UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES CENTRO TECNOLÓGICO – CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Carolina Viana Maia Rafael Matos Costa

USO DE MICROSSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM CORREDOR VIÁRIO URBANO DECORRENTE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BRT VERSUS ADIÇÃO DE UMA TERCEIRA FAIXA DE TRÁFEGO EM CADA PISTA POR SENTIDO EM CARAPINA, SERRA, ES, BRASIL.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES

Carolina Viana Maia Rafael Matos Costa

USO DE MICROSSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM CORREDOR VIÁRIO URBANO DECORRENTE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BRT VERSUS ADIÇÃO DE UMA TERCEIRA FAIXA DE TRÁFEGO EM CADA PISTA POR SENTIDO EM CARAPINA, SERRA, ES, BRASIL.

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M. Antônio Luiz Caus

Carolina Viana Maia Rafael Matos Costa

USO DE MICROSSIMULAÇÃO NA ANÁLISE DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM CORREDOR VIÁRIO URBANO DECORRENTE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BRT VERSUS ADIÇÃO DE UMA TERCEIRA FAIXA DE TRÁFEGO EM CADA PISTA POR SENTIDO EM CARAPINA, SERRA, ES, BRASIL.

Aprovado em <u>21 / 05 / 2021</u>

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Antônio Luiz Caus Universidade Federal do Espírito Santo Orientador

Prof. Dr^a. Marta Monteiro da Costa Cruz Universidade Federal do Espírito Santo Examinadora interna

Prof. Me. Leivisgton Jansen Instituto Federal do Espírito Santo Examinador externo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, que em sua graça nos concedeu sabedoria, discernimento, saúde e perseverança para enfrentar os momentos difíceis dentro e fora da graduação, sendo nosso maior suporte neste momento atribulado que passamos.

Somos gratos também aos nossos pais e familiares, por tudo que nos proporcionaram em nossas vidas e amparo durante todo esse período. Ao amor, carinho e compreensão oferecidos. E por nos incentivarem e apoiarem incessantemente nessa caminhada, mesmo quando passamos por dificuldades durante esse processo. Sem vocês, esse momento não seria possível em nossas vidas.

Aos professores, nossos mestres, por transmitir seus conhecimentos para nós ao longo do curso com tamanha dedicação e paciência. Principalmente, ao nosso orientador, Antônio Luiz Caus, que foi solícito em nos ajudar a todo momento e por acrescentar e inspirar nosso desenvolvimento profissional.

Aos nossos amigos, colegas de curso e profissão, por contribuir a nossa formação com momentos de desabafos, inspiração, consolo, conhecimento e por partilhar conosco dias de alegrias e de dificuldades, que tornaram essa caminhada possível e mais leve.

E ao fim, agradecemos à Universidade Federal do Espírito Santo, que permitiu realizar essa graduação com tantas experiências e aprendizados essenciais para o nosso desenvolvimento como profissionais de engenharia civil.

RESUMO

A localização do novo Terminal Urbano Carapina e as mudanças previstas para a geometria da malha viária em seu entorno, inclusive o rearranjo da própria geometria das pistas da BR-101 para possibilitar a implantação do BRT com faixa exclusiva para ônibus, foram medidas definidas pelo Governo do Estado visando a implantação do BRT na região de Carapina. Por outro lado, a Prefeitura Municipal da Serra desenvolveu um projeto de ampliação da capacidade viária para a BR-101 - Travessia Urbana de Carapina, adicionando uma terceira faixa de tráfego às duas pistas existentes, por sentido da rodovia, junto com a alteração da geometria de dois retornos, visando reduzir os congestionamentos que ali se verificam diariamente nessa região. Este estudo tem como propósito analisar e comparar os impactos desses dois conjuntos de intervenções entre si e sobre a atual capacidade de trânsito da área central de Carapina, a partir de dados de contagem de tráfego obtidos junto à Prefeitura e da utilização do software PTV Vissim. Os três cenários foram simulados em duas distintas circunstâncias, sendo que a primeira considerou o fluxo de tráfego para o ano de 2020 e a segunda reflete a quantidade esperada de veículos circulando para o ano de 2035. Os resultados virtuais apresentados nas simulações permitiram confirmar que a configuração física viária atual impõe grandes congestionamentos na travessia desse trecho de rodovia federal, uma vez que no ano de 2035 o nível de serviço será F, o atraso médio será de 87 segundos por veículo e o comprimento da fila será de 168 metros. Também foi possível observar que, para o horizonte de 2035 a proposta da prefeitura apresentará, respectivamente: para os esses mesmos parâmetros descritos anteriormente os seguintes valores médios: D, 44 segundos e 127 metros, melhorando parcialmente a fluidez dos veículos que por ali circulam. A proposta do Governo do Estado, em 2035, proporcionará os seguintes valores para os três parâmetros estudados, respectivamente: E, 70 segundos e 175 metros. Com isso, observa-se que para a implantação de faixas segregadas na rodovia para a priorização do transporte coletivo torna-se imprescindível um viaduto na interseção 6, enquanto para a fluidez geral do tráfego dessa região a proposta da Prefeitura é a mais indicada.

Palavras-chave: Terminal Carapina, BRT, simulação de tráfego, nível de serviço, capacidade de tráfego, mobilidade urbana.

ABSTRACT

The location of the new Carapina Urban Terminal and the changes for the geometry of the road network in its surroundings, inclusive the adequantion the part of BR-101 tracks to possibility an implementation of BRT foward with exclusive track for a bus, those were actions by the govern of Espirito Santo's state to implement the BRT in Carapina's region. This study, this interventions integrates the scenario 3. On other side, the city hall of Serra developed a project enlargement road capacity for BR-101 – Urban Crossing of Carapina, adding a third track of trafic in the two parts of the road existents with the changes in the geometry of the points to return, therefore reduces the congests that daily happen in the region, here denominated scenario 2. This study propose to analyze and compare the impacts of these two sets of interventions between them about the actualy capacity of trafic in the central area of Carapina - Scenario 1, starting from the data count of trafic with the city hall and of uses the software PTV Vissim. The three scenarios were simulated in specific circumtances, then the first considered the trafic flow for the year 2020 and the second reflects how many vehicles we waiting to circling in 2035. The virtual results presents in the simulations confirm the actually track phisycal configuration predicts major congests in this crossing, a federal road stretch, once time in the year 2035 the level of service will be F, the medium delay will be 87 seconds per vehicle and de size of row 168 meters. Also were possible to look that in 2035 the scenario 2 will presents, respectively: For the three parameters that were intruduced have this mediuns value: D, 44 seconds and 127 meters, partially improving the fluidity of the vehicles that circulate there. The propose of scenario 3, in 2035, it will provide the following values forthree parameters studied, respectively: E, 70 seconds and 175 meters. Decreasing by up to 25% and 50%, respectively, the length of the congests and the delay on the main (central) road when capared to scenario 1 – current in relation to scenario 2.

Keywords: Carapina Terminal, BRT, traffic simulation, service level, traffic capacity, urban mobility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Diagrama de execução de modelo de simulação	34
Figura 2: Organograma das atividades.	37
Figura 3: Vista aérea da área de estudo.	38
Figura 4: Cenário 2 – Projeto adequação viária da BR-101 com terceira faixa por	
sentido	40
Figura 5: Localização do novo terminal de Carapina da Serra	41
Figura 6: Cenário 3 - Projeto de adequação viária da BR-101 ao BRT	42
Figura 7: Mapa de movimentos das interseções 3 e 4	44
Figura 8: Mapa de movimentos das interseções 12 e 13	45
Figura 9: Mapa de movimentos da interseção 15	46
Figura 10: Ponto de coleta dos ciclos semafóricos (Ponto 3)	52
Figura 11: Rota de acesso à Rua Manoel Carlos Miranda pela BR-101	62
Figura 12: Rota de acesso ao cruzamento da BR-101 na altura da UPA de Carap	ina
a partir da Avenida Norte-Sul no Cenário do Governo do Estado	63
Figura 13: Rota de acesso a Travessa Antônio Francisco I a partir da BR-101	64
Figura 14: Posicionamento dos grupos semafóricos proposta prefeitura	67
Figura 15: Tempos semafóricos das interseções I3 e I6	68
Figura 16: Posicionamento dos grupos semafóricos projeto do Estado – Cenário 3	3 69
Figura 17: Tempos semafóricos da interseção I3, I4 e I5	70
Figura 18: Interseção Rua Carioca com Avenida Norte-Sul	71
Figura 19: Interseção Avenida Norte-Sul com Rua Carioca	71
Figura 20: Interseção Avenida Norte-Sul com Rua Edilson Pompermayer	72
Figura 21: Interseção Avenida Norte-Sul com Rua Edilson Pompermayer	72
Figura 22: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Edilson Pompermayer	73
Figura 23: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Edilson Pompermayer	73
Figura 24: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Carioca	74
Figura 25: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Carioca	74
Figura 26: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Carioca	75
Figura 27: Resumo das simulações realizadas	76
Figura 28: Cenário 1: suas Interseções estudadas	77
Figura 29: Interseção 1 no Cenário 1	78
Figura 30: Fila na interseção I1 no Cenário 1	79

Figura 31: Interseção I2 do Cenário 1	80
Figura 32: Interseção 3 do Cenário 1	81
Figura 33: Interseção 4 do Cenário 1	83
Figura 34: Cenário 2 e suas interseções	85
Figura 35: Interseção 1 do Cenário 2	86
Figura 36: Interseção 2 do Cenário 2	87
Figura 37: Interseção 3 do Cenário 2	89
Figura 38: Interseção 4 do Cenário 2	91
Figura 39: Interseção 6 do Cenário 2	92
Figura 40: Cenário 3 - Localização das interseções analisadas	94
Figura 41: Interseção 1 do Cenário 3	95
Figura 42: Nível de serviço da interseção I1 do Cenário 3	96
Figura 43: Interseção 2 do Cenário 3	97
Figura 44: Nível de serviço no nó l2 do Cenário 3	98
Figura 45: Interseção 3 do Cenário 3	99
Figura 46: Interseção 4 do Cenário 3	100
Figura 47: Inserção 5 do Cenário 3	102
Figura 48: Fila na interseção I5 no Cenário 3	103
Figura 49: Inserção 6 do Cenário 3	104
Figura 50: Fila na intersecção l6 no Cenário 3	105
Figura 51: Posição dos grupos semafóricos na geometria atual	119
Figura 52: Tempos semafóricos na interseção I1	119
Figura 53: Tempos semafóricos na interseção I2	120
Figura 54: Tempos semafóricos na interseção I3	120
Figura 55: Tempos semafóricos na interseção I4	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Equivalência de acordo com DENATRAN	21
Tabela 2: Critérios para fluxo de saturação	28
Tabela 3: Correlação entre nível de serviço e atraso médio para interseção não	
semaforizada	30
Tabela 4: Correlação entre nível de serviço e atraso médio para interseção	
semaforizada	31
Tabela 5: Planilha de contagem classificada de tráfego da interseção 3 A	47
Tabela 6: Amostra total classificada por tipo de veículos nas 5 interseções de estu	obu
	48
Tabela 7: Volume de tráfego no período da manhã	50
Tabela 8: Volume em UCP por movimento, na interseção 3 – Horário Pico Manhã	.51
Tabela 9: Volume em UCP por movimento, na interseção 4 – Horário Pico Manhã	.51
Tabela 10: Volume em UCP por movimento, interseção 12 – Horário Pico Manhã	51
Tabela 11: Volume em UCP por movimento, na interseção 13 – Horário Pico Man	hã
	51
Tabela 12: Volume em UCP por movimento, na interseção 14 – Horário Pico Man	hã
	52
Tabela 13: Quantidade de ônibus que circula na área de estudo na hora-pico	53
Tabela 14: Frota de veículos do Município da Serra entre 2009 e 2020	54
Tabela 15: Relação entre valores de x e os dados de frota analisados	56
Tabela 16: Crescimento percentual da frota de veículos no Município de Serra em	1
relação a 2020	56
Tabela 17: Volume de veículos nas redes simuladas	57
Tabela 18: Inputs do Cenário Atual (C1) para a hora-pico da manhã	60
Tabela 19: Inputs do Cenário da proposta da Prefeitura da Serra para a hora-pico	da
manhã	61
Tabela 20: Inputs do projeto de alteração proposto pelo Governo do Espírito Sant	0
para a hora-pico da manhã	61
Tabela 21: Velocidade regulamentar das vias	65
Tabela 22: Resultado da simulação da interseção I1 para o Cenário 1 em 2020 e	
2035	79
Tabela 23: Resultado da simulação do nó l2 para o Cenário 1 em 2020 e 2035	80

Tabela 24: Resultado da simulação da interseção l3 para o Cenário 1 em 2020 e 2035	82
Tabela 25: Resultado da simulação da interseção l4 para o Cenário 1 em 2020 e 2035	83
Tabela 26: Resultado da simulação da interseção I1 para o Cenário 2 em 2020 e 2035	
Tabela 27: Resultado da simulação da interseção I2 para o Cenário 2 em 2020 e 2035	
Tabela 28: Resultado da simulação da interseção I3 para o Cenário 2 em 2020 e 2035	
Tabela 29: Resultado da simulação da interseção l4 para o Cenário 2 em 2020 e 2035	
Tabela 30: Resultado da simulação da interseção l6 para o Cenário 2 em 2020 e 2035	
Tabela 31: Resultado da simulação da interseção I1 para o Cenário 3 em 2020 e 2035	
Tabela 32: Resultado da simulação da interseção l2 para o Cenário 3 em 2020 e 2035	
Tabela 33: Resultado da simulação da interseção l3 para o Cenário 3 em 2020 e 2035	
Tabela 34: Resultado da simulação da interseção l4 para o Cenário 3 em 2020 e	
Tabela 35: Resultado da simulação da interseção I5 para o Cenário 3 em 2020 e	
Tabela 36: Resultado da simulação da interseção l6 para o Cenário 3 em 2020 e	
2035	
Tabela 37: Nó I1 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020 Tabela 38: Nó I1 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035	
Tabela 39: Nó I2 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020	
Tabela 40: Nó l2 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035	
Tabela 41: Nó l3 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020	
Tabela 41: No l3 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035	
Tabela 43: Nó l4 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020	
Tabela 44: Nó l4 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035	
	. 55

Tabela 45: Nó l6 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020	110
Tabela 46: Nó l6 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Volume de veículos contados no período matutino	49
Gráfico 2: Crescimento da frota de veículos no Município da Serra até 2035	55

LISTA DE ABREVIATURAS

BRT – Bus Rapid Transit

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

CETURB/ES - Companhia Estadual de Transportes Coletivos de Passageiros do

Estado do Espírito Santo

PTV - Planung Transport Verkehr

CTB - Código de Trânsito Brasileiro

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

VH – Volume Horário

DH - Demanda Horária

VMD – Volume Médio Diário

VMDa - Volume Médio Diário Anual

VMDm - Volume Médio Diário Mensal

VMDs - Volume Médio Diário Semanal

VMDd - Volume Médio Diário em um dia da semana

FHP – Fator de Hora-pico

PGT – Polo Gerador de Tráfego

PGV – Polo Gerador de Viagens

PMS - Prefeitura Municipal da Serra

HCM - Highway Capacity Manual

UCP - Unidade de Carro de Passeio

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

TRANSCOL – Sistema de Transporte Coletivo da Grande Vitória

SETOP - Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVO	17
2	2.1 JUSTIFICATIVA	17
3.	ENGENHARIA DE TRÁFEGO	18
;	3.1 ELEMENTOS DO TRÁFEGO	18
	3.1.1 Usuário	19
	3.1.2 Via	19
	3.1.3 Veículos	20
4.	CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO	21
4	4.1. VOLUME DE TRÁFEGO	21
	4.1.1. Volume horário	22
4	4.2. POLOS GERADORES DE TRÁFEGO, IMPACTOS E PARÂMETROS DE	
	ENQUADRAMENTO	23
	4.2.1 BRT e seus impactos	24
	4.2.2. Terminais Urbanos de Passageiros	24
4	4.3. ÁREA DE INFLUÊNCIA E ÁREA CRÍTICA	25
4	4.4. DENSIDADE E HEADWAY	26
4	4.5. FLUXO DE SATURAÇÃO	27
4	4.6. TAXA DE OCUPAÇÃO	28
4	4.7. CAPACIDADE VIÁRIA E NÍVEIS DE SERVIÇO	29
4	4.8. FORMAÇÃO DE FILAS	31
4	4.9. GRAU DE SATURAÇÃO	32
5.	SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	32
,	5.1 MODELOS DE SIMULAÇÃO	34
	5.2 TEORIA DAS FILAS Erro! Indicador não defin	ido.
	5.3 ESCOLHA DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO	35

	5.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SIMULAÇÃO	36
6	6. METODOLOGIA	36
7	'. ESTUDO DE CASO	38
	7.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
	7.1.1 Geometria Atual	38
	7.1.2 Intervenções Propostas	39
	7.2 DADOS DO TRÁFEGO	43
	7.2.1 Contagem Volumétrica	43
	7.2.2 Ciclos Semafóricos	52
	7.2.3 Conversões de Veículos	52
	7.2.4 Transporte Público	53
	7.2.5 Projeção de Dados	53
	7.3 CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS SIMULADOS	58
	7.3.1 PTV Vissim	58
	7.3.2 Construção da malha	59
	7.3.3 Calibração do Modelo	66
	7.4 DIMENSIONAMENTO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	66
	7.4.1 Sinalização semafórica proposta prefeitura – Cenário 2	66
	7.4.2 Sinalização semafórica para o projeto do Estado – Cenário 3	68
	7.5 VALIDAÇÃO DO MODELO	70
8	B. APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
	8.1 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS	75
	8.2 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EM CADA CENÁRIO	76
	8.2.1 Cenário 1: Simulação com a geometria atual da BR-101(anos de 2020	е
	2035)	77
	8.2.2 Cenário 2: Simulação da geometria proposta pela Prefeitura da Serra	84
	8.2.3 Cenário 3: Simulação da geometria proposta pelo Estado para o BRT	93

8.	3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS	106
9.	CONCLUSÕES	113
10.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	115
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊ	NDICE A – Ciclos semafóricos das interseções analisadas	119

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades no Brasil encontra-se ainda atrelado ao aumento do tráfego de veículos. Nesse contexto está inserido o estudo da mobilidade urbana, no qual almeja-se melhorar a qualidade de vida da população, pois busca garantir a todo cidadão o direito de acesso às cidades de forma justa e eficiente. Além disso, a mobilidade urbana visa contribuir para o desenvolvimento das cidades.

Segundo dados do Relatório Anual de Estatística de Trânsito do Detran - ES de 2005 a 2018, a frota de veículos do estado aumentou em 136,85%. Ou seja, no período de 13 anos, a frota do estado mais que dobrou em quantidade, atingindo a marca de 1.906.054 veículos. Esse acréscimo de veículos circulantes nas vias corresponde à diminuição do nível de serviço das mesmas. Dessa forma, fazem-se necessários estudos minuciosos a fim de gerar propostas de intervenções e alterações na circulação de veículos das cidades. Essas propostas devem visar a minimização dos impactos sobre a mobilidade das pessoas, principalmente aquelas que se deslocam por grandes distâncias (de regiões periféricas aos centros urbanos). Além de proporcionar maior desenvolvimento econômico e social das cidades.

Para tal, são utilizadas ferramentas computacionais com a finalidade de simular os impactos de propostas de solução que modificam o status quo do sistema viário ou da circulação de uma determinada região da cidade. Pois permitem avaliar melhor cada alternativa estudada. Dessa forma, é possível otimizar a aplicação dos recursos públicos e determinar aquela que apresente um maior benefício para a qualidade de vida da população.

2. OBJETIVO

Esse trabalho teve como objetivo analisar, através de ferramenta de simulação computacional, o impacto da implantação da obra do Sistema BRT versus a simples adição de uma terceira faixa de tráfego em cada pista por sentido sobre a capacidade de tráfego do segmento da BR-101/ES compreendido entre o viaduto sobre estrada de ferro Vitória-Minas e o Viaduto de Carapina (KM 267), no município da Serra, denominada Travessia Urbana de Carapina.

Serão analisados os impactos gerados nos principais cruzamentos da BR-101 com vias no entorno do futuro terminal urbano de passageiros de Carapina com a implantação do projeto do BRT, utilizando-se o software de simulação PTV Vissim, desenvolvido pela empresa alemã Planung Transport Verkehr AG.

2.1 JUSTIFICATIVA

O Município da Serra destaca-se na Região Metropolitana da Grande Vitória como importante polo gerador de empregos, pois tornou-se berço para instalação de grandes empresas principalmente do setor da indústria.

A implantação do projeto pelo Governo do Estado de implementação do BRT no corredor formado pelas avenidas Nossa Senhora da Penha e Fernando Ferrari e na BR-101, além da alteração da localização do Terminal Rodoviário de Carapina, afetarão de maneira significativa os níveis de serviços e o volume de tráfego na região da BR-101 denominada de travessia urbana de Carapina.

Portanto, é essencial que sejam verificados se as vias e interseções existentes nessa travessia urbana permitirão a destinação de parte do espaço viário disponível para a priorização da circulação do sistema de transporte coletivo sem a ocorrência de colapso da fluidez do tráfego viário, além de absorver os acréscimos de demanda decorrentes da expansão da economia local a ser verificada nos próximos anos. Sendo assim, a qualidade de vida da população e o desenvolvimento econômico da cidade não serão prejudicadas por um possível acirramento dos níveis atuais de congestionamentos, possibilitando que o poder público promova ações antecipadas para a solução dos gargalos encontrados.

3. ENGENHARIA DE TRÁFEGO

Segundo Vasconcelos, Carvalho e Pereira (2011), o crescimento da frota de veículos em circulação nas cidades, o crescimento demográfico e o aumento da mobilidade exercem pressão sobre a modernização da infraestrutura vias de transportes, no entanto o que se observa é a defasagem crescente entre o crescimento urbano e a frota de veículos com relação aos investimentos realizados para a modernização e ampliação da rede viária.

A Engenharia de Tráfego dentro deste contexto busca coletar dados que mensuram os principais elementos do tráfego – pedestres, motoristas, veículos e vias - e como eles interagem entre si. Contribuindo por meio de estudos sistemáticos que permitem compreender o comportamento do fluxo de veículos em uma via em um determinado período para realizar uma análise qualitativa da capacidade dela e determinar os meios necessários para aplicar melhorias de projeto e circulação.

Para Pignataro (1973), esse ramo da engenharia não trata apenas dos problemas oriundos dos fatores físicos, mas constantemente sofre influência do comportamento humano, das relações entre os usuários e a complexidade do meio. E abrange funções como o planejamento e projeto geométrico das vias, operação e controle do tráfego e integração dos diversos meios de transporte a fim de proporcionar mobilidade com segurança e eficiência de pessoas e bens.

Por isso, os estudos de tráfego tornam-se fundamentais para guiar as decisões sobre o melhor aproveitamento dos recursos destinados a infraestrutura das vias. Determinam os impactos relacionados à malha viária e fornecem os conceitos e metodologias necessárias para propor soluções que visão maior eficiência do tráfego.

3.1 ELEMENTOS DO TRÁFEGO

3.1.1 Usuário

Segundo Silva (1994) os usuários do sistema de tráfego são divididos em motoristas, pedestres e passageiros, podendo-se ainda considerar todos aqueles que, de alguma forma, sofrem impacto da atividade do tráfego por onde passa a malha viária, incluindo os moradores e trabalhadores dessas regiões.

Da Silva, Costa e Macedo (2008) elencam os fatores responsáveis por captar a atenção do motorista em três grupos: fatores da via referentes à geometria e sinalização, fatores consequentes do tráfego da via e fatores indiretamente relacionados com o sistema de tráfego. Ainda segundo os autores, todos esses fatores configuram parte importante no tempo de resposta do condutor, onde a reação a um estímulo se dá através da percepção, identificação, processamento e resposta.

Ao conduzir um veículo, os motoristas também estão vulneráveis a fatores físicos, emocionais e mentais, que em conjunto com atores externos influenciam seus movimentos. E devem fazê-lo de acordo com as normas de trânsito vigentes.

Para Cucci (2014) deve-se observar atentamente o comportamento local dos pedestres que circulam por uma região, sendo ideal medir a velocidade no local de estudo. Contudo, essa prática nem sempre é possível, para tal é possível recorrer aos valores estimados em normas do DNIT.

Estes grupos de usuários se relacionam a partir do momento que concorrem por espaço e circulação nas vias, já que transitam num mesmo ambiente. Por isso, ao grupo dos pedestres deve ser dada grande importância ao se planejar o tráfego e seu fluxo, levando em consideração o comportamento, fatores físicos e mentais.

3.1.2 Via

A via é o principal elemento do tráfego cujo engenheiro de trafego pode intervir de forma preventiva ou corretiva, pontuando mudanças de geometria, pavimento, sinalização e controle do tráfego para promover melhorias e proporcionar aos usuários maior conforto e segurança.

Cucci (2014) fala sobre a importância e funcionalidade da via que implicam na qualidade e funcionamento dos deslocamentos: de grande distância, ligação entre regiões, dentro dos bairros e acessos às edificações.

O Código de Trânsito Brasileiro classifica as vias em quatro categorias e leva em consideração as características físicas e funcionais (CTB, 1997):

- I. Expressa: via de trânsito rápido, possui trânsito livre, acessos especiais e não tem interseções em nível, não tem acesso aos lotes que margeiam e não possui travessia de pedestres em nível. Sua a velocidade máxima é de 80km/h;
- II. Arterial: via de ligação entre as regiões da cidade, em algumas localidades denominadas como avenida. Possui interseções em nível, permitindo acesso às vias coletoras e locais. Normalmente são controladas por semáforos e possuem velocidade máxima de 60 km/h;
- III. Coletora: viabiliza o trânsito dentro das regiões da cidade, serve de acesso às vias arteriais e expressas. Sua velocidade máxima é de 40 km/h;
- IV. Local: destinada a possibilitar o acesso local ou a áreas restritas. Tem como características fundamentais interseções em nível não semaforizadas e velocidade máxima é de 30 km/h.

3.1.3 Veículos

Os veículos são classificados conforme as suas dimensões e capacidade de carga. E é preciso considerar as suas características no planejamento das vias, tanto em seu projeto estrutural e geométrico quanto para os estudos de capacidade, segurança e sinalização.

Fatores como capacidade de aceleração, frenagem, ângulo de visão do motorista deve ser levado em conta na conformação da geometria, pois interfere diretamente no gabarito vertical e horizontal. As características da frota que irá circular

na via determinam as rampas máximas, largura mínima das faixas, largura de acostamentos e raio de giro mínimo, super largura e superelevação pra as curvas.

Silva (1994) diz que para os efeitos de estudo de tráfego há uma simplificação da frota e usa-se uma unidade padrão, a unidade de carro de passeio (UCP). Medida que compensa a interferência e espaço ocupado na via, os variados tipos de veículos em uma equivalência ao automóvel, através de fatores apropriados. No mundo existem diferentes metodologias para se estabelecer essa correspondência, no Brasil, no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização Semafórica (2012) do DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito, determina a seguinte proporção entre veículos.

Tabela 1: Equivalência de acordo com DENATRAN.

Veículo	Equivalência (UCP)
Automóvel	1,00
Motocicleta	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

Fonte: DENATRAN

4. CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO

4.1. VOLUME DE TRÁFEGO

O volume de tráfego é definido pelo DNIT (2006) como "o número de veículos que passam por uma seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo". Conhecido também por fluxo de tráfego, é medido em veículos/dia (VPD) ou veículos/hora (VPH). E varia constantemente, seguindo majoritariamente um comportamento cíclico, existem diversos fatores além do fator tempo, que influenciam essa variação como o tempo ou uma obstrução de parte da via: como a ocorrência de acidentes, obras, chuvas e alagamentos.

22

O estudo que será conduzido determina o como serão obtidos os volumes, conforme as especificidades necessárias. Quanto ao número de faixas e sentidos, desde que tenham sempre a mesma unidade de medida de tempo, é importante que esse intervalo adotado seja definido tendo em vista a finalidade dos dados aplicados. Por exemplo, o VPH é utilizado para estudos de capacidade de vias, projetos de interseções, projetos geométricos e projetos semafóricos. Enquanto o volume médio diário (VMD) é utilizado para avaliar a distribuição de tráfego, medir a demanda e eficiência de uma via e para programar melhorias gerais.

4.1.1. Volume horário

O fluxo é decorrente dos deslocamentos dos cidadãos para suas atividades diárias nas partes da manhã, tarde e noite. Varia ao longo do dia e apresenta picos, que são os pontos de máximo volume, ocorrendo frequentemente um pico no início da manhã e outro ao fim da tarde.

Após a realização do estudo de contagem de tráfego, é realizada a análise do comportamento do fluxo e determinado o fator de hora-pico (FHP), utilizado para averiguar o nível de serviço e também para propor melhorias geométricas e de controle de tráfego. Dessa forma o FHP é calculado com base no valor que corresponde ao intervalo de 15 minutos com maior volume dentro da hora de fluxo mais intenso. Então calcula-se o FHP por meio da equação:

Onde: V60 = volume da hora de maior volume, em veículos/hora V15 = volume durante os 15 min consecutivos de maior fluxo, em veículos/15min

O FHP representa um fluxo constante ou concentrado em toda a hora de pico, conforme o tamanho da frota de veículos presente na cidade. E deverá oscilar entre 0,25 e 1,00 e de forma geral, quanto maior for a cidade maior será o FHP. Esse valor é amplamente utilizado para dimensionamento dos tempos semafóricos em interseções em nível (CET, 1977)

Já a variação semanal do VMD, nos padrões urbanos possui certa constância durante os dias úteis e uma grande diminuição nos fins de semana. Além disso, o VMD tende a ser menor aos domingos quando comparado ao valor dos sábados.

4.2. POLOS GERADORES DE TRÁFEGO, IMPACTOS E PARÂMETROS DE ENQUADRAMENTO

Polos geradores de tráfego (PGT) são empreendimentos ou instalações de grande porte que exercem considerável atratividade e resultam em grandes contingentes de viagens. Consequentemente, os PGTs causam impactos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e podem prejudicar a acessibilidade de toda a região. Na Região Metropolitana da Grande Vitória caracterizam-se como polos o complexo de empreendimentos da Reta da Penha, o complexo aeroportuário, a Avenida Central de Laranjeiras, os complexos industriais denominados Civit I e II, além da ampliação de shopping centers, dentre outros.

Contudo, a falta de integração entre o planejamento urbano e o viário, além de aberturas na legislação possibilitam a localização generalizada de PGT's, geram uma inadequação entre a demanda de veículos e a capacidade das vias de acesso (CUNHA, 2001). Este fato leva ao aumento no número de congestionamentos e, consequentemente, ocasiona, consequentemente, maior tempo para os deslocamentos. Além disso, aumenta os custos operacionais para os veículos e vias. Por outro lado, propulsiona impactos ambientais decorrentes de aumento no nível de poluição de forma geral, desconforto para os deslocamentos da população, devido aos trajetos mais demorados, e ainda induz o aumento no número de acidentes.

Todavia, o crescimento da ocupação viária no entorno dos polos não pode afetar o direito de ir e vir dos cidadãos. Por isso, faz-se necessária a adoção de medidas que mitiguem tais impactos gerados de forma a garantir este direito, respaldadas por estudos e publicações de autores tidos como referência no tema, como os professores Licínio Portugal e Lenise Goldner, que produziram manuais técnicos certificados por órgãos responsáveis pela legislação de trânsito no Brasil, como o DENATRAN.

4.2.1 BRT e seus impactos

O Bus Rapid Transit (BRT) é um de sistema de transporte público baseado no uso de linhas de ônibus e corredores exclusivos. O foco desse tipo de sistema é a integração dos serviços e infraestrutura qualificados, a fim de melhorar a qualidade dos deslocamentos. Foi inicialmente desenvolvido na cidade de Curitiba, no Paraná, em 1974. Na época inovador, o BRT proporciona uma ampliação da capacidade do transporte público a um baixo custo quando comparado aos outros meios de transporte existentes.

Sendo definido como "um meio de transporte rápido, que combina a qualidade do tráfego sobre trilhos com a flexibilidade dos ônibus" (LEVINSON et al., 2003). O BRT é composto a partir da integração das estações, modais e corredores, que devem constituir um sistema inteligente de transporte, como um meio de transporte coletivo mais eficiente e atraente para a população geral.

Sua implantação enquanto solução para a melhoria dos deslocamentos dentro dos grandes centros possui grandes vantagens para os seus usuários e envolvidos. Pois prevê uma redução no tempo de viagem, por vários motivos, como a diminuição das filas no interior do veículo, e principalmente o corredor exclusivo, que evita o tempo perdido em congestionamentos.

4.2.2. Terminais Urbanos de Passageiros

Os terminais urbanos de passageiros têm grande impacto na movimentação de veículos e pessoas em seu entorno, sendo necessária atenção para esta interferência nos fluxos, principalmente no que tange a eficiência e a segurança. Deve-se observar os volumes de veículos que entram ou saem do terminal, bem como o aumento da circulação de pedestres em travessias em nível e o controle e prevenção de possíveis conflitos/ colisões entre estes e os demais veículos.

Segundo Licínio Portugal (2012), as intervenções nos setores de transporte urbano devem estar em sintonia com a comunidade, suas aspirações e peculiaridades locais, como a geração de empregos, a morfologia da cidade e os residentes nos entornos. Pois espaços como terminais são parte principal na integração modal do

transporte metropolitano. Além de influenciarem para a conexão para a rede, atraem atividades comerciais em seu interior e entorno e contribuem para identificar a vizinhança no tempo e espaço.

Licínio também pontua os principais fatores que interferem na geração de viagens e na demanda de passageiros, as variáveis mais influentes são o uso solo feito pela população no entorno, a integração modal, integração tarifária, facilidades nos acessos a pé e por bicicletas, centralidade, funcionalidade, qualidade e custo do serviço além da renda e desenvolvimento humano da região a ser atendida.

4.3. ÁREA DE INFLUÊNCIA E ÁREA CRÍTICA

A área de influência de um empreendimento é a delimitação física do alcance do atendimento da maior parte de sua demanda. Geralmente ela é dividida em três classes distintas, seguindo a relação com o grau de atração de viagens: área primária, área secundária e área terciária. Essa classificação tem relação direta com o impacto causado pelo empreendimento na região de estudo. As demarcações dessas áreas levam em conta fatos como: a natureza do empreendimento, acessibilidade, barreiras físicas, limitações de tempo e distância de viagem, poder de atração e competição, etc. Dessa forma, percebe-se que elas absorvem características dinâmicas ao longo do tempo, devendo estas serem consideradas ao defini-las. Em alguns casos é possível observar que variáveis como natureza do polo, acessibilidade, barreiras físicas e distância de viagem interferem na ampliação da área de influência. O raio de atração pode ser diminuído por questões como poder de atração e competição, principais competidores e concorrência externa.

A área crítica é aquela região mais próxima ao empreendimento gerador de viagens, mais restrita, dentro da área de influência onde os impactos se revelam mais intensos e relevantes, sendo facilmente notados os problemas relacionados à fluidez e circulação. Pode compreender a rede viária ao entorno nos locais onde o tráfego converge e é o ponto de impacto onde todas as viagens culminam ou se originam.

26

4.4. DENSIDADE E HEADWAY

De acordo com o Highway Capacity Manual (HCM), a densidade é definida

como quantidade de veículos por unidade de comprimento da via. O que representa

o espaçamento médio entre os veículos que percorrem um determinado trecho, é

expresso em veículos/km. Pode ser definido experimentalmente ou calculado para

casos de fluxos não saturados, segundo a fórmula:

 $D = \frac{F}{V}$

Onde: F = fluxo do tráfego

V = velocidade

Em fluxos contínuos, ela representa um parâmetro crítico, uma vez que

caracteriza a proximidade dos veículos e reflete seu grau de liberdade de manobra.

Em geral os piores tráfegos são aqueles com uma maior densidade. Por essas

observações, esse indicador é um importante fator de análise ao se lidar com

congestionamentos.

Os estudos de capacidade necessitam de dados de espaçamentos espacial e

temporal que descrevem a disposição longitudinal dos veículos no fluxo de tráfego de

uma via. Eles representam a distância entre dois veículos sucessivos medida entre

pontos de referência comuns e o tempo transcorrido entre a passagem de dois

veículos sucessivos por um determinado ponto, respectivamente. Usualmente é

chamado pelo nome em inglês, headway. Quando não especificado, se refere ao

espaçamento temporal, sendo o espacial designado simplesmente por espaçamento.

Sabendo-se a densidade de uma seção da via, pode-se determinar seu fluxo

por:

$$F = D \times v$$

Onde: D = densidade

V = velocidade

4.5. FLUXO DE SATURAÇÃO

De acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – DNIT (2001), Fluxo de Saturação de um grupo de movimentos é correspondente ao número máximo de veículos que se pode passar em uma aproximação controlada por sinalização semafórica no caso dessa aproximação receber indicação verde durante uma hora inteira.

Para determinar o fluxo de saturação, uma determinada faixa de rolamento de uma via é selecionada. Em seguida, seu fluxo é multiplicado pelo número de faixas de rolamento que existem no estudo.

A Tabela 2 fornece elementos para estimar o fluxo de saturação por faixa de rolamento.

Tabela 2: Critérios para fluxo de saturação

Valores estimados do Fluxo de Saturação, por faixa de rolamento

Características físicas	Topografia nas aproximações	Plana ou declive	Plana	Em active
	Traçado nas aproximações	Reto	Reto	Curva
	Pavimento	Liso, em bom estado	Condições regulares de conservação	Irregular, em mau estado
	Obstáculos transversais	-	-	Valetas ou sarjetões
	Largura das faixas	Largas (acima de 3,2 m)	2,9 m a 3,2 m	Menores de 2,9 m
	Calçadas	Suficientes para acomodar os pedestres com conforto	Suficientes para acomodar os pedestres	Insuficientes para acomodar os pedestres
Características urbanísticas e	Uso do solo	Rarefeito ou sem influência sobre a via	Misto	Comercial
ambientais	Pólos geradores	Sem influência significativa	Interferência eventual	Causam interferência constantes
	Arborização	Inexistente ou sem influência sobre a via	Relativa influência	Com influência sobre a via
	Mobiliário urbano	Inexistente ou sem influência sobre a via	Relativa influência	Com influência sobre a via
Condições operacionais	Composição do tráfego	Predominância de veículos leves	Presença de ônibus e caminhões	Presença significativa de ônibus e caminhões
	Entrelaça- mentos	Poucos	Poucos, mas significativos	Muitos
	Conversões	Poucas	Relativa influência	Muitas
	Estacionamento e paradas na lateral	Inexistentes	Sem influência	Grande influência
	SATURAÇÃO equivalentes)	1800 a 2000	1600 a 1800	1200 a 1600

Estes valores admitidos devem ser multiplicados pelo número de faixas de rolamento existentes na via

Fonte: CONTRAN

4.6. TAXA DE OCUPAÇÃO

O fluxo (F) que deseja passar na cia é uma parcela do fluxo de saturação (Fs). Essa parcela é chamada de taxa de ocupação (Y).

$$Yi = \frac{Fi}{Fsi}$$

4.7. CAPACIDADE VIÁRIA E NÍVEIS DE SERVIÇO

Para avaliação da eficiência do fluxo da via, é necessário o entendimento do conceito do nível de serviço e de sua utilização como importante parâmetro para esta questão. Essa avaliação incorpora diferentes fatores como liberdade, segurança, velocidade, tempo de viagem, interrupções no tráfego e os custos operacionais da via.

Neste campo, o documento utilizado como referência para a atribuição dos conceitos e estudos de capacidade e da classificação dos níveis de serviço é o Highway Capacity Manual (HCM). Nele, a capacidade é o fluxo máximo de veículos acomodados por uma faixa ou pista, durante um período de tempo pré-estabelecido, sofre influência das características geométricas da via, da velocidade nominal bem como das condições reais de tráfego.

À medida que há o aumento da demanda por espaço na via, e esta não comporta mais, ela está se aproximando do limiar de sua capacidade, e consequentemente sua condição de operação passa a ser insatisfatória. Assim, será possível observar a dificuldade da mudança de faixa e ainda a diminuição na velocidade real, que exigirá mais atenção por parte do motorista, uma vez que os veículos também se encontram mais próximos uns dos outros.

Os seis níveis de serviço segundo o HMC são A, B, C, D, E e F. Sendo caracterizados da seguinte forma:

- Nível A: fluxo livre. Apresenta total liberdade na escolha da velocidade e facilidade nas ultrapassagens. Conforto e conveniência classificados como ótimo:
- Nível B: fluxo estável. Possui boa fluência, bom nível de liberdade na escolha da velocidade e facilidade nas ultrapassagens. Conforto e conveniência classificados como bom;
- Nível C: fluxo estável, mas requer concentração média do condutor. Tem menor liberdade na escolha da velocidade, a facilidade nas ultrapassagens é razoavelmente inferior pela presença de outros veículos. Conforto e conveniência classificados como regular;
- Nível D: ocorre quando o fluxo está próximo do instável. Exige alta concentração devido a devido a reduzida liberdade na escolha da velocidade e

maior dificuldade nas ultrapassagens. Conforto e conveniência classificados como ruim;

- Nível E: quando o fluxo é considerado instável. Requer alta concentração e não há liberdade na escolha da velocidade. Nesse caso, as manobras para mudança de faixas somente são possíveis se forçadas. Conforto e conveniência classificados como péssimo;
- Nível F: apresenta fluxo forçado, onde a concentração do condutor deve ser altíssima. Possui velocidades bastante reduzidas e frequência de paradas de longa duração. Manobras para mudança de faixas ocorrem somente quando forçadas e dependem da colaboração de outro motorista. Conforto e conveniência classificados como inaceitável.

A metodologia utilizada pelo HCM para definição do nível de serviço em termos do tempo médio de atraso, é determinada pela diferença de tempo que um veículo gastaria para percorrer um determinado trecho com fluxo livre a uma velocidade constante e o tempo que de fato é gasto por ele para se aproximar da interseção. Esse atraso varia também conforme a existência de semaforização, uma vez que as paradas obrigatórias aumentam o intervalo de tempo necessário para concluir o trajeto. Dessa forma, o HCM é capaz de correlacionar o nível de serviço com o atraso médio ao serem considerados diversos parâmetros e fatores, conforme mostram as tabelas 3 e 4 a seguir:

Tabela 3: Correlação entre nível de serviço e atraso médio para interseção não semaforizada

Nível de serviço Atraso médio (segundos/veículo) A <10		lo) Descrição Geral Fluxo livre		
				B 10-15
C 15-25 D 25-35 E 35-50 F >50		Fluxo estável(pequenos aceitáveis)		
		Próximo ao fluxo instável(atraso tolerável, espera ocasional de mais um ciclo antes de prosseguir		
		Fluxo instável (atraso intolerável)		
		Fluxo forçado(congestionamento e filas continuas		

Fonte: HCM

Tabela 4: Correlação entre nível de serviço e atraso médio para interseção semaforizada

Nível de serviço	Atraso médio (segundos/veículo)	Descrição Geral
А	<10	Fluxo livre
В	10-20	Fluxo estável(pequenos atrasos)
С	20-35	Fluxo estável(pequenos aceitáveis)
D	35-55	Próximo ao fluxo instável(atraso tolerável, espera ocasional de mais um ciclo antes de prosseguir
Е	55-80	Fluxo instável (atraso intolerável)
F	>80	Fluxo forçado (congestionamento e filas continuas)

Fonte: HCM

Uma vez que para cada nível de serviço ocorre um volume, os níveis e volume de tráfego estão correlacionados, o fluxo máximo de tráfego para o qual ainda será possível constatar as condições que representam determinado nível. Logo, tem-se que a capacidade da via equivale a um volume de serviço em que ocorre o nível apresentado.

4.8. FORMAÇÃO DE FILAS

As filas são formadas por veículos que ficam parados nas interseções semafóricas em nível que aguardam o momento de seguir. Em um ciclo não saturado, a fila formada durante o período de vermelho consegue em sua totalidade passar durante o período de verde. Contudo, para os ciclos saturados, o tempo de verde não é suficiente para zerar as mesmas.

Novaes (1975) propõe a seguinte equação que estima o comprimento médio da fila formado durante um ciclo semafórico:

$$N = d + [V.(tc-tv,efet)] \div 2$$

Em que: N = Comprimento médio da fila do semáforo, em ucp;

V = Volume de Tráfego da via, em ucp por segundo;

tc = Tempo de ciclo do semáforo, em segundos;

tv,*efet*= Tempo de verde efetivo, em segundos;

d = Atraso, em segundos por veículo;

O monitoramento da formação de filas é de grande auxílio para determinação indireta do fluxo de demanda, uma vez que para efetuar essa medição de forma direta em campo há complicações e é um importante dado para o estudo e planejamento do tráfego.

4.9. GRAU DE SATURAÇÃO

O grau de saturação de uma via é uma grandeza determinada pela relação entre a taxa de fluxo de um grupo de movimento, em determinadas condições locais e de tempo, e a capacidade da via para atender este fluxo, revelando se ela é capaz de atender um fluxo major:

x = Taxa de Fluxo/Capacidade.

Onde x representa o grau de saturação do trecho analisado.

5. SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

De acordo com Harrel et al (2000), a simulação de tráfego é uma técnica capaz de reproduzir o comportamento de sistemas dinâmicos de vários tipos. Assim, ela pode ser aplicada para a engenharia de tráfego ao criar ambientes computacionais com o intuito de avaliar o funcionamento dos sistemas determinados para estudo. Para realizar simulações, são utilizados softwares que recriam os ambientes propostos e realizam cálculos com determinadas hipóteses na via em foco por um determinado período de tempo. Com o uso desse tipo de ferramenta, é possível obter uma grande versatilidade de soluções, analisando projetos de malha viária, onde se avalia prováveis deficiências em projetos ou situações no estado atual da via que os

engenheiros ainda não tenham previsto. Essas análises podem mitigar futuros erros e inconsistências, podendo reduzir custos posteriores tendo um sistema já implementado.

Ainda de acordo com Harrel, Ghosh,e Bowden (2000), através da simulação se obtém um meio preciso para tomar decisões de quais são as melhores alternativas para sistemas bem complexos. Possui uma interface gráfica que permite aquilatar modelos. A possibilidade de verificar diferentes soluções com baixo custo e curto tempo é um grande atrativo.

Portugal (2005) sugere a execução das etapas presentes no seguinte diagrama (Figura 1) na execução de um modelo de simulação de tráfego, para uma execução com dados condizentes com a realidade do ambiente de estudo.

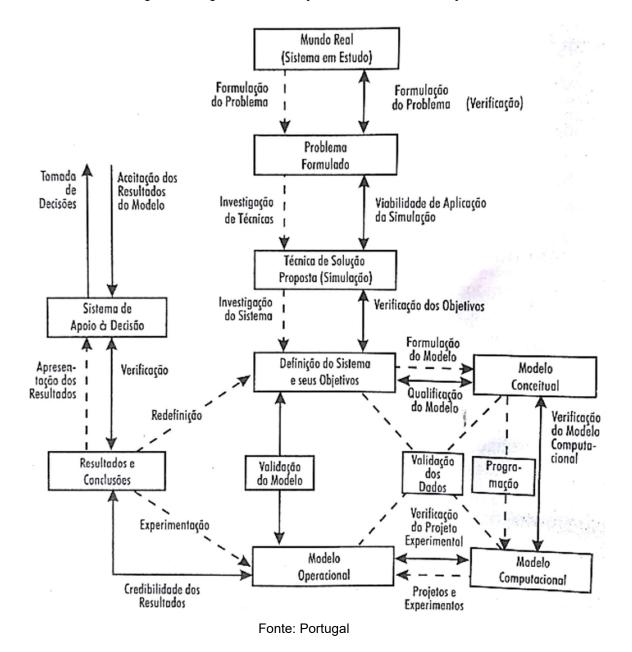


Figura 1: Diagrama de execução de modelo de simulação

5.1 MODELOS DE SIMULAÇÃO

Quando se trata de uma simulação, o tráfego pode ser tratado por três diferentes níveis de agregação: macroscópica, mesoscópica e microscópica. Isso definirá as especificações e propriedades que afetam os resultados de aplicações da modelagem.

Na abordagem macroscópica se avalia o tráfego seção a seção ou trecho a trecho. Nela, o fluxo de tráfego é tratado como um fluido, consome menor volume de

dados e possui uma aplicação mais simples. Essa abordagem é indicada quando os elementos a serem analisados dispensam a interação veículo a veículo. Por sua vez, quando se trata da abordagem mesoscópica se preservam algum nível de desagregação seja na representação das entidades ou por vezes nas interseções, os veículos são tratados de forma agrupada. O modelo microscópico reproduz os sistemas de forma mais detalhista, representando as entidades individualmente. (De Araújo, 2003)

5.3 ESCOLHA DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

Para determinar a escolha do software para estudo de caso há alguns pontos a serem considerados como a geometria, quantidade de variáveis de análise, nível de detalhamento esperado, qual o problema que se pretende solucionar, e qual será a forma de solução. Segundo HCM (2000), alguns critérios são levados em consideração. São eles:

- Tamanho da rede: os modelos têm limitações em relação ao número de nós, links, faixas e controles nas interseções;
- Representação da rede: capacidade do modelo em representar a rede;
- Representação do tráfego: nível de detalhamento e quantidade de variáveis que vão ser analisadas nos veículos componentes do tráfego;
- Operações de tráfego: capacidade de simular rampas, restrições e canalizações de tráfego, operações de transporte público, etc.;
- Controle de tráfego: capacidade de incluir as sinalizações nas vias;
- Output do modelo: dados de saída em forma gráfica ou em medidas de desempenho;
- Disponibilidade de dados: modelos microscópicos necessitam de dados mais detalhados, enquanto modelos macroscópicos necessitam de um menor detalhamento destes.
- Facilidade de uso:
- Recursos necessários: custos com obtenção dos dados, aquisição do programa, apoio técnico, etc.

Podem ser citados alguns softwares como Aimsun Next e SUMO, o PTV Vissim foi escolhido principalmente devido a sua licença estudantil gratuita.

5.4 VANTAGENS DA SIMULAÇÃO

Como em qualquer análise podem existir bônus e ônus, para a utilização de simulação na simulação na engenharia de tráfego não é diferente. Dentre as vantagens é possível citar: possibilidade de análise de longos períodos em um curto espaço de tempo; possibilidade de controlar variáveis que influenciam o tráfego; possibilidade de comprimir e expandir o tempo; flexibilidade no nível de detalhe na representação.

6. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho tem fundamento nos conhecimentos advindos durante o curso de engenharia e através de pesquisa de bibliografias que tratam dos temas de engenharia de tráfego e simulação de tráfego, além do manual do usuário do PVT Vissim, software utilizado para a simulação.

Para elaboração e desenvolvimento desse estudo foram utilizadas diversas fontes de conhecimento técnico que dão embasamento técnico e teórico. Podem ser citados aqui manuais técnicos fornecidos por órgão oficiais de engenharia, apostilas relacionadas às disciplinas de Engenharia de Tráfego de diferentes universidades brasileiras, também foi feito uso de cartilhas da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana.

A busca bibliográfica neste trabalho visou encontrar definições acerca de termos e nomenclaturas aqui utilizados. A mesma teve o intuito de esclarecer sobre as tecnologias e procedimentos para realizar o estudo de tráfego e uma correta análise de dados e resultados.

Também foi necessário buscar os dados para caracterização de volumes e tipos de veículos referentes ao trecho em estudo tanto para a modelagem da situação

atual quanto para a realização da projeção do tráfego futuro, que deve considerar também as mudanças presentes no projeto.

Com os dados advindos da simulação atual e futura fez-se a comparação e verificação dos benefícios previstos para implantação das obras em questão, e após discussão dos resultados pode se indicar propostas de melhorias, visando aumentar a eficiência do projeto.

No decorrer deste trabalho, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

Análise preliminar da região de estudo

Estudo bibliográfico e levantamento de dados

Análise aprofundada da região de estudo para determinação dos cenários de interesse

Simulação por meio do software PTV Vissim

Análise e apresentação de resultados

Figura 2: Organograma das atividades.

Fonte: Autores

7. ESTUDO DE CASO

7.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

7.1.1 Geometria Atual

A área de estudo é referente a travessia urbana de Carapina e está compreendida praticamente entre a BR-101 e a Avenida Norte-Sul. Portanto, a mesma engloba o trecho da rodovia localizado imediatamente ao sul do viaduto rodoviário sobre a Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) até o Viaduto de Carapina. Este trecho compõe parte da primeira etapa de implementação do BRT e inclui o acesso ao novo terminal rodoviário de passageiros de Carapina.



Figura 3: Vista aérea da área de estudo.

Fonte: Google Maps

Essa região tem grande importância para a mobilidade urbana da Grande Vitória, pois é importante canal de comunicação entre os municípios que a integram e é acesso à Avenida Fernando Ferrari, uma das principais rotas de entrada e saída da cidade de Vitória. Também é via de acesso a bairros populosos, como Central Carapina, Morada de Carapina, André Carloni, Rosário de Fátima, Jardim Limoeiro, Barcelona e Laranjeiras (maior centro comercial da cidade).

Atualmente, passam milhares de pessoas e centenas de viagens de ônibus todos os dias pelo Terminal Carapina, pois é a principal conexão entre os terminais de Vila Velha, Cariacica e Serra, sendo de crucial importância para a operação do sistema Transcol.

Com o aumento da demanda do terminal, foi necessária sua expansão e modernização, que gerará a mudança do local atual do terminal. Portanto, é de grande importância o estudo das soluções propostas, tendo em vista que sua implantação será de grande impacto para as vias no entorno.

7.1.2 Intervenções Propostas

Com o objetivo de construir uma proposta de menor custo de implantação a Prefeitura Municipal da Serra elaborou o projeto de adequação geométrica das vias dessa área, adicionando uma terceira faixa de tráfego por pista e sentido e também alterando os pontos de retorno hoje existentes, que se constitui no cenário 2 simulado, vide Figura 4.

Tv. Antônio Francisco R. Carioca R. Manoel Carlos Miranda R. Edilson Ponpermayer

Figura 4: Cenário 2 – Projeto adequação viária da BR-101 com terceira faixa por sentido.

Fonte: Prefeitura Municipal da Serra adaptado pelos autores

O novo Terminal Carapina está localizado entre o viaduto sobre a estrada de ferro Vitória-Minas e o viaduto de Carapina, na BR-101, conforme mostrado na Figura 5. Ele irá gerar modificações significativas no fluxo de veículos e de pedestres, como pode ser visualizado na Figura 6 que apresenta o projeto do BRT elaborado pela Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas - SETOP para o trecho em análise e que corresponde ao cenário 3 simulado.

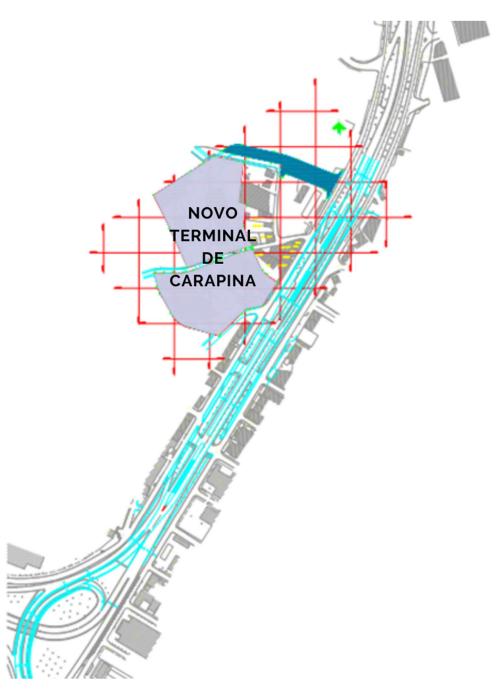


Figura 5: Localização do novo terminal de Carapina da Serra.

Fonte: Prefeitura Municipal da Serra adaptado pelos autores

Tv. Antônio Francisco Novo Terminal R. Carioca Carpina R. Edilson ponpermayer R. Manoel Carlos Miranda

Figura 6: Cenário 3 - Projeto de adequação viária da BR-101 ao BRT.

Fonte: Prefeitura Municipal da Serra adaptado pelos autores

7.2 DADOS DO TRÁFEGO

Para a avaliação dos impactos sobre a capacidade de tráfego e nível de serviço operacional de diferentes arranjos geométricos para a travessia urbana em estudo, através de software de simulação, tornou-se necessário o levantamento de diversos dados de tráfego local, sendo a maioria deles fornecidos pela Prefeitura Municipal da Serra e outros precisaram ser coletados em campo pelos autores do estudo.

Foram disponibilizados dados de contagem de veículos levantados para o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) da Vale, elaborado em junho de 2016 e disponibilizado pela Prefeitura Municipal da Serra. Os dados disponibilizados continham também mapas de movimentos realizados pelos veículos nas aproximações, representados pelas setas e letras do alfabeto.

7.2.1 Contagem Volumétrica

Os dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal da Serra continham mapas de movimentos realizados pelos veículos, representados pelas setas e letras do alfabeto. A pesquisa foi executada no período compreendido entre 23 e 25 de agosto de 2016, em dias úteis típicos (terça, quarta e quinta-feira). Com períodos de contagem entre 06:00 e 10:00 e 16:30 às 20:00. Foram coletados dados em 20 pontos determinados para contagem, mas para esse estudo foram selecionados os pontos 3, 4, 12, 13 e 14 por conta da limitação da versão estudantil do software.

A seguir são apresentados os croquis das interseções/pontos selecionados, contendo a localização e os movimentos considerados:

367700 367100 367300 36

Figura 7: Mapa de movimentos das interseções 3 e 4

Eng. Civil CREA-ES: 006170/D

> Data: 26/06/2016 Revisão: 00

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90720

90

Figura 8: Mapa de movimentos das interseções 12 e 13

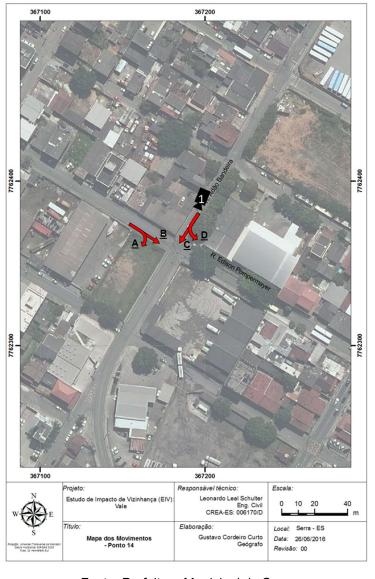


Figura 9: Mapa de movimentos da interseção 15

Tais informações foram necessárias para determinar os *inputs* e *relative flows* do modelo de simulação, bem como sua calibração.

Para cada movimento, indicado por uma letra do alfabeto, foi entregue planilha eletrônica contendo o quantitativo de veículos que o realizavam, bem como o tipo de veículos conforme exemplificado na Tabela 5.

Tabela 5: Planilha de contagem classificada de tráfego da interseção 3 A

		Leve	Médio/Pesado	Conjugado	Bicicletas	Total	Equivalent	Total Hora	Total Bicicleta	Total Equiv. Hora	Calibrado	Bicicleta	Período	opo
7 13 4 13		60	37	03	0	486	485,37							
13		e c	89	m c	0	569	599,08							
13		4	42	4	0	569	547.85	2216	0	2245.32	2504		0 16:00	17:00
		18	40	18	0	593	658,88	2323	0					17:15
10		17	36	18	0	584	626,97	2338	0				0 16:30	17:30
7		19	30	19	0	542	581,65	2288	0	2415,35	2585		0 16:45	- 17:45
15		0	49	0	0	539	534,87	2258	0	2402,37	2552		0 17:00	18:00
12		1	52	1	0	529	522,86	2194	0	2266,35	2479		0 17:15	18:15
11		0	48	0	0	505	493,78	2115	0	2133,16	2390		0 17:30	. 18:30
14		0	45	0	0	510	504,97	2083	0	2056,48	2354		0 17:45 -	- 18:45
16		0	45	0	0	464	509,56	2038	0	2031,17	2303		0 18:00	19:00
8		0	53	0	0	424	442,26	1933	0	1950,57	2184		0 18:15	- 19:15
23		1	48	1	0	388	435,49	1816	0	1892,28	2052		18:30	- 19:30
10		1	38	1	0	311	340,77	1617	0	1728,08	1827		0 18:45	- 19:45
00		0	35	0	0	303	319,82	1426	0	1538,34	1611		0 19:00	20:00
179		69	730	70	0	7938	8217,95							
					3	A								
				CONTACC	A C A CONTACTOR OF THE	Tokeroo	1414010101010	A 100 0						
				CONTAGEM	CLASSIFICADA DE	- IRAICOO	DIRECTORAL	C SCLC IIVA						
A SEMA		DIA DA SEMANA: Terca-Feira	Feira											
$\ \ $														
						i								
						MANHÃ								
Ônibus Ca		Caminhão Leve	Caminhão Médio/Pesado	Caminhão Conjugado	Bicicletas	Volume Total	Volume Equivalent	Total Hora	Total Bicicleta	Total Equiv. Hora	Total Hora Calibrado	Bicicleta Calibrado	Peri	Período
20		3	25	9	0	411	411,92							
24		5	42	5	1	609	606,31							
13		4	31	2	3	653	593,15							
13		1	14	1	2	490	422,44	2163	9					- 07:00
=		4	43	3	1	613	593,23	2365		2215,13				- 07:15
12		7	31	0		602	560,41	2358		2169,23				- 07:30
#	- 1	9	32	2	3	647	584,22	2352					8 06:45	- 07:45
9 9		60	40	5	1	767	670,78	2629	9					- 08:00
2		n	77	-	7	412	440,75							- 08:15
9	_	18	36	4		552	545,69							- 08:30
=		2	53	2		626	625,12	2417					4 07:45	- 08:45
17		7	42	7		535	541,3	2185				10	7 08:00	- 00:00
2		7	48	0	0	515	496,84							- 09:15
8		9	69	1	2	494	511,2		2					- 09:30
7		9	35	1		457	455,04	2001	,	2004,38			8 08:45	- 09:45
2		0	34	0		325	310,12	1791	7	1773,2	1988		4 09:00	- 10:00
179		85	602	40	22	8790	8339,17							

Os resultados obtidos nas contagens, feitas em intervalos de 15 minutos, foram tabulados para obtenção do horário de pico, identificando esquematicamente para este horário o volume e os movimentos de cada uma das 5 interseções selecionadas neste trabalho.

O total de veículos contados foi de 177.008, dentre automóveis, motos, ônibus e caminhões leves, médios e pesados, considerando o volume de todos os movimentos em conjunto, independente de um mesmo veículo ter sido contado em vários movimentos consecutivos. A Tabela 6 apresenta a amostra pesquisada durante todo o período de contagem, classificada por tipo de veículo. Vale ressaltar que o estudo de impacto de vizinhança disponibilizado contava com dados de volume de motocicletas e bicicletas que transitavam no trecho. Porém o software PVT Vissim não contempla a inserção de motocicletas. Por isso, foram feitas conversões para carro de passeio na razão 3:1 assim como os veículos maiores (ônibus, caminhões leves e médio/pesado) foram convertidos para unidade de carro de passeio (UCP).

As bicicletas que foram coletadas no levantamento foram retiradas do quantitativo de veículos em análise por não influenciar nos cenários.

Tabela 6: Amostra total classificada por tipo de veículos nas 5 interseções de estudo

	AUTO	мото	ÔNIBUS	CAMINHÃO LEVE	CAMINHÃO MÉDIO/PESADO	UCP
MANHÃ	60702	10467	6226	1016	5578	89673
TARDE	22348	2837	2697	211	655	87335
TOTAL	83050	13304	8923	1227	6233	177008

Fonte: Prefeitura Municipal da Serra

Os resultados da contagem demonstraram de que forma se distribuem os veículos nas vias em estudo e quais são os movimentos prioritários. Com eles, foi possível identificar os horários de pico, períodos objetos do estudo de demanda e da análise de desempenho viário. Quanto a hora de pico, a mesma foi definida como a hora na qual o somatório das contagens sendo a hora-pico definida correspondentes aos quatro intervalos de 15 minutos totaliza o maior volume em UCP.

Para realizar as simulações com diferentes arranjos geométricos das vias estudadas, o período da manhã apresentou maior volume de veículos na região de estudo. A partir disso, foi verificado a hora-pico, os 4 períodos de 15 minutos que totalizam o maior volume em UCP. Sendo assim, definiu-se que o horário utilizado para a análise de dados seria o compreendido entre 07:00 e 08:00 horas.

Gráfico 1: Volume de veículos contados no período matutino em 2016

Fonte: Prefeitura Municipal da Serra

Tabela 7: Volume de tráfego no período da manhã em 2016

Intervalo (15 min)	P3	P4	P12	P13	P14
06:00	2356	230	349	233	259
06:15	3513	264	431	265	334
06:30	3995	453	508	412	496
06:45	4108	692	522	508	504
07:00	4241	576	570	254	548
07:15	4361	552	556	141	507
07:30	4666	587	627	496	613
07:45	4554	475	608	436	545
08:00	4043	431	501	471	558
08:15	3917	386	515	424	457
08:30	4152	432	588	514	517
08:45	3883	356	486	400	416
09:00	3775	477	485	363	429
09:15	3540	336	448	338	410
09:30	3427	344	399	314	367
09:45	2989	377	374	340	348

Os volumes em UCP por movimento em cada uma das cinco interseções que ocorreram as contagens dentro do horário proposto estão dispostos nas tabelas de 8 a 12.

Tabela 8: Volume em UCP por movimento, na interseção 3 – Horário Pico Manhã

	Interse	eção 3			
MOVIMENTO	Α	В	С	D	Ε
VOLUME (UCP)	2409	2411	1448	98	107
MOVIMENTO	F	G	Н	1	J
VOLUME (UCP)	1132	304	249	123	120
MOVIMENTO	K	L	М	N	0
VOLUME (UCP)	49	2335	1042	1973	1450
MOVIMENTO	Р	Q	R	S	Т
VOLUME (UCP)	231	423	58	210	1743

Fonte: Autores

Tabela 9: Volume em UCP por movimento, na interseção 4 - Horário Pico Manhã

Inters	seção 4			
MOVIMENTO	Α	В	С	D
VOLUME (UCP)	103	1854	129	110

Fonte: Autores

Tabela 10: Volume em UCP por movimento, interseção 12 - Horário Pico Manhã

Inters	seção 12			
MOVIMENTO	Α	В	С	D
VOLUME (UCP)	1729	304	227	102
Familia				

Fonte: Autores

Tabela 11: Volume em UCP por movimento, na interseção 13 – Horário Pico Manhã

Interseção	13			
MOVIMENTO	Α	В	С	D
VOLUME (UCP)	5	11	15	1277
MOVIMENTO	Е	F	G	
VOLUME (UCP)	8	4	6	

Fonte: Autores

Tabela 12: Volume em UCP por movimento, na interseção 14 – Horário Pico Manhã

Interse	ção 1	4		
MOVIMENTO	Α	В	С	D
VOLUME (UCP)	25	420	1620	149

Fonte: Autores

7.2.2 Ciclos Semafóricos

Os ciclos semafóricos das interseções em estudo foram verificados em campo através de uma vistoria feita pelos autores do trabalho. Para a correta determinação dos ciclos semafóricos foram coletados dados de forma minuciosa para verificação dos tempos empregados nas vias de interesse.

Figura 10: Ponto de coleta dos ciclos semafóricos (Ponto 3)



Fonte: Google Maps

7.2.3 Conversões de Veículos

É necessário informar ao Software os movimentos de conversões dos veículos a fim de direcionar um determinado fluxo para a realização do mesmo. Essa informação é transmitida através do percentual em relação do volume total de veículos que realiza determinada conversão, sendo necessário cálculo probabilístico básico do

percentual de veículos que realizariam cada uma das conversões a partir do seu ponto de entrada na rede do software.

.

7.2.4 Transporte Público

Além do levantamento das contagens de tráfego nas interseções fornecidas pela PMS, foi necessário obter o número de ônibus que entram e saem do Terminal Carapina Laranjeiras. Para isso, realizou-se uma contagem em todas as principais vias na região de estudo com a finalidade de determinar os ônibus de transporte público que circulam na hora-pico. As contagens foram verificadas e validadas fazendo um comparativo com o site da Ceturb na área de itinerários e horários. As vias descritas na Tabela 13 são os pontos de origem dos ônibus na área de estudo.

Tabela 13: Quantidade de ônibus que circula na área de estudo na hora-pico

Vias	Quantidade de ônibus
Avenida Norte-Sul	360
Rua Carioca	176
BR-101 Marginal (sentido Serra)	302
BR-101 Marginal (Vitória) Fonte: Autores	99

7.2.5 Projeção de Dados

As contagens de tráfego são responsáveis por levantar os dados primordiais para realização do estudo e simulação dos diferentes cenários e arranjos das vias. Esse volume de tráfego é o dado de entrada para que o software PTV Vissim gere os veículos que serão introduzidos na malha construída, os chamados inputs.

As simulações da geometria atual e a sugerida pelo Projeto da Prefeitura Municipal da Serra foram executadas para três anos distintos: 2016, ano em que as contagens foram realizadas; 2020, ano em que este trabalho começou a ser

desenvolvido, e 2035, ano horizonte de projeto para se avaliar a capacidade da via com o crescimento da frota. Portanto, foi necessário realizar projeções de crescimento da frota, como descrito a seguir.

Tabela 14: Frota de veículos do Município da Serra entre 2009 e 2020

A a	Mâa	Total Valarias
Ano	Mês	Total Veículos
2009	mar/09	100502
2009	set/09	105878
2010	mar/10	112052
2010	set/10	118089
2011	mar/11	125417
2011	set/11	131636
2012	mar/12	138327
2012	set/12	145001
2013	mar/13	151158
2013	set/13	156480
2014	mar/14	162400
2014	set/14	167814
2015	mar/15	174016
2015	set/15	178084
2016	mar/16	181994
2016	set/16	185013
2017	mar/17	188405
2017	set/17	192064
2018	mar/18	196664
2018	set/18	200684
2019	mar/19	205054
2019	set/19	209925
2020	mar/20	215042

Fonte: DENATRAN

Os dados apresentados na Tabela 14 foram utilizados na construção de um gráfico que representasse a tendência de crescimento da frota pelo software MS Excel (Gráfico 2). O eixo x indica o período a ser analisado, enquanto o eixo y exibe o valor da frota calculado para aquele respectivo período. O software retornou uma curva aproximada definida por um polinômio de segundo grau, com valor de R² = 0,9985. O coeficiente de determinação, também chamado de R², é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, em relação aos valores observados. O R² varia entre 0 e 1, indicando, em porcentagem, o quando o modelo consegue explicar os valores observados.

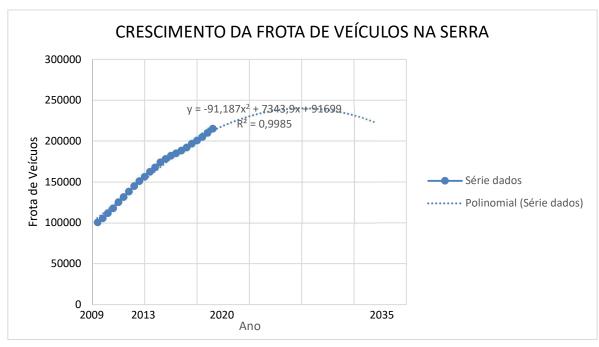


Gráfico 2: Crescimento da frota de veículos no Município da Serra até 2035

Fonte: Autores

O valor de x é referente à localização do ponto a ser analisado. O mês de março de 2009, primeiro dado da série analisada, possui valor de x=1. Já o mês de setembro do mesmo ano, possui valor de x=2, enquanto o valor de x para março de 2010 é igual a 3 e assim por diante, conforme a Tabela 14 demonstra. Dessa forma, para setembro de 2035, obteve-se x=54.

Tabela 15: Relação entre valores de x e os dados de frota analisados

Ano	Mês	Х
2009	março	1
2009	setembro	2
2010	março	3
2010	setembro	4
2011	março	5
2035	setembro	54

Fonte: Autores

Vale ressaltar que a curva obtida não é conservadora, visto que possui um valor máximo seguido de decréscimo. Esse estudo considerou que as novas formas de locomoção praticadas atualmente podem vir a impactar na frota de veículos. Com o advento dos motoristas de aplicativo, além de aplicativos de carona solidária, incentivo de aluguel de bicicleta e patinetes, e também da implantação do sistema BRT no qual esse trabalho se baseia, a necessidade de as pessoas possuírem veículos próprios para locomoção no dia a dia poderá vir a diminuir nos próximos anos.

Por fim, com a linha de tendência obtida, foi possível calcular o volume da frota de veículos e a taxa de crescimento do tráfego de 2020 para o ano horizonte da simulação, o ano de 2035.

Tabela 16: Crescimento percentual da frota de veículos no Município de Serra em relação a 2020

Ano	Frota	Crescimento em relação a 2016
2016	181994	-
2020	215042	18,16%
2035	222368	22,18%

Fonte: Autores

Dessa forma, o volume de veículos calculado através dos dados do Estudo de Impacto de Vizinhança disponibilizados pode ser acrescido dos percentuais calculados e apresentados na Tabela 15 para os anos analisados neste estudo, gerando a Tabela 17.

Tabela 17: Volume de veículos nas redes simuladas

Veículos na rede de simulação							
	2016	2020	2035		2016	2020	2035
Ponto/Movimento	Total Hora (un)	Total Hora (un)	Total Hora (un)	Ponto/Movimento	Total Hora (un)	Total Hora (un)	Total Hora (un)
Ponto 3: A	2409	2846	2943	Ponto 4: A	103	122	149
Ponto 3: B	2411	2849	2946	Ponto 4: B	1854	2191	2677
Ponto 3: C	1448	1711	1769	Ponto 4: C	129	152	186
Ponto 3: D	98	116	120	Ponto 4: D	110	130	158
Ponto 3: E	107	126	130	Ponto 12: A	1729	2043	2496
Ponto 3: F	1132	1338	1383	Ponto 12: B	304	359	438
Ponto 3: G	304	359	371	Ponto 12: C	227	268	327
Ponto 3: H	249	295	305	Ponto 12: D	102	121	147
Ponto 3: I	123	145	150	Ponto 13: A	5	6	7
Ponto 3: J	120	142	147	Ponto 13: B	11	13	16
Ponto 3: K	49	58	60	Ponto 13: C	15	18	22
Ponto 3: L	2335	2759	2853	Ponto 13: D	1277	1509	1844
Ponto 3: M	1042	1232	1274	Ponto 13: E	8	10	12
Ponto 3: N	1973	2331	2410	Ponto 13: F	4	5	6
Ponto 3: O	1450	1713	1771	Ponto 13: G	6	7	8
Ponto 3: P	231	273	282	Ponto 14: A	25	29	36
Ponto 3: Q	423	500	517	Ponto 14: B	420	497	607
Ponto 3: R	58	68	71	Ponto 14: C	1620	1914	2338
Ponto 3: S	210	248	256	Ponto 14: D	149	176	215
Ponto 3: T	1743	2059	2129				

Fonte: Autores

É necessário ressaltar que algumas intervenções nas proximidades da região de estudo podem trazer alguma alteração na quantidade de veículos que acessam a rede, como por exemplo a obra da BR-101 - Contorno do Mestre Álvaro.

7.3 CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

7.3.1 PTV Vissim

O PTV Vissim foi utilizado no presente trabalho por se tratar de um pacote de software microscópica de fluxos de tráfego multimodal, desenvolvido pela empresa alemã PTV (Planung Transport Verkerhr). Esse software permite a micro simulação de um trecho. Com ele, é possível modelar a movimentação dos vários veículos presentes nas vias como ônibus, carros de passeio, trens, pedestres e ciclistas em trânsito na rede. O que permite o planejamento, análise e otimização do tráfego. O PVT Vissim é um programa de larga utilização para resolver problemas de engenharia de tráfego, pois permite a construção de um modelo virtual com características geométricas de grande complexidade. Além disso, permite a visualização da interação entre os usuários da uma mesma via compondo um único modelo de fácil compreensão. Esse software também possibilita a visualização em uma animação 3D, que agrega maior entendimento da situação simulada.

Também é importante mencionar que foi utilizada a licença na versão estudantil, concedida gratuitamente pela empresa PTV. Essa licença tem validade de 6 meses, e possui restrições para o uso do software, como o número máximo de 10 unidades de sinalização semafórica e o limite geográfico de 1km² para a área de estudo, não sendo possível realizar simulações de regiões maiores. Portanto, isso acarretou na limitação da região estudada neste trabalho e também nos cenários que puderam ser examinados, que são apresentados adiante neste trabalho. Outra limitação relevante para o estudo é o tempo máximo de simulação, sendo permitido apenas 10 minutos de simulação na versão estudantil. É importante mencionar que embora os dados usados para a simulação tenham sido referentes a hora-pico, os resultados refletem apenas uma fração desta hora. Contudo, observa-se que através

destes dados é possível realizar uma análise que confronte o desempenho operacional do tráfego nos diferentes cenários simulados.

7.3.2 Construção da malha

A construção da malha viária da região de estudo no PTV Vissim ocorreu conforme as etapas descritas neste tópico, e para tal utilizou-se do Guia PTV Vissim da Universidade Presbiteriana Mackenzie, onde este foi a principal fonte de estudo sobre as funcionalidades e procedimentos para utilização do programa.

A. Criação de Vias de Tráfego (Links)

O passo inicial para o processo de construção da malha é a inserção dos das vias, através da janela Network Editor por meio do comando Links, com o auxílio do recurso de imagem de satélite disponível no próprio software. Ao criar um Link é possível definir o número de faixas e larguras, tipos de veículos que trafegam em cada faixa e a permissão ou não de mudança de faixa. Além disso, a união entre os diferentes links é feita pelo comando Connector, que conecta apenas os links com igual número de faixas.

B. Dados de Entrada (Vehicle Inputs)

Os dados referentes ao número de veículos que circulam na malha são inseridos através do comando Vehicle Inputs. Que permite fixar a quantidade de veículos que entram em cada via de acesso e a composição da frota que ali trafega (carros, caminhões, ônibus, etc.). Para a elaboração deste estudo, os veículos foram normalizados em UCP (Unidade de Carro de Passeio), conforme a contagem de veículos cedida pela prefeitura e que foi realizada em 2016. Também foram inseridos os dados referentes ao transporte público através de um comando próprio (Public Transport Lines). Os quantitativos de ônibus foram obtidos através de dados disponíveis no site da Ceturb e conferidos em contagem em campo.

Para os cenários de estudo, foram realizadas simulações considerando os valores de duas diferentes frotas de veículos. A primeira é correspondente à frota do ano de

2020 e para tal foram considerados os dados da contagem de tráfego de 2016, que foi atualizada para a projeção de 2020, ano em que foi iniciado o presente trabalho. Foram também coletados em campo os tempos semafóricos das interseções de estudo. A segunda frota foi obtida com a projeção do tráfego para o ano de 2035, que representa o horizonte futuro do projeto.

Na determinação dos inputs também foi considerada a mudança na geometria da rede viária, especialmente na BR-101 – Travessia urbana de Carapina, tanto no projeto do Governo do Estado do Espírito Santo, quanto no projeto apresentado pela Prefeitura da Serra.

Tabela 18: Inputs do Cenário Atual (C1) para a hora-pico da manhã

Rua/Avenida	Input 2020 (UCP)	Input 2035 (UCP)
BR-101 pista marginal (sentido Vitória)	1846	2350
BR-101 pista marginal (sentido Serra)	1257	1633
BR-101 pista principal descendo viaduto (sentido Serra)	993	1662
BR-101 pista principal (sentido Vitória	2167	2643
BR-101 pista principal vindo da Reta do		4-0-
Aeroporto (sentido Serra)	1525	1525
Rua Carioca	80	247
Rua L	18	22
Avenida Norte-Sul (sentido Vitória)	1953	2482
Avenida Brasil	108	132
Avenida Alpheu Ribeiro	200	242

Fonte: Autores

Tabela 19: Inputs do Cenário da proposta da Prefeitura da Serra para a hora-pico da manhã

Rua/Avenida	Input 2020 (UCP)	Input 2035 (UCP)
BR-101 pista marginal (sentido Vitória)	1926	2350
BR-101 pista marginal (sentido Serra)	1339	1633
BR-101 pista principal descendo viaduto (sentido Serra)	1339	1662
BR-101 pista principal (sentido Vitória)	2166	2643
BR-101 pista principal vindo da Reta do Aeroporto (sentido Serra)	1250	1525
Rua Carioca	213	247
Rua L	18	22
Avenida Norte-Sul (sentido Vitória)	2034	2482
Avenida Brasil	108	132
Avenida Alpheu Ribeiro	197	240

Fonte: Autores

Tabela 20: Inputs do projeto de alteração proposto pelo Governo do Espírito Santo para a hora-pico da manhã

Rua/Avenida	Input 2020 (UCP)	Input 2035 (UCP)
BR-101 pista principal (sentido Vitória)	2166	2643
BR-101 pista marginal (sentido Vitória)	1926	2350
Avenida Brasil	108	132
Via interna novo terminal 1	41	50
Avenida Norte-Sul (sentido Vitória)	2034	2482
Via interna novo terminal 2	41	50
Rua Carioca	120	147
Rua L	18	22
Avenida Alpheu Ribeiro	44	54
BR-101 pista principal (sentido Serra)	2659	3244
BR-101 pista marginal (sentido Serra)	1338	1633

Fonte: Autores

No cenário do projeto BRT e na proposta da Prefeitura houve um acréscimo de veículos entrando na Rua Manoel Carlos Miranda a partir da BR-101 Marginal (sentido Vitória) por conta da exclusão da agulha para conversão à esquerda que havia em direção à Rua Edilson Pompermayer. Nessa proposta os veículos passam a formar a fila para atravessar a BR-101 na rua interna do bairro Carapina Grande (Rua Manoel Carlos Miranda), onde no cenário atual 5% dos veículos que estão na marginal sentido

Vitória convertem para dentro do bairro e nos Cenários 2 e 3 se considera que 30% dos veículos realizarão essa conversão devido a mudança da fila de conversão para BR-101 marginal e principal, sentido Serra, e para a Rua Edilson Pompermayer, percentual este previstos de acordo com os movimentos de conversão nesse trecho que são feitos na geometria atual.

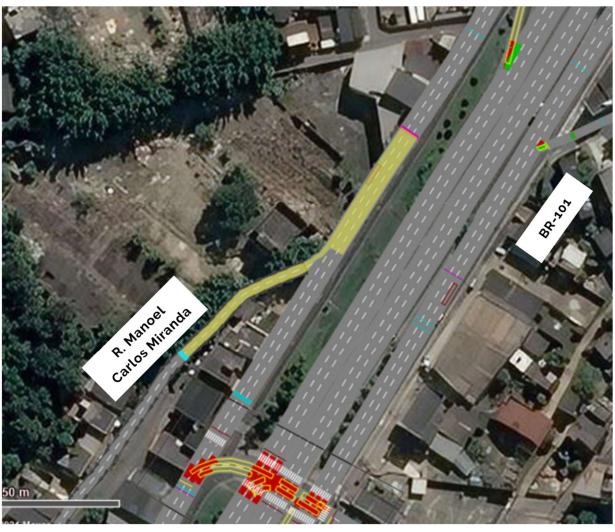


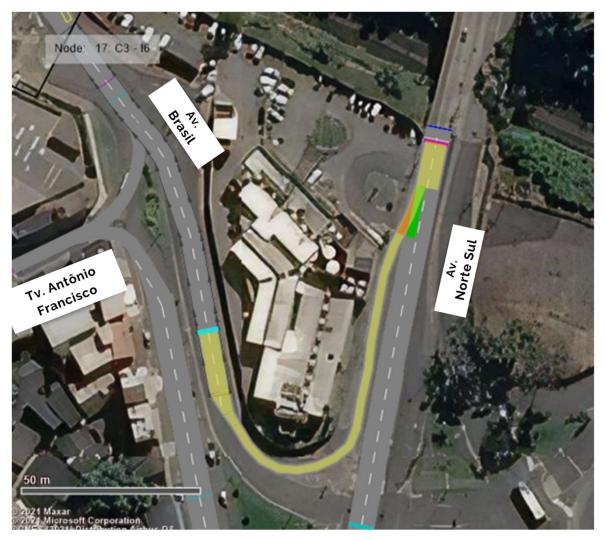
Figura 11: Rota de acesso à Rua Manoel Carlos Miranda pela BR-101

Fonte: PTV Vissim.

Com a abertura do canteiro central da BR-101 para o cruzamento de veículos na altura da Unidade de Pronto Atendimento (UPA) de Carapina nos Cenários 2 (proposta prefeitura) e Cenário 3 (projeto Governo do Estado), houve um aumento percentual de veículos na rota saindo da Avenida Norte-Sul em direção à BR-101, passando pela UPA de Carapina; no cenário 1, 5% dos veículos que vêm na Avenida

Norte-Sul sentido Vitória convertem à direita em direção à UPA de Carapina e previuse 30% nos Cenários 2 e 3 devido a abertura para conversão na BR-101 e acesso ao novo terminal no cenário 3.

Figura 12: Rota de acesso ao cruzamento da BR-101 na altura da UPA de Carapina a partir da Avenida Norte-Sul no Cenário do Governo do Estado



Fonte: PTV Vissim

Também devido a inserção desse novo cruzamento da BR-101 mencionado anteriormente, houve um acréscimo na rota oriunda da BR-101 marginal (sentido Serra) para a Travessa Antônio Francisco I, passando de 5% no cenário 1 para 25% nos cenários 2 e 3 devido a abertura para conversão na BR-101 e também acesso ao novo terminal no cenário 3, aumentando a demanda de veículos que passam nessa Travessa.

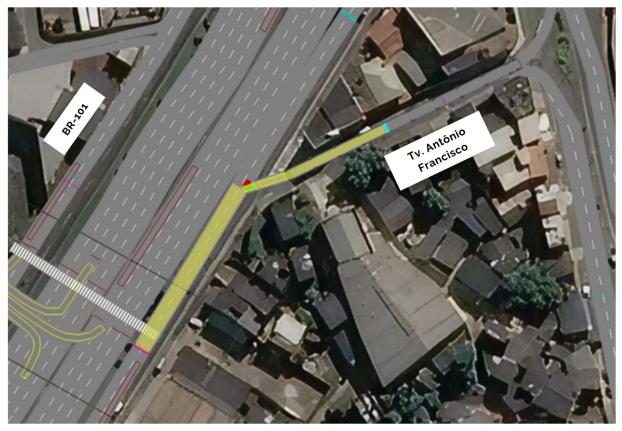


Figura 13: Rota de acesso a Travessa Antônio Francisco I a partir da BR-101

Fonte: PTV Vissim

Com a mudança de localização do Terminal Carapina e da implementação do BRT no Cenário 3, houve a criação de acessos ao terminal que interagiram com as rotas da BR-101, desviando o tráfego em algumas faixas da rodovia.

C. Inserção de rotas (Vehicle Routes)

As rotas percorridas pelos veículos são colocadas no programa a partir do comando Vehicle Routes. É necessário inserir todas as possíveis rotas de um veículo desde a uma entrada da malha até uma saída. Dessa maneira, para cada entrada poderá haver mais de uma rota, cada uma delas representada por uma porcentagem do input. A essa porcentagem é dado o nome de Relative Flow.

As rotas do transporte público são criadas de forma individual e com características específicas, por meio do comando Public Transport Lines. Ao criar uma rota, deve-se definir a velocidade, tempos de partida e taxa de inserção dos ônibus na malha. Esse

último baseia-se na quantidade de viagens realizadas na hora-pico e seu cálculo é feito dividindo-se o intervalo de simulação (3600 segundos) pelo volume de ônibus que passam naquela hora.

D. Áreas de conflito (Conflict Areas)

Através da função Conflict Areas foi possível identificar as áreas de conflito da malha, e corrigir o problema definindo os movimentos que possuem prioridade. Essa funcionalidade do programa foi utilizada principalmente nas interseções que não são semaforizadas.

E. Inserção de sinalização semafórica (Signal Heads)

Uma etapa fundamental na construção da rede é a inclusão da sinalização semafórica, pois essa permite uma análise mais real do comportamento do tráfego. Para isso, utilizou-se do comando Signal Heads para criar os grupos semafóricos de cada interseção, caracterizando seus ciclos e estágios. Na geometria atual foram utilizados os dados da programação semafórica da região fornecidos pela Prefeitura Municipal da Serra e utilizaram-se os ciclos referentes a hora-pico.

F. Definição da Velocidade desejada por via (Desired Speed Decisions)

Por meio da ferramenta Desired Speed Decisions foi inserida a velocidade regulamentar de cada uma das vias da rede, conforme apresentado na Tabela 24.

Tabela 21: Velocidade regulamentar das vias

Rua/Avenida	Velocidade regulamentar (km/h)
BR-101	60
Avenida Norte-Sul	60
Faixas exclusivas (BRT)	60
Demais vias	40
Dentro do Terminal	20

Fonte: Autores

7.3.3 Calibração do Modelo

Essa etapa da simulação consiste em comparar se o modelo de rede construído no programa realmente se assemelha a situação real observada em campo, para uma possível correção ou ajuste, caso seja necessário. O modelo de simulação que representa a geometria atual com os volumes de 2020 foi calibrado e a mesma metodologia foi aplicada nas simulações seguintes.

Ao iniciar a simulação, percebeu-se que em alguns pontos da rede não havia formação de filas conforme o esperado. A ferramenta Inserção de Reduced Speed Areas, é uma ferramenta que reduz a velocidade de tráfego em determinada área. A Reduced Speed Areas foi inserida principalmente nos cruzamentos ou acessos para mudanças de vias, pois os veículos faziam a conversão em alta velocidade, o que não ocorre na realidade. Então foram inseridos nesses pontos reduções de 15 km/h ou 20 km/h a depender do comportamento observado em campo.

Nos cenários que representam o projeto da prefeitura e do governo do Estado foram feitos ajustes nos tempos de ciclo semafóricos, observando-se onde seriam os maiores volumes de movimentos e, em seguida, aumentando-se o tempo de verde para eles com o intuito de diminuir o tamanho das filas.

7.4 DIMENSIONAMENTO DA SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

Na configuração da simulação das propostas de melhoria na geometria também foi necessário realizar o dimensionamento dos novos grupos semafóricos. Os tempos de ciclo ótimo e os tempos de verde, assim como os fluxos de saturação para cada via foram determinados conforme os itens descritos previamente no capítulo 4 e segundo o que rege o DENATRAN, apresentado na Tabela 2.

7.4.1 Sinalização semafórica proposta prefeitura – Cenário 2

Nas Figuras 14 a 17 são mostradas as interseções já semaforizadas, marcadas em amarelo; em verde, os grupos semafóricos a serem inseridos, bem como o diagrama dos tempos semafóricos utilizados neste trabalho para cada interseção.

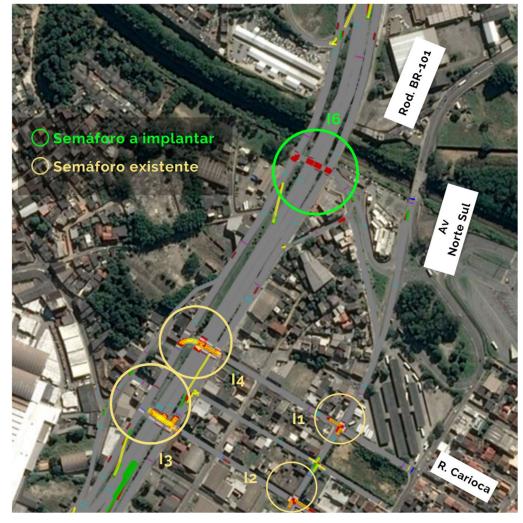


Figura 14: Posicionamento dos grupos semafóricos proposta prefeitura

Fonte: Autores

Para a análise virtual da proposta da prefeitura, repetiu-se os tempos semafóricos das interseções I1 e I2, que possuem 120 segundos de ciclo total. Optou-se também por repetir os tempos atuais da interseção I4, com 140 segundos de ciclo total. Os diagramas desses grupos semafóricos são apresentados no APÊNDICE A.

A sinalização semafórica para as interseções I3 e I6 foi dimensionada conforme as limitações observadas em campo para a aproximação da BR-101, sentido Serra. Nessas interseções foi estimada a configuração apresentada a seguir.

Figura 15: Tempos semafóricos das interseções I3 e I6

Fonte: PTV Vissim

7.4.2 Sinalização semafórica para o projeto do Estado – Cenário 3

Na Figura 16 é apresentado o esquema de interseções e semáforos onde os cruzamentos já semaforizados estão marcados em amarelo e os grupos semafóricos a serem inseridos em verde.

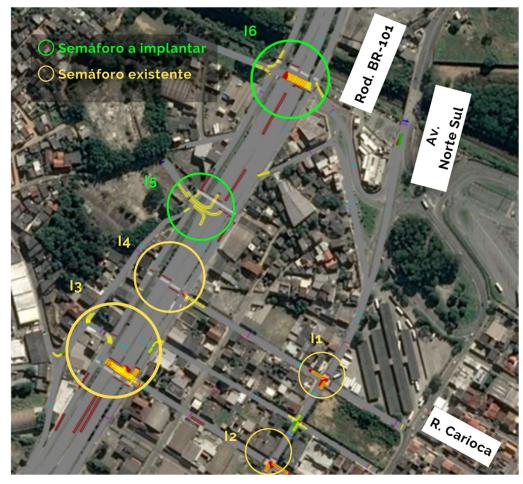


Figura 16: Posicionamento dos grupos semafóricos projeto do Estado - Cenário 3

Fonte: Autores

Para a simulação do projeto, repetiu-se os tempos semafóricos das interseções I1 e I2 que possuem 120 segundos de ciclo total. Os diagramas desses grupos semafóricos são apresentados no APÊNDICE A.

Já para as interseções I3, I4 e I5 foi usado o diagrama mostrado na Figura 17. Os tempos para cada estágio foram dimensionados conforme as limitações observadas em campo para as aproximações da BR-101, para os dois sentidos de tráfego, sendo o ciclo total de 140 segundos.

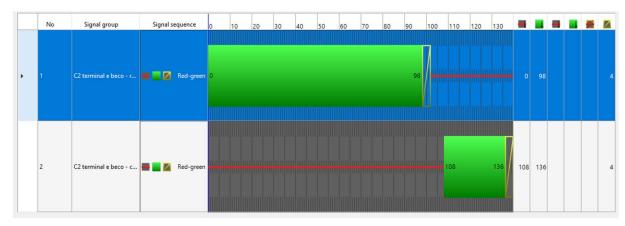


Figura 17: Tempos semafóricos da interseção I3, I4 e I5.

Fonte: PTV Vissim

7.5 VALIDAÇÃO DO MODELO

Após os processos de inserção no simulador da geometria, dos parâmetros referentes aos volumes de tráfego e da sinalização semafórica, como já detalhado anteriormente, existe ainda a necessidade de comprovação *in loco* da correspondência da simulação com a operação real do trecho estudado. Para tal, realizou-se visitas a campo em dias úteis e no horário de maior movimentação, ou seja, na hora-pico considerada.

Nessas visitas foram gravadas imagens onde é possível observar as filas e os congestionamentos que ocorrem na realidade, além da avaliação visual dos níveis de serviço das interseções que compõem a simulação.

Nas proximidades do Terminal Carapina foi possível observar um nível de serviço razoável. As interseções operam com auxílio de agentes de trânsito, que permaneciam no local por algumas horas e procuravam otimizar a capacidade de tráfego do local. Os agentes relataram que quando ocorrem intercorrências na Rodovia BR-101, há um grande impacto na região, principalmente durante os períodos de pico. O que exige a permanência desses agentes no local orientando o trânsito ainda por longo tempo após o período habitual.

Figura 18: Interseção Rua Carioca com Avenida Norte-Sul.



Fonte: Autores

Figura 19: Interseção Avenida Norte-Sul com Rua Carioca.



Fonte: Autores



Figura 20: Interseção Avenida Norte-Sul com Rua Edilson Pompermayer.



Figura 21: Interseção Avenida Norte-Sul com Rua Edilson Pompermayer.

Fonte: Autores

Com a observação da circulação dos veículos na Rodovia BR-101 durante a hora-pico percebeu-se que as interseções com as ruas Rua Carioca e Rua Edilson Pompermayer são fortemente exigidas. Essa observação comprova o relato do agente local, e constata que tais cruzamentos trabalham em nível de serviço próximo a saturação da via.

Figura 22: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Edilson Pompermayer.



Figura 23: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Edilson Pompermayer.



Figura 24: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Carioca.



Figura 25: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Carioca.





Figura 26: Interseção Rodovia BR-101 com Rua Carioca.

8. APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

8.1 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS

Para a execução desse trabalho foram realizadas simulações para três diferentes cenários, os quais são sucintamente apresentados a seguir.

- Cenário 1: utilizou-se as características da geometria atual da região (situação existente), em dois horizontes temporais e configurações de volume de tráfego:
 - Ano 2020: dados da contagem de tráfego de 2016 corrigidos para 2020;
 - Ano 2035: volumes de tráfego de 2035 obtidos através das projeções da frota.
- Cenário 2: utilizou-se as alterações geométricas da BR-101 propostas pela PMS (apenas ampliação da capacidade de tráfego da travessia urbana de Carapina) e os volumes de veículos considerando dois horizontes de projeto:

- Ano 2020: dados da contagem de tráfego de 2016 corrigidos para 2020;
- Ano 2035: volumes de tráfego de 2020 projetados para 2035 pelo índice de crescimento previsto para a frota de veículos do município.
- Cenário 3: utilizou-se as mudanças geométricas propostas pelo projeto do Estado para a rodovia federal (previsão de implantação do BRT no canteiro central da BR-101) em dois horizontes temporais:
 - Ano 2020: dados da contagem de tráfego de 2016 corrigidos para 2020:
 - Ano 2035: volumes de tráfego de 2020 projetados para 2035 pelo índice de crescimento previsto para a frota de veículos do município.

CENÁRIO 1
Geometria atual
Proposta da Prefeitura
Prefeitura

2020
2035
2035
Eonte: Autores

Figura 27: Resumo das simulações realizadas

8.2 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EM CADA CENÁRIO

A seguir são apresentados os cenários simulados. Eles foram estabelecidos conforme as propostas de alteração existentes para o trecho e considerando o atual nível de serviço das interseções estudadas que se encontram na rodovia BR-101 e na Avenida Norte-Sul.

A área de abrangência dos cenários simulados está situada praticamente entre a BR-101 e a Avenida Norte-Sul e tem seu início imediatamente ao sul do viaduto que passa sobre a estrada de ferro Vitória-Minas, e segue na rodovia federal até as proximidades do Trevo viaduto rodoviário da BR-101 em Carapina.

8.2.1 Cenário 1: Simulação com a geometria atual da BR-101(anos de 2020 e 2035)

Foi realizada a configuração da geometria atual, em que os principais acessos da BR-101 para o Terminal Carapina existente se dão através da Rua Edilson Pompermayer e Rua L, enquanto o acesso do terminal para a rodovia federal acontece pela Rua Carioca. Nessa área destacam-se os cruzamentos dessas ruas com a Avenida Norte- Sul e com a Rodovia BR-101, conforme mostrado na Figura 28.

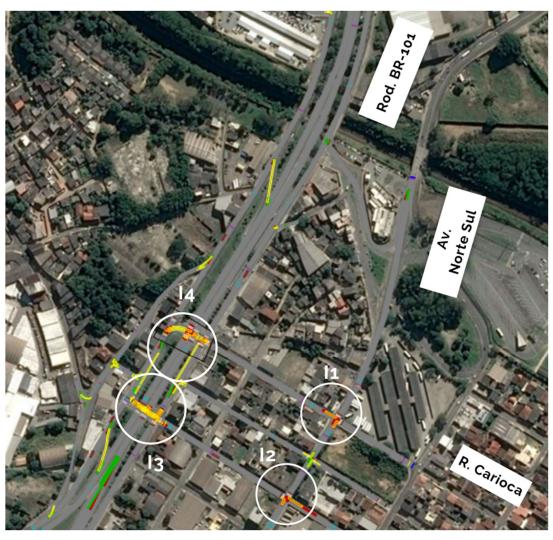


Figura 28: Cenário 1: suas Interseções estudadas

Na simulação com os dados de tráfego previstos para o ano 2035, o nível de serviço das interseções estudadas manteve-se ou piorou em comparação com o cenário de 2020, conforme pode ser visualizado na Tabela 22.

Após a simulação do cenário atual foi possível verificar que a interseção I1, como um todo, Figura 29, opera com nível de serviço D atualmente e que o movimento 1 apresenta o maior atraso médio dos veículos (80,29s), dentre os demais movimentos da interseção, e já opera no nível de serviço F, como mostrado na Tabela 22. Com o aumento da frota em 2035, a interseção como um todo perde ainda mais sua efetividade e ocorre aumento do atraso de 46,05 segundos para 54,24 segundos.

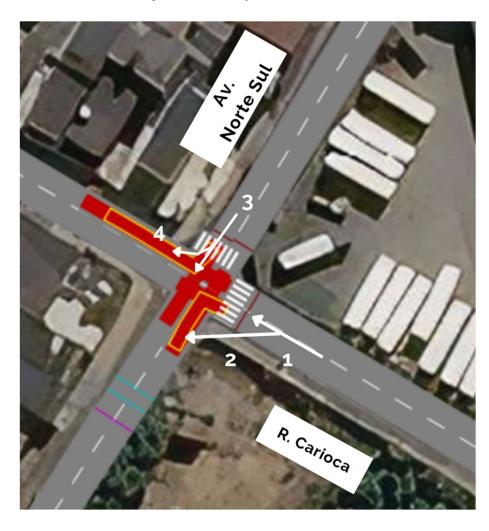
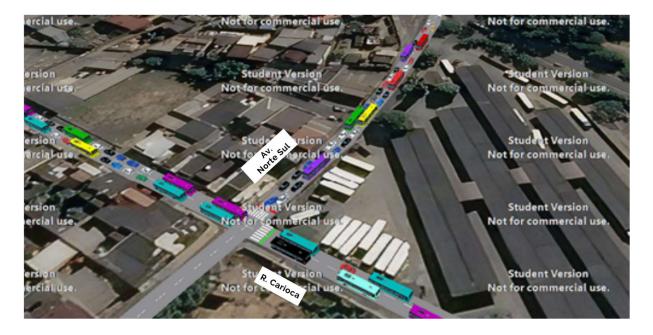


Figura 29: Interseção 1 no Cenário 1

Tabela 22: Resultado da simulação da interseção I1 para o Cenário 1 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	1 - 2020			CENÁRIC	1 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	123,67	25	LOS_F	80,29	123,67	31	LOS_F	98,8
2	123,67	8	LOS_C	26,27	123,67	17	LOS_D	44,8
3	349,91	54	LOS_C	24,78	349,91	57	LOS_C	32,94
4	349,91	55	LOS_D	48,57	349,91	60	LOS_D	52,54
l1	349,91	142	LOS_D	46,05	349,91	165	LOS_D	54,24

Figura 30: Fila na interseção I1 no Cenário 1



Fonte: PTV Vissim

Observa-se que o comprimento da fila máxima na I1 manteve-se em 349,91m, tanto para o ano horizonte 2020 quanto para 2035. Essa inferência pode ser feita porque nas duas situações o comprimento da fila extrapolou o limite da área de estudo permitida para a versão utilizada do software.

Na interseção l2 apresentada na Figura 31, pode-se observar na Tabela 23 que os níveis de serviço se mantiveram os mesmos para todos os movimentos e para a

interseção como um todo, porém, também houve aumento da fila máxima em todos os movimentos e ligeiro aumento do atraso.

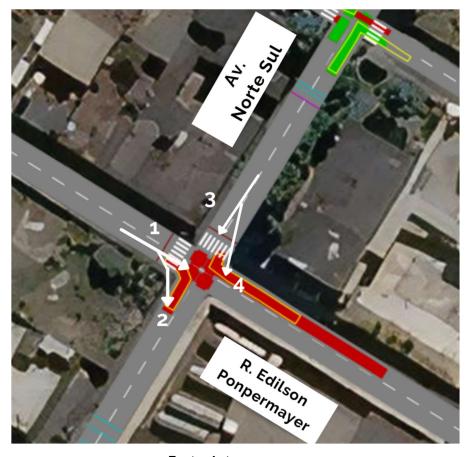


Figura 31: Interseção I2 do Cenário 1

Fonte: Autores

Tabela 23: Resultado da simulação do nó l2 para o Cenário 1 em 2020 e 2035

	(CENÁRIO	1 - 2020		(CENÁRIO	1 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	127,7	69	LOS_C	22,24	155,92	79	LOS_C	25,09
2	127,7	9	LOS_C	22,78	155,92	11	LOS_C	23,14
3	52,22	55	LOS_C	25,31	64,42	63	LOS_D	26,49
4	52,22	8	LOS_B	12,5	64,42	10	LOS_B	13,71
12	127,7	141	LOS_C	24,38	155,92	163	LOS_C	25,16

Na interseção I3 mostrada na Figura 32, cujos resultados da simulação estão contidos na Tabela 24, foi possível verificar que com o aumento da frota em 2035 o nível de serviço que na situação atual era E passou a ser F, demonstrando que a interseção passará a operar em condição de saturação no intervalo de maior fluxo de veículos, principalmente nos movimentos 1 e 4 que já operam hoje com baixo nível de serviço. No movimento 5, o nível de serviço A ocorre devido a retenção dos veículos ocorrer antes de chegarem ao semáforo, por ocasião da agulha de conversão, parte dos veículos que trafegam pelas duas faixas em direção a Vitória acabam congestionando essa área tentando acessar a agulha de conversão. Vale ressaltar que o comprimento das filas formadas é limitado ao tamanho da malha criada no software ou pelo encontro com outro nó.

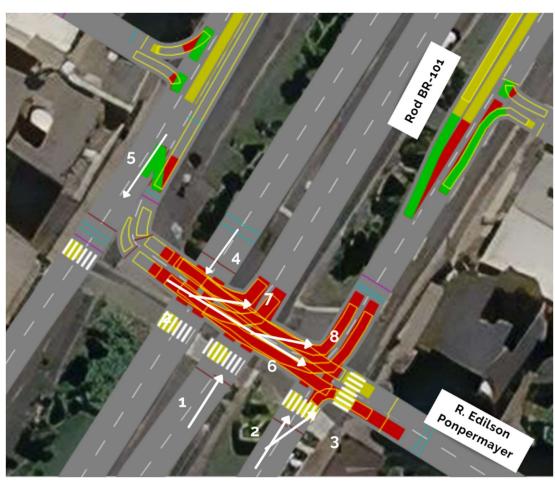


Figura 32: Interseção 3 do Cenário 1

Tabela 24: Resultado da simulação da interseção I3 para o Cenário 1 em 2020 e 2035

	С	ENÁRIO 1	- 2020			CENÁRIO) 1 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	204,72	409	LOS_F	80,45	205,58	499	LOS_F	84,54
2	108,70	184	LOS_D	46,01	207,39	189	LOS_D	48,07
3	108,70	21	LOS_C	22,78	207,39	23	LOS_C	23,49
4	139,85	515	LOS_F	82,14	130,81	567	LOS_F	86,92
5	86,54	190	LOS_C	23,61	89,59	236	LOS_C	25,14
6	89,00	41	LOS_B	19,34	127,59	46	LOS_C	25,16
7	89,00	6	LOS_D	39,97	127,59	8	LOS_D	41,05
8	89,00	7	LOS_D	47,6	127,59	8	LOS_E	49,17
13	204,72	1373	LOS_E	58,27	207,39	1564	LOS_F	81,51

O baixo nível de serviço nos movimentos 4 e 2 ocorre devido à alta demanda do fluxo de veículos e ao estrangulamento oriundo dos veículos vindos da Rua Carioca. Também os movimentos 8 e 9 apresentam baixo nível de serviço, porém baixo fluxo de veículos. Em visita a campo foi possível constatar que a fila que se forma durante o tempo de vermelho não consegue passar por completo, ficando presa pelo engarrafamento também gerado pela Rua Carioca. Logo, é possível observar na Tabela 25 que o nível de serviço na l4 é baixo como um todo e opera próximo ou no nível já congestionado, e que com o passar do tempo esse nível de serviço irá piorar ainda mais.

7 8 1 R Carioca

Figura 33: Interseção 4 do Cenário 1

Tabela 25: Resultado da simulação da interseção l4 para o Cenário 1 em 2020 e 2035

		CENÁRIC	1 – 2020			xima m) N° de Veículos Nivel de Serviço Atraso (s) 5,17 499 LOS_F 90,34 ,21 222 LOS_E 46,34 3,66 701 LOS_F 85,35 5,87 218 LOS_F 89,92 3,75 16 LOS_C 21,74 3,75 19 LOS_E 58,77 3,75 22 LOS_D 40,51		
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)			
1	115,17	409	LOS_F	84,59	115,17	499	LOS_F	90,34
2	76,61	198	LOS_E	44,01	84,21	222	LOS_E	46,34
3	205,68	578	LOS_F	83,27	218,66	701	LOS_F	85,35
4	214,32	172	LOS_E	55,76	235,87	218	LOS_F	89,92
5	218,75	15	LOS_B	17,19	218,75	16	LOS_C	21,74
6	218,75	17	LOS_E	57,18	218,75	19	LOS_E	58,77
7	218,75	18	LOS_C	30,83	218,75	22	LOS_D	40,51
8	65,46	5	LOS_E	75,12	135,42	6	LOS_F	154,54
9	65,46	4	LOS_F	100,93	135,42	5	LOS_F	234,82
14	218,75	1416	LOS_E	65,94	218,75	1707	LOS_F	87,29

Neste cenário não foram consideradas as interseções/nós l5 e l6 apresentadas nos demais cenários, pois nesses pontos não haviam semáforos. Por isso, não foi possível estabelecer um nó e coletar os dados.

8.2.2 Cenário 2: Simulação da geometria proposta pela Prefeitura da Serra

O cenário 2 representa alterações propostas pela Prefeitura da Serra para simplesmente aumentar a fluidez do tráfego no local. Ele consiste na manutenção do Terminal Carapina na atual localização, ou seja, entre a Avenida Norte-Sul e a Rua Carioca, com o acréscimo de apenas uma terceira faixa de tráfego nas duas pistas de rolamento existentes, por sentido, na BR-101. Ou seja, propõe mais uma faixa de circulação tanto na marginal como na principal. Esta proposta contempla também a mudança do tráfego na Rua Manoel Carlos Miranda, que passa a funcionar com mão-única, sentido Vitória, tendo uma faixa destinada a acomodação dos veículos que retornam na BR-101 ou acessam ao Terminal Carapina existente e aos bairros Nossa Senhora de Fátima e Manoel Plaza, pela Rua Edilson Pompermayer. Este fato elimina a atual faixa de acomodação dos veículos que giram à esquerda neste ponto da pista lateral da BR-101. Além disso, inclui a abertura de novo retorno na rodovia, próximo à UPA Carapina, utilizando a Travessa Antônio Francisco I, para retorno à Vitória e acesso ao bairro Carapina Grande. Dessa forma, é eliminado o giro à esquerda existente na rodovia para isso, localizado no entroncamento com a Rua Carioca.

A Figura 34 mostra as interseções consideradas nessa geometria, destaca-se nesse caso a criação da I6 nas proximidades da UPA Carapina.

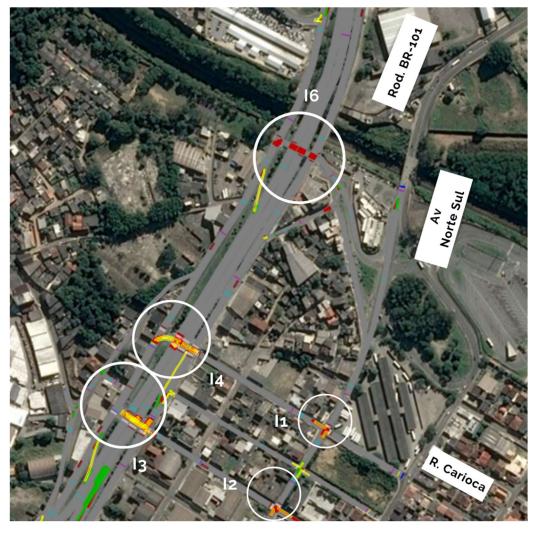


Figura 34: Cenário 2 e suas interseções

A seguir destaca-se as interseções, seus detalhes e seus respectivos resultados para a representação virtual do trecho de estudo.

A interseção I1 possui um grande fluxo de veículos, principalmente devido à proximidade com o Terminal Rodoviário de Carapina. No movimento 1, onde os veículos vão em direção à BR-101 pela Rua Carioca, observa-se uma maior quantidade de veículos quando comparado ao cenário 1. Mesmo não melhorando o nível de serviço, isso pode ser considerado um ponto positivo, pois os tempos de ciclo dos semáforos são os mesmos. O que se justifica devido aos menores bloqueios na BR-101 com as 3 faixas em cada via. Porém, no geral, o nível de serviço da interseção passou de C para D quando se comparam os cenários 1 e 2 no ano de 2020.

R Carioca 2 1

Figura 35: Interseção 1 do Cenário 2

Tabela 26: Resultado da simulação da interseção I1 para o Cenário 2 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	2 - 2020			CENÁRIC	2 – 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	123,67	32	LOS_E	67,81	123,67	35	LOS_E	68,80
2	123,67	15	LOS_D	43,64	123,67	17	LOS_E	60,33
3	349,91	50	LOS_C	25,24	349,91	51	LOS_D	29,93
4	349,91	53	LOS_D	35,02	349,91	55	LOS_D	37,59
I1	349,91	150	LOS_D	44,60	349,91	158	LOS_D	48,31

Na interseção I2, o nível de serviço se manteve em B quando comparado ao cenário 1. Contudo, também houve uma redução bastante significativa no comprimento da fila na Rua Edilson Pompermayer.

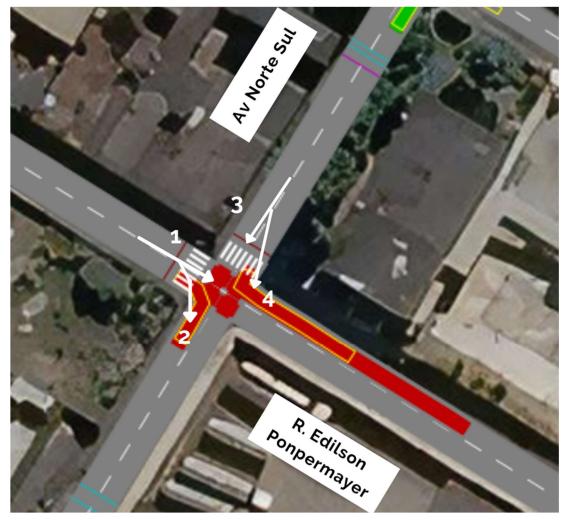


Figura 36: Interseção 2 do Cenário 2

Tabela 27: Resultado da simulação da interseção I2 para o Cenário 2 em 2020 e 2035

		CENÁRIC	2 - 2020			CENÁRIC	2 - 2035	Atraso (s) 26,05 48,52 28,57 28,78	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço		
1	97,96	65	LOS_C	25,69	102,21	71	LOS_C	26,05	
2	97,96	11	LOS_D	47,38	102,21	13	LOS_D	48,52	
3	42,3	64	LOS_C	26,35	43,12	65	LOS_C	28,57	
4	42,3	8	LOS_C	27,16	43,12	9	LOS_C	28,78	
12	97,96	148	LOS_C	30,36	102,21	159	LOS_C	32,09	

A interseção entre a Rodovia BR-101 e a Rua Edilson Pompermayer se mantém com bom desempenho entre os anos de 2020 e 2035. E, se comparada ao cenário anterior, percebeu-se uma melhora substancial para o ano horizonte 2035. Segundo a projeção, o nível de serviço tem uma melhora, passando de F para D. Isso demonstra que a alteração promove uma boa melhoria operacional para o cruzamento.

Carlos Minanda

5

Ponpermayer

Figura 37: Interseção 3 do Cenário 2

Tabela 28: Resultado da simulação da interseção I3 para o Cenário 2 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	2 - 2020			CENÁRIO	2 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	66,67	445	LOS_C	24,41	74,81	501	LOS_D	36,89
2	90,58	168	LOS_B	15,74	139,87	211	LOS_C	20,28
3	90,58	55	LOS_B	12,67	139,87	60	LOS_B	14,94
4	50,85	522	LOS_C	27,2	62,5	570	LOS_D	49,95
5	26,28	153	LOS_B	12,15	27,01	165	LOS_B	13,01
6	117,49	18	LOS_D	48,72	167,74	17	LOS_D	49,8
7	117,49	20	LOS_D	42,33	167,74	21	LOS_D	50,13
8	117,49	5	LOS_C	28,12	167,74	7	LOS_C	28,76
13	117,49	1386	LOS_C	26,59	167,74	1547	LOS_D	37,19

Na interseção I4, a comparação entre os cenários 1 e 2 permite observar que a mudança também trouxe benefícios, pois o entroncamento da Rua Carioca com a Rodovia BR-101 que operava com nível de serviço E, já próximo a saturação, passou a operar com um nível de serviço D.

Os movimentos 6 e 7 são os únicos que não melhoram com a mudança na geometria, contudo houve diminuição da fila máxima e a passagem de um número maior de veículos nesses movimentos. Essa melhoria se dá pelo aumento de duas para três faixas na pista principal e na pista auxiliar da rodovia.

Ainda, o desvio para a Rua Manoel Carlos Miranda dos veículos vindos da BR-101 e que vão entrar na Rua Edilson Pompermayer ou retornar, provou ser uma boa medida para aliviar o trânsito na interseção de uma forma geral.

A Securioca Resident

Figura 38: Interseção 4 do Cenário 2

Tabela 29: Resultado da simulação da interseção l4 para o Cenário 2 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	2 - 2020			CENÁRIC	2 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	98,24	545	LOS_C	23,36	104,82	587	LOS_D	39,49
2	86,00	163	LOS_E	54,08	97,33	203	LOS_F	58,91
3	139,92	602	LOS_C	23,58	155,12	728	LOS_D	36,24
4	148,05	216	LOS_D	35,8	160,93	238	LOS_E	55,92
5	215,82	19	LOS_B	14,7	216,04	19	LOS_C	28,05
6	215,82	18	LOS_E	65,3	216,04	15	LOS_E	63,47
7	215,82	20	LOS_C	45,98	216,04	24	LOS_C	58,39
14	215,82	1596	LOS_D	47,09	216,04	1829	LOS_E	59,72

A interseção l6 não foi considerada no cenário 1 pois não havia cruzamento e nem grupo semafórico para a possibilidade de criação de nó, não possibilitando um efeito comparativo com a geometria atual. Porém, deve-se destacar o nível de serviço D para os movimentos 5, 6 e 7, provenientes da ladeira da UPA de Carapina, com a implantação do retorno, e também a formação de uma longa fila no ano de 2035. Dessa forma, esta solução pode ser viável para um horizonte de curto prazo, mas em cerca de 10 anos deverá ficar sobrecarregada, sendo recomendável a implantação de viaduto sobre a rodovia neste cruzamento, principalmente se construído o novo Terminal Carapina.

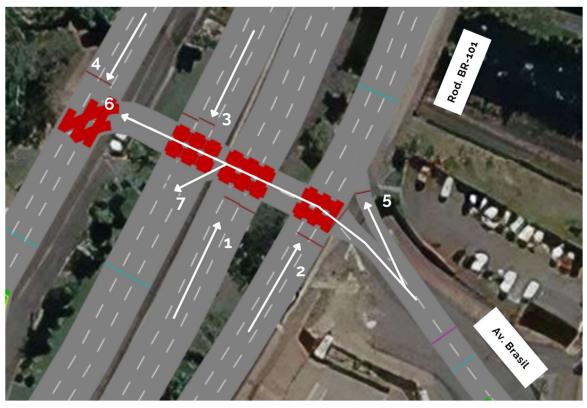


Figura 39: Interseção 6 do Cenário 2

Tabela 30: Resultado da simulação da interseção l6 para o Cenário 2 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	2 - 2020			CENÁRIC	2 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	42,97	551	LOS_C	24,03	59,57	587	LOS_D	38,95
2	49,65	130	LOS_C	21,14	53,57	157	LOS_D	36,94
3	75,52	589	LOS_C	22,77	110,56	755	LOS_C	23,99
4	133,65	197	LOS_B	14,88	154,84	234	LOS_C	27,57
5	213,99	9	LOS_D	39,29	221,95	10	LOS_D	42,22
6	213,99	16	LOS_D	37,50	221,95	23	LOS_D	40,75
7	215,89	10	LOS_D	48,48	223,37	15	LOS_D	49,68
16	133,65	1502	LOS_C	30,85	154,84	1784	LOS_D	46,65

Com a análise dos resultados, foi possível verificar que na proposta da prefeitura, a alteração na interseção I4, entre a BR-101 e a Rua Edilson Pompermayer, quando os carros que vão realizar a conversão à esquerda entram na Rua Manoel Carlos Miranda, apresenta uma melhoria de fluidez. Além disso, a mudança da rodovia para três faixas de rolamento, tanto na pista principal quanto nas pistas auxiliares, também traz melhorias para o nível de serviço das interseções I1 e I2 localizadas na Avenida Norte-Sul.

8.2.3 Cenário 3: Simulação da geometria proposta pelo Estado para o BRT

A geometria desse projeto traz para a simulação a nova localização do Terminal Carapina, atualmente localizado mais ao norte da Rodovia. Esse terminal é um novo componente para a destinação de uma faixa de tráfego por sentido da rodovia, mais uma outra para ultrapassagem nos pontos de ônibus, para uso exclusivo do BRT. Além dessas faixas de tráfego para o BRT, esse trecho da rodovia é composto por duas pistas por sentido, totalizando quatro faixas para o tráfego geral, por sentido. Neste cenário os acessos ao novo terminal se darão pela Avenida Presidente Castelo Branco e pela Rua Manoel Carlos Miranda.

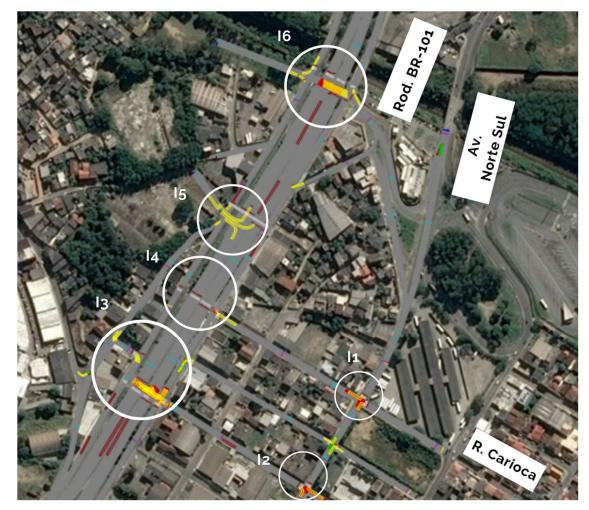


Figura 40: Cenário 3 - Localização das interseções analisadas

Dessa forma, é possível perceber que pelo cenário três, haverá melhora significativa no nível de serviço no cruzamento da Rua Carioca com a BR-101 e com a Avenida Norte-Sul, principalmente devido à alteração da localização do Terminal Carapina e, consequentemente, redução significativa do volume de ônibus circulando nessa via.

R. Carioca 2 1

Figura 41: Interseção 1 do Cenário 3

Tabela 31: Resultado da simulação da interseção I1 para o Cenário 3 em 2020 e 2035

		CENÁRIC	3 - 2020			CENÁRIC	3 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	27,08	5	LOS_A	3,07	36,03	7	LOS_A	4,95
2	27,08	17	LOS_C	29,82	36,03	22	LOS_D	45,7
3	254,26	205	LOS_B	14,49	349,53	228	LOS_B	14,74
4	254,26	52	LOS_C	17,15	349,53	52	LOS_C	34,51
I1	254,26	279	LOS_B	13,57	349,53	309	LOS_B	16,88

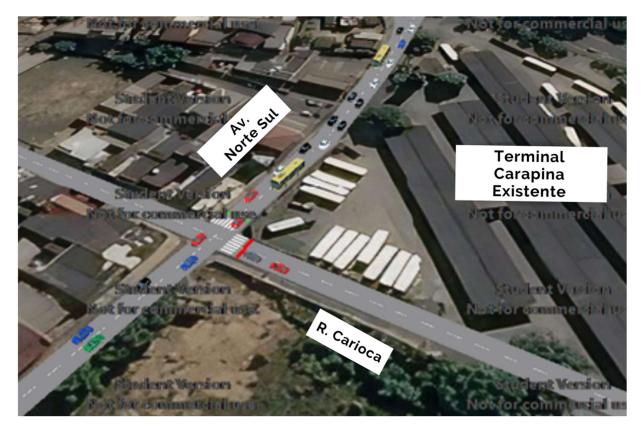


Figura 42: Nível de serviço da interseção I1 do Cenário 3

Fonte: PTV Vissim

Em relação ao comparativo com o cenário 1, nos movimentos 1 e 2 da Rua Edilson Pompermayer houve uma melhora no nível do serviço. Pois a mudança do terminal culminou na redução na quantidade circulante de veículos e, consequentemente, nas filas formadas.

A solution and a solu

Figura 43: Interseção 2 do Cenário 3

Tabela 32: Resultado da simulação da interseção I2 para o Cenário 3 em 2020 e 2035

		CENÁRIC	3 - 2020			CENÁRIC	3 - 2035	
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	62,55	22	LOS_A	4,52	65,24	25	LOS_A	5,39
2	62,55	24	LOS_A	4,77	65,24	27	LOS_A	5,74
3	27,03	60	LOS_B	12,48	35,08	66	LOS_B	13,73
4	27,03	35	LOS_B	13,94	35,08	38	LOS_B	15,05
12	62,55	141	LOS_A	7,18	108,08	156	LOS_B	13,27



Figura 44: Nível de serviço no nó l2 do Cenário 3

Fonte: PTV Vissim

Nesse cruzamento houve uma pequena melhora global no nível de serviço nos dois anos horizontes de simulação, ao ser comparado com o Cenário 1. Mostrando um nível de serviço D. Todavia, o fluxo permanece intenso, pois com a priorização do transporte público por meio da destinação de pistas segregadas para o BRT nas pistas centrais, restam apenas duas faixas para os outros veículos, diminuindo a capacidade da via. Também destaca-se o gargalo que se forma no nó l6 e que tem influência sobre este, e é detalhado mais adiante.

Carlos Manoel

A

Report Filter A

Repor

Figura 45: Interseção 3 do Cenário 3

Tabela 33: Resultado da simulação da interseção l3 para o Cenário 3 em 2020 e 2035

		CENÁRIC	3 - 2020		CENÁRIO 3 - 2035			
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	224,2	467	LOS_F	83,09	234,87	489	LOS_F	96,62
2	155,80	178	LOS_E	55,79	183,16	184	LOS_F	86,60
3	155,80	27	LOS_D	53,72	183,16	27	LOS_D	54,15
4	78,47	443	LOS_D	45,23	89,69	596	LOS_E	63,14
5	43,33	158	LOS_B	12,91	43,47	216	LOS_C	24,52
6	43,33	16	LOS_C	25,05	43,47	18	LOS_C	26,57
7	43,33	3	LOS_B	11,90	43,47	4	LOS_B	12,93
8	43,33	3	LOS_C	32,53	43,47	3	LOS_D	58,9
13	224,2	1331	LOS_D	48,29	234,87	1614	LOS_D	59,36

Na marginal sentido Serra o nível de serviço piora em comparação com o Cenário 1, sendo F em 2020 e 2035. Nos movimentos 3 e 4 a fluidez nas pistas marginal e principal da BR-101, sentido Vitória, é relativamente boa. Contudo, ao analisar a malha como um todo, há uma grande retenção no nó 6 onde existe um semáforo com 3 estágios. Portanto, apesar do nível de serviço aparentemente aceitável, esse ponto deve ser ponderado. No movimento 1 (BR-101 principal sentido Serra) o nível de serviço é F. Observa-se que as faixas exclusivas para o BRT se apresentam mais livres e há uma maior retenção nas outras duas faixas.

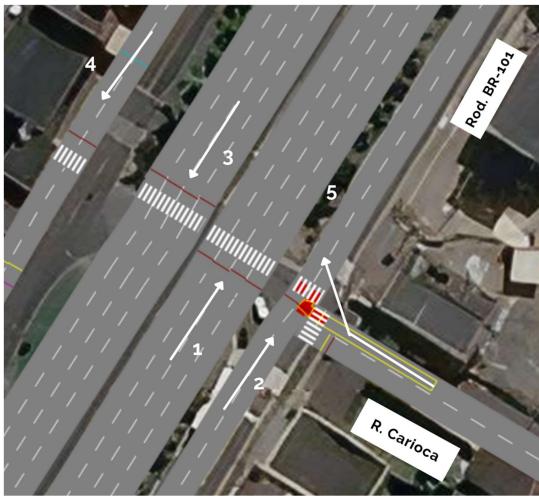


Figura 46: Interseção 4 do Cenário 3

Tabela 34: Resultado da simulação da interseção I4 para o Cenário 3 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	3 - 2020		CENÁRIO 3 - 2035					
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)		
1	149,7	442	LOS_F	85,98	164,78	511	LOS_F	91,85		
2	234,56	222	LOS_F	88,86	253,01	256	LOS_F	90,57		
3	67,93	401	LOS_D	51,05	69,09	445	LOS_D	53,56		
4	35,37	167	LOS_C	23,67	40,23	234	LOS_C	25,67		
5	65,48	32	LOS_C	29,62	81,11	27	LOS_D	37,31		
14	234,56	1364	LOS_D	47,65	253,01	1563	LOS_E	63,94		

A interseção I5 está presente somente no Cenário 3, pois a entrada e saída do BRT para o Novo Terminal Carapina dificulta comparativos e análises em relação a outros cenários.

Algumas observações importantes são que a marginal sentido Serra também está com nível de serviço ruim; a pista principal sentido Vitória apresenta um nível de serviço aparentemente moderado, embora nesse ponto haja cinco faixas, três são destinadas ao uso exclusivo do BRT, sendo uma para os ônibus que seguem em frente, outra é para a parada no ponto, enquanto a terceira é para acomodação dos ônibus que giram à direita para acesso ao novo terminal. As duas outras faixas são para os demais veículos, o que pode resultar em engarrafamento. Vale lembrar que parte do fluxo está agarrado no nó 16, onde o semáforo tem três estágios e, com isso represa o fluxo.

R. Manoel Carlos Miranda

Figura 47: Inserção 5 do Cenário 3

Tabela 35: Resultado da simulação da interseção I5 para o Cenário 3 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	3 - 2020		CENÁRIO 3 - 2035					
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)		
1	99,63	401	LOS_D	21,76	99,91	482	LOS_D	23,82		
2	203,01	156	LOS_F	83,75	208,31	189	LOS_F	98,31		
3	58,45	249	LOS_D	24,92	72,47	294	LOS_D	28,37		
4	58,45	12	LOS_C	29,98	72,47	11	LOS_C	33,06		
5	37,26	94	LOS_C	22,34	31,32	97	LOS_C	23,89		
6	37,26	16	LOS_A	0,45	31,32	16	LOS_A	0,53		
7	59,29	55	LOS_B	11,87	59,06	62	LOS_B	12,54		
8	59,29	10	LOS_C	21,93	59,06	10	LOS_C	22,57		
9	58,99	14	LOS_B	16,62	59,2	14	LOS_C	26,14		
15	135,01	988	LOS_C	25,78	127,36	1130	LOS_C	26,83		

Student Version
Not for commercial use.

Figura 48: Fila na interseção I5 no Cenário 3

Fonte: PTV Vissim

Verificou-se na interseção I6 o mesmo travamento observado no Cenário 2. A pista marginal e principal da BR-101, sentido Vitória, estão com nível de serviço ruim, e as filas chegam até o fim da malha. A principal no sentido Serra fica com nível de serviço E em 2025, o que pode ser justificado devido a quantidade de quatro faixas, onde as faixas do BRT seguem relativamente livres, mas as duas faixas restantes para circulação geral apresentam grande retenção de veículos por ocasião do semáforo de três estágios.

8 7 Milling Book Av. Brain

Figura 49: Inserção 6 do Cenário 3

Tabela 36: Resultado da simulação da interseção l6 para o Cenário 3 em 2020 e 2035

		CENÁRIO	3 - 2020		CENÁRIO 3 - 2035					
Movimento	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nº de Veículos	Nível de Serviço	Atraso (s)		
1	179,01	379	LOS_D	53,21	195,8	445	LOS_E	56,89		
2	61,89	98	LOS_C	30,23	72,71	103	LOS_D	35,67		
3	322,11	299	LOS_F	84,86	322,39	358	LOS_F	93,90		
4	153,56	179	LOS_F	102,55	310,88	203	LOS_F	124,56		
5	267,17	10	LOS_E	55,68	278,73	11	LOS_E	56,89		
6	288,99	25	LOS_E	55,87	293,01	28	LOS_E	56,98		
7	283,89	4	LOS_F	105,77	275,45	4	LOS_F	106,43		
8	153,56	66	LOS_F	93,76	310,88	81	LOS_F	113,00		
9	117,16	19	LOS_D	52,55	116,77	20	LOS_D	54,56		
10	77,47	10	LOS_D	46,46	194,26	13	LOS_D	50,10		
16	322,11	1089	LOS_E	57,34	322,39	1266	LOS_E	69,68		

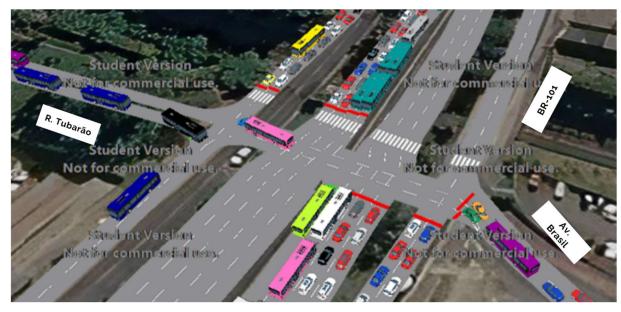


Figura 50: Fila na intersecção I6 no Cenário 3

Fonte: PTV Vissim

No cenário 3 o alargamento da pista principal da BR-101, para a criação de faixas de uso exclusivo dos ônibus em decorrência da implantação do sistema BRT acarretou impacto positivo à circulação do transporte público neste trecho, em contraponto ao fluxo dos demais veículos, que perde fluidez em alguns segmentos.

Um ponto de destaque é a nova interseção I6, nas proximidades da UPA de Carapina, onde se fará o retorno para o sentido Vitória na BR-101 através da Travessa Antônio Francisco. Aqui, poderá ocorrer a formação de uma grande fila ao longo dessa travessa e se esta alcançar a pista lateral da rodovia, impactará a fluidez da interseção I4.

Já na interseção I3 era esperada uma baixa na capacidade da via, portanto uma piora no nível de serviço, porém no sentido Vitória apresentou para o fluxo de 2035 uma melhora do nível de serviço, passando de F para D. No entanto, essa discordância pode ser explicada pelo fato de existir uma grande retenção dos veículos no nó I6 nesse sentido.

8.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS

Após apresentados os resultados obtidos com as simulações, foi feita uma análise comparativa entre os cenários. Em que são pontuadas a melhora ou piora no comprimento da fila, nível de serviço e tempo de atraso das interseções que existem em mais de um cenário.

Ao comparar os resultados obtidos para os parâmetros analisados na simulação do Cenário 3 em relação àqueles do cenário que tipifica o projeto geométrico existente para a região, foi possível perceber que a realocação do Terminal Carapina trouxe grande melhoria no nível de serviço no trecho estudado da Avenida Norte-Sul. Enquanto a I1 passou de nível de serviço D para B na previsão para 2035 e ocorreu a redução de 27,33% na fila máxima, a I2 passou de nível de serviço C para B e apresentou uma redução de 48,23% na fila máxima.

Tabela 37: Nó I1 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020.

	CEN	ÁRIO 1 - 2	020	CEN	ÁRIO 2 - 2	.020	CENÁRIO 3 - 2020			
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	
1	123,67	LOS_F	80,29	123,67	LOS_E	67,81	27,08	LOS_A	3,07	
2	123,67	LOS_C	26,27	123,67	LOS_D	43,64	27,08	LOS_C	29,82	
3	349,91	LOS_C	24,78	349,91	LOS_C	25,24	254,26	LOS_B	14,49	
4	349,91	LOS_D	48,57	349,91	LOS_D	35,02	254,26	LOS_C	17,15	
I1	349,91	LOS_D	46,05	349,91	LOS_D	44,6	254,26	LOS_B	13,57	

Tabela 38: Nó I1 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035.

	CENÁ	RIO 1 - 20	035	CEN	IÁRIO 2 – 2	2035	CENÁRIO 3 - 2035		
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	123,67	LOS_F	98,8	123,67	LOS_E	68,8	36,03	LOS_A	4,95
2	123,67	LOS_D	44,8	123,67	LOS_E	60,33	36,03	LOS_D	45,7
3	349,91	LOS_C	32,94	349,91	LOS_D	29,93	349,5	LOS_B	14,74
4	349,91	LOS_D	52,54	349,91	LOS_D	37,59	349,5	LOS_C	34,51
I1	349,91	LOS_D	54,24	349,91	LOS_D	48,31	349,5	LOS_B	16,88

Tabela 39: Nó I2 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020.

	CEN	ÁRIO 1 - 2	.020	CEN	ÁRIO 2 - 2	020	CENÁRIO 3 - 2020			
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	
1	127,7	LOS_C	22,24	97,96	LOS_C	25,69	62,55	LOS_A	4,52	
2	127,7	LOS_C	22,78	97,96	LOS_D	47,38	62,55	LOS_A	4,77	
3	27,02	LOS_C	25,31	42,3	LOS_C	26,35	52,22	LOS_B	12,48	
4	27,02	LOS_B	12,5	42,3	LOS_C	27,16	52,22	LOS_B	13,94	
12	127,7	LOS_C	24,38	97,96	LOS_C	30,36	62,55	LOS_A	7,18	

Fonte: Autores

Tabela 40: Nó I2 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035.

	CENÁRIO 1 - 2035			CEN	IÁRIO 2 - 2	2035	CENÁRIO 3 - 2035			
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	
1	155,92	LOS_C	25,09	102,21	LOS_C	26,05	65,24	LOS_A	5,39	
2	155,92	LOS_C	23,14	102,21	LOS_D	48,52	65,24	LOS_A	5,74	
3	34,42	LOS_D	26,49	43,12	LOS_C	28,57	108,1	LOS_B	13,73	
4	34,42	LOS_B	13,71	43,12	LOS_C	28,78	108,1	LOS_B	15,05	
12	155,92	LOS_C	25,16	102,21	LOS_C	32,09	108,1	LOS_B	13,27	

Fonte: Autores

Na interseção l3 o melhor panorama é observado no cenário 2, onde o nível de serviço geral era E na configuração atual e passou a ser D para o fluxo projetado para 2035. Essa melhora ocorre com a criação de uma terceira faixa e em cada uma das

pistas centrais e marginais, para ambos os sentidos, que gera um aumento da capacidade, observado através da redução da fila máxima na BR-101 em média de 48,08% no sentido Serra.

Tabela 41: Nó I3 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020.

	CENÁRIO 1 - 2020			CENÁRIO 2 - 2020			CENÁRIO 3 - 2020		
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	204,72	LOS_F	80,45	66,67	LOS_C	24,41	224,2	LOS_F	83,09
2	108,70	LOS_D	46,01	90,58	LOS_B	15,74	155,80	LOS_E	55,79
3	108,70	LOS_C	22,78	90,58	LOS_B	12,67	155,80	LOS_D	53,72
4	139,85	LOS_F	82,14	50,85	LOS_C	27,20	78,47	LOS_D	45,23
5	86,54	LOS_C	23,61	26,28	LOS_B	12,15	43,33	LOS_B	12,91
6	89,00	LOS_B	19,34	117,49	LOS_D	48,72	43,33	LOS_C	25,05
7	89,00	LOS_D	39,97	117,49	LOS_D	42,33	43,33	LOS_B	11,9
8	89,00	LOS_D	47,6	117,49	LOS_C	28,12	43,33	LOS_C	32,53
13	204,72	LOS_E	58,27	117,49	LOS_C	26,59	224,2	LOS_D	48,29

Fonte: Autores

Tabela 42: Nó I3 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035.

	CENÁRIO 1 - 2035			CEN	NÁRIO 2 - 2	2035	CENÁRIO 3 - 2035		
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	205,58	LOS_F	84,54	74,81	LOS_D	36,89	234,9	LOS_F	96,62
2	207,39	LOS_D	48,07	139,87	LOS_C	20,28	183,2	LOS_F	86,6
3	207,39	LOS_C	23,49	139,87	LOS_B	14,94	183,2	LOS_D	54,15
4	130,81	LOS_F	86,92	62,5	LOS_D	49,95	89,69	LOS_E	63,14
5	89,59	LOS_C	25,14	27,01	LOS_B	13,01	43,47	LOS_C	24,52
6	127,59	LOS_C	25,16	167,74	LOS_D	49,8	43,47	LOS_C	26,57
7	127,59	LOS_D	41,05	167,74	LOS_D	50,13	43,47	LOS_B	12,93
8	127,59	LOS_E	49,17	167,74	LOS_C	28,76	43,47	LOS_D	58,9
13	207,39	LOS_F	81,51	167,74	LOS_D	37,19	234,9	LOS_D	59,36

Fonte: Autores

Quando se observa o nó l4, no cenário 3 existe uma grande fila que se forma ao longo da Travessa Antônio Francisco, podendo comprometer o fluxo no movimento 2, sendo 61,52% maior que a fila formada no cenário 2 para 2035. Apesar de ambos

apresentarem um nível de serviço E, no cenário 3 há uma grande retenção dos veículos no nó l6 no sentido Vitória, causando uma falsa diminuição da fila e do atraso nos movimentos 3 e 4. Sendo assim, de forma geral o cenário 2 é o que apresenta melhor resultado para esse nó, com redução de até 29,05% no congestionamento e de 57,53% no tempo de atraso do movimento 3, pista principal da BR-101 sentido Vitória.

Tabela 43: Nó l4 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020.

	CENÁRIO 1 - 2020			CENÁRIO 2 - 2020			CENÁRIO 3 - 2020		
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	115,17	LOS_F	84,59	98,24	LOS_C	23,36	149,70	LOS_F	85,98
2	76,61	LOS_E	44,01	86,00	LOS_E	54,08	234,56	LOS_F	88,86
3	205,68	LOS_F	83,27	139,92	LOS_C	23,58	67,93	LOS_D	51,05
4	214,32	LOS_E	55,76	148,05	LOS_D	35,8	35,37	LOS_C	23,67
5	218,75	LOS_B	17,19	215,82	LOS_B	14,7	65,48	LOS_C	29,62
6	218,75	LOS_E	57,18	215,82	LOS_E	65,3			
7	218,75	LOS_C	30,83	215,82	LOS_C	45,98			
8	65,46	LOS_E	75,12						
9	65,46	LOS_F	100,93						
14	218,75	LOS_E	65,94	215,82	LOS_D	47,09	234,56	LOS_D	47,65

Fonte: Autores

Tabela 44: Nó I4 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035.

	CENÁRIO 1 - 2035			CEN	IÁRIO 2 - 2	2035	CENÁRIO 3 - 2035		
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)
1	115,17	LOS_F	90,34	104,82	LOS_D	39,49	164,80	LOS_F	91,85
2	84,21	LOS_E	46,34	97,33	LOS_F	58,91	253,00	LOS_F	90,57
3	218,66	LOS_F	85,35	155,12	LOS_D	36,24	69,09	LOS_D	53,56
4	235,87	LOS_F	89,92	160,93	LOS_E	55,92	40,23	LOS_C	25,67
5	218,75	LOS_C	21,74	216,04	LOS_C	28,05	81,11	LOS_D	37,31
6	218,75	LOS_E	58,77	216,04	LOS_E	63,47			
7	218,75	LOS_D	40,51	216,04	LOS_C	58,39			
8	135,42	LOS_F	154,54	63,49	LOS_F	97,44			
9	135,42	LOS_F	234,82	63,49	LOS_E	75,88			
14	218,75	LOS_F	87,29	216,04	LOS_E	59,72	253,00	LOS_E	63,94

Fonte: Autores

O cenário 1 não possui o nó I6, portanto, comparando-o nos Cenário 2 e 3, o que se altera na geometria dessa interseção é o acesso do BRT pela BR-101 sentido Serra ao novo Terminal. Por isso, há a necessidade da criação de um semáforo de 3 estágios nessa interseção. Este estágio adicional acarretou uma piora considerável nos níveis de serviço da I6 no Cenário 3. Os movimentos oriundos da descida da UPA de Carapina ficam entre os níveis de serviço E e F, formando uma fila que chega até a BR-101 e até a Avenida Norte-Sul. O movimento 2 fica com bom nível de serviço pois na verdade está ocorrendo uma retenção pelo fim da fila que foi formada na Travessa Antônio Francisco I.

Tabela 45: Nó l6 para os cenários 1, 2 e 3 em 2020.

	CEN	IÁRIO 2 - 2	2020	CENÁRIO 3 - 2020			
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	
1	42,97	LOS_C	24,03	179,01	LOS_D	53,21	
2	49,65	LOS_C	21,14	61,89	LOS_C	30,23	
3	75,52	LOS_C	22,77	322,11	LOS_F	84,86	
4	133,65	LOS_B	14,88	153,56	LOS_F	102,55	
5	213,99	LOS_D	39,29	267,17	LOS_E	55,68	
6	213,99	LOS_D	37,5	288,99	LOS_E	55,87	
7*	215,89	LOS_D	48,48				
7**				283,89	LOS_F	105,77	
8				153,56	LOS_F	93,76	
9				117,16	LOS_D	52,55	
10				77,47	LOS_D	46,46	
16	133,65	LOS_C	30,85	322,11	LOS_E	57,34	

7*: Movimento 7 existente no cenário 2 e não existente no cenário 3

7**: Movimento 7 existente no cenário 3 e não existente no cenário 2

Fonte: Autores

Tabela 46: Nó l6 para os cenários 1, 2 e 3 em 2035.

	CEI	NÁRIO 2 - 2	CENÁRIO 3 - 2035						
Movimento	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)	Fila Máxima (m)	Nível de Serviço	Atraso (s)			
1	59,57	LOS_D	38,95	195,8	LOS_E	56,89			
2	53,57	LOS_D	36,94	72,71	LOS_D	35,67			
3	110,56	LOS_C	23,99	322,4	LOS_F	93,9			
4	154,84	LOS_C	27,57	310,9	LOS_F	124,56			
5	221,95	LOS_D	42,22	278,7	LOS_E	56,89			
6	221,95	LOS_D	40,75	293	LOS_E	56,98			
7*	223,37	LOS_D	49,68						
7**				275,5	LOS_F	106,43			
8				310,9	LOS_F	113			
9				116,8	LOS_D	54,56			
10				194,3	LOS_D	50,1			
16	154,84	LOS_D	46,65	322,4	LOS_E	69,68			
7*: Mayimente 7 aviatente na conéria 2 a não aviatente na conéria 2									

7*: Movimento 7 existente no cenário 2 e não existente no cenário 3

7**: Movimento 7 existente no cenário 3 e não existente no cenário 2

Fonte: Autores

Em ambos os panoramas existem pontos de melhoria e pontos de atenção, pois as melhorias aplicadas ao fluxo da BR-101 refletem-se para todo o seu entorno, principalmente para a Avenida Norte-Sul e para os acessos aos bairros adjacentes, como André Carloni, Carapina Grande e Rosário de Fátima. Vale também lembrar que o Vissim contabiliza a formação de fila apenas entre os nós e malha existente programada/considerada para a simulação.

Contudo após a análise dos resultados obtidos com as seis simulações apresentadas neste trabalho, pode-se observar que o cenário 3, onde o transporte público é a prioridade do projeto, apresenta um gargalo importante, que traz congestionamento em ambos sentidos da rodovia, quando no nó l6 o semáforo em três estágios causa retenção de veículos no sentido Vitória e também uma grande fila no acesso ao Novo Terminal de Carapina, próximo a UPA, onde há uma fila que alcança e continua pela pista lateral da rodovia sentido Serra e prejudica o fluxo adiante. Esta fila indica a necessidade de implantação de um viaduto na interseção 6.

Pode-se concluir que o cenário 2 de forma global gera melhorias mais significativas, que permanecem mesmo a longo prazo e aliviam o fluxo na BR-101. Comparando com o cenário 1 observou-se para a BR-101 em 2035, melhoria do nível

de serviço em média de F para D, também redução média de 34,06% e 41,18%, do comprimento da fila máxima e tempo de atraso, respectivamente.

9. CONCLUSÕES

A partir dos resultados das simulações realizadas no Cenário 1 - situação existente, constata-se que as vias principais abordadas neste trabalho, tanto a BR-101 como a Avenida Norte-Sul operam hoje em níveis de serviço bastante críticos. Elas ainda possuem interseções bastante problemáticas, seja em termos de geometria ou mesmo de visibilidade, o que torna urgente a necessidade de intervenções físicas e operacionais que possam melhorar a fluidez e a segurança do tráfego nessa região.

É importante registrar também a proximidade desses dois corredores de tráfego nessa área, permitindo assim que os motoristas passem facilmente de um corredor para o outro. Salienta-se ainda que ambos estão operando em nível de serviço já saturado ou próximo a isso, especialmente nas horas-pico. Com isso, os benefícios alcançados com a implantação de melhorias em um dos corredores, poderão ser logo absorvidos com o desvio de parte do tráfego de uma via para a outra.

Na Avenida Norte-Sul as melhorias significativas podem ser percebidas majoritariamente no Cenário 3. Pois a mudança na localização do Terminal Carapina irá diminuir enormemente o volume de ônibus que passa pelas interseções I1 e I2, melhorando a operação de ambas. Por outro lado, as intervenções propostas no Cenário 2 não resultam em grande impacto nessas duas interseções.

Comparando os cenários 1 e 3, observa-se que na interseção I1 houve uma melhoria no nível de serviço de F para A e uma redução de 71% do comprimento máximo de fila na Rua Carioca, diminuindo também o atraso.

Quando analisadas as mudanças estudadas para a Rodovia BR-101 foi possível constatar que de forma geral o Cenário 2 demonstra ser uma solução melhor, em termos de fluidez de tráfego. Ao analisar os resultados obtidos para a interseção I3, os dois cenários apresentam nível de serviço D, porém, a fila no segundo cenário é 28,59% menor que a do terceiro. Entretanto, ao comparar resultados da interseção I4, os dois cenários possuem nível de serviço E, mas o Cenário 2 apresenta uma fila máxima e um atraso, respectivamente, 14,61% e 6,60% menores.

Com relação a interseção I6, o Cenário 2 exibe um nível de serviço D e o Cenário 3 um nível de serviço E. Contudo, em ambos os casos a fila máxima é extensa e ultrapassa o comprimento da Travessa Antônio Francisco. Isso mostra que o tempo de verde adotado para essa travessia é curto e indica a necessidade de um viaduto na região, ligando a Avenida Brasil a Rua Tubarão, principalmente para facilitar o acesso dos ônibus ao novo Terminal Carapina.

Com base nas análises realizadas pode-se considerar que as alterações propostas pelo Cenário 3, projeto do Estado para o BRT na BR-101 em Carapina, trarão maior benefício a circulação dos veículos na Avenida Norte-Sul, com melhorias consideráveis para o nível de serviço na maior parte do trecho de estudo. Entretanto para a BR-101 não há melhoria da fluidez do tráfego geral que justifique as alterações na geometria, apesar de ter como ponto positivo a priorização do transporte coletivo, evitando que os ônibus fiquem retidos nos congestionamentos decorrentes das filas ali formadas.

Por fim, de posse das informações colhidas e apresentadas no presente trabalho pode-se considerar que as alterações propostas pelo Cenário 2, proposta de ampliação da capacidade de tráfego da PMS, resultarão em maior benefício a circulação dos veículos neste trecho, com melhorias consideráveis para o nível de serviço na maior parte do trecho de estudo. Uma vez que haverá aumento de capacidade nas faixas centrais e marginais da Rodovia BR-101, trazendo maior fluidez ao tráfego da região e consequentemente maior benefício as pessoas que por ali circulam.

10. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar do extenso estudo, outros pontos devem ser levados em consideração para análises futuras. A construção de novas estradas no Município da Serra, que possuem influência sobre o tráfego da área de estudo que deve ser analisada, como a obra do Contorno do Mestre Álvaro, que tem previsão de entrega para o ano de 2023. Apesar do fluxo de veículos a ser desviado da região de Carapina por essa nova via ser principalmente composto por veículos de passagem pela Grande Vitória, com destino a outros estados, e representar um percentual não tão significativo em relação ao volume total de veículos que se observa na travessia urbana de Carapina, essa redução também deverá ser avaliada.

Além disso, um hospital de médio porte será inaugurado próximo ao cruzamento da Avenida Norte-Sul com a Rua Edilson Pompermayer no bairro Rosário de Fátima (interseção I2). A presença desse novo prédio provavelmente causará impacto na demanda de veículos neste local. De forma que haverá aumento no volume de tráfego e diminuição da velocidade na faixa da direita para o acesso ao hospital. Por isso, é necessário um estudo de impacto específico deste novo pólo gerador de viagens.

Recomenda-se ainda algum tipo de intervenção nos cruzamentos da Avenida Norte-Sul com as vias internas do bairro Nossa Senhora de Fátima e Manoel Plaza, uma vez que a visibilidade entre veículos nos cruzamentos é altamente prejudicada devido à falta de recuo das edificações nessas interseções, elevando consideravelmente o risco de acidentes.

Ademais, levando em consideração a complexidade do tráfego dessa região, este estudo deveria ter sua área de abrangência ampliada até pelo menos às vias de acesso ao complexo minero-siderúrgico da Arcelor Mittal Tubarão.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Código de Trânsito Brasileiro – CTB – LEI Nº 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997.

CUCCI, J. Neto. **Engenharia de Tráfego Urbano**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2014.

CUNHA, R. F. F. **Pólo Gerador de Tráfego: Análise da Sistemática de Avaliação**, Monografia do Curso de Especialização Mestrado Executivo em Transportes do PET/COPPE/UFRJ, 2001.

DA SILVA, A. N. R.; COSTA. M.S.; MACEDO, M. H. Multiple view of sustainable urban mobility: The case of Brazil. Transport Policy. 2008

DE ARAÚJO, D. R. C. Comparação da Simulações de Tráfego dos Modelos Saturn e Drácula. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Estudos de Tráfego**. Brasília: DNIT, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. **Manual de Estudo de Tráfego**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. **Manual de Projeto de Interseções.** Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. **Manual brasileiro de sinalização de trânsito. Volume V – Sinalização Semafórica**. Brasília, Brasil, 2001.

Departamento Nacional de Trânsito. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização Semafórica**. Brasília: DENATRAN, 2012.

GRACIO, R. DA C.; PAMBOUKIAN, S. V. D. **Análise da Implantação do Sistema Bus Rapid Transit em Grandes Centros Urbanos**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, v. 18, n. 1, 12 nov. 2018.

HARREL, C.; GHOSH, B.K.; BOWDEN, R. **Simulation Using Promodel. 3™ ed**. Boston: McGraw-Hill, 2000.

LEVINSON, H. S. et al. **Bus Rapid Transit**. 2003. Disponível em: https://nacto.org/docs/usdg/brt_synthesis_of_case_studies_levinson.pdf . Acesso em: 09 abr. 2019.

Ministério das Cidades. Política nacional de desenvolvimento urbano, 2004.

Ministério das Cidades. Política nacional de mobilidade urbana sustentável, 2004.

MORA, P.; VIANNA; F. **Guia PVT Vissim**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie.

PIGNATARO, L. J. **Traffic Engineering: Theory and Practice**. Prentice-Hall, USA, 1973.

PORTUGAL, L. S. Simulação de Tráfego: Conceitos e técnicas de modelagem. Interciência, Rio de Janeiro, 2005.

PORTUGAL, L. S. et al. **Polos Geradores de Viagens Orientados a Qualidade de Vida Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Editora Iterciência, 2012.

SILVA, P.C Marques. (1994). **Elementos do Sistema de Tráfego**. Brasília: Universidade de Brasília.

Transportation Research Board. (2000). HCM - **Highway Capacity Manual**. Washington, DC: TRB.

VASCONCELLOS, E. A.; CARVALHO, C. H. R. de; PEREIRA, R. H. M. **Transporte e mobilidade urbana**. Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 34. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil, 2011.

APÊNDICE A – Ciclos semafóricos das interseções analisadas

In the second se

Figura 51: Posição dos grupos semafóricos na geometria atual.

Fonte: Autores

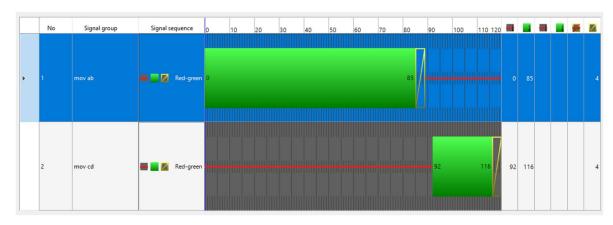
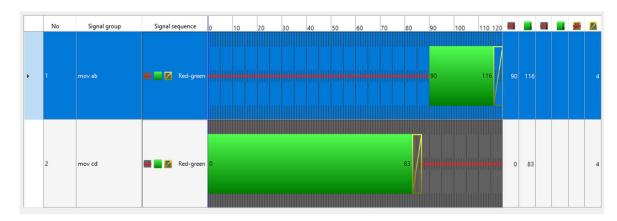


Figura 52: Tempos semafóricos na interseção I1

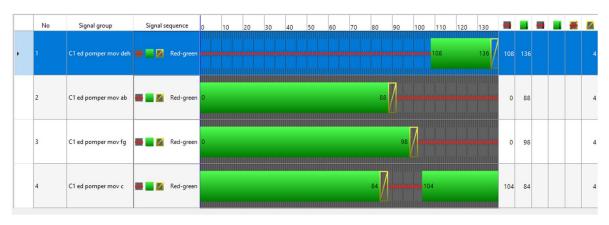
Fonte: PTV Vissim

Figura 53: Tempos semafóricos na interseção I2



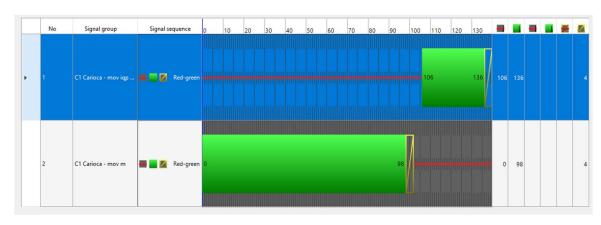
Fonte: PTV Vissim

Figura 54: Tempos semafóricos na interseção I3



Fonte: PTV Vissim

Figura 55: Tempos semafóricos na interseção I4



Fonte: PTV Vissim