



ConBREpro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Utilização da simulação computacional para apoiar um estudo do fluxo de veículos na cidade de Maceió-AL

Mylena Maria Salgueiro de Lima

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial – Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Ricardo Villarroel Dávalos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial – Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Arnoldo Debatin Neto

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial – Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo: No Brasil, o uso do transporte individual tem aumentado significativamente, gerando congestionamentos, afetando a eficiência do transporte coletivo e a qualidade da mobilidade de todos os usuários. O alto fluxo de veículos requer estratégias de gestão de tráfego, como a utilização de semáforos, sinalização e restrições de circulação. O presente trabalho tem como objetivo comparar o tempo de viagem de veículos particulares e do transporte público por ônibus antes e após a implementação de semáforos em interseções entre vias alimentadoras e a principal. A comparação será feita através de resultados obtidos por simulação computacional, cujo modelo do sistema viário é baseado em um trecho de 730 m da Avenida Fernandes Lima, localizada em Maceió – AL. Os dados utilizados foram obtidos por meio do Departamento Municipal de Transporte e Trânsito (DMTT) de Maceió. O software utilizado para simular o sistema é o AnyLogic, nele são definidas taxas de entrada de veículos, velocidades e regras de tráfego. Os resultados obtidos apontam que o número de semáforos é diretamente proporcional ao tempo médio de permanência de carros no sistema e inversamente proporcional ao tempo médio de permanência de ônibus.

Palavras-chave: transporte, semáforo, simulação, AnyLogic.

Application of AnyLogic simulation software to study vehicle flow in the city of Maceió-AL

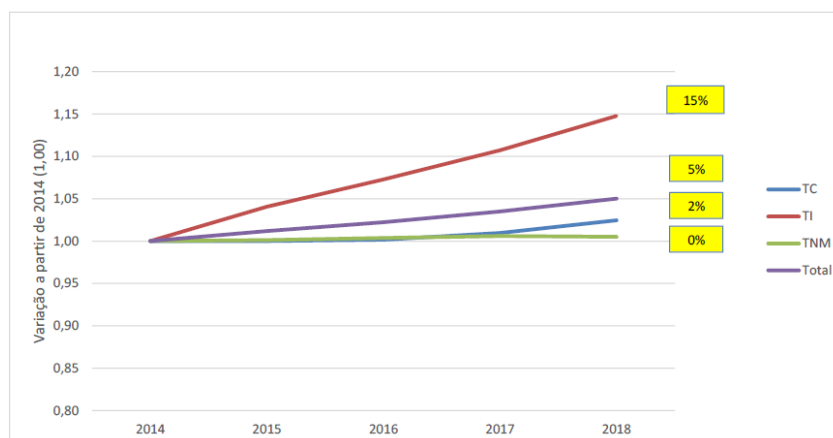
Abstract: In Brazil, the use of individual transportation has increased significantly, generating traffic congestion, affecting the efficiency of public transportation and the quality of mobility for all users. The high flow of vehicles requires traffic management strategies, such as the use of traffic lights, signage and circulation restrictions. This study aims to compare the travel time of private vehicles and public transportation by bus before and after the implementation of traffic lights at intersections between feeder roads and the main road. The comparison will be made through results obtained by computer simulation, whose road system model is based on a 730 m stretch of Avenida Fernandes Lima, located in Maceió - AL. The data used were obtained through the Municipal Department of Transportation and Traffic (DMTT) of Maceió. The software used to simulate the system is AnyLogic, in which vehicle entry rates, speeds and traffic rules are defined. The results obtained indicate that the number of traffic lights is directly proportional to the average time that cars remain in the system and inversely proportional to the average time that buses remain.

Keywords: transportation, traffic light, simulation, AnyLogic.

1. Introdução

A qualidade da mobilidade urbana está diretamente ligada ao bem-estar da população, pois determina a facilidade da cidade em suprir a necessidade de seus habitantes de realizar atividades sociais, culturais, políticas e econômicas presentes em suas rotinas (VASCONCELLOS, 2013a). No Brasil, há a tendência de aumento do uso do transporte individual, conforme dados coletados pelo Sistema de Informações de Mobilidade Urbana da ANTP entre 2014 e 2018 (Figura 1). Esse crescimento exige que sejam implementadas estratégias para gerir o fluxo de veículos, principalmente em horário de pico, devido à capacidade limitada das vias.

Figura 1 – Evolução de viagens por modo entre 2014 e 2018 considerando municípios com população acima de 60 mil habitantes no ano de 2014



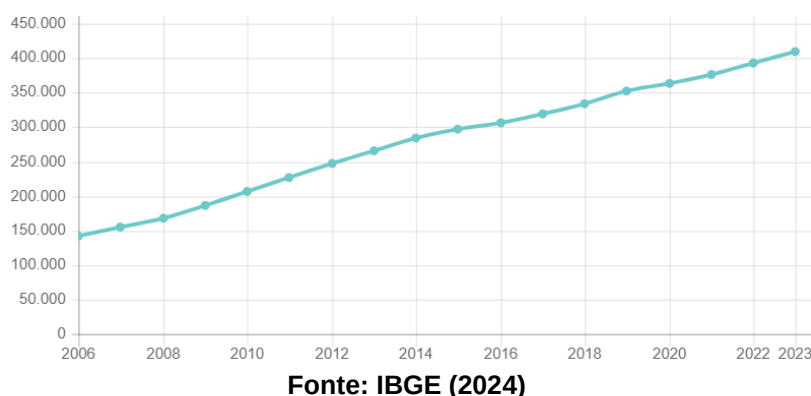
Fonte: Sistema de informações da mobilidade urbana da ANTP (2020)

A figura 1 mostra o aumento de 15% do uso de transporte individual (motorizado) em 4 anos, enquanto o uso do transporte coletivo subiu apenas 2%. Atualmente, segundo o MINISTÉRIO DE TRANSPORTES (2024), o Brasil possui uma frota de mais de 122 milhões de veículos, sendo mais da metade, cerca de 62 milhões, composta por automóveis. Esse grande contingente ocupa boa parte do espaço disponível do sistema viário e gera congestionamentos, o que diminui a velocidade não só dos próprios automóveis, como também dos ônibus utilizados no transporte coletivo (VASCONCELLOS, 2013b).

Conforme o último Relatório Geral do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP (2020), o tempo médio de viagem no transporte coletivo em 2018 é de 44 minutos, enquanto que a duração média de viagem utilizando transporte individual é de 23 minutos. Logo, ainda que o alto uso de veículos privados ocasione os congestionamentos, quem mais se prejudica são os usuários do transporte público.

Em 2023, Maceió possuía uma frota de aproximadamente 408,5 mil veículos, resultado de um crescimento de 186% entre 2006 e 2023 (Figura 2) (IBGE, 2024).

Figura 2 – Quantidade de veículos em Maceió entre 2006 e 2023.



Grande parte desses veículos circulam por uma das principais vias da cidade, a Avenida Fernandes Lima, cujo entorno é predominantemente comercial. Essa via foi criada no início do século XX para interligar o centro da capital aos bairros industriais mais afastados do litoral. Após 1930, a avenida se tornou o principal eixo de expansão residencial da cidade. No entanto, ao longo dos anos, as casas foram gradativamente sendo substituídas por comércios, mas a via continuou sendo uma das principais rotas de ligação da cidade (SILVA et al, 2018).

É comum, na Av. Fernandes Lima, a ocorrência de tráfego pesado de veículos nos horários de 8h, 12h, 16h e 18h. Isso se deve aos períodos de ida e volta da população para o trabalho ou local de estudos (FAUSTO FILHO, 2018). Por isso, é essencial a análise de medidas que tornem o fluxo veicular mais eficiente, a fim de melhorar a qualidade de vida da população.

Diante das problemáticas que envolvem a atual condição dos sistemas de transporte, o uso da simulação computacional é uma alternativa viável para analisar e otimizar o fluxo de veículos nas cidades. Assim, o presente artigo tem como objetivos simular um trecho da avenida Fernandes Lima, principal via de Maceió, considerando alto fluxo de veículos individuais e coletivos em três cenários, um representando a realidade, outro com a adição de um semáforo em uma das interseções entre a via troncal e uma alimentadora e um terceiro com a adição de dois semáforos ao longo do trecho e, com isso, comparar a duração do tempo de viagem de cada modo de transporte e verificar os possíveis benefícios da mudança no sistema viário.

Para isso, será utilizado o software de simulação Anylogic que, além de auxiliar na análise logística de tráfego rodoviário, também pode ser aplicado nas indústrias de óleo e gás, mineração, transporte aquaviário, entre outras áreas.

O presente trabalho utilizou dados do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito (DMTT) de Maceió sobre o tempo de viagem de três linhas de ônibus para calcular a velocidade média dos ônibus com base na distância percorrida. Em seguida, foi criado no AnyLogic um modelo de simulação com base em uma imagem de satélite de um trecho de 730 metros da Avenida Fernandes Lima. O sistema modelado incluiu sete pontos de origem de carros e dois de ônibus. Carros e ônibus foram definidos com comprimentos de 5 e 8 metros, respectivamente, e as interseções incluíram blocos de decisão para definir rotas. A taxa de entrada de carros foi de 1000 veículos por hora na via principal e 200 nas vias alimentadoras, enquanto um ônibus entrava na via principal por minuto, com velocidades iniciais de 60 km/h para carros, sendo a velocidade máxima permitida na via, e 16,5 km/h para ônibus, conforme calculado.

Para a simulação do sistema atual foram considerados dois semáforos já existentes em interseções presentes no trecho estudado, enquanto que na simulação do sistema 1

proposto foi adicionado mais um semáforo para controlar a entrada de veículos de uma das vias alimentadoras na avenida principal e na simulação do sistema 2 foram adicionados dois semáforos. Por fim, foram comparados os tempos de permanência no sistema de carros e ônibus nas simulações.

Este artigo está dividido em 7 seções. A primeira, contextualiza o tema geral do trabalho, descreve rapidamente o problema que pretende discutir, aponta o objetivo de sua realização e traz um resumo da metodologia. A segunda seção traz a revisão bibliográfica acerca da temática do trabalho. A terceira aborda a metodologia detalhada do estudo. A quarta trata do estudo de caso considerando o processo de simulação e parâmetros utilizados para obtenção dos resultados. A quinta seção apresenta os valores resultantes das simulações, bem como sua análise e comparação. A sexta seção compreende as conclusões do artigo, adicionando as contribuições do trabalho e sugestões futuras. Por fim, a última seção expõe o referencial bibliográfico utilizado.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Simulação computacional

A simulação é formada por um modelo que tem como objetivo compreender como um sistema funciona. Ela pode possuir uma solução analítica, caso as relações entre os constituintes do modelo sejam simples, porém um modelo realista é composto por sistemas complexos e se faz necessário o uso de simulação computacional. É importante salientar que mesmo a simulação computacional está sujeita a simplificações em seu sistema modelado em comparação com o original proveniente da realidade, ainda assim, o cenário menos complexo é capaz de auxiliar na gestão de processos e tomada de decisões (PEGAS, 2017).

Segundo Borshchev e Grigoryev (2015), existem três métodos de mapear um sistema do mundo real para um modelo de simulação: o sistema dinâmico, a modelagem de evento discreto e a modelagem baseada no agente. Esse último é útil para analisar como os objetos (agentes) no sistema se comportam individualmente e interagem entre si formando o comportamento global do modelo simulado. Para isso, são considerados alguns parâmetros iniciais para determinar os possíveis comportamentos de cada agente, sendo esse o método utilizado no presente trabalho.

2.2 Aplicações ao transporte em cidades brasileiras

A aplicação do modelo baseada em agentes pode ser utilizada para a simulação do transporte público, como no trabalho de Souza (2019) que utilizou o software MATSim para elaborar a modelagem de uma linha de ônibus para transporte público na cidade de Mossoró-RN utilizando dados de rotas reais e por meio do acompanhamento de 20 usuários do transporte. Com isso, foi constatado que o software é capaz de simular todas as viagens dos agentes com origem ou destino na região estudada.

Já no estudo de Silva (2019), analisou o tráfego de um corredor urbano no município de São José-SC utilizando o software VISSIM através de simulação computacional de três cenários alternativos com atribuição de parâmetros para os agentes do modelo. O objetivo do trabalho foi comparar o fluxo da demanda futura projetada para o ano de 2029 de veículos em cada cenário. Dessa forma, observou-se que o sistema que possuía um aumento do número de faixas de rolamento apresentou melhor desempenho em relação aos demais, que consistiam em alterações semaforizadas e permanência da malha atual.

Também é possível analisar os impactos de veículos autônomos no tráfego rodoviário brasileiro. Kappler (2020) verifica os impactos de autônomos em uma rodovia brasileira de

múltiplas faixas utilizando o software VISSIM. Os resultados apontam que substituindo-se 60% da frota de veículos convencionais por autônomos é obtido uma diminuição de congestionamentos e aumento da eficiência do fluxo de tráfego.

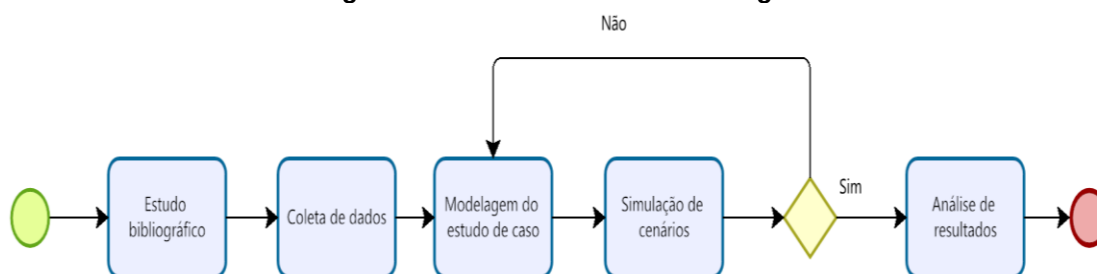
A partir dos exemplos citados, é visível a ampla funcionalidade da simulação para o estudo de sistemas de transportes a fim de melhorar o seu desempenho e propor novas soluções com embasamento computacional.

3. Metodologia

O procedimento metodológico para a elaboração deste artigo pode ser considerado um estudo de caso que visa investigar um fenômeno de forma aprofundada e no seu contexto real. É uma investigação empírica que pode ser utilizada para gerar conhecimento amplo e detalhado sobre um tema específico (MIGUEL, 2007).

A Figura 3 ilustra as etapas que serviram de apoio na realização deste estudo.

Figura 3 – Procedimento metodológico



Fonte: Autores (2024)

A primeira etapa representa um estudo bibliográfico onde procurou-se conceitos importantes de simulação a eventos discretos e de mobilidade urbana. A próxima etapa dedicou-se a coleta, análise e o tratamento dos dados para a experimentação do modelo.

Na terceira etapa foi realizada a modelagem dos eventos discretos do estudo de caso que considerou o tempo de viagem de veículos particulares e do transporte público por ônibus antes e após a implementação de semáforos em interseções entre vias alimentadoras e a principal avenida.

Na seguinte etapa foram simulados os cenários propostos e finalmente foi realizada uma análise dos resultados, utilizando da comparação entre os cenários para a extração de informações relevantes da proposta.

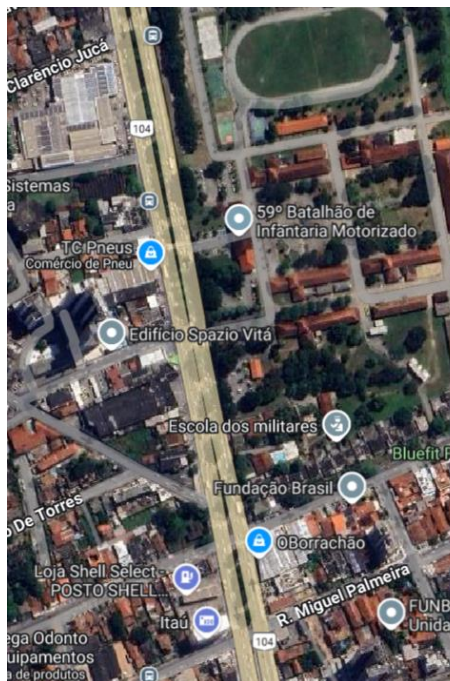
4. Estudo de caso

A partir de dados obtidos através do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito (DMTT) de Maceió acerca do tempo de duração de viagem de linhas de ônibus da cidade em 2023, foram selecionadas 3 linhas de ônibus com trajetos distintos a fim de calcular seu tempo médio de viagem (t_m) e, com base na distância percorrida por cada uma (d), determinar a velocidade média (V_m) dos ônibus representados na simulação, conforme a equação (1).

$$V_m = \frac{d}{t_m} \quad (1)$$

Foi inserida no Anylogic a imagem de satélite do trecho a ser avaliado (Figura 4), que compreende aproximadamente 730 m da Avenida Fernandes Lima, localizada em Maceió, Alagoas, a qual serviu de base para a criação do sistema viário a ser utilizado nas simulações.

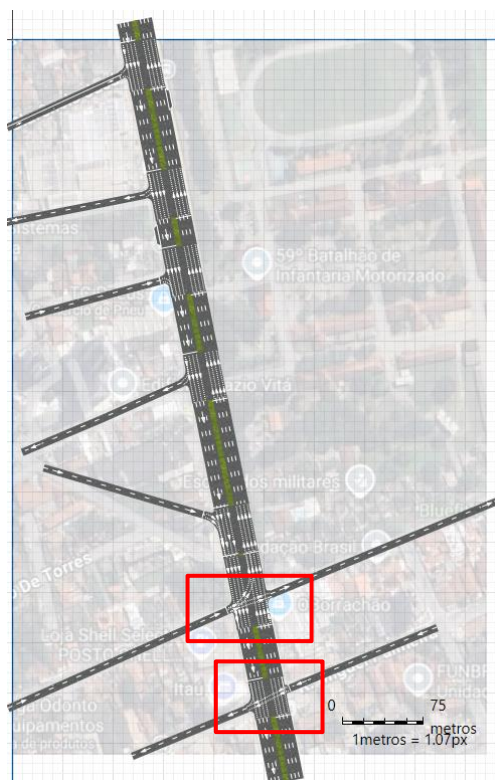
Figura 4 – Imagem de satélite da Avenida Fernandes Lima, Maceió - Alagoas



Fonte: Google Maps (2024)

O sistema criado (Figura 5) possui 7 pontos de origem de carros, representando os veículos particulares, um em cada extremidade da via principal e um em cada uma das 5 vias alimentadoras, e 2 pontos de origem de ônibus, um em cada extremidade da via principal.

Figura 5 – Sistema viário utilizado nas simulações



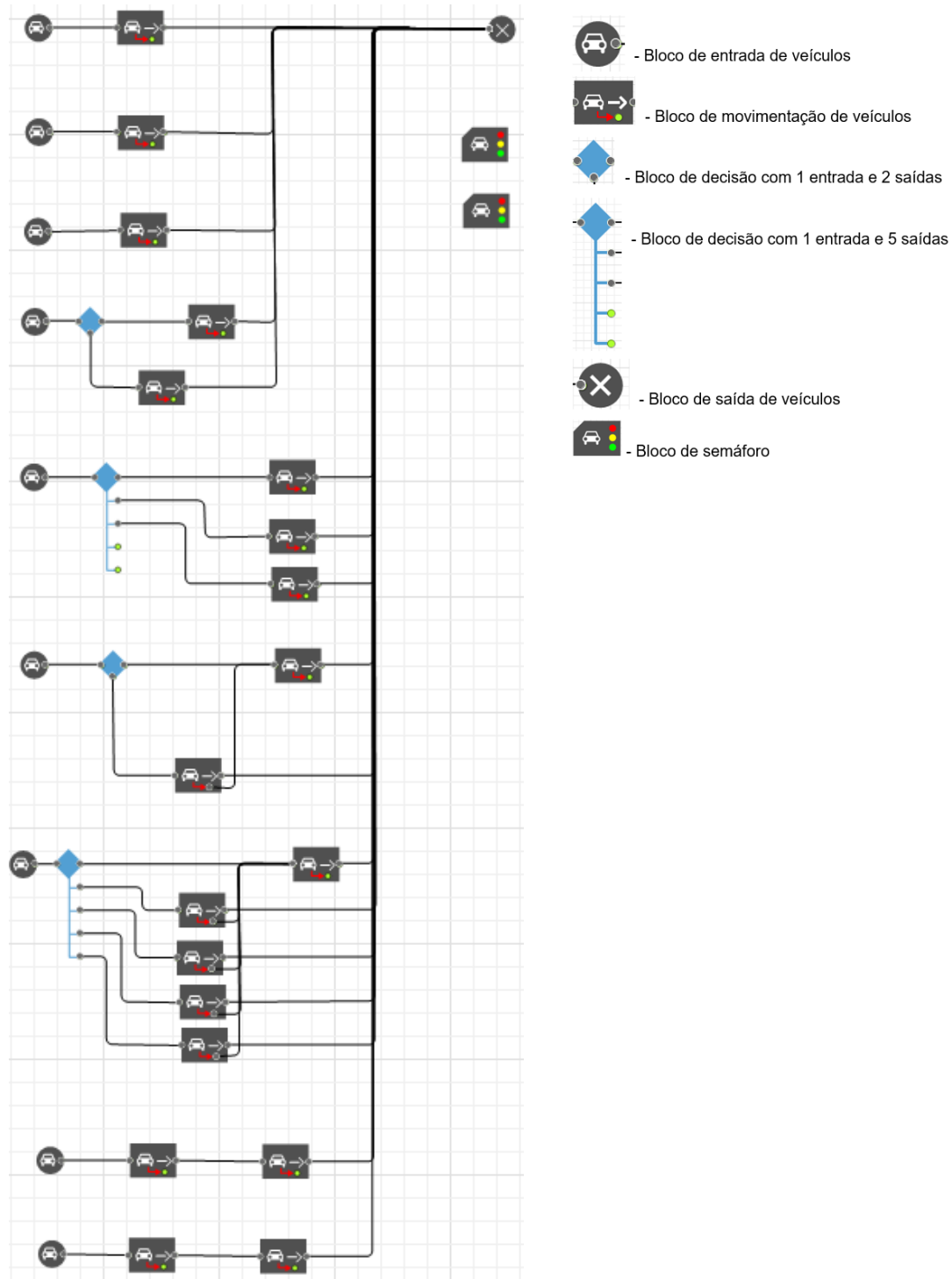
Fonte: Autora (2024)

Foi posicionado um semáforo em cada uma das duas interseções no sistema base (destacadas em vermelho). O tempo de espera no sinal vermelho é de 30s e a duração do

sinal amarelo é de 5 segundos. O tempo total da simulação de cada cenário é de 30 minutos.

A Figura 6 apresenta o modelo proposto, na qual os blocos, identificados na legenda, representam as funcionalidades necessárias para simular o sistema atual. No modelo proposto foi definido que os carros possuem comprimento de 5 metros e os veículos de transporte coletivo possuem comprimento de 8 metros.

Figura 6 – Diagrama para o modelo proposto para a simulação do sistema



Fonte: Autora (2024)

Foi utilizado o bloco de decisões nas intersecções das vias quando há opções a serem escolhidas quanto ao caminho a ser seguido pelo veículo, que define o caminho que cada veículo tomará após a entrada no trecho em estudo. A probabilidade de escolha de cada

caminho foi determinada de forma igualitária entre as opções, ou seja, se existem 2 possibilidades de rota a ser seguida, a chance de selecionar uma é de 50%.

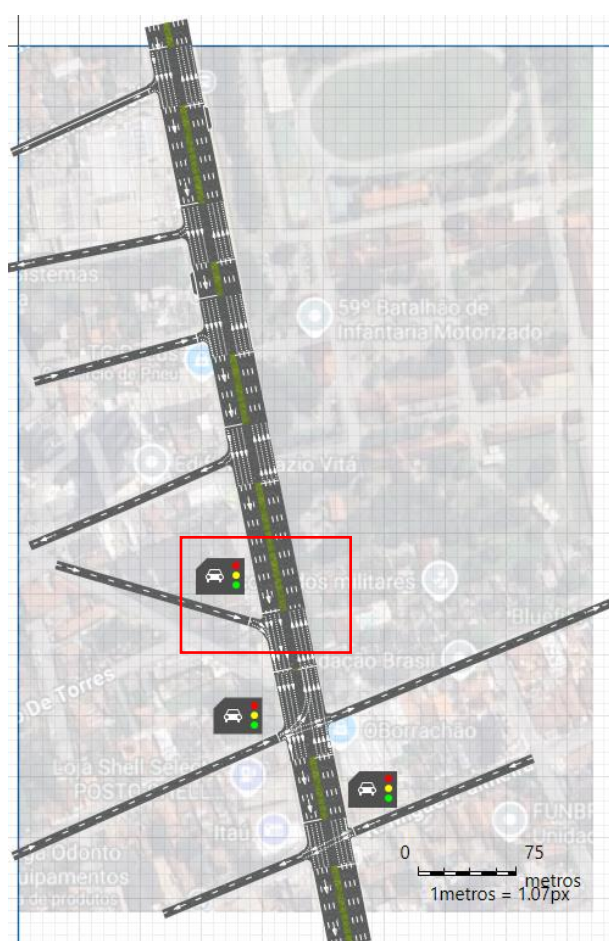
O transporte público transita apenas na via principal, sem realizar conversões. Os veículos particulares originados das vias alimentadoras que optaram pelos caminhos que adentram a via principal seguem nessa via até o final, sem fazer conversão à direita ou esquerda após adentrar a via troncal (Avenida Fernandes Lima).

A velocidade inicial e preferível dos carros foi adotada como a velocidade máxima da via, 60 km/h, enquanto que a velocidade inicial e preferível dos ônibus foi calculada a partir da equação (1) que resultou no valor de 16,5 km/h.

Para esse sistema, a taxa de entrada de veículos particulares na via troncal é de 1000 a cada 60 minutos, enquanto que nas vias alimentadoras é de 200 a cada 60 minutos (20% do volume de tráfego da avenida principal). Já a taxa de entrada de ônibus na avenida principal é de 1 por minuto.

Para simular o cenário comparativo 1 foi adicionado um semáforo na saída destacada em vermelho na Figura 7. Todas as demais características permaneceram tal qual o modelo base.

Figura 7 – Sistema viário utilizado na simulação com destaque na localização do semáforo adicional (cenário 1)



Fonte: Autora (2024)

Para simular o cenário comparativo 2 foram adicionados dois semáforos, um em cada saída destacada em vermelho na Figura 8. Todas as demais características permaneceram tal qual o modelo base.

Figura 8 – Sistema viário utilizado nas simulações com destaque na localização dos semáforos adicionais (cenário 2)



Fonte: Autora (2024)

5. Resultados e discussões

5.1 Modelo de simulação do sistema atual

A partir da simulação do modelo base foram obtidos os valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da simulação do cenário base

Veículo	Quantidade no sistema	Tempo médio de permanência no sistema (s)
Carros	1105	169,4
Ônibus	35	375,2

Fonte: Autora (2024)

É possível observar que o tempo de permanência do transporte coletivo é consideravelmente superior ao valor correspondente do transporte particular, com uma diferença de 205,8 segundos de existência no modelo para cumprir sua rota. Esse cenário denota a necessidade de aplicação de soluções para melhorar a eficiência do transporte coletivo em relação à duração de suas viagens.

5.2 Modelo de simulação do sistema com um semáforo adicional

A partir da simulação do modelo com o semáforo adicional foram obtidos os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da simulação do cenário com um semáforo adicional

Veículo	Quantidade no sistema	Tempo médio de permanência no sistema (s)
Carros	997	204,4
Ônibus	35	290,1

Fonte: Autora (2024)

Observa-se, a partir dos resultados, que o tempo médio de permanência dos ônibus ainda é superior ao dos carros, ainda que a diferença entre eles tenha diminuído em 85,7 segundos, ou seja, mais de 50% de queda.

5.3 Modelo de simulação do sistema com dois semáforos adicionais

A partir da simulação do modelo com dois semáforos adicionais foram obtidos os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da simulação do cenário com dois semáforos adicionais

Veículo	Quantidade no sistema	Tempo médio de permanência no sistema (s)
Carros	981	211
Ônibus	33	268,8

Fonte: Autora (2024)

Com a adição de dois semáforos além dos que existem na realidade representada no cenário base, a diferença entre os tempos médios de permanência caiu novamente em 57,8 segundos, menos de 30% da desigualdade original.

5.4 Comparação entre cenários

Inicialmente, pode-se comparar a quantidade de veículos de cada tipo que passou pelo sistema em cada cenário (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparação de unidades de veículos em cada cenário

Veículo	Quantidade no cenário base	Quantidade no cenário 1	Quantidade no cenário 2
Carros	1105	997	981
Ônibus	35	35	33

Fonte: Autora (2024)

Observa-se que com o aumento da quantidade de semáforos ocorreu a diminuição da quantidade de veículos que conseguiram concluir o sistema, porém não houve perda significativa de veículos entre cenários.

Entre o cenário base e os cenários 1 e 2 houve uma queda de 9,8% e 11,2%, respectivamente, do total de carros. Enquanto que, com relação à quantidade de ônibus, a diminuição foi de 0 e 5,7%, respectivamente, entre o cenário base e os cenários 1 e 2.

Agora, é possível analisar o tempo médio de permanência no sistema de cada tipo de veículo em cada cenário (Tabela 5).

Tabela 5 – Comparação do tempo médio de permanência de veículos em cada cenário

Veículo	Tempo médio de permanência no cenário base (s)	Tempo médio de permanência no cenário 1 (s)	Tempo médio de permanência no cenário 2 (s)
Carros	169,4	204,4	211
Ônibus	375,2	290,1	268,8

Fonte: Autora (2024)

É notável que, com o aumento na quantidade de semáforos, o tempo médio de permanência no sistema aumenta para os carros e diminui consideravelmente para os ônibus. O tempo médio para carros entre o cenário base e os cenários 1 e 2 aumenta 20% e 24,5%, respectivamente. Enquanto que, o mesmo indicador referente aos ônibus diminui 22,7% e 28,4%, respectivamente, entre o cenário base e os cenários 1 e 2.

Uma possível explicação para esses resultados é que os ônibus circulam exclusivamente na via principal e os semáforos estão otimizando o fluxo de veículos, a partir do ponto que restringem a saída de carros das vias alimentadoras, o que faz com que o tempo dos carros aumente ao esperarem sua vez de passar.

Observa-se também que quanto maior o tempo médio de permanência de carros, menor a quantidade que finaliza seu percurso no sistema, pois os carros ficam mais lentos, o que torna o sistema saturado sem a possibilidade de entrada de tantos veículos quanto no caso do cenário base, considerando sempre o limite de 30 minutos. A quantidade de ônibus em cada cenário não foi afetada significativamente pela diminuição do tempo médio de permanência desse veículo.

6. Conclusões

O software utilizado permitiu simular o cenário base, que representa a realidade atual, e os 2 cenários propostos com adição de semáforos em um trecho da Avenida Fernandes Lima. Portanto, pode-se inferir que o AnyLogic aplica-se a esse tipo de análise, uma vez que os resultados da simulação estão coerentes com os dados de entrada do modelo.

Os resultados apontam que quanto maior o número de semáforos nesse trecho estudado, maior o tempo médio de permanência de carros e menor o tempo médio de permanência de ônibus. Logo, nesse caso, os semáforos que restringem a entrada de veículos na avenida principal aumentam a eficiência do transporte público em até 28,4%, que é correspondente à diminuição do tempo de viagem. No entanto, a eficiência dos carros caiu e indica a necessidade de cautela ao implementar tal solução.

Com isso, o presente trabalho contribui para o entendimento do uso do software de simulação AnyLogic para a análise de sistemas de transportes, como também aborda possíveis soluções para auxiliar a gestão de tráfego em grandes cidades com alto fluxo de veículos.

Como sugestões para trabalhos futuros, é interessante executar uma simulação com o uso de semáforos inteligentes que captam a aproximação de veículos, podendo haver preferência ao transporte público ou não. Outra sugestão é simular cenários com diferentes taxas de entradas de veículos para visualizar o comportamento do sistema frente à variação de nível de saturação da via.

Referências

BORSHCHEV, A.; GRIGORYEV, I. **The big book of simulation modeling: multimethod modelling with anylogic**. 6. ed. Oakbrook Terrace, Illinois: Anylogic North America, 2015.

FAUSTO FILHO, Valdo Espinheira. **Diagnóstico de trânsito em espaço intra-urbano: estudo de caso do Eixo Viário Fernandes Lima**. 2018. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) - Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Frota de veículos em Maceió – série histórica**. 2024. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/pesquisa/22/28120?tipo=grafico>> Acesso em: 20 set. 2024.

KAPPLER, Laísa Braga. **Análise dos impactos de veículos autônomos em uma rodovia brasileira com simulação de tráfego**, 2020. 77 f. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação (Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Production*, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Frota de Veículos – 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>> Acesso em: 20 set. 2024.

PEGAS, Paulo Henrique. **Simulação baseada em agentes para uma cadeia de suprimentos com impressão 3D**: uma análise comparativa utilizando AnyLogic. 2017. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

SILVA, Lucas Sell da. **Análise operacional de um corredor urbano utilizando simulação de tráfego**, 2019. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SILVA, Mônica F.; BASTOS, Renata M. S. Z.; OITICICA, Maria Lúcia G. R.. O ruído urbano em virtude da alteração no uso do solo: estudo de caso em uma via principal da cidade de Maceió-AL. In.: **XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica**. 2018. Porto Alegre – RS.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA MOBILIDADE URBANA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – SIMOB/ANTP. 2020. **Relatório geral 2018**. Disponível em: <<https://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>> Acesso em: 20 set. 2024.

SOUZA, Raísa Pereira de. **Uso de um software de simulação computacional baseado em agentes na modelagem de uma rota de transporte público da cidade de Mossoró-RN**, 2019. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade Federal Rural do semi-Árido, Mossoró, 2019.

VASCONCELLOS, E. A. **Políticas de Transporte no Brasil**: a construção da mobilidade excludente. 1. ed. Barueri: Manole, 2013a.

VASCONCELLOS, E. A. de. **Mobilidade urbana**: O que você precisa saber (Breve companhia). 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2013b.

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho, bem como à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), entidade financiadora, que apoiou a realização do presente trabalho.