

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Alice Vilarinho Vidigal
Rafael Rodrigues Suave

Avaliação de cenários do entroncamento e confluências das rodovias Darly Santos (ES-471) e do Sol (ES-060), localizado em Itaparica, Vila Velha/ES, envolvendo a duplicação do viaduto e adequação de ramos existentes, utilizando simulação de tráfego pelo software PTV Vissim

VITÓRIA
2023

Alice Vilarinho Vidigal
Rafael Rodrigues Suave

Avaliação de cenários do entroncamento e confluências das rodovias Darly Santos (ES-471) e do Sol (ES-060), localizado em Itaparica, Vila Velha/ES, envolvendo a duplicação do viaduto e adequação de ramos existentes, utilizando simulação de tráfego pelo software PTV Vissim

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. Dr. Ronaldo Pilar.

Co-orientador: Prof. Me. Antônio Luiz Caus.

VITÓRIA

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer aos nossos pais e familiares, por tudo que nos proporcionaram ao longo de nossas vidas. Agradecemos por toda a força e incentivo que nos deram para continuar nessa caminhada. Muito obrigada (o) pelo apoio, principalmente nos momentos mais difíceis. Vocês foram essenciais para que chegássemos até aqui.

Queremos agradecer, também, aos nossos professores, que desempenham um papel fundamental na nossa jornada acadêmica. Principalmente, ao nosso co-orientador, Antônio Luiz Caus, que, mesmo após a sua aposentadoria, seguiu nos orientando, sempre muito solícito e nos inspirando com toda a sua sabedoria.

Agradecemos a Jorge Baia, do DER, e a Gilson Roza, da RodoSol, que forneceram informações imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho, e a Jonie Daniel, nosso contato no PTV Group no Brasil, que nos forneceu a licença acadêmica do programa, viabilizando o estudo deste trabalho.

Somos gratos pelos nossos amigos, colegas de curso e de profissão, que estiveram presentes em nossos momentos de descontração, mas também nos momentos de angústia, tornando esses anos de graduação, cheios de altos e baixos, em anos mais leves e divertidos.

Por fim, gostaríamos de agradecer à Universidade Federal do Espírito Santo, que possibilitou uma graduação com diversas experiências extraclasse, de grande importância para o nosso desenvolvimento enquanto profissionais.

RESUMO

O viaduto entre as rodovias do Sol e Darly Santos foi inaugurado em 20 de maio de 1994, com o objetivo de findar os engarrafamentos recorrentes, principalmente no verão e nos finais de semana. Desde a inauguração, foram realizadas diversas obras na área de influência direta e indireta do viaduto, que resultaram em um aumento no fluxo de tráfego no viaduto deste estudo. Atualmente um grande empreendimento deverá surgir próximo ao viaduto estudado, o bairro Costa Nova. Tal projeto é uma realização do Fundo de Investimento Imobiliário Opportunity com incorporação e construção da Impacto Engenharia e proporcionará uma demanda expressiva no tráfego regional. Para esse estudo, foram usados os conhecimentos adquiridos durante a graduação e também os dados de contagens de tráfego e os estudos desenvolvidos para esse viaduto pelo Departamento de Edificações e de Rodovias do Estado do Espírito Santo (DER/ES) e por outros órgãos. Foram simulados 5 cenários com o *software* PTV Vissim. O cenário 1 constitui a interseção com a sua geometria e demanda atuais. O cenário 2 apresenta a geometria atual com o volume de tráfego futuro. O cenário 3 representa a proposta do DER para a melhoria do trânsito da região, mas ainda ficam evidentes alguns trechos com baixo nível de serviço devido à confluência de Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória. O cenário 4 é caracterizado pelos rearranjos geométricos no viaduto a partir do cenário 3, como o aumento da distância entre as alças do viaduto. Entretanto, as melhorias percebidas por essa proposta foram pouco significativas. O cenário 5 também apresenta alterações geométricas em relação ao cenário 3, sendo caracterizado por uma alça alternativa no sentido Guarapari > Cariacica. Com isso, o sentido Guarapari > Cariacica apresentou redução de 110 segundos no tempo de viagem e de mais de 80% no comprimento das filas. O sentido Guarapari > Vitória apresentou melhoria no nível de serviço, que era F em ambos os períodos estudados, e passou para C, no da manhã, e A, no da tarde. O sentido Cariacica > Guarapari também apresentou melhor nível de serviço, saindo de C para A, no pico da manhã, e de D para B, no da tarde. O sentido Cariacica > Vitória também foi influenciado e apresentou redução de mais de 70% no número de paradas e de 65% no tempo de atraso. Assim, concluiu-se que o cenário 5 foi o melhor entre os cenários avaliados.

Palavras-chave: PTV Vissim, Construção Civil, Engenharia de Tráfego, Viaduto, Bairro Costa Nova, Simulação e Modelagem, Rodovia do Sol, Rodovia Darly Santos.

ABSTRACT

On May 20th, 1994, a viaduct was inaugurated between the roadways do Sol and Darly Santos, in order to end the usual traffic jams, specially in summer and on the weekends. Since its inauguration, several constructions and renovations have been developed in the viaduct's direct and indirect influence area, increasing the traffic flow on the viaduct of this study. Nowadays a new and large neighborhood, Costa Nova, is being projected for the region, close to the viaduct of this study. This project is a realization of the Opportunity Real Estate Investment Fund with the incorporation and construction of Impacto Engenharia and will generate a significant demand in the region's traffic. For this study, it was used the knowledge acquired during graduation, as well as data from traffic counts and studies developed for this viaduct by the Departamento de Edificações e de Rodovias do Estado do Espírito Santo (DER/ES) and others organizations. Five scenes were simulated with the PTV Vissim software. Scene 1 presents the intersection with its current geometry and demand. Scene 2 presents the current geometry with the estimated traffic volume for 2033. Scene 3 presents DER's proposals to improve traffic in the region, but the impact of the confluence of Cariacica > Vitória with Guarapari > Vitória on other routes that had low levels of service was still evident. Scene 4 presents geometrics rearrangements in the viaduct of scene 3, such as increasing the distance between the section of descent and ascent of the viaduct. However, the improvements perceived by this proposal were not very significant. Scene 5 also presents geometric changes in the viaduct of scene 3, characterized by a new route for the viaduct in the Guarapari > Cariacica movement. Thereat, the Guarapari > Cariacica route showed a reduction of 110 seconds in travel time and of more than 80% in queue length. The level of service on the Guarapari > Vitória route improved, going from F, in both periods studied, to C, in the morning, and A, in the afternoon. The Cariacica > Guarapari route also showed an improvement on the level of service, going from C to A, in the morning rush hour, and from D to B, in the afternoon rush hour. The Cariacica > Vitória route was also influenced by the changes and showed a reduction of more than 70% on the number of stops and of 65% in vehicle delays. Therefore, it was concluded that scene 5 presented the best results among the studied scenes.

Keywords: PTV Vissim, Construction, Traffic Engineering, Viaduct, Costa Nova, Simulation and Modeling, Roadway, Rodovia do Sol, Rodovia Darly Santos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre mobilidade e acessibilidade com base na classificação funcional das vias	15
Figura 2 - Elementos geométricos das estradas de rodagem.	27
Figura 3 - Diferença entre pontes e viadutos.	28
Figura 4 - Nomenclatura dos elementos das pontes.	28
Figura 5 - Tipos de movimentos.	29
Figura 6 - Localização do viaduto entre as rodovias do Sol e Darly Santos.	33
Figura 7- Distribuição de áreas planejadas no Bairro Costa Nova	35
Figura 8 - Acessos ao bairro Costa Nova.	35
Figura 9 - Vista do viaduto na via sentido Guarapari > Vitória.	36
Figura 10 - Vista aérea da geometria e rotas de estudo.	37
Figura 11 - Área e movimentos estudados	39
Figura 12 - Quadro de comandos do software PTV Vissim, Network Objects.	49
Figura 13 - Geometria do viaduto no cenário 1 e 2	50
Figura 14 - Geometria do viaduto no cenário 3	51
Figura 15 - Viaduto para o movimento Vitória > Costa Nova	51
Figura 16 - Viaduto para o movimento Cariacica > Guarapari	52
Figura 17 - Alteração na alça proposta no cenário 4	52
Figura 18 - Duplicação da curva no sentido Cariacica > Costa Nova	53
Figura 19 - Alça para o movimento Guarapari > Cariacica no cenário 5	53
Figura 20 - Captura de tela no cenário 1 no PTV Vissim	67
Figura 21 - Captura de tela no cenário 2 no PTV Vissim em 2D.	69
Figura 22 - Captura de tela no cenário 3 no PTV Vissim em 2D.	72
Figura 23 - Captura de tela no cenário 4 no PTV Vissim em 2D.	74
Figura 24 - Captura de tela no cenário 5 no PTV Vissim em 2D.	76
Gráfico 1 - Influência da variação da velocidade de projeto no tempo de percurso	19
Gráfico 2 - Volume de veículos em UCP contados no período matutino em 2021	42
Gráfico 3 - Volume de veículos em UCP contados no período vespertino em 2021	43
Gráfico 4 - Projeção de frota	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos	14
Tabela 2 - Relação entre velocidade de projeto e velocidade de operação	19
Tabela 3 - Área crítica dos impactos viários e de transporte.	26
Tabela 4 - Dados do Shopping Boulevard Vila Velha	36
Tabela 5 - Quantidades e dados sobre o bairro Costa Nova.	36
Tabela 6 - Plano de contagem de tráfego	39
Tabela 7 - Volume classificado de tráfego no viaduto - Posto (P-01) - em UCP - somados todos os movimentos - Períodos Manhã, Tarde e Total Dia	40
Tabela 8 - Volume de tráfego em UCP no período da manhã em 2021	41
Tabela 9 - Volume de tráfego em UCP no período da tarde em 2021	42
Tabela 10 - Frota de Veículos de Vila Velha, de 2006 a 2020	45
Tabela 11 - Volume acumulado de geração de viagens até 2033	47
Tabela 12 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 1 no período de pico da manhã	54
Tabela 13 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 1 no período de pico da tarde	55
Tabela 14 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 2 no período de pico da manhã	57
Tabela 15 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 2 no período de pico da tarde	58
Tabela 16 - Volumes de tráfego (UCP) dos cenários 3, 4 e 5 no período de pico da manhã	61
Tabela 17 - Volumes de tráfego (UCP) dos cenários 3, 4 e 5 no período de pico da tarde	62
Tabela 18 - Resultados da simulação do cenário 1 na hora-pico da manhã.	67
Tabela 19 - Resultados da simulação do cenário 1 na hora-pico da tarde.	68
Tabela 20 - Resultados da simulação do cenário 2 na hora-pico da manhã.	70
Tabela 21 - Resultados da simulação do cenário 2 na hora-pico da tarde.	70
Tabela 22 - Resultados da simulação do cenário 3 na hora-pico da manhã.	72
Tabela 23 - Resultados da simulação do cenário 3 na hora-pico da tarde.	73
Tabela 24 - Resultados da simulação do cenário 4 na hora-pico da manhã.	74
Tabela 25 - Resultados da simulação do cenário 4 na hora-pico da tarde.	75
Tabela 26 - Resultados da simulação do cenário 5 na hora-pico da manhã.	77
Tabela 27 - Resultados da simulação do cenário 5 na hora-pico da tarde.	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ABL	– Área Bruta Locável
CET	– Companhia de Engenharia de Tráfego
DENATRAN	– Departamento Nacional de Trânsito
DER/ES	– Departamento de Edificações e de Rodovias do Estado do Espírito Santo
DETRAN/ES	– Departamento Estadual de Trânsito do Espírito Santo
DNIT	– Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FGV	– Fundação Getulio Vargas
FHP	– Fator de Hora Pico
HCM	– Highway Capacity Manual
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITE	– Institute of Transportation Engineers
LASTRAN	– Laboratório de Sistemas de Transportes
PGV	– Polos Geradores de Viagens
TRB	– Transportation Research Board
UCP	– Unidades de Carro de Passeio
UTM	– Unidades de Tráfego Misto
VH	– Volume Horário
VHP	– Volume da Hora de Pico
VMD	– Volume Médio Diário
VPD	– Veículos/dia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA	12
3 ELEMENTOS DO TRÁFEGO	13
3.1 USUÁRIO	13
3.2 VEÍCULO	14
3.3 VIA	14
4 CARACTERÍSTICAS E CONCEITOS GERAIS DO TRÁFEGO	16
4.1 VOLUME DE TRÁFEGO	16
4.1.1 Composição do tráfego	16
4.1.2 Volume médio diário	16
4.1.3 Volume horário	17
4.1.4 Variações de volume	17
4.2 VELOCIDADE	18
4.2.1 Velocidade de projeto	18
4.2.2 Velocidade de operação	19
4.3 CAPACIDADE DE VIA E NÍVEIS DE SERVIÇO	20
4.4 FLUXOS CONTÍNUOS	21
4.4.1 Densidade	21
4.4.2 Headway e espaçamento	21
4.5 FLUXOS INTERROMPIDOS	22
4.5.1 Fluxo de saturação	22
4.5.2 Grau de saturação	23
4.6 ANÁLISE E FORMAÇÃO DE FILAS	23
5 POLOS GERADORES DE TRÁFEGO, IMPACTOS E PARÂMETROS DE ENQUADRAMENTO	25
5.1 CONCEITOS BÁSICOS	25
5.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA E ÁREA CRÍTICA	25
6 CARACTERIZAÇÃO DE OBRAS DE ARTE	27
6.1 RODOVIAS E ELEMENTOS	27
6.2 VIADUTOS E ELEMENTOS	27
6.3 TIPOS DE ACESSOS E INTERSEÇÕES	28
7 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO E MODELOS DE SIMULAÇÃO	30
7.1 MACROSCÓPICA	30
7.2 MESOSCÓPICA	31
7.3 MICROSCÓPICA	31
8 METODOLOGIA	32

9 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	33
9.1 EMPREENDIMENTOS	33
9.2 GEOMETRIA	35
10 DADOS DO TRÁFEGO	38
10.1 CONTAGEM VOLUMÉTRICA	38
10.2 HORA PICO	40
10.3 SAZONALIDADE	44
10.4 TRÁFEGO FUTURO	44
10.4.1 Projeção de frota	44
10.4.2 Geração de tráfego	46
11 CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS	48
11.1 SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PTV VISSIM	48
11.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PTV VISSIM	48
11.3 CENÁRIOS DE INTERESSE	50
11.3.1 Cenário 1	50
11.3.2 Cenário 2	50
11.3.3 Cenário 3	50
11.3.4 Cenário 4	52
11.3.5 Cenário 5	53
11.4 DADOS DE ENTRADA	54
11.4.1 Cenário 1	54
11.4.2 Cenário 2	56
11.4.3 Cenários 3, 4 e 5	60
11.5 CALIBRAÇÃO DO MODELO	63
12 ANÁLISE DOS CENÁRIOS SIMULADOS	65
12.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	65
12.1.1 Atraso médio	65
12.1.2 Velocidade média	65
12.1.3 Número médio de paradas	66
12.1.4 Comprimento médio da fila	66
12.1.5 Nível de serviço	66
12.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	66
12.2.1 Cenário 1	67
12.2.2 Cenário 2	69
12.2.3 Cenário 3	71
12.2.4 Cenário 4	74
12.2.5 Cenário 5	76
12.3 ANÁLISE COMPARATIVA	78
12.3.1 Cenário 1 versus Cenário 2	78
12.3.2 Cenário 2 versus Cenário 3	79

12.3.3 Cenário 3 versus Cenário 4	79
12.3.4 Cenário 3 versus Cenário 5	80
13 CONCLUSÃO	82
13.1 NECESSIDADE DE ADEQUAÇÃO DA GEOMETRIA ATUAL	82
13.2 DESEMPENHO DA GEOMETRIA FUTURA	82
13.3 VIABILIDADE DAS GEOMETRIAS SUGERIDAS	83
14 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	85
15 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	89

1 INTRODUÇÃO

No contexto pós revolução industrial, os automóveis passaram a ser vistos como símbolo de modernidade. Já no Brasil, o presidente Washington Luís (1926 - 1930), grande admirador de tal meio de transportes, fomentou a implantação do sistema rodoviário a partir de políticas de redução de impostos e criação de fundos. Após seu mandato, outros governantes, como Dutra e Vargas, também apresentaram iniciativas em prol da expansão da malha rodoviária brasileira (OKUMURA, 2018).

Futuramente, após a Segunda Guerra Mundial, devido a dificuldades na importação de produtos, a indústria nacional começou a se desenvolver. Nessa conjuntura, em 1957, o governo de Juscelino Kubitschek (1956 - 1961), com o “Plano de Metas”, realizou fortes investimentos no setor de transportes, com incentivos às indústrias automobilísticas (NASCIMENTO, 2016).

Tais acontecimentos contribuíram para que o modal rodoviário liderasse a matriz de transportes brasileira. Atualmente, a economia nacional tem uma relação de forte dependência com as rodovias, visto que 65% das cargas são transportadas por meio delas e tal atividade apresenta um impacto estimado de 29% no PIB (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2018; FGV, 2020).

Nesse contexto, a engenharia de transportes se desenvolveu a fim de oferecer melhor entendimento sobre a engenharia de tráfego e sobre o planejamento, organização, economia e operação dos sistemas de transporte, proporcionando assim o desenvolvimento do país.

2 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Esse estudo objetiva realizar uma análise dos impactos sobre a capacidade de tráfego dos entroncamentos e confluências das rodovias Darly Santos (ES-471) e do Sol (ES-060), considerando diferentes cenários e geometrias, como a duplicação do atual viaduto sobre a ES-060 que hoje opera em pista simples, e adequações geométricas nos ramos existentes.

Tal estudo se justifica devido à série de ajustes históricos na malha rodoviária da região e o acúmulo de veículos no atual viaduto, objeto de estudo deste trabalho, que já apresenta engarrafamentos em dias de verão, semelhantes aos de 1994 antes da sua implantação. Além disso, futuramente, com o empreendimento do Bairro Costa Nova e o histórico crescente de fluxo de veículos, identifica-se esse viaduto como um possível ponto de gargalo no tráfego da região que precisa ser estudado.

3 ELEMENTOS DO TRÁFEGO

A Engenharia de Tráfego, diferentemente de outros setores da Engenharia, não depende unicamente de fatores físicos, mas também fatores comportamentais e interações complexas. Essa área de estudo é definida pelo manual do DNIT (2006) como “[...] o planejamento de vias e da circulação do trânsito nas mesmas, com vistas ao seu emprego para transportar pessoas e mercadorias de forma eficiente, econômica e segura”.

Dessa forma, faz-se necessário o entendimento dos três componentes do fluxo de tráfego - o veículo, o usuário e a via - que interagem entre si.

3.1 USUÁRIO

Os usuários dos sistemas de tráfego podem ser classificados, principalmente, entre motoristas e pedestres. A interação entre os usuários ocorre devido ao compartilhamento da infraestrutura viária, de forma que competem pelo seu espaço. Dessa maneira, os usuários são constantemente estimulados e, para cada estímulo, apresentam uma reação.

Entretanto, dada a complexidade do ato de conduzir um veículo, o sistema de tráfego deve ser projetado a fim de reduzir o tempo de reação do motorista. Esse intervalo depende, além da interação entre o motorista e o veículo, de limitações físicas, emocionais e mentais do condutor, tais como gênero, idade, habilidade, comportamento, etc.

Devido à variabilidade do tempo de reação do motorista, considera-se, para o seu estudo, que ele seja composto por quatro parcelas, fazendo com que seja conhecido como PIEV, do inglês:

- Perception (percepção): recebimento do estímulo e envio para o cérebro;
- Identification (identificação): o estímulo é identificado e compreendido;
- Emotion (decisão): tomada de decisão com base nas emoções e julgamentos do indivíduo;
- Volition (ação): execução da decisão realizada.

A separação em PIEV permite a análise individual de cada etapa, o que facilita a estimativa do tempo de reação do motorista, contribui para que o projeto do sistema de tráfego seja mais eficiente e seguro, e, portanto, viabiliza que atinja sua função.

3.2 VEÍCULO

Todos os veículos estão incluídos nos sistemas de tráfego, sejam eles automóveis, caminhões, ônibus, motocicletas, bicicletas, etc, podendo ser classificados de acordo com sua funcionalidade, tamanho e peso entre os eixos, ligeiros, pesados ou especiais.

A classificação apresentada revela-se de grande importância pois reúne características que afetam a operação do veículo como sua capacidade de aceleração e de frenagem, sua manobrabilidade e, também, o ângulo de visão do condutor, que são fatores que influem diretamente na geometria, capacidade, segurança, resistência e sinalização das vias, entre outros.

Entretanto, Silva (2001) afirma que estudar de maneira muito abrangente as diversas classes de veículos é uma tarefa muito complexa e que, para efeito de estudos de tráfego, faz-se suficiente a adoção de uma unidade veicular padrão simbolizada por UCP (Unidade de Carro de Passeio) - um fator de proporção que representa a correspondência entre qualquer tipo de veículo e um automóvel, conforme tabela apresentada abaixo.

Tabela 1 - Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos

TIPO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA
Automóvel	1,00
Moto	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

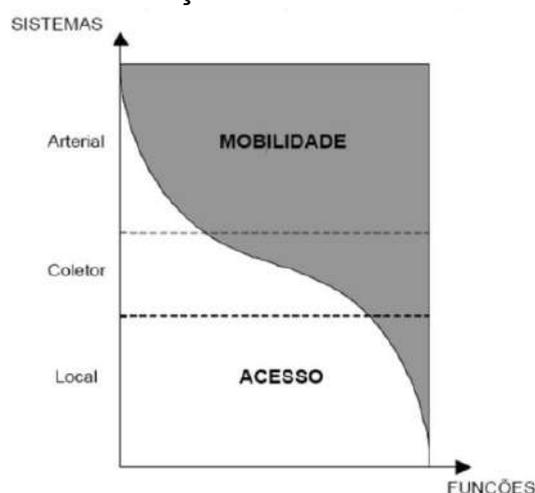
Fonte: DENATRAN (2014)

3.3 VIA

A via é, basicamente, o espaço no qual ocorre a circulação dos veículos e sua função é assegurar a mobilidade e acessibilidade ao usuário. Na Engenharia de Tráfego, utiliza-se o termo mobilidade para determinar a facilidade de deslocamento, ou seja, uma via que comporta muitos veículos ou de alta velocidade é uma via de elevada mobilidade. Por outro lado, a acessibilidade se trata da proximidade entre a origem e o destino da via.

O entendimento dos dois termos é essencial para a classificação funcional das vias, que é a mais relevante para o planejamento do tráfego, e determina a hierarquia do sistema viário com base na sua função. Essa classificação pode ter alterações para situações específicas, porém, em geral, suas classes são: arterial, coletora e local. Elas se relacionam diretamente com os conceitos de mobilidade e acessibilidade, conforme apresentado na figura abaixo:

Figura 1 - Relação entre mobilidade e acessibilidade com base na classificação funcional das vias



Fonte: DNIT (2010)

A classificação funcional das vias tem impacto direto em diversas das suas características geométricas. Por isso, é essencial que nos projetos rodoviários as vias sejam corretamente classificadas, considerando o volume de tráfego, a estimativa futura, compatível com sua funcionalidade, a fim de que o sistema viário proporcione para seus usuários a mobilidade e a acessibilidade, com segurança, cumprindo sua função.

4 CARACTERÍSTICAS E CONCEITOS GERAIS DO TRÁFEGO

4.1 VOLUME DE TRÁFEGO

4.1.1 Composição do tráfego

CET (1977) afirma que “a corrente de tráfego é composta por veículos que diferem entre si quanto ao tamanho, peso e velocidade”. Assim, mede-se a composição pelo percentual dos tipos de veículo que compõem essa corrente. Segundo DNIT (2006), países menos desenvolvidos, como o Brasil, possuem uma proporção de veículos pesados maior, sendo, para as vias rurais, aproximadamente 36% de caminhões e 8% de ônibus.

Conforme CET (1977), o conhecimento da composição do tráfego é importante pois afeta diretamente:

- O dimensionamento das pistas de rolamento, influenciado pelo peso dos veículos;
- O projeto geométrico da via, influenciado pelo tamanho e velocidade dos veículos;
- O planejamento do sistema de transportes é influenciado pelo número de passageiros que viajam de ônibus.

Além disso, o peso dos veículos interfere diretamente na vazão de tráfego da via. Veículos mais pesados ocupam mais espaço e são mais lentos, afetando a mobilidade dos demais veículos e reduzindo essa vazão. Por isso, é comum a utilização da equivalência apresentada na tabela 1, para converter o volume apresentado em UTM (Unidades de Tráfego Misto) em UCP.

4.1.2 Volume médio diário

De acordo com DNIT (2006), o volume médio diário (VMD) é dado pela média do volume de veículos que transitam em uma via em 24 horas, usualmente sendo computado para o período de um ano. Independente do período computado, a unidade do VMD é de veículos/dia (VPD). Segundo o manual, o VMD é o volume que melhor representa a utilização da via, que indica a necessidade de melhorias nas vias existentes ou de construção de novas vias.

4.1.3 Volume horário

O volume horário (VH) é utilizado para analisar a variação do fluxo de tráfego durante o dia, sendo definido por DNIT (2006) como o número de veículos trafegando em uma determinada hora. Segundo o manual, no Brasil é utilizado o VH50 (volume da 50ª hora de maior volume), que corresponde a 8,5% do VMD, para o projeto de rodovias rurais. O volume selecionado para o dimensionamento da geometria da via, do planejamento da operação e da sinalização é chamado de volume horário de projeto.

4.1.4 Variações de volume

DNIT (2006) aponta que uma importante característica do fluxo de tráfego é a sua variação, principalmente em função do tempo. Essa flutuação do volume leva a definição do volume da hora de pico (VHP) e fator horário de pico (FHP). O FHP mede a flutuação do volume e representa o grau de uniformidade do fluxo, podendo ser calculado pela relação:

$$FHP = \frac{V_{hp}}{4 \times V_{15max}} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

- *FHP* é o fator horário de pico;
- *V_{hp}* é o volume da hora de pico;
- *V_{15max}* é o volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

O FHP pode variar de 0,25 a 1,00, sendo tão mais uniforme quanto mais próximo de 1. DNIT (2006) afirma que, normalmente, o FHP das vias está entre 0,75 e 0,90 e, nas áreas urbanas, é comum encontrar valores entre 0,80 e 0,98. Destaca, ainda, que, quando maior que 0,95, indica volumes altos de tráfego e possíveis restrições de capacidade durante a hora de pico. O FHP é muito utilizado para realizar estudos de capacidade de vias e utiliza-se o *V_{15max}*, pois intervalos mais curtos podem resultar no superdimensionamento da via, enquanto intervalos mais longos podem acarretar em seu subdimensionamento.

4.2 VELOCIDADE

O avanço tecnológico vivenciado nos últimos anos permitiu que fossem produzidos automóveis que alcançassem velocidades cada vez mais elevadas e, para acompanhar tal desenvolvimento e permitir que a sociedade possa desfrutar de seus benefícios, com segurança, é imprescindível que a construção das rodovias seja embasada em projetos bem elaborados.

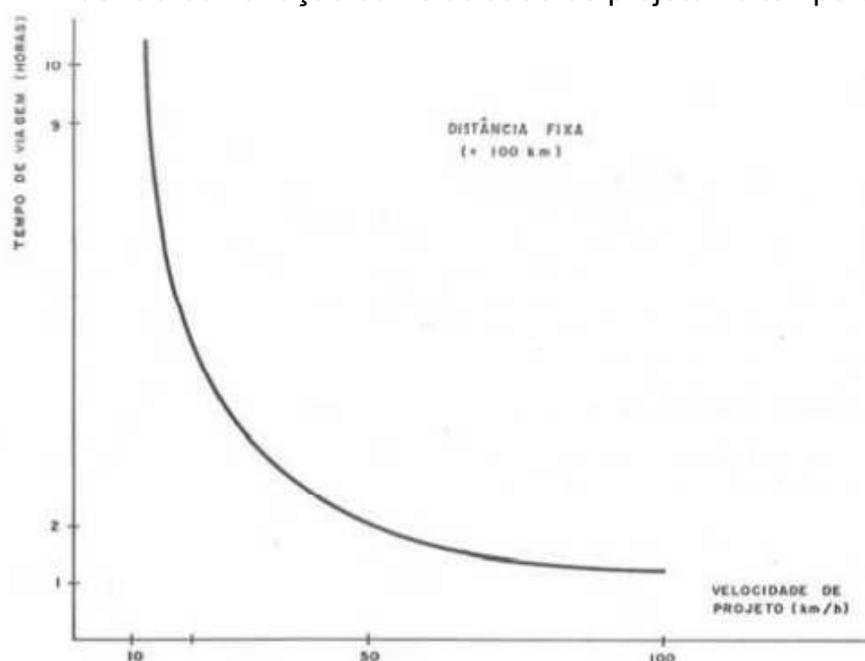
Portanto, é necessário estudar essa grandeza, que, segundo o DNIT (2006), “assume várias formas, de acordo com o tipo de tempo que é utilizado (em movimento, total etc.) e a base espacial sobre a qual é calculada”. Para o estudo em questão, as formas que serão utilizadas são velocidade de projeto e velocidade de operação, apresentadas a seguir.

4.2.1 Velocidade de projeto

A velocidade de projeto, também conhecida por velocidade diretriz da via, é definida por DNIT (2006) como “a velocidade selecionada para fins de projeto, da qual se derivam os valores mínimos de determinadas características físicas diretamente vinculadas à operação e ao movimento dos veículos”. As características às quais DNIT faz menção são o raio mínimo de curva, a rampa máxima e a superelevação máxima admitida, entre outros fatores que determinam a geometria da via. Dessa forma, ela determina a velocidade máxima na qual a via pode ser utilizada com segurança, devido às limitações que a geometria impõe.

Segundo CET (1977), “um pequeno acréscimo na velocidade de projeto pode acarretar ou não um decréscimo sensível no tempo de percurso”. E destaca, ainda, que a velocidade ótima deve ser obtida a partir de uma análise ampla que considere também aspectos econômicos e as distâncias percorridas.

Gráfico 1 - Influência da variação da velocidade de projeto no tempo de percurso



Fonte: Boletim Técnico 05, CET (1977)

4.2.2 Velocidade de operação

Conforme DNIT (2006), velocidade de operação é “a mais alta velocidade com que o veículo pode percorrer uma dada via atendendo às limitações impostas pelo tráfego, sob condições favoráveis de tempo”. Ainda, a velocidade de operação deve ser inferior à velocidade de projeto.

CET (1977) afirma que quando a velocidade de projeto é baixa, a velocidade de operação é bastante próxima, entretanto, quando a velocidade de projeto é alta, os valores de velocidade de operação ficam bastante distantes. A tabela abaixo apresenta essa relação entre velocidade de projeto e velocidade de operação.

Tabela 2 - Relação entre velocidade de projeto e velocidade de operação

VELOCIDADE DE PROJETO (km/h)	VELOCIDADE DE OPERAÇÃO (km/h)	RELAÇÃO VO _p /VP (%)
50	45	90
70	60	85
80	65	80
100	75	75
120	85	70

Fonte: Boletim Técnico 05, CET (1977)

4.3 CAPACIDADE DE VIA E NÍVEIS DE SERVIÇO

A determinação da capacidade viária é importante, pois, com o seu conhecimento, é possível adotar medidas que tornem o projeto mais econômico, garantindo ainda que a via comporte o volume previsto. Conforme DNIT (2006), essa grandeza expressa a quantidade máxima de veículos que podem ser atendidos pelo trecho em um determinado espaço de tempo (UCP/h).

Entretanto, a capacidade, por ser uma grandeza definida somente em função do número de veículos em um espaço de tempo, não é capaz de descrever, sozinha, a utilização da via, uma vez que ela também depende de outros fatores como: velocidade e tempo de percurso, facilidade de manobras, segurança, conforto, custos de operação, etc. (DNIT, 2006). Portanto, a fim de permitir uma melhor leitura da utilização da via, o *Highway Capacity Manual* - HCM a classifica em seis níveis de serviço.

Os níveis de serviço são uma classificação qualitativa e descrevem as condições de operação do fluxo de tráfego, em função de fatores como velocidade, tempo de viagem, liberdade de manobra, interrupções no tráfego, conforto e conveniência (TRB, 2010). Para tal, foram definidos seis níveis de serviço, de A até F, sendo o nível A o que apresenta as melhores condições de operação e o nível F as piores condições. Assim, o HCM (TRB, 2010) caracteriza cada um dos níveis de acordo com essas condições conforme apresentado abaixo:

- Nível A: Fluxo livre, volume de tráfego baixo, liberdade ao motorista para utilizar altas velocidades, facilidade em ultrapassagens, conforto e conveniência são classificados como ótimos;
- Nível B: Fluxo relativamente livre, a liberdade de escolha da velocidade pelo motorista é sutilmente influenciada pelas condições do tráfego, conforto e conveniência são classificados como bons;
- Nível C: Fluxo estável, volume de tráfego médio, liberdade de escolha da velocidade pelo motorista prejudicada pelos demais veículos, conforto e conveniência são classificados como regulares;
- Nível D: Próximo à zona de fluxo instável, volume de tráfego alto, liberdade para escolha da velocidade reduzida, dificuldade para execução de ultrapassagens, conforto e conveniência são classificados como ruim;

- Nível E: Fluxo instável, velocidades baixas devido ao grande volume de veículos, não há liberdade de escolha da velocidade para o motorista, realização de manobras somente forçadas, conforto e conveniência são classificados como péssimos;
- Nível F: Fluxo forçado, velocidades muito baixas e congestionamentos, demanda superior à capacidade, manobras precisam ser forçadas, conforto e conveniência são classificados como inaceitáveis.

Vale ressaltar que, apesar de ser mundialmente aplicada, a metodologia desenvolvida para o cálculo da capacidade e níveis de serviços são baseados em padrões norte americanos e que podem variar de acordo com o país. Portanto, é importante avaliar os resultados obtidos da metodologia e ajustá-los conforme a realidade local.

4.4 FLUXOS CONTÍNUOS

4.4.1 Densidade

Na engenharia de tráfego, a densidade é definida por DNIT (2006) como “o número de veículos por unidade de comprimento da via”, e é um parâmetro utilizado para caracterizar fluxos contínuos em uma via que permite avaliar o espaçamento entre os veículos em determinado trecho e a sua liberdade para manobra. Para fluxos não saturados, a densidade pode ser obtida a partir da relação matemática:

$$D_t = \frac{F_{mt}}{V_{mt}} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

- D_t é a densidade (veic/km);
- F_{mt} é o fluxo médio no trecho (veic/h);
- V_{mt} é a velocidade média no trecho (km/h).

4.4.2 Headway e espaçamento

Headway (ou intervalo de tempo) e espaçamento são, segundo DNIT (2006), grandezas que descrevem a disposição dos veículos no fluxo de tráfego da via e oferecem informações importantes para a realização de estudos de capacidade de interseções, entrelaçamentos, terminais e outros. Os dois termos são definidos por

DNIT (2006), sendo o espaçamento “a distância entre dois veículos sucessivos, medida entre pontos de referência comuns” e o *Headway* “o tempo transcorrido entre a passagem de dois veículos sucessivos por um determinado ponto”.

Conforme DNIT (2006), apesar de o volume ser a característica mais importante e que oferece informações quantitativas relevantes sobre o congestionamento da via, “o espaçamento e o *headway* afetam os motoristas individualmente, porque indicam a liberdade de movimento e segurança relativa, influenciando a escolha das velocidades e distâncias entre veículos”.

As seguintes expressões relacionam as grandezas:

$$D_t = \frac{1000}{e_{mt}} \quad \text{Equação 3}$$

$$h_{mt} = \frac{e_{mt}}{V_{mt}} \quad \text{Equação 4}$$

$$F_{mt} = \frac{3600}{h_{mt}} \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

- D_t é a densidade (veic/km);
- F_{mt} é o fluxo médio no trecho (veic/h);
- V_{mt} é a velocidade média no trecho (m/s);
- e_{mt} é o espaçamento médio (m/veic);
- h_{mt} é o *headway* médio (s/veic).

4.5 FLUXOS INTERROMPIDOS

4.5.1 Fluxo de saturação

Segundo o HCM (TRB, 2010), o fluxo de saturação é o número de veículos em cada faixa que podem passar por uma interseção sinalizada em uma hora, considerando que o sinal esteja verde por todo esse tempo, sendo ele expressado pela relação:

$$S = \frac{3600}{h} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

- S é o fluxo de saturação (veic/h);
- h é o *headway* de saturação (s).

DENATRAN (2014) aponta que o fluxo de saturação sofre influência das condições da via (topografia, geometria, número e largura das pistas, estado do pavimento), do tráfego (composição do tráfego, volume de pedestres, eventuais interferências) e do ambiente.

4.5.2 Grau de saturação

Segundo o HCM (TRB, 2010), o grau de saturação é dado pela razão entre o fluxo de tráfego em um determinado trecho e a sua capacidade, conforme expressão:

$$X = \frac{v}{c} \quad \text{Equação 7}$$

Em que:

- X é o grau de saturação;
- v é o fluxo de tráfego (veic/h);
- c é a capacidade do trecho (veic/h).

Valores adequados de X variam de 0 (quando não há fluxo) a 1 (quando o fluxo é igual à capacidade), revelando se a via é capaz de atender um fluxo maior (se X for menor que 1) ou se há um excesso de demanda (se X maior que 1).

4.6 ANÁLISE E FORMAÇÃO DE FILAS

Os estudos sobre filas iniciaram no início do século XX, a partir da teoria das filas. Neste estudo, as relações entre as demandas e os atrasos sofridos pelo usuário do sistema são de suma importância para a avaliação das medidas de desempenho dessa relação em função da disposição deste sistema. Segundo Arenales (2007), a Teoria das Filas é um método analítico que aborda a mobilidade urbana por meio de fórmulas matemáticas,

O sistema de formação de filas é medido por cinco variáveis de desempenho: comprimento da fila, número de clientes no sistema, tempo de espera na fila, tempo total no sistema e a utilização da instalação do serviço (LIMA; MEDEIROS; MELO; PINTO; MELLO, 2015).

As descrições destas características conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) são:

- Comprimento da fila: As grandes filas podem indicar baixa eficiência do servidor ou a necessidade de aumentar a capacidade;

- Número de clientes no sistema: Os números excessivos dentro do sistema de fila podem causar congestionamento. Nesse caso há a necessidade de aumentar a capacidade do sistema;
- Tempo de espera na fila: Se o atendimento prestado for rápido, uma fila longa pode ser classificada como eficiente e eficaz, mas, se o tempo de espera for longo, assim como a fila, ela não possui eficiência;
- Tempo total no sistema: Se determinados motoristas gastarem tempo demais no sistema de serviço, podem ser necessárias alterações na norma de prioridade, no aumento da produtividade ou ajuste da capacidade;
- Utilização da instalação de serviço: Tem por objetivo manter a utilização e rentabilidade em níveis altos e aceitáveis sem afetar desfavoravelmente outras características operacionais.

Vale ressaltar que essa teoria utiliza fórmulas matemáticas, mas não é aplicada nos softwares de modelagem e simulação, a exemplo do PTV Vissim.

5 POLOS GERADORES DE TRÁFEGO, IMPACTOS E PARÂMETROS DE ENQUADRAMENTO

5.1 CONCEITOS BÁSICOS

Segundo o Departamento Nacional de Trânsito, “os polos geradores de tráfego são empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em certos casos, prejudicando a acessibilidade de toda a região, além de agravar as condições de segurança de veículos e pedestres.”

Sob esse prisma é possível destacar o deslocamento das pessoas devido ao trabalho, educação, saúde e lazer em função das diferentes distribuições comerciais urbanas. Essas diferentes distribuições trouxeram consigo um problema de mobilidade urbana devido à falta de medidas nos planos urbanísticos e viários, como os shoppings urbanos. Além disso, alguns empreendimentos de grande porte tornam-se polos geradores, como universidades, estádios esportivos, centros de convenções e outros que geram impactos indesejáveis na fluidez do tráfego.

5.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA E ÁREA CRÍTICA

Segundo Silveira (1991), a área de influência de um empreendimento é a delimitação física do alcance do atendimento da maior parte de sua demanda.

Essas áreas de influência podem ser afetadas direta ou indiretamente pelos impactos positivos ou negativos do empreendimento durante suas fases.

Essas áreas normalmente assumem tamanhos e condições distintas que podemos definir em 3 macro áreas:

- **Área Diretamente Afetada - ADA:** área que sofrerá intervenções diretas em função das atividades de implantação e operação do empreendimento, considerando as alterações físicas, biológicas, socioeconômicas e as particularidades da atividade;
- **Área de Influência Direta - AID:** área sujeita aos impactos diretos da implantação e operação do empreendimento. A sua delimitação se dá em função das características sociais, econômicas, físicas e biológicas dos sistemas a serem estudados e das particularidades do empreendimento, considerando-se para o caso deste empreendimento, no tocante aos meios

físico e biótico, a área sujeita às intervenções físicas (obras e serviços operacionais);

- **Área de Influência Indireta - All:** é aquela área real ou potencialmente ameaçada pelos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento, abrangendo os ecossistemas e o sistema socioeconômico que podem ser impactados por alterações ocorridas na área de influência direta.

Já a área crítica é a região dentro da área de influência onde os impactos se revelam mais intensos e relevantes. Dessa forma é possível notar facilmente as correlações entre a fluidez e circulação. Abaixo é possível observar algumas recomendações de áreas mínimas de estudos para cada tipo de empreendimento, conforme o ITE, (Institute of Transportation Engineers) (2010) e salientada por Fábio Gonçalves (2012):

Tabela 3 - Área crítica dos impactos viários e de transporte.

PGV	ÁREA MÍNIMA DE ESTUDO
Restaurante fast-food;	Interseção adjacente se estiver localizada na esquina;
Posto de serviço com ou sem fast-food;	Área de interseção se estiver localizada na esquina;
Mini-mercado ou postos de gasolina com loja de conveniência;	200 metros para cada pista de acesso;
Empreendimentos com menos de 200 viagens durante o horário de pico.	300 metros para cada pista de acesso.
Shopping Center com menos de 6.500 m ² ;	Todas as interseções sinalizadas e pistas de acesso com aproximadamente 800 metros de distância do local e as principais interseções não sinalizadas com 400 metros do local.
Empreendimentos com taxa de viagens entre 200 e 500 no horário de pico.	
Shopping Center entre 6.500 m ² e 9.300 m ² de ABL;	Todas as interseções sinalizadas, as principais interseções não sinalizadas e pistas de acesso a autoestradas com aproximadamente 1.600 metros do local.
Escritórios ou parque industrial com o número de funcionários entre 300 e 500;	
Empreendimentos de uso misto balanceado com mais de 500 viagens no horário de pico.	
Shopping Center com mais de 9.300 m ² de ABL;	Todas as interseções sinalizadas, as pistas de acesso com aproximadamente 3.200 metros do local, e as principais interseções não sinalizadas com aproximadamente 1.600 metros do local.
Escritórios ou parque industrial com mais de 500 funcionários;	
Todos os empreendimentos com mais de 500 viagens no horário de pico;	
Estação de Trânsito.	Aproximadamente 800 metros de raio.

Fonte: Gonçalves (2012)

6 CARACTERIZAÇÃO DE OBRAS DE ARTE

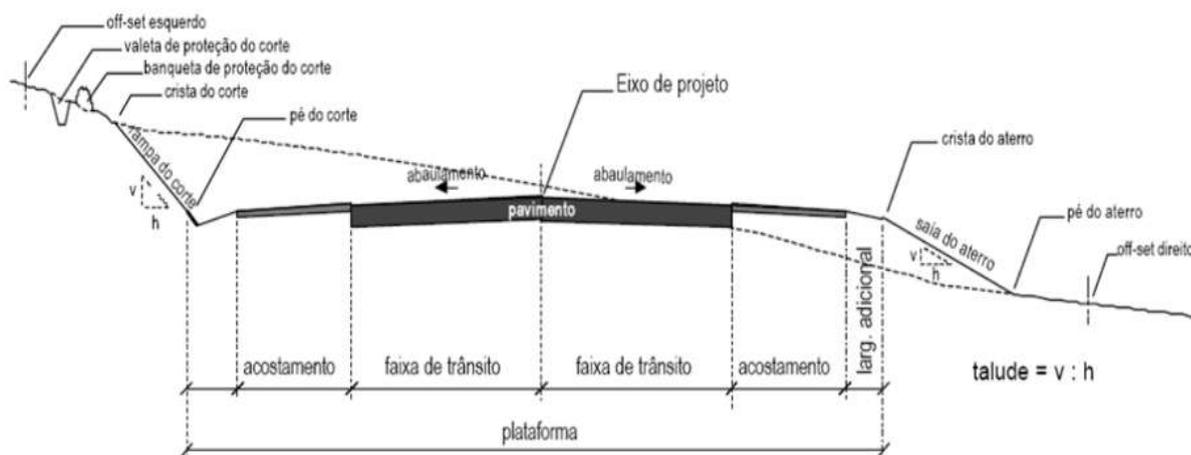
6.1 RODOVIAS E ELEMENTOS

Rodovia por definição é uma via destinada ao tráfego de veículos que se movem sobre rodas. Um bom traçado geométrico para projeto de rodovias deve evitar:

- Curvas fechadas e com raio menor que o mínimo normativo;
- Greide curvo acentuados;
- Declividades fortes;
- Visibilidade deficiente.

Além disso, abaixo estão alguns elementos importantes em uma rodovia.

Figura 2 - Elementos geométricos das estradas de rodagem.



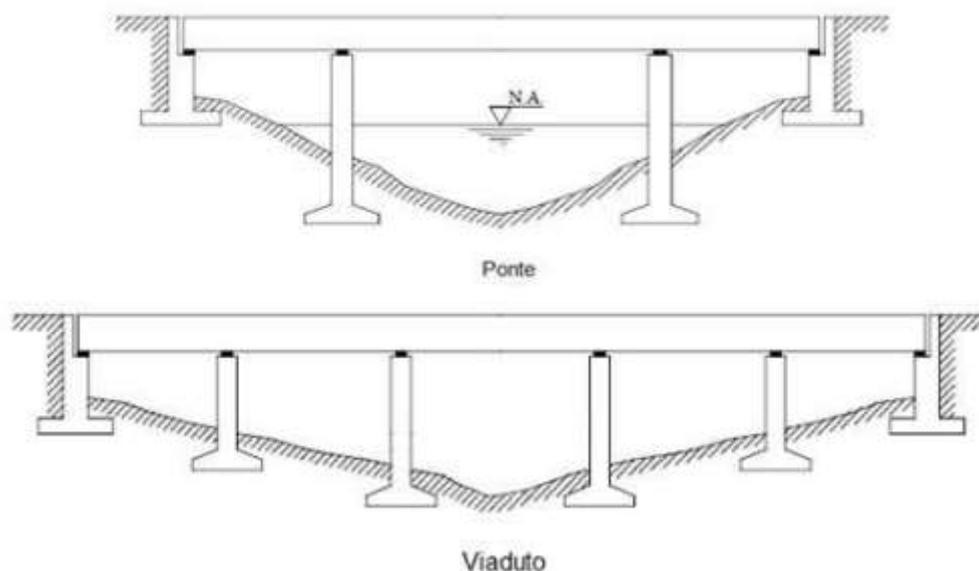
Fonte: Prof. Dr. Anderson Manzoli (2016)

6.2 VIADUTOS E ELEMENTOS

Viaduto é uma obra de arte especial que se assemelha a pontes, diferindo-se por ser uma via ou espécie de ponte apoiada em grandes arcos, construída para transpor vales ou outras grandes depressões de terreno, ou para sobrepor-se a uma outra via (rodovia ou ferrovia).

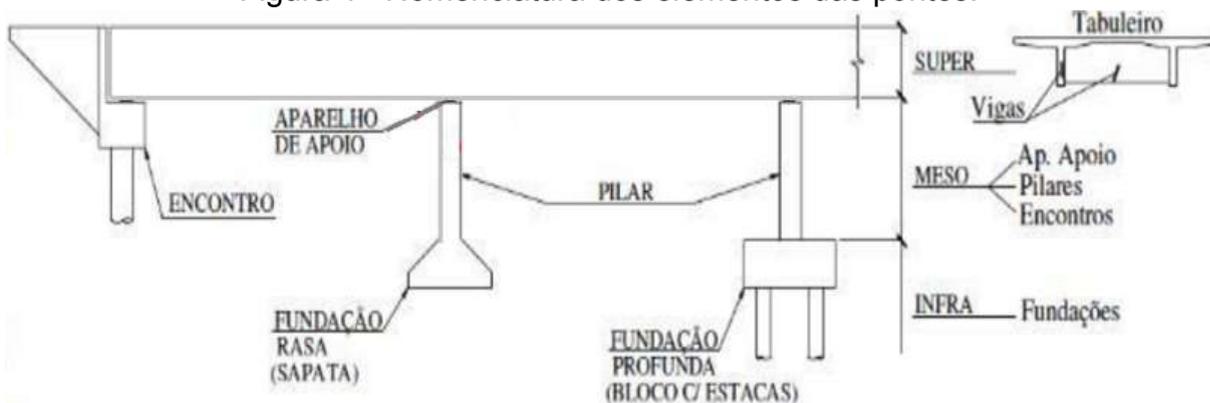
A imagem abaixo ilustra a diferença entre pontes e viadutos, segundo Pfeil (1979) e salientado por Mounir Khalil El Debs e Toshiaki Takeya (2007):

Figura 3 - Diferença entre pontes e viadutos.



Fonte: Mounir Khalil El Debs e Toshiaki Takeya (2007)

Figura 4 - Nomenclatura dos elementos das pontes.



Fonte: Mounir Khalil El Debs e Toshiaki Takeya (2007)

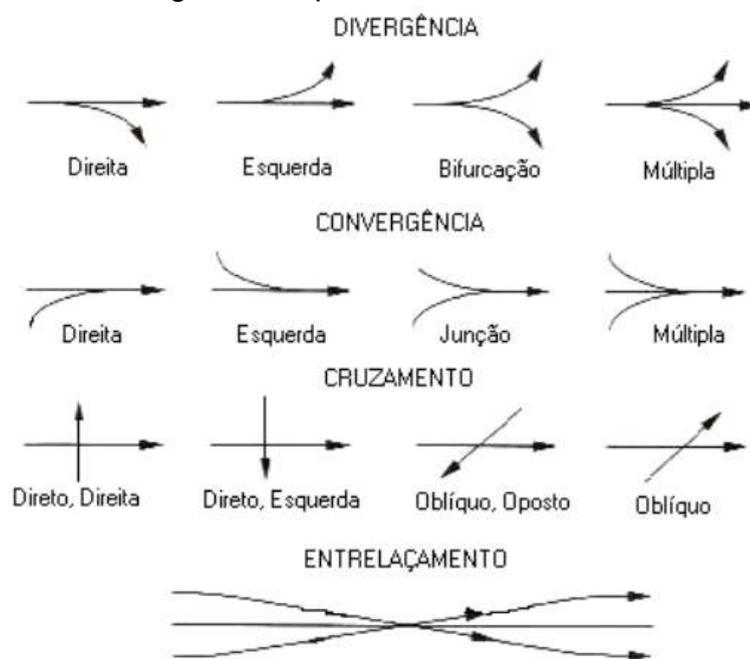
Por fim, “alça” é nomenclatura adotada para os acessos ou saídas aos viadutos. Normalmente esse termo vem acompanhado de um complemento para a identificação na obra de arte, tal como alça norte ou alça sul apontando o sentido de fluxo dos veículos nesta via.

6.3 TIPOS DE ACESSOS E INTERSEÇÕES

Interseções são áreas em que duas ou mais vias se cruzam. Nesse local existem dispositivos que devem ordenar o fluxo de tráfego. Essas interseções representam 78% dos acidentes de trânsito em região urbana, segundo Laboratório de Sistemas de Transportes, Lastran/UFRGS e Albano (2017).

Para acessar essas interseções são gerados movimentos que apresentam riscos, tais como:

Figura 5 - Tipos de movimentos.



Fonte: João Fortini Albano (2007)

7 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO E MODELOS DE SIMULAÇÃO

O objetivo da simulação é representar o comportamento e as interações características dos elementos de um sistema, permitindo uma avaliação prévia de seu desempenho.

Essa simulação é uma técnica em que se procura replicar em um computador a sequência de eventos hipotéticos do sistema estudado, ao longo do tempo, onde os dados simulados podem ser tratados de maneira agregada ou individualizada, por aplicarem os conceitos da aleatoriedade, nos modelos de simulação estão incluídos a variabilidade da demanda ao longo do tempo, por isso são tão importantes e valorizados.

As principais vantagens da simulação são:

- A possibilidade de comprimir/expandir o tempo permitindo a avaliação prévia da situação;
- A possibilidade de antecipar os resultados de certas intervenções, sem a inconveniência da manipulação do sistema real;
- A possibilidade de testar novos projetos, a exemplo de sistemas de transporte, sem o envolvimento de recursos para sua implementação;
- A flexibilidade no nível de detalhamento na representação do sistema.

E as principais desvantagens da simulação são:

- O custo para se desenvolver ou até adquirir um simulador;
- A dificuldade da análise e interpretação de resultados;
- A necessidade de treinamento especial da equipe para o uso do simulador.

Tais simulações podem se diferenciar em três tipos de abordagens, macroscópica, mesoscópica e microscópica.

7.1 MACROSCÓPICA

Nessa situação, a individualidade dos veículos não é considerada e a modelagem se baseia em equações usadas na descrição de ondas de choque. Esse enfoque apresenta vantagens computacionais como pouca utilização de memória e alta velocidade de execução, porém os modelos simulados são menos flexíveis e detalhados. Sendo recomendado para as análises iniciais e redução de variáveis.

7.2 MESOSCÓPICA

Os modelos estudados nessa abordagem formam uma classe intermediária quanto ao realismo e o detalhamento. Os veículos são introduzidos em grandes grupos que apresentam as mesmas características como tamanho, localização, velocidade e aceleração. Essa etapa será viabilizada para os veículos que reagem às impedâncias, representadas por variáveis agregadas do fluxo de tráfego, como atraso e tamanho de fila. As principais vantagens dos modelos mesoscópicos quando comparados aos modelos microscópicos são a menor exigência de esforços de calibração e a maior eficácia computacional.

7.3 MICROSCÓPICA

Por outro lado, a abordagem microscópica oferece uma modelagem mais detalhada. Nesse enfoque, os veículos são tratados de maneira individualizada e podem ser tão detalhados quanto for necessário. Cada veículo introduzido conserva, individualmente, todas as características que interessam ao sistema.

O trânsito, nessa abordagem, é regido por leis de perseguição, em que a velocidade do veículo perseguidor, que segue atrás em uma fila, é regida pela velocidade do veículo líder, que vem à frente, e o comportamento dos veículos nas interseções é, normalmente, mais complexo e detalhado. São exemplos de dados dos arcos exigidos por modelos microscópicos: comprimento, número das faixas, largura das faixas, faixas exclusivas, pontos de parada, velocidade limite, dentre outros.

8 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi inicialmente a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante a graduação para verificação da viabilidade da ampliação do viaduto da ES-060 com a Darly Santos. A base teórica foi complementada com revisões bibliográficas, permitindo assim a melhoria da análise do problema real, o objeto deste estudo.

Para tanto, foram usados os dados de contagens de tráfego existentes e os estudos/projetos desenvolvidos para esse entroncamento, fornecidos pelo Departamento de Edificações e de Rodovias do Estado do Espírito Santo (DER/ES) e outros órgãos e empresas de engenharia.

Posteriormente, por meio de método hipotético-dedutivo, foram estudadas as dimensões e volumes de tráfego das vias para definição dos cenários a serem simulados pelo *software* PTV Vissim. Foram definidos 5 cenários que estão descritos no item 11.3.

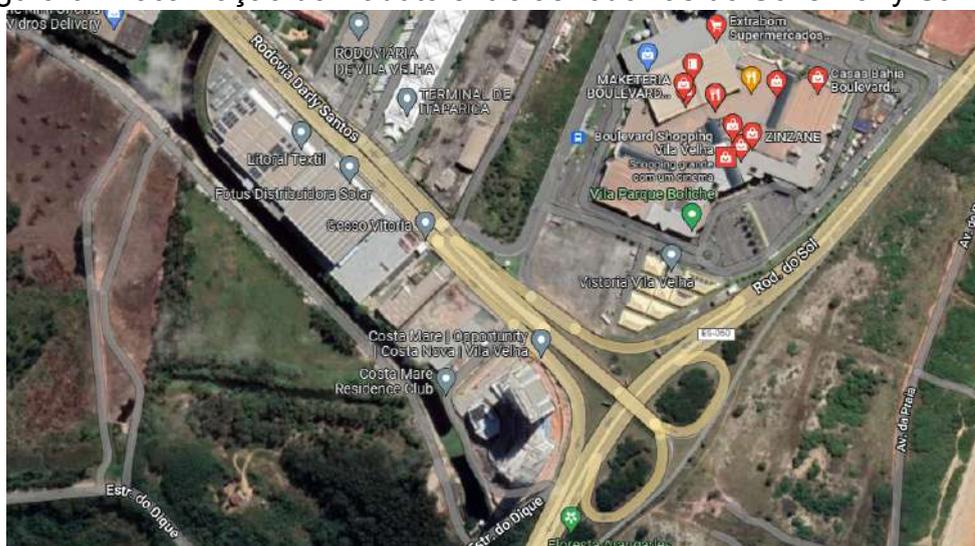
Por fim, foi feita a análise dos resultados obtidos e comparados os cenários entre si, a partir das simulações de tráfego realizadas, recomendando-se a configuração geométrica mais adequada para o local.

Algumas ferramentas auxiliares foram importantes, como o *software* Google Earth Pro, usado para aferir as informações do viaduto e referências de níveis. Também foi usado um veículo de passeio próprio dos autores para a checagem das velocidades de segurança e desempenho do local estudado nas horas de pico em janeiro de 2023. Já as larguras das vias foram conferidas com trena laser *in loco*. Por fim, para tratamento dos dados de contagem fornecidos pelo DER foi utilizado o *software* Excel.

9 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é a região do viaduto localizado na Rodovia do Sol na cidade de Vila Velha. Esse é um município brasileiro localizado no litoral do estado do Espírito Santo, na Região Sudeste do país. Pertence à Região Metropolitana de Vitória e ocupa uma área de 209,965 km², sendo que 54,57 km² estão em perímetro urbano, e a população em 2021 foi estimada pelo IBGE em 508.655 habitantes, o que faz do município o segundo mais populoso do Espírito Santo.

Figura 6 - Localização do viaduto entre as rodovias do Sol e Dary Santos.



Fonte: Google Earth Pro (2022)

9.1 EMPREENDIMENTOS

Na região de estudo, estão localizados diversos empreendimentos que atraem um grande volume de pessoas, como o terminal de Itaparica, a rodoviária de Vila Velha, o shopping Boulevard Vila Velha e o citado bairro a ser implantado. Conforme discutido anteriormente, esses tipos de empreendimentos são responsáveis por gerar tráfego e irão afetar diretamente a interseção estudada.

O terminal de Itaparica reúne 39 linhas de ônibus, com acesso constante na região, para atendimento de 55.000 passageiros por dia, segundo o Governo do Estado. Ao lado, há a rodoviária de Vila Velha, que atende 10 mil passageiros ao mês. Ainda, o shopping Boulevard Vila Velha que apresenta 600.000 consumidores/mês. Adiciona-se a isso aquelas viagens atraídas pelo atual parque de diversões presente no estacionamento.

Tabela 4 - Dados do Shopping Boulevard Vila Velha

125 Lojas	10 Lojas âncora	7 Megalojas
13 Restaurantes	6 Salas de Cinema	2.300 Vagas de Estacionamento
37.868 ABL(M ²)	600.000 consumidores/mês	

Fonte: Boulevard Vila Velha (2023)

Além dos empreendimentos já existentes, está prevista a implantação do novo bairro privado, o bairro Costa Nova, pelo banco Opportunity.

Tabela 5 - Quantidades e dados sobre o bairro Costa Nova.

Área total	615.500,00 m²
N. de condomínios	29*
N. de torres	62*
N. de unidades	10.789*

*Números estimados com base na legislação local, considerando todo o potencial da área.
Fonte: Costa Nova Vila Velha (2022)

O bairro contará com além das 10.789 unidades de moradia, também com unidades comerciais, que, juntas, irão gerar um aumento de mais de 29 mil veículos no viaduto, conforme dados fornecidos pelo DER/ES.

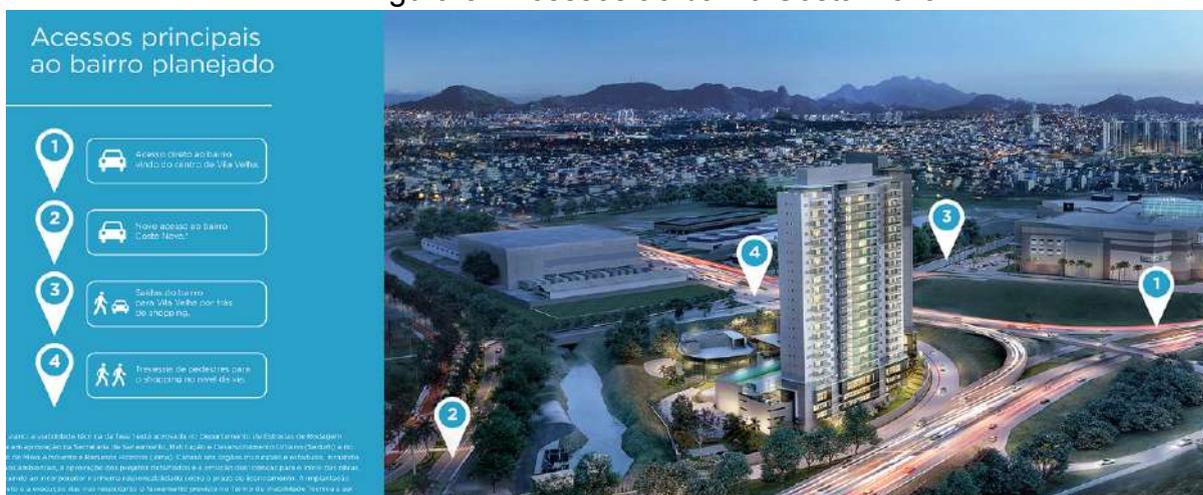
Figura 7 - Distribuição de áreas planejadas no Bairro Costa Nova



Fonte: Costa Nova Vila Velha (2022)

O acesso desse bairro se dará conforme indicado pela construtora e incorporadora Impacto Engenharia e o fundo de investimento do Banco Opportunity.

Figura 8 - Acessos ao bairro Costa Nova.



Fonte: Costa Nova Vila Velha (2022)

Além da geração de viagens causada pelos empreendimentos, as rodovias Leste Oeste e Carlos Lindenberg também direcionam parte do seu volume para a Dary Santos, tendo, portanto, influência no viaduto estudado.

9.2 GEOMETRIA

A geometria atual do viaduto consiste em 4 principais acessos mapeados no *software* PTV Vissim e também no Google Earth Pro.

- 1-3 - Movimento: Vitória > Guarapari;
- 3-1 - Movimento: Guarapari > Vitória;
- 1-7 - Movimento: Vitória > Cariacica;
- 7-1 - Movimento: Cariacica > Vitória;
- 3-7 - Movimento: Guarapari > Cariacica;
- 7-3 - Movimento: Cariacica > Guarapari.

No movimento Vitória > Guarapari, o caminho inicia com a cota de 4 metros acima do nível do mar e finaliza com 3 metros. Para Guarapari > Vitória, a diferença de nível permanece a mesma, iniciando em 3 metros e terminando com 4 metros.

Para Vitória > Cariacica, a cota inicial é de 4 metros e chega ao fim com 1 metro acima do nível do mar. Contudo, em Cariacica > Vitória, o percurso inicia com 1 metro acima do mar e sobe até os 9 metros, onde o viaduto atinge seu ápice em altura e inicia a descida pela alça até alcançar a altura de 3 metros, passando por baixo do viaduto.

Por fim, para o sentido Guarapari > Cariacica, a cota inicial é de 3 metros acima do nível do mar e atinge 4 metros na base da alça, onde sobe o viaduto até os 9 metros e inicia sua descida, chegando ao final com a cota de 1 metro. Já em Cariacica > Guarapari, o percurso inicia com 1 metro e se eleva até 6 metros, onde inicia a curva de descida até 3 metros com o entroncamento de Vitória > Guarapari.

Vale ressaltar que a velocidade média dessas vias é de 60 km/h, mas, nas curvas, a velocidade de segurança para descida é de 40 km/h e para a subida é de 30 km/h.

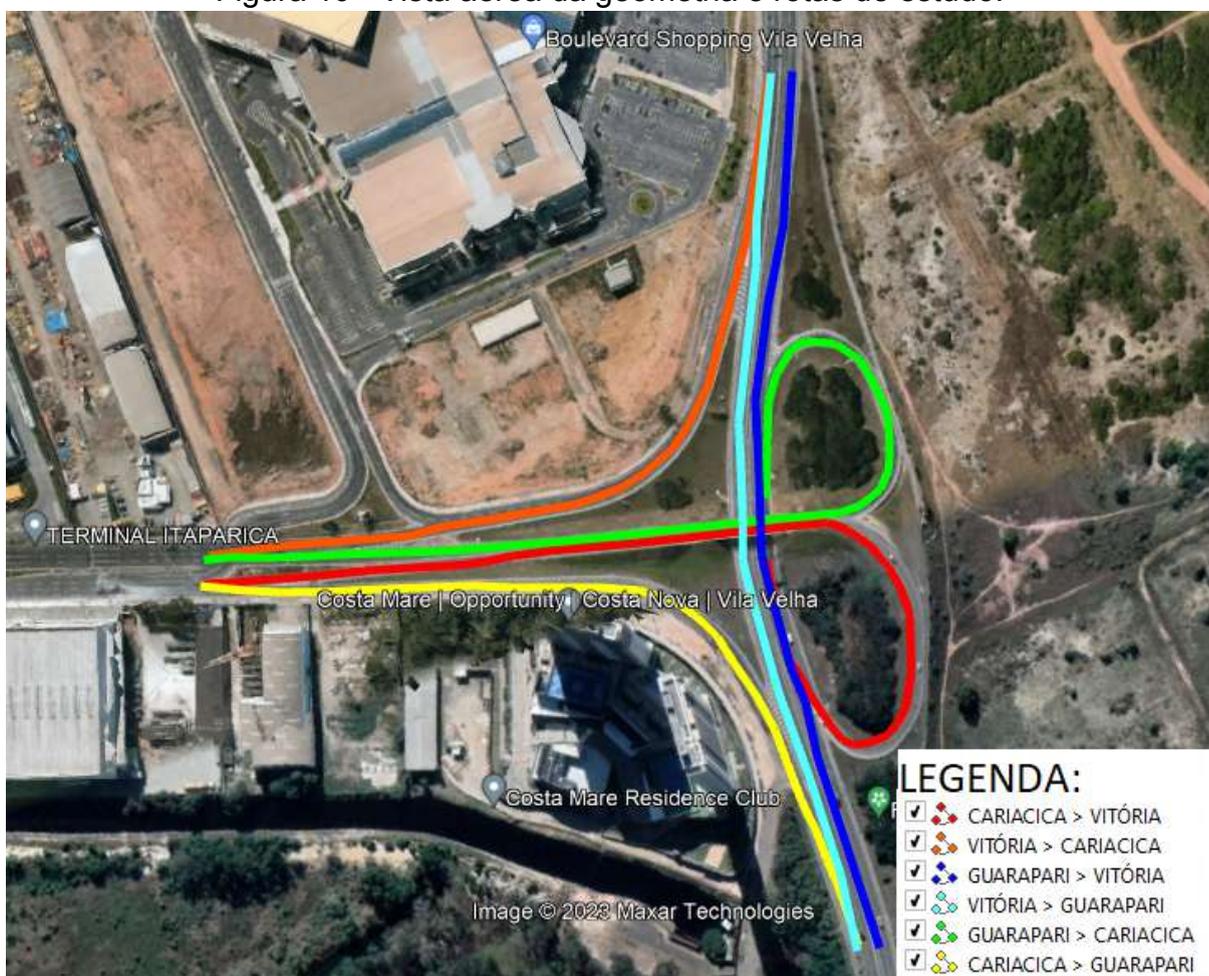
Figura 9 - Vista do viaduto na via sentido Guarapari > Vitória.



Fonte: Google Earth Pro (2023)

Para melhor contextualização, análise e referência de níveis, foi usado o software Google Earth Pro para referência de dimensões e elevações.

Figura 10 - Vista aérea da geometria e rotas de estudo.



Fonte: Google Earth Pro (2023)

10 DADOS DO TRÁFEGO

Para a realização do estudo, avaliação dos níveis de serviço e capacidade de tráfego sobre o viaduto nos diferentes cenários propostos, foi necessária a coleta de dados a respeito do tráfego do local e o levantamento da expectativa de crescimento devido aos empreendimentos previstos na região. A coleta dos dados foi realizada em março de 2021 e foi fornecida pelo DER. Além da contagem, foi oferecida pelo DER a expectativa de crescimento de tráfego devido aos empreendimentos e ao longo dos próximos anos.

Vale ressaltar que a contagem foi realizada durante o período em que a sociedade ainda estava afetada pelos impactos da pandemia do vírus SARS-CoV-2, responsável pela Covid-19. Dessa forma, destaca-se que os resultados obtidos neste estudo podem apresentar condições mais favoráveis que as observadas na realidade, uma vez que a circulação de veículos foi menor nesse período.

10.1 CONTAGEM VOLUMÉTRICA

Os dados fornecidos pelo DER continham as contagens volumétricas, classificatórias e direcionais de veículos automotores. As contagens foram realizadas em 8 postos localizados ao longo da rodovia Darly Santos, no trecho compreendido entre o entroncamento com a ES-060 (km 0,00) até o entroncamento com a avenida Carlos Lindemberg (km 5,60) e em um posto localizado na estrada do Dique.

O estudo foi realizado entre os dias 09 e 11 de março de 2021 (terça, quarta e quinta-feira). A localização dos postos e a duração das contagens estão apresentados no plano de contagem de tráfego da tabela abaixo:

Tabela 6 - Plano de contagem de tráfego

RODOVIA: DARLY SANTOS			TRECHO: ENTR. E S-060 (PI BARRA DO JUCU) - ENTR. AV. CARLOS LINDEMBERG			
POSTO	RODOVIA	LOCALIZAÇÃO (km)	DATA / PERÍODO	TIPO DE PESQUISA	DURAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO
P-01	Darly Santos	0,00	09/03/2021	C.V	1 dia de 24 horas	Entr. com ES-060
P-02	Darly Santos	0,22	10/03/2021	C.V	1 dia de 14 horas	Acesso para Shopping Boulevard
P-03	Darly Santos	0,52	10/03/2021	C.V C.P.C	1 dia de 14 horas 1 dia de 12 horas	Acesso para Rodoviária de Vila Velha
P-04	Darly Santos	0,65	10/03/2021	C.V C.P.C	1 dia de 14 horas 1 dia de 12 horas	Entr. com Rua Santiago
P-05	Darly Santos	1,80	09/03/2021	C.V	1 dia de 14 horas	Entr. com Rua Lima
P-06	Darly Santos	2,56	11/03/2021	C.V	1 dia de 14 horas	Entr. com Av. São Gabriel da Palha
P-07	Darly Santos	3,86	11/03/2021	C.V	1 dia de 14 horas	Entr. com Av. Leila Diniz
P-08	Darly Santos	5,16	10/03/2021	C.V	1 dia de 14 horas	Acesso para Interport
P-09	Estrada do Dique	0,00	11/03/2021	C.V	1 dia de 14 horas	Acesso a Estrada do Dique

Fonte: DER (2021)

Visto que o objeto do presente estudo é o viaduto localizado no km 0,00 do trecho mencionado, foram consideradas apenas as contagens do posto P-01, apresentadas no ANEXO A, e os movimentos representados pelas setas vermelhas, conforme o croqui da imagem abaixo:

Figura 11 - Área e movimentos estudados



Fonte: DER (2021)

As contagens volumétricas foram realizadas em intervalos de 15 minutos e, para o posto P-01, durante 24 horas ininterruptas. O total de veículos contado no posto P-01, dentre automóveis, motos, ônibus, caminhões de 2 eixos e caminhões de 3 eixos, considerando o volume de todos os movimentos em conjunto, está presente na tabela 7.

O volume de veículos foi convertido em UCP utilizando os fatores de equivalência apresentados na tabela 1, uma vez que o *software* utilizado para a simulação (PTV Vissim) não possibilita a inserção de motocicletas. Assim, todos os tipos de veículos foram convertidos para UCP.

Tabela 7 - Volume classificado de tráfego no viaduto - Posto (P-01)- em UCP - somados todos os movimentos - Períodos Manhã, Tarde e Total Dia

TIPO	MANHÃ (00h a 11h59min)	TARDE (12h a 23h59min)
Automóvel	21.405	31.299
Moto	4.463	4.858
Ônibus	1.169	1.372
Caminhão (2 eixos)	1.305	1.458
Caminhão (3 eixos)	331	351
TOTAL DIA EM UCP	68.434	

Fonte: Autores (2023)

10.2 HORA PICO

A hora pico da interseção consiste nos 4 períodos de 15 minutos consecutivos que apresentam a maior somatória de veículos em UCP, considerando todos os movimentos. Como a simulação deve ser realizada para esse intervalo, os dados da contagem foram tabulados, a fim de determinar os volumes correspondentes a hora pico da manhã e da tarde.

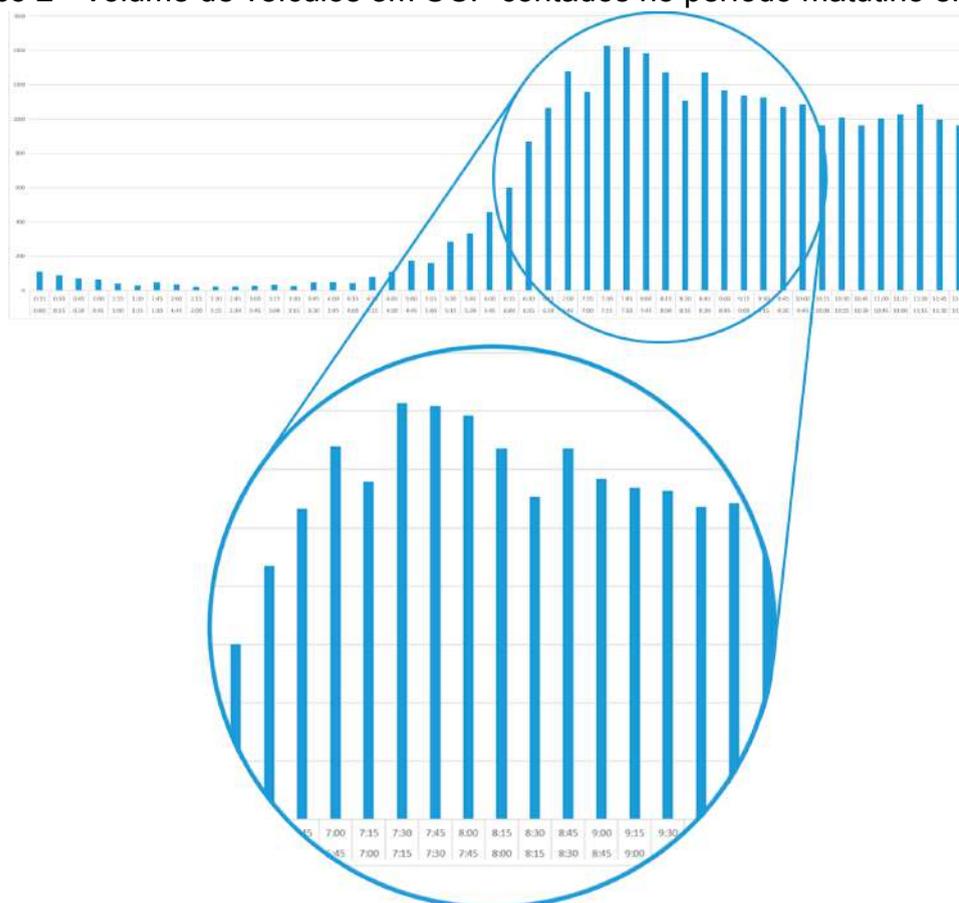
Considerando que foram disponibilizadas as contagens durante 24 horas consecutivas, ficou definido como período da manhã o intervalo de 00h e 11h59min e como período da tarde o intervalo de 12h e 23h59min. As tabelas e gráficos a seguir foram construídos para auxiliar na determinação da hora pico.

Tabela 8 - Volume de tráfego em UCP no período da manhã em 2021

HORÁRIO	UCP	HORÁRIO	UCP	HORÁRIO	UCP
0:00 0:15	110	4:00 4:15	43	8:00 8:15	1273
0:15 0:30	90	4:15 4:30	81	8:15 8:30	1106
0:30 0:45	71	4:30 4:45	108	8:30 8:45	1273
0:45 1:00	65	4:45 5:00	175	8:45 9:00	1168
1:00 1:15	40	5:00 5:15	162	9:00 9:15	1138
1:15 1:30	32	5:15 5:30	286	9:15 9:30	1127
1:30 1:45	48	5:30 5:45	332	9:30 9:45	1073
1:45 2:00	36	5:45 6:00	456	9:45 10:00	1084
2:00 2:15	22	6:00 6:15	600	10:00 10:15	964
2:15 2:30	24	6:15 6:30	870	10:15 10:30	1009
2:30 2:45	25	6:30 6:45	1066	10:30 10:45	965
2:45 3:00	30	6:45 7:00	1279	10:45 11:00	1003
3:00 3:15	34	7:00 7:15	1159	11:00 11:15	1029
3:15 3:30	28	7:15 7:30	1429	11:15 11:30	1085
3:30 3:45	49	7:30 7:45	1418	11:30 11:45	997
3:45 4:00	51	7:45 8:00	1385	11:45 12:00	964

Fonte: Autores (2023)

Gráfico 2 - Volume de veículos em UCP contados no período matutino em 2021



Fonte: Autores (2023)

Assim, foi observado que o período de pico da interseção de manhã é de 7h15min e 8h15min, com 5.505 UCP e representando 8,04% do volume do tráfego do dia.

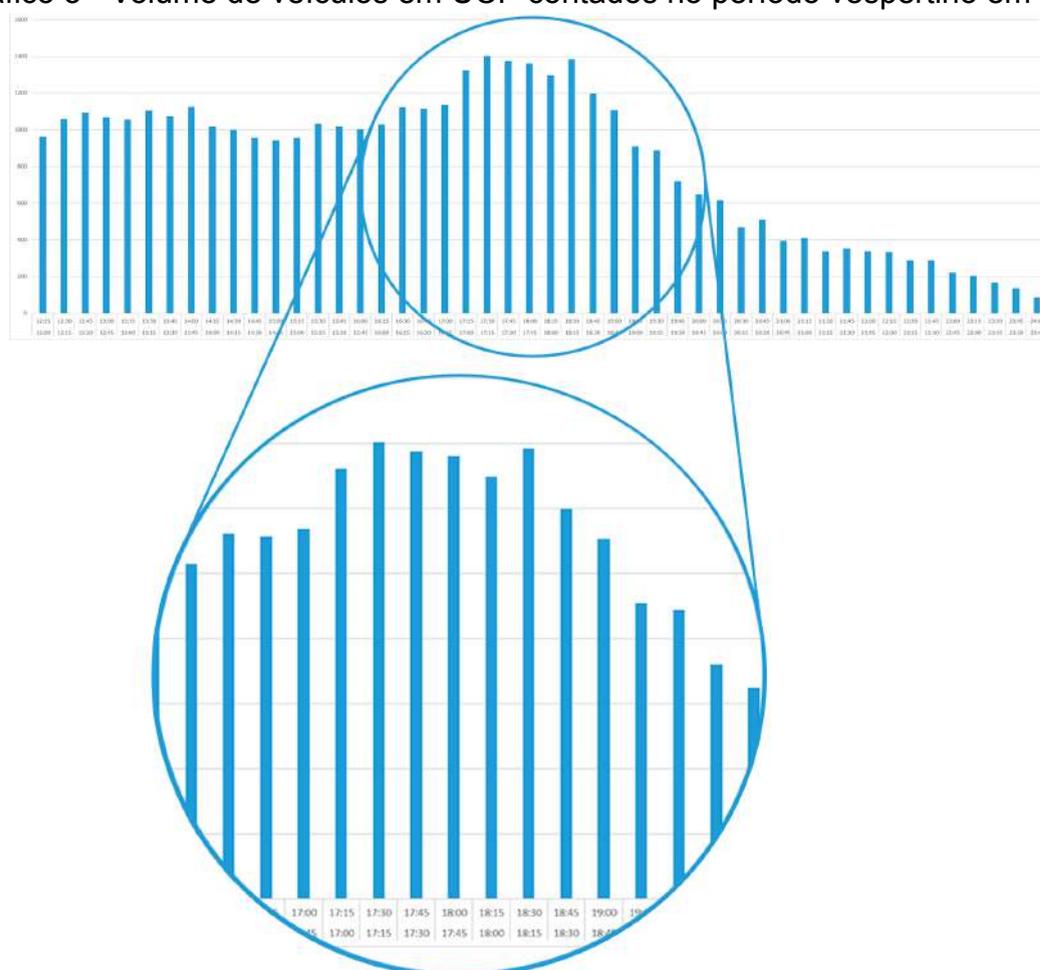
Tabela 9 - Volume de tráfego em UCP no período da tarde em 2021

HORÁRIO	UCP	HORÁRIO	UCP	HORÁRIO	UCP			
12:00	12:15	963	16:00	16:15	1029	20:00	20:15	617
12:15	12:30	1059	16:15	16:30	1122	20:15	20:30	467
12:30	12:45	1093	16:30	16:45	1113	20:30	20:45	507
12:45	13:00	1069	16:45	17:00	1136	20:45	21:00	395
13:00	13:15	1056	17:00	17:15	1322	21:00	21:15	410
13:15	13:30	1105	17:15	17:30	1403	21:15	21:30	337
13:30	13:45	1073	17:30	17:45	1375	21:30	21:45	353
13:45	14:00	1124	17:45	18:00	1361	21:45	22:00	336
14:00	14:15	1016	18:00	18:15	1297	22:00	22:15	330

HORÁRIO	UCP	HORÁRIO	UCP	HORÁRIO	UCP
14:15 14:30	1000	18:15 18:30	1384	22:15 22:30	288
14:30 14:45	957	18:30 18:45	1198	22:30 22:45	288
14:45 15:00	941	18:45 19:00	1107	22:45 23:00	221
15:00 15:15	958	19:00 19:15	907	23:00 23:15	205
15:15 15:30	1032	19:15 19:30	886	23:15 23:30	168
15:30 15:45	1017	19:30 19:45	721	23:30 23:45	135
15:45 16:00	1002	19:45 20:00	648	23:45 24:00	86

Fonte: Autores (2023)

Gráfico 3 - Volume de veículos em UCP contados no período vespertino em 2021



Fonte: Autores (2023)

Por fim, obteve-se a hora pico da tarde, sendo constatado que o período com maior número de veículos na interseção durante a tarde ocorreu entre as 17h e 18h, com 5.461 UCP e representando 7,98% do volume de tráfego do dia.

10.3 SAZONALIDADE

Devido às suas praias, o litoral sul do estado atrai muitos turistas, especialmente a cidade de Guarapari, notadamente na época do verão, gerando um aumento do tráfego na região de estudo. Assim, foi levado em consideração um fator multiplicativo sazonal, a fim de corrigir os volumes obtidos nas contagens de março de 2021, em todos os sentidos/movimentos da interseção e simular a situação na qual ela mais estará sobrecarregada ao longo do ano.

Para calcular esse fator, foram utilizadas as contagens diárias da ES-060, em ambos os sentidos, realizadas de janeiro a junho de 2020, fornecidas pela RodoSol. Visto que as contagens do viaduto fornecidas pelo DER foram realizadas na segunda terça-feira do mês de março de 2021, foi identificado o mês de 2020 com maior volume de tráfego na terça-feira da segunda semana e calculada a proporção em relação a março de 2020. O mês de maior volume foi janeiro, com 7.635 veículos no dia 14/01/2020, e foi comparado ao dia 10/03/2020 com 4.932 veículos. Assim:

$$Fator\ Sazonal = \frac{7635}{4932} = 1,548$$

10.4 TRÁFEGO FUTURO

As simulações para as condições geométricas atuais e para a nova geometria prevista para o viaduto foram realizadas para os volumes de tráfego correspondentes aos anos de 2021, quando as contagens foram realizadas, e de 2033. Portanto, foi necessário realizar a previsão do tráfego para o ano de 2033, considerando uma taxa de projeção equivalente ao crescimento vegetativo da frota de veículos do município de Vila Velha, além de estimar a geração de viagens de veículos devido aos empreendimentos que surgirão no período de análise na área de influência direta do viaduto.

10.4.1 Projeção de frota

Para realizar a projeção de frota, foram usadas as informações disponíveis no Relatório Anual de Estatística de Trânsito de 2006 a 2020, para o município de Vila Velha, disponibilizados online no portal do DETRAN/ES. A tabela a seguir apresenta o volume total de veículos para cada ano. A coluna X é referente ao ponto do eixo relacionado a cada ano, o ano de 2006 corresponde a X = 1 e o de 2033 a X = 28.

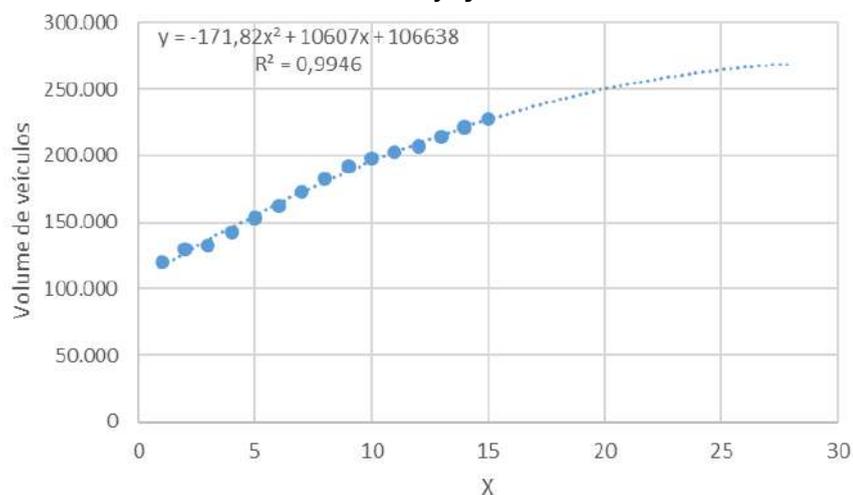
Tabela 10 - Frota de Veículos de Vila Velha, de 2006 a 2020

Ano	X	Total
2006	1	120.058
2007	2	130.145
2008	3	132.446
2009	4	142.828
2010	5	152.883
2011	6	162.547
2012	7	173.174
2013	8	183.055
2014	9	192.025
2015	10	198.340
2016	11	202.323
2017	12	207.263
2018	13	213.795
2019	14	221.055
2020	15	227.414

Fonte: Autores (2023)

Os dados apresentados na Tabela 10 foram utilizados para a construção do gráfico 4, que apresenta a tendência adotada para o crescimento vegetativo da frota. O eixo X representa o ano, enquanto o eixo Y apresenta seu respectivo volume de veículos.

Gráfico 4 - Projeção de frota



Fonte: Autores (2023)

Foi utilizado um polinômio de segundo grau para descrever os dados e projetá-los para o ano de 2033, que obteve coeficiente de correlação (R^2) de 0,9946, o que indica que os dados foram bem ajustados ao formato da curva.

Vale ressaltar que, em uma análise crítica, pode-se dizer que o modelo adotado é capaz de descrever a previsão de crescimento futuro. O polinômio de segundo grau apresenta uma taxa de crescimento da frota que tende a estabilizar, até atingir o seu pico e começar a reduzir. Esse comportamento é esperado de ocorrer na prática, visto o surgimento de aplicativos para transporte, caronas e aluguel de carros, além do incentivo ao uso de meios de transporte alternativos como bicicletas e patinetes, reduzindo a necessidade de veículo próprio.

Assim, a partir da linha de tendência obtida, para $X = 28$, representando o ano de 2033, tem-se:

$$y = -171,82x^2 + 10607x + 106638$$

$$y = -171,82 \cdot 28^2 + 10607 \cdot 28 + 106638$$

$$y = 268.927$$

Para avaliar o crescimento da frota em relação a de 2021, ano no qual as contagens foram realizadas, foi feita a projeção também para $X = 16$:

$$y = -171,82 \cdot 16^2 + 10607 \cdot 16 + 106638$$

$$y = 232.364$$

Portanto, foi considerada para 2033 a frota de 268.927, apresentando um crescimento de 15,7% em relação à frota de 2021 e que será distribuído proporcionalmente ao tráfego de cada um dos movimentos do viaduto.

10.4.2 Geração de tráfego

Além do crescimento vegetativo, é esperado que o volume de tráfego na interseção de estudo cresça devido aos empreendimentos comerciais e residenciais que já estão sendo desenvolvidos. Assim, o DER disponibilizou para a elaboração deste trabalho a estimativa de geração de viagens que realizou para o novo bairro que deverá ser construído na área de influência direta do viaduto, com base no número de unidades residenciais e comerciais a serem construídas, conforme mostrado no ANEXO B. A tabela 11 apresenta um resumo das informações:

Tabela 11 - Volume acumulado de geração de viagens até 2033

EMPREENDIMENTO	VOLUME ACUMULADO
Green Village (comercial)	8.708
Green Village (residencial)	8.069
Costa Nova (residencial)	12.614
TOTAL	29.391

Fonte: Adaptado de DER (2021)

Foi calculada a parcela desse volume que ocorre nas horas picos, com base nos percentuais obtidos no item 10.2. Assim, para a hora pico da manhã, considerou-se 8,04% desse volume e, para a da tarde, 7,98%, totalizando 2.364 UCP e 2.346 UCP para esses períodos, respectivamente. Esse volume foi distribuído somente para os movimentos que direcionam o tráfego para o empreendimento, como será descrito mais detalhadamente no item 11.4.

11 CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

11.1 SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PTV VISSIM

O PTV Vissim é um *software* de simulação microscópica de fluxos de tráfego multimodais desenvolvido pela Planung Transport Verkehr AG, em Karlsruhe, na Alemanha.

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, conservando e considerando as principais características de cada um dos componentes do tráfego. Assim, a simulação utilizando o PTV Vissim retorna resultados que permitem planejar, analisar e otimizar o sistema de transporte e a infraestrutura urbana de uma região.

Atualmente, o PTV Vissim é líder de mercado em seu nicho, sendo largamente utilizado para a realização de estudos e desenvolvimento de soluções em engenharia de tráfego, uma vez que o *software* permite a construção de um modelo virtual com características geométricas de grande complexidade. Portanto, considerando as possibilidades oferecidas pelo PTV Vissim, ele foi escolhido para a realização do presente estudo.

11.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PTV VISSIM

O primeiro passo para se iniciar a simulação é implementar as vias que compõem a área de estudo. Para auxiliar nos seus traçados, utilizou-se o mapa com vista satélite disponibilizado pelo próprio *software*. As vias foram inseridas utilizando o comando *Links*, disponível na aba *Network Editor*. Ao criar um *link*, é possível definir a quantidade de faixas, suas larguras, altura inicial, altura final, velocidade permitida e o tipo de veículo que pode trafegar em cada faixa. A união de *links* é permitida por meio dos *Connectors*, que calculam e definem a inclinação entre os *links*. Tanto *links* quanto *connectors* podem ter pontos intermediários, para formar curvas e acompanhar o desenho do mapa.

Após definida a geometria, são inseridos, com o comando *Vehicle Input*, o volume de veículos que percorrem a via em cada intervalo. Por sua vez, os veículos inseridos são direcionados à sua rota prioritária, indicada pelo comando *Vehicle*

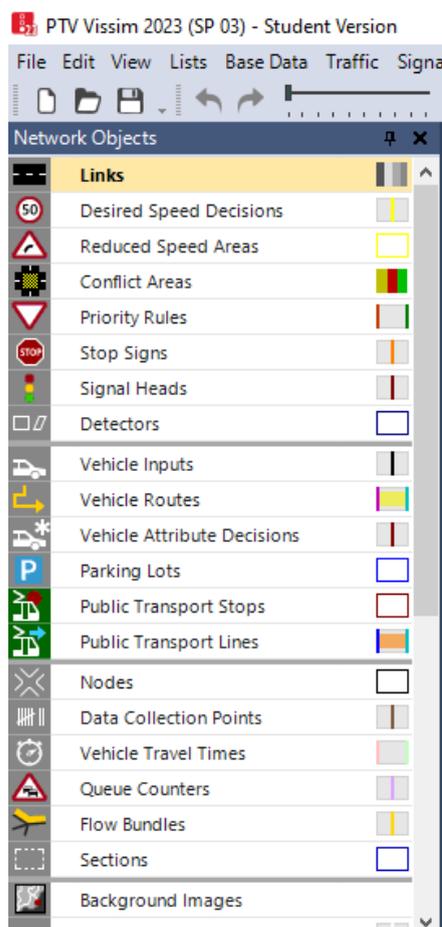
Routing Decisions. Ainda nessas vias, por questões de segurança, alguns trechos podem ter sua velocidade reduzida, utilizando o comando *Reduced Speed Areas*.

Além disso, a geometria pode apresentar conflitos nos entroncamentos ou confluências e, por meio do comando *Conflict Areas*, é possível determinar qual movimento possui prioridade.

Contudo, após a calibração do modelo é necessário a coleta de dados para analisar o nível de serviço das vias. Para tanto, são usados os comandos:

- *Data Collection Points*: para coletar as informações em uma seção específica da via, utilizado para conferir as informações lançadas;
- *Vehicle Travel Times*: para indicar o tempo de deslocamento de um veículo naquele trecho e determinar os atrasos;
- *Queue Counters*: para medir as filas geradas; e
- *Nodes*: para realizar a avaliação dos níveis de serviço.

Figura 12 - Quadro de comandos do software PTV Vissim, *Network Objects*.



Fonte: PTV Vissim (2023)

11.3 CENÁRIOS DE INTERESSE

11.3.1 Cenário 1

O primeiro cenário representa o desempenho da geometria do viaduto no ano de 2021, utilizando o volume apresentado nas contagens realizadas pelo DER com a correção da sazonalidade. O viaduto atual apresenta pistas simples, ou seja, com apenas uma faixa de tráfego por sentido, e a mesma configuração de alças existentes. Esse cenário servirá como parâmetro para os demais e para calibração do modelo para a realidade local estudada.

Figura 13 - Geometria do viaduto no cenário 1 e 2



Fonte: Autores(2023)

11.3.2 Cenário 2

O segundo cenário representa a geometria do viaduto em 2021, com o fluxo futuro de veículos no mês crítico do ano somado à contribuição de tráfego devido aos investimentos Opportunity (bairro Costa Nova). Esse cenário servirá para analisar se a geometria atual do viaduto comporta o fluxo de veículos projetados para 2033, avaliar a real necessidade da duplicação da obra de arte especial e a possibilidade do colapso no tráfego da região.

11.3.3 Cenário 3

O terceiro cenário representa a geometria futura proposta pelo DER com a duplicação da pista que dá acesso ao viaduto no sentido Cariacica > Vitória, assim

como a duplicação da pista que dá vazão ao movimento Guarapari > Cariacica. Quanto às alças do viaduto, não foram fornecidas informações sobre o novo projeto e, portanto, foi suposto que ambas seriam também duplicadas. Nesse cenário também é apresentado um novo viaduto para o movimento Vitória > Costa Nova (figura 15) e outro para o movimento Cariacica > Guarapari (figura 16). Esse cenário servirá para analisar o desempenho em 2033 do viaduto projetado.

Figura 14 - Geometria do viaduto no cenário 3



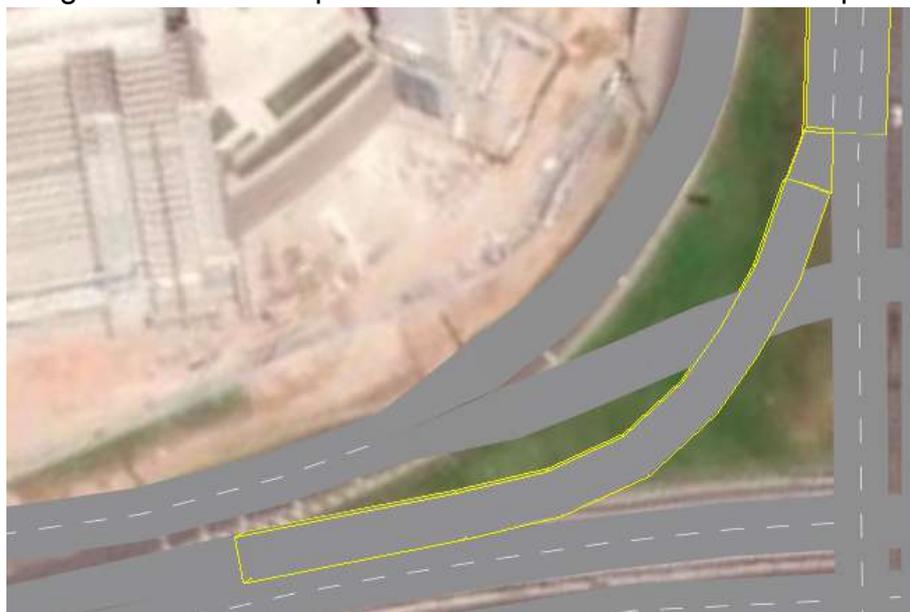
Fonte: Autores (2023)

Figura 15 - Viaduto para o movimento Vitória > Costa Nova



Fonte: Autores (2023)

Figura 16 - Viaduto para o movimento Cariacica > Guarapari



Fonte: Autores (2023)

11.3.4 Cenário 4

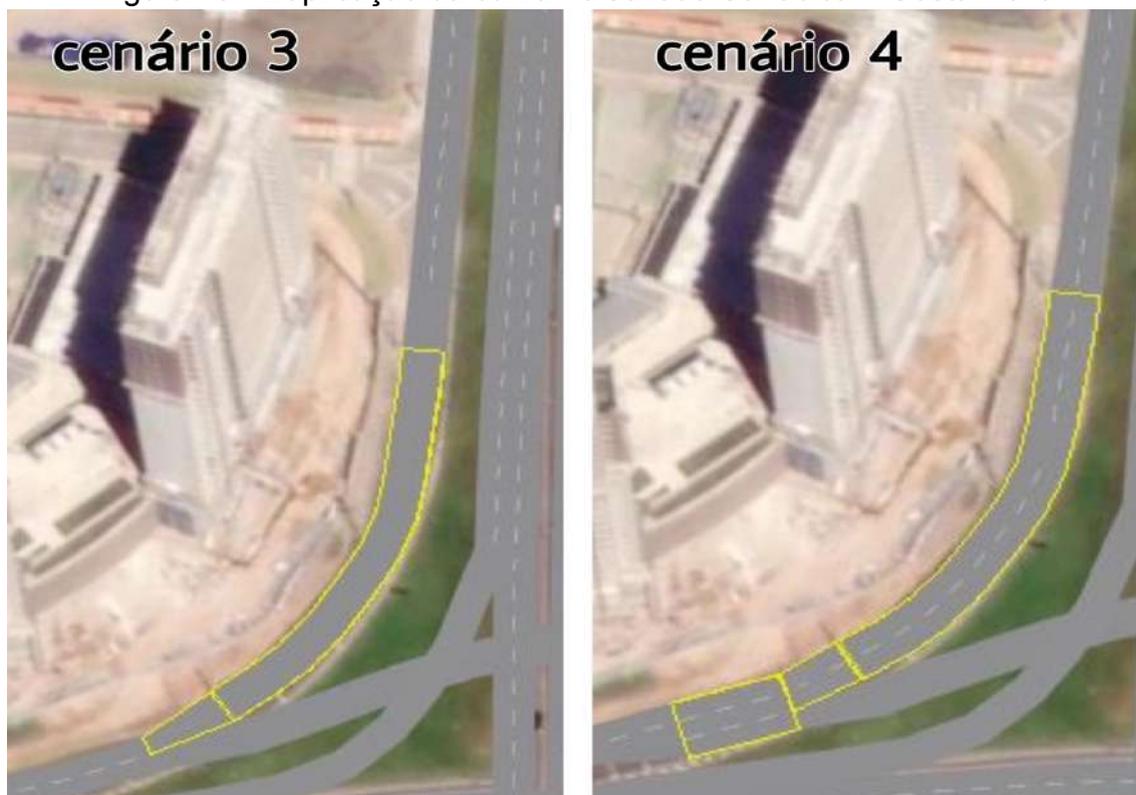
O quarto cenário apresenta mudanças propostas pelos autores sobre a geometria do cenário 3, com o aumento da extensão entre alças no viaduto, a fim de avaliar o trânsito de Guarapari > Vitória (figura 17). Também foi realizada a duplicação do trecho Cariacica > Costa Nova (figura 18).

Figura 17 - Alteração na alça proposta no cenário 4



Fonte: Autores (2023)

Figura 18 - Duplicação da curva no sentido Cariacica > Costa Nova



Fonte: Autores (2023)

11.3.5 Cenário 5

O quinto cenário também apresenta uma proposta de geometria realizada pelos autores, com a adição de uma alça alternativa para o sentido Guarapari > Cariacica (figura 19), a fim de melhorar o nível de serviço geral do viaduto para 2033. Essa alternativa foi pensada para reduzir o fluxo de veículos na confluência Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória na descida da alça do viaduto.

Figura 19 - Alça para o movimento Guarapari > Cariacica no cenário 5



Fonte: Autores (2023)

Nessa proposta, o fluxo de veículos no local é desviado a montante do viaduto, aumentando o intervalo entre veículos na confluência comentada e permitindo que os veículos Cariacica > Vitória sigam a sua trajetória.

11.4 DADOS DE ENTRADA

11.4.1 Cenário 1

Tendo definidos a hora pico e o fator de sazonalidade da interseção, os dados de entrada para o cenário 1 foram:

Tabela 12 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 1 no período de pico da manhã

HORÁRIO		MOVIMENTO	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
7:15	7:30	Vitória > Guarapari	1.494	373
7:30	7:45	Vitória > Guarapari	1.389	347
7:45	8:00	Vitória > Guarapari	1.232	308
8:00	8:15	Vitória > Guarapari	1.116	279
7:15	7:30	Vitória > Cariacica	1.463	366
7:30	7:45	Vitória > Cariacica	1.304	326
7:45	8:00	Vitória > Cariacica	1.236	309
8:00	8:15	Vitória > Cariacica	1.087	272
7:15	7:30	Guarapari > Vitória	2.685	671
7:30	7:45	Guarapari > Vitória	2.702	675
7:45	8:00	Guarapari > Vitória	2.685	671
8:00	8:15	Guarapari > Vitória	2.650	663
7:15	7:30	Guarapari > Cariacica	1.707	427
7:30	7:45	Guarapari > Cariacica	1.559	390
7:45	8:00	Guarapari > Cariacica	1.710	427
8:00	8:15	Guarapari > Cariacica	1.303	326
7:15	7:30	Cariacica > Vitória	452	113
7:30	7:45	Cariacica > Vitória	788	197
7:45	8:00	Cariacica > Vitória	774	193
8:00	8:15	Cariacica > Vitória	672	168
7:15	7:30	Cariacica > Guarapari	1.048	262
7:30	7:45	Cariacica > Guarapari	1.035	259
7:45	8:00	Cariacica > Guarapari	943	236
8:00	8:15	Cariacica > Guarapari	1.050	262

Fonte: Autores (2023)

Tabela 13 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 1 no período de pico da tarde

HORÁRIO		MOVIMENTO		VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
17:00	17:15	Vitória	> Guarapari	1.873	468
17:15	17:30	Vitória	> Guarapari	1.974	493
17:30	17:45	Vitória	> Guarapari	1.926	482
17:45	18:00	Vitória	> Guarapari	2.001	500
17:00	17:15	Vitória	> Cariacica	1.343	336
17:15	17:30	Vitória	> Cariacica	1.201	300
17:30	17:45	Vitória	> Cariacica	1.271	318
17:45	18:00	Vitória	> Cariacica	1.116	279
17:00	17:15	Guarapari	> Vitória	1.907	477
17:15	17:30	Guarapari	> Vitória	2.084	521
17:30	17:45	Guarapari	> Vitória	1.944	486
17:45	18:00	Guarapari	> Vitória	1.981	495
17:00	17:15	Guarapari	> Cariacica	1.252	313
17:15	17:30	Guarapari	> Cariacica	1.528	382
17:30	17:45	Guarapari	> Cariacica	1.252	313
17:45	18:00	Guarapari	> Cariacica	1.054	264
17:00	17:15	Cariacica	> Vitória	786	197
17:15	17:30	Cariacica	> Vitória	739	185
17:30	17:45	Cariacica	> Vitória	743	186
17:45	18:00	Cariacica	> Vitória	848	212
17:00	17:15	Cariacica	> Guarapari	1.027	257
17:15	17:30	Cariacica	> Guarapari	1.163	291
17:30	17:45	Cariacica	> Guarapari	1.376	344
17:45	18:00	Cariacica	> Guarapari	1.429	357

Fonte: Autores (2023)

11.4.2 Cenário 2

A simulação do cenário 2 utilizou as estimativas de tráfego futuro, com a geração de viagens pelos empreendimentos sendo somada somente aos movimentos que dão acesso ou vazão ao novo bairro projetado.

A saída desse bairro está prevista para se localizar na avenida Darly Santos, de forma que os veículos que se dirigem a Guarapari e Vitória estarão trafegando no sentido Cariacica - Rodovia do Sol. Como a geometria nesse cenário é a mesma do cenário 1, todos os veículos que vêm de Vitória ou Guarapari na intenção de acessar o empreendimento, devem fazer o retorno e entrar pelo sentido Cariacica > Costa Nova. Assim, os movimentos influenciados pelo empreendimento foram:

- Cariacica > Guarapari (vazão e acesso);
- Cariacica > Vitória (vazão e acesso);
- Vitória > Cariacica (acesso);
- Guarapari > Cariacica (acesso);
- Cariacica > Costa Nova (acesso).

Para quantificar o volume gerado em cada um dos movimentos, foi inicialmente avaliada a relação percentual do volume total gerado pelo empreendimento e a soma de veículos de todos os movimentos que foram impactados.

O volume total da hora pico da manhã é de 5.505 veículos, sendo que 5.248 destes veículos trafegam pelos movimentos que foram impactados, e o empreendimento gerou um acréscimo de 2.364 veículos que devem ser distribuídos nesses movimentos. Assim:

$$\frac{2.364}{5.248} = 45,05\%$$

Portanto, em cada movimento foi acrescido 45,05% no seu volume, devido ao empreendimento.

Os volumes futuros foram separados em dois: um devido ao crescimento vegetativo da frota (CV), e o outro devido ao acréscimo gerado pelo Costa Nova (ACN). Nos sentidos Guarapari > Cariacica e Vitória > Cariacica, todo o acréscimo foi somado ao movimento Cariacica > Costa Nova. Para os sentidos Cariacica > Vitória e Cariacica > Guarapari, no entanto, foi necessário considerar que uma parcela das pessoas que já estão em Cariacica e Vila Velha desejam acessar o empreendimento.

Para determinar esse percentual, considerou-se a mesma proporção de veículos que vêm de Vitória e Guarapari que desejam entrar no Costa Nova em relação ao total de veículos que se dirigem a Cariacica. Assim, usando o movimento Vitória > Cariacica como exemplo, na hora pico da manhã:

- Volume de veículos que desejam entrar no Costa Nova: 664.
- Volume de veículos devido ao crescimento vegetativo: 1.473.

$$\frac{664}{1.473+664} = 31,1\%$$

Assim, foi definido que, na hora pico da manhã, 31,1% do volume gerado devido ao empreendimento nos movimentos Cariacica > Guarapari e Cariacica > Vitória seriam destinados ao Costa Nova, enquanto o 69,9% restante seguiria viagem para Guarapari e Vitória, respectivamente. Por fim, obteve-se os resultados apresentados na tabela abaixo:

Tabela 14 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 2 no período de pico da manhã

HORÁRIO	MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
7:15 7:30	Vitória > Guarapari	432	-	1.728	432
7:30 7:45	Vitória > Guarapari	402	-	1.608	402
7:45 8:00	Vitória > Guarapari	356	-	1.424	356
8:00 8:15	Vitória > Guarapari	323	-	1.292	323
7:15 7:30	Vitória > Cariacica	423	191	2.454	614
7:30 7:45	Vitória > Cariacica	377	170	2.187	547
7:45 8:00	Vitória > Cariacica	358	161	2.077	519
8:00 8:15	Vitória > Cariacica	315	142	1.828	457
7:15 7:30	Guarapari > Vitória	777	-	3.108	777
7:30 7:45	Guarapari > Vitória	782	-	3.128	782
7:45 8:00	Guarapari > Vitória	777	-	3.108	777
8:00 8:15	Guarapari > Vitória	767	-	3.068	767
7:15 7:30	Guarapari > Cariacica	494	223	2.866	717
7:30 7:45	Guarapari > Cariacica	451	203	2.617	654

HORÁRIO	MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
7:45 8:00	Guarapari > Cariacica	495	223	2.872	718
8:00 8:15	Guarapari > Cariacica	377	170	2.187	547
7:15 7:30	Cariacica > Vitória	131	41	687	172
7:30 7:45	Cariacica > Vitória	228	71	1.195	299
7:45 8:00	Cariacica > Vitória	224	70	1.174	294
8:00 8:15	Cariacica > Vitória	195	61	1.022	256
7:15 7:30	Cariacica > Guarapari	303	94	1.588	397
7:30 7:45	Cariacica > Guarapari	300	93	1.573	393
7:45 8:00	Cariacica > Guarapari	273	85	1.431	358
8:00 8:15	Cariacica > Guarapari	304	94	1.594	398
7:15 7:30	Cariacica > Costa Nova	-	474	1.895	474
7:30 7:45	Cariacica > Costa Nova	-	447	1.787	447
7:45 8:00	Cariacica > Costa Nova	-	454	1.815	454
8:00 8:15	Cariacica > Costa Nova	-	382	1.526	382

Fonte: Autores (2023)

Os mesmos procedimentos foram realizados para obter os volumes da hora pico da tarde. Os resultados encontram-se na Tabela abaixo:

Tabela 15 - Volumes de tráfego (UCP) do cenário 2 no período de pico da tarde

HORÁRIO	MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
17:00 17:15	Vitória > Guarapari	542	-	2.167	542
17:15 17:30	Vitória > Guarapari	571	-	2.284	571
17:30 17:45	Vitória > Guarapari	557	-	2.229	557
17:45 18:00	Vitória > Guarapari	579	-	2.316	579
17:00 17:15	Vitória > Cariacica	389	174	2.249	562

HORÁRIO		MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
17:15	17:30	Vitória > Cariacica	347	155	2.011	503
17:30	17:45	Vitória > Cariacica	368	164	2.129	532
17:45	18:00	Vitória > Cariacica	323	144	1.869	467
17:00	17:15	Guarapari > Vitória	552	-	2.207	552
17:15	17:30	Guarapari > Vitória	603	-	2.412	603
17:30	17:45	Guarapari > Vitória	562	-	2.250	562
17:45	18:00	Guarapari > Vitória	573	-	2.293	573
17:00	17:15	Guarapari > Cariacica	362	162	2.097	524
17:15	17:30	Guarapari > Cariacica	442	198	2.559	640
17:30	17:45	Guarapari > Cariacica	362	162	2.097	524
17:45	18:00	Guarapari > Cariacica	305	136	1.766	441
17:00	17:15	Cariacica > Vitória	227	70	1.191	298
17:15	17:30	Cariacica > Vitória	214	66	1.119	280
17:30	17:45	Cariacica > Vitória	215	66	1.126	281
17:45	18:00	Cariacica > Vitória	245	76	1.285	321
17:00	17:15	Cariacica > Guarapari	297	92	1.556	389
17:15	17:30	Cariacica > Guarapari	337	104	1.762	441
17:30	17:45	Cariacica > Guarapari	398	123	2.084	521
17:45	18:00	Cariacica > Guarapari	414	128	2.166	541
17:00	17:15	Cariacica > Costa Nova	-	408	1.633	408
17:15	17:30	Cariacica > Costa Nova	-	429	1.717	429
17:30	17:45	Cariacica > Costa Nova	-	411	1.645	411
17:45	18:00	Cariacica > Costa Nova	-	372	1.488	372

Fonte: Autores (2023)

11.4.3 Cenários 3, 4 e 5

Os cenários 3, 4 e 5 contam com geometrias diferentes entre si, porém, os dados de entrada são iguais, pois foram realizados apenas pequenos ajustes, de forma que eles contam com os mesmos movimentos de origem e destino.

Esses cenários, diferentemente do cenário 2, contam com um viaduto que desvia o tráfego do sentido Cariacica e permite o acesso direto de Vitória ao empreendimento. Entretanto, continua sendo necessária a realização do retorno no caso de veículos que vêm de Guarapari e desejam acessar o bairro. E, analogamente ao cenário 2, os veículos que saem do empreendimento e se dirigem a Guarapari e Vitória o farão saindo de Cariacica.

Assim, nesses cenários, os movimentos influenciados pelo empreendimento foram:

- Cariacica > Guarapari (vazão e acesso);
- Cariacica > Vitória (vazão);
- Vitória > Cariacica/Costa Nova (acesso);
- Guarapari > Cariacica (acesso);
- Cariacica > Costa Nova (acesso).

O procedimento realizado no cenário 2 para obter o percentual de aumento em cada movimento devido ao empreendimento foi replicado, resultando em 45,05% para o período da manhã e 43,73% para o da tarde.

Os volumes devido ao crescimento vegetativo e ao acréscimo gerado pelo bairro foram mantidos separados, entretanto somente o acréscimo no sentido Guarapari > Cariacica foi somado ao movimento Cariacica > Costa Nova, uma vez que nesse cenário existe o acesso Vitória > Costa Nova, para o qual foi destinado o volume do acréscimo no sentido Vitória > Cariacica.

Para obter o volume de veículos que saem de Cariacica e Vila Velha e se dirigem ao empreendimento, foi realizado o mesmo procedimento utilizado no cenário 2, resultando em 31,1% no período da manhã e 30,9% no período da tarde. Ou seja, esses percentuais que foram acrescidos nos sentidos Cariacica > Vitória e Cariacica > Vila Velha, na verdade, serão desviados para o empreendimento, enquanto o restante seguirá o trajeto. Os resultados estão apresentados nas tabelas abaixo:

Tabela 16 - Volumes de tráfego (UCP) dos cenários 3, 4 e 5 no período de pico da manhã

HORÁRIO		MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
7:15	7:30	Vitória > Guarapari	432	-	1.728	432
7:30	7:45	Vitória > Guarapari	402	-	1.608	402
7:45	8:00	Vitória > Guarapari	356	-	1.424	356
8:00	8:15	Vitória > Guarapari	323	-	1.292	323
7:15	7:30	Vitória > Cariacica	423	-	1.692	423
7:30	7:45	Vitória > Cariacica	377	-	1.508	377
7:45	8:00	Vitória > Cariacica	358	-	1.432	358
8:00	8:15	Vitória > Cariacica	315	-	1.260	315
7:15	7:30	Guarapari > Vitória	777	-	3.108	777
7:30	7:45	Guarapari > Vitória	782	-	3.128	782
7:45	8:00	Guarapari > Vitória	777	-	3.108	777
8:00	8:15	Guarapari > Vitória	767	-	3.068	767
7:15	7:30	Guarapari > Cariacica	494	223	2.866	717
7:30	7:45	Guarapari > Cariacica	451	203	2.617	654
7:45	8:00	Guarapari > Cariacica	495	223	2.872	718
8:00	8:15	Guarapari > Cariacica	377	170	2.187	547
7:15	7:30	Cariacica > Vitória	131	41	687	172
7:30	7:45	Cariacica > Vitória	228	71	1.195	299
7:45	8:00	Cariacica > Vitória	224	70	1.174	294
8:00	8:15	Cariacica > Vitória	195	61	1.022	256
7:15	7:30	Cariacica > Guarapari	303	94	1.588	397
7:30	7:45	Cariacica > Guarapari	300	93	1.573	393
7:45	8:00	Cariacica > Guarapari	273	85	1.431	358
8:00	8:15	Cariacica > Guarapari	304	94	1.594	398
7:15	7:30	Cariacica > Costa Nova	-	283	1.133	283

HORÁRIO		MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
7:30	7:45	Cariacica > Costa Nova	-	277	1.108	277
7:45	8:00	Cariacica > Costa Nova	-	293	1.170	293
8:00	8:15	Cariacica > Costa Nova	-	240	959	240
7:15	7:30	Vitória > Costa Nova	-	191	762	191
7:30	7:45	Vitória > Costa Nova	-	170	679	170
7:45	8:00	Vitória > Costa Nova	-	161	645	161
8:00	8:15	Vitória > Costa Nova	-	142	568	142

Fonte: Autores (2023)

Tabela 17 - Volumes de tráfego (UCP) dos cenários 3, 4 e 5 no período de pico da tarde

HORÁRIO		MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
17:00	17:15	Vitória > Guarapari	542	-	2.167	542
17:15	17:30	Vitória > Guarapari	571	-	2.284	571
17:30	17:45	Vitória > Guarapari	557	-	2.229	557
17:45	18:00	Vitória > Guarapari	579	-	2.316	579
17:00	17:15	Vitória > Cariacica	389	-	1.554	389
17:15	17:30	Vitória > Cariacica	347	-	1.390	347
17:30	17:45	Vitória > Cariacica	368	-	1.471	368
17:45	18:00	Vitória > Cariacica	323	-	1.292	323
17:00	17:15	Guarapari > Vitória	552	-	2.207	552
17:15	17:30	Guarapari > Vitória	603	-	2.412	603
17:30	17:45	Guarapari > Vitória	562	-	2.250	562
17:45	18:00	Guarapari > Vitória	573	-	2.293	573
17:00	17:15	Guarapari > Cariacica	362	162	2.097	524
17:15	17:30	Guarapari > Cariacica	442	198	2.559	640

HORÁRIO		MOVIMENTO	CV	ACN	VEHICLE INPUTS	VEHICLE ROUTING DECISIONS
17:30	17:45	Guarapari > Cariacica	362	162	2.097	524
17:45	18:00	Guarapari > Cariacica	305	136	1.766	441
17:00	17:15	Cariacica > Vitória	227	70	1.191	298
17:15	17:30	Cariacica > Vitória	214	66	1.119	280
17:30	17:45	Cariacica > Vitória	215	66	1.126	281
17:45	18:00	Cariacica > Vitória	245	76	1.285	321
17:00	17:15	Cariacica > Guarapari	297	92	1.556	389
17:15	17:30	Cariacica > Guarapari	337	104	1.762	441
17:30	17:45	Cariacica > Guarapari	398	123	2.084	521
17:45	18:00	Cariacica > Guarapari	414	128	2.166	541
17:00	17:15	Cariacica > Costa Nova	-	235	938	235
17:15	17:30	Cariacica > Costa Nova	-	274	1.095	274
17:30	17:45	Cariacica > Costa Nova	-	247	987	247
17:45	18:00	Cariacica > Costa Nova	-	228	910	228
17:00	17:15	Vitória > Costa Nova	-	174	695	174
17:15	17:30	Vitória > Costa Nova	-	155	622	155
17:30	17:45	Vitória > Costa Nova	-	164	658	164
17:45	18:00	Vitória > Costa Nova	-	144	578	144

Fonte: Autores (2023)

11.5 CALIBRAÇÃO DO MODELO

Ao iniciar a simulação do cenário 1, foram identificadas algumas incoerências com a realidade observada. Assim, foi necessário realizar ajustes para tornar o modelo mais compatível com o comportamento observado.

Primeiramente, foi realizada uma visita na região, onde foram aferidas as alturas de pontos do viaduto e calculadas com referência ao nível do mar. Nessa mesma visita, foi possível constatar a velocidade praticada pelos veículos: 40 km/h

nas curvas com declives, 30 km/h nas curvas com aclives e 60 km/h nos demais trechos.

Além disso, a contagem fornecida pelo DER não representava o mês de maior fluxo de veículos. Desse modo, visando melhorar a análise da interseção em sua condição crítica, foi solicitado à RodoSol as contagens do pedágio no sentido Guarapari > Vitória. As contagens foram utilizadas para determinar um fator de correção para a sazonalidade do verão, conforme apresentado em 11.3, e aumentar a densidade do tráfego.

12 ANÁLISE DOS CENÁRIOS SIMULADOS

12.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

O *software* PTV Vissim oferece uma grande diversidade de resultados para a avaliação de cada trecho e a comparação entre os cenários. O cenário 2 foi comparado ao cenário 1, apresentando a capacidade da geometria atual de comportar o tráfego futuro, enquanto os cenários 3, 4 e 5 foram comparados ao cenário 2, verificando os impactos e melhorias provocados pelas alterações na geometria da interseção.

Para esse trabalho, foram definidos os seguintes indicadores para a análise comparativa dos cenários:

- Atraso médio em cada movimento;
- Velocidade média em cada movimento;
- Número médio de paradas em cada movimento;
- Comprimento médio da fila na interseção;
- Nível de serviço do movimento.

12.1.1 Atraso médio

As informações sobre o atraso médio são oferecidas pelo próprio *software* a partir da ferramenta *Vehicle Travel Times*. O atraso é calculado com base na diferença média entre o tempo realizado pelos veículos e o tempo ideal para a realização do movimento, de acordo com a sua extensão. Esse parâmetro está diretamente relacionado ao tempo perdido pelos condutores devido às condições de trânsito.

12.1.2 Velocidade média

A velocidade média do trecho foi calculada com base no tempo de viagem médio, obtido a partir do contador do *Vehicle Travel Times*. Ele retorna o resultado em segundos e indica qual foi o tempo necessário para realizar o movimento, assim como a distância percorrida.

Optou-se por utilizar a velocidade média como parâmetro para comparação entre os cenários, em vez do tempo de viagem absoluto, porque a mudança na geometria, muitas vezes, exigiu que o contador fosse deslocado e a distância percorrida fosse alterada. Assim, para que fosse possível realizar uma análise

comparativa coerente, foi utilizada a velocidade média simulada, que foi comparada com a velocidade média real do trecho.

12.1.3 Número médio de paradas

O número de paradas realizadas por cada veículo também é retornado nos resultados do *Vehicle Travel Times*. Ele indica o número de vezes que cada condutor teve o seu movimento interrompido, sendo, no estudo em questão, devido aos afunilamentos e confluências existentes nas pistas, uma vez que não há sinalização semafórica na área de estudo.

12.1.4 Comprimento médio da fila

O comprimento médio das filas retorna nos resultados dos *Queue Counters*, sendo considerado o início de uma fila quando os veículos circulam com velocidades abaixo de 5 km/h e o seu fim quando as velocidades estão acima de 10 km/h. Esse indicador permite avaliar o impacto da interseção e até qual ponto ela gera influência na via, devido a lacuna entre capacidade e demanda.

Vale ressaltar que os comprimentos de fila apresentados nos resultados são limitados à área modelada para a simulação. Ou seja, é possível que a fila seja ainda maior, entretanto não tenha sido contabilizada completamente devido aos limites da área de estudo.

12.1.5 Nível de serviço

O nível de serviço de cada trecho é retornado nos resultados dos *Nodes*. O PTV Vissim se baseia no HCM para definir os níveis de serviço de uma interseção, ou seja, eles variam de A a F, de acordo com as condições de trânsito que foram descritas no item 4.3.

12.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da simulação na hora pico da manhã, de 7h15min às 8h15min, e da tarde, de 17h às 18h, são apresentados nas tabelas a seguir, na qual os dados em vermelho representam condições críticas, os em laranja desfavoráveis e os em branco aceitáveis.

Isso é observável em *Node Results*, com os níveis de serviço abaixo do nível B, que é o aceitável nesses trechos. Já *Queue Results* apresenta filas decorrentes

no local, onde o comprimento máximo da fila ultrapassa o esperado. Para *Delay Results*, os trechos com paradas de veículos acima de 1 indicam criticidade devido às paradas em filas numa rodovia de fluxo livre. Por fim, analisando *Vehicle Travel Times Results* foi calculado a velocidade média do trecho, onde aquelas abaixo de 60 km/h representam oportunidades de melhorias.

12.2.1 Cenário 1

No período da manhã e à tarde, a região crítica do viaduto, na qual ocorreu maior trânsito, é representada pela confluência entre Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória. A geometria para esse cenário está representada na imagem abaixo.

Figura 20 - Captura de tela no cenário 1 no PTV Vissim



Fonte: Autores (2023).

Tabela 18 - Resultados da simulação do cenário 1 na hora-pico da manhã.

Node Results			
Movimento	Veiculos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA	710	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	894	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > GUARAPARI	1009	LOS_A	1
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	2376	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	1287	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	1280	LOS_A	1
1	7556	LOS_C	3

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
2: V>G interseção	0	0	0
3: C>G afunilamento 1	0,105649	14,13998	9
5: G>V/G>C entrada viaduto	75,728569	148,635319	3085
7: C>V descida viaduto	30,332109	313,941995	510
8: C>G interseção	0,050695	23,435399	6
9: C>G afunilamento 2	0	0	0
10: G>V interseção	84,721225	164,742699	2130

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
1: C>G	0,030935	0,008937	2,173787	1007
2: C>V	9,990492	3,194915	57,622607	708
3: V>C	0	0	0,308976	1278
4: G>V	8,13533	2,593771	54,062551	1477
5: V>G	0	0	0,187085	1287
6: G>C	8,987165	2,909396	56,96211	894

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distância percorrida (m)	Vel Média (km/h)
1: C>G	1007	26,27	407,40	55,82
2: C>V	708	109,42	778,02	25,60
3: V>C	1278	20,06	340,04	61,01
4: G>V	1477	77,66	409,63	18,99
5: V>G	1287	22,60	387,99	61,79
6: G>C	894	102,64	648,09	22,73

Fonte: Autores (2023).

Tabela 19 - Resultados da simulação do cenário 1 na hora-pico da tarde.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA	744	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	839	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > GUARAPARI	1232	LOS_A	1
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	2007	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	1586	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	1575	LOS_A	1
1	7983	LOS_D	4

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0	0	0
C>G afunilamento 1	0,120397	14,669958	10
G>V/G>C entrada viaduto	88,194931	148,635743	3591
C>V descida viaduto	155,49051	504,738821	2085
C>G interseção com V>G	0,257191	32,37843	17
C>G afunilamento 2	1,421053	152,463534	38
G>V interseção com C>V	96,651364	164,738606	2313

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
C>G	0,188297	0,056098	3,073886	1230
C>V	31,677892	8,41779	116,0087	742
V>C	0	0	0,443892	1572
G>V	12,041173	3,612062	64,496085	1227
V>G	0	0	0,229161	1585
G>C	14,25997	4,501788	74,372179	839

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
1: C>G	1230	27,14	407,40	54,04
2: C>V	742	167,78	778,02	16,69
3: V>C	1572	20,24	340,04	60,47
4: G>V	1227	88,08	409,63	16,74
5: V>G	1585	22,70	387,99	61,53
6: G>C	839	120,07	648,09	19,43

Fonte: Autores (2023).

Nesse cenário, o movimento Guarapari > Vitória foi o mais sobrecarregado e a via demonstrou não ter capacidade para comportar o volume de tráfego, de forma que a extensão das filas geradas impediu a participação de 1.831 veículos na hora pico da manhã e 1.121 veículos no pico da tarde.

12.2.2 Cenário 2

No período da manhã e da tarde, a região crítica do viaduto é representada pela confluência entre Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória, assim como a entrada Cariacica > Costa Nova indo para Guarapari. A geometria para esse cenário está representada na imagem abaixo.

Figura 21 - Captura de tela no cenário 2 no PTV Vissim em 2D.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 20 - Resultados da simulação do cenário 2 na hora-pico da manhã.

Node Results				
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço	
MOV: CARIACICA > VITÓRIA	624	LOS_F	6	
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	778	LOS_A	1	
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	514	LOS_F	6	
MOV: CARIACICA > GUARAPARI	486	LOS_F	6	
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	1623	LOS_F	6	
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	1821	LOS_A	1	
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	1816	LOS_A	1	
2	7662	LOS_F	6	

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0	0	0
C>G afunilamento 1	168,74	178,12	5754
G>V/G>C entrada viaduto	115,93	148,63	4760
C>V descida viaduto	333,7	504,75	3972
C>G interseção com V>G	0	0	0
C>G afunilamento 2	0	0	0
G>V interseção com C>V	124,7	164,74	3141

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
1: C>G	11,33	13,12	138,78	486
2: C>V	83,3	21,13	258,08	623
3: V>C	0	0	0,59	1814
4: G>V	18,26	7,27	101,13	907
5: V>G	0	0	0,28	1819
6: G>C	18,88	7,66	105,42	778
7: C>CN	11,14	12,95	138,2	514

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
1: C>G	486	162,71	407,4	9,01
2: C>V	623	309,75	778,02	9,04
3: V>C	1814	20,41	340,04	59,98
4: G>V	907	124,71	409,63	11,82
5: V>G	1819	22,76	387,99	61,37
6: G>C	778	151,12	648,09	15,44
7: C>CN	514	161,97	402,96	8,96

Fonte: Autores (2023).

Tabela 21 - Resultados da simulação do cenário 2 na hora-pico da tarde.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA	627	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	741	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	449	LOS_F	6
MOV: CARIACICA > GUARAPARI	557	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	1488	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	2168	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	2128	LOS_A	1
2	8158	LOS_F	6

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0	0	0
C>G afunilamento 1	168,23	178,11	5947
G>V/G>C entrada viaduto	128,04	148,63	5443
C>V descida viaduto	445,17	504,76	5279
C>G interseção com V>G	0,07	17,79	7
C>G afunilamento 2	0	0	0
G>V interseção com C>V	138,1	164,74	3552

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
1: C>G	10,78	13,19	139,6	557
2: C>V	114,62	28,12	337,9	625
3: V>C	0	0	1,18	2126
4: G>V	24,02	8,46	114,68	798
5: V>G	0	0	0,34	2167
6: G>C	25,51	9,72	122,19	741
7: C>CN	10,43	13,39	137,54	448

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
1: C>G	557	163,55	407,4	8,97
2: C>V	625	389,53	778,02	7,19
3: V>C	2126	21	340,04	58,29
4: G>V	798	138,27	409,63	10,67
5: V>G	2167	22,88	387,99	61,05
6: G>C	741	167,87	648,11	13,90
7: C>CN	448	161,33	402,96	8,99

Fonte: Autores (2023).

Nesse cenário, a demanda pela via extrapolou a sua capacidade nos movimentos Guarapari > Vitória, Cariacica > Guarapari e Cariacica > Vitória, de forma que o programa retornou alertas informando que a formação de filas nesses movimentos impediu que parte do volume de tráfego previsto não conseguisse participar da simulação. No trecho de Guarapari > Vitória, o volume não suportado foi de 3.976 veículos pela manhã e 2.803 veículos pela tarde. Para o trecho Cariacica > Guarapari esse volume foi 2.256 veículos de manhã e 2.458 veículos à tarde, enquanto para Cariacica > Vitória foi de 309 veículos pela manhã e 480 veículos pela tarde.

12.2.3 Cenário 3

No período de pico da manhã e da tarde, a região crítica do viaduto é representada pela confluência entre Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória, assim como na faixa adicional existente sob o viaduto localizada entre as alças do viaduto que se conectam a ela (sentido Guarapari > Vitória), e finalmente na nova alça de Cariacica > Guarapari. A geometria para esse cenário está representada na imagem abaixo.

Figura 22 - Captura de tela no cenário 3 no PTV Vissim em 2D.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 22 - Resultados da simulação do cenário 3 na hora-pico da manhã.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA NO VIADUTO	692	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	761	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	1085	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > VITÓRIA ENTRE ALÇAS	761	LOS_F	6
MOV: CARIACICA > GUARAPARI NOVA ALÇA	1621	LOS_C	3
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	1636	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	1818	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	137	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > COSTA NOVA	1671	LOS_A	1
1	10182	LOS_E	5

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0	0	0
G>V/G>C entrada viaduto	96,58	126,91	4342
junção G>V+C>V	102,81	137,17	3365
junção C>CN+V>CN	0	0	0
C>G afunilamento 1	0,21	18,34	13
C>V descida viaduto	274,5	296,2	5141
C>G interseção com V>G	0	0	0
Divisão C>G e C>V	99,05	228,35	3174

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
1: C>CN	0,08	0,01	1,59	1084
2: C>G	2,34	1,1	30,56	1616
3: C>V	137,93	42,52	466,12	688
4: V>G	0	0	0,31	1814
5: V>C	0	0	0,11	137
6: V>CN	0	0	0,42	1669
7: G>V	17,15	5,61	85,1	908
8: G>C	18,44	6,27	89,99	761

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
1: C>CN	1084	24,72	387,83	56,48
2: C>G	1616	63,35	499,44	28,38
3: C>V	688	518,34	781,51	5,43
4: V>G	1814	27,71	471,79	61,29
5: V>C	137	16,17	289,12	64,37
6: V>CN	1669	20,03	330,55	59,41
7: G>V	908	105,42	354,29	12,10
8: G>C	761	134,46	595,1	15,93

Fonte: Autores (2023).

Tabela 23 - Resultados da simulação do cenário 3 na hora-pico da tarde.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA NO VIADUTO	687	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	768	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	976	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > VITÓRIA ENTRE ALÇAS	749	LOS_F	6
MOV: CARIACICA > GUARAPARI NOVA ALÇA	1743	LOS_D	4
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	1580	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	2152	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	244	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > COSTA NOVA	1884	LOS_A	1
1	10783	LOS_E	5

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0	0	0
G>V/G>C entrada viaduto	98,62	126,91	4406
junção G>V+C>V	106,25	137,19	3360
junção C>CN+V>CN	0	0	0
C>G afunilamento 1	0,13	11,55	13
C>V descida viaduto	279,28	296,2	4767
C>G interseção com V>G	0	0	0
Divisão C>G e C>V	119,22	228,27	3799

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
1: C>CN	0,08	0,01	1,31	974
2: C>G	2,48	1,25	32,84	1739
3: C>V	151,57	47,1	507,17	685
4: V>G	0	0	0,39	2148
5: V>C	0	0	0,1	243
6: V>CN	0	0	0,5	1883
7: G>V	17,24	6,44	89,7	850
8: G>C	17,78	6,79	94,16	768

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
1: C>CN	974	24,44	387,83	57,13
2: C>G	1739	65,58	499,44	27,42
3: C>V	685	559,53	781,51	5,03
4: V>G	2148	27,81	471,79	61,07
5: V>C	243	16,12	289,12	64,57
6: V>CN	1883	20,17	330,55	59,00
7: G>V	850	110,04	354,29	11,59
8: G>C	768	138,65	595,1	15,45

Fonte: Autores (2023).

Nessa simulação também foram exibidos alertas a respeito dos movimentos Guarapari > Vitória, Cariacica > Vitória e Cariacica > Guarapari, informando que a extensão das filas impediu a participação de veículos nessas vias, indicando que as suas capacidades não foram suficientes para atender a demanda. No trecho de

Guarapari > Vitória ficou pendente a participação de 4.004 veículos na hora pico da manhã e 2.750 na hora pico tarde, enquanto no trecho Cariacica > Vitória e Cariacica > Guarapari ficaram pendentes 98 veículos pela manhã e 495 pela tarde.

12.2.4 Cenário 4

No período da manhã e da tarde, a região crítica do viaduto é representada pela confluência entre Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória, assim como a faixa entre as alças do viaduto e a nova alça de Cariacica > Guarapari. A geometria para esse cenário está representada na imagem abaixo.

Figura 23 - Captura de tela no cenário 4 no PTV Vissim em 2D.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 24 - Resultados da simulação do cenário 4 na hora-pico da manhã.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA NO VIADUTO	781	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	903	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	1085	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > VITÓRIA ENTRE ALÇAS	853	LOS_F	6
MOV: CARIACICA > GUARAPARI NOVA ALÇA	1617	LOS_C	3
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	1911	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	1814	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	461	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > COSTA NOVA	1336	LOS_B	2
1	10761	LOS_F	6

Queue Results				
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)	
V>G interseção com C>G	0	0	0	
G>V/G>C entrada viaduto	130,04	201,57	5044	
junção G>V+C>V	83,53	137,18	2645	
junção C>CN+V>CN	2,09	162,34	45	
C>G antigo afunilamento 1	0	0	0	
C>V descida viaduto	272,08	296,2	5725	
C>G interseção com V>G	0	0	0	
Divisão C>G e C>V	94,58	228,33	3079	

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
C>CN	0,01	0,01	1,33	1084
C>G	2,3	0,95	26,73	1613
C>V	104,72	36,21	408,58	780
V>G	0	0	0,3	1820
V>C	0	0	0,29	461
V>CN	1,56	0,6	13,65	1336
G>V	14,7	5,29	86,22	1044
G>C	13,71	4,86	84,58	903

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
C>CN	1084	25,02	390,22	56,15
C>G	1613	59,77	503,93	30,35
C>V	780	461,05	786,7	6,14
V>G	1820	28,09	478,66	61,34
V>C	461	16,66	286,61	61,93
V>CN	1336	33,7	335,06	35,79
G>V	1044	106,73	358,37	12,09
G>C	903	142,38	761,28	19,25

Fonte: Autores (2023).

Tabela 25 - Resultados da simulação do cenário 4 na hora-pico da tarde.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA NO VIADUTO	785	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	903	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	976	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > VITÓRIA ENTRE ALÇAS	838	LOS_F	6
MOV: CARIACICA > GUARAPARI NOVA ALÇA	1731	LOS_C	3
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	1842	LOS_F	6
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	2147	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	658	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > COSTA NOVA	1463	LOS_B	2
1	11343	LOS_F	6

Queue Results				
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)	
V>G interseção com C>G	0	0	0	
G>V/G>C entrada viaduto	143,44	199,17	5434	
junção G>V+C>V	91,96	137,18	2909	
junção C>CN+V>CN	1,97	181,43	41	
C>G antigo afunilamento 1	0	0	0	
C>V descida viaduto	277,46	296,2	5813	
C>G interseção com V>G	0	0	0	
Divisão C>G e C>V	110,84	228,42	3621	

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
C>CN	0	0,01	1,43	973
C>G	2,15	1,04	28,85	1727
C>V	110,55	40,15	437,8	785
V>G	0	0	0,39	2152
V>C	0	0	0,29	657
V>CN	1,5	0,6	13,98	1463
G>V	17,12	6,11	93,67	986
G>C	16,45	6,12	92,77	902

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
C>CN	973	25,13	390,22	55,90
C>G	1727	61,88	503,94	29,32
C>V	785	490,31	786,7	5,78
V>G	2152	28,21	478,66	61,08
V>C	657	16,66	286,61	61,93
V>CN	1463	34,06	335,05	35,41
G>V	986	114,18	358,37	11,30
G>C	902	150,42	761,28	18,22

Fonte: Autores (2023).

Nessa simulação, os trechos Guarapari > Vitória, Cariacica > Vitória e Cariacica > Guarapari também se apresentaram com sobrecarga e filas além da área modelada. No sentido Guarapari > Vitória, 3.717 veículos não puderam participar da simulação da hora pico da manhã e 2.473 na hora pico da tarde. Para os movimentos Cariacica > Vitória e Cariacica > Guarapari, ficou pendente a participação de 417 veículos no período da tarde.

12.2.5 Cenário 5

No período da manhã e da tarde, a região crítica do viaduto é representada pela confluência entre Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória, assim como a faixa entre as alças do viaduto. A geometria para esse cenário está representada na imagem abaixo.

Figura 24 - Captura de tela no cenário 5 no PTV Vissim em 2D.



Fonte: Autores (2023).

Tabela 26 - Resultados da simulação do cenário 5 na hora-pico da manhã.

Node Results				
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço	
MOV: CARIACICA > VITÓRIA NO VIADUTO	1191	LOS_F	6	
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	3102	LOS_A	1	
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	1085	LOS_A	1	
MOV: CARIACICA > VITÓRIA ENTRE ALÇAS	1242	LOS_E	5	
MOV: CARIACICA > GUARAPARI NOVA ALÇA	1286	LOS_A	1	
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	2591	LOS_C	3	
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	1818	LOS_A	1	
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	137	LOS_A	1	
MOV: GUARAPARI > CARIACICA ALÇA ALTERNATIVA	3110	LOS_A	1	
MOV: VITÓRIA > COSTA NOVA	1671	LOS_A	1	
1	17233	LOS_B	2	

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0,00	0,00	0,00
G>V/G>C entrada viaduto	18,15	124,59	447,00
junção G>V+C>V	7,82	143,53	277,00
junção C>CN+V>CN	0,00	0,00	0,00
C>G antigo afunilamento 1	0,02	14,39	3,00
C>V descida viaduto	209,80	296,20	8079,00
C>G interseção com V>G	0,00	0,00	0,00
Divisão C>G e C>V	11,26	123,56	514,00

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
C>CN	0,00	0,00	1,14	1084
C>G	0,28	0,12	4,04	1282
C>V	28,53	11,08	153,19	1188
V>G	0,00	0,00	0,31	1814
V>C	0,00	0,00	0,11	137
V>CN	0,00	0,00	0,45	1669
G>V	0,11	0,07	16,82	2589
G>C	0,00	0,00	0,50	3103

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distancia percorrida (m)	Vel Média (km/h)
C>CN	1084	24,54	391,03	57,37
C>G	1282	37,06	503,91	48,95
C>V	1188	201,22	710,94	12,72
V>G	1814	28,11	478,66	61,3
V>C	137	16,04	286,61	64,33
V>CN	1669	20,38	335,19	59,21
G>V	2589	33,07	282,62	30,77
G>C	3103	23,08	378,58	59,05

Fonte: Autores (2023).

Tabela 27 - Resultados da simulação do cenário 5 na hora-pico da tarde.

Node Results			
Movimento	Veículos (UCP)	Nível de serviço	Valor do nível de serviço
MOV: CARIACICA > VITÓRIA NO VIADUTO	1317	LOS_F	6
MOV: GUARAPARI > CARIACICA	2455	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > COSTA NOVA	976	LOS_A	1
MOV: CARIACICA > VITÓRIA ENTRE ALÇAS	1362	LOS_F	6
MOV: CARIACICA > GUARAPARI NOVA ALÇA	1575	LOS_A	1
MOV: GUARAPARI > VITÓRIA	2204	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > GUARAPARI	2156	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > CARIACICA	658	LOS_A	1
MOV: GUARAPARI > CARIACICA ALÇA ALTERNATIVA	2198	LOS_A	1
MOV: VITÓRIA > COSTA NOVA	1463	LOS_B	2
1	16364	LOS_B	2

Queue Results			
Contador de fila	Comprimento da fila (m)	Comprimento máximo de fila (m)	Paradas em fila (und)
V>G interseção com C>G	0	0	0
G>V/G>C entrada viaduto	1,45	39,79	40
junção G>V+C>V	0	0	0
junção C>CN+V>CN	1,97	181,43	41
C>G antigo afunilamento 1	0	0	0
C>V descida viaduto	261,11	296,2	7262
C>G interseção com V>G	0	0	0
Divisão C>G e C>V	39,49	228,36	1498

Delay Results				
Identificação do contador de atraso	Tempo de Atraso Parado (s)	Paradas por veículo (und)	Atraso de veículos (s)	Veículos (UCP)
C>CN	0	0,01	1,43	973
C>G	0,74	0,24	9,1	1571
C>V	30,34	9,71	146,95	1316
V>G	0	0	0,39	2152
V>C	0	0	0,29	657
V>CN	1,5	0,6	13,98	1463
G>V	0	0	0,42	1932
G>C	0	0	0,45	2190

Vehicle Travel Times Results				
Identificação	Veículos totais (UCP)	Tempo de viagem (s)	Distância percorrida (m)	Vel Média (km/h)
C>CN	973	25,13	390,22	55,90
C>G	1571	42,17	503,92	43,02
C>V	1316	195,29	710,94	13,11
V>G	2152	28,21	478,66	61,08
V>C	657	16,66	286,61	61,93
V>CN	1463	34,06	335,05	35,41
G>V	1932	16,83	282,62	60,45
G>C	2190	22,99	378,58	59,28

Fonte: Autores (2023).

Nesse cenário, somente foram emitidos alertas para o movimento Cariacica > Vitória, indicando que não foi possível a participação de todos os veículos na simulação devido à extensão das filas. No período da tarde, ficou pendente a inserção de 66 veículos, enquanto na hora pico da manhã todos foram inseridos.

12.3 ANÁLISE COMPARATIVA

12.3.1 Cenário 1 versus Cenário 2

O cenário 2 apresenta grande piora no nível de serviço de operação do viaduto como um todo em comparação ao cenário 1, com a queda do nível de C para F. A confluência de Cariacica > Vitória e Guarapari > Vitória foi bastante afetada pelo aumento na demanda de tráfego. Esse afunilamento já apresentava grande formação de fila, porém elas aumentaram aproximadamente 300 metros nas duas horas picos analisadas para o sentido Cariacica > Vitória na alça do viaduto. Vale ressaltar que o nível de serviço desses trechos permaneceu em F no cenário futuro e sua velocidade média caiu de 25 km/h para 9 km/h no período da manhã, e de 16 km/h para 7 km/h no período da tarde.

Por fim, o trecho Cariacica > Guarapari, que no cenário 1 apresentou níveis de serviço A, passou a apresentar nível F no cenário 2, devido à falta de adequação na malha rodoviária para suportar o crescimento vegetativo e alto fluxo de veículos para o bairro Costa Nova. Nesse cenário futuro foi observado que o trecho com via dupla antes da curva para o bairro Costa Nova apresentou saturação de veículos no afunilamento para faixa única. Esse afunilamento acarretou em fila de 168 metros no

cenário 2 onde outrora era de 1 metro. Nesse trecho a velocidade média antes se aproximava da ideal com 55 km/h e foi reduzida para 9 km/h. O atraso médio da região era ínfimo e passou a ser maior que 2 minutos.

12.3.2 Cenário 2 versus Cenário 3

No cenário 3, diversas mudanças geométricas foram propostas, de forma que a maioria dos movimentos apresentou mudança nos resultados. No sentido Cariacica > Costa Nova, os atrasos médios, que ultrapassaram 2 minutos por veículo no cenário anterior, foram reduzidos a menos de 2 segundos, melhorando o nível de serviço do trecho, passando de F para A.

Também foi percebida melhoria no movimento Cariacica > Guarapari, que apresentava atrasos médios superiores a 4 minutos por veículo e foram reduzidos a menos de 35 segundos. A velocidade média do trecho, que, no cenário 2 era de 9 km/h, em ambos os períodos, subiu para 28,4 km/h na manhã e 27,4 km/h na tarde. Da mesma forma, o seu nível de serviço também foi elevado, passando do nível F para o C no período da manhã, e para D no período da tarde.

No sentido Cariacica > Vitória, as filas formadas na alça do viaduto tiveram seu comprimento reduzido, uma vez que a via, ao ser duplicada, passou a comportar o dobro de veículos. Entretanto, como foi mantida somente uma faixa para os veículos que descem o viaduto, onde surgiu um afunilamento na base da alça que acarretou em um atraso maior e uma velocidade média menor. Para o movimento Guarapari > Cariacica, que também teve as alças duplicadas, por sua vez, foi percebida uma melhoria geral no comprimento da fila e atrasos, porém foram pouco expressivos.

Por último, no sentido Vitória > Cariacica, a alteração proposta resultou na redução dos atrasos e no aumento da velocidade média do trecho. Porém, como ele já se apresentava com nível de serviço A no cenário 2, as mudanças foram pouco expressivas, permanecendo no nível A.

12.3.3 Cenário 3 versus Cenário 4

O cenário 4 difere-se do cenário 3 com a extensão do trecho de faixa adicional sob o viaduto, sentido Guarapari > Vitória, localizado entre as alças de ligação dela com o viaduto. Com os resultados da simulação, foi possível perceber que essa alteração gerou um pequeno impacto positivo no sentido Cariacica >

Guarapari, na hora pico da tarde, que teve a velocidade média saindo de 27,4 km/h para 29,3 km/h e o atraso médio reduzido em 4 segundos. Apesar das melhorias percebidas serem pequenas, elas foram suficientes para elevar o nível de serviço do movimento, que saiu de D para C, o que pode ocorrer quando a via se encontra no limiar entre um nível e outro. Os demais movimentos não foram afetados pela mudança e permaneceram com o mesmo nível de serviço, sendo ele F para os sentidos Guarapari > Vitória, Cariacica > Vitória e para o trecho entre as alças do viaduto.

A outra alteração proposta foi a duplicação da curva no trecho Cariacica > Costa Nova. O resultado retornado foi que não houve alteração no desempenho do movimento Cariacica > Costa Nova. Entretanto, houve um impacto negativo no sentido Vitória > Costa Nova, que, no cenário 3, apresentava o trânsito livre e as velocidades observadas eram de aproximadamente 59 km/h, muito próxima da ideal, tanto no período de pico da manhã quanto no da tarde. No cenário 4, foram observadas algumas paradas e formação de filas, de forma que a velocidade média do trecho foi reduzida para aproximadamente 35 km/h, em ambos os períodos. Em consequência, foram contabilizados atrasos maiores no trecho e, o seu nível de serviço foi reduzido, saindo A para B.

12.3.4 Cenário 3 versus Cenário 5

O cenário 5 apresenta a construção de uma nova alça que proporciona ganho de tempo aos condutores que realizam o movimento Guarapari > Cariacica. Além de o trecho proposto ser mais curto que o anterior, ele também desviou a rota dos veículos, impedindo que eles fossem afetados pelo trânsito que se forma no trecho entre a descida e a subida do viaduto, sentido Guarapari > Vitória, zerando o número de paradas por veículos e elevando as velocidades dos veículos para próximas à ideal da via. Assim, foi observado um ganho médio de aproximadamente 110 segundos por veículo no movimento Guarapari > Cariacica.

Com a redução do volume de veículos nesse trecho localizado entre a descida e a subida do viaduto, foi observada uma redução nas filas que se formavam imediatamente após a sua descida. Essas filas, que antes ultrapassaram os 100 metros de comprimento, passaram a ser menores que 8 metros, no período da manhã e 1 metro à tarde. O mesmo foi observado com relação às filas que se formavam na base da alça para o antigo movimento Guarapari > Cariacica, que

alcançavam mais de 90 metros e tiveram seus comprimentos reduzidos em 81,2% e 88,9% para o período pico da manhã e da tarde, respectivamente.

Dessa forma, os movimentos Guarapari > Vitória e Cariacica > Vitória, que compartilham o trecho em questão, foram diretamente impactados. No período da manhã, a velocidade média do trecho Guarapari > Vitória, subiu para 30,8 km/h, com melhoria de 250%, e, apesar de ainda estar abaixo do ideal, já apresentou melhoria significativa no nível de serviço da via, antes classificada como F, passando para C. No período da tarde, foi observada uma melhoria ainda maior, sendo alcançada a velocidade média de 59,5 km/h, com melhoria de 500%, e atingindo o nível de serviço A.

No movimento Cariacica > Vitória, o número de paradas realizadas pelos veículos foi reduzido em mais de 70% e o tempo de atraso em mais de 65%, tanto no período da manhã quanto no período da tarde. Apesar das melhorias apresentadas serem significativas, a condição de operação do trecho no cenário 3 era muito crítica, de forma que elas não foram suficientes para elevar o seu nível de serviço. No entanto, a fila que se formava na descida do viaduto e se estendia por mais de 270 metros gerava uma interferência no movimento Cariacica > Guarapari e, a pequena redução observada nessa fila, de 60 metros pela manhã e 20 pela tarde, resultou na melhoria do nível de serviço para o movimento Cariacica > Guarapari, saindo de C para A, no período pico da manhã, e de D para B, no da tarde.

13 CONCLUSÃO

13.1 NECESSIDADE DE ADEQUAÇÃO DA GEOMETRIA ATUAL

O cenário 2 apresenta a demanda de tráfego futura da região sem adequação na geometria do viaduto. Nesse cenário é possível concluir que o nível de serviço da região é extremamente crítico, sendo classificado como F em quatro dos sete trechos. Entre os trechos simulados, apenas Vitória > Cariacica e Vitória > Guarapari apresentaram velocidade da via semelhante à proposta, com 60 km/h. Os demais trechos apresentaram trânsito e paradas, com velocidade média abaixo de 15 km/h.

A partir do resultado da simulação e análise dos resultados apresentados pelo cenário 2, fica evidente a necessidade de adequação da geometria atual para a demanda de tráfego na região esperada para 2033. Além disso, vale ressaltar que 2.565 veículos não participaram da simulação no período da manhã e 2.938 veículos à tarde, porque a área de estudo não possui capacidade de comportá-los, indicando a criticidade das condições de operação e filas ainda mais extensas do que as indicadas pelo resultado.

13.2 DESEMPENHO DA GEOMETRIA FUTURA

O cenário 3 apresenta diversas mudanças na geometria em relação ao cenário 2. O projeto apresenta um viaduto para o movimento Vitória > Costa Nova e outro para o sentido Cariacica > Guarapari. Isso fez com que o volume de tráfego na faixa Cariacica > Costa Nova fosse reduzido, uma vez que os 3 movimentos compartilhavam a mesma faixa no cenário 2. Assim, conforme descrito no item 12.3.2, com a implantação dos novos viadutos foram observadas grandes melhorias.

Outra proposta de alteração para o cenário 3 foi a duplicação das alças do viaduto, assim como das faixas que interligam as alças à rodovia Darly Santos, nos sentidos Cariacica > Vitória e Guarapari > Cariacica. Conforme analisado anteriormente, essa mudança não apresentou impacto para o movimento Cariacica > Vitória, de forma que não se justifica a duplicação das alças. Entretanto, a duplicação da pista da Darly Santos no segmento imediatamente anterior ao entroncamento com o movimento Cariacica > Guarapari é completamente necessária para dar fluidez ao movimento. Quanto ao movimento Guarapari > Cariacica, foram observadas pequenas melhorias devido a duplicação da alça,

entretanto, não foram suficientes para elevar o nível de serviço do sentido Guarapari > Vitória e, portanto, não justificam o alto investimento para a duplicação do viaduto existente nesse sentido.

Nessa geometria também foi realizada a duplicação da faixa no sentido Vitória > Cariacica. Apesar das mudanças não serem significativas e o trecho já apresentar boas condições de operação, considerando que a largura da pista permaneceu a mesma após a mudança, sendo ela apenas dividida em 2 faixas, a implantação dessa mudança requer baixo investimento. Portanto, as pequenas melhorias promovidas por ela são suficientes para justificá-la.

Por fim, percebe-se que, com exceção da duplicação da alça do viaduto no movimento Cariacica > Vitória, as demais propostas promoveram melhorias nas condições de operação da interseção. Entretanto, as mudanças não foram suficientes, uma vez que diversos trechos continuam apresentando nível de serviço F. Portanto, foram analisados também cenários com propostas alternativas, a fim de melhorar a geometria apresentada no cenário 3.

13.3 VIABILIDADE DAS GEOMETRIAS SUGERIDAS

A principal alteração proposta no cenário 4 foi o deslocamento do início da subida do viaduto mais para frente no sentido Vitória, com o objetivo de aumentar a distância entre a descida do viaduto (Cariacica > Vitória) e a subida (Guarapari > Cariacica), conforme apresentado anteriormente na figura 17. Consequentemente, isso aumenta o tempo para que os veículos que descem do viaduto possam mudar para a faixa da esquerda, enquanto os que desejam subir, ocupem a terceira faixa.

Nesse cenário, a faixa adicional localizada entre a subida e a descida do viaduto, sentido Guarapari > Vitória, foi estendida em cerca de 75 metros e a alça do viaduto foi aumentada em aproximadamente 100 metros. Entretanto, as melhorias nos comprimentos de fila, tempos de atraso e níveis de serviço nos demais trechos não foram expressivas o suficiente para justificar o investimento.

Outra mudança proposta, ainda no cenário 4, foi a duplicação da curva no trecho Cariacica > Costa Nova e a criação de uma terceira faixa iniciando no encontro desse trecho com o movimento Vitória > Costa Nova, terminando após 20 metros, conforme mostrado anteriormente na figura 18. O trecho Cariacica > Costa Nova já apresentava faixa dupla antes da curva e, antes de entrar na curva, era transformado em faixa única.

No cenário 2, o afunilamento do trecho se apresentava como um ponto problemático e formador de filas e, por isso, foi proposta essa alteração. Entretanto, no cenário 3, a faixa em questão, que antes comportava também o movimento Cariacica > Guarapari, tornou-se exclusiva para o movimento Cariacica > Costa Nova, havendo uma redução no tráfego e uma melhoria das condições de operação. Ainda assim, optou-se por manter a sugestão para avaliar o seu desempenho. Com os resultados, foi observado que essa alteração fez com que o afunilamento fosse deslocado de uma seção de baixa densidade para uma outra que recebe veículos de dois movimentos e com densidade maior, piorando as condições de operação para o sentido Vitória > Costa Nova, não sendo, assim, recomendada essa medida.

No cenário 5, foi proposta uma alça alternativa para o movimento Guarapari > Cariacica, com início antes da descida do viaduto no sentido Cariacica > Vitória, conforme mostrado anteriormente na figura 19. O objetivo da alteração era eliminar o conflito decorrente do entrelaçamento entre os veículos que vêm de Guarapari e desejam realizar a subida do viaduto (precisando trocar para a faixa da direita), e os veículos que descem do viaduto e desejam alterar para a faixa da esquerda para seguir no sentido Vitória.

Os resultados retornaram que a alteração teve um grande impacto positivo. Todos os trechos apresentaram melhorias significativas no tempo médio de atraso, velocidade média e comprimento médio das filas. Assim, mesmo que o nível de serviço de alguns movimentos não tenha sido elevado com a mudança, foi observada uma melhoria geral nas suas condições de operação. Portanto, diante dos resultados, pode-se concluir que é conveniente analisar o investimento na implantação da alça no sentido Guarapari > Cariacica. Vale ressaltar, ainda, que a região a leste do viaduto pertence ao Parque Natural Municipal de Jacaranema e a Prefeitura de Vila Velha intenciona implantar futuramente nessa área o Portal de acesso a esse parque. Assim, essa alça poderá também vir a ser utilizada como um acesso a esse Portal.

14 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

No desenvolvimento desse projeto foram identificadas algumas propostas de trabalhos futuros, a saber:

a) Existem empreendimentos previstos para serem implantados na região, como o Hiper Perim (ao lado do Dunas Motel) e o Portal da Natureza (a leste do viaduto, nas proximidades da alça atual de descida do viaduto), que não foram considerados neste estudo devido à falta de informações confiáveis disponíveis. Considerando que os sentidos Guarapari > Vitória e Cariacica > Vitória se mantiveram com nível de serviço insatisfatório, mesmo com as alterações propostas, existe necessidade de que sejam simuladas outras alterações geométricas no viaduto, como a construção de uma alça adicional no sentido Cariacica > Vitória, em vez de Guarapari > Cariacica, conforme mostrado na figura 19, principalmente com a implantação desses novos empreendimentos. A título de curiosidade, a alça alternativa para o sentido Cariacica > Vitória foi verificada considerando a Rodovia do Sol com duas faixas, mas as filas com veículos parados continuaram ocorrendo na nova confluência. Vale ressaltar que a Prefeitura de Vila Velha intenciona adicionar uma ou duas faixas na Rodovia do Sol para melhorar a fluidez do trânsito. Essa proposta, atualmente, está em fase de análise pelos empreendedores locais. Caso essa adequação ocorra, será necessário reavaliar o desempenho dessa nova alça, considerando a simulação de grande parte da Rodovia do Sol que foge da área simulada neste trabalho;

b) O novo acesso ao Shopping Boulevard Vila Velha, para os veículos provenientes da Darly Santos, sentido Cariacica > Rodovia do Sol, deverá contornar os prédios do Condomínio Costa Mare, passar pelo bairro Costa Nova, e em seguida cruzar a Rodovia Darly Santos em interseção semaforizada nas proximidades da subida para o viaduto, continuando pela via existente adjacente ao lado oeste do Shopping Boulevard. Esse cruzamento necessitará de estudo aprofundado para que a semaforização e a própria configuração geométrica do cruzamento não venha a impactar significativamente o fluxo do tráfego deste local. Ademais, devido ao grande fluxo no local, será necessário analisar faixas e ciclovias para a travessia adequada dos pedestres e ciclistas provenientes do bairro Costa Nova para o Terminal de Vila Velha e para o Shopping Boulevard Vila Velha. Portanto, recomenda-se a análise de faixas, ciclovias e suas correlações nesta região.

15 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, JOÃO. **NOÇÕES SOBRE INTERSEÇÕES**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_14-intersecoes_apresentacao.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Apostila do Curso de Graduação em Engenharia Civil, Estudos de Tráfego - Prof. Pedro Akichino - Universidade Federal do Paraná (UFPR).

ARENALES, M. et al. **Pesquisa operacional: para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007

Censo IBGE. **IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20 de janeiro de 2023.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, CET. **Boletim Técnico 05- Noções Básicas de Engenharia de Tráfego**. São Paulo, SP, Brasil, 1977.

Gonçalves Fábio. **CLASSIFICAÇÃO DOS PGVs E SUA RELAÇÃO COM AS TÉCNICAS DE ANÁLISE DE IMPACTOS VIÁRIOS**. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/disertaciones-y-tesis/2012/597-fabio-goncalves-pgvs-e-sua-relacao-com-tecnicas-de-analise-de-impactos-viarios-msc-ufrj-2012/file>>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume V - Sinalização Semafórica**. Brasília: DENATRAN, 2014.

EL DEBS, Mounir Khalil e TAKEYA, T. **Pontes de concreto**. São Carlos: Eesc-Usp. Acesso em: 21 ago. 2022. 1990

Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da Planta de Filtragem e Terminal Portuário Privativo para Embarque de Minério de Ferro. **Presidente Kennedy Es**. Disponível em: <https://www.presidentekennedy.es.gov.br/uploads/transparencia/_20161007140925_arq_Vol3AEPAT_34.pdf>. Acesso em 15 dez de 2021.

FILHO, WALTER AGUIAR. **Rodovia do Sol e Darly Santos**. Jornal A Gazeta - 26 de setembro de 1994. Acessado em 15/12/2021, em: <<https://www.morrodomoreno.com.br/materias/rodovia-do-sol-e-darly-santos.html>>

Frota de veículos. **DETRAN**. Disponível em: <<https://detran.es.gov.br/frota>>. Acesso em 20 de janeiro de 2023.

FUNDO OPPORTUNITY. **Bairro Costa Nova**. Acessado em 15/12/2021, em: <<https://costanovavilavelha.com.br/localizacao.php>>;

GOLDNER, L. G. **Apostila de Engenharia de Tráfego, Módulo I (UFSC)**.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (GOVERNO ES). **Novo Terminal de Itaparica é entregue à população nesta sexta-feira (22)**. Acessado em 01/02/2023, em: <<https://www.es.gov.br/Noticia/novo-terminal-de-itaparica-e-entregue-a-populacao-nesta-sexta-feira-22>>

KRAJEWSKI, LEE, LARRY; RITZMAN, LARRY; MALHOTRA, Manoj. **Administração de Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

LIMA; MEDEIROS; MELO; PINTO; MELLO. **A TEORIA DAS FILAS COMO FERRAMENTA DE APOIO PARA ANÁLISE DE UMA EMPRESA DE LAVA-RÁPIDO EM VOLTA REDONDA**. XII SEGET, Rio de Janeiro, 2015. Acessado em 12/02/2022, em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/37422427.pdf>>;

MANUAL DE PROCEDIMENTO PARA O TRATAMENTO DE PÓLOS GERADORES DE TRÁFEGO. **DENATRAN, 2001**. Acessado em: 12/07/2022, em: <<http://www.peasistemas.com.br/freeaspupload/suma/DENATRAN%20Polos%20Geradores.pdf>>;

MANUAL DE PROJETO DE INTERSEÇÕES. **Ministério dos transportes. Disponível** em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/718_manual_de_projeto_de_intersecoes.pdf>

MANZOLI, A. **PROJETO DE ESTRADAS**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/09/aula5.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

MENDONÇA, MAURÍLIO. **Dois viadutos serão construídos entre rodovias de Vila Velha**. Jornal A Gazeta, Vitória ES, 18/06/2010, p.04, c.1-4. Acessado em 15/12/2021, em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/332219>>

MENDONÇA, ROMERO. **Viaduto entre rodovias já é considerado ameaça**. Jornal A Tribuna, Vitória ES, 18/05/1994, p.12, c.1-3. Acessado em 15/12/2021, em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/332242>>

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (Brasil). Empresa de Planejamento e Logística S.A. **PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA PNL - 2025**. Brasil, junho de 2018. 140 p.

NASCIMENTO, Marcio Silveira. **IMPLANTAÇÃO E EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA NO BRASIL**. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaiana (TO), v. 05, ed. 7, Janeiro - Julho 2016.

OKUMURA, Stella Harumi. **ALÉM DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: POLÍTICAS DE INCENTIVO ÀS RODOVIAS DO GOVERNO WASHINGTON LUÍS AO PRIMEIRO CHOQUE DO PETRÓLEO (1926-1973)**. **Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica**, São Paulo, v. 7, 2018.

PFEIL, Walter, 1979. **PONTES EM CONCRETO ARMADO: ELEMENTOS DE PROJETOS, SOLICITAÇÕES, DIMENSIONAMENTOS**. Livros técnicos científicos editora S.A. Rio de Janeiro.

PONTES RODOVIÁRIAS: **Levantamento das principais patologias estruturais.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://lyceumononline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1271.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

PORTAL FGV (Rio de Janeiro). **Relação entre o transporte rodoviário de carga e PIB pode chegar a 29%, segundo cálculos da FGV.** FGV, 11 de maio de 2020. Disponível em: <<https://portal.fgv.br/noticias/relacao-entre-transporte-rodoviario-carga-e-pib-pode-chegar-29-segundo-calculos-fgv>>. Acesso em: 15 dez. 2021.

POSSEBOM, ADEMAR. **Duplicação da Rodovia Darly Santos.** Jornal A Gazeta, Vitória, ES, 16/04/2005, p.11, c.1-5. Acessado em 15/12/2021, em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/334287>>;

SILVA, CARLOS ALBERTO. **VIADUTO da Avenida Darly Santos fica pronto até o fim do ano.** Jornal A Gazeta, Vitória ES, 13/08/2010, p.4, c.1-4. Acessado em 15/12/2021, em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/332214>>;

SILVA, P. C. M. da. **Apostila de Elementos dos Sistemas de Tráfego.** UNB, Brasília, 2008

SOBRE O SHOPPING. Disponível em: <<https://boulevardvilavelha.com.br/sobre-o-shopping/>>. Acesso em: 28 jan. 2023.

TRB. **Highway Capacity Manual.** Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2010

USER MANUAL VISSIM 3.7.

VIADUTO ENTRE RODOVIAS JÁ É CONSIDERADO AMEAÇA. **A Tribuna**, 1994. Acessado em: 12/07/2022, em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/332242>>;

ANEXOS

QUADRO Nº 3 CONTAGEM VOLUMÉTRICA E CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS																														
RODOVIA:		DARLY SANTOS										TRECHO: ENTR. ES-060 (P/ BARRA DO JUCU) - ENTR. AV. CARLOS LINDEMBERG																		
SUBTRECHO:		-										SEGMENTO: km 0,00 - km 5,60																		
POSTO:		P-01					LOCALIZAÇÃO km 0,00					IDENTIFICAÇÃO: ENTR. RODOVIA DARLY SANTOS COM ES-060										DATA DA PESQUISA: 09/03/2021								
MOVIMENTO:		VITÓRIA										(1-3)										GUARAPARI								
HORÁRIO	PASSEIO			ÔNIBUS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																				TOTAL		
	MOTO	PASS.	UTILIT	2CB	3CB	4DB	2B1	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	BIT.	ROD.	TRIT.	3M6	2I2	2I3	3I2	3I3	2J3		3J3	4CD
16:00	16:15	29	178	17	12				9																					245
16:15	16:30	18	179	18	11				10																					236
16:30	16:45	50	195	38	15		1		2			1																		302
16:45	17:00	35	155	18	14				5																					227
17:00	17:15	74	212	25	11				8					1																331
17:15	17:30	81	222	25	18				3	1																				350
17:30	17:45	82	225	25	14				3																					349
17:45	18:00	67	236	17	18				6																					344
18:00	18:15	65	235	18	21				3																					342
18:15	18:30	58	274	12	17				2																					363
18:30	18:45	80	232	7	15				6																					340
18:45	19:00	42	239	13	17				5																					316
19:00	19:15	33	203	10	10				6																					262
19:15	19:30	39	207	10	12				1																					269
19:30	19:45	30	145	10	11				1																					197
19:45	20:00	21	116	4	12				1																					154
20:00	20:15	24	147	5	9							1																		186
20:15	20:30	17	107	8	4				2																					138
20:30	20:45	21	103	4	9				3																					140
20:45	21:00	11	80	3	3																									97
21:00	21:15	15	75	6	5				1																					102
21:15	21:30	15	64	2	5				1																					87
21:30	21:45	11	78	10	4				2																					105
21:45	22:00	10	64	1	2				1																					78
22:00	22:15	15	83	4	5																									107
22:15	22:30	11	59		2																									72
22:30	22:45	14	64	3	5																									86
22:45	23:00	11	48	3	2																									64
23:00	23:15	13	45	4	4																									66
23:15	23:30	12	37		5																									54
23:30	23:45	11	19		1																									31
23:45	24:00	10	14	1					1																					26
Total		2.055	10.131	1.239	734		1		353	23		6	3		1											1		1		14.548

QUADRO Nº 11 CONTAGEM VOLUMÉTRICA E CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS

RODOVIA: DARLY SANTOS **TRECHO:** ENTR. ES-060 (P/ BARRA DO JUCU) - ENTR. AV. CARLOS LINDEMBERG
SUBTRECHO: - **SEGMENTO:** km 0,00 - km 5,60
POSTO: P-01 **LOCALIZAÇÃO** km 0,00 **IDENTIFICAÇÃO:** ENTR. RODOVIA DARLY SANTOS COM ES-060 **DATA DA PESQUISA:** 09/03/2021
MOVIMENTO: GUARAPARI (3-1) VITÓRIA

HORÁRIO	PASSEIO			ÔNIBUS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																	TOTAL						
	MOTO	PASS.	UTILIT.	2CB	3CB	4DB	2B1	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	BIT.	ROD.	TRIT.	3M6	2I2	2I3		3I2	3I3	2J3	3J3	4CD	
16:00	16:15	23	183	27	5			6	1			1																			246
16:15	16:30	28	202	26	6			6	1																					269	
16:30	16:45	33	177	26	2			11	2																					251	
16:45	17:00	27	181	30	13			4	1																					256	
17:00	17:15	30	243	26	5			8	1																					313	
17:15	17:30	41	258	37	10			4																						350	
17:30	17:45	24	254	31	3			5	1			1																		319	
17:45	18:00	27	245	40	6			4	2																					324	
18:00	18:15	33	247	28	5			2																						315	
18:15	18:30	29	254	14	7			5	1			1																		311	
18:30	18:45	21	210	7	4				1																					243	
18:45	19:00	22	198	6	7			3																						236	
19:00	19:15	16	150	4	1			3	2																					176	
19:15	19:30	8	157	6	2	1		1																						175	
19:30	19:45	12	135	2	1			2	1																					153	
19:45	20:00	20	117	6				3				1																		147	
20:00	20:15	8	117	5																										130	
20:15	20:30	3	67	3	3			1																						77	
20:30	20:45	7	94		1			1																						103	
20:45	21:00	5	71	1	1			1																						79	
21:00	21:15	3	76	2	1			1	2																					85	
21:15	21:30	2	68					1																						71	
21:30	21:45	2	59	1																										62	
21:45	22:00	4	70	4																										78	
22:00	22:15		54					1																						55	
22:15	22:30	1	47	1																										49	
22:30	22:45	5	37																											42	
22:45	23:00	3	43	1				1																						48	
23:00	23:15	2	27	1				1	1																					32	
23:15	23:30	2	21	1	1																									25	
23:30	23:45	2	26	1																										29	
23:45	24:00		19	1																										20	
Total		2.430	13.249	1.666	271	3	3	482	83		10	9	1	6					2									3		18.218	

QUADRO Nº 15 CONTAGEM VOLUMÉTRICA E CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS

RODOVIA: DARLY SANTOS **TRECHO:** ENTR. ES-060 (P/ BARRA DO JUCU) - ENTR. AV. CARLOS LINDEMBERG
SUBTRECHO: - **SEGMENTO:** km 0,00 - km 5,60
POSTO: P-01 **LOCALIZAÇÃO** km 0,00 **IDENTIFICAÇÃO:** ENTR. RODOVIA DARLY SANTOS COM ES-060 **DATA DA PESQUISA:** 09/03/2021
MOVIMENTO: **GUARAPARI** (3-7) **CARIACICA**

HORÁRIO	PASSEIO			ÔNIBUS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																TOTAL							
	MOTO	PASS.	UTILIT.	2CB	3CB	4DB	2B1	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	BIT.	ROD.	TRIT.	3M6	2I2		2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	4CD	
16:00	16:15	19	76	13	7			13	3					1			1										1				134
16:15	16:30	23	78	20	5			10	6			2																		144	
16:30	16:45	34	66	22	14			11	2							2														151	
16:45	17:00	28	85	24	11			15	4				1																	168	
17:00	17:15	40	126	11	9			14	1				1																	202	
17:15	17:30	66	154	16	11			14	1		1																			263	
17:30	17:45	40	110	16	14			9	4		1		1																	195	
17:45	18:00	25	97	19	12	1		7	2																					163	
18:00	18:15	37	84	9	10			5	4																					149	
18:15	18:30	30	105	6	14	1		12																						168	
18:30	18:45	22	72	6	16			3																						119	
18:45	19:00	15	87	5	14			4	2				1			2														130	
19:00	19:15	16	77	7	14	1		2																						117	
19:15	19:30	17	56	5	15			1														1								95	
19:30	19:45	9	64	10	18			6					2						1											110	
19:45	20:00	9	61	7	10	1		1																						89	
20:00	20:15	8	52	8	10			3	1																					82	
20:15	20:30	5	47	3	9			3			1																			68	
20:30	20:45	7	56		10			3	1				1			1														79	
20:45	21:00	3	34	2	11	1																								51	
21:00	21:15	2	33	2	3		1	3	2																					46	
21:15	21:30	5	21	2	6			1			1																			36	
21:30	21:45	5	23	5	7	1		2																						43	
21:45	22:00		26		5			2								1														34	
22:00	22:15	4	21		4																									29	
22:15	22:30	2	26	1	2	1		3			1					1														37	
22:30	22:45	4	25		6																									35	
22:45	23:00	1	13	1																										15	
23:00	23:15	2	12	1	6						1																			22	
23:15	23:30	1	15	1	2			1											1											21	
23:30	23:45	1	12	1	3																									17	
23:45	24:00		6	1	4			1																						12	
Total		1.799	5.916	1.072	683	17	9	609	167		14	37		33			20	1	7			3			1	6				10.394	

QUADRO N° 19 CONTAGEM VOLUMÉTRICA E CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS

RODOVIA: DARLY SANTOS **TRECHO:** ENTR. ES-060 (P/ BARRA DO JUCU) - ENTR. AV. CARLOS LINDEMBERG
SUBTRECHO: - **SEGMENTO:** km 0,00 - km 5,60
POSTO: P-01 **LOCALIZAÇÃO** km 0,00 **IDENTIFICAÇÃO:** ENTR. RODOVIA DARLY SANTOS COM ES-060 **DATA DA PESQUISA:** 09/03/2021
MOVIMENTO: CARIACICA (7-1) VITÓRIA

HORÁRIO	PASSEIO			ÔNIBUS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																	TOTAL						
	MOTO	PASS.	UTILIT.	2CB	3CB	4DB	2B1	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	BIT.	ROD.	TRIT.	3M6	2I2	2I3		3I2	3I3	2J3	3J3	4CD	
16:00	16:15	2	73	1				1	1																						79
16:15	16:30	3	76	5	1			2																1							87
16:30	16:45	7	64	9				2	1																						83
16:45	17:00	2	59	11	3			1																							76
17:00	17:15	6	97	6	2		1	5	2																						119
17:15	17:30	7	101	10	3																										121
17:30	17:45	6	99	11	2			2																							120
17:45	18:00	6	112	8	2			4	1																						133
18:00	18:15	7	118	6	1																										132
18:15	18:30	7	111	4	2			5				1																			130
18:30	18:45	6	99		2			2																							109
18:45	19:00	4	75		1																										80
19:00	19:15	2	52	3				1																							58
19:15	19:30	2	59	1	1			3																							66
19:30	19:45	1	39					1																							41
19:45	20:00	8	48	2				1																							59
20:00	20:15		41																												41
20:15	20:30	1	23					1																							25
20:30	20:45	2	21																												23
20:45	21:00	1	24					2																							27
21:00	21:15	1	20					2																							23
21:15	21:30		19																												19
21:30	21:45		15																												15
21:45	22:00		19																												19
22:00	22:15	2	20																												22
22:15	22:30		18																												18
22:30	22:45	2	10					1																							13
22:45	23:00	2	17																												19
23:00	23:15		9																												9
23:15	23:30		8																												8
23:30	23:45		8																												8
23:45	24:00		7																												7
Total		443	3.811	257	30		4	198	26		1	7							1				1	1	1	1				4.782	

QUADRO Nº 23 CONTAGEM VOLUMÉTRICA E CLASSIFICATÓRIA DE VEÍCULOS

RODOVIA: DARLY SANTOS **TRECHO:** ENTR. ES-060 (P/ BARRA DO JUCU) - ENTR. AV. CARLOS LINDEMBERG
SUBTRECHO: - **SEGMENTO:** km 0,00 - km 5,60
POSTO: P-01 **LOCALIZAÇÃO** km 0,00 **IDENTIFICAÇÃO:** ENTR. RODOVIA DARLY SANTOS COM ES-060 **DATA DA PESQUISA:** 09/03/2021
MOVIMENTO: CARIACICA (7-3) GUARAPARI

HORÁRIO	PASSEIO			ÔNIBUS				CONFIGURAÇÃO DE EIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA																TOTAL							
	MOTO	PASS.	UTILIT.	2CB	3CB	4DB	2B1	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	BIT.	ROD.	TRIT.	3M6	2I2		2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	4CD	
16:00	16:15	22	73	15	3			8	1					1																	123
16:15	16:30	25	100	11	2			10	7			3																		158	
16:30	16:45	27	80	19	2			7	3																	1				139	
16:45	17:00	27	113	12				8	7		1	3																		171	
17:00	17:15	27	117	14	1			6	4																					169	
17:15	17:30	45	132	13				11	2																					203	
17:30	17:45	43	150	21	5			5	4		1								1											230	
17:45	18:00	48	170	15	1			7	4			1																		246	
18:00	18:15	38	156	14	3			3																						214	
18:15	18:30	29	157	8	2			10																						206	
18:30	18:45	31	183	2	1			6			1																			224	
18:45	19:00	27	137	1	3			5	1			1																		175	
19:00	19:15	18	100	5	1			8																						132	
19:15	19:30	19	97	2	3			5																						126	
19:30	19:45	16	73	3	2			2	3		1																			100	
19:45	20:00	15	63	1	1			5																						85	
20:00	20:15	12	57	2	4			3				1																		79	
20:15	20:30	11	49	1	1	1		1				2																		66	
20:30	20:45	6	48	2																										56	
20:45	21:00	10	41					2																						53	
21:00	21:15	4	45	1				1																						51	
21:15	21:30	11	30						1																					42	
21:30	21:45	4	31					1	1																					37	
21:45	22:00	5	31	1	2			4					1																	44	
22:00	22:15	1	25																											26	
22:15	22:30	7	40	1	1																									49	
22:30	22:45	4	29			1		1	1																					36	
22:45	23:00	5	26					1				1																		33	
23:00	23:15	3	17					2																						22	
23:15	23:30	4	11					1	1			1																		18	
23:30	23:45	4	11									1																		16	
23:45	24:00	1	12																											13	
Total		1.478	5.842	639	180	14		591	200		12	54	1	10	1		2		3				3	3			7			9.040	

ANEXO B

EMPREENDIMENTO COSTA NOVA												
Empreendimentos	Tipo de Ocupação	Volume de Viagens Geradas para Unidades Residenciais (Veículo/Dia)										
	Residencial (nº de unidades)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Lote 9A - Costa Mare	120	754										
Lote Sedes	916		1104		1104		1104	1104				
Lote 07	564									1449		1449
Total de Viagens		754	1104		1104		1104	1104		1449		1449
Total Acumulado		754	1858	1858	2963	2963	4067	5172	5172	6620	6620	8069

EMPREENDIMENTO GREEN VILLAGE												
Empreendimentos	Tipo de Ocupação	Volume de Viagens Geradas para Unidades Residenciais (Veículo/Dia)										
	Residencial (nº de unidades)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
A1 e A2	1188			1105		1105		1105		1198		1026
A3a e A3b	990		945		945		945		945		945	
A9, B3, B2b, B2a	1566								1174		1174	
Total de Viagens	5344		945	1105	945	1105	945	1105	2119	1198	2119	1026
Total de Viagens Acumulado	-		945	2050	2996	4101	5046	6151	8271	9469	11588	12614

GERAÇÃO DE VEÍCULOS PARA OS EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS (2021 - 2031)**EMPREENDIMENTO GREEN VILLAGE**

Empreendimentos	Comercial Total (nº de unidades)	Lojas			Serviços			Comércio			Salas		
		nº de Unidades	Geração Individual	Geração Total									
A1 e A2	20	15	16,20	243	3	16,20	49	2	1253	2506	2	1,98	4
A3a e A3b	26	20	27,00	540	4	27,00	108	2	1732	3464	0	1,98	0
A12	648	30	16,20	486	6	16,20	97				612	1,98	1210
TOTAL	695	65	-	1269	13	-	254	4	-	5971	614	-	1214
Total de Viagens Acumulado		8708											