veículos, caracterização das vias, análise dos critérios para implementação de mudanças físicas e simulação através do software PTV-Vissim. Todos os métodos foram utilizados de acordo com resoluções e manuais do CONTRAN, DNIT, HCM e do CTB. Notaram-se algumas condições de funcionamento da via que possibilitam o congestionamento elevado de veículos em uma das faixas em seus horários de pico, tais como a não utilização de dispositivos auxiliares segregadores de faixas, a proximidade de pontos de ônibus da conversão e o tempo de permanência no sinal dos veículos que pretendem realizar a conversão à direita. Por fim, o estudo da análise de viabilidade de uma conversão prioritária na Avenida Mário Ypiranga notabilizou os dispositivos auxiliares (tachões) e adequada sinalização como recursos que contribuem substancialmente para a melhoria do fluxo de veículos em uma das faixas da avenida estudada.*

**Palavras-Chave:** *Conversão, Vias, Manaus, Modelagem Computacional.*

### 1. INTRODUÇÃO

Desde meados do século passado o Brasil vem se tornando cada vez mais urbanizado, onde a maioria da população está concentrada nas grandes cidades. Para o IBGE (2010), mais de 80% da população brasileira mora nas cidades. Segundo Moraes (2013), tal processo de urbanização ocorreu, na maioria das cidades, de forma desordenada devido às invasões a terrenos desocupados e ao não acompanhamento da infraestrutura urbana a esse crescimento populacional.

Segundo o DETRAN (2014) a frota de veículos em Manaus ultrapassa os 680 mil veículos, causando um grande congestionamento nas vias principais da cidade, em especial nos horários de pico. Em função deste grande acréscimo da frota de veículos nos últimos 10 anos na cidade de Manaus, causou uma oferta inesperada para uma demanda existente que não acompanhou este aumento. Após um diagnóstico que apontou a existência de vários problemas no trânsito da capital como congestionamentos acentuados, sinalização precária, falta de suporte tecnológico, operação de carga e descarga sem regulamentação (ocorre 24 horas, de forma aleatória), poluição visual, falta de alternativas para escoamento do tráfego, entre outros.

No entanto, materializar experimentos é um processo extremamente dificultoso. Os custos de manter testes práticos não podem ser facilmente estimados e os dados experimentais são difíceis de ser captados, fazendo com que a simulação da evacuação por software de computador tenha se tornado comum nos últimos anos (SHI et al., 2009).

É fato conhecido que os desafios da engenharia de tráfego demandam o estudo de trabalhos semelhantes, como Gettman e Head (2003) que demonstraram que, para uma melhor assimilação dessas relações, a engenharia de tráfego necessita utilizar de técnicas de simulação, devendo-se buscar o emprego de novas tecnologias voltadas para a otimização do desempenho operacional dos sistemas viários, de modo a otimizar análises e resultados na definição de alterações viárias.

No entanto, estas ferramentas trabalham com pressupostos e limitações que, em certos casos, não conseguem representar a realidade que o modelador deseja (Vilarinho e Tavares, 2012). A ação do engenheiro e o desafio único é associar as ferramentas matemáticas das quais se dispõe, e aplica-las em um cenário modelo que consiga englobar todos os problemas encontrados na prática.

No caso de Manaus, e do trabalho proposta, o desafio de conseguir espaço para se locomover e evitar acidentes nas ruas estreitas e mal planejadas da cidade se repete todos os dias. A falta de alternativas viárias para desafogar o tráfego tem aumentado as dificuldades de mobilidade urbana, principalmente nos horários de pico. Objetiva-se, sobretudo, modelar uma problemática real de um cruzamento, utilizando de dados colhidos *in loco* e equações definidas, e uma vez criado o modelo, analisar os resultados obtidos para a conversão prioritária proposta e classificá-la como exequível, ou não.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O software ARENA é um ambiente gráfico integrado de simulação. Não é necessário escrever nenhuma linha de código no software ARENA, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada. O software contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Utilizando templates (cartuchos de customização), o software ARENA pode ser transformado facilmente em um simulador, específico para reengenharia, transporte de gás natural, manufatura etc.

### 2.1 Modalagem Computacional no PTV VISSIM

O PTV Vissim é a ferramenta ideal para o planejamento e análise de operações de última geração. O software foi projetado para ajudá-lo a simular de forma realista e a equilibrar a

capacidade da estrada, bem como a demanda de tráfego e transporte. A figura abaixo mostra o layout do software em seu modo de utilização:

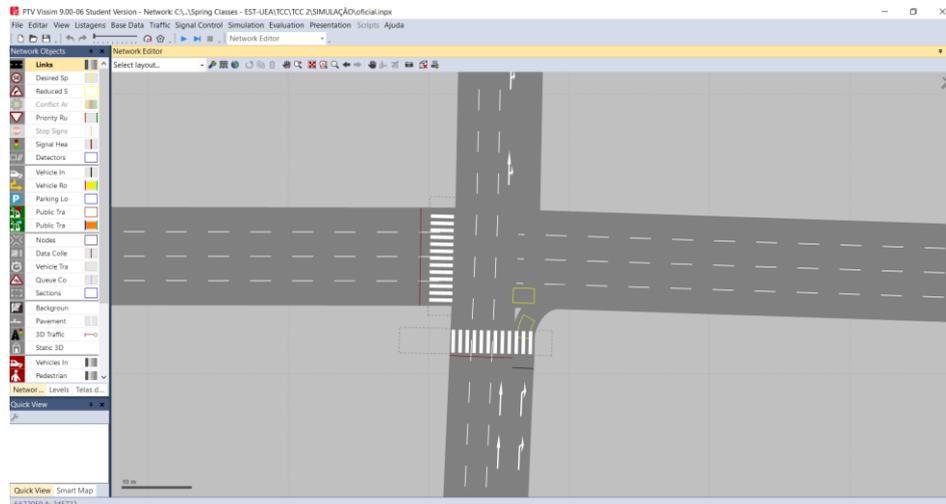


Figura 1- Layout do Software PTV - VISSIM.

O cruzamento em estudo, está localizado no bairro Adrianópolis de Manaus – AM, na zona centro-sul da cidade, com uma população estimada em 8847 habitantes de acordo com o censo do IBGE (2010). É formado por dois ramos, uma via principal e uma secundária (DNIT, 2010), que está representado de acordo com a Figura 2, abaixo.



Figura 2: Aproximação do cruzamento das vias - Fonte: Adaptado do Google Earth

Para lograr êxito nos objetivos propostos na pesquisa, fez-se os seguintes procedimentos: a) visitas iniciais ao local para planejamento do estudo e levantamento das características físicas das vias; b) determinar os pontos críticos a serem analisados para o estudo; c) coleta em campo de dados e análise dos mesmos para obter as devidas conclusões; d) cálculo de sua capacidade e definição dentro de um nível de serviço; e) simulação das possíveis mudanças propostas através do Software PTV-Vissim para evidenciar as devidas alterações do estudo.

Utilizaram-se os procedimentos como metodologia estudos dispostos no Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito

(Sinalização Horizontal e Sinalização Vertical) do CONTRAN (2007) e os estudos de Gerônimo Teider Rocha (2004), SAMPEDRO (2006) e um estudo realizado pelo The National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) que fala sobre o impacto positivo para conversões à direita enquanto o sinal está no vermelho e também como suporte para análises os estudos o método de otimização de fluxo de tráfego urbano baseado em proibição e permissão de conversões de Daniel Sodre (2012).

## 2.2 Implantação da Conversão Prioritária

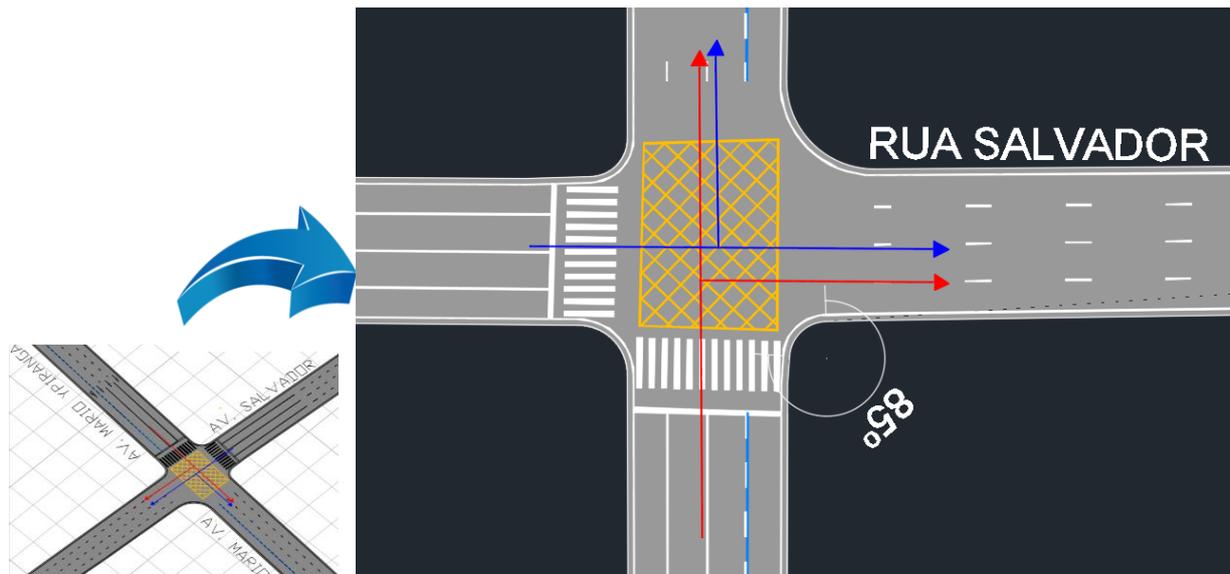


Figura 3: Características das vias – Fonte: Autoria Própria

Este é um desenho de como se encontram as vias atualmente, a Avenida Mário Ypiranga é considerada uma via principal com velocidade média de 60km/h e a Rua Salvador uma secundária com velocidade média de 40km/h. Ambas possuem 4 faixas, na via principal são separadas as faixas das extremidades por 2,81m e 2,69m e nas duas faixas do meio por 3,07m e 3,19m, com uma faixa azul na direita que atualmente não está em funcionamento. Na Rua Salvador, mais larga, são dispostas 4 faixas separadas por 2,39, 3,04, 2,99 e 3,08m cada faixa, esta rua faz ligação com uma importante via da cidade de Manaus, ambas estão dispostas com seus sentidos na Figura.

Para se obter o volume de tráfego e futuro cálculo de capacidade da via para o estudo, foram feitas contagens volumétricas classificatórias e direcionais, que são contagens de veículos onde se registram o tipo de veículo juntamente com o sentido de fluxo dos mesmos. Foram determinados os pontos de contagens, onde cada contador ficaria posicionado e os principais movimentos permitidos na interseção das vias.

As contagens foram feitas durante 3 dias da semana, como recomenda o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, na terça-feira, na quarta-feira e na quinta-feira, em dois horários de picos considerados. Pela parte da manhã das 6:30 às 8:30 e no fim da tarde das 17:00 às 19:00hr, em intervalos de 15 minutos. Os dias de contagem foram os dias 25, 26 e 27 de Abril de 2017. Todos os veículos contados foram inseridos em uma tabela na qual eram classificados em carros particulares, motocicletas, ônibus e caminhões, e também distinguia qual o ponto, via e movimento de contagem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a definição dos pontos de contagem volumétrica e direcional, foram calculados o volume de tráfego da avenida Mário Ypiranga e sua capacidade, ou seja, todos os veículos que cruzavam a Rua Salvador e também os que realizavam a conversão à direita, esses dados foram convertidos em unidades de carro de passeio (UCP), de acordo com os coeficientes correspondentes para cada tipo de veículo classificado nas contagens como mostrado na Figura 1.

Tabela 1: Fluxo Volumétrico Veicular em UCP – Manhã e Tarde

Terça-Feira (25/04/2017)		Quarta-Feira (26/04/2017)		Quinta-Feira (27/04/2017)	
Manhã	Ucp/h		Ucp/h		Ucp/h
6:30 - 7:30	1250		1200		1170
6:45 - 7:45	1300		1222		1276
7:00 - 8:00	1350		1232		1280
7:15 - 8:15	1436		1190		1292
7:30 - 8:30	1408		1100		1306
<b>Tarde</b>					
17:00 - 18:00	2410		2400		2676
17:15 - 18:15	2288		2356		2534
17:30 - 18:30	2388		2352		2442
17:45 - 18:45	2430		2008		2312
18:00 - 19:00	2450		2266		2206

O procedimento subsequente foi o de obter o Fator Hora de Pico, cuja fórmula segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) está disposta na equação 1 da revisão de literatura.

Tabela 2: Fluxo Volumétrico Veicular em UCP – Manhã e Tarde

Terça-Feira (25/04/2017)		Quarta-Feira (26/04/2017)		Quinta-Feira (27/04/2017)	
Manhã	Ucp/h		Ucp/h		Ucp/h
6:30 - 7:30	1250		1200		1170
6:45 - 7:45	1300		1222		1276
7:00 - 8:00	1350		1232		1280
7:15 - 8:15	1436		1190		1292
7:30 - 8:30	1408		1100		1306
<b>Tarde</b>					
17:00 - 18:00	2410		2400		2676
17:15 - 18:15	2288		2356		2534
17:30 - 18:30	2388		2352		2442
17:45 - 18:45	2430		2008		2312
18:00 - 19:00	2450		2266		2206

Tabela 3 – Volume de Tráfego na Hora de Pico

Terça-Feira (25/04/2017)		Quarta-Feira (26/04/2017)		Quinta-Feira (27/04/2017)	
Manhã	Total de Veículos				
6:30 - 6:45	291		285		300
6:45 - 7:00	371		312		361
7:00 - 7:15	311		288		308
7:15 - 7:30	295		280		297
7:30 - 7:45	367		316		320
7:45 - 8:00	368		307		305
8:00 - 8:15	293		288		280
8:15 - 8:30	367		368		355
<b>Tarde</b>					
17:00 - 17:15	604		608		684
17:15 - 17:30	540		640		660
17:30 - 17:45	468		503		660
17:45 - 18:00	451		600		664
18:00 - 18:15	500		624		536
18:15 - 18:30	600		520		568
18:30 - 18:45	540		528		532
18:45 - 19:00	416		475		556

Observa-se o maior valor da hora de pico os resultados compreendidos entre 17 e 18h da quarta-feira, resultando em um FHP de 0,98.

O nível de serviço da via, de acordo com a classificação do Highway Capacity Manual (2010) é **NÍVEL E** – fluxo instável. Nenhuma liberdade a escolha da velocidade e as manobras para mudanças de faixas somente são possíveis se forçadas. Praticamente não há manobras de ultrapassagem. O maior fluxo total é da ordem de 3.200 ucp/h. O maior fluxo da hora de pico pode ser observado na Tabela 3.

Este cálculo do FHP é feito levando em consideração 4 faixas da Avenida Mário Ypiranga. Após a implementação da conversão prioritária à direita na Rua Salvador é tirada a obrigatoriedade do tempo de espera dos veículos que precisam realizar a conversão no sinal juntamente com os outros veículos das outras faixas, sendo assim, um novo cálculo de FHP é realizado, desta vez apenas com 3 faixas já que a quarta terá um fluxo livre em todos os horários.

Com isso o valor da hora de pico continuaria compreendido entre as 17 e 18h, dessa vez para um UCP/h de 2007 e um novo Fator Hora de Pico é recalculado, obtendo um valor de  $0,86 < 0,97$  (antes da implementação das mudanças). Uma redução de 11,34% do valor inicial deixando um grande volume de tráfego desobstruído do sinal semafórico.

A simulação através do Software PTV – Vissim ilustra que as modificações propostas podem sim ser implementadas sem causar transtornos com a via em cruzamento, apenas com mudanças de sinalizações que não provoquem grandes congestionamentos e nem demandem muito tempo para serem implementadas.

Em relação aos dados apresentados notaram-se algumas condições de funcionamento da via que ocasionam dificuldades para um melhor fluxo na via, principalmente em seus horários de pico, tais como até algumas características físicas das vias que ocasionam essas dificuldades. Seja pela não implementação de uma conversão prioritária, visto que os veículos que estão na faixa estudada só podem realizar a conversão à direita, seja pelo espaço curto no cruzamento que não deixa uma concordância boa para esses veículos que realizam o movimento de conversão.

Para tanto é necessário algumas modificações físicas nas vias, tais como a implementação de tachões na faixa dos veículos que fazem a conversão para que veículos das outras faixas não tentem adentrá-la e assim ocasionar uma obstrução maior no fluxo; uma maior concordância no ângulo do cruzamento da Avenida Mário Ypiranga e da Rua Salvador; uma canalização com uma ilha formada por tachões que acompanha a conversão, impedindo assim que os veículos que estejam nessa faixa sigam direto; uma sinalização horizontal indicando o movimento apenas de conversão e de preferência com os veículos que seguem o sentido da Rua Salvador. Todas essas mudanças seguem os manuais de trânsito neste trabalho estudado. Segue abaixo um modelo de desenho com a implementações das mudanças na via:

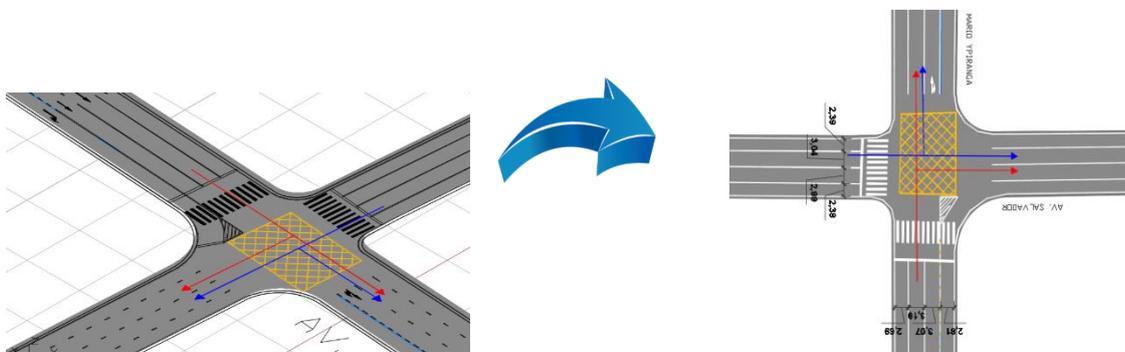


Figura 4: Proposta para melhoria do tráfego nos cruzamentos das ruas

As simulações das mudanças implementadas foram testadas no software PTV VISSIM e foram observados seus resultados tanto de movimentos quanto de dados fornecidos pelo programa. Na figura abaixo foram definidas as características físicas das vias, tais como seus comprimentos e principais movimentos. Foram definidos também suas áreas de conflitos e implementações das sinalizações horizontais, vale ressaltar que com a definição da área de conflito o programa recomenda a priorização em cada via que pode ser mudada de acordo com a definição do usuário. Além disso foram definidos os tempos de ciclos de acordo com o que foi observado nas visitas in loco, tempos de 1min e 10s na Av. Mário Ypiranga e 50s na Rua Salvador.

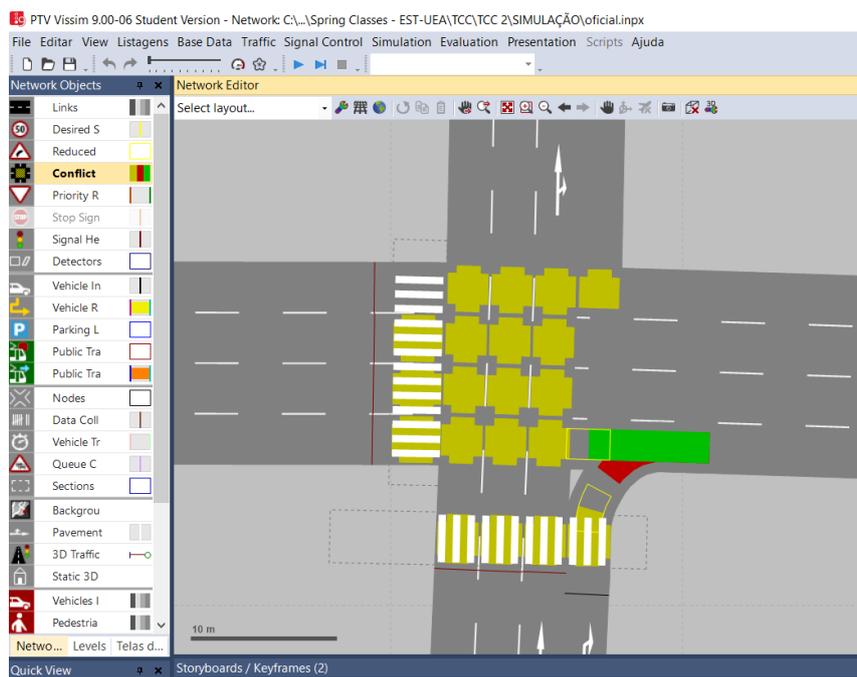


Figura 5: Definições de pontos de conflitos e movimentos na interface do Software PTV VISSIM

Após essas definições e o incremento dos dados de volume das vias pode-se dar início à simulação como mostrada na figura a seguir:

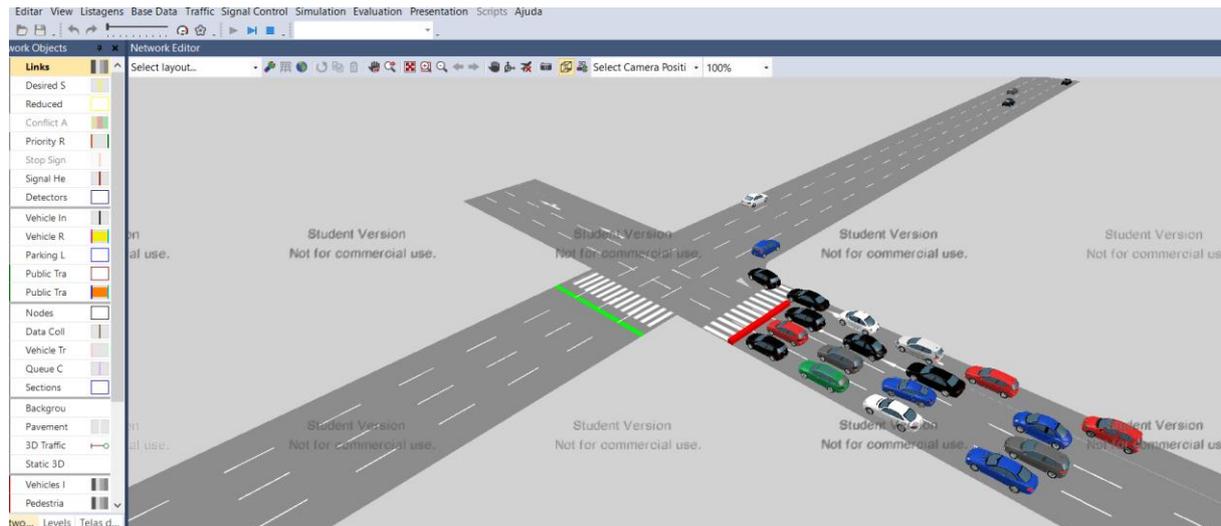


Figura 6: Início da simulação no Software PTV VISSIM

A simulação indicou que o volume de tráfego da faixa em estudo 18% do total de veículos nas horas de pico. Antes do estudo de viabilidade o volume na faixa era em média de 600 veículos por hora, tendo uma enorme participação para o congestionamento na hora de pico, após a mudança de sinalização horizontal o programa mostrou que em média esse número se elevaria para cerca de 800 veículos por hora, um aumento de 200 veículos por hora.

Ao avaliarmos tal resultado dentro de um espectro de pesquisas similares, para discutí-lo, observamos que a grande maioria destas análises tem início a partir de 2010, com todas obtendo sucesso nas aplicações práticas da modelagem. No entanto, dado o caráter regional da pesquisa, a maioria das publicações acadêmicas nacionais tratam de outros softwares, e, naturalmente, de modelagens distintas.

No entanto, no que se concerne à modelagem em si, pode-se atestar com segurança que o incremento na prática da modelagem em si atraiu pesquisadores de engenharia a testarem-na na prática, e aplicando-a a outros fenômenos.

Tamima e Chouinard (2016) e Lin e Gong (2016) conseguiram obter sucesso em criar modelos para, além de realizar análises de tráfego, sobrepuja-los à situações de desastre, e de forma eficiente Goetz e Zipf (2012) conseguiram definir matrizes ambientais mescladas à simulação.

Comparativamente, a pesquisa realizada apresentava um objetivo modesto, mas que ao ser realizado de forma eficiente, corrobora a tese de que a modelagem computacional aplicada à engenharia de tráfego é uma necessidade, e o próximo passo é incorporar mais fatores, riscos, evacuações, fatores ambientais, para, através de modelos de modelagem e estatística, construir simulações mais precisas, de modo a otimizar os projetos de engenharia e garantir a eficiência de todas as alterações viárias implementadas.

#### 4. CONCLUSÕES

As utilizações dos Manuais de trânsito fornecidos pelo CONTRAN, DNIT e Manual HCM, que é referência no mundo inteiro para o estudo de tráfego, proporcionaram a grande

maioria do embasamento contido neste estudo. Através dessas literaturas foram possíveis verificar as condições de operação e volume de tráfego contido no cruzamento em questão, características físicas e os requisitos mínimos de operação e os critérios de implementação da conversão juntamente com a melhoria do fluxo no local.

Em relação aos dados observados, pode-se concluir que:

- A faixa onde faz-se a conversão obteve um aumento médio de 200 veículos por hora, mostrando assim que os usuários que a utilizam nos seus principais horários terão um fluxo mais rápido de veículos;
- A conversão prioritária levou a uma redução de 11,34% do FHP;
- A simulação indicou que a mudança é funcional e exequível;
- O volume de veículos no sentido bairro-centro é elevado com um fluxo nos horários de pico de 2676 ucp/h, levando em consideração que a Avenida Mário Ypiranga é uma das mais importantes avenidas com ligação direta para o centro da cidade e no trecho estudado há poucas alternativas de desobstrução do volume de tráfego.
- O cruzamento com a Rua Salvador, uma importante via, pois esta é um elo entre duas grandes vias da cidade também traz a uma preocupação maior quanto a alternativas para a melhoria do tráfego no local.
- A adição de dispositivos auxiliares tais como o de tachões, possivelmente contribuirão para a diminuição do risco de acidentes no local, pois estes são medidas educativas que auxiliam os motoristas a não realizar movimentos bruscos com a via em estudo.
- Para o recebimento da conversão prioritária serão necessárias, além de sinalizações adequada, uma pequena obra de infraestrutura no local para uma melhor concordância das pistas e assim uma melhoria na segurança dos veículos que irão fazer a conversão.

Portanto, pelo exposto do estudo da análise de implementação de conversão prioritária, notabiliza que não é preciso obras de grande porte para uma significativa melhoria na circulação de veículos na cidade. Sabendo que hoje em dia as obras para implementação de novas vias são muito mais complicadas que antigamente quando a cidade estava apenas em construção, medidas de pequeno porte visando principalmente a implementação de sinalizações são extremamente válidas, principalmente em pontos estratégicos que comportam um grande número de veículos. Essas mudanças se tornam medidas para a desobstrução alternativos enquanto não há mudanças radicais no trajeto.

## REFERÊNCIAS

- AWDUCHE, Daniel O.; AGOGBUA, Johnson. Requirements for traffic engineering over MPLS. 1999.
- CONTRAN, Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. VOLUME II. Brasília, DF, 2007.
- CONTRAN, Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. VOLUME IV. Brasília, DF, 2007.
- COMISSÃO DE COORDENAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL DO NORTE, Manual do Planejamento de Acessibilidades e Transportes. Dezembro, 2008.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Projeto de Interseções. 2.ed. Rio de Janeiro, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Estudos de Tráfego, Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Municipalização do Trânsito: Roteiro para implantação, Ministério da Justiça, Brasília-DF, 2000.
- GOETZ, Marcus; ZIPF, Alexander. Using crowdsourced geodata for agent-based indoor evacuation simulations. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 1, n. 2, p. 186-208, 2012.
- GETTMAN, D. e L. HEAD (2003) Surrogate safety measures from traffic simulation models. Federal Highway Administration 'report RD-03-050. McLean, VA, USA
- LIN, Ciyun; GONG, Bowen. Transit-Based Emergency Evacuation with Transit Signal Priority in Sudden-Onset Disaster. Discrete Dynamics in Nature and Society, v. 2016, 2016.

- TAMIMA, Umma; CHOUINARD, Luc. Development of evacuation models for moderate seismic zones: A case study of Montreal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 16, p. 167-179, 2016.
- TU, Huizhao; TAMMINGA, Guus; DROLENGA, Hans; BERG, Wouter V. D. Evacuation plan of the city of Almere: simulating the impact of driving behavior on evacuation clearance time. *Procedia Engineering*, v. 3, p. 67-75, 2010.
- VANLANDEGEN, Luke; CHEN, Xuwei. Microsimulation of large-scale evacuations utilizing metrorail transit. *Applied Geography*, v. 32, n. 2, p. 787-797, 2012.
- YIN, Weihao; MURRAY-TUITE, Pamela; UKKUSURI, Satish V.; GLADWIN, Hugh. An agent-based modeling system for travel demand simulation for hurricane evacuation. *Transportation research part C: emerging technologies*, v. 42, p. 44-59, 2014.
- SHI, Long; XIE, Qiyuan; CHENG, Xudong; ZHANG, Ruifang. Developing a database for emergency evacuation model. *Building and Environment*, v. 44, n. 8, p. 1724-1729, 2009.

## **VIABILITY ANALYSIS THROUGH PRIORITY CONVERSION IN A CROSSING USING COMPUTACIONAL MODELLING**

**Abstract.** *This work aims at the oral presentation of the feasibility analysis of a priority conversion to the right in a highway in the city of Manaus - AM, aiming at improving the traffic in this route in its peak times. The selected route was Avenida Mário Ypiranga, at its intersection with Rua Salvador, located in the center-south zone of the city, in which surveys of the flow of vehicles, characterization of the roads, analysis of the criteria for the implementation of physical changes and simulation through the PTV-Vissim software. All methods were used according to CONTRAN, DNIT, HCM and CTB resolutions and manuals. There have been some roadway operating conditions that allow for high congestion of vehicles in one of the bands at their peak times, such as the non-use of segregating lanes, the proximity of bus stops from the conversion and the vehicles that wish to convert to the right. Finally, the study of the feasibility analysis of a priority conversion at Avenida Mário Ypiranga noted the auxiliary devices (markers) and adequate signaling as resources that contribute substantially to the improvement of the flow of vehicles in one of the strips of the studied avenue.*

**Key-Words:** *Crossings, Streets, Manaus, Computational Modelling.*