

USO DE SIMULAÇÃO NA ANÁLISE DO TRÁFEGO NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE GASPAR

Ana Carolina Witte (Universidade Federal de Santa Catarina) anacarolina.witte@gmail.com

Christiane Wenck Nogueira Fernandes (Universidade Federal de Santa Catarina) christiane.fernandes@ufsc.br

Silvia Lopes de Sena Taglialha (Universidade Federal de Santa Catarina) s.taglialha@ufsc.br

Resumo:

O tráfego na Rodovia SC-412, conhecida como Rodovia Jorge Lacerda, tem apresentado um aumento significativo nos últimos anos com reflexo direto no trânsito na cidade de Gaspar. A Rodovia SC-412 atravessa a cidade de Gaspar na região central e possui uma extensão de aproximadamente 40 km. A mesma recebe um grande fluxo de veículos de várias partes da cidade de Gaspar bem como de cidades vizinhas (que escoam suas cargas principalmente pelo modo rodoviário), gerando assim um intenso congestionamento na cidade como um todo, devido ao fato de que a rodovia em estudo passa pelo meio da cidade. Visando melhorar esse aspecto, o presente artigo analisa a região central da cidade de Gaspar, que está localizada no Vale do Itajaí e faz limites com as cidades de Brusque, Ilhota e Blumenau utilizando o simulador de tráfego SUMO para estudar as condições de trafegabilidade na região central da cidade de Gaspar. Apresenta-se uma comparação do cenário atual e cenário proposto.

Palavras chave: traffic simulation, traffic flow, highway SC-412.

Traffic analysis in downtown Gaspar by simulation methodology

Abstract:

Traffic on the SC-412 highway, known as Highway Jorge Lacerda, has shown a significant increase in recent years with a direct impact on traffic in the city of Gaspar. SC-412 highway throughs the city of Gaspar Highway in the central region and has a length of approximately 40 km. The same receives a large flow of vehicles from various parts of Gaspar city and neighboring towns (that drain their loads mainly by road transport), thereby generating an intense congestion in the city as a whole, due to the fact that the highway study runs through the middle of the city. To improve this aspect, the present work analyzes the central city of Gaspar, which is located in the Valle do Itajaí and makes limits with the cities of Brusque, Islet and Blumenau by using SUMO traffic simulator to study the trafficability conditions in the region central city of Gaspar. It presents a comparison of the current and proposed scenario.

Key-words: traffic simulation, traffic flow, highway SC-412

1. Introdução

O Brasil sendo um país de dimensões continentais e de grande diversidade em seu território, ainda faz pouco uso de outros modos de transporte além do modo rodoviário, o qual representa a maior porcentagem, 61,1% (CNT, 2014) da matriz de transportes brasileira, apesar de apresentar os mais altos custos, maiores riscos de avaria, grande incidência no roubo de cargas, maior prejuízo ao meio ambiente, entre outros.

O transporte rodoviário, o qual segundo (FREITAS, 2004) é aquele que se realiza em estradas de rodagem, apresenta como vantagens a possibilidade de serviço porta a porta, sem necessidade de fazer conexões durante seu percurso entre sua origem e destino, além de possuir uma frequência e disponibilidade do serviço, velocidade e comodidade inerentes ao serviço porta a porta (BALLOU, 2006).

Visando melhorar o sistema viário, destaca-se a engenharia de tráfego que, utilizando-se como parâmetro principal o fluxo de veículos que percorrem as vias durante todos os dias, trata a elaboração de projetos de sinalização, o planejamento e organização do trânsito, o estudo da circulação, hierarquização das vias, entre outras (CUCCI, 2015).

O presente artigo analisa a região central da cidade de Gaspar, que está localizada no Vale do Itajaí e faz limites com as cidades de Brusque, Ilhota e Blumenau. A Rodovia SC-412 atravessa a cidade de Gaspar na região central e possui uma extensão de aproximadamente 40 km. A mesma recebe um grande fluxo de veículos de várias partes da cidade de Gaspar bem como de cidades vizinhas (que escoam suas cargas principalmente pelo modo rodoviário), gerando assim um intenso congestionamento na cidade como um todo, devido ao fato de que a rodovia em estudo passa pelo meio da cidade.

Nesse sentido, a escolha do tema deste artigo tem por objetivo utilizar o simulador de tráfego SUMO para analisar as condições de trafegabilidade na região central da cidade de Gaspar. Apresenta-se uma comparação do cenário atual e cenário proposto.

2. Simuladores de tráfego

O crescente desenvolvimento das cidades e o fácil acesso à compra de veículos fizeram com que as cidades se tornassem cada vez mais congestionadas, seu sistema viário incapaz de suprir a demanda existente e sua população cada vez mais descontente com o mesmo.

Visando melhorar o problema dos congestionamentos nas cidades, um bom planejamento urbano do transporte se faz necessário. Aliado a ele existe a necessidade de implantar melhorias no sistema viário, assim cada vez mais se utilizam os softwares de simulação de tráfego.

Os resultados gerados com a simulação, obtida replicando uma sequência de eventos hipotéticos do sistema estudado em um simulador de tráfego, são aceitáveis para a decisão de implantação ou não de alguma mudança no sistema viário, vantagem que não existe quando a mudança é implantada antes da realização de simulações.

2.1 SUMO - Simulation of Urban Mobility

O "Simulação de Mobilidade Urbana", SUMO, é um software de simulação microscópica de tráfego rodoviário que foi projetado pelo Instituto de Sistemas de Transportes e que possui como características básicas o pouco consumo de memória, facilidade em estender a aplicação e velocidade nas simulações (LOPEZ, 2018).

Suas principais vantagens são a rapidez e portabilidade, fato que permite ao software rodar em qualquer ambiente computacional, onde sua simulação se faz de forma aberta e possui fácil compreensão.

O software é dividido em diversas partes, todas as entradas e saídas do programa estão contidas em arquivos no formato XML, cada uma dessas partes possui um determinado propósito que deve ser executado separadamente, assim para chegar a simulação final o usuário deve percorrê-las.

2.1.1 Características de movimento

Neste software o movimento longitudinal se dá separadamente do movimento lateral, e ambos pouco interagem entre si. Tem como inovação assumir que o motorista não é perfeito em realizar a velocidade desejada, assim a mesma se torna menor.

2.1.2 Malha viária

A malha viária utilizada na simulação pode ser obtida de duas formas. A primeira delas é importando modelos prontos de outros simuladores através da ferramenta NETCONVERT, que permite ler redes de outros simuladores de trânsito. A segunda forma é utilizando dois arquivos onde um contém as informações de cada intersecção (chamado de nodes) da via e outro contendo a interligação das vias (os edges). Esses dois arquivos são configurados e através do programa NETCONVERT é gerado um terceiro arquivo, com o formato de leitura para o SUMO, contendo a malha viária a ser estudada.

2.1.3 Controladores de tráfego

Para semáforo de comportamento simples pode ser inserido no SUMO, adicionando a característica `traffic_ligh` ao arquivo que contém os nós da malha viária. Porém quando se deseja uma programação semaforica mais complexa pode-se fazer uso da ferramenta TraCI (*Traffic Control Interface*), a qual permite conexão com o Python onde a programação do semáforo se faz da maneira lógica desejada.

2.1.4 Atribuição de demanda

O modelo de demanda original do SUMO é uma lista de veículos, com tempos de saída e dois pontos no mapa para origem e destino, chamado de trip. Também é possível com um simples algoritmo de caminho mais curto, obter uma lista com a rota completa de todos os veículos. Esta rota completa é chamada de route e é armazenada em arquivos XML para carregar o programa (HALLMANN, 2011). A demanda também pode ser feita através da utilização de definições de fluxo que permitem agregar mais veículos em uma viagem ou assinalamento dinâmico de demanda (DTA), onde se obtêm um conjunto realístico de rotas através da malha viária.

2.1.5 Relatórios

A simulação realizada no software SUMO permite gerar uma quantidade considerável de resultados, sendo eles apresentados em arquivos de texto ou através de sockets para o usuário. Através da linha de comando podem-se obter os relatórios mais comuns, o de posição dos veículos, informações de viagens, rotas de veículos e estatísticas. Com base nas informações geradas a partir dos softwares de simulação de tráfego, características referentes à Engenharia de Tráfego podem ser estudadas.

3. Características do tráfego

As características do tráfego são de fundamental importância nos estudos da engenharia de tráfego, elas são utilizadas para o planejamento e execução de melhorias do sistema viário atual bem como para futuras melhorias do mesmo.

3.1 Volume de tráfego

Define-se volume de tráfego (ou Fluxo de Tráfego) como o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo. É expresso normalmente em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph) (DNIT, 2006).

3.1.1 Volume médio diário (VMD)

É o número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante um certo período de tempo (DNER, 1999).

3.1.2 Volume horário (VH) e volume horário de projeto (VHP)

O número total de veículos trafegando em um determinado trecho de uma determinada hora do dia é chamado de volume horário (VH) (Dnit, 2006). Enquanto que VHP é o fluxo de veículos (número de veículos por hora) que deve ser atendido em condições adequadas de segurança e conforto pelo projeto da via em questão (DNER, 1999).

3.1.3 Volume da hora de pico (Vhp)

É o volume de tráfego em uma hora, dentro de um dia, em que uma rodovia está mais solicitada. Como os volumes de tráfego variam de dia para dia, mês para mês e de ano para ano, pode-se encontrar diversos Vhp diferentes (DNIT, 2006).

3.2 Fator de hora de pico (FHP)

As horas de pico, que contém os maiores valores para volume de veículos de uma via em um determinado dia, variam de acordo com o local escolhido, porém os mesmos tendem a se manter semelhantes quando escolhido o mesmo local no mesmo dia da semana (DNIT, 2006).

O fator horário de pico varia normalmente entre 0,25 para fluxo totalmente concentrado em um dos períodos de 15 minutos e 1,00 para fluxo completamente uniforme.

3.3 Composição do tráfego

A composição do tráfego nas vias contempla variados tipos de veículos, os quais diferem entre si em tamanho, peso e velocidade bem como os efeitos causados pelos mesmos são diferenciados. Considerando esse aspecto, os estudos de tráfego devem ser capazes de distinguir a composição do tráfego que circula ou circulará em determinado trecho rodoviário, afim de discriminar as seguintes categorias (CASTRO, 2001):

- Tráfego local: é o tráfego que circula atualmente na região;
- Tráfego desviado: é o tráfego que circula na região, porém em rodovias com melhores condições de tráfego que a rodovia a ser pavimentada;
- Tráfego gerado: é o tráfego que surgirá com a implantação da rodovia.

4. Estudo de caso: Trecho da região central da cidade de Gaspar

Cerca de 12 mil veículos passam pela Rodovia SC-412, também conhecida como Rodovia Jorge Lacerda, diariamente (DITRAN, 2015) e o congestionamento não está limitado somente

às regiões próximas a Rodovia. O problema se alastra por vários bairros da cidade gerando uma redução da velocidade de locomoção dos veículos bem como um maior tempo gasto no trânsito. Assim no presente artigo, a Rodovia SC-412 é analisada e considerada como a principal via geradora de congestionamentos na cidade de Gaspar, devido a seu intenso fluxo de veículos diários e sua localização.

Buscando melhorar a condição de trafegabilidade na cidade de Gaspar a Prefeitura Municipal tem um projeto futuro que se chama Contorno de Gaspar o qual possui a mesma finalidade que a Rodovia SC-412, ou seja, ligar a cidade de Blumenau ao litoral e vice-versa, sendo que não possui a necessidade de passar pelo centro da cidade de Gaspar, pretendendo-se a diminuição do fluxo de veículos presentes na região central da cidade.

4.1 A Rodovia SC-412 na cidade de Gaspar

A Rodovia SC-412, é uma rodovia de ligação que interliga o município de Itajaí, a partir da BR-101, com a cidade de Blumenau, passando pelas cidades de Ilhota e Gaspar, na região do Vale do Itajaí, com uma extensão aproximada de quarenta quilômetros. Por contornar a região central da cidade de Gaspar ela é utilizada por motoristas que são residentes da cidade de bem como por motoristas de outras cidades, mas que precisam trafegar na rodovia durante seu percurso, o que gera um intenso fluxo de veículos na cidade em horários de pico.

4.2 Coleta de dados

4.2.1 Identificação das regiões geradoras de tráfego

Para o presente artigo são consideradas quatro vias de acesso a regiões geradoras de tráfego: Rodovia Ivo Silveira; Rua Itajaí; Rodovia SC-412 e Ponte Hercílio Decker. Os fluxos de veículos das mesmas, quando em contato, geram congestionamentos na Rodovia SC-412 e se alastra para alguns bairros da cidade de Gaspar, fator que foi decisivo na escolha dessas regiões na análise de fluxo de veículos. A Figura 1 aponta as quatro regiões geradoras de fluxo de veículos.



Figura 1 - Vias de acesso as regiões geradoras de tráfego

Fonte: Googlemaps

4.2.2 Características da simulação

Para que a simulação seja realizada, primeiro faz-se necessário definir quais características são utilizadas, quais rotas possuem fluxo de veículos, a definição dos tipos de veículos que estarão presentes na simulação e as características dos fluxos de veículos presentes nas vias. As informações estão presentes em um arquivo denominado de “rotas.rou.xml”.

Em relação às rotas é necessário especificar as características dos veículos que circulam na simulação, sendo elas:

- Aceleração (accel): o quanto a velocidade do veículo aumenta a cada metro;
- Desaceleração (decel): o quanto a velocidade do veículo diminui a cada metro;
- Identificação do veículo (id): nome dado para o veículo;
- Tamanho do veículo (length): comprimento que cada veículo irá possuir na simulação;
- Velocidade máxima em que trafega (maxSpeed): o valor máximo que a velocidade de um veículo poderá atingir;
- Defeitos do motorista (sigmas): parâmetro relacionado a forma como o motorista dirige;
- Cor do veículo (color): cor atribuída a cada veículo na simulação.

A Tabela 1 apresenta os valores das principais características utilizadas. Para todos os cenários e todas as rotas, esses valores foram os mesmos.

Característica	Aceleração	Desaceleração	Tamanho	Velocidade Máxima	Defeitos do Motorista
	1 m/s	5 m/s	4 m	50 m/s	0.5

Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Valores para as características utilizados na simulação

A segunda parte a definir foram às rotas, as quais devem ser elaboradas uma a uma. Para isso é necessário saber o nome de cada trecho que constitui uma rota e colocá-los em sequência no arquivo. As rotas possuem como características a identificação da rota (*route id*) e os caminhos (*edges*). Para o presente artigo foram definidas nove rotas, que estão apresentadas a seguir:

- Rota 1: Rodovia Ivo Silveiro para cidade de Blumenau;;
- Rota 2: Rodovia Jorge Lacerda para cidade de Blumenau;
- Rota 3: Rua Itajaí para centro da cidade de Gaspar para Rua Itajaí;
- Rota 4: Cidade de Blumenau para Rodovia Jorge Lacerda;
- Rota 5: Cidade de Blumenau para Rodovia Ivo Silveira;
- Rota 6: Margem Esquerda para cidade de Blumenau;
- Rota 7: Cidade de Blumenau para Margem Esquerda;
- Rota 8: Rodovia Jorge Lacerda para centro da cidade de Gaspar para Rodovia Jorge Lacerda;
- Rota 9: Rodovia Ivo Silveria para centro da cidade de Gaspar para Rodovia Ivo Silveira.

As características dos fluxos de veículos em cada rota aparece na parte final desse arquivo. A mesma define como é o comportamento do fluxo na via escolhida, sendo constituída das seguintes partes: identificação do fluxo (*flow id*), tipo de veículos que a compõe (*type*), nome da rota percorrida (*route*), início (*begin*) e fim (*end*) do fluxo de veículos e o período em que cada veículo, que compõe o fluxo, entra na simulação (*period*).

Dentro da característica *period*, é alocado o fluxo de veículos que percorrem as vias simuladas em ambos os sentidos. Assim, para cada rota, um período é calculado como sendo a divisão no tempo de simulação estipulado pelo fluxo de veículos na hora de pico.

A característica período representa de quantos em quantos segundos um novo veículo entra na simulação, para cada rota. Neste trabalho, cada rota apresenta um valor de período.

4.3 Volumes de tráfego

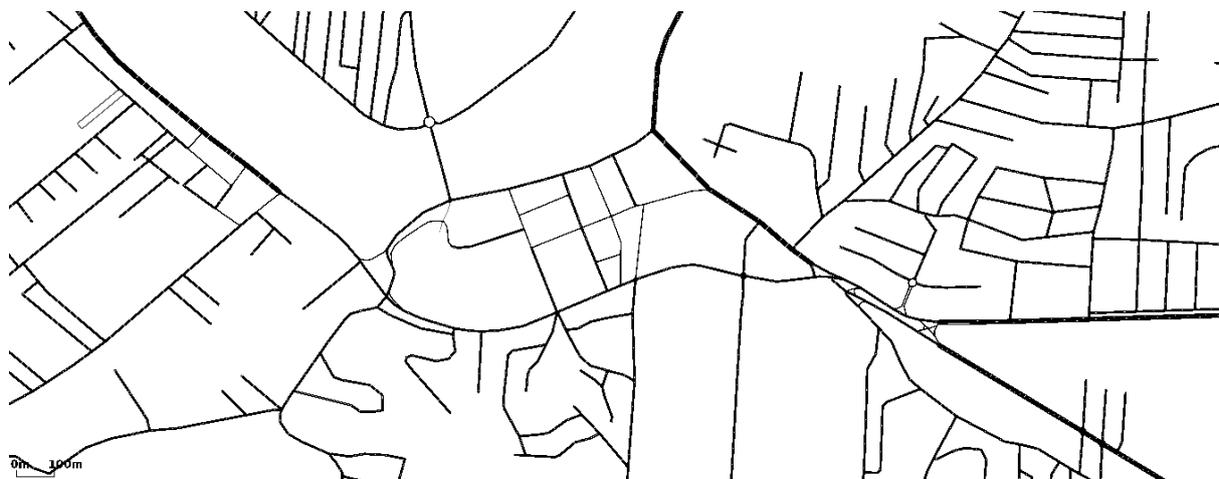
Os volumes de tráfego utilizados na simulação foram obtidos diretamente com o Departamento de Trânsito da cidade de Gaspar (DITRAN) ou por atribuição representativa (valor de mil veículos por via em ambos os sentidos).

Para a atribuição de fluxo de veículos em cada uma das rotas definidas, é utilizada uma porcentagem do fluxo de veículos presente no principal trecho da rota. Assim, dos valores informados pelo DITRAN, uma porcentagem do valor de cada via é considerado em suas respectivas rotas, fato considerado uma vez que os valores obtidos com o DITRAN representam quantos veículos passam por determinada via em ambos os sentidos, mas não é informado seu destino.

4.4 Simulação

A simulação é o resultado de uma sequência de etapas. Primeiro é necessário instalar no computador onde ocorrerá a simulação, os seguintes programas: sumo 0.24 e python. A definição da área para a simulação foi realizada através do openstreetmap que gera um arquivo denominado de “map.osm”.

Como o software de simulação de tráfego SUMO não consegue utilizar a extensão “.osm” é necessário fazer uma conversão do arquivo. A mesma é realizada através do prompt de comando. Uma sequência de passos é realizada e como resultado é gerado um novo arquivo de extensão “.xml” que agora pode ser interpretado pelo software SUMO.



Fonte: Autoria própria

Figura 2 – Malha viária

Em seguida cria-se o arquivo de rotas, aqui denominado de rotas.rou.xml. Assim, para a simulação são definidas nove rotas e seus respectivos fluxos de veículos alocados. Configurar a simulação é a última etapa a ser realizada. Nela um novo arquivo é criado e nomeado aqui como gaspar.sumo.cfg, o qual contém como dados de entrada os dois arquivos “map.net.xml” e rotas.rou.xml, e como dado de saída o arquivo emissao.xml e a especificação do tempo de simulação. A Figura 2 representa a malha viária pronta para ser simulada.

Ao final da simulação um arquivo de extensão *.xml é gerado. Então através script em python xyz.py, é possível converter o arquivo para a extensão *.csv”, para que o mesmo possa ser utilizado pelo programa Microsoft Office Excel.

Com os resultados já em forma de planilha, os mesmos são filtrados de acordo com as variáveis que se deseja analisar. No presente artigo essas variáveis são: emissão de CO_2 , CO, NO_x por veículo; velocidade do veículo; tempo de espera do veículo; quantidade de ruído emitida por veículo e combustível gasto por veículo.

Depois de filtrada as variáveis de análise, são obtidas a média de cada variável, considerando todos os cenários. Assim, a análise se constitui na comparação dos valores obtidos por cenário.

4.5 Cenários de análise

Nesta seção apresenta-se os três cenários analisados neste artigo. O primeiro compreende o cenário atual do fluxo de veículos presentes nas principais vias da cidade de Gaspar, no horário de pico, enquanto que o segundo e terceiro casos, os cenários propostos, ocorre uma redução de 20% e 50%, respectivamente, do fluxo de veículos nas vias simuladas.

4.5.1 Cenário 1 – cenário atual

Neste cenário o fluxo de veículos presente nas principais vias da cidade de Gaspar, é o fluxo em hora de pico atual. Para a definição dos valores encontrados, presentes na Tabela 2, são utilizados dados obtidos através do Departamento de Trânsito (DITRAN) da cidade de Gaspar e dados representativos, ambos com suas respectivas mudanças.

	Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4	Rota 5	Rota 6	Rota 7	Rota 8	Rota 9
Fluxo (HP)	333	642	100	475	333	167	83	83	83
Período	2,10	1,09	7,00	1,47	2,10	4,20	8,40	8,40	8,40

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 - Volume de tráfego

4.5.2 Cenários propostos

Para os cenários propostos é considerado um projeto que a Prefeitura Municipal de Gaspar planeja para o município, o qual é chamado de Contorno Viário de Gaspar e tem como principal objetivo reduzir o trânsito na região central da cidade e o tráfego de veículos na Rodovia SC-412 e, a duplicação da BR-470.

O cenário 2 proposto é então baseado em uma redução hipotética do fluxo de veículos de 20% enquanto que o cenário 3 proposto apresenta uma redução hipotética de 50% do fluxo de veículos nas vias modeladas na simulação.

4.5.2.1 Cenário 2 – Redução de 20%

Neste cenário, o fluxo de veículo que trafega pela cidade de Gaspar é reduzido em 20%. De posse dos valores apresentados na Tabela 2, calcula-se os novos fluxos e o cenário proposto 2 é simulado. Os fluxos de veículos em horário de pico e os períodos para cada rota são apresentados na Tabela 3.

	Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4	Rota 5	Rota 6	Rota 7	Rota 8	Rota 9
Fluxo (HP)	267	513	80	360	267	133	66	66	66
Período	2,63	1,36	8,75	1,84	2,63	5,25	10,50	10,50	10,50

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 - Volume de tráfego

4.5.2.2 Cenário 3 – Redução de 50%

Este cenário utiliza uma redução do fluxo de veículos na região central da cidade de Gaspar de 50%. A Tabela 4 apresenta os valores de fluxo de veículos em horário de pico para cada rota e seus respectivos períodos.

	Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4	Rota 5	Rota 6	Rota 7	Rota 8	Rota 9
Fluxo (HP)	167	321	50	238	167	83	42	42	42
Período	4,20	2,18	14,00	2,95	4,20	8,40	16,80	16,80	16,80

Fonte: Autoria própria

Tabela 4 - Volume de tráfego

Ao final das três simulações realizadas, pode-se fazer a análise das variáveis e a comparação entre os cenários, analisando quais foram às mudanças ocorridas no tráfego da região central da cidade de Gaspar.

5. Análise dos resultados

Tendo realizada a simulação dos três cenários propostos, os seus respectivos arquivos de resultados foram gerados e as seguintes variáveis analisadas:

- CO_2 (mg/s): a quantidade de CO_2 emitida por veículo;
- CO (mg/s): a quantidade de CO emitida por veículo;
- Speed (km/h): velocidade média do veículo;
- Waiting (s): o tempo que o veículo está esperando;
- Noise (dB): o barulho emitido pelo veículo;
- NO_x (mg/s): quantidade de óxido de nitrogênio emitido por veículo;
- Fuel (ml/s): quantidade de combustível gasto por veículo.

Essas variáveis são filtradas e faz-se uma média de cada uma delas, por rota e por cenário. A análise dos resultados obtidos está dividida em duas partes, primeiro são comparados os cenário atual e o cenário 2, sendo que posteriormente são comparados os cenários atual e o cenário 3, para assim poder saber quais foram as mudanças que ocorreram com a redução dos fluxos de veículos na região central da cidade de Gaspar, sendo que o foco é uma análise por rotas.

5.1 Análises dos cenários atual e cenário 2

De posse dos resultados gerados pela simulação do cenário atual e do cenário 2, para cada variável a média foi calculada e então os valores foram comparados. A Tabela 5 apresenta o quanto uma variável melhorou ou piorou no cenário 2 com relação ao cenário atual. As setas indicam o sentido em que as mudanças ocorreram.

Rota	Waiting (s)	Speed (km/h)	CO ₂ (mg/s)	CO (mg/s)	NOX (mg/s)	Noise (dB)	Fuel (ml/s)
Rota 1	↑ 10,53%	↓ 15,6%	↓ 9,09%	↓ 12,72%	↓ 10,84%	↓ 0,90%	↓ 9,09%
Rota 2	-	↑ 0,47%	↑ 0,04%	↑ 0,54%	↑ 0,19%	↑ 0,075	-
Rota 3	↓ 0,88%	↑ 17,42%	↑ 17,08%	↑ 14,42%	↑ 17,57%	↑ 1,50%	↑ 17,6%
Rota 4	↑ 57,10%	↓ 17,96%	↓ 17,19%	↓ 17,07%	↓ 17,64%	↓ 0,97%	↓ 17,33%
Rota 5	↓ 55,71%	↑ 47,69%	↑ 36,6%	↑ 49,1%	↑ 39,27%	↑ 1,15%	↑ 37,31%
Rota 6	↓ 43,3%	↑ 1,22%	↑ 2,72%	↑ 0,97%	↑ 2,68%	↑ 0,30%	↑ 3,17%
Rota 7	↓ 0,92%	↓ 4,09%	↓ 6,13%	↓ 6,54%	↓ 6,16%	↓ 0,29%	↓ 6,66%
Rota 8	↓ 13,91%	↑ 69,9%	↑ 54,01%	↑ 58,27%	↑ 58,02%	↑ 4,90%	↑ 55,10%
Rota 9	↑ 55,92%	↓ 2,43%	↑ 14,46%	↑ 5,40%	-	-	↑ 14,28%

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 – comparação cenário atual com cenário 3 proposto

5.2 Análise dos cenários atual e cenário 3

De posse dos resultados gerados pela simulação do cenário atual e do cenário 3, para cada variável a média foi calculada e então os valores foram comparados. A Tabela 6 apresenta o quanto uma variável melhorou ou piorou no cenário 3 com relação ao cenário atual. As setas indicam o sentido em que as mudanças ocorreram.

Rota	Waiting (s)	Speed (km/h)	CO ₂ (mg/s)	CO (mg/s)	NOX (mg/s)	Noise (dB)	Fuel (ml/s)
Rota 1	↓ 23,51%	↓ 12,52%	↓ 8,87%	↓ 12,02%	↓ 9,90%	↓ 0,72%	↓ 9,09%
Rota 2	↑ 65,57%	↓ 0,17%	↓ 0,23%	↓ 0,35%	-	-	-
Rota 3	↓ 34,90%	↑ 18,61%	↑ 19,71%	↑ 16,63%	↑ 20,70%	↑ 1,63%	↑ 21,56%
Rota 4	↓ 23,31%	↑ 11,50%	↑ 10,75%	↑ 9,82%	↑ 10,96%	↑ 1,27%	↑ 10,66%
Rota 5	↓ 23,70%	↑ 18,47%	↑ 11,10%	↑ 19,08%	↑ 12,38	↑ 1,60%	↑ 11,94%
Rota 6	↓ 0,10%	↓ 0,19%	↑ 1,31%	↓ 0,72%	↑ 1,10%	-	↑ 1,58%
Rota 7	↓ 23,80%	↑ 18,38%	↑ 14,22%	↑ 15,25%	↑ 15,06%	↑ 1,60%	↑ 14,28%
Rota 8	↓ 31,17%	↑ 39,05%	↑ 34,17%	↑ 33,10%	↑ 36,21%	↑ 2,86%	↑ 34,69%
Rota 9	↑ 4,66%	↑ 0,97%	↑ 14,96%	↑ 6,58%	↓ 27,98%	↑ 0,32%	↑ 17,14%

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 – comparação cenário atual com cenário 3 proposto

A partir dos dados gerados para os três cenários simulados é possível observar que uma redução no fluxo de veículos, no horário de pico, resulta em melhorias na trafegabilidade de algumas rotas simuladas do sistema viário da cidade de Gaspar, através do aumento da velocidade praticada pelos veículos. Ligado a esse fator, a redução do tempo de espera nas vias também é um ponto relevante no estudo do tráfego urbano, uma vez que a mesma representa o tempo em que os veículos ficam nas vias sem que haja movimento dos mesmos.

Outra análise dos cenários tem relação com a poluição provocada pelos veículos. Em muitas das rotas a emissão do gás poluente CO_2 se deu em grande quantidade, enquanto que dos gases CO e NO_x a quantidade gerada foi consideravelmente menor. Ainda em relação à poluição, a análise contou com a geração de valores para o ruído gerado por veículo nas rotas, quanto maior a velocidade praticada maior é a emissão de barulho pelo veículo.

A análise dos dados referentes às simulações tem por objetivo mostrar o quanto de cada variável o cenário traria como resultado, tanto para a questão operacional de tráfego em vias quanto em questão ambiental, para assim poder comparar os cenários e mostrar as diferenças entre eles.

6. Considerações Finais

No presente artigo analisaram-se três cenários com diferentes situações de tráfego na região central da cidade de Gaspar, sendo que todos simulam o fluxo de veículos em horário de pico.

O cenário 1 buscou retratar o cenário mais próximo do real em termos de fluxo de veículos. Nele, nenhuma redução no fluxo de veículo foi realizada. De acordo com os dados obtidos pela simulação e pela distribuição final dos veículos nas vias simuladas, foi possível perceber que as Rodovias SC-412 e Rodovia Ivo Silveira são as mais congestionadas durante o horário de pico.

Para o cenário proposto de redução de 20% do fluxo de veículos na região central da cidade de Gaspar, observou-se que a Rua Aristiliano Ramos sofreu uma redução do número de veículos, o que provoca uma melhor fluidez no centro da cidade de Gaspar. Nesse cenário cinco vias simuladas apresentaram melhorias em termos de velocidade e tempo de espera.

Já para o cenário proposto de redução de 50% do fluxo de veículos na região central da cidade de Gaspar, apresentou velocidades maiores para a Rua Aristiliano Ramos, via central da cidade de Gaspar, além de melhorar a velocidade, reduziu o tempo de espera de 6 rotas simuladas.

A partir dos resultados gerados pelas três simulações, foi possível observar as mudanças que podem acontecer na região central da cidade de Gaspar com as novas mudanças a serem realizadas na cidade. Elas trarão maior fluidez para os veículos bem como melhora na qualidade de vida dos moradores da cidade.

7. Referências Bibliográficas

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CASTRO, Bruno Almeida Cunha de. **Construção de Estradas e Vias Urbanas**. Belo Horizonte: Bruno Almeida Cunha de Castro, 2001.

CNT. Pesquisa Aquaviária – Relatório Gerencial. Brasília: Confederação Nacional do Transporte. Acesso em: 15 jun. 2018.

CUCCI NETO, João. **Engenharia de Tráfego Urbano**. São Paulo, 2011.

DITRAN - **Departamento de Trânsito da cidade de Gaspar. Dados fluxo de veículos**. Gaspar, 2015.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, 1999.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

FREITAS, Maxsoel Bastos de. Transporte rodoviário de cargas e sua respectiva responsabilidade civil. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 9, n. 314.

HALLMANN, Henrique Vieira. **Comparação entre Softwares Simuladores de Trânsito**. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LOPEZ, ALVAREZ; et al. **Microscopic Traffic Simulation using SUMO**. In: 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), pp. 2575-2582. IEEE. The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, 4.-7, Maui, USA, 2018.

PORTUGAL, L. S. Simulação de tráfego – Conceitos e Técnicas de Modelagem. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2005.