



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

Simulação de Sistema BRT na Via Expressa: Uma Análise para a Região Metropolitana da Grande Florianópolis

Alexandre Fernandes Fossari

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial - UFSC

Ricardo Villarroel Dávalos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial - UFSC

Resumo: A mobilidade é um dos principais desafios das regiões metropolitanas, onde o planejamento integrado é fundamental. Na Região Metropolitana da Grande Florianópolis (RMF), a concentração de serviços na ilha e as limitações geográficas de acesso intensificam os problemas de mobilidade, gerando significativos congestionamentos nos horários de pico. Este estudo analisa a viabilidade da implementação de um sistema BRT (*Bus Rapid Transit*) na Via Expressa (BR 282), principal acesso à ilha de Florianópolis, através de simulação computacional. Utilizando o software AnyLogic 8.9.0, foram desenvolvidos dois cenários: um reproduzindo a situação atual e outro com a implementação do BRT, em um trecho de 5,6 km. A metodologia incluiu coleta de dados do PLAMUS, desenvolvimento dos cenários e análise comparativa dos resultados. A simulação demonstrou que a implementação do BRT pode reduzir consideravelmente o tempo de deslocamento para o transporte público e melhorar significativamente o fluxo geral de veículos. Os resultados indicam que a priorização do transporte público através do sistema BRT representa uma solução eficiente para os problemas de mobilidade da região.

Palavras-chave: BRT, Simulação, Região Metropolitana, Mobilidade Urbana.

Simulation of the Implementation of a BRT System on the Main Mobility Axis Road of the Greater Florianópolis Metropolitan Region

Abstract: Mobility is one of the main challenges in metropolitan regions, where integrated planning is fundamental. In the Greater Florianópolis Metropolitan Region (RMF), the concentration of services on the island and geographical access limitations intensify mobility problems, generating significant congestion during peak hours. This study analyzes the feasibility of implementing a BRT (Bus Rapid Transit) system on Via Expressa (BR 282), the main access to Florianópolis island, through computer simulation. Using AnyLogic 8.9.0 software, two scenarios were developed: one reproducing the current situation and another with BRT implementation, in a 5.6 km stretch. The methodology included PLAMUS data collection, scenario development, and comparative analysis of results. The simulation demonstrated that BRT implementation can considerably reduce travel time for public transport and significantly improve overall vehicle flow. The results indicate that prioritizing public transportation through the BRT system represents an efficient solution for the region's mobility problems.

Keywords: BRT, Simulation, Metropolitan Region, Urban Mobility.

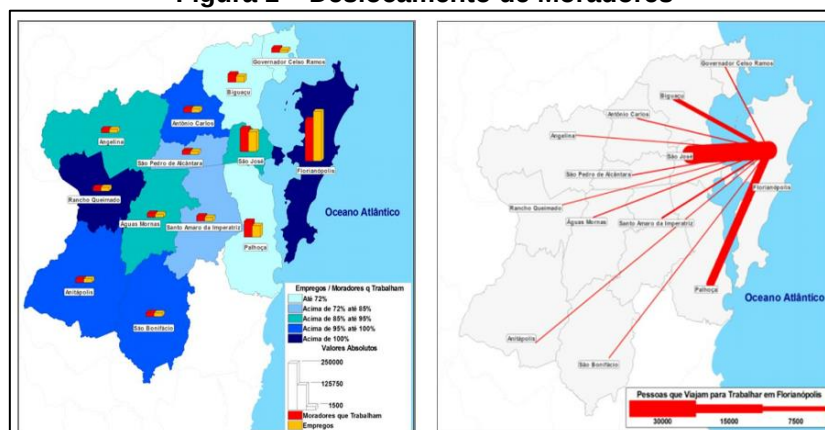
1. Introdução

A Mobilidade urbana é um aspecto fundamental da rotina do cidadão e, conseqüentemente, os desafios relacionados à mobilidade nas grandes cidades impactam diretamente a qualidade de vida das pessoas. O crescimento urbano acelerado e a formação de conurbações com cidades vizinhas intensificam os problemas de mobilidade, impondo desafios crescentes ao planejamento urbano na busca por soluções eficientes e sustentáveis. Dentro desse contexto, formam-se regiões metropolitanas que compartilham problemas comuns entre diferentes municípios. Em resposta a esses desafios, o Estatuto da Metrópole estabelece as funções públicas de interesse comum, em que políticas públicas ou ações isoladas de cada município podem ser inviáveis ao ponto em que causam impactos significativos em municípios limítrofes (BRASIL, 2015). A mesma legislação determina em seu artigo 6º, inciso I, a prevalência do interesse comum sobre o local na governança interfederativa dessas regiões.

Nesse sentido, a Lei Complementar nº 636 (SANTA CATARINA, 2014) institui a Região metropolitana da Grande Florianópolis (RMF) e define, em seu artigo 2º, parágrafo único, inciso II, entre as funções públicas de interesse comum, a prestação integrada dos serviços públicos de transporte coletivo de passageiros e a mobilidade urbana. Essa abordagem permite compreender e buscar soluções para os problemas de mobilidade urbana e transporte coletivo da RMF de forma integrada e abrangente, considerando todos os aspectos e interconexões do sistema de mobilidade na região, tratando-os de maneira conjunta e não isolada, a fim de alcançar resultados mais sustentáveis a longo prazo.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido o PLAMUS (Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis), que realizou vários estudos e iniciativas para a identificação dos problemas e construção de soluções (SANTA CATARINA, 2015a). Conforme o estudo "caso o cenário de mobilidade evolua de acordo com a tendência atual, a população continuará enfrentando os mesmos problemas, possivelmente agravados", destacando-se ainda que o não investimento em infraestrutura resultará em uma deterioração ainda mais significativa da mobilidade urbana (SANTA CATARINA, 2015a).

Figura 1 – Deslocamento de Moradores



Fonte: SANTA CATARINA (2015a, p. 29)

Conforme observado na Figura 1, a RMF apresenta grande desequilíbrio na ocupação espacial em seu território, com grande concentração das atividades comerciais e de serviços na região central da capital, gerando, como característica, um perfil de deslocamento pendular e concentrado em horários de pico. Alinhado a isso, a restrição de acesso a ilha, que ocorre através das pontes Colombo Sales, Pedro Ivo Campos e, mais recentemente, apenas em pista simples bidirecional, a Ponte Hercílio Luz, cria gargalos de

afunilamento que agravam a problemática de mobilidade da região, ocasionando longas filas e congestionamentos.

Com base nisso, escolheu-se para este estudo trabalhar com a Via Expressa de acesso a ilha, BR 282, sentido capital, em horários de pico. Entende-se que a proposição de melhorias nesse ponto crítico do sistema de mobilidade pode gerar impactos positivos significativos para a RMF como um todo. Levou-se em consideração que o próprio PLAMUS estabelece como um dos cenários propostos, obviamente, dentro de um contexto maior do sistema, a implantação de BRT (*Bus Rapid Transit*) no eixo horizontal do mapa que dá acesso à ponte Pedro Ivo. A proposta se baseia na reestruturação do sistema de transporte coletivo integrado para a região com a implantação de um sistema troncal nos principais eixos de transporte, como é o caso da Via Expressa, conectado a uma rede alimentadora.

Dessa forma, o presente estudo propõe a análise da viabilidade dessa solução por meio de simulação, utilizando a ferramenta AnyLogic, avaliando o impacto da implantação de uma linha de BRT no principal acesso à Ilha de Florianópolis, ao longo de 5,6 km da Via Expressa. O objetivo é analisar os impactos dessa operação, como a redução no tempo de deslocamento para os ônibus, entre outros efeitos sobre a mobilidade da região. Foram criados dois cenários: um cenário base, que buscou reproduzir a situação atual, e outro com a implantação da infraestrutura e do sistema BRT, permitindo a comparação dos resultados.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Políticas de Mobilidade Urbana no Contexto Brasileiro

Os problemas de mobilidade urbana são um tema nacional que exige atenção e ações por meio do estabelecimento de políticas públicas. A atual Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) estabelece como diretrizes a prioridade dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado, assim como prioriza a integração entre os modos e serviços de transporte urbano e busca a mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas na cidade (BRASIL, 2012, Art. 6º, incisos II, III e IV). Percebe-se que todas essas diretrizes definidas orientam o desenvolvimento de soluções de mobilidade urbana em direção à projetos que façam do transporte urbano um elemento de destaque dentro do sistema de mobilidade.

Além disso, a PNMU se configura como um importante agente de transformação social na medida em que tem como objetivos: reduzir as desigualdades e promover a inclusão social; promover o acesso aos serviços básicos; proporcionar melhoria das condições urbanas da população; promover o desenvolvimento sustentável; e consolidar a gestão democrática (BRASIL, 2012, Art. 7º). Objetivos estes que impactam diretamente na melhoria da qualidade de vida da população.

Quanto ao transporte coletivo, encontra-se em processo de aprovação o Projeto de Lei Substituto (PLS) nº 3.278 (BRASIL, 2021) que visa instituir o marco legal do transporte público coletivo urbano e define que “o transporte público coletivo (...) é serviço público de caráter essencial, indispensável ao desenvolvimento socioeconômico de toda a população e ao atendimento das necessidades de deslocamento das pessoas no território”. Entre suas diretrizes, destaca-se o “planejamento da rede de transporte público coletivo na forma de uma rede única, integrada e intermodal, adequada à demanda de passageiros e aos objetivos do desenvolvimento urbano sustentável (BRASIL, 2021, art. 4º, I). Isso demonstra a preocupação em âmbito nacional de que as localidades devem considerar as soluções de transporte coletivo de forma holística.

Importante ainda ressaltar que o Estatuto da Metrópole (BRASIL, 2015), apesar de não abordar diretamente o tema da mobilidade urbana, também desempenha um papel relevante ao possibilitar uma governança interfederativa que compartilha responsabilidades e ações entre os entes da Federação para organização, planejamento e execução das funções públicas de interesse comum para regiões metropolitanas. Assim o Estatuto permite aos Estados instituir as regiões metropolitanas e suas respectivas funções públicas de interesse comum. Este papel é de grande relevância porque regiões metropolitanas acabam por estar entre aqueles que mais sofrem com os problemas de mobilidade.

2.2 Políticas de Mobilidade Urbana no Contexto Brasileiro

É importante contextualizar inicialmente a mobilidade urbana como característica intrínseca do espaço urbano, de modo que toda a cidade tem mobilidade, embora haja diferença de condições entre elas, sendo que “quanto mais equilibrada for a relação entre a demanda por deslocamentos e a capacidade para lhe dar suporte (...) melhores são as condições de mobilidade (LOPES; MARTORELLI; COSTA, 2020, p. 45).

Na abordagem do tema mobilidade é importante que se trabalhe com o conceito de mobilidade urbana sustentável, buscando uma visão de longo prazo que atenda às gerações presentes sem comprometer as gerações futuras.

“Nesse contexto, o conceito de mobilidade urbana sustentável é a capacidade de prover deslocamentos por meio de infraestruturas e serviços: (1) com menor impacto ambiental (em termo de energia e poluição) e que melhor a qualidade dos ambientes urbanos; (2) com modicidade tarifária e sem comprometer a saúde financeira dos provedores; e (3) buscando a inclusão social e com equidade no uso do espaço urbano” (LOPES; MARTORELLI; COSTA, 2020, p. 50)

Carvalho (2016, p. 16) trata o tema “dentro de um conceito mais amplo do desenvolvimento sustentável, que se refere à promoção do equilíbrio entre a satisfação das necessidades humanas com a proteção do ambiente natural”, de forma que autor ainda correlaciona a satisfação das necessidades humanas à oferta disponível e compatível de bens e serviços, assim como avalia impacto ambiental como o não comprometimento da capacidade futura de satisfação das próximas gerações.

2.3 BRT

“O *Bus Rapid Transit* (BRT) é um sistema de TPC de alto desempenho composto por linhas de ônibus estruturais com alto nível de priorização no sistema de mobilidade” (BRASIL, 2018, p. 42). Segundo Nikitas e Karlsson (2015) o BRT é considerado uma resposta eficaz aos problemas de mobilidade urbana de grande parte das cidades, sendo, este sistema, abordado por diversos autores através de múltiplas perspectivas, incluindo as dimensões social, institucional, econômica, ambiental, técnica e de planejamento urbano.

O Guia do TPC apresenta como principais características do sistema:

- linhas troncais em pistas ou faixas exclusivas para a circulação dos veículos;
- disponibilidade de faixa de ultrapassagem, pelo menos nas áreas de paradas, dependendo da demanda;
- estações de parada fechadas com embarque e desembarque em nível e validação do bilhete externa aos veículos (validação pré-embarque);
- acessibilidade universal;
- sistemas de monitoramento e controle operacional;
- racionalização do sistema de transporte alimentador do sistema BRT;
- prioridade semafórica (BRASIL, 2018, p. 42)

2.4 Simulação

Segundo Miyagi (2006), a simulação, em geral, é entendida como uma espécie de imitação de uma operação ou de um processo do mundo real para que se estude o comportamento de um determinado sistema, podendo ser usada como uma ferramenta para prever os efeitos de uma mudança em sistemas existentes e também como uma ferramenta de projeto para avaliar e validar o desempenho de novos sistemas. Conforme dos Santos (1999), “um modelo pode ser usado para investigar uma grande quantidade de questões do tipo ‘e se...’ sobre o sistema do mundo real”, tendo como algumas de suas principais vantagens a possibilidade de estudar novas políticas sem alterar o mundo real, e sendo a simulação de tráfego uma de suas principais áreas de aplicação.

Miyagi (2006) apresenta, como alguns dos componentes de um sistema de simulação:

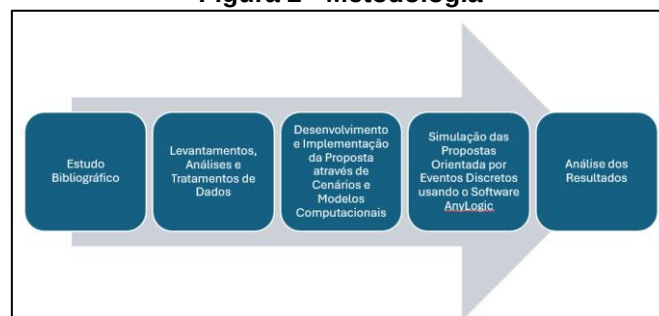
- Entidade: objeto de interesse em sistema;
- Atributo: propriedade da entidade;
- Atividade: ação que ocorre dentro do sistema;
- Evento: ocorrência que altera o estado do sistema;
- Estado: descreve uma situação do sistema através de um conjunto de variáveis num determinado instante.

3. Metodologia

O presente trabalho foi conduzido como um estudo de caso, visando investigar, por meio da simulação, o comportamento de parte de um sistema de mobilidade em diferentes cenários. Segundo Yin (2015, p. 3) “um estudo de caso investiga um fenômeno contemporâneo (...) em seu contexto no mundo real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto puderem não estar claramente evidentes”. Ainda segundo o autor (p. 4), “a necessidade diferenciada da pesquisa de estudo de caso surge do desejo de entender fenômenos sociais complexos”.

A metodologia adotada foi organizada nas seguintes etapas, conforme a Figura 2, buscando seguir uma sequência lógica, iniciando com conceitos importantes, passando pela modelagem e implementação do modelo no sistema, até a análise dos resultados do estudo.

Figura 2 - Metodologia



Fonte: Elaboração própria (2024)

A etapas foram desenvolvidas conforme a seguir:

Etapa 1 - O estudo bibliográfico buscou inicialmente abordar conceitos importantes de simulação e de mobilidade urbana. No estudo dessas áreas foi necessário aprofundar-se no entendimento de algumas leis e da visão da mobilidade urbana como função pública de interesse comum para as regiões metropolitanas. O estudo permitiu um maior aprofundamento no entendimento da complexidade do problema em sua integralidade.

Na segunda etapa foram realizadas inicialmente a coleta e, posteriormente, a análise e o tratamento dos dados necessários à construção do modelo. As principais fontes de dados foram encontradas em estudos de mobilidade como o PLAMUS (SANTA CATARINA, 2015a, 2015b). As informações obtidas a partir destes estudos permitiram a projeção dos componentes para a criação do modelo do sistema de mobilidade para o trecho em estudo. Estes dados foram analisados e tratados conforme a necessidade do modelo desenvolvido.

Etapa 3 - Na etapa de desenvolvimento foram criados dois cenários. O primeiro considerou uma projeção simulando o sistema real atual. O segundo considerou a implantação de um sistema de BRT paralelo à via, como parte de um sistema troncal integrado, com o objetivo de proporcionar agilidade e eficiência ao sistema de transporte coletivo e, conseqüentemente à mobilidade urbana da região.

A construção dos cenários contou com a implementação do sistema rodoviário no AnyLogic para cada caso e com o desenvolvimento dos seus respectivos fluxogramas, assim como a associação de cada componente do fluxograma ao referido sistema rodoviário. Nesta etapa os dados coletados foram incorporados ao sistema.

A quarta etapa foi iniciada com a simulação do primeiro cenário, que contou com constantes avaliações e ajustes no sistema de simulação construído, buscando maior aproximação com o sistema real.

Por fim, a última etapa consistiu na análise dos resultados, utilizando a comparação entre os cenários para a extração de informações relevantes sobre aspectos positivos ou negativos da proposta.

4. Estudo de Caso

4.1 Processo de Simulação

O desenvolvimento do processo de simulação iniciou-se com o recorte do trecho no mapa de estudo, a Via Expressa que dá acesso à ilha de Florianópolis, através da BR 282. O segmento selecionado abrange 5,6 km, estendendo-se da interseção com a BR 101, próximo ao Shopping Itaguaçu, até o acesso à Ponte Pedro Ivo Campos. A modelagem da rodovia foi realizada utilizando-se a biblioteca de tráfego rodoviário do software AnyLogic 8.9.0, versão estudantil.

Figura 3 - Traçado da Via Expressa - Sentido Ilha

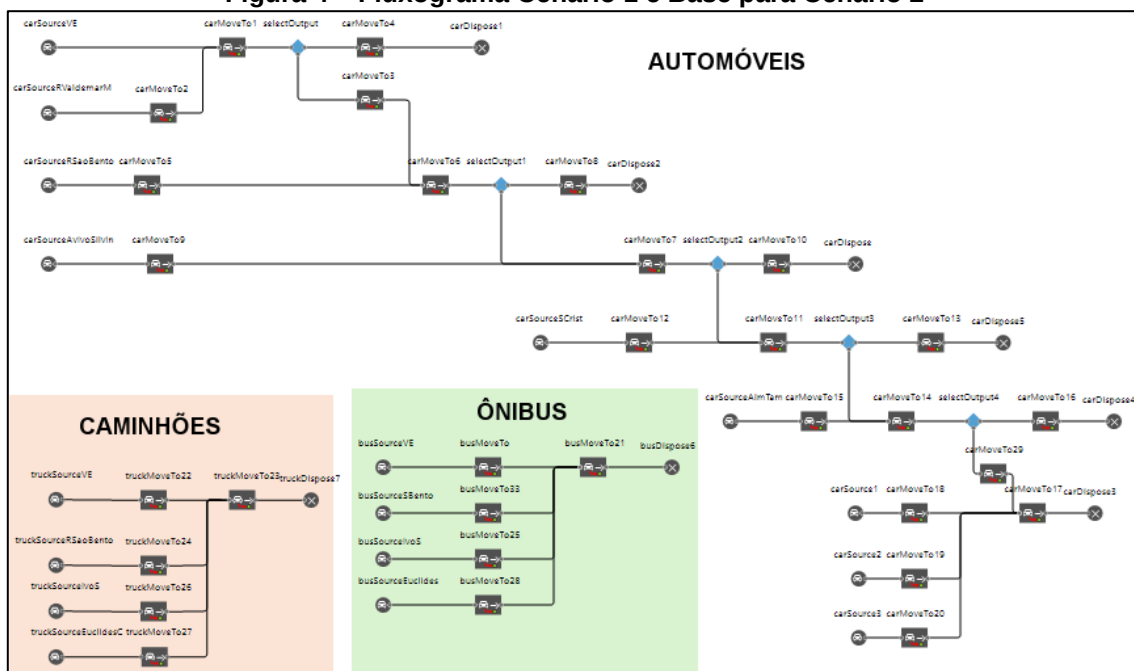


Fonte: Elaboração própria (2024)

Para o desenvolvimento do primeiro cenário, procedeu-se à reprodução do modelo atual, considerando-se apenas o fluxo de entrada na ilha, em virtude do escopo da análise. O

modelo contemplou a via principal e suas conexões, totalizando nove pontos de entrada e cinco de saída. A partir desta configuração, elaborou-se o fluxograma representativo do sistema, incorporando os elementos de entrada, movimentação, decisão e saída dos agentes, correlacionando-os com a infraestrutura viária modelada.

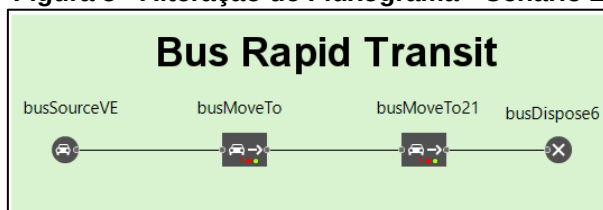
Figura 4 – Fluxograma Cenário 1 e Base para Cenário 2



Fonte: Elaboração própria (2024)

O segundo cenário foi estruturado mediante a incorporação do sistema BRT ao modelo base, contemplando uma via exclusiva paralela à existente. Para esta reprodução, foi considerado o acréscimo de uma via paralela, com ampliação à infraestrutura da via já existente. O modelo estabeleceu na via de BRT um fluxo contínuo por toda a Via Expressa, sem estações de parada, agregando velocidade ao sistema de transporte público. As principais alterações no fluxograma concentraram-se nas especificidades do modal BRT.

Figura 5 - Alteração de Fluxograma - Cenário 2



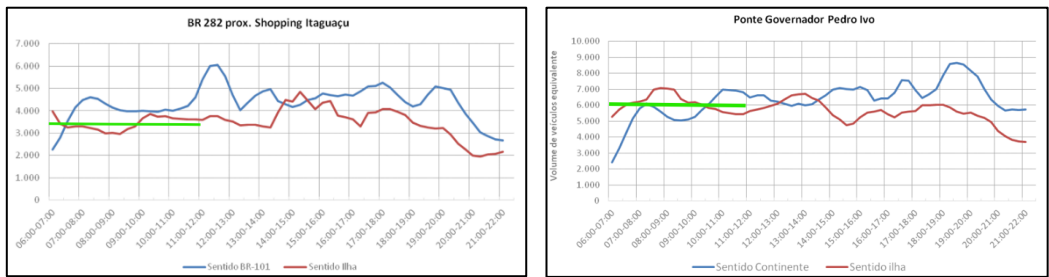
Fonte: Elaboração própria (2024)

4.2 Parametrização do Modelo

A parametrização do modelo fundamentou-se inicialmente nos dados do PLAMUS (SANTA CATARINA, 2015b), considerando-se 2 pontos principais que fazem parte do trecho de simulação. Foram obtidas as médias móveis no período da manhã (entre 6h e 12h), através de análise gráfica das distribuições horárias de fluxo de tráfego, estabelecendo-se 3.400 veículos por hora para o período matutino no ponto da BR 282 próximo ao Shopping Itaguaçu e 6.000 veículos/hora para a Ponte Pedro Ivo (figura 6). Embora reconheça-se a defasagem temporal dos dados, a recente ativação da Ponte Hercílio Luz sugere uma

redistribuição do fluxo veicular atual, justificando a manutenção dos parâmetros originais do PLAMUS para este estudo.

Figura 6 - Volume de Veículos nos Pontos Iniciais e Finais do Trajeto



Fonte: Adaptado de SANTA CATARINA (2015b)

A distribuição dos modais de transporte utilizou como base o PLAMUS (2015b), agrupando-os da seguinte forma: automóveis (carros, táxis, vans); ônibus; caminhões (2 e 3 eixos). Motocicletas não foram consideradas na simulação.

Tabela 1 - Modais de Transporte em Pontos do Trajeto

Modal	BR 282 próx Shopping Itaguaçu		Ponte Pedro Ivo	
Total	100%	3400	100%	6000
Carro	72%	2448	75%	4500
Táxi	1%	34	1%	60
Van	4%	136	4%	240
Motocicleta	17%	578	13%	780
Ônibus	1%	34	3%	180
Caminhão 2 eixos	3%	102	3%	180
Caminhão 3 eixos	1%	34	1%	60
Bicicleta	0%	0	0%	0

Fonte: Elaboração própria (2024) com dados extraídos de SANTA CATARINA (2015b)

Na ausência de dados precisos sobre os fluxos de entrada e saída, adotou-se uma taxa de 5% de evasão de automóveis em cada segmento. A distribuição dos veículos foi calibrada conforme a capacidade viária, estabelecendo-se no ponto inicial uma composição de 2.618 automóveis, 34 ônibus e 136 caminhões, evoluindo para 4.800 automóveis, 180 ônibus e 240 caminhões no segmento final, considerando-se todas as entradas e saídas intermediárias.

Os parâmetros comportamentais das entidades foram mantidos conforme as configurações padrão das bibliotecas do AnyLogic, incluindo distanciamento entre veículos e taxas de aceleração/desaceleração. Implementou-se um sistema de registro temporal para monitoramento dos agentes, com ênfase nos veículos que ingressam no início do trecho. Para automóveis, considerou-se a possibilidade de saída em pontos intermediários, enquanto os ônibus foram programados para percorrer integralmente o trajeto até a ponte.

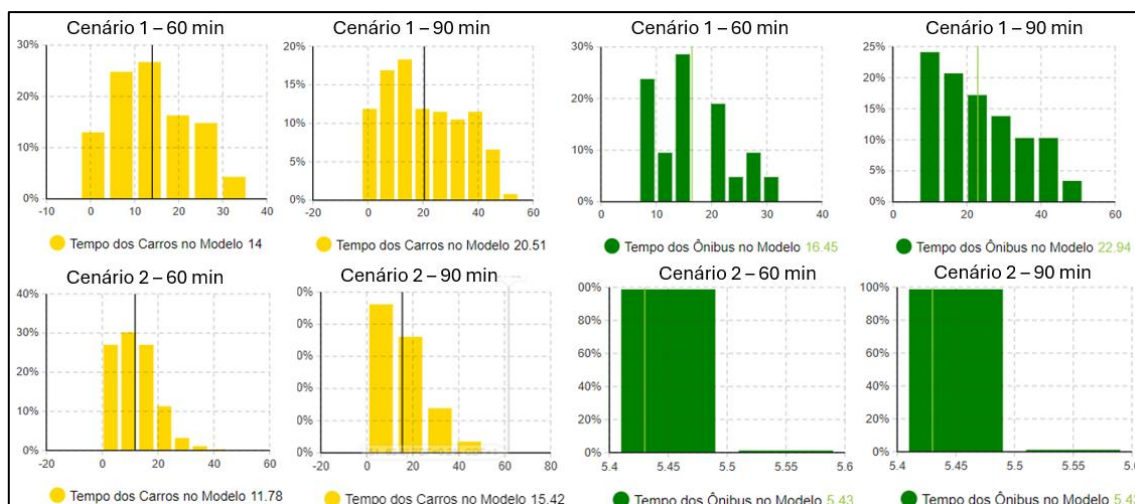
4.3 Análise de resultados

Os cenários 1 e 2 foram simulados e tiveram seus resultados e comportamentos analisados em um período de 60 min e de 90 min, conforme figura 7 a seguir. No cenário base, observou-se um tempo médio de travessia de 14 minutos para automóveis aos 60 minutos

de simulação, elevando-se para 20,51 minutos no período de 90 minutos, evidenciando o impacto da intensificação do congestionamento ao longo do tempo.

Na análise comparativa entre os cenários, verificou-se uma redução nos tempos de travessia de 14 para 12 minutos (período de 60 minutos) e de 20,5 para 15,4 minutos (período de 90 minutos). Esta melhoria é atribuída à segregação do transporte coletivo em via exclusiva no cenário 2, resultando em maior fluidez do tráfego. Adicionalmente, observou-se maior previsibilidade nos tempos de deslocamento no segundo cenário, com menor dispersão em relação à média.

Figura 7 - Histograma Cenários 1 e 2 aos 60 e 90 min para Automóveis (amarelo) e Ônibus/BRT(verde)



Fonte: Elaboração própria (2024)

As diferenças quanto ao comportamento dos modais de transporte público avaliadas mostram-se ainda mais significativas. Enquanto o primeiro cenário mostra tempos que também aumentam gradativamente, a implantação do sistema de BRT resulta em expressiva padronização e previsibilidade de tempo para o deslocamento, junto a uma redução de 67% a 76% no tempo do trajeto. O comparativo frente aos transportes privados também se manteve mais vantajoso, com uma redução de tempo em todos os períodos analisados.

Figura 8 – Comparativo Visual de Trecho entre Cenários 1 (a esquerda) e 2 (a direita)



Fonte: Elaboração própria (2024)

A figura 8 facilita um comparativo visual das simulações. Os veículos são diferenciados por cores: em verde, aqueles que ingressam nas primeiras entradas da Via Expressa, e em amarelo, os que acessam o sistema em pontos intermediários do trajeto. Ressalta-se que, para fins de visualização e controle do modelo, a representação da via exclusiva do BRT (em azul) foi dimensionada com maior distanciamento da via principal, mantendo-se, contudo, o mesmo alinhamento e extensão do trajeto original. A análise dos cenários

evidencia pontos críticos de redução da velocidade veicular, associados principalmente aos acessos e saídas do sistema viário. Destaca-se como principal ponto de estrangulamento a região próxima ao acesso à ponte, onde ocorre a redução da capacidade viária de cinco para quatro faixas de rolamento, coincidindo com o último acesso continental através das ruas Cap. Euclides de Castro e Cláudio Alvim Barbosa.

5. Conclusões

A mobilidade urbana representa um dos desafios mais complexos enfrentados pelas regiões metropolitanas contemporâneas, especialmente quando agravada pela ausência de planejamento integrado intermunicipal. A tendência histórica de priorização do transporte individual, materializada principalmente através da expansão viária, tem se mostrado insuficiente para solucionar os problemas de mobilidade a longo prazo, frequentemente resultando apenas na transferência ou postergação dos pontos de congestionamento.

Para a Região Metropolitana da Grande Florianópolis, objeto de estudo, a implantação de um sistema saudável, dentro das suas limitações, necessita de uma priorização do Transporte Público Coletivo. Assim, analisou através de simulação computacional a viabilidade da implementação de um sistema BRT (*Bus Rapid Transit*) em um trecho crítico da BR-282. Os resultados obtidos demonstraram expressiva melhoria nos indicadores de mobilidade, com redução de até 76% no tempo de deslocamento do transporte público e significativa otimização do fluxo veicular geral.

Como principais contribuições, a pesquisa evidenciou que a segregação do transporte coletivo em via exclusiva resulta em benefícios tanto para usuários do transporte público quanto para o tráfego geral. A implementação do sistema BRT apresenta potencial para induzir maior utilização do transporte coletivo, devido à maior previsibilidade e redução expressiva nos tempos de deslocamento. Adicionalmente, a solução proposta alinha-se com princípios de mobilidade sustentável, priorizando o transporte coletivo sobre o individual.

As principais limitações identificadas no estudo referem-se às restrições inerentes ao processo de simulação computacional na reprodução de comportamentos complexos e ao escopo geográfico limitado, que não contempla possíveis impactos em vias adjacentes. A ausência de dados atualizados sobre fluxos de tráfego e as simplificações necessárias na modelagem do comportamento dos usuários também constituem limitações significativas da pesquisa.

Para o avanço do conhecimento na área, recomenda-se o desenvolvimento de análises comparativas com outros modais de transporte coletivo, como o VLT, bem como a ampliação da área de estudo, incorporando eixos troncais e auxiliares. Sugere-se ainda o desenvolvimento de modelos que considerem variáveis comportamentais mais complexas e a avaliação do impacto econômico e social da implementação do sistema.

Os resultados obtidos corroboram a viabilidade do sistema BRT como solução para os desafios de mobilidade da RMF, demonstrando potencial para promover melhorias significativas na eficiência dos deslocamentos urbanos. Entende-se que a pesquisa agrega para o avanço do conhecimento sobre soluções de mobilidade urbana e espera-se que a contribuição possa ser relevante para o desenvolvimento de sistemas de mobilidade mais eficientes, inclusivos e sustentáveis, que atendam às necessidades da população e contribuam para um futuro urbano mais equilibrado e acessível a todos.

Referências

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 3, p. 1-3, 4 jan. 2012.

BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. **Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Guia TPC: orientações para seleção de tecnologias e implementação de projetos de transporte público coletivo**. Brasília: SEMOB; BNDES, 2018.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei Substituto nº 3278, de 2021. **Institui o marco legal do transporte público coletivo urbano**. Brasília, DF: Senado Federal, 2021.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Mobilidade urbana sustentável: conceitos, tendências e reflexões**. Texto para discussão, n. 2194. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6637/1/td_2194.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

LOPES, Dario Rais; MARTORELLI, Martha; COSTA, Aguiar Gonzaga Vieira da. **Mobilidade Urbana: Conceito e Planejamento**. Curitiba: Appris, 2020.

MIYAGI, Paulo E. **Introdução à Simulação Discreta**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4122712/course/section/1030600/PMR3305-ApostilaSimulacao.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

NIKITAS, Alexandros; KARLSSON, Marianne. **A Worldwide State-of-the-Art Analysis for Bus Rapid Transit: Looking for the Success Formula**. *Journal of Public Transportation*, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 1-33, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1077291X22001278>. Acesso em: 23 out. 2024

SANTA CATARINA. Lei Complementar nº 636, de 9 de setembro de 2014. **Institui a Região Metropolitana da Grande Florianópolis (RMF) e a Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis (Suderf) e estabelece outras providências**. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 10 set. 2014.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS): Relatório Final - Consolidação das Propostas e Plano de Implementação**. Florianópolis, out. 2015a.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS): Produto 8.3. Resultado das Pesquisas de Campo Período Normal Contagens e FOV**. Florianópolis, out. 2015b.

SANTOS, M. P. **Introdução à Simulação Discreta**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <https://www.mpsantos.com.br/Simul%20Python.pdf>. Acesso em: 13 out. 2024].

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.