

ANÁLISE DA SITUAÇÃO DO TRÁFEGO NA RUA QUINZE DE NOVEMBRO, NA CIDADE DE JOINVILLE-SC

FERREIRA, Jennifer ¹
ORSI, Letícia Maria ²
SILVA, Renato da ³
CARLI, Rogério Augusto de ⁴
FARIA, MSc. Michela Steluti Poleti ⁵

RESUMO

O trabalho apresenta um estudo abrangente sobre o tráfego urbano, frisando a diminuição de congestionamentos em horários de pico em um trecho envolvendo a rua XV de Novembro a fim de expor os dados, análises e proposta de alterações viárias. Para a análise, realizou-se contagens de fluxo de veículos e posteriormente, realizou-se simulações de tráfego com o auxílio de dados do Departamento de Trânsito de Joinville – DETRANS e do simulador de tráfego SUMO – Simulation of Urban Mobility. Iniciou-se o estudo com uma análise das condições atuais de tráfego no trecho, identificando padrões de congestionamento e pontos críticos. Após, coletou-se dados como volumes de tráfego e informações sobre a infraestrutura viária. Foi proposto um modelo de alteração e utilizando o SUMO, reproduziram-se essas condições. Analisou-se os resultados dessa simulação de forma comparativa, avaliando o impacto dos dois cenários nas condições de tráfego, especialmente durante os horários de pico. A eficácia da proposta foi avaliada com base em parâmetros como tempo médio de viagem, redução de congestionamentos e melhoria na fluidez do tráfego. Após a simulação, entendeu-se que a circulação ficou mais fluida durante os horários de pico demonstrando que as intervenções propostas não apenas reduziram congestionamentos, mas também promoveram uma solução abrangente e vantajosa para a gestão do tráfego urbano.

Palavras-chave: Coleta de dados; Mobilidade Urbana; SUMO; Tráfego urbano.

1. INTRODUÇÃO

A busca por uma melhor qualidade de vida, oportunidades de emprego e qualificação profissional geram um deslocamento intenso de pessoas para as grandes capitais e regiões metropolitanas, resultando em uma alta concentração populacional nessas regiões. No Brasil, cerca de 124 milhões de pessoas residem em concentrações urbanas, o que representa aproximadamente 61% da população total do país (IBGE, 2022). Esse fenômeno, por sua vez, traz desafios significativos

Joinville – SC, 04 de dezembro de 2023.

¹Jennifer Ferreira, Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, jenniferbarbosa14.jb@gmail.com; ²Letícia Maria Orsi, Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, leticiaaorsi@gmail.com; ³Renato da Silva, Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, renato_dsa93@hotmail.com; ⁴Rogério Augusto de Carli, Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, rogercarliengenharia@gmail.com; ⁵Michela Steluti Poleti Faria, Professora orientadora: MSc, Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@unisociesc.com.br.

relacionados à mobilidade urbana devido ao aumento no tráfego de indivíduos e mercadorias.

A situação do trânsito e da mobilidade urbana em Joinville tem piorado significativamente nos últimos anos, principalmente devido ao aumento considerável da frota de veículos que circulam no município. De acordo com os dados do Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina - DETRANS/SC, até outubro de 2023, o número de veículos registrados em Joinville era de 462.170. Considerando dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022 a população de Joinville era de 616.323 habitantes, resultando uma proporção de 0,74 veículos por habitante, uma média elevada que vem aumentando a cada ano, agravando ainda mais a situação da mobilidade na cidade.

Otimizar a mobilidade urbana é essencial para garantir a eficiência no deslocamento de bens e de pessoas, garantindo agilidade e segurança, além de reduzir impactos ambientais. A engenharia civil desempenha um papel fundamental na identificação e implementação de estratégias que visam mitigar os problemas de congestionamento de forma contínua. Um método inovador para abordar esse desafio é a utilização de um software de simulação de tráfego, o qual permite avaliar diferentes cenários e propor soluções que otimizem o fluxo de veículos em um trecho pré determinado.

Este estudo tem por objetivo analisar a situação do tráfego na Rua XV de Novembro, na cidade de Joinville - SC, identificando seus principais problemas e propondo uma solução de uma nova sinalização viária. Para alcançar este objetivo, utilizou-se o software de simulação SUMO (Simulation of Urban Mobility), desenvolvido pelo Instituto de Engenharia de Sistemas de Transporte, em Berlim - Alemanha.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para uma melhor compreensão e contextualização do tema abordado neste estudo, este referencial teórico apresenta definições e conceitos de mobilidade urbana, teorias e modelos de tráfego e inovações tecnológicas como os princípios da simulação e apresentação do software SUMO.

2.1 MOBILIDADE URBANA E SUSTENTABILIDADE

O conceito de mobilidade urbana está diretamente associado ao deslocamento de pessoas, bens e serviços para a realização de atividades cotidianas como trabalho, educação, saúde e lazer. Para cumprir tal objetivo, os indivíduos podem utilizar meios de transporte motorizados, sejam eles coletivos e individuais, meios não motorizados como bicicletas, ou até mesmo o deslocamento a pé (FANINI; VACCARI, 2016).

Para Lopes et al. (2021), grande parte das atividades humanas está relacionada ao deslocamento de um lugar para outro. Desta forma, as preocupações relacionadas à mobilidade como percurso, distância, tempo e segurança são essenciais para o desenvolvimento da humanidade. Tais preocupações acompanham a evolução e tendências da urbanização ao longo de toda a história, como já era possível identificar em cidades da Grécia no século V a. C., onde haviam modelos de planejamentos urbanos, com características que limitavam o número de habitantes, dividiam a cidade em zonas (privadas, sagradas e públicas), e traçaram vias de forma a otimizar a circulação dentro da cidade.

Após a Segunda Guerra Mundial, tanto no Brasil quanto em outros países emergentes, o incentivo e pressão política associados ao mercado de petróleo acabaram favorecendo o transporte individual, uma vez que o automóvel e toda a economia que gira em torno dele foi associado ao crescimento econômico e de acesso à mobilidade. Assim, naturalmente as políticas públicas acabaram beneficiando as indústrias de montagens de automóveis e de construções de rodovias, deixando para segundo plano os investimentos em sistemas de transporte coletivo (SILVA, 2013).

De acordo com Martorelli et al. (2013), nas últimas décadas, as cidades brasileiras têm enfrentado um crescente problema de mobilidade urbana, que exige mudanças significativas no planejamento e na gestão por parte das autoridades governamentais. A ausência de uma estratégia de mobilidade que integre aspectos como o planejamento urbano, a consideração da sustentabilidade, eficiência, qualidade e inclusão social, levou as cidades brasileiras a se depararem com diversos desafios, como a falta de sustentabilidade, ineficiência e desigualdade no uso do espaço público. Para os autores, o resultado disso é a criação de cidades

que excluem socialmente parte de sua população originando diversos problemas de mobilidade urbana como uma elevada taxa de motorização, a estagnação do transporte público, altos custos de congestionamento, poluição atmosférica, e acidentes de trânsito, além do elevado consumo de fontes não renováveis de energia.

2.1.1 Mobilidade Sustentável

O conceito de mobilidade sustentável transcende a noção de mobilidade defendida pela abordagem tradicional, pois engloba não apenas o ato de transporte em si, mas também as interações com os diversos setores e agentes que compõem a vida urbana. Além disso, a mobilidade sustentável vai além dos paradigmas tradicionais para compreender o desenvolvimento do indivíduo e da sociedade, sendo este um conceito inclusivo (VILLADA; PORTUGAL, 2016).

A Mobilidade Urbana Sustentável tem como objetivo garantir que o sistema de transporte urbano funcione de forma a promover o desenvolvimento sustentável, ou seja, um tipo de desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem prejudicar a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades (RAMOS, CARDOSO e CRUZ, 2013).

2.2 TEORIAS E MODELOS DE TRÁFEGO URBANO

Devido ao aumento dos congestionamentos nas cidades, os estudos e modelos de tráfego tornaram-se indispensáveis para a mobilidade urbana, visto que eles fornecem informações cruciais como o volume de veículos que utilizam uma via, a capacidade das estradas, pontos críticos para acidentes e outros dados essenciais que melhoram nossa compreensão dos aspectos físicos das vias (DNIT, 2006).

2.2.1 Engenharia do Tráfego

A engenharia de tráfego é uma disciplina existente dentro da engenharia de transportes que se concentra no planejamento, projeto e gerenciamento de estradas e vias urbanas, bem como na utilização do espaço adjacente, de modo a garantir

deslocamentos seguros e eficientes, tanto para pessoas quanto para mercadorias. Isso envolve a consideração da interação com outros modos de transporte (MCSHANE, PRASSAS e ROES, 2011).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1983), a engenharia de tráfego abrange o planejamento, projeto e operação de vias, juntamente com áreas vizinhas, levando em conta critérios como segurança, conveniência e eficiência.

O fluxo de tráfego é constituído de condutores, veículos, vias e o ambiente ao redor. As formas de agir desses agentes não são constantes, com flutuações de características e de operação, tais como: tempo de reação e percepção, problemas com manutenção de veículos, acidentes que reduzem a capacidade da via por interdição temporária e condições climáticas (COELHO, 2009).

2.2.2 Modelo de Teoria de Fluxo de Tráfego

O Modelo de Teoria de Fluxo de Tráfego, também conhecido como Teoria Fundamental de Fluxo de Tráfego, é uma das teorias mais fundamentais e exclusivamente aceitas na engenharia de tráfego. Ele descreve o relacionamento entre a densidade do tráfego, a velocidade dos veículos e a taxa de fluxo de tráfego em rodovias e estradas. Este modelo é essencial para entender como o tráfego urbano se comporta e como o congestionamento pode se desenvolver (DNIT, 2006). Ainda segundo o DNIT (2006) a teoria do fluxo de tráfego é baseada em três parâmetros principais:

1. **Densidade de Tráfego:** Refere-se à quantidade de veículos por unidade de comprimento da estrada. Quanto mais veículos estiverem presentes em um trecho de estrada, maior será a densidade.
2. **Velocidade do Tráfego:** É a velocidade média dos veículos na estrada. À medida que a densidade de tráfego aumenta, a velocidade tende a diminuir devido à interação entre os veículos.
3. **Taxa de Fluxo de Tráfego:** Representa o número de veículos que passam por um ponto específico da estrada em um determinado período de tempo

(geralmente medido em veículos por hora). A taxa de fluxo é o resultado da multiplicação da densidade pela velocidade.

O manual do DNIT (2006) através da equação 1, apresenta a relação fundamental da teoria de fluxo de tráfego e estabelece que a taxa de fluxo de tráfego (Q) é inversamente proporcional à densidade (K) e à velocidade (V):

$$Q = K * V \quad \dots(1)$$

De acordo com DNIT (2006), isso significa que, à medida que a densidade aumenta (mais veículos na estrada) ou a velocidade diminui, a taxa de fluxo de tráfego diminuirá. Esse é um conceito fundamental para entender como o congestionamento ocorre. Quando a demanda por uma rodovia excede sua capacidade (a taxa de fluxo máxima que a estrada pode acomodar), a densidade de tráfego aumenta e a velocidade diminui, levando ao congestionamento.

Além disso, o Manual de Estudo de Tráfego (DNIT, 2006) diz que a teoria de fluxo de tráfego é usada na engenharia de tráfego para estradas planejadas, calcula a capacidade das vias, prevê o impacto de projetos rodoviários e melhora o gerenciamento do tráfego. Ela fornece uma base sólida para avaliar como o aumento do tráfego, as mudanças na infraestrutura e as medidas de controle afetarão o comportamento do tráfego em áreas urbanas e rodoviárias.

2.2.3 Modelo de Comportamento do Condutor

De acordo com a Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), os acidentes de trânsito (AT) e as variáveis que os circundam, tais como comportamento humano, tecnologia, engenharia de tráfego, entre outras, têm sido foco de preocupação social. A deficiência do sistema de transporte público e o aumento populacional, por exemplo, têm estimulado o uso do carro.

Segundo Rozestraten (1988) “todo trânsito supõe deslocamentos de pessoas e veículos, e todo deslocamento se realiza através de comportamentos”, completa que, além de permitir o trânsito de pessoas e veículos, esses deslocamentos são efetivados por meio de comportamentos.

O Modelo de Comportamento do Condutor é uma estrutura conceitual que se concentra no estudo do comportamento dos motoristas e na forma como eles tomam decisões enquanto dirigem. Esse modelo é crucial para entender o tráfego urbano e as interações entre os motoristas nas estradas. Não há um criador específico para esse modelo, pois ele se desenvolveu com base em pesquisas e observações no campo da psicologia do tráfego, engenharia de tráfego e ciências comportamentais (MELLO, 2010).

Alguns dos principais componentes do Modelo de Comportamento do Condutor de incluem, segundo (MELLO, 2010):

1. **Percepção:** Os motoristas percebem informações do ambiente rodoviário, como sinais de trânsito, semáforos, outros veículos e pedestres.
2. **Avaliação:** Após a percepção, os motoristas avaliam as informações percebidas e tomam decisões com base nessas informações. Isso inclui avaliar a velocidade segura, a distância para outros veículos e a necessidade.

Diversos autores discutem a classificação do comportamento dos motoristas, consoantes características mais marcantes. Entre eles, Lu et al. (2009) propõem que os comportamentos de direção podem ser divididos em quatro categorias no que diz respeito às condições de limite de manuseio (condições além dos limites de aderência do pneu): cauteloso, médio, experiente e imprudente.

Já, Raz et al. (2008) apresentam um sistema para analisar e avaliar o desempenho e a atitude de um motorista de veículo motorizado, baseado na avaliação das manobras, incluindo seguimento estável, aceleração, aproximação, frenagem e abertura, considerando a execução das manobras distribuídas em dois grupos: manobra executada com segurança e manobra executada perigosamente.

De acordo com Vasconcelos (1985), “o ser humano no trânsito é o elemento mais importante, pois sem ele o próprio trânsito não existiria” e ainda diz que a via e o veículo são apenas instrumentos para a realização ou a agilização do ato de transitar embora a sua relação com o homem seja fundamental para a dinâmica do trânsito.

2.2.4 Modelo de Teoria de Congestionamento

Segundo os dados divulgados pelo DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito), nos últimos anos a quantidade de veículos leves (carros) que circulam nas grandes cidades do Brasil tiveram um crescimento considerável. Segundo Bertini (2005), Rufolo & Bianco (1998) e Ploeg & Poelhekke (2008), nos últimos anos, inúmeras pessoas tiveram prejuízos por conta da existência de congestionamentos, que, conseqüentemente, acarreta na elevação dos custos das viagens dos veículos durante os congestionamentos.

De acordo com Downs (2004) e Bertini (2005), não é possível definir o conceito de congestionamento universal, porém, definem que uma via pode ser considerada congestionada se a velocidade média estiver abaixo da capacidade projetada, podendo variar de acordo com o dia da semana, estações do ano, eventos especiais, feriados e velocidade, acidentes, áreas urbanas, tempo, horário de pico.

O congestionamento é tanto um fenômeno físico relacionado com a maneira como os veículos impedem a progressão dos outros veículos na via, quanto um desequilíbrio provocado por uma demanda maior que a oferta de infraestrutura viária existente (OECD/ECMT, 2007).

Segundo Bertini (2005), Rufolo & Bianco (1998) e Ploeg & Poelhekke (2008), a Teoria do congestionamento é um campo de estudo que se concentra na compreensão das causas, efeitos e dinâmicas do congestionamento de tráfego em áreas urbanas e rodovias. Essa teoria tem sido desenvolvida por diversos pesquisadores ao longo do tempo e abrange várias abordagens para explicar o congestionamento. Algumas das principais teorias do congestionamento incluem:

1. **Teoria da Capacidade:** A Teoria da Capacidade argumenta que o congestionamento ocorre quando a demanda por uma estrada excede sua capacidade máxima. A capacidade de uma via é o número máximo de veículos que ela pode chegar a uma velocidade aceitável. Quando o volume de tráfego excede a capacidade, a densidade de veículos aumenta, resultando em congestionamento e na diminuição da velocidade média.

2. **Teoria da Cascata:** A Teoria da Cascata sugere que pequenas perturbações no fluxo de tráfego, como um veículo freando repentinamente, podem desencadear um efeito cascata. Essas perturbações se propagam através do tráfego, resultando em congestionamento mesmo após a causa original ter desaparecido. Isso é conhecido como "onda de choque de tráfego".
3. **Teoria da Redistribuição de Tráfego:** Essa teoria afirma que, quando uma via fica congestionada, os motoristas procuram rotas alternativas para evitar o congestionamento, levando a uma redistribuição do tráfego para outras vias. No entanto, essa redistribuição pode sobrecarregar essas rotas alternativas e, eventualmente, causar congestionamento em outros lugares.
4. **Teoria da Oferta e Demanda:** Essa teoria se baseia nos princípios econômicos de oferta e demanda. Ela sugere que o congestionamento é resultado do desequilíbrio entre a demanda por viagens e a capacidade de infraestrutura disponível. Quando a demanda excede a capacidade, os tempos de viagem aumentam, e os usuários enfrentam custos adicionais de tempo.
5. **Teoria do Comportamento do Condutor:** Esta teoria explora como o comportamento dos motoristas, como mudanças frequentes de faixa, comportamento agressivo e falta de cooperação, pode contribuir para o congestionamento. Comportamentos inadequados dos motoristas podem criar situações de tráfego ineficientes.

Já para Scaringella (2001), a Teoria do Congestionamento é fundamental para o planejamento de transporte e o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento de tráfego. Compreender as causas e os mecanismos do congestionamento é essencial para encontrar soluções eficazes, como a expansão de infraestrutura, o uso de sistemas de transporte inteligentes (ITS) e a implementação de medidas de controle de tráfego para aliviar o congestionamento e melhorar a fluidez do tráfego.

Ross & Yinger (2000) concluíram que o individualismo impacta de modo significativo no crescimento da ocorrência dos congestionamentos. Porém, Schweitzer & Taylor (2008) mencionam que dois fatores básicos podem interferir no trânsito e causar congestionamento, são eles: a excessiva quantidade de

automóveis em horários específicos e acidentes ou ocorrências indesejadas que podem gerar obstrução, bloqueio ou interrupção no trânsito.

2.3 FATORES QUE AFETAM O TRÁFEGO URBANO

Segundo Kneib (2012), fatores como transporte público ineficiente, a ocupação e uso desordenado do solo, as políticas de transportes inadequadas, as condições ambientais, situação socioeconômica da população e os acidentes de trânsito são aspectos que influenciam a mobilidade urbana.

Em complemento, Züge (2019) diz que os acidentes de trânsito podem ser causados por uma série de fatores que podem ser classificados em cinco categorias principais: fatores humanos, fatores viários, fatores ambientais, fatores veiculares e fatores institucionais. Os fatores humanos incluem comportamentos inadequados dos condutores, como o uso de velocidade inadequada para a via, ingestão de álcool, drogas ou medicamentos, fadiga excessiva, conduta perigosa, distração do condutor e problemas de visibilidade.

E com isso Züge (2019), também diz que a visibilidade pode ser prejudicada por deficiências na capacidade do condutor de identificar obstáculos, condições ambientais desfavoráveis, como neblina, chuva ou fumaça na via, ou obstruções próximas à estrada. Os fatores viários estão relacionados às condições das estradas e incluem problemas como defeitos na pista, projetos de estrada deficientes, falta de sinalização adequada, interseções mal projetadas e más condições das laterais das vias, além de iluminação insuficiente.

Os fatores ambientais envolvem condições climáticas e outros elementos naturais que podem afetar a segurança no trânsito, como chuva, vento forte, neblina, neve e a presença de substâncias escorregadias na via. Os fatores veiculares dizem respeito às características dos veículos em circulação, incluindo o projeto dos veículos, tipos de veículos e a manutenção inadequada, como a falta de cuidados com freios e pneus desgastados (ZÜGE, 2019).

Por fim, os fatores institucionais estão relacionados à legislação, fiscalização e investimentos em transporte e segurança pública. Problemas institucionais podem surgir de deficiências em qualquer uma das categorias anteriores e desempenham um papel fundamental na prevenção de acidentes de trânsito. A segurança no

trânsito depende de esforços coordenados para abordar esses fatores e reduzir o risco de acidentes.

Ao longo dos anos, temos observado um aumento significativo no número de automóveis no país, impulsionado por vários fatores. Entre esses fatores, destacam-se condições favoráveis de crédito, o crescimento da renda média da população, incentivos fiscais e, sobretudo, a falta de uma alternativa de transporte público de qualidade (TAFFAREL, 2015).

Em particular, em 2013, houve manifestações públicas que refletem a insatisfação generalizada da população diante da qualidade do transporte coletivo em comparação com o custo da tarifa. Essa combinação, aliada à facilidade de adquirir um veículo particular, levou muitos potenciais usuários de ônibus e outros meios de transporte coletivo a optar pelo transporte individual. No entanto, essa transição trouxe consigo uma série de problemas que afetam negativamente a qualidade de vida da população. Além disso, no contexto cultural brasileiro, o automóvel desempenha um papel importante e é considerado um símbolo de status, indo além de sua mera utilidade como meio de locomoção (TAFFAREL, 2015).

2.4 ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DE TRÁFEGO

De acordo com o DNIT (2006), a gestão do tráfego urbano é uma parte fundamental do planejamento de cidades e estradas. É necessário equilibrar o fluxo de veículos, a segurança dos usuários da via e a minimização de congestionamentos.

O estudo de tráfego urbano é essencial para entender, gerenciar e melhorar o fluxo de veículos em áreas urbanas. É um campo complexo que envolve a coleta, análise e interpretação de dados de tráfego para tomar decisões informadas e desenvolver estratégias eficazes (MCSHANE, PRASSAS e ROES, 2011). Segundo o DNIT (2006), as estratégias de estudo de tráfego urbano seriam:

1. **Contagem de Tráfego:** A coleta de dados de tráfego é o primeiro passo em qualquer estudo de tráfego urbano. Isso pode ser feito por meio de sensores de tráfego, câmeras, loops de indução, sensores de velocidade, ou até

mesmo observadores humanos. As contagens de tráfego ajudam a entender os volumes de tráfego e os padrões de movimento ao longo do tempo.

2. **Classificação de Veículos:** Além da contagem, é importante classificar os tipos de veículos (carros, caminhões, motos, ônibus etc.). Isso é essencial para a tomada de decisões sobre a capacidade das vias e a necessidade de vias exclusivas para determinados tipos de veículos.
3. **Estudo de Velocidade e Fluxo:** A análise da velocidade dos veículos em diferentes momentos do dia e em várias partes da cidade ajuda a identificar pontos de congestionamento, áreas de alta velocidade e horários de pico.
4. **Modelagem de Tráfego:** Modelos de tráfego computacionais são usados para simular o comportamento do tráfego em diferentes cenários. Isso é útil para prever o impacto de mudanças na infraestrutura viária, como a construção de novas estradas ou a implantação de sistemas de transporte público.
5. **Análise de Acidentes:** Estudar acidentes de trânsito é crucial para melhorar a segurança viária. Os dados de acidentes são usados para identificar áreas de alto risco e implementar medidas de segurança.
6. **Pesquisas de Origem e Destino:** Essas pesquisas ajudam a entender de onde os viajantes vêm e para onde estão indo. Isso é valioso para o planejamento de rotas de transporte público, identificação de áreas de congestionamento e tomada de decisões sobre expansão de estradas.

2.5 TECNOLOGIA E INOVAÇÕES EM TRÁFEGO URBANO

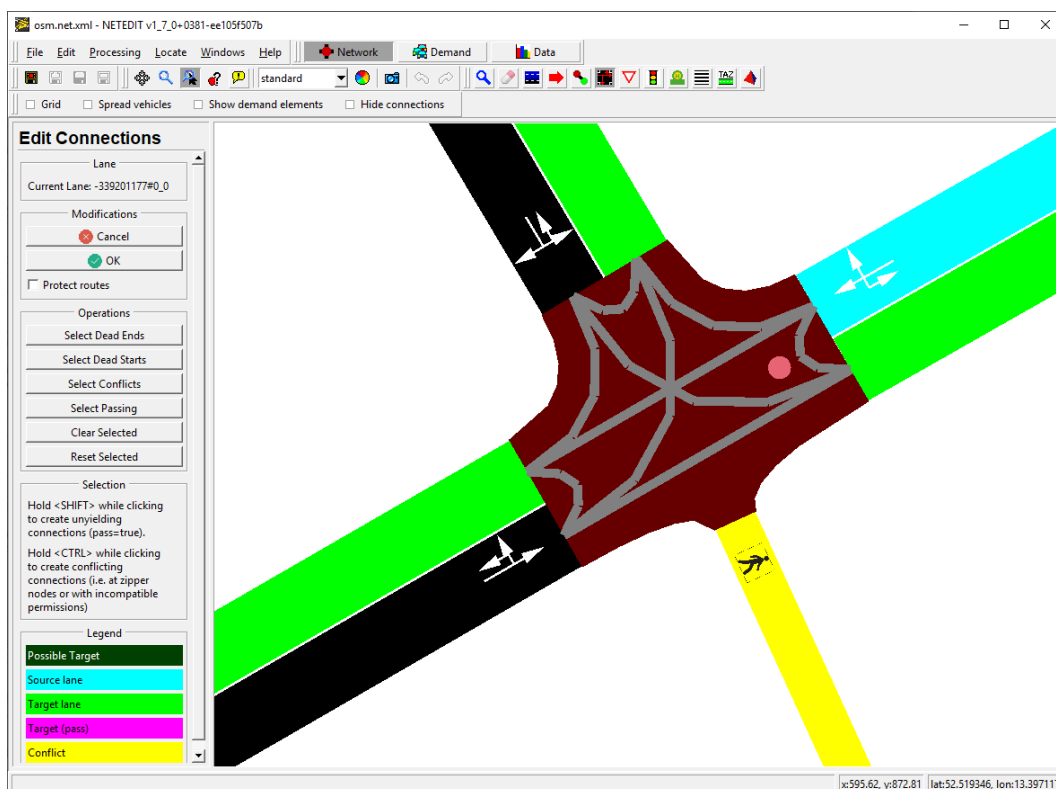
De acordo com Hallmann (2011), a saturação do volume de veículos em circulação, combinada com as limitações na expansão da capacidade das estradas, resulta em extensos congestionamentos nas áreas urbanas. Essas situações podem ser prevenidas por meio de um planejamento urbano que leve em consideração a dinâmica do tráfego. O uso de softwares destinados ao controle e à previsão do tráfego se torna crucial para a minimização e, em alguns casos, a correção de potenciais problemas. A utilização de tais softwares para monitorar o comportamento do tráfego representa a abordagem mais eficaz para lidar com a complexidade dos sistemas de transporte. No mercado atual, existe uma ampla variedade de softwares

simuladores de tráfego (SST), que se destacam como ferramentas essenciais no contexto dos Sistemas Inteligentes de Transporte.

2.5.1 Simulation of Urban MObility (SUMO)

Um software muito utilizado é o Simulation of Urban Mobility (SUMO). A sua criação teve início no ano 2000, com a primeira implementação ocorrendo em 2001 (ARAÚJO, 2022). O SUMO é um software de código aberto que permite a modelagem de sistemas de tráfego intermodal, abrangendo o transporte privado, público e de pedestres. Além disso, o SUMO oferece uma variedade de ferramentas para facilitar a modelagem de dados relacionados à infraestrutura, demanda e transporte coletivo. O software inclui recursos que automatizam e simplificam a criação, execução e avaliação de simulações de tráfego. Inicialmente concebido como um microsimulador, o SUMO, conforme a Figura 1, foi posteriormente expandido para incluir um modelo mesoscópico, mantendo a consistência das interfaces originais, conforme cita Barceló (2010).

Figura 1 - Simulation of Urban MObility (SUMO)



Fonte: SUMO (2023)

2.6 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

No Brasil, o número de veículos em circulação e índices de acidente crescem gradativamente, modificando a realidade do trânsito em todo o país. Em virtude disso, faz-se necessário a alteração e criação de novas leis de trânsito. A fim de reger as normas e boas práticas de trânsito, em 1997 foi criado o Código Brasileiro de Trânsito (CTB), documento pelo qual se determina as atribuições e órgãos de trânsito, bem como normas e práticas que devem ou não ser adotadas pelos motoristas. (CÓDIGO BRASILEIRO DE TRÂNSITO, 1997).

Dentre as competências que compõem o CTB, está o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) que é o órgão máximo responsável pelas normativas e procedimentos, bem como fiscalização das medidas administrativas e penalidades por infrações de trânsito (CONTRAN, 2022).

2.6.1 Princípios da sinalização de trânsito

Na concepção e na implantação da sinalização de trânsito, é essencial priorizar as condições de percepção dos usuários da via, a fim de assegurar a eficácia dos sinais (CONTRAN, 2022).

Com o intuito de normatizar as sinalizações de trânsito, o CONTRAN elaborou manuais divididos em oito capítulos, com os seguintes tipos de sinalização:

1. **Sinalização Vertical de Regulamentação:** tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias urbanas e rurais, através de placas fixadas ao lado ou suspensas sobre a via.
2. **Sinalização Vertical de Advertência:** seu propósito é informar os usuários sobre situações potencialmente perigosas como obstáculos ou restrições presentes na via sejam elas de caráter permanente ou eventual.
3. **Sinalização Vertical de Indicação:** tem como objetivo viabilizar a comunicação para o usuário, indicando vias e locais de interesse, bem como distâncias, percursos, acessos e distâncias, além de serviços auxiliares e atrativos turísticos.

4. **Sinalização Horizontal:** são marcações, símbolos e legendas apostos sobre o pavimento da pista de rolamento, transmitindo mensagens aos condutores e pedestres sem desviar a atenção do leito da via, aumentando assim a segurança e fluidez do trânsito. Segundo Santos et al. (2014), em alguns casos, esse tipo de sinalização é mais efetivo quando aplicado a técnica anamórfica, que consiste em uma distorção na escrita para que se tenha uma perspectiva de objeto tridimensional na pista.
5. **Cruzamentos Rodoferroviários:** são interseções formadas pelo cruzamento de uma via ferroviária e uma via rodoviária.
6. **Sinalização Semafórica:** Seu objetivo é comunicar aos usuários o direito de passagem em cruzamentos ou trechos de via nos quais o espaço de tráfego é compartilhado por dois ou mais movimentos conflitantes, ou alertar sobre a presença de condições na via que possam colocar em risco a segurança dos usuários.
7. **Dispositivos Auxiliares:** são elementos aplicados na via ou em obstáculos próximos a ela, de forma a tornar mais eficiente e segura a operação do trânsito.
8. **Sinalização Temporária:** consiste num conjunto de sinalizações e dispositivos, com a função de advertir os usuários em áreas afetadas por intervenções temporárias na via.
9. **Sinalização Ciclovária:** voltada para ciclistas, tem como objetivo conceder prioridade ou preferência à circulação de bicicletas nas vias públicas, proporcionando um ambiente mais seguro e oferecendo maior comodidade aos usuários deste meio de transporte.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, serão abordados os procedimentos adotados para a elaboração do trabalho, bem como as características da pesquisa, o ambiente escolhido, e todas as etapas e métodos utilizados para a obtenção dos resultados, com o intuito de abordar e mitigar os problemas de congestionamento em determinada rua de Joinville.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo de natureza aplicada tem por objetivo analisar a situação do tráfego na Rua XV de Novembro, na cidade de Joinville - SC, onde, através de uma pesquisa descritiva, foi realizado o levantamento de dados para identificar os principais problemas do trecho em questão. Por meio de uma abordagem quali-quantitativa, analisou-se o cenário atual, e foram consideradas alterações para a melhoria do trânsito na região. Para a viabilização destas alterações foi utilizado um software de simulação de tráfego.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

Para a definição do ambiente de pesquisa e a elaboração dos cenários foram realizadas algumas reuniões no Departamento de Trânsito de Joinville - DETRANS, onde foram discutidos os principais problemas de congestionamento verificados em diversos pontos da cidade de Joinville-SC. Uma destas áreas está demonstrada na Figura 2, a rotatória da rua XV de Novembro, embaixo da Rodovia Gov. Mário Covas (BR-101). Neste trecho, formam-se grandes congestionamentos nos horários de pico da manhã e da tarde, intensificados principalmente pelos conflitos de conversões da rotatória e a insegurança devido ao grande número de entradas e saídas.

Este trabalho analisa primeiramente o cenário base e possíveis mudanças que possam trazer melhorias futuras para a região de estudo. A área do estudo localiza-se na região oeste da cidade de Joinville, e abrange as ruas a seguir: XV de Novembro, Arthur Baechtold e Tutóia, avenidas Victor Schopping (Marginal Sul) e Brigadeiro Eduardo Gomes (Marginal Norte), e Rodovia Gov. Mário Covas (BR-101).

Figura 2 - Trecho a ser analisado

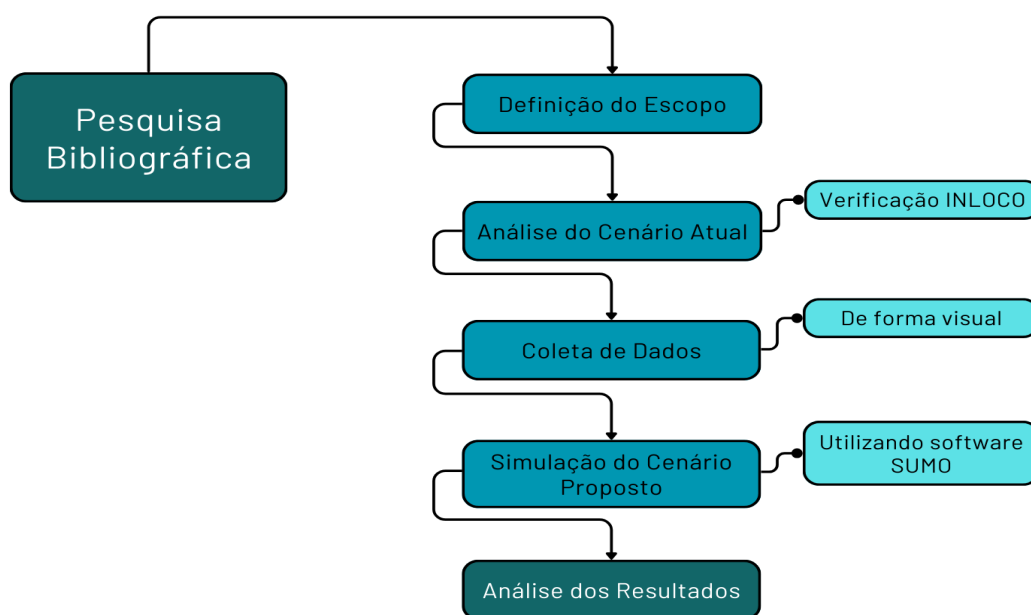


Fonte: Google Earth (2023)

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

O presente trabalho faz uma análise comparativa do cenário base da rotatória da rua XV de novembro, embaixo da Rodovia Gov. Mário Covas (BR-101), com um cenário proposto. E para atingir esses objetivos os seguintes passos metodológicos foram estabelecidos, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma dos Processos



Fonte: Os Autores (2023)

A primeira fase envolveu uma revisão da literatura e uma análise de estudos anteriores relacionados aos tópicos abordados no projeto. Na segunda etapa, foi estabelecido o objetivo do trabalho, na qual foi definida a área do objeto de estudo, os horários do dia e os locais onde a contagem de veículos individuais foi realizada. Na terceira etapa, foram apurados os dados de acidentes ocorridos entre os anos de 2020 a 2023 no trecho de estudo, que foram fornecidos pelo Corpo de Bombeiros Voluntários de Joinville. Nesta etapa também coletou-se os dados necessários para desenvolvimento do trabalho que ocorreram entre os dias 23 de outubro de 2023 (segunda-feira) e 30 de outubro de 2023 (segunda-feira), durante dois períodos distintos, sendo das 07h às 08h, e das 17h às 18h.

Foram utilizados dois métodos de contagem, para os parâmetros de velocidade média, comprimento de fila e atraso médio. Estes dados foram obtidos diretamente dos registros cedidos pelo Waze, e para a contagem de veículos individuais nas vias foram utilizadas filmagens e visitas “in loco”. Na quarta etapa foram conduzidas simulações em um cenário proposto, considerando todo o período de coleta. Por fim, na última etapa realizou-se uma análise comparativa de toda a proposta em relação à situação atual.

3.3.1 Coleta De Dados

A fim se obter os parâmetros necessários para o desenvolvimento da pesquisa, foram coletados dados julgados imprescindíveis como o número de acidentes registrados na via de estudo, que foram cedidos pelo Corpo de Bombeiros Voluntários de Joinville, e também a contagem de tráfego da região, com a finalidade de se entender a realidade do trânsito na via.

3.3.1.1 Acidentes no Local

Um fator levado em consideração no momento da escolha de priorização são os acidentes registrados no local. Considerando todos os modais e o período de 2020 a 2022, os acidentes registrados pelo Corpo de Bombeiros Voluntários de Joinville nas vias do entorno do escopo são apresentados no Quadro 1 e na Figura 4.

Quadro 1 – Acidentes de trânsito

Logradouro	2020	2021	2022	Total
Rodovia BR 101	12	12	19	43
Rua Quinze de Novembro	79	86	93	258
Total	91	98	112	301

Fonte: Corpo de Bombeiros Voluntários de Joinville (2022)

Figura 4 - Mapa de calor de acidentes

Fonte: Corpo de Bombeiros Voluntários de Joinville (2022)

Como se observa no mapa de calor da Figura 4, o número de acidentes é representado pela intensidade das cores, sendo verde o valor mínimo, e vermelho o número máximo de acidentes no trecho.

Os acidentes ocorrem principalmente nos conflitos existentes na região, com o agravante da dificuldade de visibilidade do fluxo de quem precisa deixar a marginal e acessar a rotatória.

3.3.1.2 Cenário Atual

Para uma melhor compreensão dos dados levantados e da simulação, a Figura 5 e Figura 6, apresentadas no Apêndice 1, representam os sentidos das vias e sinalização viária que foi elaborado no AutoCad.

O trecho em estudo é o principal acesso ao bairro Vila Nova, com características de intenso deslocamento de veículos saindo do bairro pela manhã e retornando no final da tarde. Devido a este alto volume de tráfego e a falta de espaço para acomodar todos os veículos que precisam passar pela rotatória, é frequente a formação de engarrafamentos na região.

3.3.1.3 Diagnóstico do Trânsito

O Quadro 2 apresenta o ranqueamento das ruas de maior criticidade de trânsito, considerando os dados do mês de outubro de 2023 e a região abordada no escopo do projeto.

Quadro 2 – Ranqueamento de criticidade de vias

Rua	Período	Prob. de congest.	Velocidade média (km/h)	Comprimento de fila (m)	Atraso médio (s)	Criticidade
Rua Quinze de Novembro	Tarde	91,25%	8,53	1404,9	549,85	652,24
Rod. Gov. Mário Covas	Tarde	62,85%	32,77	7974,41	642,87	404,07
Rua Tutóia	Tarde	84,80%	5,63	320,79	199,59	169,25
Av. Victor Schopping	Manhã	47,21%	4,72	255,84	182,29	86,06
Rua Arthur Baechtold	Manhã	5,06%	6,02	229	106,53	5,39

Fonte: DETRANS E WAZE (2023).

As informações do Quadro 2 referem-se à extensão completa da via e consideram a média mensal das informações obtidas minuto a minuto, filtradas apenas para o horário de pico da manhã (07h às 08h) e tarde (17h às 18h). O ranqueamento é ordenado através da criticidade, que considera o produto entre o atraso médio e probabilidade de congestionamento, acrescido ou decrescido de um fator de compensação considerando a hierarquia viária e acidentes de trânsito.

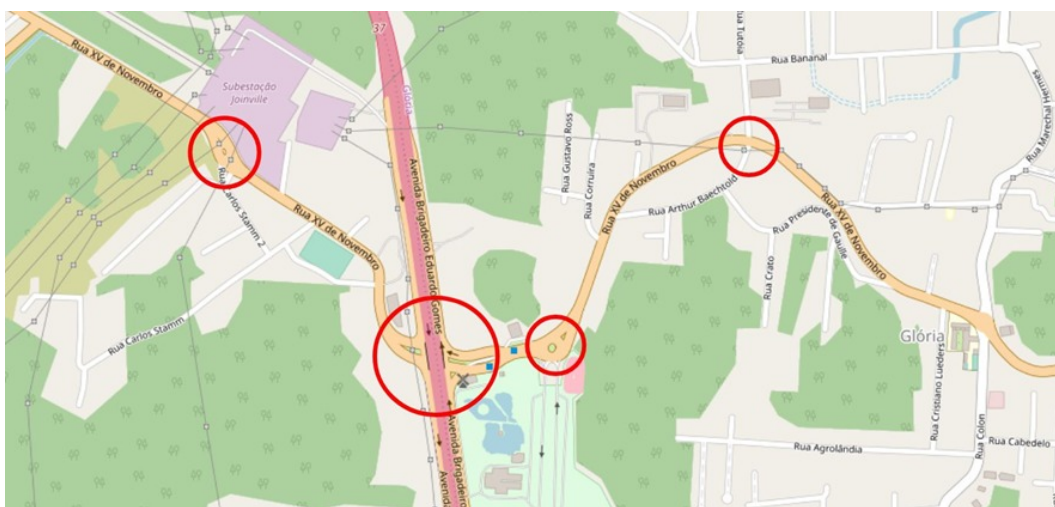
A informação de probabilidade de congestionamento é obtida através da frequência em que são registrados congestionamentos em determinada via em relação ao tempo total monitorado.

Os valores médios de velocidade, extensão das filas e tempo de atraso são extraídos diretamente das informações fornecidas pelo aplicativo Waze.

3.3.1.4 Contagem de Tráfego

A estimativa de fluxo de veículos foi obtida através de filmagens nos pontos apresentados e visitas no local estudado, como indicado na Figura 7. Os dias e horários das filmagens foram definidos baseando-se nos horários de maior fluxo registrados pelo banco de dados do Waze.

Figura 7 - Pontos de contagens



Fonte: Os Autores (2023)

Através das imagens obtidas, foram realizadas as contagens de tráfego de veículos individuais durante o horário de pico da manhã e da tarde, com a duração de 1 hora por período entre os dias 23 de outubro de 2023 (segunda-feira) e 30 de outubro de 2023 (segunda-feira), conforme apresentado no quadro 3 disposto no Apêndice 2.

3.3.2 Cenário Proposto

O trecho da rua XV de Novembro, na rotatória abaixo da Rodovia Gov. Mário Covas, tornou-se um ponto de intenso congestionamento, com um grande quadro de acidentes. Dentre as reuniões realizadas no Departamento de Trânsito de Joinville - DETRANS, os engenheiros de tráfego, engenheiros civis e os técnicos responsáveis pelo planejamento viário, perceberam a necessidade de apontar os problemas enfrentados pelos motoristas que circulam pela via.

Iniciou-se realizando análises detalhadas do tráfego na rotatória. Dentre as reuniões, foram apurados dados de tráfego, examinados estudos de viabilidade e apreciado opiniões de especialistas em mobilidade urbana.

Após serem debatidas várias opções disponíveis para a melhoria da circulação de veículos no trecho de estudo, concluiu-se que a rotatória existente não está mais atendendo com eficácia às necessidades do tráfego local. Foram consideradas diferentes soluções, e então, elaborado um plano de circulação conforme Figura 8, onde houve a decisão de fechar a rotatória e substituí-la por um sistema de vias que permite um fluxo contínuo, sem a necessidade de tantas paradas.

Figura 8 - Plano de Circulação



Fonte: Os Autores (2023)

Após uma revisão cuidadosa de todos os dados e propostas apresentadas a partir do plano de circulação, foi elaborado um projeto no AutoCad, como mostram as Figuras 09 e 10 apresentadas no Apêndice 3. Implementou-se o novo sistema de circulação de fluxo contínuo, encerrando a rotatória existente. Desta forma, em vez de ter que circular ao redor da rotatória, os veículos têm faixas dedicadas para seguir em frente, para retornar, ou para realizarem conversões à esquerda ou à direita.

3.3.2.1 Características da Simulação

Para realizar uma simulação no SUMO, é necessário seguir uma série de etapas detalhadas. O processo inclui a criação de arquivos específicos para descrever o cenário, veículos, rotas e a configuração do tráfego.

Para iniciar a simulação, o mapa foi exportado do site OpenStreetMap em forma de arquivo osm e então foi convertido em um arquivo xml utilizando o NETCONVERT para fazer todos os ajustes necessários no NETEDIT, conforme Figura 11 apresentada no Apêndice 4, pois nem todas as informações importadas refletem a realidade observadas in loco. Dentre os ajustes necessários, pode-se citar:

1. Ajustes de número de faixas;
2. Ajuste de velocidades permitidas;
3. Inclusão de corredores de ônibus;
4. Ajuste de permissões e proibições de movimentação.

Simultaneamente, foi importante elaborar um arquivo de descrição de rotas, frequentemente com extensão .rou.xml, para especificar os veículos, suas origens e destinos. A definição dos veículos e rotas é uma etapa crucial. Foi necessário gerar um arquivo de definição de veículos (extensão .rou.xml) para especificar as características dos veículos que estarão envolvidos na simulação. Além disso, definimos as rotas específicas que esses veículos seguirão no arquivo de descrição de rotas.

Posteriormente, para executar a simulação, é necessário utilizar o terminal ou o prompt de comando e inserir o comando adequado apontando para o arquivo de cenário e outros arquivos de configuração. Após definidos, os cenários foram

inseridos na simulação de tráfego. A simulação foi executada por 3600 segundos, mesmo período das contagens obtidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão demonstrados os resultados obtidos pela simulação no software SUMO, e também apresentados as comparações entre o cenário atual e o cenário proposto para a via estudada.

4.1 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A rotatória existente no cenário atual foi simulada no SUMO, o panorama atual revela uma realidade problemática. A complexidade do tráfego e suas interações evidenciam desafios inovadores que impactam diretamente a eficiência e a segurança viária. As vias congestionadas refletem um dos principais problemas deste cenário, isso resulta em longos períodos de espera, aumentando consideravelmente o tempo de deslocamento. O cenário atual, tal como simulado no SUMO, destaca a urgência de soluções inovadoras e estratégias de planejamento urbano voltadas para a melhoria do sistema viário. A figura 12 que representa a simulação no cenário atual encontra-se no Apêndice 4.

Em um cenário proposto no simulador SUMO, as melhorias evidenciam uma transformação significativa em relação aos problemas do cenário anterior. As mudanças visam solucionar os obstáculos enfrentados, resultando em uma dinâmica viária mais eficiente e segura. A redução do congestionamento nas vias principais é notável, resultando em deslocamentos mais rápidos e eficientes de acordo com a figura 13 apresentada no Apêndice 4.

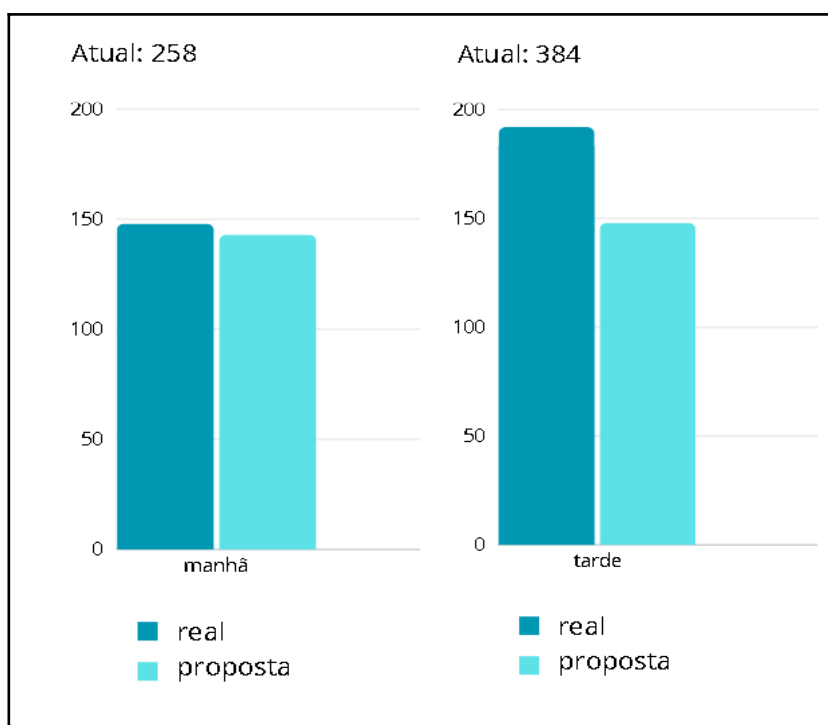
Concluindo, o cenário proposto no simulador SUMO representa um ambiente viário transformado, onde as melhorias resultaram em soluções eficazes para os desafios enfrentados anteriormente. Essas mudanças não apenas melhoram a fluidez do tráfego, mas também aumentaram a segurança e promoveram uma mobilidade mais sustentável e inclusiva para todos os usuários das vias.

Além disso, a análise dos dados de contagem de tráfego revelou informações fundamentais sobre o fluxo veicular, ao calcular a média desses dados, podem -se obter percepções importantes para comparar com o cenário proposto, fornecendo uma visão abrangente da situação atual. A média é calculada a partir de um valor base, que no caso foi a contagem manual dividido pelo número total de viagens (simulação real e a proposta), nos dando assim o percentual de fila em cada ponto. Esse valor médio se torna uma referência significativa para análises comparativas, sendo um indicador chave para avaliar mudanças e comportamentos.

Após realizadas as simulações, alguns resultados obtidos comparando o cenário atual com a proposta escolhida são apresentados no quadro 4 disponível no Apêndice 4, onde “0” representa a contagem feita “in loco”, “1” é a contagem do cenário atual simulado, “2” a contagem do cenário proposto simulado e o “Total” é a média desses valores com os valores calculados em porcentagem. Em seguida temos o resumo desses resultados, conforme quadro 5 apresentado no Apêndice 4.

Pode-se analisar que nos dois períodos estudados houve uma melhoria no fluxo, principalmente no período da tarde com um ganho de duração média de viagem em 11,5%.

Ao traçar os dois cenários em um mesmo eixo, torna-se evidente a divergência entre as abordagens. As linhas ou barras distintas que representam cada cenário destacam as variações no volume de tráfego, permitindo uma análise imediata das diferenças entre elas, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resumo Contagem dos cenários

Fonte: Os Autores (2023)

Através da simulação, foi possível estabelecer uma série de indicadores de desempenho, como demonstra o Quadro 6.

Quadro 6 - Comparação de indicadores

	Atual	Proposta	Diferença
Duração média (s)	426	314	26%
Duração máxima (s)	2912	1077	63%
Tempo perdido médio (s)	320	184	42%

Fonte: Os Autores (2023)

Conforme resultados apresentados no Gráfico 1 e no Quadro 6, nota-se uma melhoria significativa para os condutores ao trafegar por essa área que costuma ser um ponto crítico de congestionamento. A transformação da rotatória em um sistema de vias simplificado e eficiente seria uma mudança muito positiva para todos os usuários da via.

4.2 COMPARAÇÃO ENTRE A SINALIZAÇÃO ATUAL COM A SINALIZAÇÃO PROPOSTA

Conforme a Figura 14 disponível no Apêndice 4, a comparação entre a sinalização de trânsito atual e a sinalização proposta geralmente destaca melhorias significativas em termos de eficácia, segurança e adaptação às necessidades contemporâneas, muitas vezes buscando solucionar desafios identificados na sinalização atual. Além de facilitar principalmente os sentidos bairro/centro e centro/bairro em horário de maior movimento de veículos.

Além disso, a sinalização proposta costuma incorporar elementos mais visuais e intuitivos para melhorar a compreensão e a comunicação com os condutores. Por fim, tende a aumentar a segurança viária dos ciclistas que trafegam na região e melhorar a eficiência do transporte coletivo por meio da diminuição do tempo de deslocamento.

Alguns elementos da sinalização atual podem não ser tão eficazes na redução de acidentes, especialmente em áreas onde há histórico de ocorrências frequentes. Falhas na sinalização podem contribuir para situações de perigo ou confusão no trânsito.

No cenário atual, a rotatória de estudo possui um movimento intenso, sempre congestionada durante os horários de pico. Os condutores costumam enfrentar longas filas para entrar e sair dela, causando atrasos e frustrações diárias.

A decisão de fechar a rotatória, foi baseada em análises extensivas, discussões colaborativas e uma compreensão aprofundada dos desafios enfrentados no tráfego daquela área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa, foi possível identificar padrões de tráfego e pontos críticos no trecho estudado, fornecendo compreensões valiosas para a formulação da estratégia de melhoria. A implementação da proposta, como a redução de paradas obrigatórias e ajustes na infraestrutura viária, procedeu em resultados positivos. A análise dos dados coletados durante as simulações indicou uma redução significativa no engarrafamento, atestando a eficácia da intervenção

proposta. O tempo médio de viagem foi otimizado, proporcionando uma experiência mais fluida para os usuários da via. Além disso, a abordagem adotada destacou a importância da integração entre tecnologia e planejamento urbano para enfrentar desafios de tráfego.

A conclusão do trabalho ressalta a relevância das soluções propostas para a gestão eficiente do tráfego urbano, contribuindo não apenas para a redução de congestionamentos, mas também para a melhoria da qualidade de vida dos usuários que utilizam a via. A análise da situação do tráfego na rua XV de Novembro, na cidade de Joinville-SC proporcionou uma base sólida para futuras iniciativas na área de planejamento de transporte, destacando a importância da inovação e da aplicação de tecnologias avançadas na busca por soluções sustentáveis e eficazes para os problemas de mobilidade urbana.

AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que nós expressamos nossos sinceros agradecimentos por termos a oportunidade de compartilhar este artigo. Este trabalho é fruto não apenas dos nossos esforços, mas também do apoio fundamental de algumas pessoas e elementos essenciais em nossas jornadas.

Em primeiro lugar, queremos expressar nossa profunda gratidão a Deus, cuja presença tem sido a fonte de inspiração e força. Sua orientação constante iluminou nossos caminhos, proporcionando a sabedoria necessária para enfrentar desafios e celebrar conquistas.

À nossa família, seu amor incondicional e apoio constante são os alicerces sobre os quais construímos nossos sonhos. Cada conquista é compartilhada, e cada desafio é superado com a certeza de que temos uma base sólida para nos sustentar.

À querida professora Michela Steluti Poleti, expressamos nossa profunda gratidão. Seu comprometimento com a excelência acadêmica, paciência e orientação foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradecemos ao Departamento de Trânsito de Joinville – DETRANS, que nos proporcionou o ambiente propício para aplicar os conhecimentos adquiridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10697. 16/11/2020. ABNT NBR 10697: Pesquisa de sinistros de trânsito — Terminologia, [s.l.], 16 nov. 2020.

ARAÚJO, CAROLINA TAVARES DE. **ANÁLISE DA INTERSEÇÃO ENTRE AS AVENIDAS CRISTO REI E PREFEITO GUIOMAR DE JESUS LOPES COM A RUA BELA VISTA NA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO - PR**. 2021. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em engenharia civil) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [s.l.], 2021.

BARCELÓ, J. **Fundamentals of Traffic Simulation**. Barcelona: Springer, 2010.

BERTINI, Roberto L. **You Are the Traffic Jam: An examination of Congestion Measures**. 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. November, 2005.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384 p. Disponível em:

<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf>. Acesso em: 11 de outubro de 2023.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**: Joinville, Santa Catarina, Brasil. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/joinville.html>> Acesso em: 14 out. 2023

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Setores censitários**. 2010. Disponível em:

<ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/censo_2010/>. Acesso em: 09 out.2023.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO, 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. [s.l.], 2013. 37 p.

COELHO, Eduardo Cezar. **Avaliação dos níveis de congestionamento em vias arteriais com a utilização da micro-simulação**. 2009. 147 p. Dissertação (Mestrado de pós-graduação em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s.l.], 2009.

DAGOSTIN, Carla Giovana. **Psicologia do Trânsito**. Palhoça: [s.l.: s.n.], 2013. 94 p. Disponível em:

<https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/2fbbe867-184f-4b74-a0c1-f9d5fd11240a/content>. Acesso em: 20 set. 2023.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA. **Veículos em circulação em Santa Catarina**: Joinville, 2023. Disponível em: <<https://www.detran.sc.gov.br/transparencia/estatisticas/veiculos-2/>> Acesso em: 14 out. 2023

DOWNS, Anthony. Still stuck in traffic: coping with peak-hour congestion. Washington, DC: Brookings Institution Press, 2004.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Manual on uniform traffic control devices**: For Streets and Highways. Washington DC, 2009.

HALLMANN, Henrique Vieira. **Comparação entre Softwares Simuladores de Trânsito**. 2011. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Curso em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s.l.], 2011.

JOINVILLE. INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE (IPPUJ). Plano de Mobilidade Urbana de Joinville. Joinville, 2016. 164 p.

KNEIB, E. C. **Mobilidade Urbana e qualidade de vida: do panorama geral ao caso de Goiânia**. Revista UFG, Goiânia, ano XIII, n 2, p. 71-78, 2012. Disponível em: <http://www.proec.ufg.br/revista_ufg/julho2012/arquivos_pdf/09.pdf>. Acesso em: 23 out. 2023.

LOPES, D. R.; MARTORELLI, M.; GONZAGA, A. V. **Mobilidade Urbana**: Conceito e Planejamento no Ambiente Brasileiro. Curitiba: Appris, 2021.

LU. et.al. **Comportamentos de direção e aspectos humanos de conduta**. [s.l.: s.n.], 2009. 139p

MARTORELLI, M.; NÓBREGA, P. C.; OLIVEIRA, G. M.; COSTA, A. G. V.; ARALDI, F. **Planejamento em Mobilidade Urbana**. Diálogos Setoriais, 2013.

McSHANE, W. R. and ROESS, R. P. (1990): Traffic Engineering. Prentice Hall Polytechnic Series in Transportation, USA.

NORONHA, Henrique Dela Bruna. ESTUDO COMPARATIVO DE DOIS MICROSSIMULADORES DE TRÁFEGO – AIMSUN E VISSIM. Orientador: Dr. Alexandre Hering Coelho. 2016. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Applying Strategic Environmental Assessment: good practice guidance for development co-operation**. Paris: OECD, 2006. 160p.

PLOEG, F. V. D.; POELHEKKE, S. **Globalization and the rise of mega- cities in the developing world**. Cesifo Working Paper, n. 2208, Category Trade Policy, Munich, Germany, Feb. 2008.

RAMOS, S. A.; CARDOSO, P. A; CRUZ, M. M. **Atributos Considerados Sobre Sustentabilidade no Transporte Rodoviário de Carga.** XXVIII - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes., Curitiba 2013

RAZ. et.al. **Comportamentos seguros no trânsito.** [s.l.: s.n.], 2008.76p

ROSS, S. L., YINGER, J. **Timing Equilibria in an Urban Model with Congestion.** Journal of Urban Economics. Volume 47, número 3, 390 – 413 p. Department of Economics, University of Connecticut, Connecticut. (2000).

ROZESTRATEN, Reinier J. **A. Psicologia do Trânsito: conceitos e processos básicos.** São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1988.

RUFOLO, A. M.; BIANCO, M. J. **The impact of congestion pricing and parking taxes on spatial competition.** School of Urban Studies and Planning Portland State University, 1998.

SANTOS, C.; PASCHOARELLI, L. C.; BOTURA JR., G.; NASCIMENTO, R. A. **Sinalização de trânsito Anamórfica:** proposta de intervenção ergonômica na sinalização horizontal. II Congresso Ergotrip Design. Natal: Ergotrip, 2014.

SCARINGELLA, R. S. **A crise da mobilidade urbana em São Paulo.** São Paulo em Perspectiva, v. 15, n. 1, jan.-mar. 2001.

SCHWEITZER, L.; TAYLOR, B. D. **Just pricing: the distributional effects of congestion pricing and sales taxes.** Transportation, v. 35, n. 6, p. 797-812, Sep. 25, 2008.

SILVA, F. N. **Mobilidade Urbana:** Os desafios do futuro. São Paulo: Cadernos Metrópole, 2013.

SILVA, Mayara Orlandi. **Engenharia e Segurança no trânsito.** Palhoça: [s.l.: s.n.], 2012. 185 p. Disponível em:

<https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/3043c67b-1f9b-4f52-b991-19a78021988a/content>. Acesso em: 21 set. 2023.

TAFFAREL, Virgínia Scherer. **Mobilidade urbana: Análise dos fatores que causam o contínuo crescimento do uso do automóvel nas cidades brasileiras.** 2015. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s.l.], 2015.

UNICEU. ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CONDUTOR EM RELAÇÃO AO RESPEITO À VELOCIDADE LIMITE. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9830/1/ESTUDO%20DO%20COMPORTAMENTO%20DO%20CONDUTOR%20EM%20RELA%C3%87%C3%83O%20AO%20RESPEITO%20%C3%80%20VELOCIDADE%20LIMITE.pdf> Acesso em: 15 out. 2023.

VACCARI, L. S.; FANINI, V. **Mobilidade Urbana**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. CREA-PR, 2016.

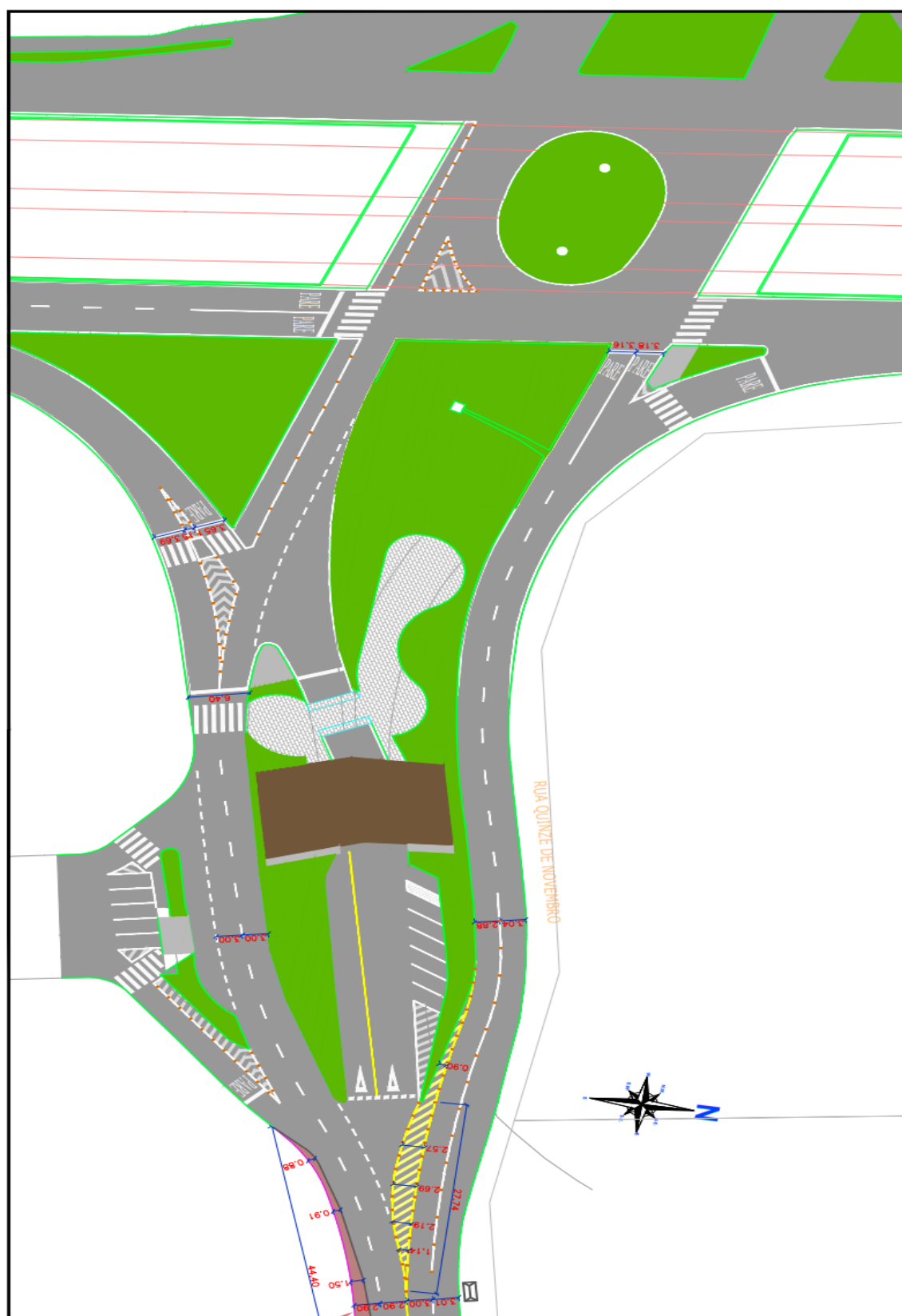
VASCONCELOS, E.A. O que é o trânsito. São Paulo: Brasiliense, 1985. 92p. (Primeiros Passos).

VILLADA, C. A.; PORTUGAL, L. D. **Mobilidade sustentável e o desenvolvimento orientado ao transporte sustentável**. XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, Ouro Preto, 2015.

ZÜGE, Arlan Isael Rodrigues. **Análise de acidentes de trânsito na cidade de Santa Cruz do Sul e propostas de medidas mitigadoras de segurança viária nos pontos críticos**. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, [s.l.], 2019.

APÊNDICE 1 - CENÁRIO ATUAL

Figura 5 - Trecho sinalização atual



Fonte: Os Autores (2023)

APÊNDICE 2 - CONTAGEM DE TRÁFEGO

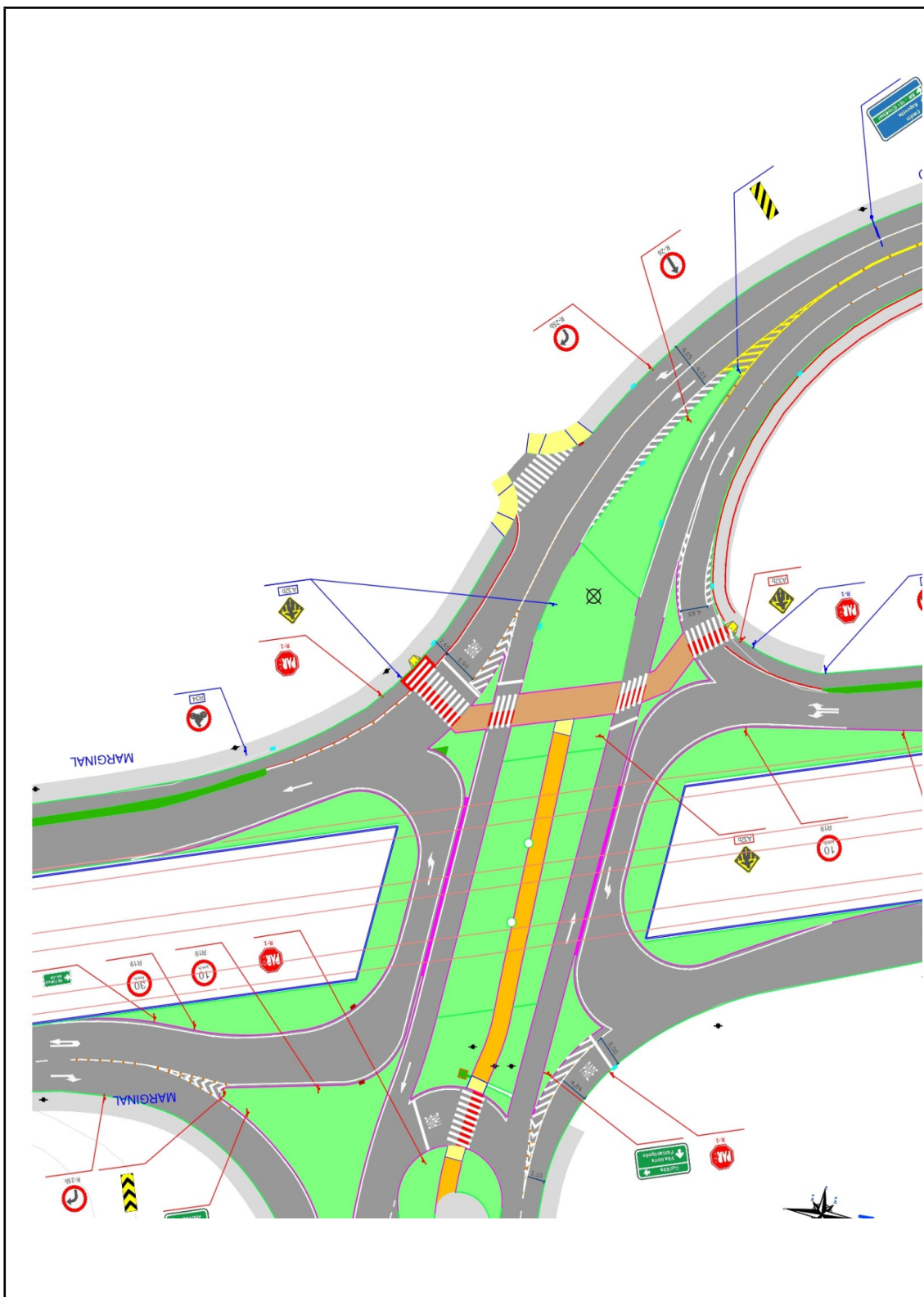
Quadro 3 – Contagem de tráfego - Transporte Individual

TRANSPORTE INDIVIDUAL	Manhã 07h às 08h	Tarde 17h às 18h
Rota	Contagem de fluxo	Contagem de fluxo
Arthur-Tutóia	63	109
Arthur-Vila Nova	221	568
Arthur-XV Novembro	65	106
Carlos-Vila Nova	45	43
Expoville-Marginal Norte	99	146
Marginal Norte-Marginal Norte	113	729
Marginal Norte-Marginal Sul	290	507
Marginal Norte-Tutóia	411	753
Marginal Norte-Vila Nova	299	469
Marginal Norte-XV Novembro	428	884
Marginal Sul-Carlos	114	402
Marginal Sul-Marginal Norte	112	352
Marginal Sul-Marginal Sul	102	398
Marginal Sul-Tutóia	189	598
Marginal Sul-Vila Nova	135	421
Marginal Sul-XV Novembro	207	610
Tutóia-Arthur	75	168
Tutóia-Marginal Sul	392	725
Tutóia-Vila Nova	366	639
Tutóia-XV Novembro	47	58
Vila Nova-Arthur	510	373
Vila Nova-Carlos	108	41
Vila Nova-Marginal Norte	530	139
Vila Nova-Marginal Sul	327	117
Vila Nova-Tutóia	831	385
Vila Nova-XV Novembro	828	400
XV Novembro-Arthur	72	91
XV Novembro-Expoville	197	301
XV Novembro-Marginal Norte	275	434
XV Novembro-Marginal Sul	357	577
XV Novembro-Tutóia	50	74
XV Novembro-Vila Nova	326	495
XV Novembro-XV Novembro	321	576

Fonte: Os Autores (2023)

APÊNDICE 3 - PROJETO PROPOSTO

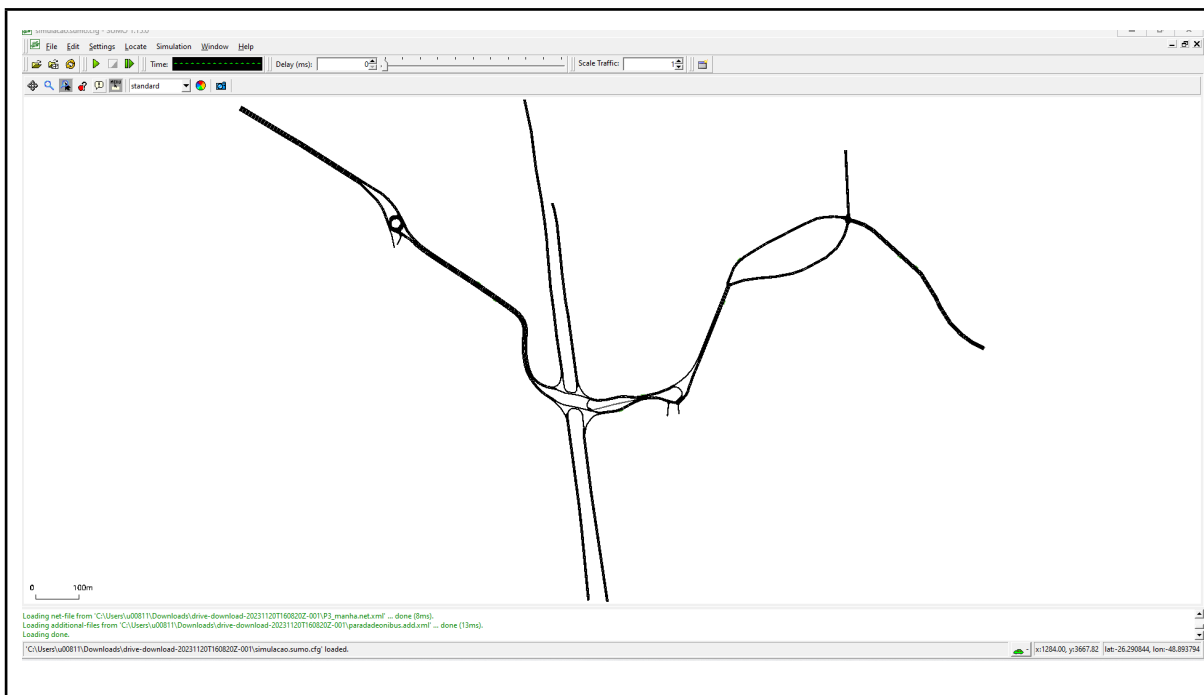
Figura 09 - Projeto Proposto



Fonte: Os Autores (2023)

APÊNDICE 4 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Figura 11 - Simulação no SUMO



Fonte: Os Autores (2023)

Figura 12 - Simulação no Cenário Atual



Fonte: Os Autores (2023)

Figura 13 - Simulação no Cenário Proposto



Fonte: Os Autores (2023)

Quadro 4 - contagem dos cenários

TRANSPORTE INDIVIDUAL	manhã					tarde				
Rota	0	1		2		0	1		2	
Arthur-Tutóia	63					109				
Arthur-Vila Nova	221	200	9,5%	182	17,6%	568	177	68,8%	182	68,0%
Arthur-Xv Novembro	65	55	15,4%	56	13,8%	106	55	48,1%	56	47,2%
Carlos-Vila Nova	45	54	-20,0%	56	-24,4%	43	52	-20,9%	53	-23,3%
Expoville-Marginal Norte	99	75	24,2%	79	20,2%	146	74	49,3%	97	33,6%
Marginal Norte-Marginal Norte	113	255	-125,7%	238	-110,6%	729	603	17,3%	246	66,3%
Marginal Norte-Marginal Sul	290	184	36,6%	171	41,0%	507	502	1,0%	172	66,1%
Marginal Norte-Tutóia	411					753				
Marginal Norte-Vila Nova	299	149	50,2%	122	59,2%	469	504	-7,5%	122	74,0%
Marginal Norte-Xv Novembro	428	274	36,0%	244	43,0%	884	606	31,4%	248	71,9%
Marginal Sul-Carlos	114	138	-21,1%	150	-31,6%	402	139	65,4%	171	57,5%
Marginal Sul-Marginal Norte	112	103	8,0%	105	6,3%	352	105	70,2%	120	65,9%
Marginal Sul-Marginal Sul	102	205	-101,0%	216	-111,8%	398	204	48,7%	235	41,0%
Marginal Sul-Tutóia	189					598				
Marginal Sul-Vila Nova	135	154	-14,1%	165	-22,2%	421	155	63,2%	186	55,8%
Marginal Sul-Xv Novembro	207	123	40,6%	124	40,1%	610	123	79,8%	124	79,7%
Tutóia-Arthur	75	62	17,3%	63	16,0%	168	63	62,5%	66	60,7%
Tutóia-Marginal Sul	392	224	42,9%	224	42,9%	725	220	69,7%	230	68,3%
Tutóia-Vila Nova	366	171	53,3%	174	52,5%	639	171	73,2%	182	71,5%

Tutóia-Xv Novembro	47	90	-91,5%	90	-91,5%	58	90	-55,2%	93	-60,3%
Vila Nova-Arthur	510	173	66,1%	154	69,8%	373	154	58,7%	156	58,2%
Vila Nova-Carlos	108	45	58,3%	46	57,4%	41	43	-4,9%	42	-2,4%
Vila Nova-Marginal Norte	530	166	68,7%	172	67,5%	139	163	-17,3%	183	-31,7%
Vila Nova-Marginal Sul	327	116	64,5%	117	64,2%	117	111	5,1%	111	5,1%
Vila Nova-Tutoia	831					385				
Vila Nova-Xv Novembro	828	186	77,5%	186	77,5%	400	183	54,3%	185	53,8%
Xv Novembro-Arthur	72	90	-25,0%	89	-23,6%	91	87	4,4%	89	2,2%
Xv Novembro-Expoville	197	256	-29,9%	153	22,3%	301	239	20,6%	156	48,2%
Xv Novembro-Marginal Norte	275	146	46,9%	144	47,6%	434	142	67,3%	150	65,4%
Xv Novembro-Marginal Sul	357	248	30,5%	250	30,0%	577	242	58,1%	253	56,2%
Xv Novembro-Tutóia	50	45	10,0%	45	10,0%	74	45	39,2%	45	39,2%
Xv Novembro-Vila Nova	326	194	40,5%	198	39,3%	495	193	61,0%	205	58,6%
Xv Novembro-Xv Novembro	321	118	63,2%	120	62,6%	576	119	79,3%	123	78,6%
Total	258	148	42,5%	143	44,7%	384	192	50,1%	148	61,6%

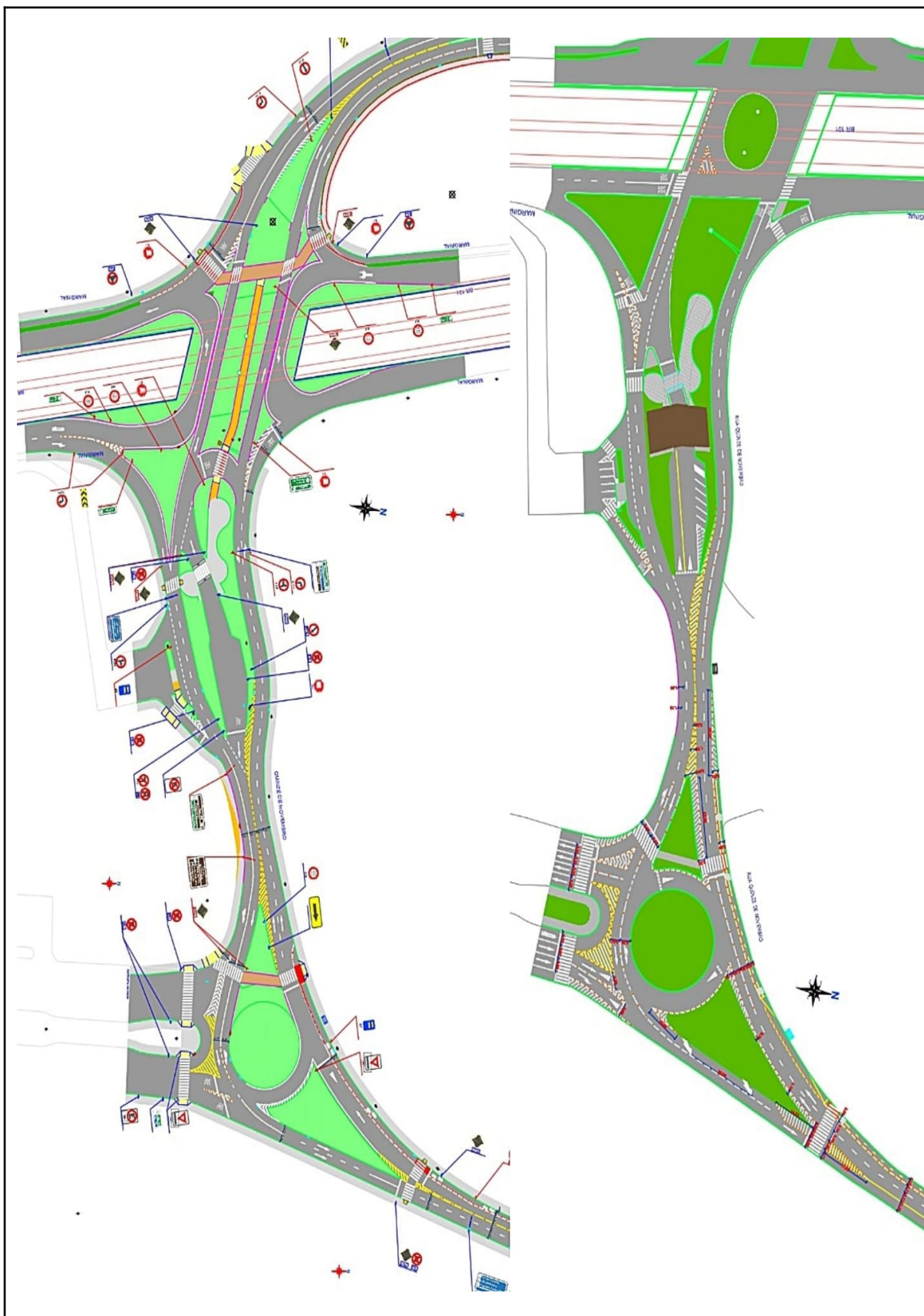
Fonte: Os Autores (2023)

Quadro 5 - Resumo Contagem dos cenários

TRANSPORTE INDIVIDUAL	Manhã					Tarde				
	Atual	1		2		Atual	1		2	
Total	258	148	42,5%	143	44,7%	384	192	50,1%	148	61,6%

Fonte: Os Autores (2023)

Figura 14 - Trecho sinalização proposta X sinalização atual



Fonte: Os Autores (2023)