INTERFACE TECNOLÓGICA

MOBILIDADE URBANA: um estudo de caso na região central de Jaboticabal/SP

URBAN MOBILITY: a case study in the central region of Jaboticabal/SP

Natália Carolina Augusti - augusti.carol@gmail.com
Elisandra Ascanio – elisandra.ascanio@ucbvet.com
Gleison Luiz Arruda Pereira - l-gleison@hotmail.com
André Luiz Arruda Pereira - andre_muniz2007@hotmail.com
Oswaldo Lazaro Mendes – oswaldo.lazaro@fatectq.edu.br
Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP) - Campus Jaboticabal - SP – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v17i1.839

RESUMO

Este artigo tem por objetivo avaliar a mobilidade urbana na região central de Jaboticabal. Desta maneira, para o seu desenvolvimento, foi realizada uma pesquisa para ponderar qual a visão da população sobre a região de estudo. Subsequentemente, os semáforos foram monitorados, e utilizou-se o *so*ft*ware* de simulação ARENA Com a utilização do referido *software*, realizaram-se diversas simulações até que foi possível encontrar um tempo para o semáforo que possibilitasse melhor sincronismo, possibilitando a onda verde, o que possibilita descongestionar o trânsito da região e, consequentemente, melhora a qualidade de vida dos moradores da cidade que frequentam a região estudada.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana; Simulação ARENA; Sincronismo de Semáforo.

ABSTRACT

This article aims to evaluate urban mobility in the central region of Jaboticabal. In this way, for its development, a research was carried out to ponder what the population's view of the study region was, subsequently the traffic lights were monitored, and used the ARENA simulation software. With the use of the ARENA software, several simulations were carried out until it was possible to find a time for the traffic light that would allow better synchronism, enabling the green wave which makes it possible to decongest the traffic in the region and consequently improves the quality of life of the residents of the city that frequent the studied region

Kewords: Urban mobility; ARENA simulation; Traffic light timing

1. INTRODUÇÃO

As dificuldades com o deslocamento de pessoas e bens (carro, moto, ônibus, etc.) existem desde o surgimento das cidades, todavia, foram sendo agravadas com seu crescimento e, por esse motivo, o tema mobilidade urbana passou a ser repensado.

Nesse contexto, o presente artigo, a partir de pesquisas, buscou identificar os principais problemas de mobilidade urbana na região central da cidade de Jaboticabal.

Optou-se por tal tema pois a cidade vem se desenvolvendo, os bairros estão crescendo e fica cada dia mais difícil se locomover no centro da cidade, gerando grande stress, com perdas em trânsito e aumento de acidentes.

No que tange à questão de mobilidade urbana, após análise dos resultados da pesquisa, foi possível observar que uma mudança sem grandes investimentos já proporcionaria à população uma melhoria na qualidade de locomoção.

Desta forma, o trabalho faz uma breve revisão da literatura abordando o tema mobilidade urbana e apresentando os resultados encontrados no monitoramento dos semáforos. Com a utilização do *software* foi possível apresentar uma maneira de melhorar esse problema e proporcionar melhor qualidade de vida para a população.

Como objetivo geral, esse trabalho propõe melhorar a mobilidade urbana na região central da cidade de Jaboticabal. Como objetivo específico, buscou-se avaliar o sincronismo dos semáforos na região central e apresentar como o uso do *software* de simulação ARENA pode auxiliar na sincronização dos semáforos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mobilidade urbana

Uma das maiores dificuldades das cidades no momento é a mobilidade urbana, e isso se deve a diversos motivos, tais como estudo, questões de saúde, trabalho ou lazer. As pessoas necessitam circular, e a cada dia o direito de ir e vir tem se tornado uma tarefa complexo.

O termo mobilidade tem origem no Latim *Mobilis*, e significa o que pode ser movido, deslocado.

Segundo o Ministério das Cidades (2015, p 27) através da Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável define:

> "É um atributo das cidades e se refere à facilidade de deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano. Tais deslocamentos são feitos através de veículos, vias e toda a infraestrutura (vias, calçadas, etc.) que possibilitam esse ir e vir cotidiano(.). É o resultado da interação entre os deslocamentos de pessoas e bens com a cidade"

Mobilidade urbana é a capacidade de se locomover entre as diferentes áreas da cidade. Atualmente, os automóveis particulares e os meios de transportes públicos são os meios de mobilidade urbana mais utilizados.

Alguns dos principais problemas enfrentados pela mobilidade urbana são a limitação do fluxo, aumento do índice de acidentes, poluição do ambiente, etc.

A visão de "mobilidade urbana sustentável" é algo novo (BOARETO, 2003) e as estratégias tecnológicas para alcançá-la requerem testes e experimentos em pequenas escalas para serem replicadas em projetos e programas mais abrangentes.

A mobilidade é um grande desafio das cidades modernas. Os automóveis, que no século 20 eram a resposta da necessidade de circulação, atualmente tem levado à paralisia do trânsito, com desperdício de tempo e combustível, além dos problemas ambientais e de ocupação do espaço público.

Mobilidade urbana sustentável envolve a implantação de sistemas que melhorem a qualidade de vida das pessoas.

Para que os transportes públicos reduzam o ronco dos motores e permitam que as ruas deixem de ser "vias" de passagem e voltem a ser locais de convivência, faz-se necessário a reorganização dos transportes. Trata-se de construir uma visão integrada e integradora de um direito social dos cidadãos situados dentro da cidade, mas que não se esgota por si só, pois carrega consigo implicações econômicas e ambientais (PEREIRA, 2009).

As cidades se tornam sustentáveis e inteligentes quando atendem as necessidades individuais e coletivas de seus habitantes com qualidade de vida.

2.2 Onda Verde

No dia-a-dia, ao dirigir seu carro por uma avenida, possivelmente você passou pela situação de seguir com seu veículo de um semáforo o qual estava parado e, no próximo cruzamento, ao aproximar-se do semáforo seguinte, não pôde passá-lo pois ficou vermelho. Nessa situação, a maioria das pessoas acreditam que os semáforos estão mal programados ou "fora" de sincronia.

A falta de sincronização dos semáforos pode ocasionar diversos problemas, tais como:

- ✓ Bloqueio dos cruzamentos pelos veículos;
- ✓ Formação de trânsito lento;
- ✓ Maior desrespeito ao sinal vermelho;
- ✓ Aumento do risco de colisão traseira;
- ✓ Perda de tempo no deslocamento veicular;
- ✓ Acidentes de trânsito.

No Brasil e no mundo muitas cidades nomeiam a sincronização dos semáforos como "onda verde".

> "A onda verde é a sincronização de semáforos que proporciona aos motoristas passarem por uma sequência de sinal verde ao longo de uma via, mantendo uma velocidade razoável. Trata-se do resultado da tecnologia aliada a uma boa engenharia de tráfego para garantir o sincronismo dos equipamentos de sinalização". (REDAÇÃO, 2018, p 1)

Para que a onda verde funcione é necessário que vários controladores semafóricos sejam programados de tal forma que os semáforos fiquem no verde de modo a possibilitar a passagem dos veículos por vários cruzamentos com semáforos ao longo da via.

Segundo Azeredo (2014), o sincronismo de semáforo pode ser progressivo, simultâneo e alternado.

De forma geral, sincronizar semáforos não é algo simples, mas sim complexo, pois envolve diversos aspectos, dentre eles: ter profissional capacitado tecnicamente para que possa realizar as programações semafóricas; as informações das programações semafóricas terem sido coletados de forma correta; inserir corretamente os dados nos controladores semafóricos; os relógios internos dos controladores semafóricos estarem idênticos; a comunicação entre os controladores precisa estar ativa, entre outros. No entanto, conseguir que os semáforos estejam sincronizados, possibilita melhor fluxo, menos acidentes, menos stress, menor tempo em trânsito.

2.3 Simulação

Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital (PRADO, 2010)

Segundo Freitas Filho (2008), simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com o propósito de entender seu comportamento e/ ou avaliar estratégias para sua operação.

A simulação é o emprego de técnicas matemáticas em computadores, que permite imitar o funcionamento de qualquer tipo de operação ou processo do mundo real, ela pode ser aplicada desde a produção até o movimento de papéis em um escritório.

Para Prado (2010), a simulação tem diversas aplicações, tais como: linhas de produção, logística, comunicações, bancos, supermercados, escritórios, confiabilidade, processo de dados e call center.

2.4 *Software* de simulação ARENA

O Arena é o mais novo passo evolutivo de simulação englobando lógica e animação com ferramentas poderosas de análise estatística, além de toda a potencialidade do ambiente Windows (PARAGON, 2019)

Segundo Prado (2010, p.28)

> "O ARENA visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que contém um ou mais recursos que prestam serviços a clientes (também chamados de entidades ou transações) que se movem através do sistema."

Algumas vantagens obtidas com a utilização do ARENA são:

- ✓ Melhorar a visibilidade do efeito de um processo ou mudança do sistema;
- ✓ Explorar oportunidades de novos procedimentos ou métodos sem interromper o sistema atual;
- ✓ Diagnosticar e corrigir problemas;
- ✓ Reduzir ou eliminar gargalos;
- ✓ Reduzir os custos operacionais;
- ✓ Reduzir os prazos de entrega;
- ✓ Aumentar a lucratividade por meio de operações global melhorada.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa assume abordagem indutiva com metodologia de revisão bibliográfica em forma de estudo de caso. Quanto à natureza, é aplicada com abordagem quantitativa e levantamento de tempos. O estudo se baseia em autores de livros e artigos científicos.

Para avaliar a opinião da população, foi aplicado um questionário, a partir do qual buscou-se identificar qual o nível de satisfação e/ou insatisfação da população em relação à mobilidade urbana na região definida.

Em relação ao aspecto principal da pesquisa, objetivou-se levantar informações sobre mobilidade urbana nas ruas Avenida Pintos, Rua Rui Barbosa, Rua Floriano Peixoto e Rua Barão do Rio Branco. É importante ressaltar que o foco da mobilidade foi o centro da cidade, onde está o maior fluxo de pessoas, carros, motos e ônibus.

O questionário foi aplicado em um formulário via internet e foi respondido por 127 pessoas. A seguir, tem-se os resultados coletados: das 127 pessoas que responderam

- 58,3% são do gênero masculino;
- 37,8% compreende a faixa de 30 a 40 anos;
- 63% dos entrevistados tem Ensino Superior;
- 69,3% utilizam o carro como a principal forma de locomoção;
- 56.7% consideram a falta de sincronização dos semáforos como o principal problema.

Mediante as informações do questionário, definiu-se tratar do assunto de falta de sincronismo nos semáforos, pois é tangível visto que para implantar a sincronização não demanda investimento, apenas avaliação dos tempos dos semáforos atualmente e avaliar através do *software* de simulação ARENA maneiras de melhorar a sincronização.

Nessa simulação, foi construído um modelo lógico matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo, nesse caso, os semáforos das 4 ruas já mencionadas.

Ao modelo são anexados dados sobre o sistema e, nesse ponto, a simulação se diferencia, pois não são utilizados valores médios para os parâmetros do modelo, e sim, distribuição estatística gerada a partir de uma coleção de dados sobre o parâmetro a ser inserido.

Somando-se os dados e o modelo lógico-matemático, foi obtida uma representação do sistema de computador. Com esse sistema, pode-se realizar vários testes e coletar dados de resultados que irão mostrar o comportamento do sistema bem próximo do real.

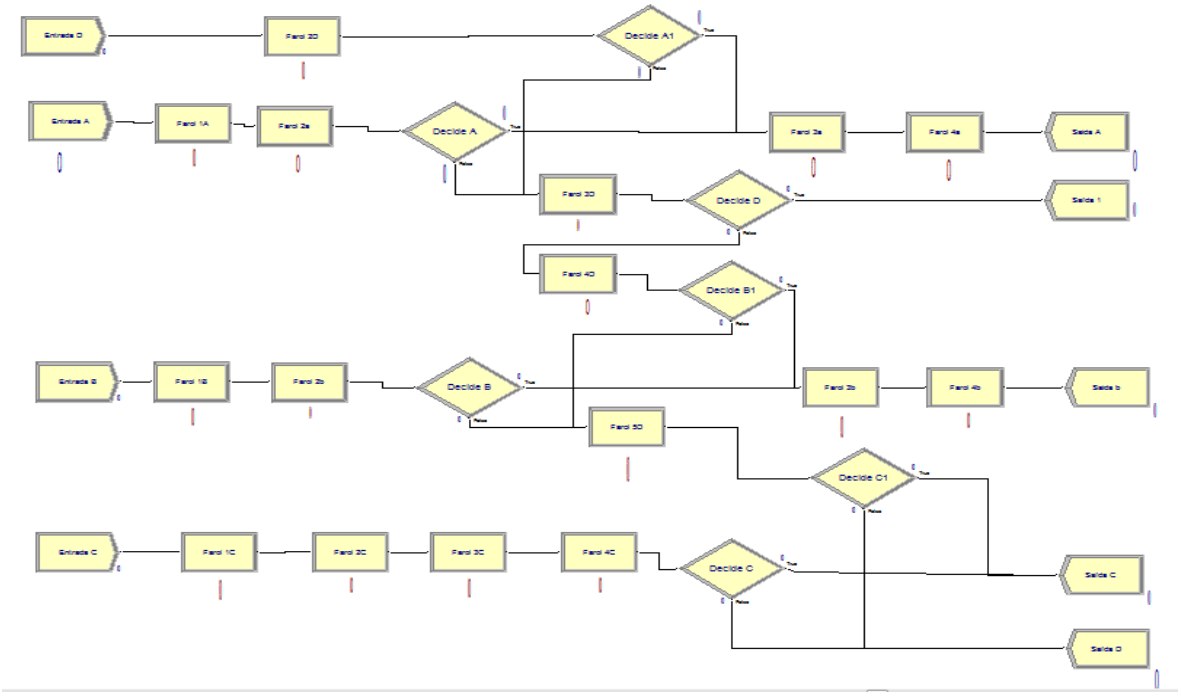
Na Figura 1, tem-se a representação do modelo no ARENA com as seguintes estruturas:

- ✓ Entrada A corresponde à rua Barão, os 4 semáforos são representados respectivamente por 4 processos (Farol1A, Farol2a, Farol 3a, Farol 4a) e uma Saída A.
- ✓ Entrada B corresponde à rua Floriano e os 4 semáforos são representados respectivamente por 4 processos (Farol1B, Farol2b, Farol 3b, Farol 4b) e uma Saída B.
- ✓ Entrada C corresponde à rua Rui Barbosa e os 4 semáforos são representados respectivamente por 4 processos (Farol1C, Farol2C, Farol 3C, Farol 4C) e uma Saída C.
- ✓ Entrada D corresponde à avenida Pintos e os 4 semáforos são representados respectivamente por 4 processos (Farol2D, Farol3D, Farol 4D, Farol 5D) e uma Saída D.
- ✓ Saída 1 correspondente a uma rua não considerada no estudo dos semáforos, mas a Saída tem que ser considerada, pois a estrutura Decide D envia veículos para ela.
- ✓ Os semáforos que correspondem ao mesmo cruzamento:
    - Avenida Pintos e Rua Barão são: Farol 2D e Farol 2a;
    - Avenida Pintos e Rua Floriano são: Farol 4D e Farol 2b;
    - Avenida Pintos e Rua Rui Barbosa são: Farol 5D e Farol 4C.

- ✓ As estruturas de decisão que estão no mesmo cruzamento:
    - Avenida Pintos e Rua Barão são: Decide A1 e Decide A;
    - Avenida Pintos e Rua Floriano são: Decide B1 e Decide B;
    - Avenida Pintos e Rua Rui Barbosa são: Decide C1 e Decide C.

INTERFACE TECNOLÓGICA

Figura 1: Modelagem do Arena com as estruturas



Fonte: Autores

Na Tabela 1 tem-se os dados coletados dos tempos dos semáforos, bem como o tempo referente à abertura em relação ao seguinte, ou seja, depois de quanto tempo da passagem de um determinado semáforo para o modo verde, o seguinte será aberto no modo verde. Os valores com as cores marcadas são os semáforos correspondentes nos cruzamentos, portanto tem valores invertidos em relação à sinalização verde e vermelho (tempo do amarelo está junto do vermelho).

Sem a necessidade de software, através destes dados, pode-se notar que este tempo não é fixo, pois com a alternância da variação entre os tempos de abertura e fechamento de um semáforo para outro vai ocorrendo um ciclo e o mesmo, dependendo da hora do dia, pode estar em uma onda verde, ou seja, pega todos os semáforos abertos, e em outra determinada hora, ocorre o inverso, o motorista pega todos os semáforos fechados.

Tabela 1 - Tabela dos Tempos em segundos dos semáforos em análise

	1º Semáforo			2º Semáforo			3º Semáforo			4º Semáforo	
			->			->			->		
R. Barão	21s	20s	8s	28s	28s	27s	28s	27s	13s	28s	27s
R. Floriano	18s	34s	6s	30s	29s	12s	18s	27s	1s	30s	30s

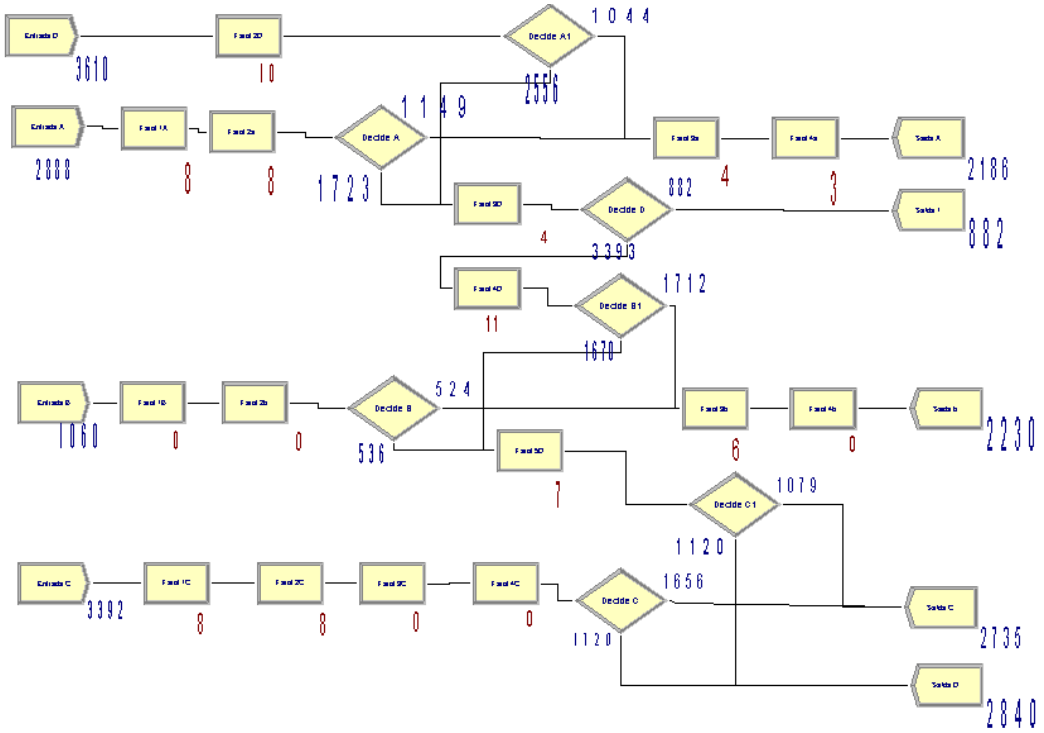
R. Rui Barbosa	22s	17s	8s	26s	27s	23s	25s	22s	10s	24s	22s
Av. Pintos	28s	28s	2s	29s	30s	4s	29s	30s	18s	22s	24s

Fonte: Autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 tem-se a execução do modelo no ARENA apresentado na Figura 1 por 2 horas, onde ocorreu a entrada de 11750 veículos pelas 4 entradas e a saída de 10873 veículos pelas 5 Saídas, sendo que ficaram dentro do sistema 77 veículos, tirando os que estão nas entradas (77-10-8-5-8= 46 veículos), sobraram 46 veículos, sendo que o ideal seria que esses 46 veículos ficassem próximo de zero.

Figura 2: Execução do modelo apresentado na Figura 1

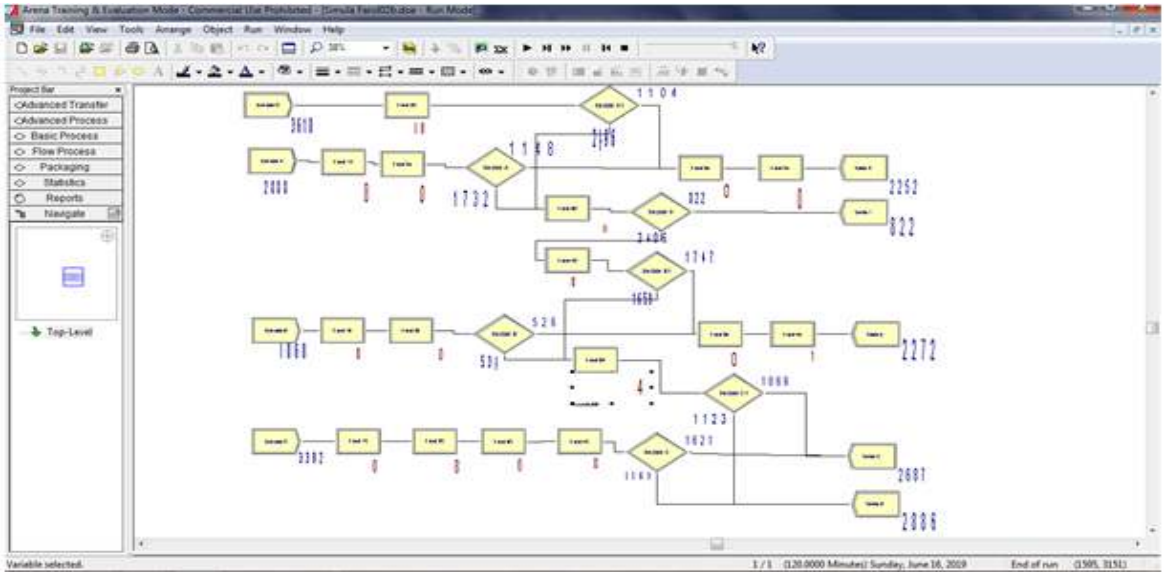


FONTE: Autores

Na Figura 3 tem-se o mesmo modelo da Figura 2. Após várias simulações feitas chegou-se à conclusão para a alteração do tempo do semáforo para 5s, de todos os semáforos, entre a abertura de um semáforo e o seguinte, sendo que com essa mudança a quantidade de

veículos que ficaram no sistema tirando as entradas foi de 0 veículos, ocorrendo uma redução do tráfego dos 46 iniciais para 0, ou seja, estamos na chamada onda verde, o que seria o sistema ideal, só ficaram dentro do sistema os veículos das entradas (10-8-5-8=31), ou seja 31 veículos.

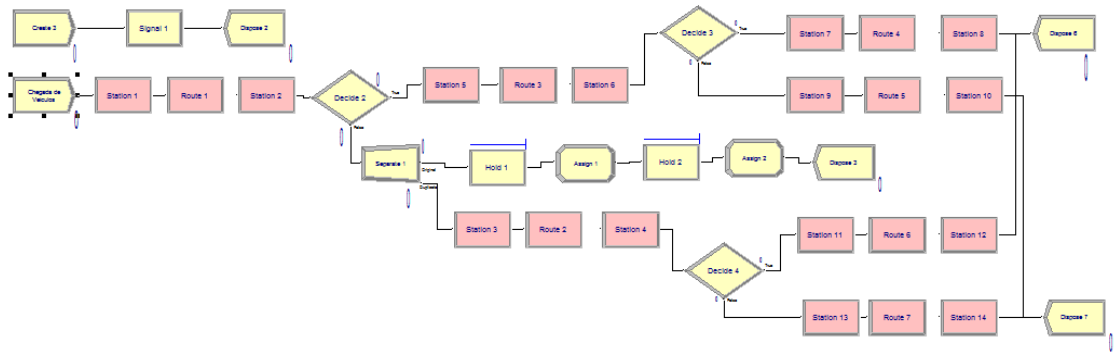
Figura 3 - Modelagem com alteração no tempo de todos os semáforos (A, B, C e D) para 5s



FONTE: Autores

Em todos os exemplos, as distâncias entre os semáforos são de uma quadra, sendo assim, o tempo de deslocamento é o mesmo para todos, de acordo com o nosso estudo de caso. Na Figura 4 foi construído um modelo de como ficaria o sistema se os semáforos tivessem distâncias variadas sendo que a complexidade aumenta muito, portanto foi feita uma simulação com apenas 1 semáforo.

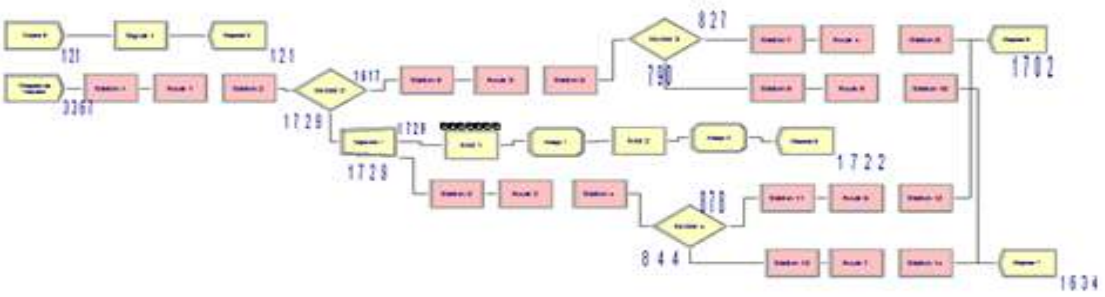
Figura 4- Modelo de um semáforo com todas as variações possíveis



FONTE: Autores

Na Figura 5 tem-se a execução do modelo pelo ARENA da Figura 4, com a chegada de 7 carros em 15 segundos, a simulação foi feita em 2 horas, sendo que entraram no sistema 3367 veículos e saíram 3336 veículos, com o tempo de 45s entre o início até a chegada no semáforo e de 10s entre o semáforo e a saída (que poderia no modelo anterior ser outro semáforo). Dos 31 veículos que ficaram no sistema 21 e estão a caminho do semáforo, 7 estão parados e 3 estão a caminho da saída, portanto 3336 veículos que saíram do sistema mais 31 veículos dentro do sistema totalizam 3367 veículos que entraram no sistema, fechando assim a equação de balanço de um sistema, onde a quantidade de entrada é igual à quantidade de saída mais a quantidade de veículos dentro do sistema.

Figura 5 – Modelagem com a chegada de 7 carros em 15 segundos



FONTE: Autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou-se relevante uma vez que avalia a mobilidade urbana na região central de Jaboticabal, onde estão localizadas as vias com mais movimento, sendo Avenida Pintos, Rua Rui Barbosa, Rua Floriano Peixoto e Rua Barão do Rio Branco. Nesse sentido, ficou evidente que a mobilidade urbana demanda a implantação de sistemas que melhorem a qualidade de vida das pessoas.

Baseado na simulação do ARENA, se os semáforos fossem programados com tempos menores e proporcionais ocorreria uma melhora no trânsito. Atualmente, o sistema funciona mesmo com a sincronização deixando a desejar, conforme relatado pela população, devido ao fato de que a quantidade de veículos atual é comportada pelo sistema. Todavia, se ocorrer uma maior demanda de veículos no futuro, o trânsito pode ficar caótico e deverá ser adotada uma postura diferente entre os valores atuais.

Entende-se, portanto, que a sinalização deverá seguir uma sequência encadeada de abertura e fechamento dos semáforos, gerando uma onda verde. Com a utilização do *software* de simulação ARENA, verificou-se que ao programar os semáforos com tempos menores e proporcionais seria possível melhorar o trânsito na região estudada.

REFERÊNCIAS

AZEREDO. L.F. **Seis fatores essenciais para o sincronismo entre semáforos. 2014.** Disponível em: <https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/seis_fatores.pdf> Acesso em 07 abr. 2019.

BOARETO, R. **A mobilidade urbana sustentável**. Revista dos Transportes Públicos, n. 100 – ANTP, São Paulo, 2003.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena.** 2ed. Ver e atual. / Paulo José de Freitas Filho – Florianópolis: Visual Books, 2008.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob - Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana - Ministério das Cidades.2015. Brasília.

PARAGON. **ARENA**. 2019. Disponível em <www.paragon.com.br/%20softwares/arena/> Acesso em 03 mar 2019.

PEREIRA, J. V. I. **Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum**. Economia Global e Gestão, v. 14, n.1, Lisboa, abril 2009. Disponível em:

<http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0873-74442009000100008> . Acesso em: 06 abr. 2019.

PRADO, D. S. dos. **Usando o ARENA EM SIMULAÇÃO.** Darci dos Santos Prado – Belo Horizonte (MG) INDG Tecnologia e Serviços Ltda. – 2010 305p.: il (Série Pesquisa Operacional – Volume 3)

REDAÇÃO. **Prefeitura aumenta onda verde no trânsito e instalará novos semáforos em cruzamentos do Centro de São Carlos.** 2018. Disponível em: <https://saocarlosemrede.com.br/prefeitura-aumenta-onda-verde-no-transito-e-instalara-novos-semaforos-em-cruzamentos-do-centro-de-sao-carlos/>.Acesso em: 05 abr. 2019.